

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

***DÉFICIT HÍDRICO Y MANEJO,
SU INFLUENCIA EN LA DEMOGRAFÍA Y PRODUCCIÓN DEL
TRÉBOL BLANCO***

por

**Santiago ARANA BALESTRA
Gervasio PIÑEIRO GUERRA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1999**

Tesis aprobada por:

Director : Ing. Agr. M. Sc. Jaime García .
Nombre completo y firma

Director : Ing. Agr. Fernando Santifiaque .
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Milton Carámbula .
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Silvana Noell .
Nombre completo y firma

Fecha : nueve de julio de 1999 .

Autor : Santiago Arana Balestra .
Nombre completo y firma

Gervasio Piñeiro Guerra .
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A nuestros directores, Fernando y Jaime, por su invaluable apoyo en todo sentido.

A Facultad de Agronomía y al INIA.

Al personal de forrajeras de INIA "La Estanzuela".

A W. Ibáñez, J. Burgueño y R. Romero por la colaboración prestada.

A todos los que dieron su aporte e ideas para la realización del trabajo.

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos, por su apoyo y comprensión.

A la Universidad de la República y a la Facultad de Agronomía por brindarnos la posibilidad a tantos, y a tan pocos.

A la AeA, por ayudarnos a creer.

Gervasio le dedica esta tesis a los amigos del alma pintada, por la magia.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Variaciones relativas de los estolones sobre el nivel del suelo (superficiales+aéreos), en diferentes ambientes, a lo largo del año.....	8
2. Número de cortes realizados y rendimiento al corte según régimen hídrico.....	18
3. Precipitaciones históricas ocurridas y riegos efectivos, por mes.....	23
4. Significancias de los efectos principales y las interacciones, en la producción estacional de trébol blanco.....	29
5. Producción acumulada (kgMs/ha/año) y porcentaje en la pastura, según especie, para el primer y segundo año	33
6. Producción de forraje acumulada (kgMs/ha/año) y diferencias en porcentaje de trébol blanco, festuca y la pastura por manejo, para primer y segundo año, según régimen hídrico	39
7. Forraje (KgMs/ha) cosechado durante el verano y diferencias entre manejos con y sin cierre estival (M3 y M1 respectivamente), para el primer y segundo año de la pastura	40
8. Producción acumulada (kgMs/ha/año) según variedad de trébol blanco, de la pastura y sus componentes, para primer y segundo año en ambos regímenes hídricos	45
9. Producción de semilla de trébol blanco según variedad en las parcelas M3, durante diferentes períodos de cierre, en Kg/ha	51

Figura N°

	Página
1. Producción estacional de una pastura de trébol blanco durante los tres primeros años.....	3
2. Distribución estacional de las diferentes clases de estolones de trébol blanco a largo del año, en Kairanga, Nueva Zelanda	7
3. Relación entre los efectos de la temperatura media máxima semanal, y el contenido de agua en el suelo (promedio semanal) en la probabilidad de sobrevivencia de las poblaciones de trébol blanco.....	11
4. Precipitaciones históricas y ocurridas durante el ensayo.....	21
5. Distribución y magnitud de las precipitaciones efectivas y riegos efectivos ocurridos en el 1° Verano (incluyendo Noviembre y Marzo) del ensayo.....	24
6. Distribución y magnitud de las precipitaciones efectivas y riegos efectivos ocurridos en el 2° Verano (incluyendo Noviembre y Marzo) del ensayo.....	24
7. Agua disponible promedio quincenal del suelo para 20 cm (riego y secano)	26
8. Tasa diaria promedio de crecimiento de trébol blanco por quincena según régimen hídrico.....	30
9. Tasas de crecimiento de la pastura por quincena, en secano; discriminando la producción de trébol blanco y festuca	31
10. Tasas de crecimiento de la pastura por quincena, bajo riego; discriminando la producción de trébol blanco y festuca	31

11.	Porcentaje de trébol blanco, según régimen hídrico durante el ensayo....	32
12.	Tasas de crecimiento de trébol blanco por quincena según tipo de manejo de corte, bajo riego	35
13.	Tasas de crecimiento de trébol blanco por quincena según tipo de manejo de corte, en secoano	35
14.	Tasas de crecimiento de festuca por quincena según tipo de manejo de corte, bajo riego	36
15.	Tasas de crecimiento de festuca por quincena según tipo de manejo de corte, en secoano	36
16.	Producción acumulada de trébol blanco y festuca por estación, bajo riego	38
17.	Producción acumulada de trébol blanco y festuca por estación, en secoano	38
18.	Tasa de crecimiento de trébol blanco por quincena según variedad, bajo riego	43
19.	Tasa de crecimiento de trébol blanco por quincena según variedad, en secoano	43
20.	Tasa de crecimiento de festuca, por quincena según la variedad de trébol blanco con la que fue sembrada, bajo riego.....	44
21.	Tasa de crecimiento de festuca, por quincena según la variedad de trébol blanco con la que fue sembrada, en secoano	44

22.	Interacción entre variedad y manejo en el otoño del tercer año	47
23.	Interacción entre variedad y manejo en el otoño del tercer año	48
24.	Número de plantas madres en dos fechas del segundo año de la pastura, según régimen hídrico.	49
25.	Número de plantas madres en dos fechas del segundo año de la pastura, según régimen hídrico y tipo de manejo	50
26.	Número de plantas madres en dos fechas del segundo año de la pastura, según régimen hídrico y variedad	50
27.	Numero de plántulas de trébol blanco y su variación durante el experimento	52
28.	Número de plántulas establecidas durante el segundo año de la pastura.	53
29.	Número estolones según régimen hídrico	56
30.	Número de puntos de crecimiento según régimen hídrico	56
31.	Variación del número de puntos de crecimiento por estolón, según régimen hídrico	57
32.	Evolución del número de estolones según manejo de corte, bajo riego ..	60
33.	Evolución del número de estolones según manejo de corte, en secano ..	60
34.	Evolución del número de puntos de crecimiento según manejo de corte, bajo riego	61

35.	Evolución del número de puntos de crecimiento según manejo de corte, en seco	61
36.	Evolución del número de estolones según variedad, bajo riego	63
37.	Evolución del número de estolones según variedad, en seco	63
38.	Evolución del número de puntos de crecimiento según variedad, bajo riego	64
39.	Evolución del número de puntos de crecimiento según variedad, en seco	64

TABLA DE CONTENIDOS

	<i>Página</i>
PAGINA DE APROBACIÓN	<i>II</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>III</i>
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	<i>IV</i>
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	<i>1</i>
II. <u>REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</u>	<i>2</i>
A. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRÉBOL BLANCO.....	<i>2</i>
1. <u>Producción</u>	<i>2</i>
2. <u>Persistencia</u>	<i>4</i>
a. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.....	<i>5</i>
b. Plántulas nacidas por resiembra natural	<i>5</i>
c. Estolones y puntos de crecimiento	<i>6</i>
B. VARIABLES ESTUDIADAS.....	<i>10</i>
1. <u>Régimen hídrico</u>	<i>10</i>
2. <u>Manejo de la defoliación</u>	<i>12</i>
3. <u>Variedad</u>	<i>14</i>
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<i>16</i>
A. VARIABLES ESTUDIADAS	<i>17</i>
1. <u>Régimen hídrico</u>	<i>17</i>
2. <u>Manejo de la defoliación</u>	<i>17</i>
3. <u>Variedad</u>	<i>18</i>
B. DETERMINACIONES REALIZADAS	<i>18</i>
1. <u>Materia seca y composición botánica</u>	<i>18</i>
2. <u>Estudios demográficos</u>	<i>19</i>

C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
IV. <u>RESULTADOS</u>	21
A. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	21
1. <u>Contenido de agua en el suelo</u>	21
a. Precipitaciones	21
b. Riegos efectuados	22
c. Balance hídrico	25
2. <u>Temperaturas registradas durante el período</u>	27
B. PRODUCCIÓN DE FORRAJE	29
1. <u>Efectos del régimen hídrico</u>	30
2. <u>Efectos del manejo de la defoliación</u>	34
a. Efecto de la frecuencia e intensidad de corte	37
b. Efecto del cierre estival	40
3. <u>Efectos de la variedad</u>	41
4. <u>Interacciones</u>	47
C. ESTUDIOS DEMOGRAFICOS	49
1. <u>Plantas madres sembradas al inicio de la pastura</u>	49
2. <u>Plántulas nacidas por resiembra natural</u>	51
3. <u>Estolones y puntos de crecimiento</u>	54
a. <u>Régimen hídrico</u>	55
b. <u>Manejo de la defoliación</u>	59
c. <u>Variedad</u>	62
V. <u>DISCUSIÓN</u>	65
A. ESTUDIOS DEMOGRAFICOS	65
1. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.....	65
2. Plántulas nacidas por resiembra natural	65

3. Estolones y puntos de crecimiento	68
B. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LAS VARIABLES	70
1. <u>Régimen hídrico</u>	70
2. <u>Manejo de la defoliación</u>	73
a. Frecuencia e intensidad de corte	73
b. Cierre estival	75
3. <u>Variedad</u>	77
VI. <u>CONCLUSIONES</u>	79
A. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS	79
1. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.....	79
2. Plántulas nacidas por resiembra natural	79
3. Estolones y puntos de crecimiento	79
B. VARIABLES ESTUDIADAS	80
1. <u>Régimen hídrico</u>	80
2. <u>Manejo de la defoliación</u>	80
3. <u>Variedad</u>	80
4. <u>Interacciones</u>	81
VII. <u>IMPLICANCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES</u>	82
VIII. <u>RESUMEN</u>	84
IX. <u>SUMMARY</u>	85
X. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	86
XI. <u>APENDICE</u>	95

I. INTRODUCCIÓN.

El trébol blanco (*Trifolium repens*), es una de las más importantes leguminosas forrajeras sembradas en Uruguay, Argentina y el sur de Brasil. Su principal limitante en la región, como en otras zonas del mundo, es su falta de persistencia productiva, siendo ésta en promedio de tres años.

Los principales factores involucrados en su baja persistencia son de origen climático, tales como las altas temperaturas estivales asociadas a déficits hídricos superficiales, provocados principalmente por la erraticidad de las lluvias.

Actualmente, en el país se carece de información detallada que permita profundizar en el entendimiento de los distintos factores que afectan la persistencia y producción de la especie en la región.

El objetivo de este experimento fue estudiar los efectos del déficit hídrico superficial del suelo y el manejo de la defoliación sobre la producción de forraje de dos cultivares de trébol blanco en pasturas con festuca, complementando la evaluación productiva con estudios demográficos que permitan entender la estrategia de persistencia de esta especie y la naturaleza causal de la respuesta agronómica.

En el presente trabajo se analiza solamente la información recabada hasta el otoño del tercer año de la pastura.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

A. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRÉBOL BLANCO.

Según Forde et al (1989), el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) es una de las leguminosas perennes más importante en las pasturas de las regiones templado húmedas del mundo. Esta leguminosa, de ciclo invernal, posee alto valor nutritivo y se adapta muy bien al pastoreo. Esto se debe principalmente a su hábito de crecimiento postrado, la alta capacidad de rebrote de los ápices de los estolones y su capacidad de elongar el pecíolo para ubicar sus hojas en la porción superior de la pastura. Se considera que el centro de origen del trébol blanco es Europa y actualmente se encuentra naturalizado en la mayoría de los países mediterráneos, inclusive el norte de Africa y el oeste Asiático (Daday, 1958). También crece naturalmente en China, Corea, Japón y en la mayoría de las regiones templadas del mundo y en regiones subtropicales y hasta tropicales (Brougham et al, 1978). En Uruguay el trébol blanco es una de las principales especies forrajeras y se utiliza en praderas convencionales y mejoramientos en cobertura.

El trébol blanco presenta diferentes modalidades de producción y persistencia según el clima en que se encuentre (Archer y Robinson, 1989; Hutchinson, 1970; Robinson, 1973; Jones, 1982; Behinhart, 1963; Harper, 1978; Hay, 1983). A los efectos de una correcta interpretación de este trabajo y los realizados por otros autores es muy importante considerar el clima de cada región.

El Uruguay se encuentra ubicado en la parte oriental de América del Sur, entre los paralelos 30 y 35° de latitud sur, en una zona de transición entre las regiones templada y subtropical. Por esto, su clima se caracteriza por ser extremadamente variable dentro y entre los años. La proximidad al mar y su ubicación en una región con mayores proporciones de masas de agua que de tierra (comparando con igual latitud del hemisferio Norte), hacen que sus temperaturas sean menos rigurosas. Según la clasificación Terewartha adaptada por Corsi (1978), el clima del Uruguay es de tipo subtropical subhúmedo.

1. Producción.

En general se acepta la existencia de una correlación negativa entre producción y persistencia de las especies forrajeras. Varios estudios de mejoramiento genético señalan esta correlación y por esto muchas pasturas de muy alta producción presentan problemas en su persistencia y viceversa (Sheath y Hodgson, 1989; Caradus y Williams, 1989). Sin embargo en casi todos los casos en que se busca una mayor persistencia de una pastura

con fines de obtención de alimento animal, es necesario que esta mantenga altos sus niveles de producción de forraje.

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

En primera instancia, en el aporte de nitrógeno que realiza al sistema por medio de la fijación biológica. Trabajos realizados en Uruguay (García et al, 1994) señalan que los porcentajes de nitrógeno fijado por este mecanismo ascienden a unos 30 Kg. por tonelada de forraje producida, similar al obtenido en otras partes del mundo en condiciones similares. Esto representaría que en producciones de forraje promedio de segundo año de $7.5 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, el trébol blanco fijaría del nitrógeno atmosférico, 229 Kg. de N por hectárea y por año.

En segundo lugar, la producción de forraje del trébol blanco resulta de gran importancia debido a la calidad de la misma y el mayor consumo, asimilación, etc., que genera en la alimentación animal. Además, en los sistemas de producción del Uruguay el momento del aporte de forraje se considera importante para la realización de invernadas de alto valor comercial. El trébol blanco en Uruguay tiene una producción estacional marcada, ubicándose su máxima producción en primavera y logrando valores interesantes en cuanto a calidad y cantidad en invierno (Figura 1) momento en que las pasturas naturales reducen su crecimiento.

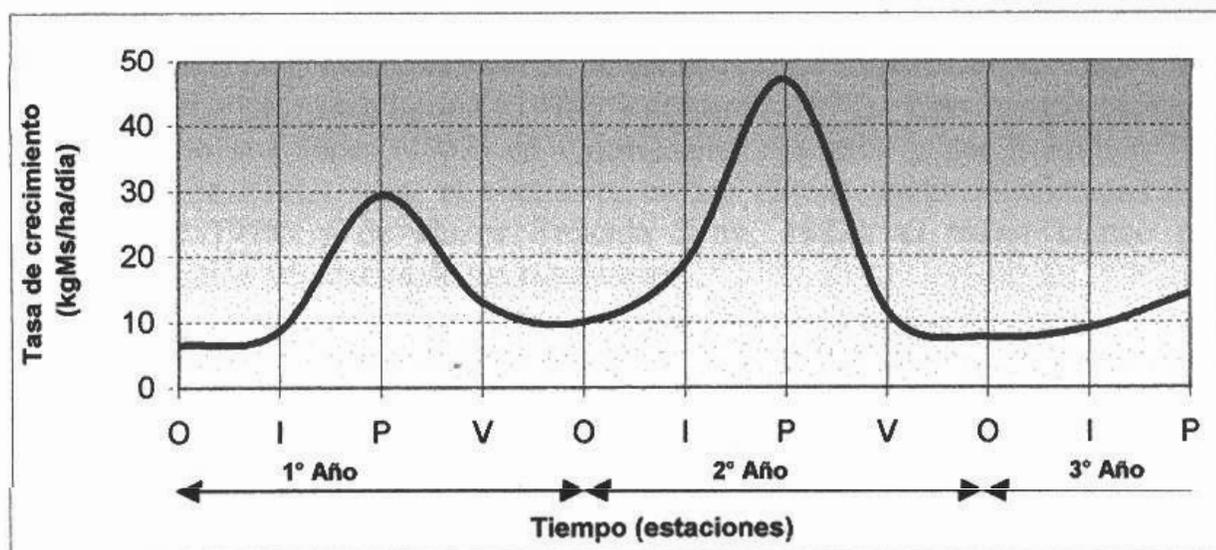


Figura 1: Producción estacional de una pastura de trébol blanco durante los tres primeros años. Fuente: Díaz, 1995.

2. Persistencia.

El estudio demográfico de las poblaciones que componen las pasturas conlleva al entendimiento de las diferentes estrategias de cada especie para lograr su persistencia en el tapiz. Para esto es importante considerar las características del sitio en que se encuentra la pastura (régimen de temperaturas, suelo, orientación, topografía, precipitaciones, fertilización, competencia de otras especies, pastoreo, etc.), ya que éstas harán que las especies empleen diferentes estrategias. La comprensión de las estrategias demográficas puede ayudar al mejoramiento de la persistencia de las pasturas, definiendo mejores prácticas de manejo, objetivos de mejoramiento genético y programas de evaluación (Jones y Carter, 1989).

Las leguminosas perennes templadas se pueden clasificar según tipos de desarrollo (Forde et al ,1989). En esta clasificación el trébol blanco pertenece al grupo 4, que se define como: hierbas que son perennes debido a la formación de estolones con raíces adventicias que persisten luego de que la planta madre haya muerto. Sin embargo, Jones y Carter (1989) basándose en análisis demográficos, realizaron una clasificación según los mecanismos en que las poblaciones de plantas aseguran su persistencia. Estos autores sitúan al trébol blanco en el grupo de las "Perennes con ambos mecanismos sexual y asexual de persistencia". Esta clasificación toma en cuenta los diferentes comportamientos del trébol blanco en los distintos ambientes. Archer y Robinson (1989) concluyen que su comportamiento es perenne en ambientes templados, pero que, sin embargo, en ambientes subtropicales su comportamiento es anual o a veces perenne pero de vida corta. En estos últimos su persistencia en el tapiz vegetal se basa principalmente en la resiembra por semilla, sobre todo en aquellos ambientes en donde los veranos presentan condiciones de estrés hídrico importantes debidas a la erraticidad de las lluvias. (Hutchinson, 1970; Robinson, 1973). Este comportamiento ha sido observado por Jones (1982) en Queensland, Australia y por Behinhart (1963) en el sudeste de EE.UU. Por el contrario, en los climas templado húmedos de Inglaterra (Harper, 1978) y de Nueva Zelanda (Hay, 1983), el trébol blanco persiste por reproducción vegetativa de sus estolones.

Se concluye entonces, que una pastura de trébol blanco, ya sea pura o con otras especies, basa su persistencia en el tapiz en diferentes estrategias. Por esto en las pasturas de trébol blanco conviven diferentes tipos de estructuras vegetativas y que su importancia (porcentaje) en el tapiz varía en el tiempo. Esta variación estaría explicada principalmente por factores climáticos. Dichas estructuras vegetativas son de tres tipos: plantas madres sembradas al inicio de la pastura, estolones y plántulas nacidas por resiembra natural.

a. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.

Durante los primeros meses después de la siembra, la pastura está compuesta exclusivamente de plantas madres originadas de las semillas sembradas. Sin embargo, al poco tiempo, estas plantas madres comienzan a ramificarse produciendo estolones que forman una intrincada red y comienzan a cubrir el suelo. Los estolones generan raíces adventicias de sus nudos, pudiendo independizarse de la planta original ya sea por muerte de ésta o por la ruptura de la porción del estolón que las une. El tiempo de sobrevivencia de las plantas madres varía con el cultivar, siendo los tipo ladino los que sobreviven más tiempo en el tapiz, como máximo 27 meses (Westbrooks y Tesar, 1955; Jones, 1987), mientras que los cultivares de hoja pequeña generalmente no sobrepasan el año.

Por esto, durante las primeras etapas después de la siembra, las plantas madres dominan las pasturas para luego, progresivamente, desaparecer. Entonces los estolones pasan a ser los responsables del crecimiento y producción de la pastura.

Las plantas madres poseen un sistema radicular más profundo que los estolones, (la profundidad del mismo dependerá también de la variedad). Por esta razón, la resistencia de los estolones al estrés hídrico es diferente a la de las plantas madres, siendo éstas más tolerantes. Posiblemente sea este un factor que explique la buena sobrevivencia estival del trébol blanco en Uruguay durante el primer año.

b. Plántulas nacidas por resiembra natural.

Los períodos estivales de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua en el suelo producen la muerte de estolones de trébol blanco. Varios autores señalan que, principalmente en climas subtropicales, o en ambientes templados pero en años de veranos muy secos, puede ser importante la resiembra natural para la persistencia de las pasturas de trébol blanco.

Para Archer y Robinson (1989), se precisan dos condiciones para que la resiembra de trébol blanco sea exitosa. La primera es que no exista un stand de trébol blanco en la pastura. La segunda es que exista alta humedad en el suelo durante el verano en que se da la germinación, y que no existan temperaturas elevadas. En estas condiciones la germinación y establecimiento de las semillas de trébol se realizará satisfactoriamente, produciendo un renuevo de la población en la pastura. Según esos autores, en Australia las emergencias de las semillas se dan a fin de otoño, en invierno y en primavera. Sin embargo estas emergencias no se registran cuando existe alta cantidad de trébol blanco en el tapiz. Uno de los mecanismos que podría explicar la necesidad de que no existan altas poblaciones de trébol blanco establecido para que se de una germinación

satisfactoria, es la alelopatía que éste tiene con sus propias semillas e incluso con las plántulas (Mac farlane et al, 1982a; Mac farlane et al, 1982b). Sin embargo este mecanismo, por su complejidad en el suelo, resulta difícil de cuantificar. El otro mecanismo mencionado son las temperaturas menores que ocurren a nivel del suelo debidas a la cobertura vegetal, que impedirían que se produzca la escarificación.

Es importante la presencia de un banco de semillas en el suelo que solo podrá existir si la población anterior de trébol blanco produjo suficiente semilla. Esto dependerá del manejo y de factores climáticos anteriores. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones, esto no sería un problema. Incluso esta probado que la semilla puede durar varios años y que, en condiciones favorables, solamente entre un 10 y un 20 % de las semillas del suelo germinan cada año (Jones, 1987).

Luego de germinadas las semillas, la sobrevivencia de las plántulas, tanto para ambientes templados como para subtropicales, depende de la humedad del suelo durante el período estival posterior (Archer y Robinson, 1989; Jones 1980; Garden, 1979).

Estos mecanismos no deben ser considerados absolutos en toda la pastura ya que es posible que existan porciones de la misma en donde se generen condiciones favorables para la resiembra y otras en que no, lo importante va a ser la proporción de estas zonas en el total de la pastura.

Además, como es de suponer, existen otros factores que en ciertas condiciones pueden tomar gran importancia, tales como la compactación del suelo, fertilidad, alelopatía de otras especies en la pastura sobre plántulas, efectos del sombreado, nichos de crecimiento, enfermedades e insectos, pastoreo, etc. Estos aspectos se encuentran detallados en Harris, 1987; Brougham et al, 1978; Burns, 1984 y Brock y Hay 1993, entre otros.

c. Estolones y puntos de crecimiento.

Como se mencionó anteriormente, las pasturas de trébol blanco luego de implantadas, y en ambientes templado húmedos sin períodos de restricciones hídricas importantes asociados a altas temperaturas, persisten debido a una intrincada red de estolones. Según Spedding y Diekmahns (1972), en las pasturas de trébol blanco de Inglaterra, existe un balance entre la senescencia y muerte de las partes mas viejas de los estolones y el crecimiento y ramificación de los extremos anteriores de los mismos. Además señalan que, excepto en los primeros estados de crecimiento por semilla, ninguna parte de la planta sobrevive por más de doce meses. Chapman (1983) encontró que en Nueva Zelanda, solamente 10 a 20 % de los nudos de los estolones sobreviven por más de un año.

Estudios de dinámica de estolones en Nueva Zelanda han separado a éstos en tres clases: aéreos, superficiales y subterráneos (Hay, 1983). Hay (1983) y Hay, et al (1987) sugieren que existe un ciclo anual que consiste en el “entierro” de estolones en invierno, re-emergencia de los puntos de crecimiento durante la primavera y desarrollo de estolones superficiales durante el otoño y verano. Las variaciones estacionales de los estolones de éstos trabajos demuestran que existe gran cantidad de tallos subterráneos durante todo el año, y que las variaciones estacionales de los estolones aéreos y superficiales eran similares, mientras que las de los subterráneos eran opuestas, como se presenta en la Figura 2. Estos trabajos concluyen que, en estas pasturas, la biomasa de lombrices (que afectan la aireación y remoción de la superficie del suelo) y las lluvias efectivas (que influyen sobre el efecto del pisoteo) son factores importantes que a la hora de explicar la cantidad de estolones subterráneos.

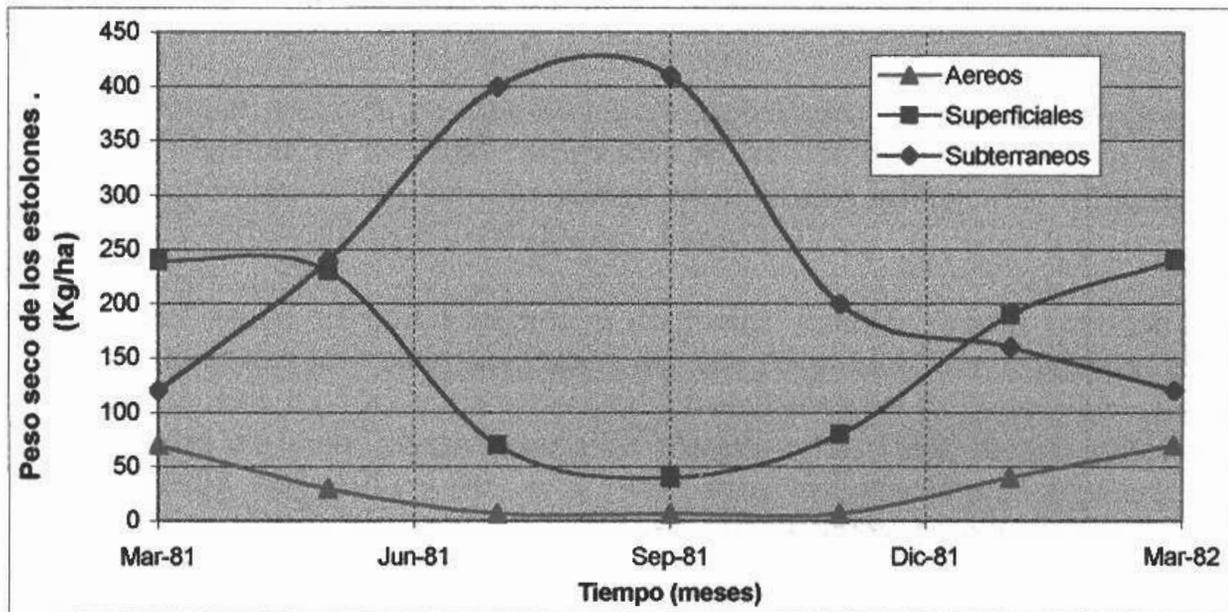
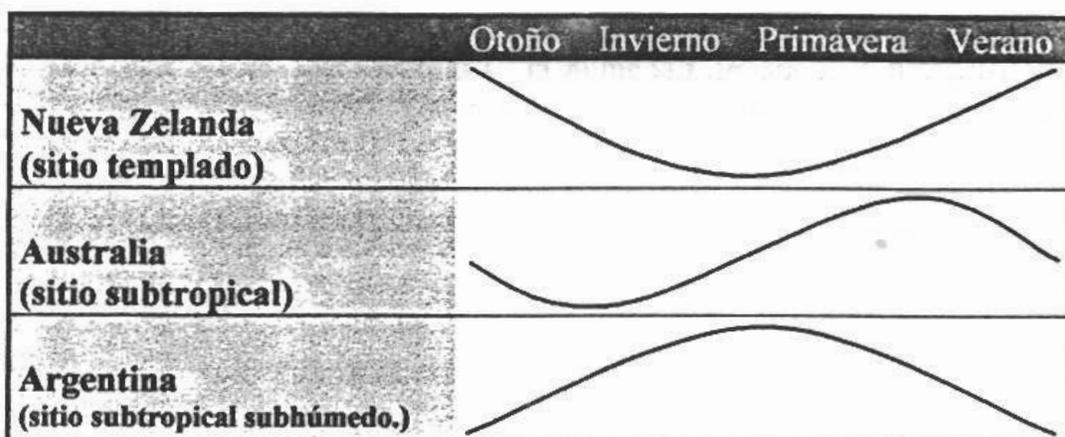


Figura 2: Distribución estacional de las diferentes clases de estolones de trébol blanco a lo largo del año, en Kairanga, Nueva Zelanda. (Fuente: adaptado de Hay, 1983).

La distribución estacional de los estolones observada en el clima templado húmedo de Nueva Zelanda (Figura 2), varió en años donde ocurrieron bajas precipitaciones en verano que generaron un estrés hídrico estival, situación frecuente en los climas subtropicales. Por esto, la distribución estacional de los estolones sobre el nivel del suelo en trabajos realizados en climas subtropicales como en Australia (Archer y Robinson, 1989; Jones, 1987) y en la provincia de Buenos Aires, Argentina (Pagano et al, 1998), mostraron una distribución diferente a la observada en Nueva Zelanda (Cuadro 1).

Cuadro 1: Variaciones relativas de los estolones sobre el nivel del suelo (superficiales+aéreos), en diferentes ambientes, a lo largo del año.



Fuente: Adaptado por los autores de: Jones, 1987; Pagano et al, 1998 y Hay, 1983.

También influyen en esta diferencia encontrada, las bajas temperaturas invernales que se registran en los climas templados de, ya que ocasionan muerte de estolones en invierno (Jones, 1987), y en los climas subtropicales influyen las enfermedades que se asocian al estrés hídrico estival (Irwin y Jones, 1977).

Analizando diferentes autores se desprende, también, que la cantidad de estolones existente en las diferentes estaciones del año (expresada como peso de estolones por unidad de área Kg/Ha), varía considerablemente entre los diferentes ambientes y con las variedades de trébol blanco estudiadas (Pagano et al, 1998; Archer y Robinson, 1989; Jones, 1987; Hay, 1983 y Hay, et al 1987). Estas diferencias probablemente se basen en variaciones climáticas, pero también en los distintos porcentajes de trébol blanco presente en las pasturas de los ensayos.

Según Forde et al (1989) un estolón podría desarrollar raíces adventicias hasta 15 cm de profundidad aproximadamente, antes de ramificarse lateralmente en nuevos estolones. Luego que esta ramificación sucede, las raíces del estolón comienzan a crecer secundariamente, generando raíces tipo pivotantes más profundas. El número de raíces nodales de los estolones que presentan crecimiento secundario varía con el cultivar (Caradus, 1977).

La proporción de raíces secundarias dependerá de la capacidad de ramificación (o número de estolones/raíz) de la especie, y disminuirá a mayor número de estolones presentes en la pastura. Además, las temperaturas altas disminuyen la ramificación o formación de estolones (Kemp, 1987) y por lo tanto, aumentan la cantidad de raíces

pivotantes, que también dependerá de la proporción de plantas originadas por semilla (ya sea sembradas o por resiembra natural).

La supervivencia de los estolones de trébol blanco en las pasturas está fuertemente correlacionada con la temperatura y la humedad del suelo. Un análisis más detallado sobre este tema se realiza más adelante, en el capítulo de efectos del déficit hídrico.

En los ambientes templado húmedos, un alto número o peso de estolones y el número de puntos de crecimiento por estolón se asocian a pasturas de alta persistencia (Caradus et al, 1989), ya que éstos le confieren mayor capacidad de respuesta frente a situaciones de estrés. El número de puntos de crecimiento es un factor importante de las pasturas de trébol blanco (y la relación número de puntos de crecimiento/estolón) ya que es una medida de la capacidad de rebrote frente a la defoliación.

Caradus et al (1989) analizaron el comportamiento de 109 cultivares de 25 países durante tres años, en cuanto a la variación estacional de la densidad de los puntos de crecimiento. Encontraron que en el clima templado de Nueva Zelanda, la densidad era mayor en otoño y verano y menor durante el invierno y la primavera (iguales tendencias se registraron en la cantidad de los estolones), sin embargo existía un gran efecto del cultivar en las variaciones. En general los cultivares de hoja chica presentaban mayores variaciones de la densidad de puntos de crecimiento de una estación a otra, mientras que los de hoja grande presentaban menor dispersión de los datos a lo largo del año. Además, el valor promedio de los puntos de crecimiento en los 3 años, era superior en las variedades de hoja pequeña.

Las formas de medir puntos de crecimiento y estolones son diversas. Parece existir consenso en torno a la forma de medir los puntos de crecimiento, debido a la relativa sencillez del método y a que no es destructivo. Se considera como punto de crecimiento a todas las yemas axilares con una hoja desarrollada (abierta o desplegada). En cuanto a estolones, la forma más extendida de medición es el peso por unidad de área de suelo (g/m^2 o Kg/ha). Esta cuantificación resume varios aspectos importantes del estolón (largo, grosor, densidad), sin embargo implica la destrucción del área de muestreo o, en el caso de tomarse las medidas sin remover los estolones, las formas de medición son tediosas y complicadas. Algunos autores utilizan como medida la longitud de los estolones por unidad de área de suelo (cm/m^2 o m/m^2). Este método no considera el grosor de cada estolón pero no implica la destrucción de la pastura, sin embargo plantea la dificultad de seguir el largo de un estolón en una pastura establecida. Por último, el número de estolones por unidad de área ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) resulta ser el método más sencillo y no es destructivo. Sin embargo, no considera ni el grosor ni el largo de los mismos.

Como era de esperar, la mayoría de los conceptos vertidos en este capítulo presentan variaciones importantes debidas al ambiente. Uno de los factores que puede interaccionar con los resultados obtenidos de los estudios demográficos realizados en

pasturas de trébol blanco, es la asociación con otras especies en la pastura. Un análisis más extenso de este tema es el realizado por Brougham et al (1978) y Brock & Hay (1993).

B. VARIABLES ESTUDIADAS.

1. Régimen hídrico.

Las respuestas al estrés hídrico pueden estudiarse de dos maneras separadas: desde el punto de vista productivo o de su persistencia. Sin embargo, en especies perennes éstas no son independientes, por lo tanto en este trabajo se abordaron tomando en cuenta ambos aspectos por igual.

Como se ha mencionado antes, existen numerosos factores que estarían afectando la persistencia productiva del trébol blanco en las pasturas cultivadas del Uruguay. Sin embargo existe evidencia que muestra que probablemente el estrés hídrico y las altas temperaturas en verano podrían ser los factores principales que afectan este fenómeno. Esta estación afectaría particularmente al trébol blanco, que es poco tolerante al estrés hídrico en comparación con otras leguminosas templadas perennes, debido a su sistema radicular poco profundo y a su escasa capacidad en el control de la transpiración (Hart, 1998). La combinación de ambos factores durante períodos relativamente cortos de tiempo (1 a 2 semanas) ya sería suficiente para provocar un porcentaje de muerte de las estructuras vegetativas de la pastura (Archer y Robinson, 1989). Esto sugiere que la erraticidad de la lluvia durante el período estival asociada a altas temperaturas, sería un importante factor ambiental que explique la persistencia de las pasturas compuestas de trébol blanco en el Uruguay.

Según Archer y Robinson (1989), las condiciones ambientales que afectan la persistencia de las pasturas de trébol blanco serían temperaturas superiores a los 20°C combinadas a disponibilidades de agua en suelo menores a 35 mm, que representa un 25% de agotamiento del agua disponible para el suelo de su estudio (Figura 3). Este umbral es muy similar al fijado para limitar la producción por Doorenbos & Pruitt. (1975). Éstos plantean que la productividad máxima del trébol blanco se resiente por debajo de potenciales de matriz (succión) del suelo de -0.03 a -0.08 MPa. Según Haise et al (1967), para los suelos del ensayo (arcillosos) este potencial de matriz se corresponde con un 25 % de agotamiento de agua disponible, coincidiendo entonces con lo propuesto por Archer y Robinson (1989) para limitar la persistencia.

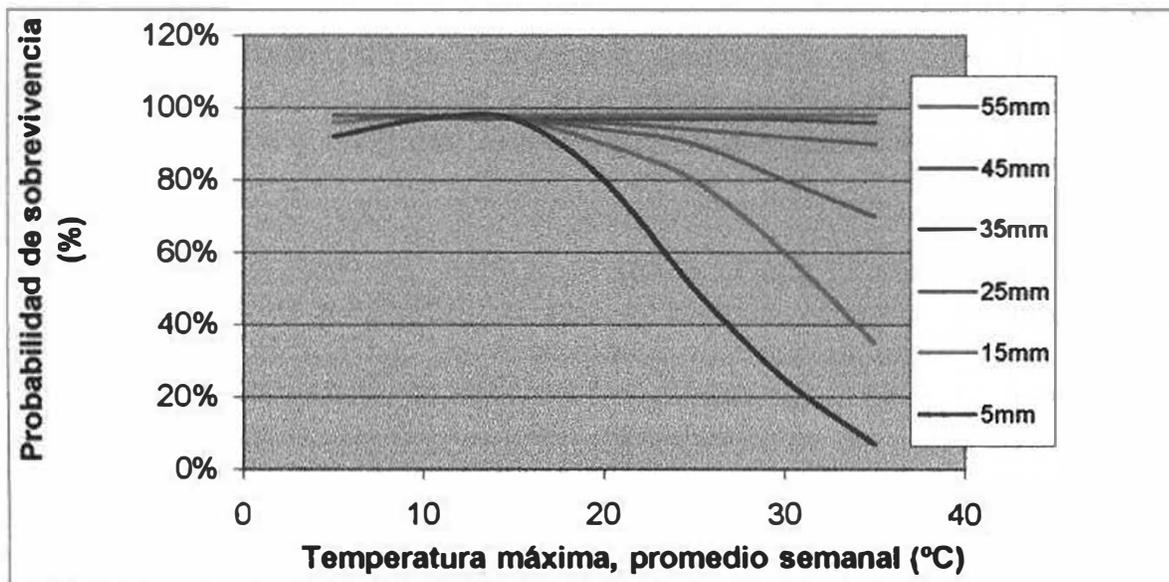


Figura 3: Relación entre los efectos de la temperatura máxima media semanal y el contenido de agua en el suelo (promedio semanal) en la probabilidad de supervivencia de las poblaciones de trébol blanco. Fuente: Archer y Robinson, 1989.

Si extrapolamos los resultados obtenidos por los autores en Australia, (Figura 3), para las pasturas de Uruguay, con valores promedio de temperatura máxima estival cercanos a los 32 °C y 5 a 6 mm ETP promedio estival diaria (Colonia), agotamientos del agua disponible del 75% provocarían descensos del 50% en la población de trébol blanco. Sin embargo, extrapolaciones entre diferentes ambientes presentan diversas limitantes que deberán ser consideradas.

Estudios detallados de fisiología vegetal señalan la existencia de respuestas fisiológicas y morfológicas de las plantas frente al estrés hídrico. En general, las respuestas morfológicas son más sensibles al estrés hídrico y por lo tanto, las primeras en manifestarse en la mayoría de las plantas forrajeras (Turner y Begg, 1978). En trébol blanco las respuestas fisiológicas en general varían poco con el cultivar (Caradus, 1993).

Frente a cualquier estrés (defoliación, déficit hídrico, etc.) la planta tenderá a restablecer el equilibrio, por lo tanto existe una dinámica en la relación parte aérea/raíz que condiciona la producción de materia seca de las pasturas. Blakie y Manson (1990), demostraron que existe una alta correlación entre ambos factores en las plantas de trébol blanco y que una mayor producción de forraje solo es posible con un mayor crecimiento de las raíces. La magnitud de esta relación varía con diversos factores ambientales y con la variedad.

El manejo de la defoliación como una estrategia para la conservación del agua ha sido estudiada anteriormente por diversos autores, como se verá en el punto siguiente, sin embargo los resultados son variables y a veces contradictorios.

Las variedades tienen diferentes estrategias de tolerancia (principalmente morfológicas) al estrés hídrico y éstas varían su eficiencia en diferentes ambientes, según la duración y magnitud del mismo. Estos aspectos se mencionarán luego, en el punto 3.

El efecto del riego en pasturas de trébol blanco es variado; sin embargo, existen respuestas positivas al agregado de agua en periodos estivales. Brink y Pederson (1998), en Mississippi (EE.UU.), no encontraron diferencias entre variedades, ya sea en producción o persistencia, en invierno. Las diferencias se observaron en verano, en todas las variedades analizadas pero solo en los tratamientos de altos volúmenes de riego. Sin embargo, es importante aclarar que, pese a tener Mississippi un clima subtropical y que el trébol blanco presente problemas de persistencia muy similares a los registrados en Uruguay, existen diferencias entre ambos lugares que podrían condicionar las respuestas al riego (1600 mm año⁻¹ de precipitaciones y 3 °C más de temperatura promedio estival en Mississippi).

Los antecedentes nacionales de riego en pasturas con trébol blanco son escasos. Hofstadter (1976 y 1983), Bugarin & Scaglioni (1988) y Chiancone & Musante (1986), realizaron ensayos donde evaluaron producción de forraje y semilla de trébol blanco en semilleros, los cuales poseen un manejo diferente al de las pasturas para producción de forraje, no siendo sus resultados comparables. Sin embargo, por los trabajos de Agorio y Cardelino (1988), podemos suponer que exista respuesta al riego tanto de altos volúmenes (380mm) como de menores volúmenes. Evidencias de esto último, aunque en manejos para producción de semilla, se pueden observar en los trabajos realizados por Hofstadter (1983) en donde los riegos fueron entorno a los 100 y 200 mm. Por otro lado, Carámbula (1981) sostiene que debido a la erraticidad de las lluvias, la respuesta al riego solo adquiere gran significado cuando ocurren periodos más o menos prolongados de estrés hídrico.

Las variaciones en volumen y distribución temporal de las lluvias, su asociación a periodos de altas temperaturas, la radiación incidente, etc. son factores que modifican sustancialmente la respuesta del trébol blanco y sus diferentes estrategias para producir y persistir en la pastura. Por esto la extrapolación de resultados, incluso de climas aparentemente similares, resulta riesgosa. La escasa o nula investigación nacional en ensayos de riego en pasturas hace difícil predecir resultados.

2. Manejo de la defoliación.

Estudios de frecuencia e intensidad de pastoreo en trébol blanco han demostrado la existencia de grandes diferencias en los niveles de producción de forraje (Brougham, 1970). Muchas veces la obtención de producciones máximas de forraje no contemplan

los requerimientos de persistencia de las pasturas, tornándose en objetivos opuestos. Sin embargo éstos dos objetivos se pueden unir y manejar la pastura para lograr mayores persistencias productivas, ya que tomando toda la producción acumulada de la pastura a lo largo de los años, seguramente aumentará la producción total. La clave de este problema está en variar la intensidad y frecuencia de la defoliación a lo largo del año; sin embargo esto es difícil en regiones con precipitaciones extremadamente variables (Kemp, 1987), como en Uruguay.

En general se acepta que la proporción de trébol blanco en una pastura resulta favorecida al realizar manejos frecuentes e intensos y que las especies más erectas se favorecen con manejos más laxos (Brougham et al, 1978). Sin embargo estas conclusiones no son absolutas ya que existen diversidad de factores que interaccionan en el crecimiento del trébol blanco en la pastura. Por esto los manejos óptimos para lograr su mayor persistencia productiva deben ser analizados en cada sistema y ambiente de producción. Un análisis exhaustivo de este tema escapa a los objetivos del presente trabajo y puede encontrarse en Brougham et al, 1978; Kemp, 1987; Brougham, 1970; Chapman y Lemaire, 1993; Evans y Williams, 1987; Harris, 1987; Brock y Hay, 1993; entre otros.

La conservación del agua en el suelo mediante pastoreo frecuente es una estrategia que apunta a disminuir la transpiración durante el período estival pero que, en general ocasiona disminuciones en el rendimiento (Barker, 1985). También provoca un aumento de la superficie de suelo descubierto o con poca cobertura, lo que incrementa la temperatura del suelo a niveles muy altos. En zonas de relieve este manejo puede favorecer el escurrimiento y disminuir la infiltración del agua (Barker, 1985). Por el contrario el pastoreo aliviado podría aumentar la protección de los estolones así como disminuir la evaporación (efecto mulch); sin embargo aumenta la transpiración y podría disminuir el agua en el suelo rápidamente si la planta no tuviese mecanismos de ajuste eficiente de la transpiración, como es el caso del trébol blanco (Hart, 1987).

Barker y Chu (1985) realizaron una revisión de 51 trabajos en Nueva Zelanda y concluyeron que la frecuencia de defoliación (dentro de un cierto rango) no es un factor importante en el manejo del agua, sino que existirían otros factores más importantes como biomasa de lombrices, tipo de suelo, especies asociadas en la pastura, viento, etc. Sin embargo, combinando diferentes frecuencias e intensidades a lo largo del año, es probable obtener un manejo óptimo. Brougham (1970) sugiere las siguientes pautas de manejo para las pasturas de *Lolium/Trifolium* de Nueva Zelanda: en invierno una frecuencia de 6 a 8 semanas y una intensidad de 2,5 a 5 centímetros; en primavera 3 a 4 semanas y 2,5 a 7,5 cm; en verano 4 a 5 semanas y 7,5 a 10 cm; en otoño 4 a 6 semanas y 2,5 a 5 cm. Es importante destacar el manejo aliviado propuesto para el verano por este autor, en donde se subraya el descenso de la producción de otoño e invierno debido a un pastoreo intenso estival (efecto residual). Estos resultados pueden explicarse basándose en la mayor existencia de cobertura vegetal del suelo en los manejos aliviados, que elevó

en un 25% la humedad en los primeros centímetros del perfil (Brougham, 1970). Pero es importante destacar que los déficit hídricos estivales de esta región (Palmerston North) de Nueva Zelanda son, generalmente, sensiblemente menores a los registrados en Uruguay.

Como se puede observar, existen alternativas opuestas de manejo para el período estival, cada una con su fundamentación. El éxito o fracaso de cada una de ellas parece deberse principalmente al clima de la región en que se realicen, pero también dependerá de otros factores como tipo de suelo, especies asociadas, etc.

3. Variedad.

Los cultivares de trébol blanco se clasifican de acuerdo al tamaño de hoja: chica, mediana o grande. Los cultivares de hoja chica, generalmente presentan un sistema radicular superficial, mayor número de estolones y puntos de crecimiento. Por el contrario, los de hoja grande presentan un sistema radicular más profundo, tipo pivotante y un menor número de estolones y puntos de crecimiento (Caradus, 1989). Otra característica de éstos últimos es que las plantas madres sobreviven más tiempo en el tapiz (Westbrooks y Tesar, 1955; Jones, 1987) que los cultivares de hoja pequeña que, generalmente, no sobrepasan el año. Sin embargo, todas estas características no están siempre asociadas con el tamaño de hoja y dependen del ambiente en que sean evaluados (Wang, et al 1996).

También se menciona que los tréboles tipo "Ladinos" de hoja grande soportan mejor períodos de estrés hídrico prolongados debido a su sistema radicular más profundo (Williams, 1987), aunque esta característica del sistema radicular ha sido asociada a las plantas madres y no a los estolones (Westbrooks y Tesar, 1955). Por otra parte, trabajos recientes comparando diferentes tipos de tréboles, sugieren que cultivares de hoja pequeña tendrían otros mecanismos de tolerancia al estrés hídrico y podrían presentar mejor performance frente a períodos cortos de baja humedad en el suelo, que los de hoja grande (Wang, et al, 1996). A su vez Williams y Caradus, (1979) y Williams, et al, (1982) sostienen que, en ambientes templados como los de Nueva Zelanda, el mayor número de puntos de crecimiento de las variedades de hoja pequeña les confiere mayor persistencia. Por otro lado Caradus (1993) sostiene que no existen grandes variaciones en cuanto a respuestas fisiológicas entre variedades frente a un progresivo descenso en la humedad del suelo.

Podríamos concluir que, en general el número de estolones y principalmente, el número de puntos de crecimiento de una pastura, (determinados por la variedad y el ambiente) le confiere mayor respuesta o capacidad de recuperación de su estructura foliar frente a un estrés (defoliación, clima, etc.). Sin embargo, cuando el estrés es

provocado por un déficit hídrico prolongado o de gran intensidad, la cantidad de raíces con crecimiento secundario (pivotantes) que tenga la pastura pasa a tener mayor importancia debido a que ellas pueden extraer agua de porciones más profundas del suelo.

En una pastura, la proporción de raíces adventicias sobre las pivotantes de la población de trébol blanco dependerá (considerando un mismo ambiente) de la variedad y estará dada por la proporción de plantas madres existentes en la pastura y el número, tamaño y posición de raíces nodales de los estolones que presentan crecimiento secundario (Matches, 1989).

Las pasturas de tréboles blancos tipo “Ladinos” es probable que presenten, durante el segundo año, mayor cantidad de plantas madres y por lo tanto, mayor cantidad de raíces pivotantes. Además, luego del primer año, tendrán un menor número de estolones por m² y por lo tanto, mayor cantidad de raíces nodales que presentan crecimiento secundario.

Debido a éstos dos mecanismos (profundidad de exploración y número de raíces) dependientes de la variedad es que, probablemente, a lo largo de todo el tiempo de duración de la pastura, los tréboles blancos de hoja grande presenten mayor proporción de raíces profundas y por esto, mayor resistencia a estrés hídrico. Este efecto probablemente sea diferente en el primer año ya que tanto las pasturas de hoja pequeña como de hoja grande, estarán compuestas por plantas madres nacidas por semilla, las cuales poseen raíces más profundas que los estolones. Esto concuerda con varios estudios en Uruguay que indican que las variedades de trébol blanco ladino producen más durante el periodo estival (García, 1996).

Respuestas diferenciales según el tipo de cultivar se han encontrados en diversos ensayos de manejo de pastoreo o de corte. En general, los cultivares de hoja grande presentan una arquitectura de la planta más erecta que hace que los pastoreos menos frecuentes y más laxos favorezcan su producción de forraje y persistencia. Los cultivares de hoja pequeña, por el contrario, responden mejor a manejos frecuentes e intensos. Sin embargo varios autores (Korte y Parsons, 1984; Gibson, 1966) señalan que la alta plasticidad de las variedades tipo “Ladinos”, hace que estas consideraciones se cumplan solamente en condiciones muy contrastantes.

El trébol blanco tipo ladino, es originario del distrito de Lodi-Cremona en el valle del Pó. Con germoplasma de trébol blanco ladino, la Estación Experimental de Agricultura de Alabama, (EE.UU), ha dado origen a diversos cultivares americanos, entre ellos el cultivar “Regal”, que fue liberado en 1962. A partir de este cultivar, se seleccionó la línea experimental (LE 2) utilizada en el ensayo (García, 1997).

La variedad Zapicán es de hoja mediana a grande y presenta elevada producción invernal así como buena resistencia a enfermedades y producción de semillas. Es la variedad de trébol blanco más utilizada en el Uruguay. Diversos experimentos señalan que existen diferencias de un 15% en producción de forraje (principalmente en primavera y verano) a favor de cultivares como Regal y otros ladinos, pero su uso en Uruguay es restringido debido a su dificultad en la producción de semilla, usualmente 50 % menor a Zapicán (García, 1997). Sin embargo, la variedad LE 2 presenta incrementos importantes en la producción de semilla, logrando incluso mayores producciones que Zapicán ya que, generalmente, permite dos cosechas por año (Barú y Vernaza, 1998).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

El experimento se instaló en la Estación Experimental “La Estanzuela” (32° 20' S) del INIA, en el departamento de Colonia, Uruguay, sobre un suelo brunosol éutrico originado sobre la formación Libertad, de textura Franco-Limosa (14% Ar, 63 % Li; 23 % Ac) en los primeros 20 cm, con un contenido de materia orgánica de 3.3 % y pH en agua de 5,9.

Se evaluó el efecto de **tres manejos** de la defoliación sobre **dos cultivares** de trébol blanco en mezcla con festuca en condiciones de **riego y secano**. El experimento fue sembrado el 2 de Agosto de 1996 con una densidad de 20 kg/ha para la festuca y 8 kg/ha para el trébol blanco, luego de una preparación convencional del suelo. Se fertilizó a la siembra con 400 kg/ha de supertriple (46 % P₂O₅) y se refertilizó en marzo de 1998 con 180 kg/ha.

Se utilizó un diseño factorial en parcelas subdivididas, con el factor **riego** en las parcelas grandes, el factor **manejo** en las subparcelas y **cultivares** de trébol blanco en las subsubparcelas. La disposición en el campo fue en bloques con cuatro repeticiones y un tamaño de parcelas subsubparcelas de 2 x 5 m.

Para la mejor implantación, todo el experimento se regó el 10/9/96 y el 10/10/96 con 14,7 y 5,6 mm, respectivamente. A los efectos del balance hídrico, éstos riegos se consideraron como precipitaciones.

A. VARIABLES ESTUDIADAS

1. Régimen hídrico.

Los riegos fueron realizados mediante microaspersores NAAN 501 con intensidad de los riegos de 2,6 mm/hora en la superficie de riego. Los momentos y volúmenes aplicados así como las precipitaciones se presentan en los resultados. Para el cálculo de la lámina efectiva de riego se consideró un 70 % de eficiencia; para la precipitación efectiva se utilizó el modelo propuesto por Burgos y Corsi (1967). Los riegos fueron realizados con el criterio de reducir los déficits hídricos superficiales creando diferencias cuantitativas con el secano, pero tratando de utilizar la menor cantidad de agua posible. En otras palabras, los riegos fueron diseñados para posibilitar la sobrevivencia del trébol blanco pero no necesariamente para maximizar su producción. Por tal motivo, los riegos fueron cortos (promedialmente 15 mm) y realizados en los momentos en que la situación del suelo y la pastura sugería una situación de estrés importante para el trébol blanco.

2. Manejo de la defoliación.

Los cortes fueron realizados con cortadora de césped Honda y los distintos manejos fueron:

- **M1, frecuente:** intensidad = 3,5 cm de altura del rastrojo residual y frecuencia = 10 a 12 cm de altura al corte
- **M2, intermedio:** 5 cm y de 18 a 20 cm, respectivamente.
- **M3, frecuente con descanso:** igual al manejo M1, pero realizando un cierre estival para promover la resiembra y cobertura vegetal del suelo en el período de mayor temperatura.

El número de cortes y los rendimientos promedio resultantes de los manejos anteriormente mencionados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Número de cortes realizados y rendimiento al corte según régimen hídrico.

		N° de cortes		Rendimiento promedio al corte (MS/ha)
		2° Año *	Total ensayo **	
Riego	M1	14	25	773
	M2	10	17	1169
	M3	12	19	978
Secano	M1	12	19	709
	M2	9	14	934
	M3	10	15	747

* Marzo 97 a Febrero 98; ** 21 meses (9/96 a 5/98).

Los cierres para semillazón y las fechas de corte se presentan en el Apéndice 9. Los manejos M3 fueron cosechados luego del reposo, la semilla se trilló y pesó devolviéndose luego a la parcela correspondiente (Cuadro 9).

3. Variedad.

Las variedades utilizadas para el ensayo fueron trébol blanco (*Trifolium repens* L.) variedad Zapicán y una línea experimental (LE 2) de tipo ladino. Ambas fueron sembradas asociadas con Festuca (*Festuca arundinacea*) variedad Tacuabé. Las parcelas fueron separadas entre sí por una fila densa de festuca.

B. DETERMINACIONES REALIZADAS.

1. Materia seca y composición botánica.

Las determinaciones del rendimiento fueron realizadas sobre un área de muestreo de 2,65 m² mediante cortes con rotativa. Previo a cada corte, se determinó en forma visual la composición botánica de la pastura basándose en los componentes trébol blanco, festuca y malezas.

2. Estudios demográficos.

Las mediciones de estolones y puntos de crecimiento se realizaron aproximadamente, cada mes, utilizándose tres muestras al azar de 12,5 X 10 cm en cada parcela. Se contaron todos aquellos estolones mayores a 1 cm con más de tres hojas desarrolladas que se observaran en la superficie del suelo. Los puntos de crecimiento se contabilizaron en el mismo cuadro considerando que, en la axila de cada hoja desarrollada, se encuentra una yema axilar.

Las plantas madres se contabilizaron para dos momentos (Setiembre de 1997 y Febrero de 1998) y en dos muestras al azar por parcela, con cuadros de 50 X 50 cm.

El seguimiento de las plántulas de la resiembra se realizó en las parcelas de los manejos M3 mediante tres aros de 20 cm de diámetro fijos en la parcela. Mes a mes, a partir de julio de 1997 hasta marzo de 1998, se anillaron las plántulas emergidas en ese periodo con un color distinto cada mes. Además, se realizó el seguimiento de las plántulas anilladas en los meses anteriores, discriminando las muertas, vivas y establecidas. Se tomó como establecida la plántula con más de tres hojas verdaderas y se continuó su seguimiento durante todo el período. Los anillos de las plántulas muertas fueron retirados.

C. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para analizar los rendimientos de forraje se calcularon las tasas diarias de crecimiento promedio por quincena de los diferentes tratamientos (KgMS/ha/día). Las mismas fueron calculadas considerando tasas constantes entre dos cortes sucesivos y ponderándolas por los días dentro de cada quincena. Los análisis se realizaron para cada componente de la pastura, la pastura total y el porcentaje de trébol blanco. Además, se realizaron análisis por estaciones considerando: Otoño de marzo a mayo, Invierno de junio a agosto, Primavera de setiembre a noviembre y Verano de diciembre a febrero. A los efectos de esta tesis, se consideraron los datos obtenidos desde la siembra (Agosto 1996) hasta mayo de 1998, aún cuando el experimento continuó siendo evaluado. Las producciones por año se agruparon considerando la producción del primer año desde la emergencia hasta fin de febrero de 1997. El segundo año abarca desde marzo 1997 a febrero 1998, el tercer año solo incluye el otoño de 1998.

Para los estudios demográficos se consideraron estolones y puntos de crecimiento y las comparaciones se realizaron para cada momento del muestreo. Además se separaron períodos de aumento de las estructuras vegetativas y otros en donde se producen disminuciones de las mismas. Estos períodos se extienden por razones prácticas hasta

finés de invierno de 1998, a los mismos se les ajustó ecuaciones de regresión lineal y se realizaron comparaciones estadísticas de sus coeficientes de regresión.

Se realizaron análisis de varianza para los efectos principales y sus interacciones, tanto para la producción de forraje como para las variables demográficas. A efectos de comprender mejor los efectos del manejo y las variedades, también se realizaron análisis de varianza considerando riego y secano como ensayos independientes. El software utilizado fue AGROBASE® para la mayoría de los análisis y para el análisis estadístico de las regresiones se utilizó SAS®.

Las diferencias estadísticas se denotan de la siguiente manera:

NS = no significativo

* = significativo al 10%.

** = significativo al 5%.

*** = significativo al 1%.

IV. RESULTADOS.

A. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.

Una correcta caracterización del clima resulta de fundamental importancia para comprender los efectos de las diferentes variables que influyen en la persistencia productiva de las pasturas, principalmente al realizar comparaciones con otras investigaciones. Se presenta a continuación un resumen de precipitaciones y temperaturas ocurridas durante el experimento.

1. Contenido de agua en el suelo.

El contenido de agua en el suelo depende de varios factores que interactúan entre sí (tipo de suelo, precipitaciones, evapotranspiración, cobertura vegetal, etc.). Los dos procesos principales que lo regulan son las incorporaciones y extracciones de agua del suelo, dependiendo en definitiva del balance de éstos.

a. Precipitaciones.

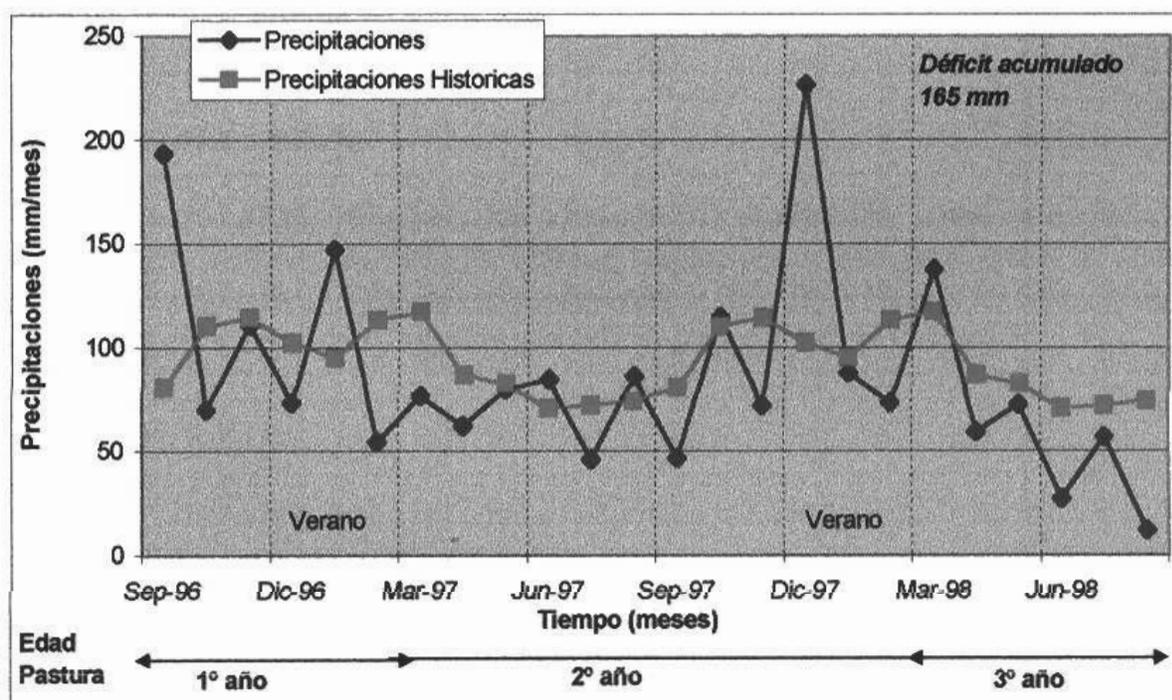


Figura 4: Precipitaciones históricas y ocurridas ¹ durante el ensayo.

¹ Entre el 4 al 17/3/97 se regaron también los tratamientos en secano (26 mm) con el fin de evitar la pérdida de plantas frente al gran estrés hídrico existente, los mismos se incluyen dentro de los valores de precipitaciones del año.

Como puede observarse en la Figura 4, el período de experimentación presentó cierto sesgo hacia valores menores de precipitaciones. No existieron períodos de sequía de muy larga duración (varios meses) pero los desvíos del promedio fueron importantes en ciertas estaciones lo cual es normal considerando la gran variabilidad que caracteriza a las precipitaciones de la región.

Desde el punto de vista de la importancia del déficit hídrico en la persistencia del trébol blanco, se considera al verano como la estación crítica. Durante el primer verano se registraron precipitaciones menores al promedio, produciendo situaciones de estrés hídrico que motivaron un número alto de riegos (como se verá más adelante), en comparación con igual período del segundo año. Este verano se puede considerar, si bien no tuvo una sequía severa, como un verano más seco que el promedio.

El segundo verano del experimento, más crítico para la persistencia del trébol blanco, fue una estación lluviosa con respecto al promedio histórico, superándolo en 77 mm. No obstante, dentro de la estación, se observaron diferencias importantes entre los meses, destacándose diciembre con 125 mm por encima de la media y febrero con 40 mm por debajo de la misma. Por lo tanto, a pesar de haber sido un verano con altas precipitaciones totales, se considera que existieron momentos de estrés hídrico hacia fines del período estival.

b. Riegos efectuados.

El objetivo de los riegos no fue maximizar la producción, como se explicitó antes, sino reducir períodos de déficits hídricos superficiales que provoquen la muerte de estructuras vegetativas y limiten la sobrevivencia del trébol blanco. El número de riegos realizados y los mm totales regados por año se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Precipitaciones históricas, ocurridas¹ y riegos efectivos, por mes.

Mes	Precipitaciones Promedio Históricas ^a	Precipitaciones		Riegos efectivos	
		mm	número ^b	mm ^c	Número
Set 96	81	193	11		
Oct	110	70	9		
Nov	114	111	4	21	2
Dic	102	74	8	49	6
Ene 97	95	147	6	65	6
Feb	113	54	3	33	3
Mar	117	77	8	7	1
Abr	87	62	5	13	1
May	82	80	5	11	1
Jun	71	85	7		
Jul	72	46	4		
Ago	74	86	5		
Set	81	47	5	11	1
Oct	110	115	8	7	1
Nov	114	72	11	11	1
Dic	102	227	13	11	1
Ene 98	95	88	8	11	1
Feb	113	73	5	44	4
Mar	117	138	5	11	1
Abr	87	59	9	11	1
May	82	73	5		
Jun	71	27	2		
Jul	72	57	5		
Ago	74	12	1		
Total ensayo	2237	2071	152	314	31

a- periodo 1960-1998, b- mayores a 1 mm; c- 70 % del volumen aplicado

Como se observa en el Cuadro 3 los riegos se concentraron durante el período primavera-estival y no se realizaron riegos durante el invierno. Los riegos efectuados fueron sustancialmente menores a las precipitaciones tanto en volumen como en número. Durante la primavera y verano del segundo año los riegos fueron escasos y una

vez por mes(salvo en febrero). Los volúmenes regados representaron un incremento del 16% sobre las precipitaciones en todo el período experimental considerado.

Los riegos realizados fueron frecuentes y de bajo volumen como se aprecia en las Figuras 5 y 6. En ellas se observa la distribución de los riegos y las precipitaciones para el primer y segundo verano, y que los mismos fueron realizados luego de que existieran varios días sin precipitaciones y generalmente, separados entre si.

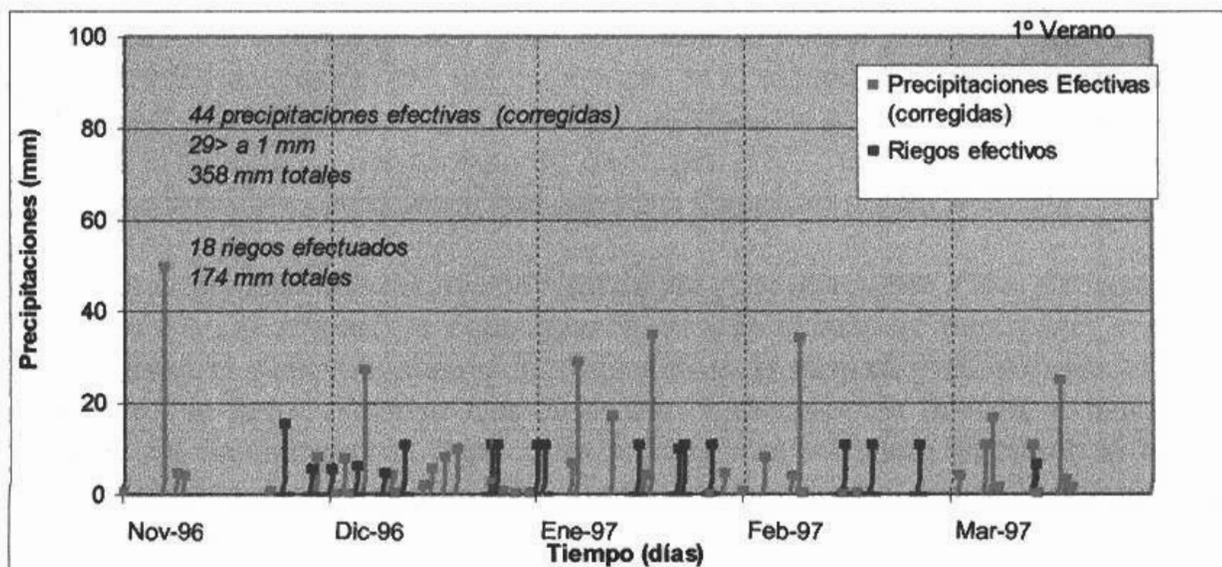


Figura 5: Distribución y magnitud de las precipitaciones efectivas y riegos efectivos ocurridos en el 1° Verano (incluyendo Noviembre y Marzo) del ensayo.

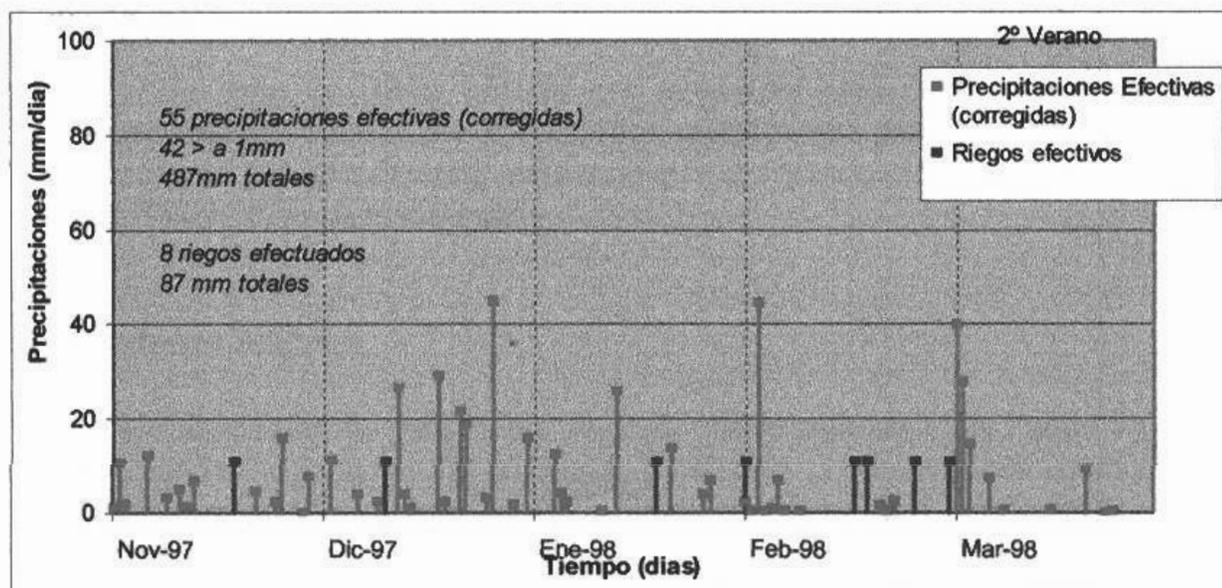


Figura 6: Distribución y magnitud de las precipitaciones efectivas y riegos efectivos ocurridos en el 2° Verano (incluyendo Noviembre y Marzo) del ensayo.

Como se mencionó anteriormente, los riegos representaron un porcentaje bajo del agua caída en el año, sin embargo, debido a que la mayoría de los riegos se efectuaron entre noviembre y marzo de cada año, los porcentajes en este período son mayores. Además, si comparamos los riegos efectivos, éstos cobran mayor importancia fundamentalmente durante el primer período crítico (de noviembre a marzo, 174 mm) en el cual representaron un 49% de las precipitaciones efectivas (358 mm) en el mismo período.

Como se observa en la Figura 5, durante el primer período crítico, se registraron menores volúmenes de precipitaciones que en el segundo así como un menor número de ellas (44 y solo 29 mayores a 1 mm) y distribuidas en forma menos uniforme, lo que obligó a realizar un mayor número de riegos (18). Por lo tanto, la pastura en secano estuvo sometida a condiciones más adversas durante el primer año.

En el segundo año ocurrieron abundantes precipitaciones, (55 y 42 mayores a 1mm) (Figura 6). Las mismas se concentraron durante el mes de diciembre, y por lo tanto, recargaron el suelo mejorando la situación de la pastura para afrontar el verano. No obstante, se puede observar que en secano, en el mes de febrero, existieron períodos largos sin precipitaciones que, como se verá más adelante, afectaron el contenido de agua del suelo en forma importante.

Si se comparan ambos períodos críticos a partir de los datos del Cuadro 3, se ve que los riegos efectuados durante esta etapa mantuvieron el agua que llegó al suelo (lluvia + riegos) en valores similares 532 y 574 mm respectivamente. A su vez, el número de precipitaciones más riegos también fue similar: 63 para ambos veranos.

Por lo tanto, se puede afirmar que la pastura bajo riego estuvo en condiciones hídricas similares durante los dos períodos, mientras que para los tratamientos en secano el primer año fue notoriamente más seco que el segundo: 358 mm y 44 precipitaciones contra 487 y 55, respectivamente.

c. Balance Hídrico.

El Balance Hídrico para 20 cm de perfil que se presenta en la Figura 7 fue calculado a partir de la evaporación del tanque A, ponderada por la evapotranspiración potencial (ETP), que genera una cobertura uniforme de gramíneas de 5 cm de altura. Por lo tanto, solo expresa las diferencias teóricas que existirían entre las parcelas regadas y en secano, en caso de que ambas estuvieran con esta cobertura. Las variables del suelo utilizadas en el modelo para un perfil de 20 cm, fueron las propuestas por Burgos y Corsi (1967) para los tipos de suelo del ensayo. En función de esto, la capacidad total de almacenaje de agua es de 77,5 mm, el punto de marchitez permanente equivale a valores de 30,6 mm

de agua en el suelo y por lo tanto, el contenido máximo de agua disponible es de 46,9 mm.

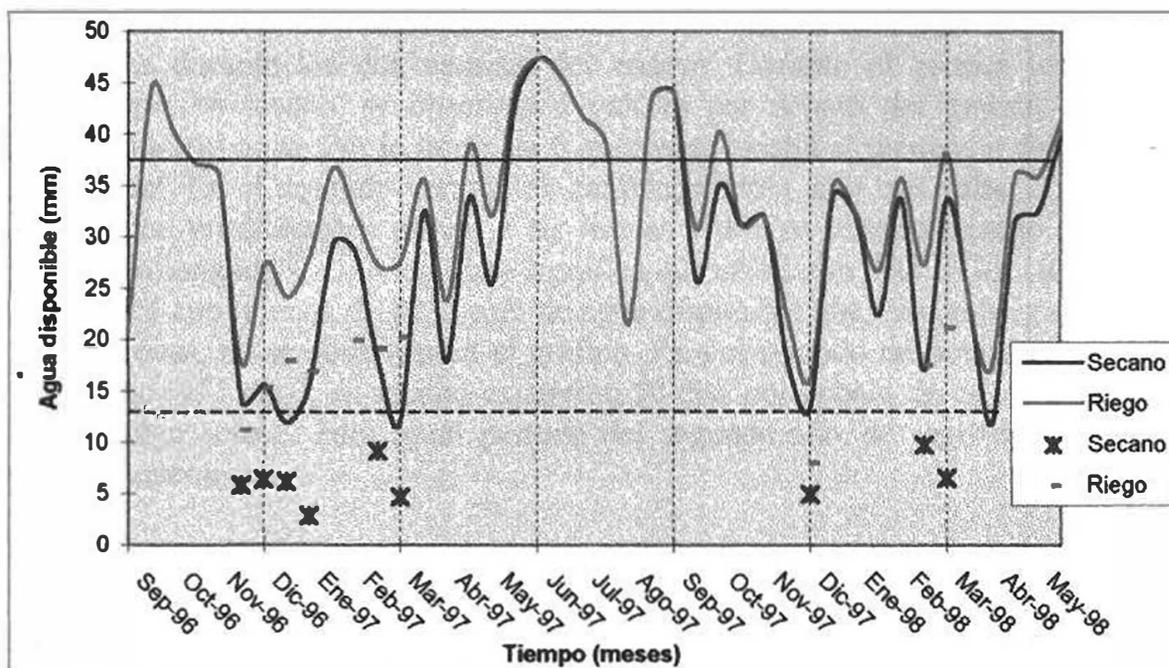


Figura 7: Agua disponible promedio quincenal del suelo para 20 cm (riego y secano). Los puntos representan los mínimos valores diarios registrados en cada quincena del periodo. La línea horizontal continua equivale al 25 % de agotamiento del agua disponible y la línea punteada representa el 75 %.

Al analizar la disponibilidad de agua en el suelo en secano para los períodos críticos de verano, se observó que, efectivamente, el primer verano del experimento presentó valores menores y por más tiempo de baja humedad del suelo, como era de suponer al observar las precipitaciones. Mientras que en el segundo verano los valores de agua disponible se mantuvieron más altos a pesar de que existieron descensos momentáneos importantes.

Los tratamientos bajo riego determinaron diferencias claras en el contenido de agua en el suelo en comparación con el secano, principalmente el primer año. Además, durante los dos veranos (debido a los volúmenes de agua menores regados el segundo año), el agua disponible en los tratamientos regados se mantuvo en valores similares.

La mayoría de los valores quincenales de agua disponible en el suelo de los tratamientos sin riego no sobrepasaron el umbral mínimo de 75% de agotamiento de agua disponible. Sin embargo, la pastura estuvo (por momentos más cortos) por debajo de este umbral (Figura 7). Ello se debe a que al promediar los datos en quincenas, meses,

estaciones o años, se pierde información de períodos más cortos de tiempo. Los factores que afectan la persistencia, y por lo tanto la productividad de las pasturas, se pueden manifestar a escalas temporales menores.

Por esta razón, se consideran relevantes los valores mínimos de agua disponible alcanzados durante los dos veranos del ensayo. Durante el primer verano para los tratamientos en secano, se observan 6 valores por debajo del umbral de 75 % de agotamiento del agua. Por lo tanto, en 6 quincenas existió al menos un día por debajo de este umbral: En el segundo verano, en cambio, existen solo tres valores por debajo del umbral: uno en diciembre previo a las lluvias y dos en febrero cuando se produjo un período prolongado sin lluvias. Esto significa que existieron días en los cuales la pastura se encontró con menos de 12,5 mm de agua disponible que, sin embargo, al promediar por quincenas, no se observan en el gráfico. Para el período de noviembre a marzo del primer año (151 días), en secano existieron 50 días por debajo de este umbral, mientras que en riego solo 3. Para igual período del segundo año, se registraron 27 y 7 días, respectivamente.

Se puede afirmar entonces que, los valores extremos de disponibilidad de agua fueron marcadamente diferentes para ambos tratamientos y durante el segundo año en donde el balance hídrico quincenal presentó menores diferencias, los días por debajo de 75 % de agua disponible, fueron cuatro veces mayores en secano que bajo riego.

2. Temperaturas registradas durante el período.

Las temperaturas registradas durante el ensayo no presentaron diferencias extremadamente importantes con respecto al promedio histórico. Por lo tanto, se puede afirmar que los años del estudio no son atípicos, más allá de un leve aumento de la temperatura durante las primeras estaciones del experimento y leve descenso hacia el final del período experimental (Apéndice 3). Como se observa, el verano fue levemente más caliente el primer año y bastante más frío el segundo.

También se registraron las temperaturas máximas mensuales a lo largo del año a cinco centímetros de profundidad y en situaciones contrastantes, así como la temperatura del aire (Apéndice 3). Como la temperatura en los primeros 5 cm de suelo (estimada por modelo) variaron ampliamente cuando se comparó suelo cubierto y descubierto, se puede inferir que en los tratamientos en donde existió menor cobertura vegetal de la pastura los valores de temperatura fueron más extremos, particularmente en diciembre y enero de cada año.

Resulta de interés remarcar las diferencias de 10 a 15 ° C registradas durante el verano, entre las temperaturas del suelo cubierto y las del suelo desnudo. Las

temperaturas máximas (probablemente cercanas al mediodía) en suelo desnudo durante este período se sitúan cercanas a lo 45° C, temperatura que se encuentra fuera del rango de crecimiento de trébol blanco (Kemp, 1987).

B. PRODUCCIÓN DE FORRAJE.

Cuando el objetivo es lograr una persistencia productiva mayor, el parámetro de principal relevancia directa,, es el mantenimiento de niveles altos de producción de forraje en el tiempo.

Los datos de producción de forraje se presentan según los efectos principales considerados en el ensayo. Para hacer comparables los resultados de los distintos tratamientos, los datos de producción de forraje por corte se convirtieron a tasas de crecimiento quincenales. Los datos de tasas quincenales de crecimiento de trébol blanco se compararon para cada quincena del experimento (Apéndice 4), además se comparó la producción de forraje agrupada por estación y por año, según los efectos principales y sus interacciones (Cuadro 4). Del Cuadro 4 se desprende que el riego presentó efectos significativos principalmente durante el verano y otoño, a su vez el manejo fue significativo en primavera y verano (salvo el primer verano) y por último las variedades presentaron diferencias entre sí durante el segundo año de vida. Tanto el primer como el segundo año las variables riego y manejo presentaron diferencias significativas, mientras que las diferencias entre variedades solo existieron durante el segundo año de la pastura. No se detectaron interacciones de mayor importancia. Los análisis para la pastura total y el componente festuca se presentan en el Apéndice 4.

Cuadro 4: Significancias de los efectos principales y las interacciones, en la producción estacional de trébol blanco.

Variable	Pri 96	Ver 96-97	Oto 97	Inv 97	Pri 97	Ver 97-98	Oto 98	1° Año	2° Año
Riego		***	**			***	**	***	**
Manejo	***				***	***		**	**
Variedad				**	***	***			***
Man*Rie									
Rie*Var				***					
Var*Man							***		

- Los espacios en blanco representan los efectos no significativas (NS).

El análisis de los efectos del régimen hídrico sobre la producción de forraje se realizó promediando los efectos de las otras variables. Para poder estudiar los efectos de manejo y variedad se consideran riego y seco como dos ambientes diferentes.

1. Efectos del régimen hídrico.

A continuación se presentan los valores de producción de forraje de trébol blanco de los tratamientos bajo riego y en secano, promediando los efectos de las variedades y manejos. (Figura 8)

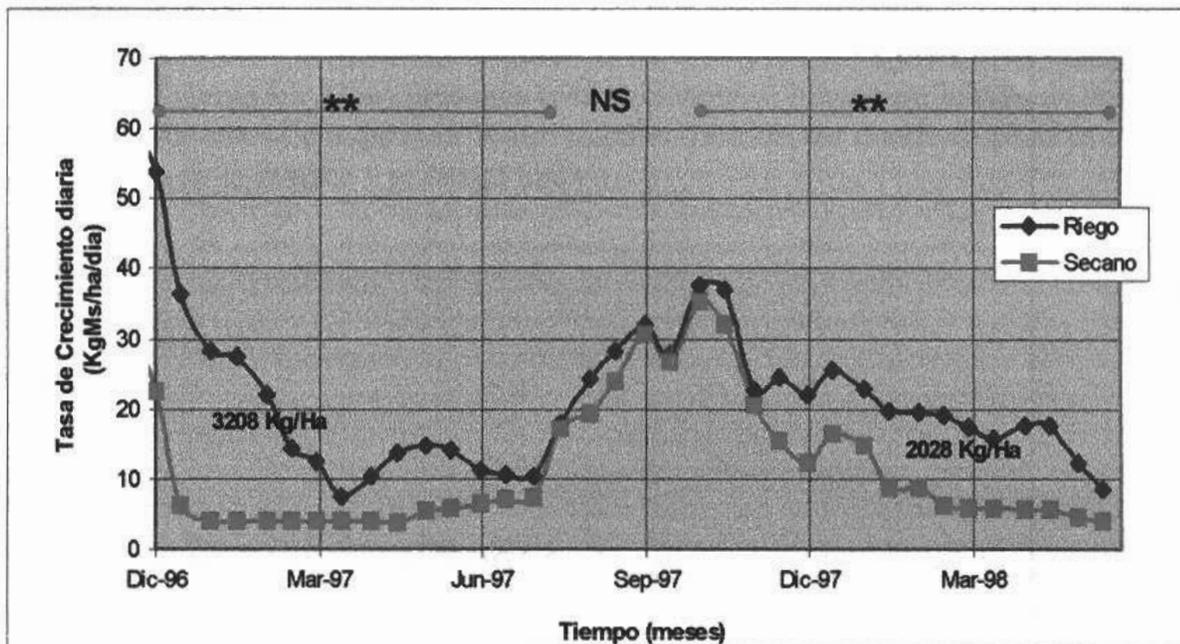


Figura 8: Tasa diaria promedio de crecimiento de trébol blanco por quincena según régimen hídrico. Las líneas horizontales rojas señalan momentos de diferencias estadísticamente significativas. Los valores en el área del gráfico representan la diferencia acumulada durante los periodos de diferencias significativas.

Existieron dos momentos con diferencias significativas interesantes desde el punto de vista agronómico. El primero se correspondió con verano y otoño (diciembre a mayo) del primer año de la pastura, que resultó en una diferencia en producción de trébol blanco de $3208 \text{ KgMS ha}^{-1}$, lo que representó una eficiencia del riego de $16,1 \text{ KgMS ha}^{-1}$ de trébol blanco por mm de lamina efectiva regada. El segundo se correspondió con primavera, verano y otoño (septiembre a mayo) del segundo año de la pastura y resultó en una diferencia en producción de trébol blanco de $2080 \text{ KgMS ha}^{-1}$, lo que representó un eficiencia del riego de $17,3 \text{ KgMS ha}^{-1}$ de trébol blanco por mm de lamina efectiva regada.

En invierno y primavera no existieron efectos significativos del riego, esto concuerda con lo esperado ya que los riegos en esta época fueron escasos o nulos (Cuadro 3), debido a que en estas estaciones la ETP fue relativamente baja y no se produjeron déficits hídricos importantes y duraderos (Figura 7).

Cabe resaltar que, como se dijo anteriormente, es el verano la estación en la que se realizaron principalmente los riegos (Cuadro 3) y por lo tanto, en la que se dieron las mayores diferencias de producción. Sin embargo, durante el otoño y principio de invierno existieron diferencias significativas entre los dos tratamientos, a pesar de que en esta época los riegos fueron sustancialmente menores o nulos. Existió, entonces una residualidad de los riegos de verano que se trasladó a la producción de forraje de trébol blanco de otoño y principios de invierno.

En las Figuras 9 y 10 se presenta la variación en el tiempo de la tasa de crecimiento de los componentes de la pastura según régimen hídrico, en donde se observa la distinta contribución en la festuca y el trébol blanco.

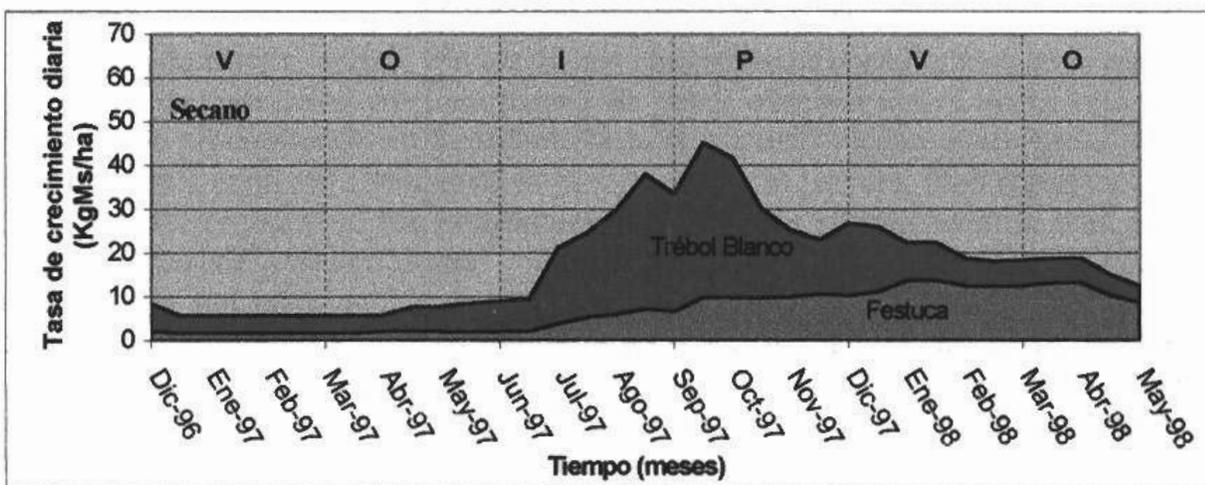


Figura 9: Tasas de crecimiento de la pastura por quincena, en seco; discriminando la producción de trébol blanco y festuca.

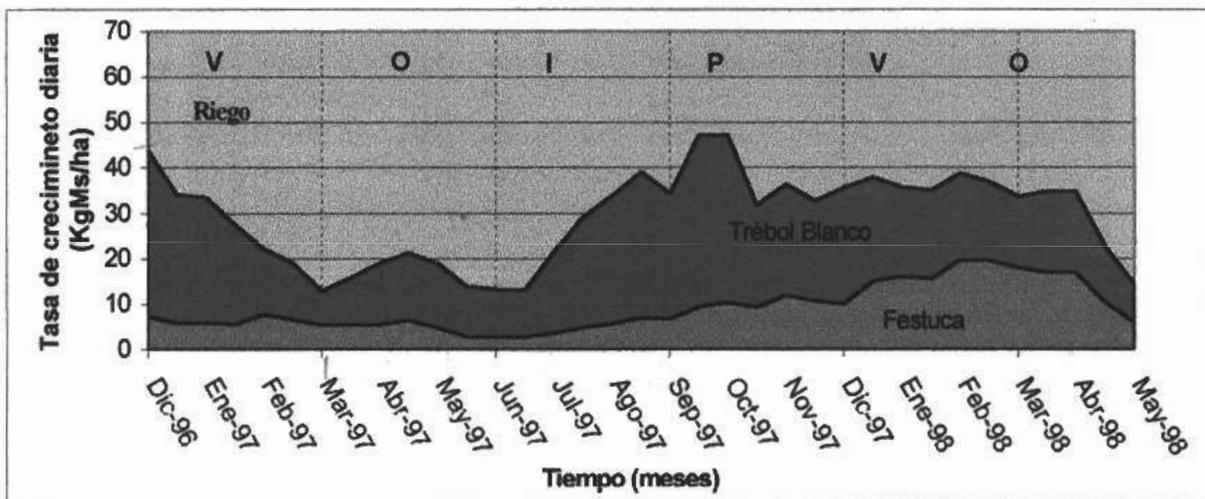


Figura 10: Tasas de crecimiento de la pastura por quincena, bajo riego; discriminando la producción de trébol blanco y festuca.

El incremento en la producción de festuca bajo riego fue significativa en los primeros meses del experimento (verano-otoño). Sin embargo, las diferencias registradas durante el primer año fueron escasas (370 KgMS ha^{-1}). A partir de febrero del 98 y hasta abril, también se obtuvieron rendimientos de forraje significativamente distintos en las parcelas regadas con respecto a las de secano (Apéndice 4), con un aumento en la producción total del segundo año de festuca de 607 KgMS ha^{-1} . En este caso, existió un desfase en el inicio de la respuesta al riego con respecto al trébol blanco, el cual produjo diferencias significativas a partir de noviembre del 97 (Apéndice 4).

Independientemente del régimen hídrico se puede observar que la festuca realizó sus mayores aportes de forraje hacia el final del período experimental considerado, principalmente, a partir de la primavera del segundo año. En la Figura 11 se presenta la variación en el porcentaje promedio de trébol blanco según el régimen hídrico. Al descender el porcentaje de trébol blanco significa indefectiblemente un aumento en la proporción de festuca, ya que son los únicos componentes considerados en la pastura (la proporción de malezas no fue importante). Se puede observar que el trébol blanco fue el componente predominante en la pastura hasta el segundo verano, momento a partir del cual la festuca aumentó claramente su proporción en la pastura. Esto significa que más allá del nivel productivo, los porcentajes de la mezcla se mantuvieron más o menos constantes hasta el segundo verano y a partir de este momento se observaron diferencias entre los dos tratamientos. Las parcelas en secano tuvieron un descenso abrupto de su porcentaje de trébol blanco pasando la gramínea a ser dominante en la pastura. Las parcelas regadas tuvieron un descenso menor y comenzaron a recuperar su porcentaje de trébol blanco hacia fines del otoño llegando a un 60% (y en ascenso) mientras que en secano descendió a niveles cercanos al 35%, con tendencia a estabilizarse.

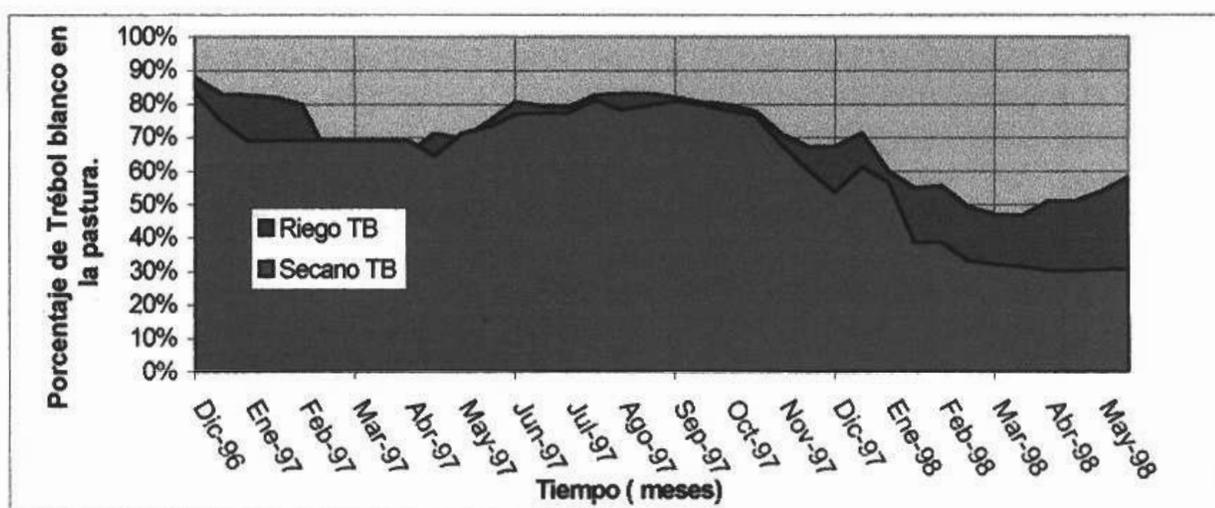


Figura 11: Porcentaje de trébol blanco, según régimen hídrico durante el ensayo. No se consideran las malezas ya que su cantidad no fue importante.

En general la producción anual de la pastura del experimento fue buena como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Producción acumulada (kgMs/ha/año) y porcentaje de las diferencias en la pastura, según especie, para el primer y segundo año.

	Total 1° año ¹	Total 2° año
<u>Trébol B.</u>		
Riego	5471	7389
Secano	3023	5108
<i>Diferencia</i>	*** 2448 81%	** 2281 45%
<u>Festuca</u>		
Riego	819	3018
Secano	449	2411
<i>Diferencia</i>	*** 371 83%	*** 607 25%
<u>Total Pastura</u>		
Riego	6290	10407
Secano	3472	7519
<i>Diferencia</i>	*** 2819 81%	*** 2888 38%

¹ El primer año se considera desde sembrada la pastura (principios de primavera de 1996) hasta final del verano de 1996-97.

Existieron respuestas claras al riego en el trébol blanco, la festuca y la pastura total. Se obtuvo una mayor respuesta al riego del trébol blanco con respecto a la festuca, ya sea para la producción total o por estaciones. Se constató que el trébol blanco dominó las pasturas durante el primer año y hasta el verano del segundo año, independientemente del régimen hídrico, como es clásico en las pasturas mezcla de estas especies. A partir del verano 97-98, en secano, se registró una disminución drástica del trébol mientras que en riego esta disminución fue mucho menor.

2. Efectos del manejo de la defoliación.

En el experimento se probaron dos manejos con frecuencias e intensidades diferentes durante todo el año (frecuente o M1 e intermedio o M2) y un manejo frecuente en el año pero en el cual se realizó un cierre todos los veranos (M3).

Se presentan los efectos en la producción de forraje que resultaron de la aplicación de estos manejos, separando los ambientes de riego y seco. Los valores presentados corresponden el promedio de las variedades estudiadas.

Como se observa en las Figuras 12 y 13, las tasas de crecimiento de trébol blanco en los diferentes manejos variaron constantemente pero mantuvieron las mismas tendencias, no presentando diferencias agronómicamente importantes durante la mayor parte del período considerado. Las principales diferencias significativas entre manejos, en ambos ambientes, se concentraron principalmente en primavera y verano (Apéndice 6).

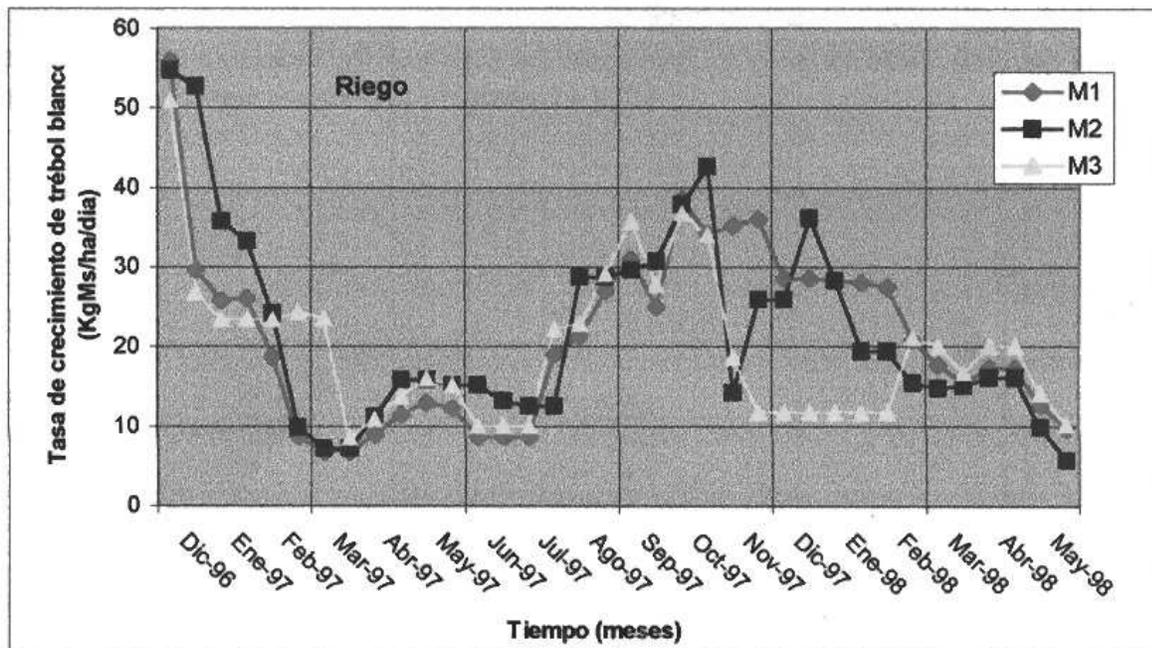


Figura 12: Tasas de crecimiento de trébol blanco por quincena según tipo de manejo de corte, bajo riego.

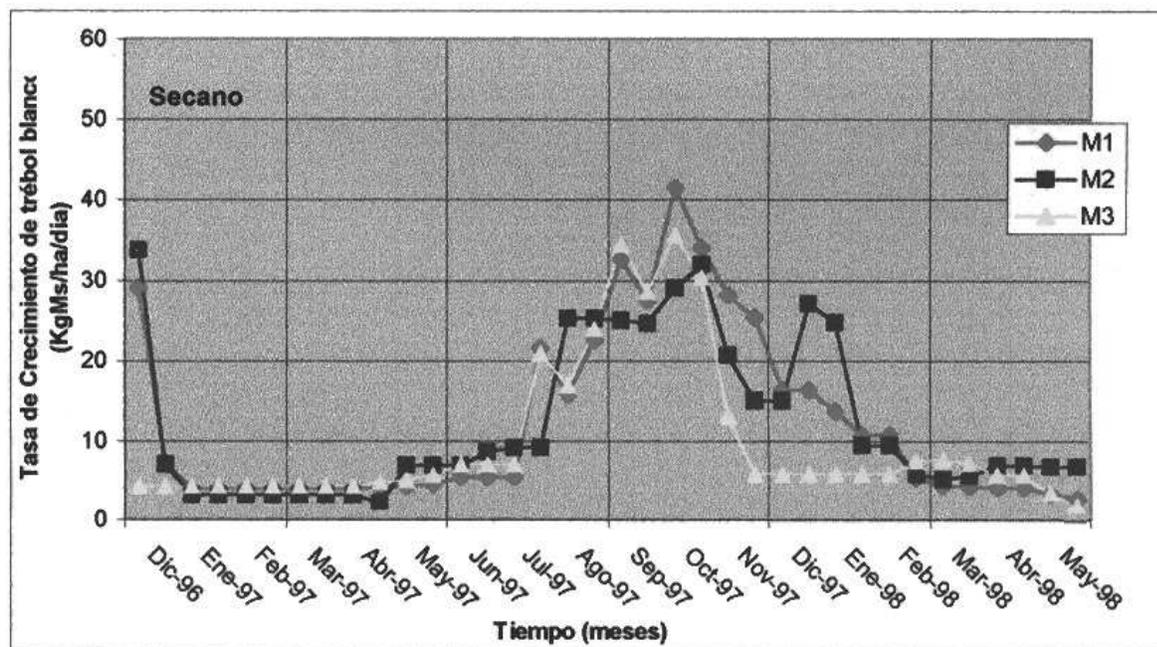


Figura 13: Tasas de crecimiento de trébol blanco por quincena según tipo de manejo de corte, en secano.

Los valores de las tasas de crecimiento de festuca que se presentan a continuación muestran que no existieron diferencias agronómicas de consideración debidas al manejo, tanto bajo riego como en seco (Figuras 14 y 15).

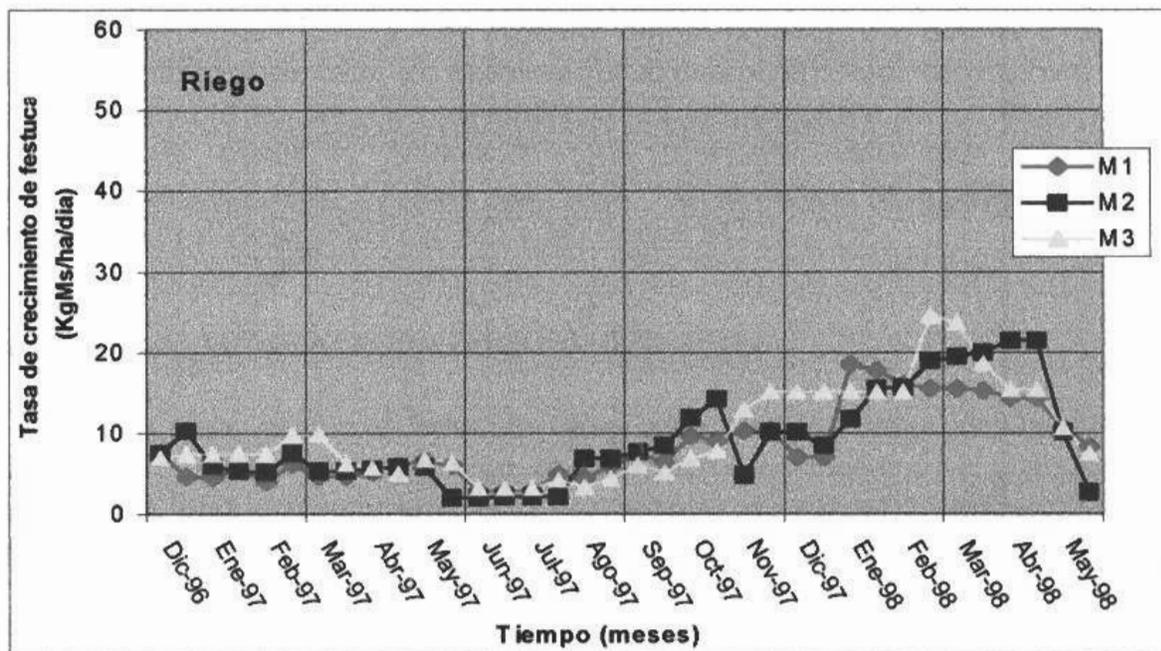


Figura 14: Tasas de crecimiento de festuca por quincena según tipo de manejo de corte, bajo riego.

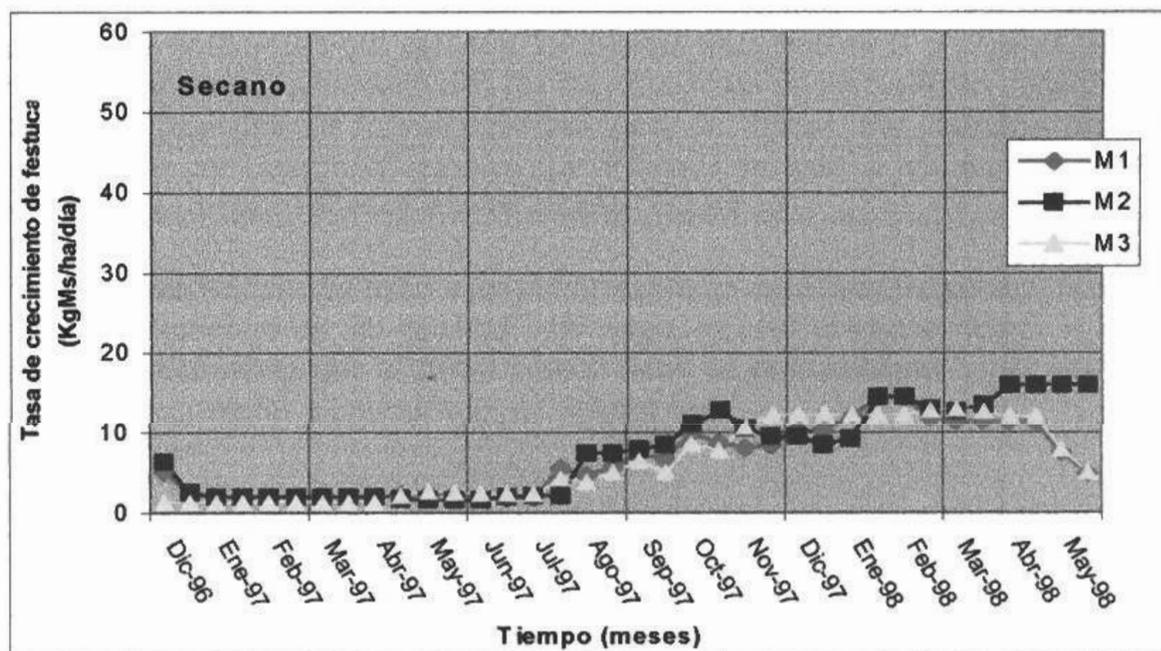


Figura 15: Tasas de crecimiento de festuca por quincena según tipo de manejo de corte, en seco.

La festuca presentó una menor dispersión de las tasas de crecimiento diarias que el trébol blanco y no respondió al cierre estival realizado en el manejo M3.

También se observó que durante la primavera y el verano aumentó la dispersión de las tasas de ambas especies, esto significa que es probable que durante estas estaciones existieran diferencias entre los manejos que al compararlas quincenalmente, la precisión del experimento no permitió visualizarlas. El agrupamiento de los datos por estación permitió ver mejor la producción total trimestral, detectando diferencias entre tratamientos (Apéndice 5). Para una mejor visualización, se separarán los resultados contrastando el manejo M1 con M2 y M1 contra M3.

a. Efecto de la frecuencia e intensidad de corte.

Para observar las diferencias en producción de forraje debidas solamente a frecuencia e intensidad del pastoreo, se contrastaron los manejos M1 o frecuente y M2 o intermedio. Para detectar variaciones estacionales, se agrupó la producción acumulada por especie en trimestres a lo largo del ensayo, para riego y seco (Figura 16 y 17).

Como se observa en las Figuras 16 y 17, la producción de forraje de trébol blanco por estación, presentó diferencias significativas solamente en la primavera del primer y segundo año y en seco (Apéndice 7). En las restantes estaciones estos manejos alternaron mayores y menores tasas de crecimiento diarias de acuerdo al momento en que se realizó el corte (como se aprecia en la figura 12 y 13), compensando su producción acumulada por estación. El manejo frecuente en la primavera, momento en que las plantas se encuentran con las mayores tasas de crecimiento, resultó ser el más apropiado para obtener mayores producciones de forraje. Sin embargo, bajo riego los manejos no presentaron diferencias significativas en todo el año aunque en primavera siguieron la misma tendencia que en seco (Figura 16).

También se observó una mejor performance general (aunque no significativa) de los manejos frecuentes en las parcelas bajo riego, lo cual es lógico debido a las mayores tasas de crecimiento que el trébol blanco tiene en este ambiente y por lo tanto acepta mayores frecuencias e intensidades de defoliación.

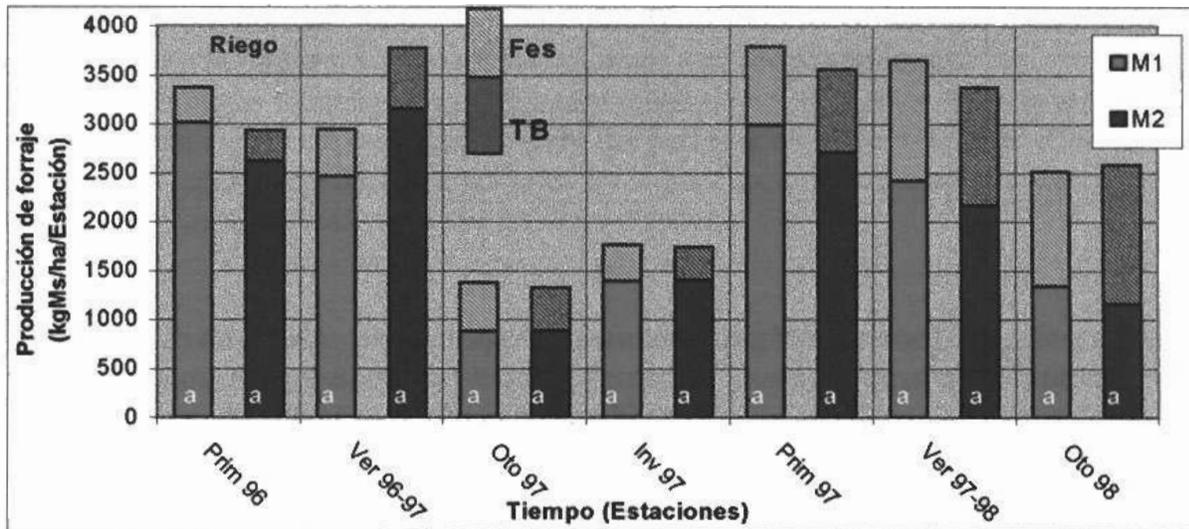


Figura 16: Producción acumulada de trébol blanco y festuca por estación, bajo riego. Las letras representan las diferencias significativas ($\alpha=0,1$) en la producción de trébol blanco durante la estación. Para la producción de festuca tampoco existieron diferencias significativas.

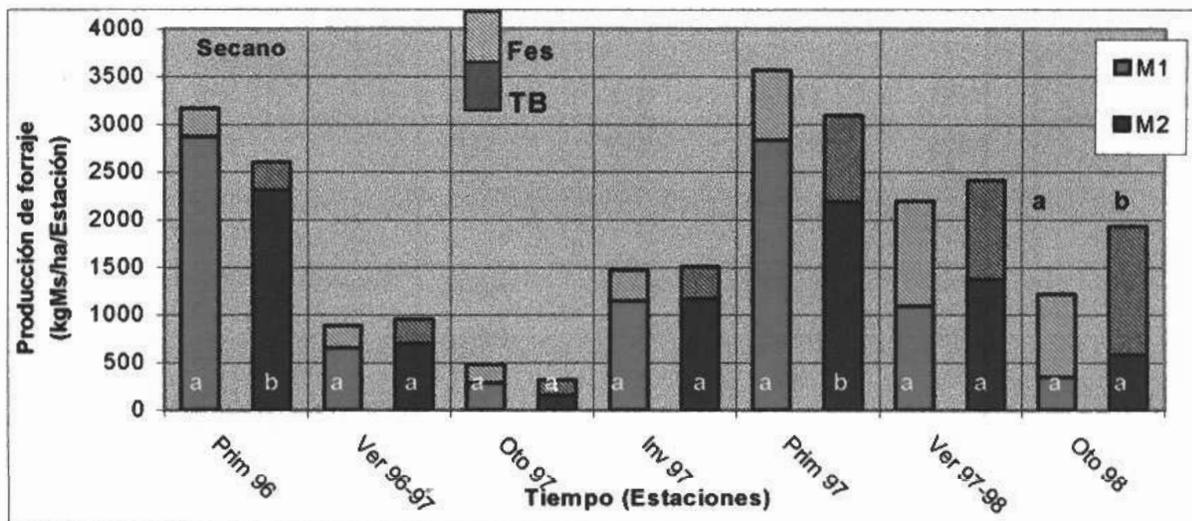


Figura 17: Producción acumulada de trébol blanco y festuca por estación, en seco. Las letras inferiores representan las diferencias significativas ($\alpha=0,1$) en la producción de trébol blanco durante la estación y las superiores las de festuca en la única estación que existieron.

La producción estacional de festuca no presentó diferencias significativas debidas al manejo en ninguna de las estaciones, para los dos ambientes, excepto a comienzos del tercer año y en seco. Sería interesante constatar si esta tendencia en seco se

mantiene luego durante el tercer año, donde sin duda la festuca cobrará mayor importancia en la pastura, ya que responde mejor a pastoreos aliviados.

Las diferencias totales en la producción anual de trébol blanco entre manejos M1 y M2 no fueron significativas, excepto para las parcelas en secano durante el primer año (Cuadro 6). Las diferencias entre manejos en la producción acumulada de festuca en los dos años, no fue significativa ya sea en riego o secano.

Cuadro 6: Producción de forraje acumulada (kgMS/ha/año) y diferencias en porcentaje de trébol blanco, festuca y pastura por manejo, para primer y segundo año, según régimen hídrico.

	Total 1º año ¹		Total 2º año	
	Secano	Riego	Secano	Riego
Trébol B.				
M1	3536	5520	5437	7814
M2	3019	5824	4953	7276
Diferencia	17%	-5%	10%	7%
	**	NS	NS	NS
Festuca				
M1	530	839	2381	2917
M2	547	943	2473	2864
	NS	NS	NS	NS
Total Pastura				
M1	4066	6359	7819	10731
M2	3566	6767	7426	10140
Diferencia	14%	-6%	5%	6%

b. Efecto del cierre estival.

La realización de un cierre estival podría tener distintos efectos benéficos sobre la persistencia productiva de la pastura. Primero, la promoción de la semillazón del trébol blanco aumentando la cantidad de semillas en el suelo y por lo tanto una posible resiembra. Segundo, la acumulación de forraje sobre el suelo podría ejercer un efecto de cobertura, bajando las temperaturas y disminuyendo la evaporación. Sin embargo, también podría aumentar la transpiración de la pastura por tener mayor cantidad de hojas, lo que provocaría un estrés hídrico mayor. A su vez períodos de cierre permitirían a la pastura acumular reservas en estolones y raíces, mejorando su capacidad de rebrote posterior. Con respecto al impacto de este manejo sobre la producción de forraje, el cierre estival podría disminuir la producción de forraje cosechado durante el verano, pero podría aumentar la producción de forraje posterior al mismo. Por lo tanto, realizando un balance entre los efectos directos del cierre estival y sus efectos posteriores se podrán dimensionar las implicancias de cada manejo.

El cierre estival (M3) provocó menores cosechas de forraje de trébol blanco durante el verano con respecto al manejo frecuente (M1), salvo el primer año bajo riego (Cuadro 7).

Cuadro 7: Forraje (KgMs/ha) cosechado durante el verano y diferencias entre manejos con y sin cierre¹ estival (M3 y M1 respectivamente), para el primer y segundo año de la pastura.

	Verano 1996-97		Verano 1997-98	
	Secano	Riego	Secano	Riego
Trébol B.				
M1	665	2502	1109	2458
M3	178	2620	559	1213
Diferencia	275%	-5%	99%	103%
	**	NS	**	***
Festuca				
M1	236	489	1115	1244
M3	125	701	1127	1526
	**	NS	NS	**

¹ El 1° período de cierre fue del 14/11/96 a 11/2/97 en secano y del 17/12 al 17/2 bajo riego.
El 2° período de cierre fue de 5/11/97 a 17/2/98, para riego y secano.

Esto podría explicarse por una disminución en la tasa de crecimiento en el M3 debido a un IAF mayor al óptimo, a la competencia con la festuca o a una proporción del forraje producido que se desintegró en el campo.

Como los cierres fueron realizados a partir de noviembre, el forraje de trébol blanco cosechado durante la primavera en el manejo M3, fue significativamente menor al de los manejos frecuentes (M1) (Apéndice 7).

Como podía esperarse, las tasas de crecimiento otoñales de festuca y trébol blanco fueron levemente superiores (aunque no significativas) cuando se realizó un alivio estival (Apéndice 7).

En la producción de forraje total anual de la pastura en secano, se observó que el manejo frecuente aumentó significativamente la cosecha de forraje en un 78% el primer año y en un 16% el segundo año. Por lo tanto, los aumentos provocados por el M3 no compensaron las importantes pérdidas de forraje primavero-estivales.

Bajo riego, la producción anual de la pastura en el M3 compensó, mediante aumentos en la producción otoñal y mayores aportes del componente festuca en verano, el efecto negativo del cierre estival. Por lo tanto, las diferencias entre M1 y M3 (6% y 8% para 1^{er} y 2^{do} año) no fueron significativas.

3. Efectos de la variedad.

La persistencia y la producción del trébol blanco son condicionadas por varios factores ambientales. Sin embargo, ciertas características dependientes de la variedad pueden ser importantes en determinados ambientes. La tolerancia al estrés hídrico y el número de puntos de crecimiento son los principales factores mencionados por la bibliografía que dependen en cierta medida del genotipo y afectan la persistencia y la producción del trébol blanco.

Como se observa en las Figuras 18 y 19, durante el primer año, existieron diferencias estadísticamente significativas durante el verano solamente en secano. Estas no se consideran de relevancia debido a su escasa magnitud. Además, al agrupar la producción total del primer año en secano no existen diferencias significativas, como se verá más adelante en el Cuadro 10.

Las diferencias agrónomicamente relevantes, ya sea en riego o en secano, se registraron a partir de agosto del segundo año de la pastura, como se analizará a continuación.

Bajo riego, como muestra la Figura 18, las diferencias entre las tasas de crecimiento diarias de las dos variedades, se produjeron a partir del comienzo del segundo año de la pastura (junio del 97). Durante el invierno, Zapicán produjo más que LE 2, pero esta diferencia fue relativamente escasa (267 kgMs/ ha) comparada con la diferencia agrónomicamente importante que se visualizó en la primavera y verano de 1997-98. La diferencia acumulada durante este período fue de 1621 KgMs/ha, a favor de LE 2.

En seco, existieron diferencias significativas entre variedades a partir de fines de invierno, primavera y verano del segundo año de la pastura (Figura 19). Las diferencias registradas en invierno con riego a favor de Zapicán no se produjeron bajo este régimen hídrico. En este caso es claro que la LE 2 tuvo mayores producciones durante la primavera y el verano y diferencias menos importantes (pero significativas) durante el otoño del tercer año de la pastura. En la Figura 19 se puede observar que las oscilaciones en las tasas de crecimiento diarias de este período fueron similares para los dos cultivares pero el cultivar tipo ladino se mantuvo arriba en producción y en los momentos de los picos produjo mayores diferencias. Estos picos están asociados a momentos de precipitaciones y lo que probablemente ocurrió fue que la LE 2 tuvo un mayor aprovechamiento del agua disponible en el perfil. La diferencia acumulada durante este período fue de 1747 KgMs/ha, a favor de LE 2.

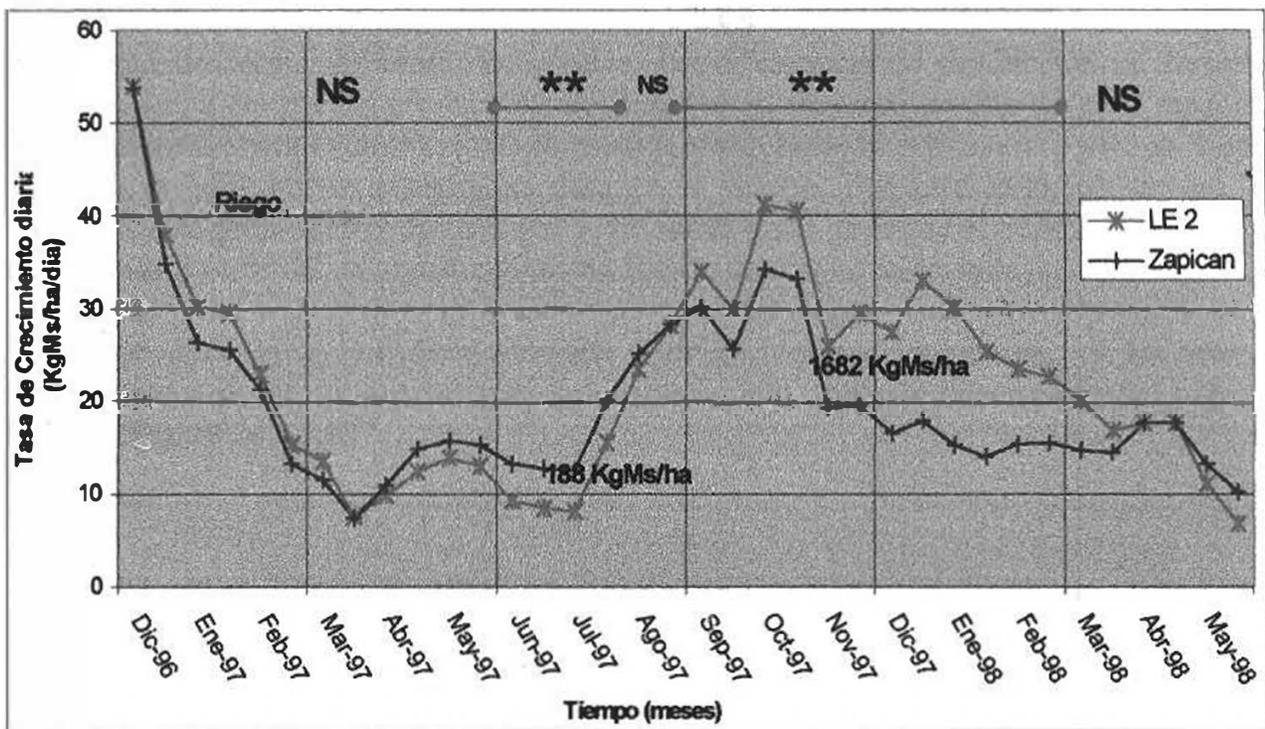


Figura 18: Tasa de crecimiento de trébol blanco por quincena según variedad, bajo riego. Las líneas rojas señalan momentos de diferencias estadísticamente significativas. Los valores en el área del gráfico representan las diferencias acumuladas durante los periodos de diferencias significativas.

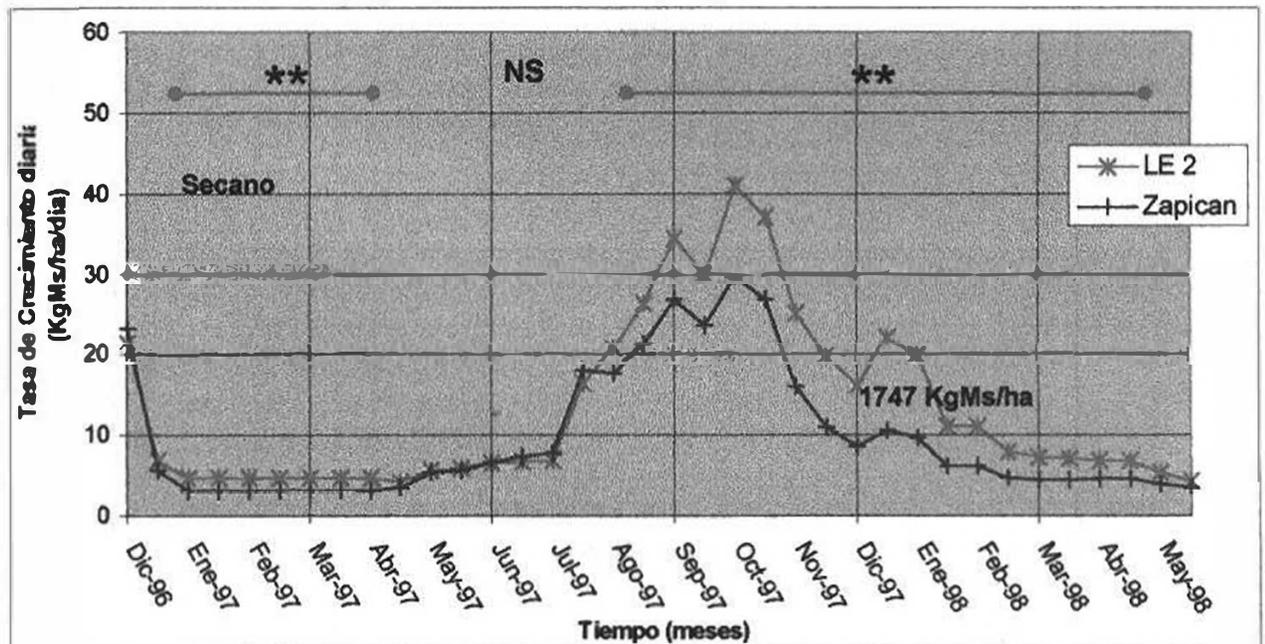


Figura 19: Tasa de crecimiento de trébol blanco por quincena según variedad, en secano. Las líneas rojas señalan momentos de diferencias estadísticamente significativas. Los valores en el área del gráfico representan las diferencias acumuladas durante los periodos de diferencias significativas.

Al comparar la performance de las variedades en los dos ambientes se vio que se comportan de forma diferente. Bajo riego, las diferencias en producción de forraje a favor de LE 2 (la mayor producción de Zapicán en invierno no fue de gran magnitud pero estadísticamente significativa) se produjeron durante la primavera y verano, siendo mayores las diferencias registradas durante el verano. Por otro lado, en secano, las diferencias se prolongaron desde fines de invierno hasta el final del verano (en otoño las diferencias a pesar de ser significativas no fueron de mayor relevancia).

La producción de la festuca asociada al trébol presentó un aumento de las tasas de crecimiento a partir de la primavera del segundo año, independientemente del régimen hídrico (Figura 20 y 21).

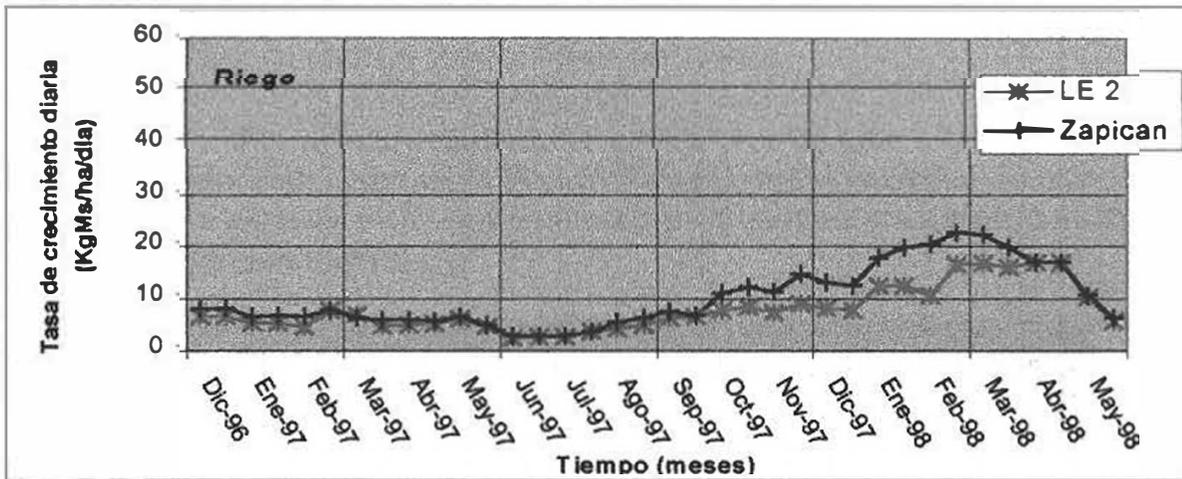


Figura 20: Tasa de crecimiento de festuca, por quincena según la variedad de trébol blanco con la que fue sembrada, bajo riego.

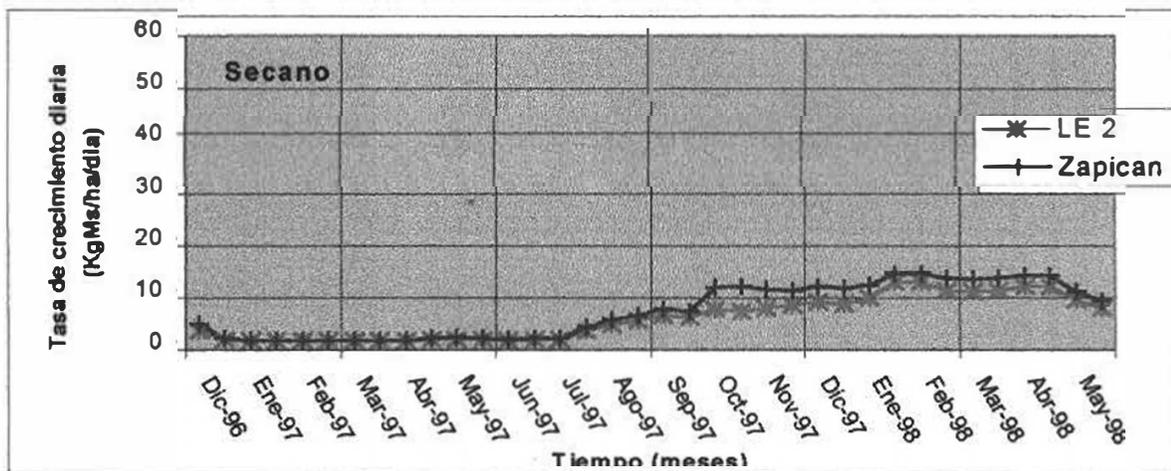


Figura 21: Tasa de crecimiento de festuca, por quincena según la variedad de trébol blanco con la que fue sembrada, en secano.

Bajo riego, las diferencias en la tasa de crecimiento de festuca según la variedad de trébol blanco con la que fue sembrada, no fueron importantes hasta el segundo verano donde la festuca asociada a Zapicán aumentó considerablemente su producción relativa a la asociada con LE 2. Esto probablemente se debió a que la LE 2 se encontraba en este momento con altas tasas de crecimiento, lo que mejoró su competitividad en la mezcla.

En seco, las diferencias en las tasas de crecimiento de festuca no fueron importantes.

Analizando los resultados de producción de forraje acumulados por estación (Apéndice 8) y anual (Cuadro 8) se observó que la producción de la variedad LE 2 fue superior durante el segundo año en 1626 y 1287 KgMs año⁻¹ para seco y riego respectivamente. La mayor producción de forraje de LE 2 fue más importante en seco, tanto en Kg. de materia seca como en porcentaje.

Cuadro 8: Producción acumulada (kgMS/ha/año) según variedad de trébol blanco, de la pastura y sus componentes, para primer y segundo año en ambos regímenes hídricos.

	Total 1º año ¹		Total 2º año	
	Secano	Riego	Secano	Riego
Trébol B.				
LE 2	2996	6100	5921	7882
Zapicán	3000	5864	4295	6595
<i>Diferencia</i>	-0.2%	4%	38%	20%
	NS	NS	***	***
Festuca				
LE 2	444	865	2138	2537
Zapicán	501	1003	2684	3499
	*	*	***	***
Total Pastura				
LE 2	3440	6968	8059	10419
Zapicán	3501	6868	6979	10094
<i>Diferencia</i>	-2%	1%	15%	3%

Podemos concluir que en ambos ambientes LE 2 rindió mayor cantidad de forraje que Zapicán durante el segundo año. Además, en secano la proporción relativa de este aumento fue mayor (38 %) que bajo riego (20%), como se observa en el Cuadro 8.

Por otro lado, la producción de forraje de la festuca en ambos años, fue mayor en los tratamientos en que fue sembrada con el cultivar Zapicán. Para el primer año, estas diferencias no fueron importantes en cantidad, 57 y 138 KgMS año⁻¹ para secano y riego respectivamente, mientras que durante el segundo año fueron de mayor magnitud, 546 KgMS año⁻¹ para secano y 962 KgMS año⁻¹ para riego.

También se puede observar en el Cuadro 8, como los componentes festuca y trébol blanco se compensan entre sí dando como resultado menores diferencias en la pastura total. Mientras que el trébol blanco variedad LE 2 aumentó su producción de forraje de segundo año en secano en un 38 %, la pastura total aumentó el 15% con respecto a Zapicán. Bajo riego, el efecto compensatorio de la festuca fue aún mayor, produciendo una reducción sustancial del aumento en producción de forraje debida a la variedad de trébol blanco, del 20 % de aumento a un 3 % de aumento a nivel del total de la pastura. Sin embargo, a pesar de que las diferencias en producción total de forraje se minimizaron, la calidad de la pastura será inferior en aquellos tratamientos donde el trébol blanco esté en menor proporción. Además, en estos casos la persistencia de la leguminosa puede verse afectada por una mayor competencia de la gramínea.

4. Interacciones.

Durante la mayor parte del experimento las interacciones entre las tres factores no fueron estadísticamente significativas (Cuadro 4). Tampoco al considerar por separado los tratamientos regados y en seco, las interacciones entre variedad y manejo son de gran importancia (Apéndice 2). Sin embargo, en algunas estaciones, existieron diferencias.

Las interacciones entre variedad y manejo fueron significativas en varias quincenas de verano y otoño del 97-98 (Apéndice 4). Sin embargo, si agrupamos en estaciones y promediamos los efectos del régimen hídrico, existieron diferencias significativas solamente en otoño del tercer año (Figura 22). En dicha estación, LE 2 rindió más con el manejo de cierre estival, mientras que Zapicán continuó rindiendo más forraje con el manejo frecuente. También hay que hacer notar que LE 2 produjo más forraje con manejo intermedio durante el verano, mientras que Zapicán lo hizo con el manejo frecuente. Sin embargo, las interacciones estivales fueron pequeñas y no sobrepasaron los 200 a 300 Kg. de materia seca por hectárea y por estación, cuando las producciones totales rondaron los 2000 KgMs por hectárea y por estación. En cambio en el otoño las interacciones fueron del orden de los 250 a 600 KgMs/ha/estación y las producciones cercanas a los 1000 KgMs/ha/estación.

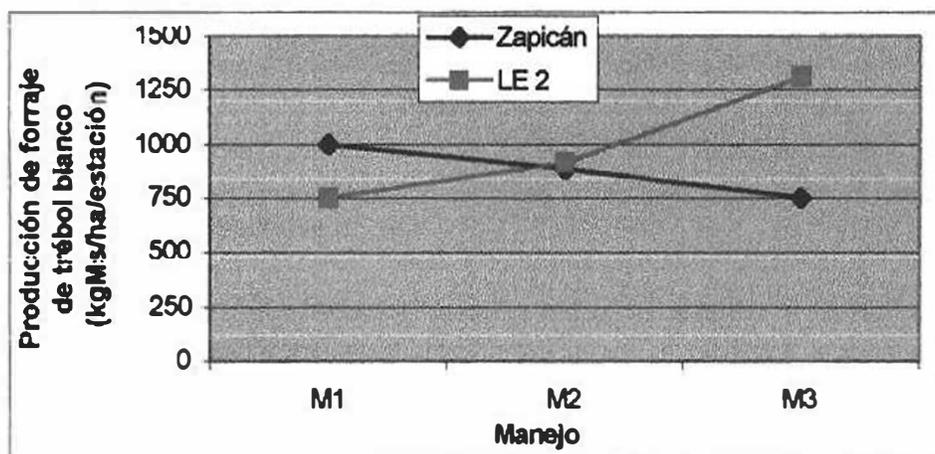


Figura 22: *Interacción entre variedad y manejo en el otoño del tercer año (Interacciones significativas al 1%).*

Si separamos en ambientes (riego y seco) vemos que las tendencias anteriores se mantienen para ambos ambientes y estaciones, con excepción de los tratamientos regados en verano, en donde ambas variedades rindieron más con el manejo frecuente (Apéndice 2). Estos resultados concuerdan con la bibliografía, ya que, según Carámbula (1977), las variedades tipo ladino como la LE 2 se comportan mejor con manejos más

aliviados. Esto se debe principalmente, a su hábito más erecto que las variedades de hoja pequeña.

Con respecto a las interacciones entre las variedades y el riego éstas fueron significativas en varias quincenas de invierno primavera y verano del 97-98 (Apéndice 4), pero en todos los casos con diferencias de escasa magnitud. En el análisis estacional la interacción variedad por manejo resultó estadísticamente significativa solamente en el invierno de 1997 (Cuadro 4), donde Zapicán presentó mayores incrementos en los tratamientos regados pero las diferencias fueron de escasa magnitud (Figura 23). En verano, que fue cuando se realizaron la mayoría de los riegos, la LE 2 presentó mayores incrementos en su tasa de crecimiento. En ambos años, al calcular el total de forraje producido, la LE 2 obtuvo mayores rendimientos.

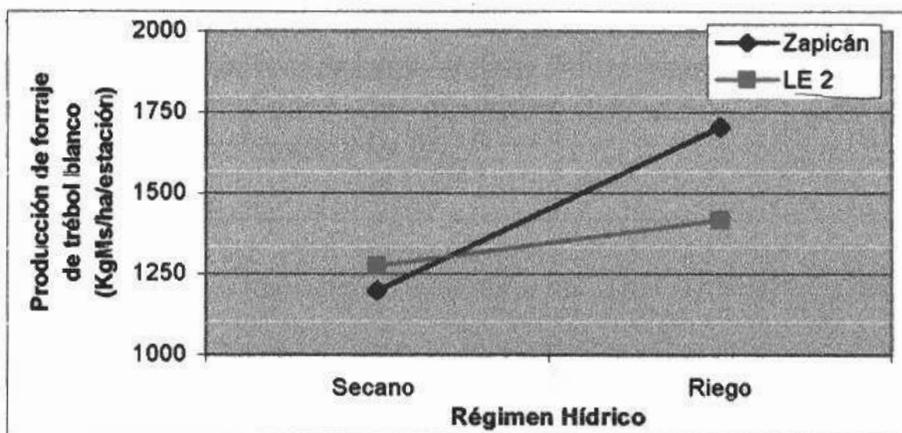


Figura 23: Interacción entre variedad y régimen hídrico en el otoño del tercer año (Interacciones significativas al 1%).

Por último, las interacciones entre los manejos y el régimen hídrico no presentaron diferencias significativas a nivel estaciones (Cuadro 4 y Apéndice 2).

C. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS.

Está bien documentado el hecho de que las plantas de trébol blanco nacidas de semilla tienen una longitud de vida entre uno y dos años. Posteriormente, los mecanismos de sobrevivencia en el tapiz son en base a persistencia de los estolones y/o reimplantación de nuevas plantas. Durante el experimento, se realizaron estudios tendientes a visualizar la importancia relativa de éstos mecanismos y sus variaciones debidas a los factores en estudio y al ambiente (variación estacional y con la edad de la pastura).

1. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.

Sobre este punto, la bibliografía es consistente en afirmar que las plantas que se implantan el primer año, no sobreviven como tales mucho tiempo. Algunos autores aseguran que las variedades tipo ladino sobreviven más tiempo en el tapiz que las de hoja pequeña. Se realizaron dos muestreos (setiembre 97 y febrero 98) cuyos resultados se presentan en las Figuras 24 a 26.

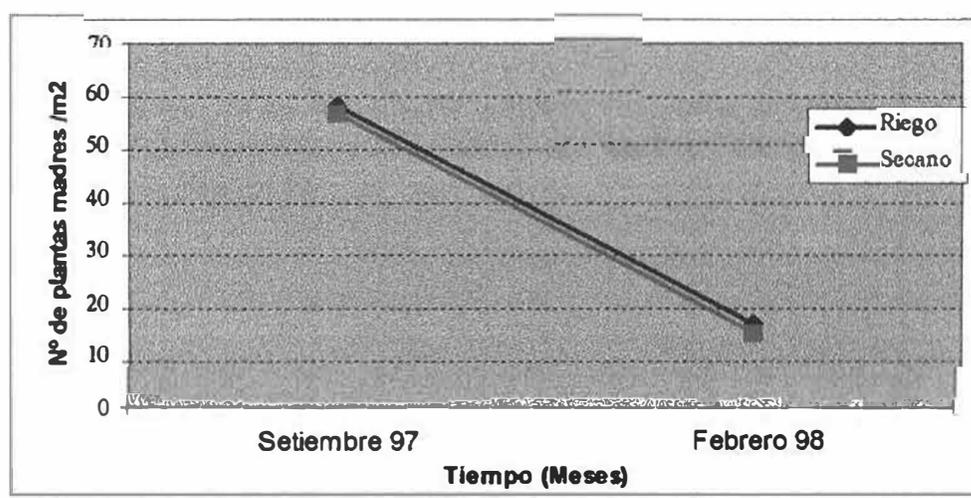


Figura 24: *Número de plantas madres en dos fechas del año de la pastura, según régimen hídrico.*

Como se puede observar, el descenso de las plantas madres fue claro y ya en la primavera del segundo año (a 12 meses de sembrada la pastura) el número de ellas fue muy bajo comparado con el número de estolones presentes en la pastura, 59 plantas madres contra más de 1000 estolones por m² (Figura 29). No existieron diferencias entre riego y secano. El muestreo de febrero, finalizando el segundo año, señaló que probablemente éstas desaparezcan completamente de la pastura.

A pesar de que se observaron diferencias debidas al manejo (Figura 25), tanto en riego como en secano, estas no se consideraron relevantes ya que la proporción de las plantas madres fue muy baja y por lo tanto el aporte de forraje muy escaso.

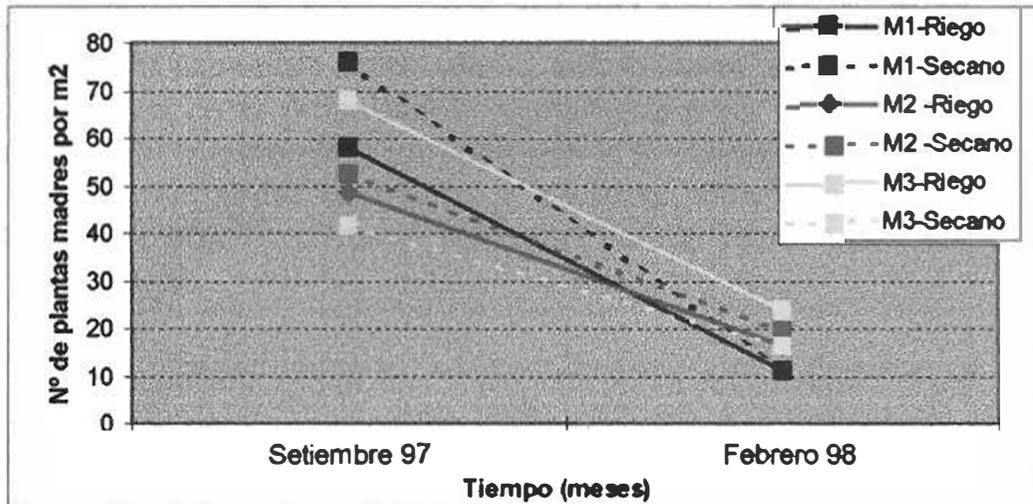


Figura 25: *Número de plantas madres en dos fechas del año de la pastura, según régimen hidrico y tipo de manejo.*

Al analizar el efecto de las variedades tampoco surgieron diferencias (al contrario de lo que señalaba la bibliografía) en la cantidad de plantas madres presentes en el tapiz, como se observa en la Figura 26.

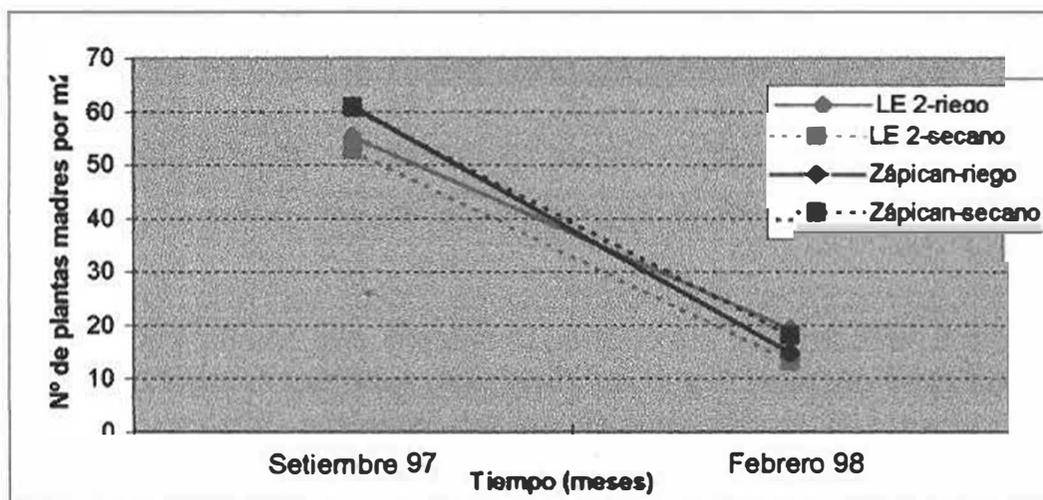


Figura 26: *Número de plantas madres en dos fechas del año de la pastura, según régimen hidrico y variedad.*

Se puede decir entonces que entre el segundo y tercer año de la pastura existió una reducción muy importante en el número de plantas madres en el tapiz,

independientemente del tipo de manejo, el régimen hídrico y las variedades estudiadas, por lo que no constituyeron un mecanismo de persistencia relevante.

2. Plántulas nacidas por resiembra natural.

La bibliografía extranjera señala que el trébol blanco, en los ambientes templados, basa su persistencia en la propagación vegetativa a partir de estolones que cubren el suelo. Sin embargo, en ambientes subtropicales (o en años adversos de otros climas) que generan una alta mortalidad de plantas y estolones durante un período determinado, generalmente el verano, la posterior resiembra natural puede cobrar importancia como forma de persistencia.

La resiembra efectiva como mecanismo de persistencia depende de que exista un banco de semillas en el suelo apto para germinar y condiciones apropiadas que posibiliten el desarrollo y establecimiento de las nuevas plántulas.

Los resultados que se presentan se obtuvieron del manejo M3, que fue frecuente e intenso durante el año con un cierre estival que permitió la producción de semilla como se ve en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Producción de semilla de trébol blanco según variedad en las parcelas M3, durante diferentes períodos de cierre, en Kg/ha.

	1º Período de cierre (14/11/96 al 11/2/97)		2º Período de cierre (5/11/97 al 17/2/98)	
	Secano	Riego*	Secano	Riego
LE 2	26	73	62	83
Zapicán	26	16	28	41

* El 1º período de cierre para las parcelas regadas fue del 17/12/96 al 17/2/97.

Estos resultados indican que, durante el período del experimento, existió en el suelo una cantidad importante de semillas que posibilitó la germinación de plántulas de trébol blanco (como se verá más adelante), ya que la totalidad de la semilla cosechada fue resembrada en la pastura, formando o incorporándose al banco de semillas existente.

A partir de julio de 1997 se realizó un seguimiento de las plántulas emergidas en el manejo con cierre estival (M3). A continuación se presentan los resultados del monitoreo de las emergencias producidas a partir del banco de semillas de trébol blanco, generado posteriormente al primer período de cierre (verano 96-97). Cada línea de color

corresponde a un mes en que se comenzó a realizar el muestreo y su variación en el tiempo representa la sobrevivencia de las plántulas emergidas ese mes.

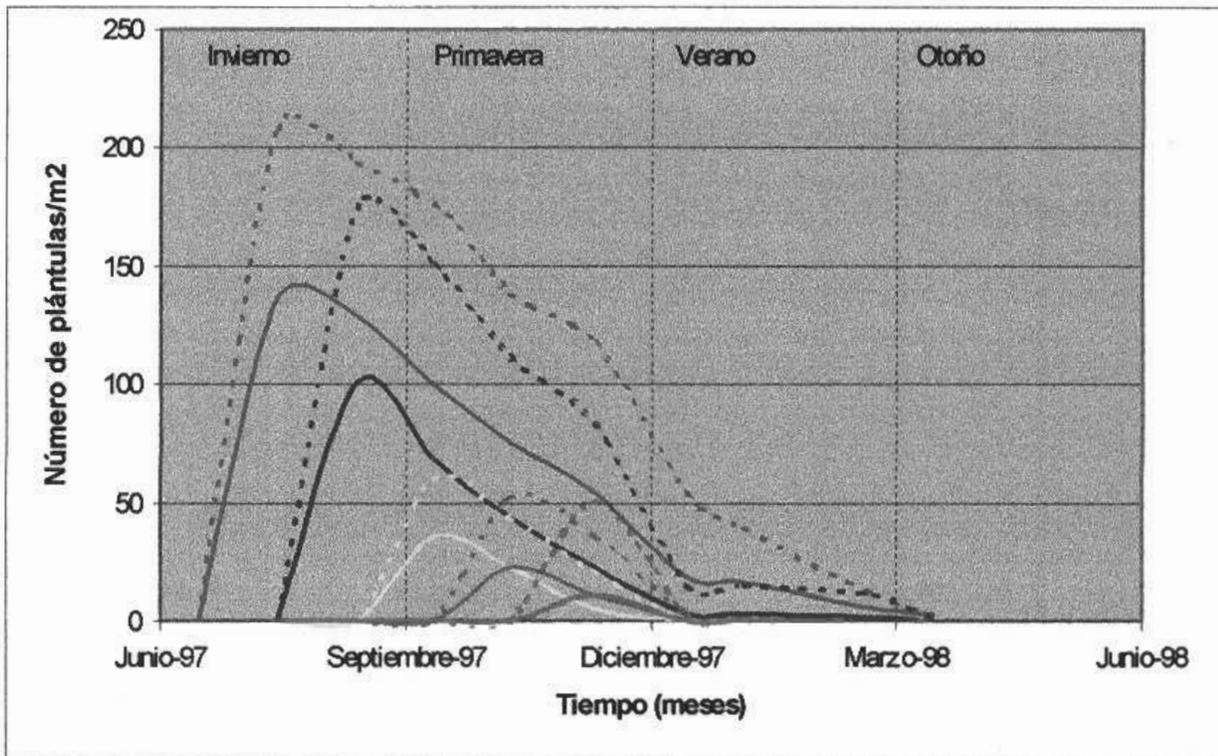


Figura 27: *Número de plántulas de trébol blanco y su variación durante el experimento. Los colores representan diferentes momentos de emergencia. Las líneas enteras corresponden a tratamientos bajo riego y las líneas punteadas a tratamientos en seco.*

Como se observa en la Figura 27, los mayores picos de emergencia se produjeron durante el invierno y luego disminuyeron su magnitud en la primavera hasta el verano, durante el cual no se registraron nuevas emergencias de plántulas.

Los resultados mostraron que el mecanismo de resiembra no fue efectivo para el año considerado y en las condiciones del ensayo, ya que ninguna de las plántulas nacidas durante el período considerado lograron sobrevivir después del verano.

También se observó un mayor número de plántulas emergidas en los tratamientos en seco. Es importante señalar que en los momentos de los picos de emergencias mayores (invierno y primavera de 1997) la pastura se encontraba en condiciones similares de producción como de cobertura tanto para riego como para seco. A su vez, la tasa de muerte en seco fue mayor (con una pendiente mayor) que en los tratamientos regados, lo que provocó que en ambas condiciones de humedad, la muerte total de plántulas se registrara en momentos similares.

Otro dato interesante registrado fue el monitoreo de plántulas establecidas, considerándose como establecidas aquellas que presentaban tres hojas verdaderas plenamente desarrolladas.

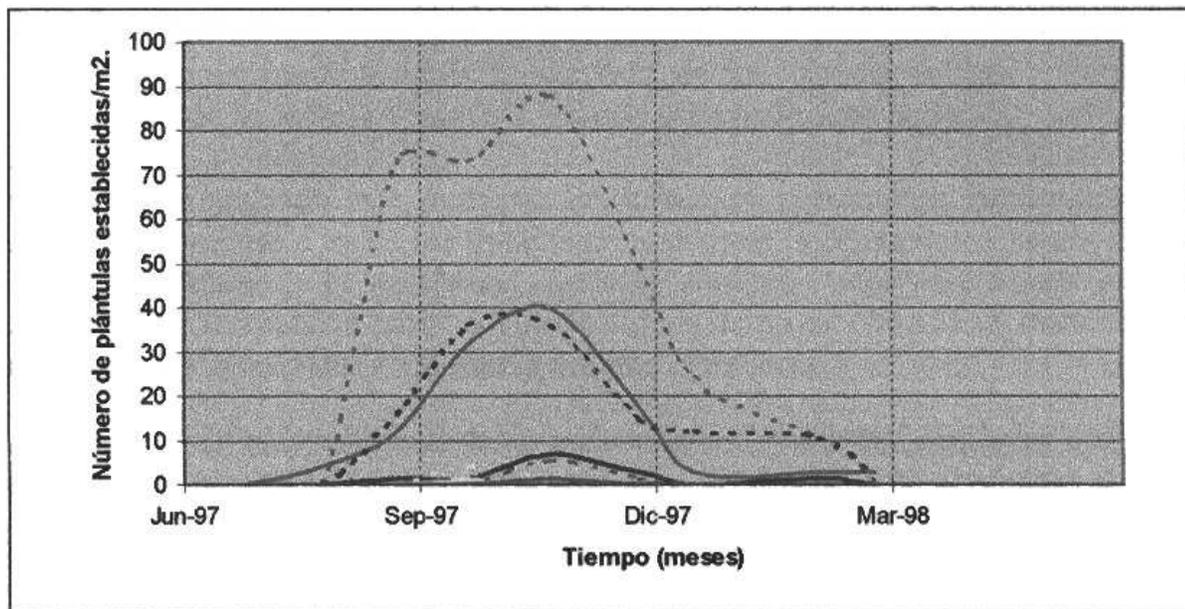


Figura 28: Número de plántulas establecidas durante el ciclo de la pastura. Los colores representan diferentes momentos de emergencia. Las líneas enteras corresponden a tratamientos bajo riego y las líneas punteadas a tratamientos en seco.

Como se observa en la Figura 28, muchas plántulas llegaron a desarrollar tres hojas verdaderas, principalmente aquellas nacidas a principio de invierno, sin embargo, al final de la primavera y durante el verano, todas ellas murieron. Se mantiene a su vez, la mayor cantidad de plántulas en los tratamientos en seco, con respecto a los regados.

Sobre este punto se puede afirmar entonces que, para las condiciones de este experimento y en el período considerado, la resiembra natural no fue un mecanismo efectivo para contribuir a la persistencia del trébol blanco en el tapiz.

3. Estolones y puntos de crecimiento.

A continuación se presentan los estudios detallados de la población de estolones y sus puntos de crecimiento a lo largo del ensayo. Existió un período de gran desarrollo de los estolones durante el principio del segundo año de la pastura, a fines de otoño y principalmente durante el invierno (Figura 29 y 30). Uno de los factores que podría explicar el aumento exponencial de estolones durante el invierno del 97, es que en este momento comenzaron a morir la mayoría de las plantas madres. Por lo tanto el crecimiento de la pastura empezó a basarse principalmente en los estolones nuevos que comenzaron a independizarse de las plantas originales, constituyendo así nuevos individuos. Luego de este aumento los estolones presentaron oscilaciones (de corta duración) comunes a todos los tratamientos, durante la primavera y verano. Más allá de estas oscilaciones, la tendencia general durante estas estaciones fue siempre descendente. Es recién a partir del otoño siguiente que se observó un nuevo aumento del número de estolones que se mantuvo durante el invierno

A partir de las tendencias antes mencionadas, se pueden distinguir dos períodos: el primero (primavera-verano) con una tendencia descendente en el número de estolones y el segundo (otoño-invierno) con tendencia ascendente. A estos períodos se le ajustaron ecuaciones de regresión para analizar las tendencias de los estolones y puntos de crecimiento

Es interesante mencionar nuevamente la dinámica en el corto plazo que se observó durante la primavera y verano de 1997-98. Estas oscilaciones fueron casi paralelas para todos los tratamientos y por lo tanto, es de suponer que fueran independientes en cierta medida, de cualquiera de las variables consideradas en el ensayo. Es probable que existiera una alta asociación (con un leve desfase debido a la respuesta vegetal) de estos picos con períodos de muy alta disponibilidad de agua en el perfil del suelo, posteriores a lluvias de gran magnitud. Como los riegos fueron de bajo volumen y no elevaron mucho la humedad del suelo, sino más bien la mantuvieron (Figura 7), los tratamientos regados lograron mantener una población de estolones superior al seco, adecuada para su status hídrico (Figura 29), pero mantuvieron las mismas oscilaciones debidas a los picos de humedad del balance hídrico. Sin embargo, este comportamiento no se observó en el otoño e invierno del 98, cuando el número de estolones se encontraba en constante crecimiento, especialmente durante los déficits registrados en junio de 1997 y agosto de 1998. Es importante recordar que las temperaturas, en este período, fueron sensiblemente menores a las de primavera y verano.

a. Régimen hídrico.

En cuanto al número de estolones y puntos de crecimiento podemos decir que el riego en el primer año no tuvo gran influencia. Las diferencias comenzaron a producirse a partir de Agosto de 1997, tal cual se manifiesta en las Figuras 29 y 30.

Si se analizan los resultados obtenidos según los períodos señalados anteriormente, no se observaron diferencias significativas entre la tendencia de pérdidas de estolones de la pastura durante la primavera y verano, período en el cual se efectuaron la mayoría de los riegos. Los tratamientos en seco perdieron, en promedio durante este período, 3,5 estolones $\text{m}^2 \text{día}^{-1}$ y los regados perdieron en promedio 3,0 estolones $\text{m}^2 \text{día}^{-1}$. Estos datos surgen de las ecuaciones de regresión ajustadas que, como se observa en la Figura 29, en este período son casi paralelas. Los coeficientes y la significancia de las mismas se presentan en el Apéndice 1. Como los picos máximos logrados en los tratamientos regados fueron superiores a los logrados en seco y los descensos menores, los primeros mantuvieron un mayor stand de estolones en la mayoría del período.

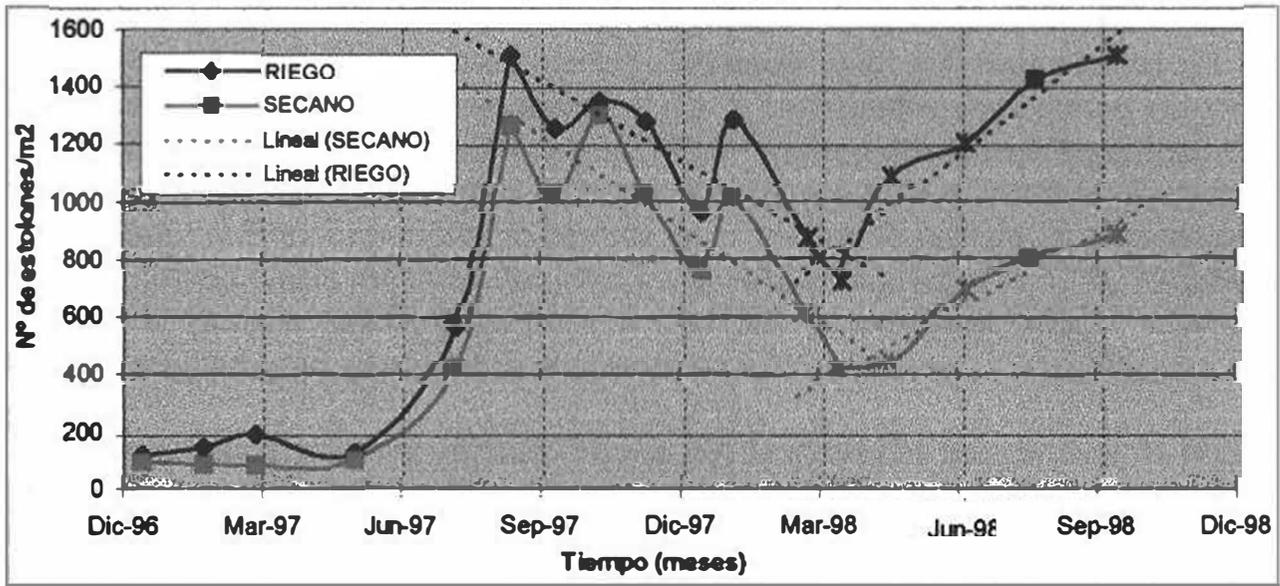


Figura 29: Número estolones según régimen hídrico. ¹

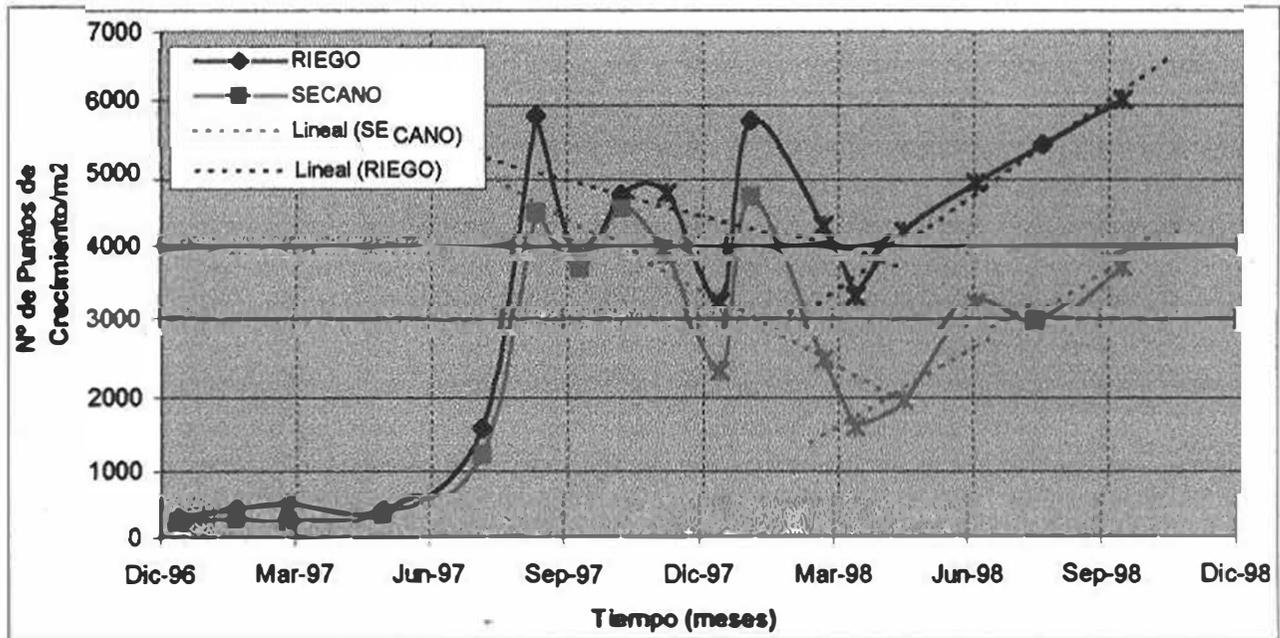


Figura 30: Número de puntos de crecimiento según régimen hídrico ¹.

¹ Las líneas enteras representan un ajuste polinomial realizado por EXCEL. Las líneas punteadas representan las tendencias ajustadas por EXCEL para dos períodos: 1° de Agosto de 1997 al 15 de Marzo de 1998 y de esta fecha hasta el 15 de setiembre de 1998. Los puntos se corresponden con las fechas en que se realizaron los muestreos y los puntos con signos de *, marcan momentos de diferencias estadísticamente significativas.

Durante el otoño e invierno se observó un período de aumento constante del número de estolones, sin embargo, aquí si se registraron tendencias diferentes aunque no significativas, entre ambos tratamientos. Mientras que los tratamientos en seco aumentaron en promedio 2,8 estolones $m^2 \text{ día}^{-1}$, los regados aumentaron en promedio, durante este período 4,0 estolones $m^2 \text{ día}^{-1}$. Esto produjo diferencias significativas en el número de estolones entre ambos tratamientos durante todo el período. Es importante recalcar aquí que, en el período de pérdida de estolones, la pastura en seco perdió el 70 % de los estolones mientras que bajo riego solo se murieron el 53%. Al finalizar el invierno la pastura regada presentó una cantidad de estolones similar a la del año anterior, mientras que en seco se perdieron un 30% de éstos.

Para los puntos de crecimiento (Figura 30) la situación fue similar. Al finalizar el invierno la pastura regada se encontró con una cantidad de puntos de crecimiento similar a la del año anterior, mientras que en seco se perdieron un 16% de estos.

Es interesante observar los cambios en la relación entre estolones y puntos de crecimiento, es decir, el número de puntos de crecimiento por estolón. Los puntos de crecimiento o yemas axilares, son equiparables el número de hojas que presenta cada estolón, ya que en la axila de cada hoja se encuentra un punto de crecimiento.

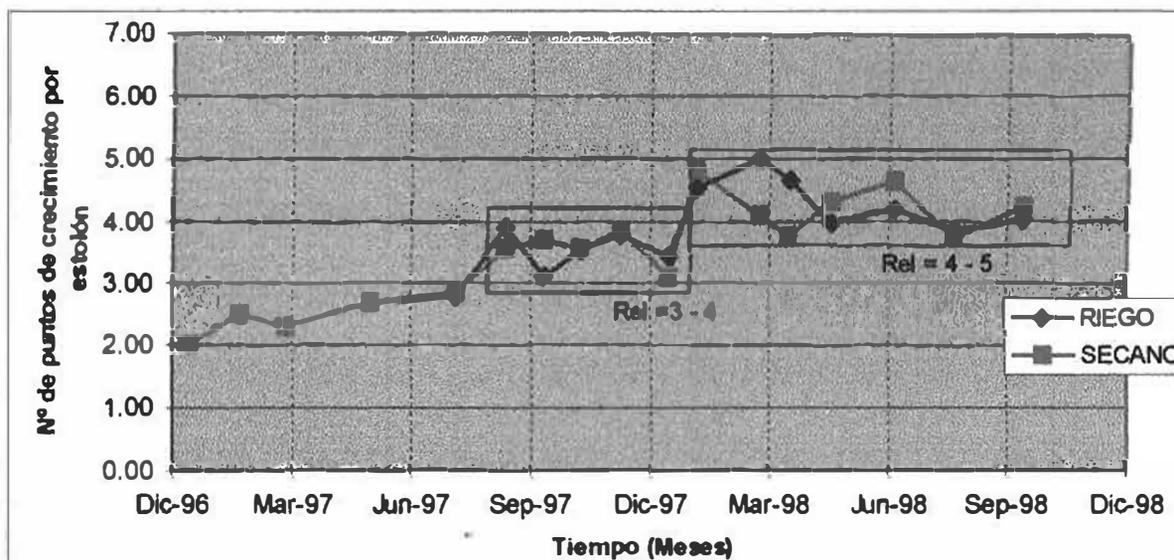


Figura 31: Variación del número de puntos de crecimiento por estolón, según régimen hídrico. Los rectángulos señalan dos periodos en los cuales el cociente oscila entre rangos diferentes para ambos tratamientos. La fecha estimada del cambio en la relación es el 25 de Diciembre, a comienzos del verano.

Como se observa en la Figura 31, el número de puntos de crecimiento por estolón presentó un ascenso hasta mediados de invierno, luego, durante la primavera, se mantuvo constante, dentro de un rango de variación de entre 3 y 4 puntos de crecimiento

por estolón. Luego de iniciado el verano la relación aumentó claramente situándose en valores de entre 4 y 5 puntos de crecimiento por estolón. Este aumento en la relación coincidió con un pico de alta humedad en el suelo. Sin embargo, luego de pasar esta situación el trébol blanco logró mantener un mayor número de puntos de crecimiento por estolón durante el resto del ensayo (sufriendo un leve descenso). Este ajuste que realizó el trébol blanco le permitió mantener mayores cantidades de puntos de crecimiento con un menor número de estolones, compensando así la menor presencia de estructuras productoras de hojas.

b. Manejo de la defoliación.

Como se observa en las Figuras 32 a 35, no se apreciaron diferencias significativas importantes y consistentes en el tiempo entre los manejos aplicados (Apéndices 11 y 12). En general, al observar los resultados de los muestreos, se puede afirmar que existieron efectos cuya significancia es momentánea y variable. Al analizar las tendencias por medio de las ecuaciones de regresión, se vió que los coeficientes de regresión no presentaron diferencias significativas de importancia, tanto para el número de estolones como para el número de puntos de crecimiento. Es claro que las tendencias generales de descensos en la primavera-verano y los ascensos en otoño-invierno, no fueron mayormente alterados por los manejos de la pastura.

Parecería que los estolones y puntos de crecimiento respondieron más a la disponibilidad momentánea de agua en suelo y a la temperatura y no tanto a los efectos del manejo, que de esta forma resultaron difíciles de visualizar. Este supuesto se apoya en el hecho de que las altas precipitaciones ocurridas en diciembre de 1997 generaron un pico de estolones y puntos de crecimiento que se repitió en todos los ambientes y manejos por igual.

Existió sin embargo, un descenso estadísticamente significativo (ya sea en riego o en seco) del manejo M2, en el número de estolones y de puntos de crecimiento durante la primavera de 1997. Además, en los tratamientos en seco, este manejo parece haber sufrido más que los otros manejos la falta de agua ocurrida en agosto y setiembre de 1998. En los tratamientos bajo riego, el manejo M2 presentó un menor número de estolones y puntos de crecimiento que los otros dos manejos durante todo el segundo y comienzos del tercer año de la pastura, con excepción del verano. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas durante la mayoría del período. Tal vez la diferencia más consistente en el tiempo es la que se observa en el número de estolones en el tercer año bajo riego (Figura 30), donde parece claro que los manejos frecuentes (M1 y M3) aventajan al M2.

No se observaron diferencias importantes entre los manejos M3 y M1, aunque puede haber existido un efecto residual (principalmente en riego) del cierre para semillazón durante el verano en la producción de estolones y puntos de crecimiento durante el otoño. Sin embargo, este efecto no fue consistente ni estadísticamente significativo.

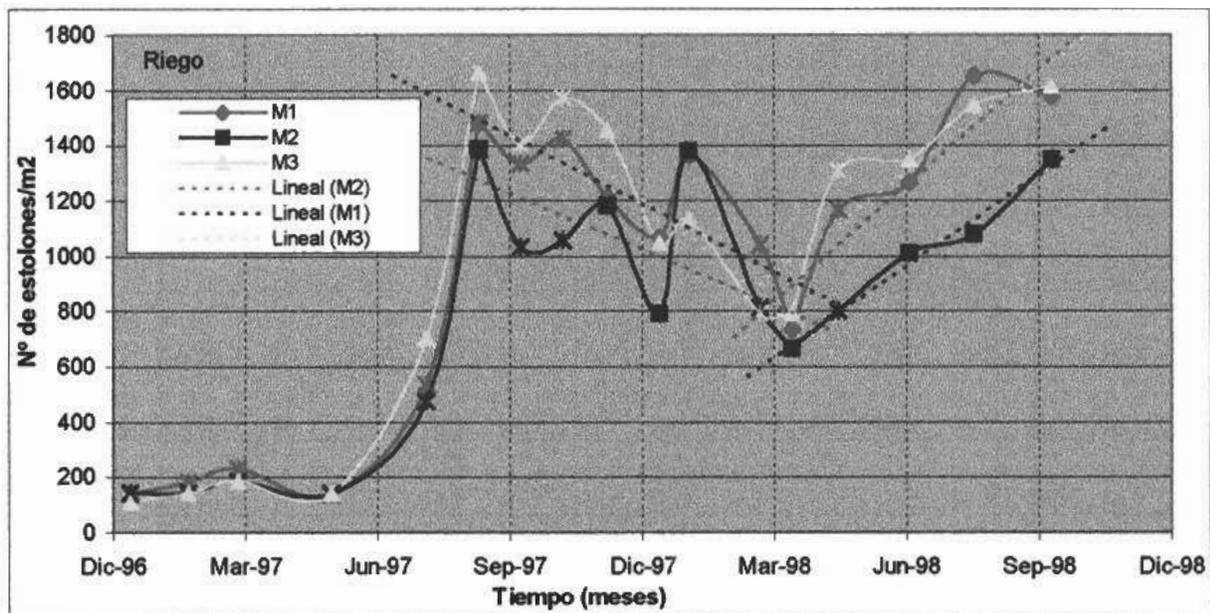


Figura 32: Evolución del número de estolones según manejo de corte, bajo riego. ¹

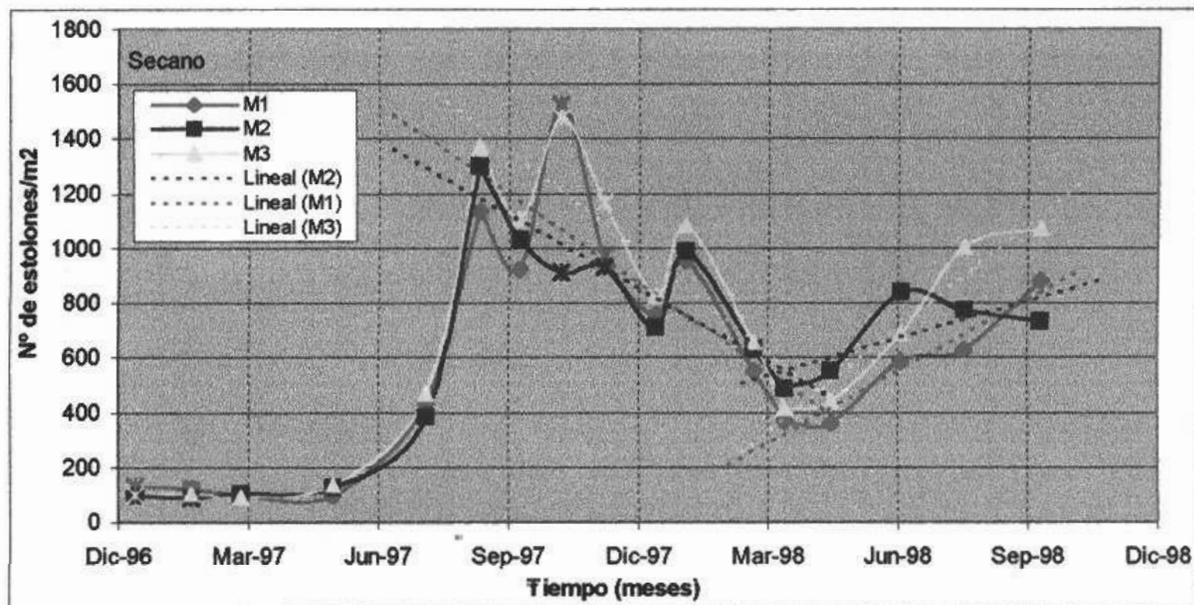


Figura 33: Evolución del número de estolones según manejo de corte, en secano.

¹ Las líneas enteras representan un ajuste polinomial realizado por EXCEL. Las líneas punteadas representan las tendencias ajustadas por EXCEL para dos periodos: 1º de Agosto de 1997 al 15 de Marzo de 1998 y de esta fecha hasta el 15 de setiembre de 1998. Los puntos se corresponden con las fechas en que se realizaron los muestreos y los signos de *, marcan momentos de diferencias estadísticamente significativas.

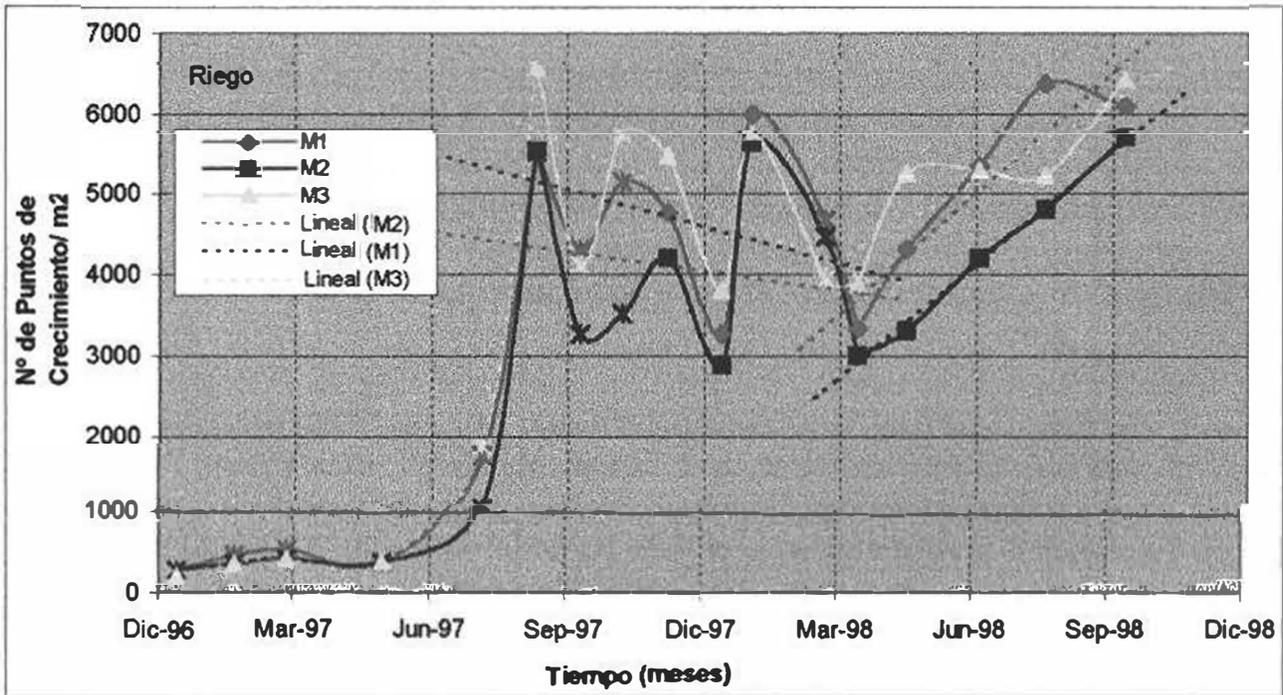


Figura 34: Evolución del número de puntos de crecimiento según manejo de corte, bajo riego.²

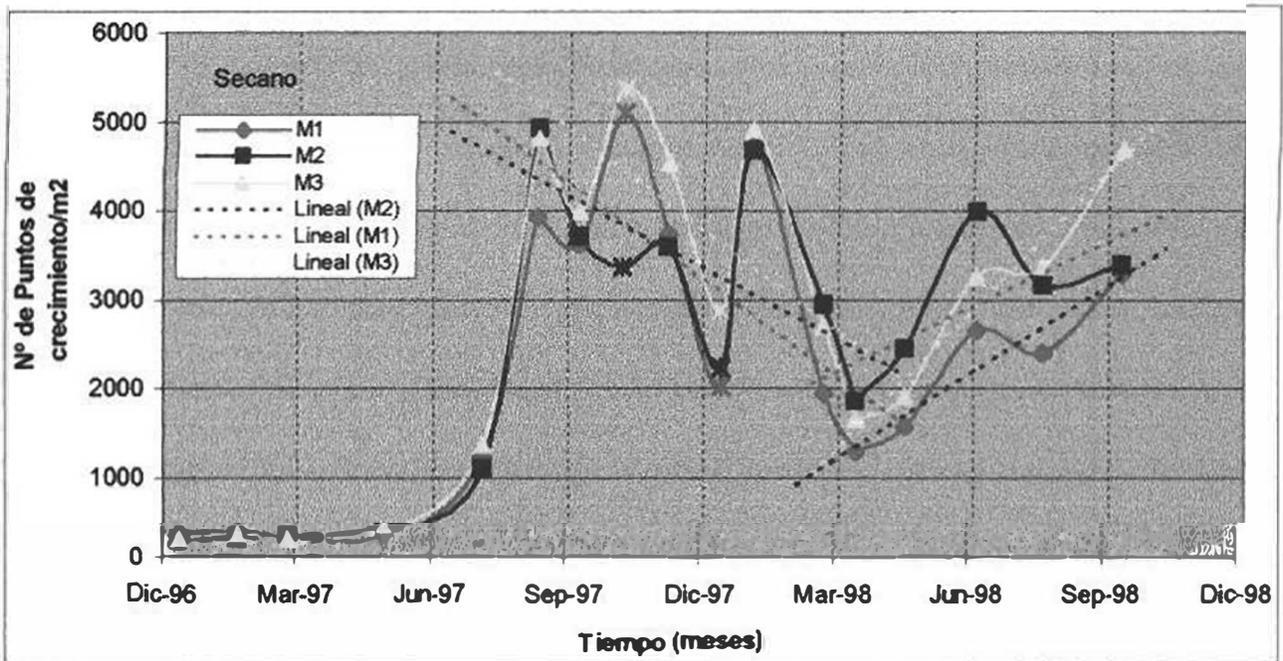


Figura 35: Evolución del número de puntos de crecimiento según manejo de corte, en secano.

² Las líneas enteras representan un ajuste polinomial realizado por EXCEL. Las líneas punteadas representan las tendencias ajustadas por EXCEL para dos periodos: 1º de Agosto de 1997 al 15 de Marzo de 1998 y de esta fecha hasta el 15 de setiembre de 1998. Los puntos se corresponden con las fechas en que se realizaron los muestreos y los signos de * , marcan momentos de diferencias estadísticamente significativas.

b. Variedad.

No se detectaron diferencias consistentes entre variedades, aunque existieron dos momentos en los cuales LE 2 presentó diferencias significativas en el número de estolones y puntos de crecimiento, tanto en riego como en seco (Figuras 36 a 39 y Apéndices 11 y 12). Estos momentos fueron a finales del invierno de 1997 y durante el verano 97/98 después de las intensas precipitaciones ocurridas en diciembre. A pesar de esto, los efectos son solo momentáneos y no se ven reflejados a lo largo del resto del año.

También puede observarse una tendencia general, principalmente en el número de puntos de crecimiento, en donde la LE 2 presentó un mayor número de estructuras durante la primavera y verano (período de pérdida), mientras que Zapicán fue superior durante el otoño y el invierno del tercer año de la pastura (marzo a setiembre de 1998).

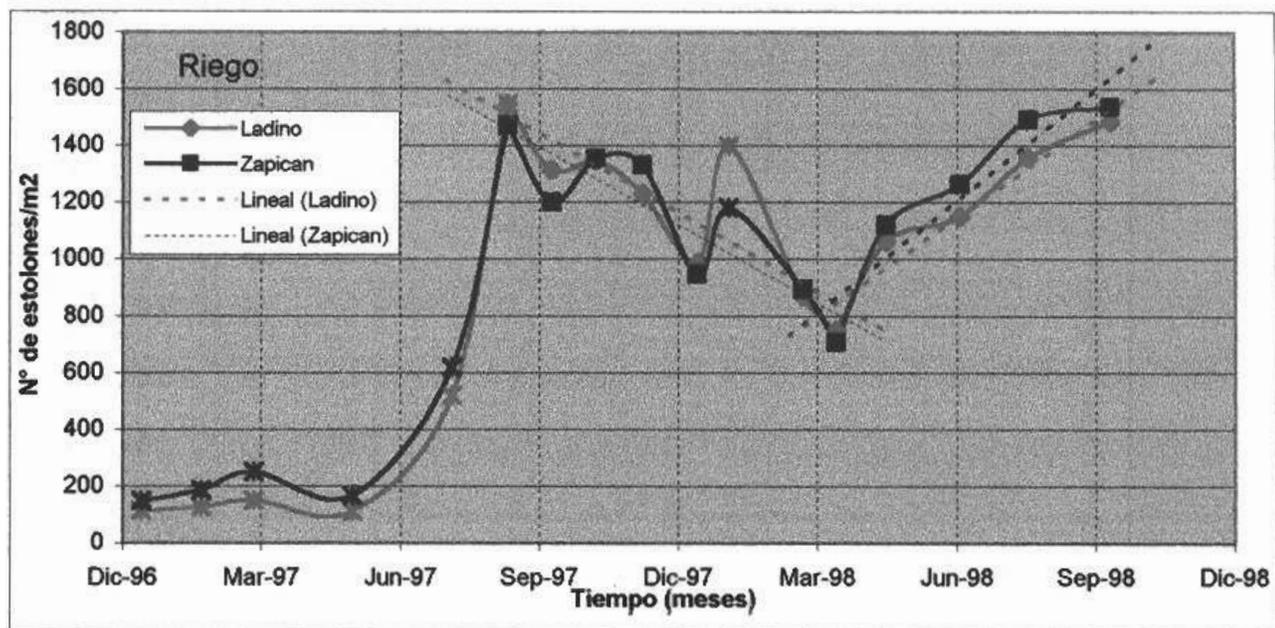


Figura 36: Evolución del número de estolones según variedad, bajo riego.³

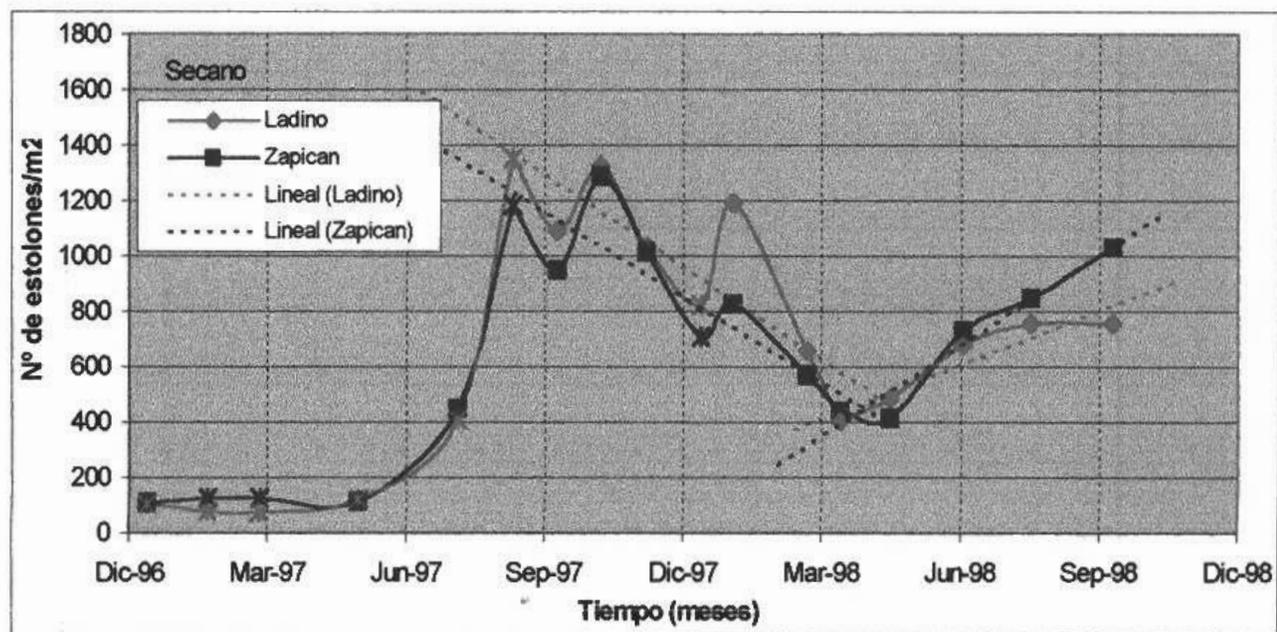


Figura 37: Evolución del número de estolones según variedad, en secano.³

³ Las líneas enteras representan un ajuste polinomial realizado por EXCEL. Las líneas punteadas representan las tendencias ajustadas por EXCEL para dos periodos: 1º de Agosto de 1997 al 15 de Marzo de 1998 y de esta fecha hasta el 15 de setiembre de 1998. Los puntos se corresponden con las fechas en que se realizaron los muestreos y los signos de *, marcan momentos de diferencias estadísticamente significativas.

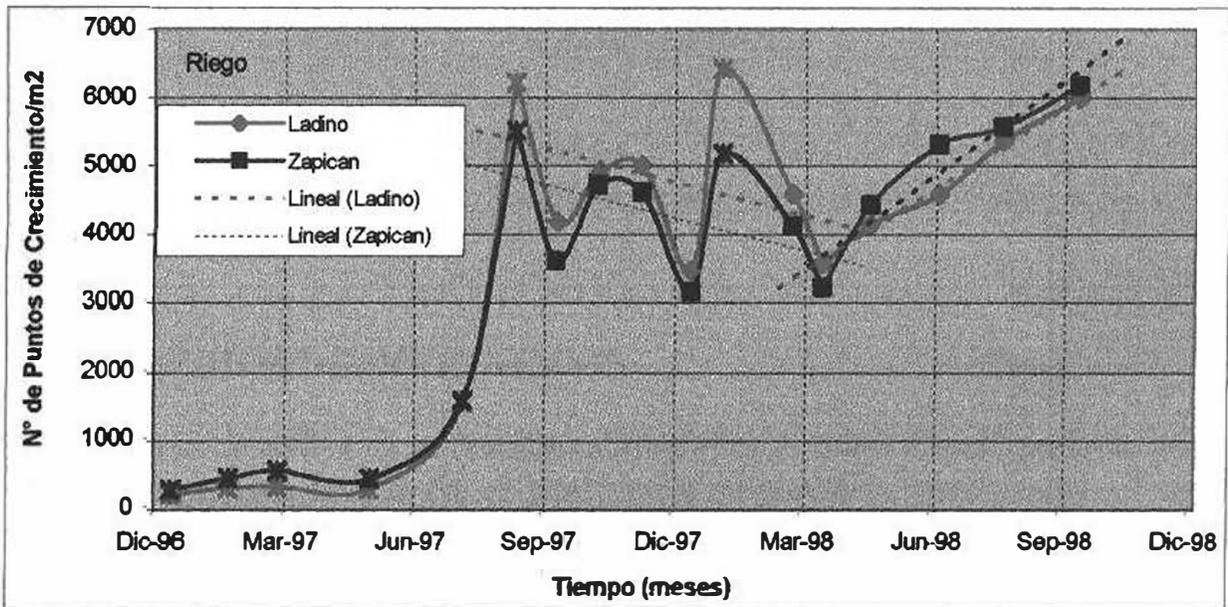


Figura 38: Evolución del número de puntos de crecimiento según variedad, bajo riego.⁴

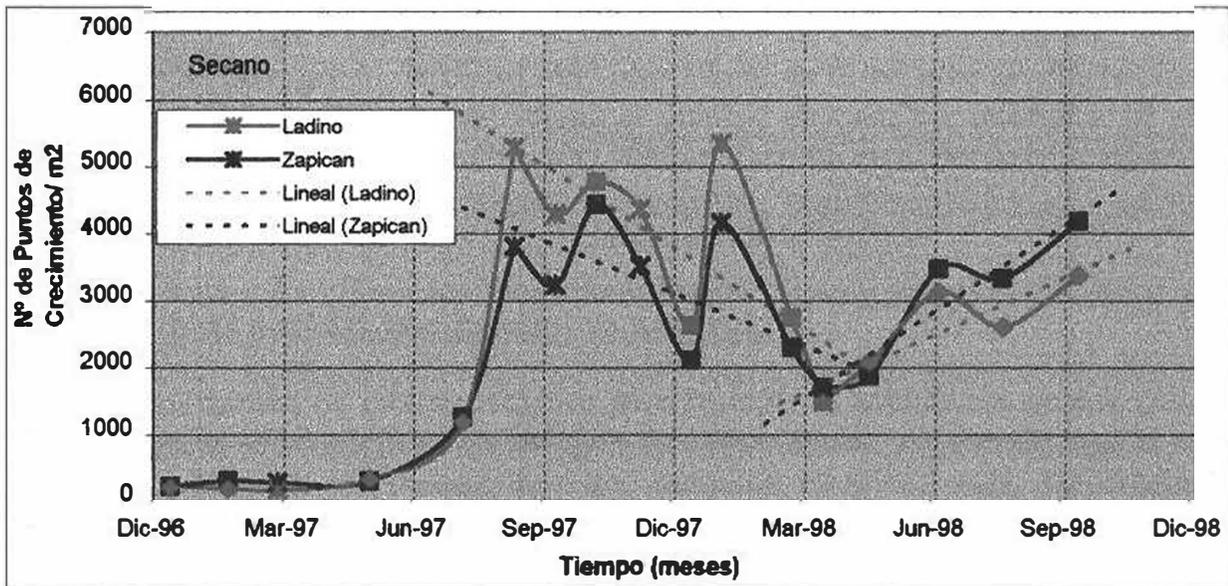


Figura 39: Evolución del número de puntos de crecimiento según variedad, en secano⁴.

⁴ Las líneas enteras representan un ajuste polinomial realizado por EXCEL. Las líneas punteadas representan las tendencias ajustadas por EXCEL para dos periodos: 1° de Agosto de 1997 al 15 de Marzo de 1998 y de esta fecha hasta el 15 de setiembre de 1998. Los puntos se corresponden con las fechas en que se realizaron los muestreos y los signos de *, marcan momentos de diferencias estadísticamente significativas.

V. DISCUSIÓN.

Se discutirán primero los resultados de los estudios demográficos, ya que los mismos ayudarán a comprender luego las respuestas del trébol blanco a las diferentes variables del experimento.

A. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS.

Como se menciona en la revisión bibliográfica el trébol blanco presenta diferentes estrategias de persistencia en el tapiz, cuya importancia varía según el ambiente considerado.

1. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.

En general se acepta que la vida de una planta de trébol blanco con su estructura inicial de raíz pivotante, corona y parte aérea no dura mucho más de un año (Westbrooks y Tesar 1955). Los resultados de este experimento mostraron que a un año de sembrada la pastura se produjo un descenso muy importante en el número de plantas madres, de manera que a fines del segundo verano el número de éstas era inferior a 20 pl/m², las que eran además muy poco productivas. Esta reducción en el número de plantas madres se produjo en forma independiente del cultivar, régimen hídrico y/o manejo de la pastura, siendo claramente una tendencia natural de la especie.

2. Plántulas nacidas por resiembra natural.

La realización de cierres estivales para permitir la semillazón es una práctica que muchas veces se aconseja en las pasturas de trébol blanco, asumiendo que la resiembra podría ser uno de los mecanismos que aumente la persistencia, principalmente en aquellos años donde se producen altas muertes de estolones.

En general, la estrategia de sobrevivencia a través de resiembra natural es un mecanismo asociado a climas donde existe una marcada regularidad en los períodos de estrés (principalmente sequía) (Tothill, 1978) y una estación lluviosa igualmente regular y definida (Jones y Carter, 1989). Además, según Forde (1989), el lento establecimiento de las plántulas de trébol blanco sugerirían que no es una especie bien adaptada al hábito anual.

Según la bibliografía, la posibilidad que la resiembra sea un mecanismo exitoso depende de las condiciones climáticas. Archer y Robinson (1989) constataron que, para las condiciones de Australia, la resiembra es exitosa en uno de cada cinco años, cuando

se produce la muerte de estolones por estrés hídrico durante el verano y condiciones de humedad suficientes como para permitir la reimplantación en el otoño-invierno.

La existencia de un banco de semillas es indispensable para una resiembra exitosa. Los cierres practicados en este experimento permitieron incorporar al suelo cantidades de semilla en el entorno de 16 a 73 kg/ha, equivalentes a 2600-12000 semillas por m², respectivamente. De manera que seguramente el banco de semillas no era limitante.

La germinación es el siguiente factor relevante en la resiembra. La misma tampoco parece haber sido limitante ya que durante el experimento (Figura 27) se constató la emergencia de un alto número de plántulas (hasta 200 plantas emergiendo por m² a principios del invierno). Tanto bajo riego como en seco, fue posible observar y contabilizar plántulas de trébol blanco emergiendo desde el invierno hasta fines de primavera.

El establecimiento de las plántulas emergidas, es decir que las plántulas alcancen un cierto desarrollo, es la siguiente etapa crítica y como se muestra en las Figuras 27 y 28, la mayoría de esas plántulas no lograron establecerse, es decir murieron antes de alcanzar tres hojas verdaderas. Sin embargo, en las emergencias de junio, unas 90 y 50 plantas por m² en seco y riego respectivamente, llegaron a alcanzar el estado de tres hojas desarrolladas (Figura 28). Este número de plántulas, en caso de continuar su desarrollo e integrarse a la pastura, serían suficientes para lograr buenas poblaciones de trébol blanco, si las comparamos con pasturas convencionales o siembras en cobertura (Carambula 1977; Carambula, 1985). Sin embargo, también estas plántulas murieron antes o durante el siguiente verano. De manera que en este experimento y para el período considerado, la resiembra de trébol blanco no fue un mecanismo efectivo de persistencia, ni siquiera en los tratamientos regados en los que la disponibilidad de agua fue mayor.

Archer y Robinson, (1989), consideran que la principal limitante en la sobrevivencia de las plántulas una vez emergidas es el agua. El contenido de agua en los primeros centímetros de suelo (área explorada por las raíces de las plántulas), es extremadamente variable y difícil de estimar su dinámica. Si asumimos que la disponibilidad de agua en los tratamientos regados no fue suficiente para la sobrevivencia de las plántulas, entonces podríamos afirmar que la resiembra natural exitosa en condiciones normales sería escasa, dada la baja probabilidad de que existan veranos con mejor distribución y contenido hídrico de los tratamientos regados.

Además del agua, las otras condicionantes que la literatura indica que pueden afectar la reimplantación del trébol blanco serían: temperatura, compactación, alelopatía, sombreado, mala nodulación y enfermedades.

Carambula (1977) menciona que para las siembras sobre el tapiz es necesaria la existencia de un "nicho" para posibilitar la implantación. De este concepto se deduce

que en las zonas de la pastura sin una cobertura mínima (verde, restos, etc.) la resiembra sería muy difícil debido a las altas temperaturas y evaporación del suelo descubierto, principalmente durante el verano. En las pasturas de este experimento, los nichos o zonas de suelo cubierto eran abundantes, por lo que no sería este un factor importante que explique el fracaso observado en la resiembra.

La compactación podría ser otra de las causas de la escasa resiembra observada en este caso de pradera convencional. La compactación superficial en chacras de larga historia agrícola, en suelos degradados o de mala estructura, podría ser una limitante importante en la penetración de las radículas durante la germinación (Mc William y Dowling, 1970). En este experimento, el suelo tiene una larga historia de roturación y rotación de cultivos/pasturas, y si bien no se hicieron medidas específicas, la compactación superficial es evidente especialmente en los momentos en que el suelo está seco, por lo que no sería un factor descartable para explicar el fracaso de la resiembra.

Efectos alelopáticos también son mencionados como contribuyentes a reducir la reimplantación del trébol blanco. Los trabajos de Mac farlane et.al. (1982a, 1982b) sugieren la existencia de autoalelopatía o autoinhibición del trébol blanco para germinar y reimplantarse en presencia de trébol blanco. También se han constatado (Pederson, 1986) efectos inhibitorios de la festuca hacia la germinación y crecimiento del trébol blanco.

El sombreado según Mc William y Dowling (1970), acelera la germinación de las leguminosas (trébol subterráneo), y, mientras la competencia no sea excesiva, protege a las plántulas en las primeras etapas de emergencia y favorece el establecimiento, en etapas más avanzadas. El manejo evaluado en el ensayo (M3, cortes frecuentes en el año y cierre de noviembre a fin de febrero), favoreció la ocurrencia de condiciones como las propuestas por Mc William y Dowling (1970) durante la etapa crítica desde el punto de vista hídrico y de temperatura. Principalmente para aquellas plántulas que al momento del cierre habían alcanzado cierto grado de desarrollo (Figura 28), sin embargo dichas plántulas igual murieron.

La baja nodulación y/o competencia con cepas inefectivas podría ser otro de los factores que afectan el establecimiento, sin embargo la presencia de plantas de trébol blanco vigorosas en el tapiz, así como el hecho de que el experimento fue instalado en un suelo con larga historia de uso de la especie, sugieren que la cantidad de inóculo presente en este trabajo no sería limitante.

Las plagas y enfermedades son otros de los factores que se nombran cuando se realizan análisis de persistencia, pero estos en general se asocian a muertes de plantas adultas (Burns 1984; Woodfield y Caradus, 1996) y no a las etapas de germinación. Sin

embargo no debería descartarse como factor posible, aunque de las observaciones realizadas no surge ninguna evidencia que demuestre su importancia.

Una consideración importante a realizar, es el momento en que se comenzaron los monitoreos. La primera medición de emergencias fue realizada en junio dejando afuera las plántulas nacidas en el otoño, las cuales por nacer antes es probable que llegaran en mejores condiciones al verano. Sin embargo trabajos recientes (J. A. Garcia com. pers.) sugieren también una baja sobrevivencia de las plántulas nacidas en esta estación.

Por otro lado, resulta claro que la persistencia del trébol blanco en praderas convencionales de la región litoral-sur del Uruguay, en suelos con historia agrícola/pasturas, no es mayor a los 3-4 años. De manera que si la resiembra fuera un mecanismo efectivo para la reimplantación de esta especie, la duración productiva del trébol blanco en Uruguay sería mucho mayor (García 1996).

Resumiendo entonces, los resultados de este experimento refuerzan la idea de que en pasturas convencionales instaladas sobre suelos con historia agrícola del Uruguay, la resiembra del trébol blanco no sería un mecanismo consistente y confiable para la persistencia de esta especie. No está claro cual sería el factor principal que podría estar explicando este fenómeno. Sin embargo, varios factores pueden influir y su interacción podría ser la causa. Futuros estudios deberán hacerse para estudiar la importancia de este mecanismo en años donde el trébol blanco disminuya su proporción en el tapiz, situación característica luego del tercer o cuarto año de la pastura.

3. Estolones y puntos de crecimiento.

Carámbula (1977) sostiene que la razón principal de la baja persistencia de las pasturas de trébol blanco en el país, es debida a la alta tasa de muerte de estolones durante el período estival, asociada al déficit hídrico y las altas temperaturas características de esta estación. Por lo tanto, un análisis de la situación demográfica o estado de los mismos, serviría para poder hacer inferencias sobre los efectos de distintas variables y su impacto sobre la producción y persistencia de la pastura.

Las mediciones realizadas en este experimento para evaluar la estructura de la población de trébol blanco, fueron el número de estolones y puntos de crecimiento por m^2 . Si bien varios autores (Archer y Robinson, 1989; Jones, 1987; Pagano et al, 1998; Hay, 1983) consideran otras variables, principalmente el peso de los estolones por m^2 , como buenos estimadores del estado de la pastura, se decidió utilizar éstos indicadores por su facilidad de medición y por ser no destructivos.

Una correcta valoración de la persistencia deberá incluir varios años de observaciones. En el presente trabajo se analizan solamente los primeros años de implantada la pastura, y es lógico que futuras mediciones en el presente y en otros experimentos, serán necesarias para comprender mejor los factores que afectan la persistencia de esta especie.

Durante el primer verano del experimento, hasta mediados de otoño del 97, el número de estolones se mantuvo a niveles muy bajos debido probablemente a la predominancia de las plantas madres en el tapiz. Debe considerarse aquí que la siembra fue realizada a fines de invierno del 96, por lo que existe la posibilidad de que la composición demográfica del trébol blanco en siembras de otoño sea diferente a la del experimento.

Como se observa en las Figuras 29 y 30, a partir del otoño 97 existieron períodos de aumento (otoño e invierno) y de pérdidas (primavera verano) de estolones. Los puntos de crecimiento siguieron, en términos generales, la misma tendencia que el número de estolones.

Es durante períodos de alta disponibilidad de agua y/o temperaturas moderadas que el trébol blanco prioriza la reposición de los estolones de la pastura, mientras que generalmente sufren descensos en su número durante períodos de estrés hídrico y temperaturas extremas. Los niveles y combinaciones de estos dos factores, como sugieren Archer y Robinson (1989), serían los principales responsables de la dinámica de los estolones en un sitio determinado.

Como se observa en el Cuadro 1, en un clima templado como el de Nueva Zelanda, los descensos de estolones se realizan en otoño e invierno, período en el cual las temperaturas son críticas. Luego, durante el verano las temperaturas se elevan pero no son extremas y el déficit hídrico no es marcado como en climas subtropicales, lo cual permite un aumento de estolones en este período. En las regiones subtropicales de Australia, los aumentos se registran durante el invierno y la primavera. En la primera estación las temperaturas son relativamente bajas pero no extremas y el suelo generalmente se encuentra con grandes reservas de agua, las cuales permiten, junto con las lluvias de primavera, mantener el aumento de estolones en estas dos estaciones. En los climas subtropicales pero de menor humedad como el de la provincia de Buenos Aires y Uruguay (subhúmedos según Corsi, 1978), los déficit hídricos estivales son importantes y durante la primavera se registran también déficit moderados de agua, principalmente en los primeros centímetros del suelo que es donde se desarrolla mayormente el trébol blanco. Por esto, tanto en la provincia de Buenos Aires como en Uruguay los estolones presentan una dinámica de aumento en otoño-invierno y de pérdidas en primavera-verano, como la encontrada en este experimento.

Estos resultados sugieren que las “prioridades” de desarrollo de las plantas, son distintas entre los sitios comparados debidas al clima en que se encuentran y por lo tanto las estrategias de manejo a lo largo del año deberán ser diferentes.

Como veremos más adelante, si bien las variables experimentales (riego, manejo) afectaron los estolones y puntos de crecimiento, las grandes tendencias en cuanto a los períodos de aumento o disminución se mantienen entre los distintos tratamientos y por tanto parecen estar determinadas en grandes rasgos por el ambiente.

Dentro de esta variación estacional, se pueden observar, por ejemplo, picos de aumento de estolones (Figura 29) durante la primavera y verano 97-98, sin embargo vemos que estos se presentan asociados a la ocurrencia de lluvias de gran volumen (Figura 4). Esto no hace mas que afirmar la hipótesis anterior, ya que probablemente lo que haya ocurrido fue que el trébol blanco desarrolló un gran número de estolones al no ser limitante el agua. Sin embargo como la primavera y verano son períodos de alta demanda atmosférica las disponibilidades de agua bajan rápido luego de las lluvias y con ella el número de estolones. Los riegos efectuados en este experimento, al ser de bajo volumen, no provocaron un aumento abrupto de los estolones, pero si lograron mantener una cantidad mayor que en secano.

B. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LAS VARIABLES.

1. Régimen Hídrico.

Los antecedentes nacionales de riego en pasturas con trébol blanco son escasos. Agorio y Cardelino (1988), analizando los déficit hídricos registrados en los suelos del sur del Uruguay, señalan que para las especies forrajeras sería necesario regar unos 380mm anuales concentrados principalmente en el período estival. A su vez Hofstadter (1976 y 1983), Bugarin & Scaglioni (1988) y Chiancone & Musante (1986), realizaron ensayos donde evaluaron producción de forraje y semilla de trébol blanco en semilleros, los cuales poseen un manejo diferente al de las pasturas para producción de forraje, no siendo sus resultados comparables. Por otro lado Carámbula (1981), sostiene que debido a las erraticidad de las lluvias, la respuesta al riego solo adquiere gran significado cuando ocurren períodos más o menos prolongados de estrés hídrico. Sin embargo, estos trabajos basan sus estudios en la producción inmediata de forraje o semilla y no centran su atención en la influencia del riego sobre la persistencia productiva de la especie.

Ensayos realizados en otros países dan resultados diversos según el clima de la región, pero en general podemos señalar que en ambientes más húmedos que Uruguay las respuestas son bajas y solamente se obtienen con riegos de alto volumen (Brink y Pederson, 1998), mientras que en ambientes más secos como algunas zonas de Australia,

si el drenaje es adecuado, el riego aumenta claramente la producción de forraje (Harris, 1987).

Para las condiciones del Uruguay, es de esperar respuestas al riego de alto volumen, durante el período primavera-estivo-otoño, aumentando la producción de forraje de trébol blanco en cantidades considerables. Esto principalmente debido a que el agua en estas estaciones, en general, limita la producción de forraje como sugieren Agorio y Cardelino (1988).

Los resultados obtenidos en este experimento permiten afirmar que también es posible obtener buenas respuestas al riego, mediante riegos frecuentes y estratégicos de bajo volumen. En este caso, los efectos del riego se pueden separar en:

- Una respuesta directa, mejorando la producción de forraje.
- Una respuesta a largo plazo aumentando la persistencia productiva de la pastura.

La diferencia en producción de forraje entre riego y secano del componente trébol blanco fue mayor en el primer verano-otoño del experimento (96-97), 3208 Kg/ha, que en el mismo período 97-98, 2028 Kg/ha (Figura 10). Esta mayor respuesta se debió al menor volumen de lluvias del primer año, que generaron mayores diferencias entre secano y riego, y que a su vez obligaron a que se realizaran más riegos como se observa en el Cuadro 3. De manera que, como es lógico, la magnitud de la respuesta al riego estuvo condicionada por las precipitaciones y su distribución en el año, principalmente durante el verano.

El rendimiento de forraje de trébol blanco en una pastura dependerá de la cantidad de unidades productivas por unidad de superficie (plantas nacidas de semilla o estolones) y del vigor de las mismas. Los riegos realizados (estratégicos, de bajo volumen, en momentos de baja humedad en la superficie del suelo) aumentaron la producción de forraje de trébol blanco afectando los componentes del rendimiento en forma diferente según la etapa de desarrollo de la pastura.

El número de estolones durante el primer verano fue bajo y se puede suponer que la producción de forraje de trébol blanco en este período se basó principalmente en las plantas madres nacidas por semilla. La diferencia en producción de forraje del primer verano se debió entonces a una mayor producción por planta. Estas poseen un sistema radicular pivotante que les confiere buena capacidad de aprovechamiento del agua en el suelo (Westbrooks y Tesar, 1955) y por lo tanto de aumentar su producción individual.

En base a lo anterior, podemos analizar el impacto del riego en el primer verano. Desde el punto de vista productivo, es indudable que los riegos permitieron una mayor tasa de crecimiento y por ende mayor producción en el primer verano-otoño. Sin embargo, el impacto futuro de éstos riegos en la persistencia de la pastura es relativo ya que en el otoño-invierno del segundo año, el número de estolones y las tasas de

crecimiento se igualan (Figuras 9 y 29), dejando a los dos tratamientos en condiciones similares para enfrentar el verano del segundo año.

En cambio, en el segundo verano y otoño (97-98) del experimento, la mayor producción obtenida bajo riego es probable que se debiera a una diferencia en el número de estolones por unidad de superficie, entre ambos tratamientos, más que a un aumento en la producción individual por estolón.

De manera que la variable riego afectó la producción de forraje mediante distintos mecanismos. El primer año provocó principalmente diferencias fisiológicas, mientras que en el segundo año las diferencias fueron principalmente demográficas.

Sin embargo, a pesar de los incrementos importantes en la producción de forraje, el efecto de mayor impacto de los riegos realizados parece estar vinculado a la persistencia de la pastura. Según Caradus (1993) los estolones y puntos de crecimiento le confieren a la población de trébol blanco mayor respuesta o capacidad de recuperación de su estructura foliar frente a un estrés (defoliación, clima, etc.). Por lo tanto, al final del invierno del 98, la población de trébol blanco en los tratamientos en secano bajó su capacidad de respuesta posible frente a un estrés ambiental (la existencia de la red de estolones se podría comparar con las reservas en otras especies) y por lo tanto ve resentida seriamente su capacidad de persistencia futura. Mientras tanto, en los tratamientos regados el trébol blanco recuperó toda su estructura demográfica y se encuentra en iguales condiciones que el año anterior para afrontar nuevamente el período crítico estival (Figura 29). Lógicamente que la continuación de la evaluación del experimento permitirá dilucidar la pertinencia de estos comentarios.

Los valores extremos de baja disponibilidad de agua en secano a partir del segundo verano de la pastura, tienen un efecto perjudicial sobre la red de estolones y su capacidad de regeneración durante el otoño e invierno. Esto ocurre ya que los mismos son muy sensibles al déficit hídrico asociado a altas temperaturas, debido a su sistema radicular poco profundo (Forde et al, 1989) y mueren fácilmente a disponibilidades bajas de agua. Deben también considerarse los problemas de compactación superficial que seguramente contribuyen a magnificar los efectos anteriores.

Esto significa que los riegos estivales, tuvieron cierta "residualidad" en el otoño e invierno siguientes ya que al mantener una mayor estructura de estolones aumentaron su capacidad de recuperación (posiblemente por tener mayor número de puntos de crecimiento) en estas dos últimas estaciones, logrando que el número de estolones y también la cantidad de puntos de crecimiento (Figura 30) fueran recuperados totalmente.

En especies de arraigamiento superficial como trébol blanco, especialmente a partir del segundo año, los déficit hídricos intensos en períodos cortos, podrían ser los causantes de la drástica desaparición de estructuras vegetativas y si luego no existen

momentos prolongados de alta humedad en el período estival, estas podrían no recuperarse totalmente durante el otoño e invierno.

En base a lo anterior y observando el balance hídrico (Figura 7), podemos afirmar que como los riegos no fueron de gran volumen (Figuras 5 y 6), estos no mantuvieron el agua disponible en niveles altos, sino que más bien disminuyeron los períodos cortos de estrés hídrico severo, tal como fue el objetivo de la estrategia de riego. Sin embargo si existieron deficiencias hídricas que generaron un descenso en los estolones durante principios de la primavera de 1997 y segundo verano (97-98). Pero los descensos en este período fueron significativamente diferentes que en secano, durante el cual sí se constataron períodos cortos y graves de estrés hídrico. Debido a esto y a la recuperación que se da en otoño e invierno, la población de estolones bajo riego logró volver a los niveles iniciales y en secano fue significativamente menor.

Es importante considerar las temperaturas asociadas a los momentos de baja humedad en el suelo (Archer y Robinson, 1989), ya que estas explican también el descenso de estolones de verano y primavera. Esto se pudo corroborar ya que los déficits hídricos registrados durante el invierno, no tuvieron la misma repercusión que los registrados en momentos donde las temperaturas fueron elevadas. Por ejemplo, en junio y julio del 97 donde el contenido de agua en el suelo disminuyó de 40mm a 20mm (Figura 7) y el número de estolones por metro cuadrado aumentó (Figura 29). En su trabajo, Archer y Robinson (1989) encontraron que el déficit hídrico no afectó la sobrevivencia de estolones entre 10°C y 15°C de temperatura media máxima. En cambio, cuando la temperatura aumentó entre 20°C y 35°C, igual magnitud de déficit hídrico redujo la sobrevivencia de estolones. Además, también explica que los aumentos en el número de estolones se den en otoño e invierno, momento en que por lo general el contenido de agua del suelo esta en ascenso y las temperaturas empiezan progresivamente a descender.

Las dos especies de la pastura tuvieron respuestas diferentes al riego. El trébol blanco presentó mayores respuestas al riego y varió la distribución relativa de la producción en el año. La festuca aumentó su producción de forraje bajo riego, pero en menor magnitud y mantuvo la misma distribución de la producción tanto en riego como en secano.

2. Manejo de la defoliación.

a. Frecuencia e intensidad de corte.

En la producción de forraje del componente trébol blanco de la pastura, no se observaron diferencias significativas entre los manejos M1 y M2, lo cual puede deberse

tanto a la plasticidad característica de la especie como a que los manejos aplicados no hayan sido suficientemente contrastantes. Tanto para riego como en seco, éstos manejos alternan mayores y menores tasas de crecimiento de acuerdo al momento de muestreo, compensando su producción acumulada por estación (Figuras 12 y 13). Estas diferencias se deben probablemente a la etapa en la curva de crecimiento en que se encuentran al momento de la comparación.

El análisis de la producción de forraje en un experimento, como el de este trabajo, supone dos tipos de efectos que se confunden: por un lado el rendimiento de forraje derivado de la aplicación de un manejo de corte en un momento dado, y por el otro el efecto acumulativo de aplicar siempre el mismo manejo durante un período prolongado.

Los manejos frecuentes e intensos favorecen la producción de trébol blanco, sin embargo en el experimento solo se percibieron diferencias significativas en la primavera y en seco (Figura 17), aunque no de gran magnitud (alrededor de 500 Kg ha⁻¹ MS). A pesar de esto, la tendencia general a lo largo de todo el experimento marcó cierta ventaja de los manejos frecuentes en el total de forraje cosechado, tanto en riego como en seco.

Las diferencias significativas a favor de M1, encontradas en la primavera del primer y segundo año, pueden explicarse por las altas tasas de crecimiento que se presentan en esta estación, ya que por lo general la temperatura y el agua no limitan la producción. Por lo tanto, si la fertilidad es buena, las plantas presentan altas producciones de forraje que es necesario remover para evitar el sombreado y mantenerlas, cercanas a su índice de área foliar óptimo (IAF), en la etapa exponencial de la curva de crecimiento.

Las estaciones donde los manejos presentan menores diferencias son el otoño y el invierno. Las razones que explican esta respuesta son de origen fisiológico y climático. En otoño, el contenido de agua en el suelo, en general, comienza su fase de recarga y es por lo tanto bajo. Además el trébol blanco está en un período de acumulación de reservas, por lo que no prioriza el crecimiento vegetativo. En invierno, las bajas temperaturas y la menor radiación solar incidente minimizaron los posibles efectos de los manejos.

En el experimento se puede suponer la existencia de efectos acumulados luego de un tiempo prolongado de aplicación de un mismo tratamiento de corte. Es probable que esto explique las diferencias observadas, en la producción de forraje del verano 97/98 y el otoño 98, donde se observa que hubo ventajas para los manejos frecuentes (M1) en los tratamientos regados y ventaja para los manejos aliviados (M2) en los tratamientos de seco. En ambos casos, las diferencias en el forraje de trébol blanco total producido en las dos estaciones son de 500 Kg ha⁻¹ MS lo que representa un 13 % y 25% respectivamente. Estas diferencias son coincidentes con la bibliografía consultada y lo que se puede esperar del crecimiento del trébol blanco en este ambiente.

En el presente trabajo se manejaron rangos relativamente estrechos de variación en la intensidad y frecuencia de cortes, por lo que no se registraron diferencias importantes en el número de estolones o puntos de crecimiento. Sin embargo, en los tratamientos regados, existe una tendencia que parece indicar que el manejo frecuente aumentó el número de estolones. Es probable que en situaciones donde la pastura no encuentra limitantes graves de agua y temperatura (principales limitantes en el desarrollo de estolones), la mayor iluminación de los estolones en manejos frecuentes estimularía la activación de las yemas vegetativas, formadoras de nuevos estolones y de hojas.

La festuca, no presentó variaciones importantes debidas al manejo, aunque a finales del período considerado su contribución fue mayor con el manejo menos frecuente, lo cual resulta lógico, ya que por lo general los manejos más laxos favorecen a las gramíneas.

b. Cierre estival.

El alivio estival tenía dos propósitos principales:

En primer lugar, promover la semillazón y resiembra del trébol blanco. En este caso, el alivio estival fue una buena alternativa para generar un banco de semillas en el suelo (Cuadro 9), sin que el desarrollo reproductivo generara descensos en el número de estolones durante la primavera. Esto último podría deberse a que los cierres fueron realizados ya avanzada la estación (noviembre), pero posiblemente cierres más tempranos en la primavera disminuyan el número estructuras vegetativas. Sin embargo, como ya se discutió anteriormente, la resiembra observada en este experimento no fue efectiva. Más investigaciones serán necesarias para determinar su importancia luego del tercer o cuarto año de la pastura, cuando generalmente se produce un descenso de la población de trébol blanco presente.

En segundo lugar, el cierre estival pretendía lograr una buena cobertura del suelo durante el verano, que podría tener efectos benéficos tales como la protección de estolones y plántulas de las altas temperaturas, la conservación de agua del suelo, así como un aumento de las reservas del trébol blanco.

Las plántulas de resiembra no lograron sobrevivir al período estival, como se mostró anteriormente, por lo tanto el manejo aliviado mostró no ser efectivo para lograr la sobrevivencia de las mismas.

Con respecto a los estolones, existen evidencias de otros países de que los alivios estivales podrían generar un aumento (o menores descensos) en su número, provocado

por un aumento de la humedad del suelo y/o disminución de la temperatura (Watson et al, 199 ; Brougham, 1970). Por otro lado Barker y Chu (1985) revisando varios trabajos de Nueva Zelanda, afirmaron que dentro de un cierto rango la frecuencia e intensidad de corte no es un factor importante en el manejo del agua, sino que existirían otros factores más importantes como biomasa de lombrices, tipo de suelo, etc., que estarían determinando la disponibilidad de agua en el suelo.

En nuestro país, en otros cultivos como los cereales y en ciertas condiciones de rastrojo (con coberturas muertas y no vivas como en este caso) la protección o cobertura del suelo es una alternativa de conservación del agua (Ernst, 1994). Sin embargo en pasturas, los resultados son variables y van desde una pérdida mayor de agua (por mayor evapotranspiración de la cobertura), hasta una disminución de la misma, en el caso de coberturas con eficiente control de la transpiración o con abundantes restos secos (Brougham, 1970; Watson, 1985).

La comparación de los manejos M1 y M3 permite cuantificar el impacto del cierre estival. En el verano 97-98 no existieron efectos significativos (Apéndice 11) de importancia debidos a este manejo, sin embargo se observaron ciertas tendencias. Por un lado, en secano el M3 tendió a un mayor número de estolones posterior al verano (Figura 33). En riego por el contrario, donde el agua no fue tan limitante, el número de estolones fue similar en ambos manejos (Figura 32). Estas tendencias son coincidentes con los resultados reportados en la literatura.

En Verano las altas temperaturas y las bajas disponibilidades de agua en el suelo resienten el crecimiento especialmente del trébol blanco. Esto provoca un incremento de la temperatura de las plantas que llega en muchos casos a producir la muerte. La cobertura o altura del tapiz en estos momentos provoca un descenso de la temperatura (efecto mulch) por debajo de la superficie vegetal (a pesar de que se registren muertes de hojas, etc.), protegiendo así los estolones necesarios para la producción y persistencia del trébol blanco. Como se observa en el Apéndice 3, las temperaturas estivales de los primeros 5 cm del suelo bajo cobertura verde (30 a 35 °C) son sensiblemente menores a las de suelo descubierto (40 a 45 °C), por lo que es posible asumir que los estolones durante el alivio estival (M3) estuvieron expuestos a menores temperaturas que en el manejo M1.

Los alivios de verano podrían mejorar también la acumulación de reservas durante esta estación, ya que luego cierto intervalo de crecimiento sin defoliación, el trébol blanco llega a su valor óptimo de IAF y aumenta la partición de los fotosintatos hacia las raíces y estolones. Este cambio en el destino en los fotosintatos podría mejorar el peso y sobrevivencia de los estolones y raíces, aumentando posteriormente las tasas de crecimiento durante el otoño. Mediciones de raíces o peso de estolones serían necesarias para corroborar estas hipótesis.

Con respecto a la cosecha de forraje durante período de cierre, salvo en el primer verano y bajo riego, el cierre estival (M3) determinó menores cosechas de forraje de trébol blanco que con el manejo M1. Esto se debería tanto a una menor tasa de crecimiento como a mayores pérdidas por descomposición, ambas asociadas a la acumulación de forraje.

Como podía esperarse, las tasas de crecimiento de otoño fueron levemente superiores (no significativas) cuando se realizó un alivio estival. Esto podría deberse a que la pastura mantuvo un número mayor de estructuras, o bien a la utilización de reservas acumuladas durante el verano.

Comparando la producción anual de forraje del M3 con la del manejo M1, se evidencian diferentes comportamientos según el régimen hídrico.

Bajo riego, la producción anual de la pastura en el M3 compensó mediante aumentos en la producción otoñal y mayores aportes de la festuca en verano, el efecto negativo del cierre estival. Por lo que no existieron diferencias significativas entre los manejos.

En seco, los aumentos en la tasa de crecimiento otoñal no fueron suficientes para anular las a las grandes diferencias registradas en el período primavero-estival y el M3 tuvo menores producciones anuales. El manejo frecuente aumento la cosecha de forraje de trébol blanco (con respecto al M3) en el primer año de $1,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ MS}$ a $3,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ MS}$ y el segundo año de $4,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ MS}$ a $5,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ MS}$.

3. Variedad.

En el primer año del experimento no se registraron diferencias importantes entre variedades. Durante el segundo año el cv. LE 2 rindió más que Zapicán en la primavera y verano del 97-98, tanto en riego (38%) como en seco (20%). En la medida que LE2 deriva en parte del cv. Regal, los resultados son coincidentes con los reportados por Díaz J. (1995) y García J. (1996).

No se encontraron diferencias entre ambos cultivares en la sobrevivencia de plantas madres (Figura 26), que podrían estar influyendo en los resultados obtenidos en el segundo año. Tampoco se registraron diferencias en el número de estolones y puntos de crecimiento (Figuras 36 a 39), que pudieran explicar los aumentos obtenidos en la producción de LE 2 durante el segundo año. Se debe tener en cuenta que ambos cultivares tienen tamaños de hoja relativamente similares (Zapicán: media a grande; Regal: grande) y hábito erecto.

Por otro lado, se ha señalado que en un ambiente donde el estrés es provocado por un déficit hídrico prolongado o de gran intensidad, las cantidades de raíces con

crecimiento secundario (pivotantes) que tenga la pastura en el momento del estrés, pasan a ser más importantes que el número de estructuras vegetativas presentes (estolones o puntos de crecimiento). Esto se debe a que las raíces pivotantes pueden extraer mejor el agua del suelo que las raíces adventicias de los estolones jóvenes (Smith y Morrison, 1983). La cantidad de raíces pivotantes dependerá de la variedad y de la proporción de plantas nacidas por semilla en la pastura (Matches, 1996).

Esto último, podría sugerir que las diferencias se minimizaron en el primer año, debido a que ambas variedades se encontraban con gran cantidad de plantas madres con raíces pivotantes. Mientras que en el segundo año, al primar los estolones, existieron diferencias en las raíces de los mismos. Probablemente el cv LE 2, de tipo ladino, presentó mayores cantidades de estolones con raíces secundarias y por lo tanto mayores profundidades radiculares.

Los resultados sugieren entonces que los mayores rendimientos de forraje de LE 2 no se debieron a un mayor número de estolones o puntos de crecimiento, ni tampoco a un mayor número de plantas madres, sino probablemente a un mayor tamaño de hoja y peciolo y mayor capacidad de crecer por una mayor exploración radicular y aprovechamiento del agua. O sea a diferencias morfológicas o fisiológicas y no demográficas. Sin embargo Barker, et al (1993), realizaron ensayos fisiológicos en macetas de distintas variedades de trébol blanco no encontrando diferencias importantes.

Futuras mediciones de raíces (tanto de plantas madres como de estolones), así como ensayos fisiológicos y morfológicos a campo en Uruguay, serán necesarios para determinar si estas suposiciones son correctas.

VI. CONCLUSIONES.

A. ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS.

Los estudios demográficos sirvieron para comprender mejor la dinámica de la población de trébol blanco y sus características a lo largo del tiempo, principalmente en los momentos críticos.

1. Plantas madres sembradas al inicio de la pastura.

Las plantas madres disminuyeron su número a partir del primer año de vida de la pastura. Al año de sembrada, se contabilizaron 60 plantas madres contra más de 1000 estolones por m² (relación 1/17). Luego del segundo verano las mismas disminuyeron a 20 plantas por m². Si bien las plantas madres son importantes en asegurar la sobrevivencia durante su primer verano, no se consideran relevantes en la persistencia a largo plazo del TB. La longevidad de las plantas madres fue independiente de las variedades, manejos y regímenes hídricos evaluados.

2. Plántulas nacidas por resiembra natural.

Para las condiciones del experimento, la resiembra natural no fue exitosa a pesar de que existió germinación de semillas desde el invierno hasta fines de primavera. Todas las plántulas murieron durante la primavera y verano.

3. Estolones y puntos de crecimiento.

Luego del primer año de vida, los estolones son el principal mecanismo de persistencia. Independientemente de las variables estudiadas, presentaron ciclos de aumentos en su número durante el otoño e invierno y ciclos de descensos durante la primavera y verano.

Durante la primavera y verano, se observaron picos y puntos de crecimiento asociados con lluvias de alto volumen, con descensos posteriores, conforme se agota el agua del suelo.

Los puntos de crecimiento y estolones dan idea del estado actual y capacidad de respuesta en períodos favorables, pero en nuestras condiciones climáticas no necesariamente aseguran la persistencia del trébol blanco ya que existen factores más limitantes (agua y temperatura).

B. VARIABLES ESTUDIADAS

1. Régimen hídrico.

El riego fue la variable de mayor impacto en el experimento aumentando la producción de forraje de la pastura en $3,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ MS}$.

Mediante riegos bien distribuidos y de bajo volumen, se aumentó la producción de forraje del trébol blanco en un 81% ($2,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ MS}$) el primer año y 45% ($2.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ MS}$) el segundo.

Durante el primer año, no se observaron efectos claros sobre el número de estolones y puntos de crecimiento. A partir del segundo año de la pastura, el riego logró mantener un mayor nivel de estolones y puntos de crecimiento, mejorando tanto la producción como la capacidad de respuesta futura.

2. Manejo de la defoliación.

Los manejos no produjeron diferencias importantes en la producción de forraje, salvo el manejo con cierre estival (M3), en seco, que redujo la producción de forraje en $1,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ MS}$, con respecto a M1.

En primavera y en seco, el manejo frecuente (M1), produjo $610 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ MS}$ más de forraje de trébol blanco que el manejo intermedio (M2), que representa un 24% del total producido en la estación.

Existió cierta tendencia de los manejos con cierre estival en aumentar su producción otoñal, aunque ésta no llegó a compensar los menores rendimientos de verano. El cierre de noviembre a febrero, disminuyó la cosecha de forraje de primavera y verano, pero asegura buenas cantidades de semillas para la resiembra. Hasta el otoño del tercer año, ninguno de los manejos mostró beneficios claros en la persistencia del trébol blanco.

3. Variedad.

Durante el segundo año, el cultivar LE 2 produjo más forraje, $1,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ MS}$, que Zapicán.

Las diferencias de producción de forraje a favor de LE 2 se produjeron en la primavera y verano, cuando los estolones predominaron en la pastura.

Las variedades no presentaron diferencias en número de estolones y puntos de crecimiento, durante los primeros dos años.

4. Interacciones.

Las tres variables: riego, manejo y cultivar, no presentaron interacciones con relevancia agronómica

VII. IMPLICANCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.

Los resultados de este experimento muestran claramente la importancia de los estudios demográficos en la interpretación y comprensión de la dinámica del trébol blanco en la pastura. En este sentido, la metodología utilizada para estimar las variaciones en la población de estolones tiene la ventaja de ser sencilla y no destructiva. En futuras investigaciones, podría ser importante la medición del diámetro de estolones ya que se observaron variaciones en distintas estaciones y condiciones de la pastura.

La metodología utilizada para realizar el monitoreo de plántulas fue relativamente simple y dio buenos resultados. La misma podría ser usada en trabajos de campo para obtener mayor información de la importancia de la resiembra en diferentes condiciones (p.ej: siembras en cobertura, zonas bajas, praderas viejas, etc.) y distintas especies. La no sobrevivencia de las plántulas de resiembra verificada en este experimento señala la importancia de profundizar estudios sobre los factores responsables (compactación, alelopatía, etc)

Dadas las limitaciones de los modelos de estimación del balance hídrico a profundidades menores a 15 cm., así como la imposibilidad de detectar diferencias en el contenido hídrico debidas a otras variables (p.ej: manejo, variedad, etc.), en futuras investigaciones que involucren exploraciones radiculares restringidas (p. ej. plántulas y estolones), sería importante tomar medidas “in situ” del contenido de humedad del suelo a diferentes profundidades y/o el monitoreo con instrumentos específicos..

Globalmente, los resultados del experimento parecen afirmar la idea de que la persistencia productiva del trébol blanco en el Uruguay, está limitada principalmente por el estrés hídrico superficial y altas temperaturas. Nuevos estudios serán necesarios para visualizar mas claramente las relaciones entre variables y diseñar estrategias de manejo efectivas y utilizables en la práctica.

La modificación del contenido hídrico superficial del suelo mediante riegos suplementarios de bajo volumen produjo sustanciales aumentos en el rendimiento y persistencia del trébol blanco. Las observaciones realizadas sobre las respuestas de los estolones a lluvias de alto volumen permiten suponer que mediante riegos concentrados de mayor volumen puedan igualmente obtenerse resultados interesantes en producción y persistencia. La continuación del experimento, actualmente en el cuarto año, muestra diferencias muy contrastantes. Estos resultados deberían ser útiles en la planificación de posibles programas de investigación en riego de pasturas con trébol blanco

Los manejos y las variedades utilizados en este experimento produjeron diferencias en los rendimientos de forraje pero no afectaron significativamente la persistencia del trébol blanco. En la medida que esto confirma diversos resultados obtenidos en La Estanzuela, sin descartar el estudio de otros factores que puedan afectar la persistencia, podría deducirse que una alternativa práctica de la investigación podría ser centrar sus objetivos en la obtención de variedades y manejos del trébol blanco capaces de maximizar la producción de forraje durante los primeros años de vida de la pastura.

VIII. RESUMEN.

En el invierno de 1996 se instaló un experimento en INIA "La Estanzuela" (32°20'S), con el objetivo de evaluar los efectos de dos regímenes hídricos y tres manejos sobre la persistencia y producción de dos variedades de trébol blanco (*Trifolium repens*), var. "Zapicán" y "LE 2", asociadas con festuca (*Festuca arundinacea*). Se realizaron mediciones de variables demográficas (número de estolones, puntos de crecimiento, plantas madres y plántulas nacidas por resiembra natural), composición botánica y producción de forraje de la pastura. El presente trabajo analiza los resultados de los dos primeros años del experimento. El riego fue la variable de mayor impacto aumentando la contribución de forraje del trébol blanco el primer y segundo año en 81% y 45 % equivalentes a 2,4 y 2,3 ton ha⁻¹ año⁻¹MS, respectivamente. El número de estolones y puntos de crecimiento fue considerablemente mayor bajo riego. Los manejos de la defoliación no produjeron diferencias importantes en la producción de forraje ni en las variables demográficas. El cierre estival de la pastura, especialmente en seco, determinó una menor producción de forraje anual. El cultivar LE 2 produjo 1,5 ton ha⁻¹ año⁻¹MS más que Zapicán, en el segundo año, sin que existieran diferencias demográficas entre ambas variedades. Las plantas madres disminuyeron su número a partir del primer año independientemente del régimen hídrico, manejo o variedad. La resiembra no fue exitosa; todas las plántulas nacidas durante el invierno hasta fines de primavera, no lograron implantarse.

VIII. SUMMARY.

In the winter of 1996 an experiment was established at INIA La Estanzuela (32°20' S) with the objective of evaluate the effects of supplemental irrigation and three defoliation management on the growth of two white clover (*Trifolium repens*) cultivars, Zapicán and LE2, associated with tall fescue (*Festuca arundinacea*). Measurements included demographic variables (number of stolons and growing points, original plants and seedling recruitment), botanical composition and herbage yield. The first two years of results are reported here. The supplemental irrigation had the highest effect increasing clover yield by 81% and 45% equivalent to 2.4 and 2.3 t.ha⁻¹.year⁻¹MS during the first and second year, respectively. The defoliation managements didn't produce important differences in herbage yield during the period. Closing the pasture during summer reduced the total annual herbage yield, especially without irrigation. The cv. LE2 yielded 1.5 t.ha⁻¹.year⁻¹MS more than Zapicán during the second year, without demographic differences between them. The number of stolons and growing points were increased by the supplemental irrigation but were not much affected by the defoliation management. The original plants died from the first year irrespective of irrigation, management or cultivar. The reseeding was unsuccessful since all the seedlings emerged from late autumn till late spring died before or during the summer.

X. BIBLIOGRAFÍA.

1. AGORIO, C.; CARDELINO, G.. 1988. Requerimiento de riego para diversos cultivos en la zona sur del país (no publicado). División de Uso y Manejo del Agua (MGAP).
2. ARCHER, K.A.; ROBINSON, G.G. 1989. The Role of Stolons and Seedlings in the Persistence and Production of White Clover (*Trifolium repens* L. cv. Huia), in temperate Pastures on the Northern Tablelands, New South Wales. Australian Journal of Agricultural Research, 41: 891-900.
3. BARBOUR, M.; CARADUS, J.R.; WOODFIELD, D.R.; SILVESTER, W.B. 1996. Water stress and water use efficiency of ten white clover cultivars. Agronomy Society of New Zealand special publication n° 11/ Grasslands research and practice, Series n° 6. pp. 159-162.
4. BARKER, D.J.; CARADUS, J.R.; MC MANUS, M.T. 1993. Physiological responses of white clover genotypes to water deficit. In Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston North, New Zealand. pp. 67-68.
5. BARKER, D.J.; CHU, A.C.P. 1985. Strategies for dryland pasture management a review. Proceedings Agronomy Society of New Zealand, 15: 115-118.
6. BARÚ, N.; VERNAZA, R. 1998. Efecto de variables de manejo sobre la producción de trébol blanco Ladino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.
7. BEINHART, G. 1963. Effects of environment on meristematic development, leaf area, and growth of white clover. Crop Science, 3: 209-213.
8. BLAIKIE, S.; MASON, K. 1990. Correlation of growth of the root and shoot systems of white clover after a period of water shortage and/or defoliation. Australian Journal of Agricultural Research, 41: 891-900.
9. BLAKE, C.T.; CHAMBLEE, D.S.; WOODHOUSE, W.W.jr. 1996. Influence of some environmental and management factors on the persistence of Ladino clover in association with Orchardgrass. Agronomy Journal, 58: 487-489.

10. BRINK, G.E.; PEDERSON, G.A. 1988. White clover responses to a water-application gradient. *Crop Science*, 38: 771-775.
11. BRINK, G.E.; ROWE, D.E. 1997. White clover clone response to alternative defoliation methods. *Crop Science*, 37: 1832-1835.
12. BROCK, J.L.; HAY, R.J.M. 1993. An ecological approach to forage management. *In Proceedings of the XVII International Grassland Congress*, Palmerston North, New Zealand. pp. 837-842.
13. BROCK, J.L.; HAY, R.J.M. 1996. A review of the role of grazing management on the growth and performance of white clover cultivars in low land New Zealand pastures. *Agronomy Society of New Zealand Special publication n° 11/ Grasslands research and practice, Series n° 6*. pp. 65-70
14. BROUGHAM, R.W. 1970. Frequency and intensity of grazing and their effects on pasture production. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 32: 137-44.
15. BROUGHAM, R.W.; BALL, P.R.; WILLIAMS, W.M. 1978. The ecology and management of white clover-based pastures. *In Plant relation in pastures*. Wilson, J.R. ed. East Melbourne. CSIRO. pp. 309-323.
16. BUGARIN, G.; SCAGLIONI, C. 1988. Efecto del régimen hídrico sobre la producción de forraje y semilla de lotus, trébol blanco y trébol rojo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 170p.
17. BURGOS, J.J.; CORSI, W.C. 1967. Constantes hidrológicas de dos suelos de pradera de Colonia. *Boletín técnico n° 6, CIAAB*. 24p.
18. BURNS, J.C. 1984. Environmental and management limitations of legume-based forage systems in the southern United States. *In Forage legumes for energy-efficient animal production*. R.F. Barnes; et al (ed). New Zealand, Proceedings of Trilateral Workshop, 1984. pp. 129-137.
19. CARADUS, J.R. 1977. Structural variation of white clover root systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 20: 213-219.
20. CARADUS, J.R. 1989. Classification of a world collection of white clover cultivars. *Euphytica*, 42: 183-196.

21. CARADUS, J.R.; WILLIAMS, W.M. 1989. Breeding for legume persistence in New Zealand. In Proceedings Trilateral Workshop (1988, Honolulu). Hawaii, American society of Agronomy. pp. 523-537.
22. CARADUS, J.R.; WOODFIELD, D.R.; VAN DEN BOSCH, J.; MACKAY, A.C. 1989. Seasonal variation in stolon growing point density of a world collections of white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 32: 453-459.
23. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo. Hemisferio Sur. 464p.
24. CARAMBULA, M. 1981 Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo. Hemisferio Sur. 518p.
25. CARAMBULA, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo. Hemisferio Sur. 524p.
26. CHAPMAN, D.F. 1983. Growth and demography of *Trifolium repens* stolon grazed hill pastures. *Journal of Applied Ecology*, 20: 597-608.
27. CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In Proceedings of the XVII International Grassland Congress (Palmerston North,1993). Palmerston North, New Zealand. pp. 95-104.
28. CHIANCONE, B.; MUSANTE, R. 1986. Efecto del régimen hídrico sobre la producción de especies forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 176p.
29. CORSI, W.C. 1971. El clima del Uruguay. In Clima y Agricultura. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, Colonia. Uruguay. Boletín de divulgación n°9. pp. 11-27.
30. CORSI, W.C. 1978. Clima. In Pasturas IV. Miscelánea 18. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, Montevideo. Uruguay. pp. 255-266.
31. DIAZ, J. E., 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103p.

32. ERNST, O. 1994. Criterios generales a considerar en el laboreo de suelos para cultivos de verano. *Cangüe*, 1(1): 12-17.
33. EVANS, D.R.; WILLIAMS, T.A. 1987. The effect of cutting and grazing management on dry mater yield of white clover varieties (*Trifolium repens*) when grown with S23 perennial ryegrass. *Grass and Forage Science*, 42: 153-159.
34. FORDE, M.B.; HAY, M.J.M.; BROCK, J.L. 1989. Development and growth characteristics of temperate perennial legumes. In Proceedings Trilateral Workshop (1988, Honolulu). Hawaii, American society of Agronomy. pp. 91-109.
35. FORMOSO, F.A. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In Producción y manejo de pasturas. INIA. Serie técnica n°80: 1-19.
36. FOTHERGILL, D.A.; DAVIES D.A.; DANIEL, G.J. 1997. Morphological dynamics and seedling recruitment in young swards of three contrasting cultivars of white clover (*Trifolium repens*) under continuous stocking with sheep. *Journal of agricultural science*, 128: 163-172.
37. GARCIA J.A.; LABANDERA, C.; PASTORINI, D.; CURBELO, S. 1997. Fijación de nitrógeno por las leguminosas en La Estanzuela. In Nitrógeno en pasturas. INIA. Serie técnica n° 51. pp.13-18
38. GARCIA, J. A. 1996. Selection for herbage yield and flowering in Ladino white clover. In Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Palmerston North, New Zealand. pp. 4,23-4,24.
39. GARCIA, J. A. 1996. Variedades de trébol blanco. INIA. Serie técnica n° 70. 13p.
40. GARDEN, D.L. 1979. Seedling survival of naturalized white clover in a subtropical environment. Grafton Agricultural Research Station, 1978/1979 Annual report. pp. 13-14.
41. GIBSON, P.B. 1966. White clover. USDA, ARS. Agricultural Handbook n° 314. 33p.
42. GIBSON, P.B. 1975. Effects of flowering on the persistence of white clover. *Agronomy Journal*, 45: 251-257.

43. HARPER, J.L. Plants relations in pastures. In Plant relation in pastures. Wilson, J.R. ed. East Melbourne. CSIRO. pp. 3-14.
44. HARRIS, W. 1987. Population dynamics and competition. In White clover. Baker, M.J.; Williams, W.M. ed. Farnham Royal, CAB International. Oxon, UK. pp. 203-297.
45. HART, A.L. 1987. Physiology. In White clover. Baker, M.J.; Williams, W.M. ed. Farnham Royal, CAB International. Oxon, UK. pp. 125-151.
46. HAY, M. J. M. 1983. Seasonal variation in the distribution of white clover (*Trifolium repens* L.) stolons among 3 horizontal strata in 2 grazed swards. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 26: 29 - 34.
47. HAY, M.J.; CHAPMAN D.F.; HAY, R.J.M.; PENNELL, C.G.L.; WOODS, P.W.; FLETCHER, R.H. 1987. Seasonal variation in the vertical distribution of white clover stolons in grazed swards. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 30: 1-8.
48. HOFSTADTER, R. 1983. Producción de maíz, alfalfa y trébol blanco en condiciones de riego. Agua en la Agricultura, Revista de la división de Uso y Manejo del Agua, 1: 7-13.
49. HOFSTADTER, R.; PRITSCH, O.; GONNET, M. 1976. Informe anual de actividades. Proyecto Clima. Estación Experimental La Estanzuela, CIAAB.
50. HOLLOWELL, E.A. 1966 . White clover *Trifolium repens* L., anual or perennial?. Proceedings of the 10th International Grasslands Congress, Helsinky. pp. 184-187.
51. HUTCHINSON, K.J. 1970. The persistence of perennial species under intensive grazing in a cool temperate environment. Proceedings of the 11th International Grasslands Congress, Australia. pp. 611-614.
52. IRWIN J.A.G.; JONES, R.M. 1977. The role of fungi and nematodes as factors associated with death of white clover (*Trifolium repens*) stolons over a summer in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 17: 789-794.

53. JONES, R. M.; CARTER, E.D. 1989. Demography of pasture legumes. In Proceedings Trilateral Workshop (1988, Honolulu). Hawaii, American society of Agronomy. pp. 139-158.
54. JONES, R.M. 1980. Survival of seedlings and primary taproots of white clover (*Trifolium repens*) in a subtropical pastures in south-east Queensland. *Tropical Grasslands*, 14: 19-22.
55. JONES, R.M. 1982. White clover (*Trifolium repens*) in subtropical south-east Queensland. 1. Some effects of site, season and management practices on the population dynamics of white clover. *Tropical Grasslands*, 16: 118-127.
56. JONES, R.M. 1987. Persistence of white clover under grazing. In Proceedings of a specialist workshop (1987, New South Wales). Australia, N.S.W. Department of Agriculture. pp.6,6-6,10.
57. KANG, J. H.; BRINK, G.E.1995. White clover morphology and physiology in response to defoliation interval. *Crop Science*, 35: 264-269.
58. KEMP, D. R.. Developments patterns, response to temperature and daylength, and management for improved persistence. In Proceedings of a specialist workshop (1987, New South Wales). Australia, N.S.W. Department of Agriculture. pp. 6,1-6,5.
59. KORTE, C.J.; PARSONS, A.J. 1984. Persistence of a large leafed white clover variety under sheep grazing. *Proceeding of the New Zealand grasslands association*, 45: 118-123.
60. MACFARLANE, M.; SCOTT, D.;JARVIS, P. 1982a. Allelopathic effects of white clover, 1. Germination and chemical bioassay. *New Zealand Journal of agricultural research*, 25: 503-510.
61. MACFARLANE, M.; SCOTT, D.;JARVIS, P. 1982b. Allelopathic effects of white clover, 2. Field investigations in tussock grasslands. *New Zealand Journal of agricultural research*, 25: 511-518.
62. MATCHES, A.G. 1989. Root characteristics of legumes. In Proceedings Trilateral Workshop (1988, Honolulu). Hawaii, American Society of Agronomy. pp. 139-158.

63. McWILLIAMS, J.R.; DOWLING, P.M. 1970. Factors influencing the germination and establishment of pasture seed on the soil surface. Proceedings of the 11th International Grasslands Congress, Australia. pp. 578-583.
64. PAGANO, E.; SCHENEITER, J.O.; RIMIERI, P. 1998. Persistencia vegetativa del trébol blanco en el norte de la provincia de Buenos Aires. Revista de tecnología agropecuaria. INTA Pergamino, 3 (7): 15-18.
65. PEDERSON, G.A. White clover seed germination in agar containing tall fescue leaf extracts. Crop science, 26: 1248-1249.
66. PETERS, E.J.; MOHAMMED ZAM, A.H.B. 1981. Allelopathic effects of tall fescue genotypes. Agronomy Journal, 73: 56-58.
67. ROBINSON, G.G. 1973. Management factors affecting white clover dominance in natural pastures. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 39: 211-212.
68. SHEATH, G.W.; HODGSON, J. 1989. Plant animal factors influencing legume persistence. In Proceedings Trilateral Workshop (1988, Honolulu). Hawaii, American Society of Agronomy. pp. 361-374
69. SMITH, A.; MORRISON, A.R.J. 1983. A deep rooted white clover for South Africans conditions. Proceedings of the Grasslands Society of South Africa, 18: 50-52.
70. SPEEDINGS, C.R.W.; DIEKMAHNS, E.C. 1972. White clover (*Trifolium repens*). In Grasses and legumes in British agriculture. Bulleting 49. CAB, Farnham Royal, UK. pp. 347-369.
71. TURNER, N.C.; BEGG, J.E. Responses of pasture plants to water deficits. In Plant relation in pastures. Wilson, J.R. ed. East Melbourne. CSIRO. pp. 50-64.
72. VARTA, E.W.; HOGLUND, J.H. 1983. What is a make-up pf a dryland pasture?. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 44: 204-210.
73. WANG, X.; CARADUS, J. R.; CHU, A.C.P. 1996. Effect of summer moisture deficit on growth of five white clover cultivars. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 57: 73-76.

74. WATSON, R.N.; HARRIS, S.L.; BELL, N.L.; NEVILLE, F.J. 1996. Deferred grazing to enhance white clover content in pastures. Agronomy society of New Zealand special publication n° 11/ Grasslands research and practice, Series n° 6. pp. 154.
75. WESTBROOKS, F.E.; TESAR, M.B. 1955. Tap-root survival of Ladino clover. Agronomy Journal, 47: 403-410.
76. WILLIAMS, W.M.; CARADUS, J.R. 1979. Performance of white clover lines on New Zealand hill country. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 40: 162-169.
77. WILLIAMS, W.M.; LAMBERT, M.G.; CARADUS, J.R. 1982. Performance of a hill country white clover selection. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 43: 188-195.
78. WOODFIELD, D.R.; CARADUS, J.R. 1996. Factors affecting white clover persistence en New Zealand pastures. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 58: 229-235.

XI. APÉNDICE.

Apéndice N°1 : Ecuaciones de regresión de pérdidas y ganancias de estolones y puntos de crecimiento, según tratamiento.

Regresiones ajustadas por Excel, para datos del 13/8/97 al 18/3/98. ¹
 Período de perdida de estolones.

RIEGO VS SECANO

Tratamientos

RIEGO	Y= -3.03 x	+	109354	R ² = 0.77	NS
SECANO	Y= -3.50 x	+	126154	R ² = 0.78	

Secano - Variedades

Tratamientos

LE 2	Y= -3.64 x	+	131332	R ² = 0.72	NS
Zapicán	Y= -3.36 x	+	120975	R ² = 0.79	

Secano- Manejo

Tratamientos

M1	Y= -3.54 x	+	127473	R ² = 0.60	
M2	Y= -2.93 x	+	105815	R ² = 0.79	
M3	Y= -4.03 x	+	145172	R ² = 0.75	NS

Riego - Variedades

Tratamientos

LE 2	Y= -3.06 x	+	110605	R ² = 0.72	NS
Zapicán	Y= -2.99 x	+	108103	R ² = 0.77	

Riego - Manejo

Tratamientos

M1	Y= -2.69 x	+	97570	R ² = 0.70	a
M2	Y= -2.21 x	+	80039	R ² = 0.40	a
M3	Y= -4.17 x	+	150451	R ² = 0.90	b

Regresiones ajustadas por Excel, para datos del 18/3/98 al 15/9/98.
 Período de aumento en el n° de estolones.

RIEGO VS SECANO

Tratamientos

RIEGO	Y= 4.07 x	-	145103	R ² = 0.91	NS
SECANO	Y= 2.84 x	-	101515	R ² = 0.95	

¹ El valor de x=1 es el 1° de enero de 1900.

Secano - Variedades**Tratamientos**

LE 2	Y= 2.10 x	-75011	R ² = 0.88	a
Zapicán	Y= 3.58 x	-128020	R ² = 0.95	b

Secano- Manejo**Tratamientos**

M1	Y= 2.88 x	-103059	R ² = 0.94	a b
M2	Y= 1.50 x	-53344	R ² = 0.52	b
M3	Y= 4.14 x	-148142	R ² = 0.95	a

Riego - Variedades**Tratamientos**

LE 2	Y= 3.81 x	-135723	R ² = 0.94	NS
Zapican	Y= 4.33 x	-154483	R ² = 0.87	

Riego - Manejo**Tratamientos**

M1	Y= 4.62 x	-164720	R ² = 0.83	
M2	Y= 3.61 x	-128953	R ² = 0.98	NS
M3	Y= 3.98 x	-141637	R ² = 0.79	

Regresiones ajustadas por Excel, para datos del 13/8/97 al 18/3/98.
Período de perdida de puntos de crecimiento.

RIEGO VS SECANO**Tratamientos**

RIEGO	Y= -5.32 x	+ 194883	R ² = 0.18	a
SECANO	Y= -11.05 x	+ 398596	R ² = 0.51	b

Secano - Variedades**Tratamientos**

LE 2	Y= -13.47 x	+ 485491	R ² = 0.54	a
Zapicán	Y= -8.63 x	+ 311701	R ² = 0.43	b

Secano- Manejo**Tratamientos**

M1	Y= -11.85 x	+ 427239	R ² = 0.44	
M2	Y= -8.85 x	+ 319789	R ² = 0.41	NS
M3	Y= -12.44 x	+ 448759	R ² = 0.54	

Riego - Variedades**Tratamientos**

LE 2	Y=	-5.38 x	+	197208	R ² =	0.15	NS
Zapican	Y=	-5.26 x	+	192558	R ² =	0.21	

Riego - Manejo**Tratamientos**

M1	Y=	-4.93 x	+	181043	R ² =	0.15	
M2	Y=	-2.65 x	+	98796	R ² =	0.04	NS
M3	Y=	-8.39 x	+	304810	R ² =	0.35	

Regresiones ajustadas por Excel, para datos del 18/3/98 al 15/9/98.
Período de aumento en el n° de puntos de crecimiento.

RIEGO VS SECANO**Tratamientos**

RIEGO	Y=	14.14 x	-503514	R ² =	0.97	NS
SECANO	Y=	11.74 x	-419488	R ² =	0.86	

Secano - Variedades**Tratamientos**

LE 2	Y=	9.35 x	-333700	R ² =	0.77	NS
Zapican	Y=	14.13 x	-505276	R ² =	0.89	

Secano- Manejo**Tratamientos**

M1	Y=	10.59 x	-378417	R ² =	0.89	
M2	Y=	7.98 x	-283993	R ² =	0.48	NS
M3	Y=	16.66 x	-596054	R ² =	0.96	

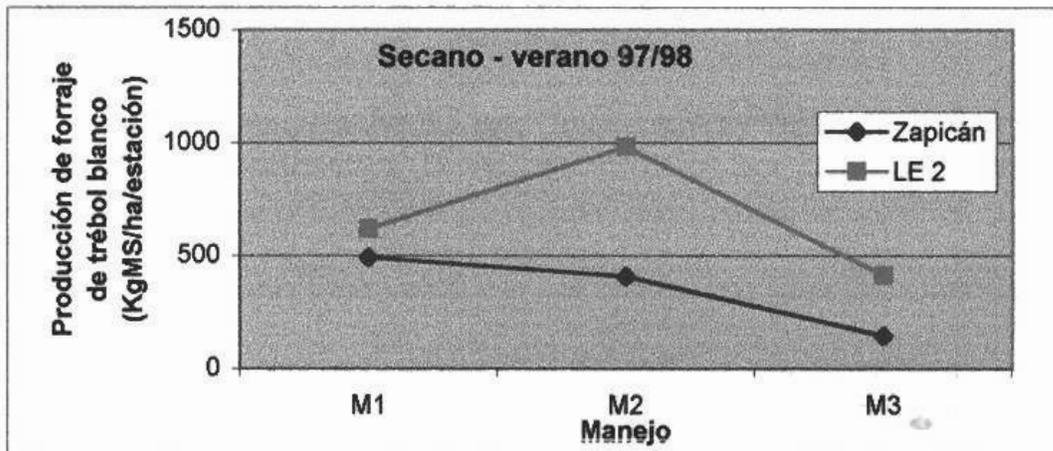
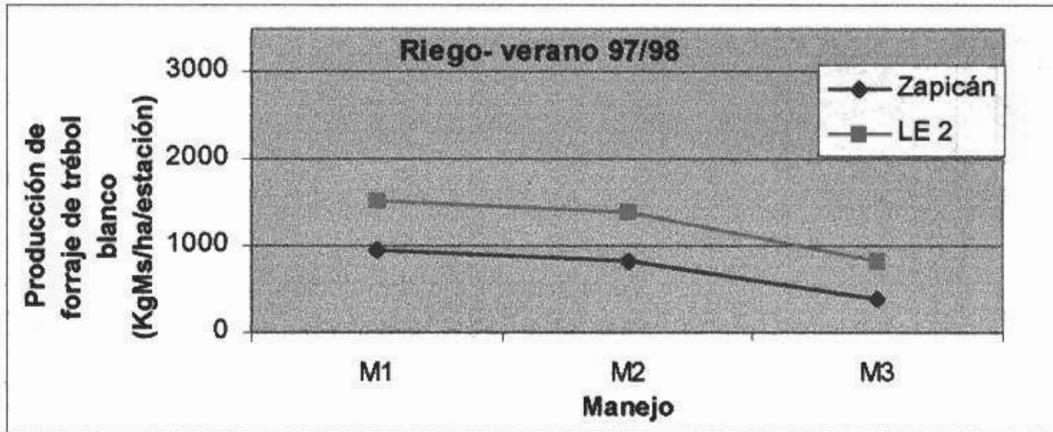
Riego - Variedades**Tratamientos**

LE 2	Y=	13.19 x	-469528	R ² =	0.99	NS
Zapican	Y=	15.09 x	-537501	R ² =	0.91	

Riego - Manejo**Tratamientos**

M1	Y=	16.29 x	-580571	R ² =	0.86	
M2	Y=	15.23 x	-543474	R ² =	0.99	NS
M3	Y=	10.89 x	-386498	R ² =	0.76	

Apéndice N°2 : Interacciones estivales entre variedad y manejo, en secano (significativas al 0,5 %). Bajo riego no existió interacción.

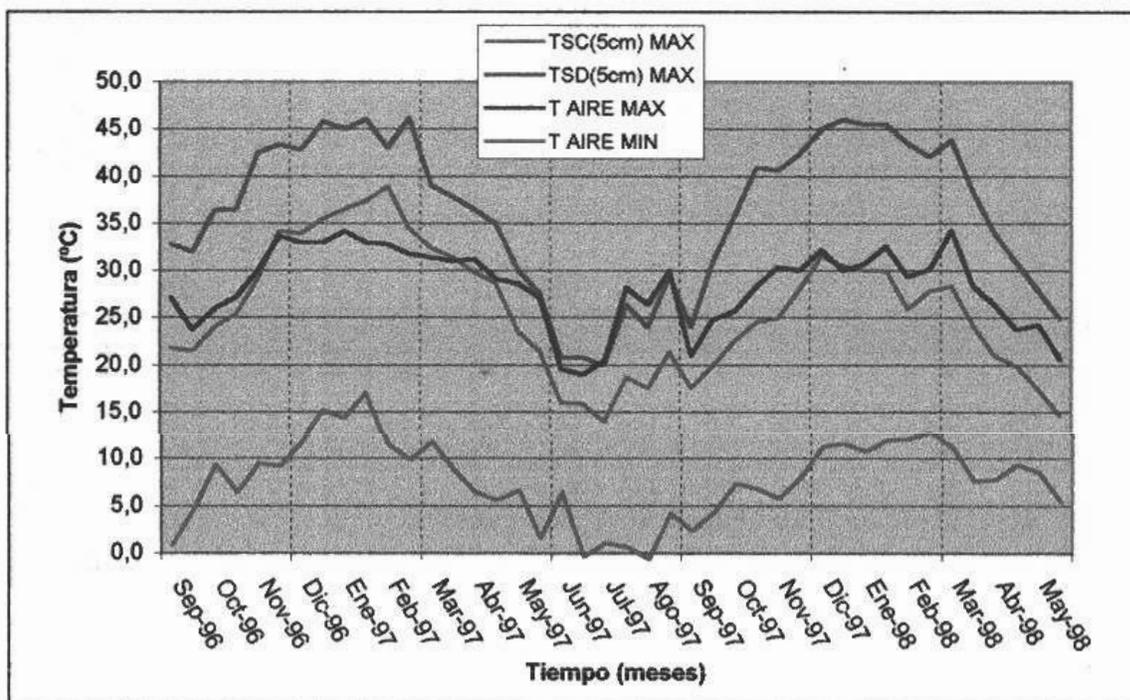


Apéndice N°3 : Registros de temperatura.

a. Temperaturas máximas y mínimas mensuales durante el estudio y el promedio histórico (°C).

Estaciones	Temperatura Promedio Registrada	Temperatura Promedio Histórica	Diferencia
Primavera 1996	16.5	15.9	+0.6
Verano 1996-97	22.9	22.2	+0.7
Otoño 1997	18.0	16.9	+1.1
Invierno 1997	12.0	10.7	+1.3
Primavera 1997	15.7	15.9	-0.2
Verano 1997-98	20.5	22.2	-1.7
Otoño 1998	16.8	16.9	-0.1
Total 1 año	19.1	18.3	+0.8
Total 2° año	17.5	17.2	-0.2

b. Evolución de la temperatura del aire (max., min.) y del suelo cubierto y descubierto (máx.) a cinco centímetros. Datos suministrados por la estación meteorológica de "La Estanzuela".



% de Trébol blanco

Variable	1996										1997										1998																
	11	12	12	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Rie	2	2	3	2	2	1			3														2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Man	1	2				3	2					1	1	3	1			3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Var	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					2	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Man*Rie	1	2		1	1							3											1	1	1	1			3	3							
Rie*Var	3	3		3									3	2	2	2	3					3	2				2	1	1							3	2
Var*Man			2	3																								2	2	1	1	1	1	1	1	1	3

Apéndice N°5 : Diferencias significativas estacionales en la producción de forraje de trébol blanco.

1 = significativo al 1 %
 2 = significativo al 5 %
 3 = significativo al 10 %

Riego

Variable	Prim 96	Ver 96-97	Oto 97	Inv 97	Prim 97	Ver 97-98	Oto 98	1° Año	2° Año	Total
Man	2				2	3				
Var				3	3	3			3	1
Var*Man							2			

Secano

Variable	Prim 96	Ver 96-97	Oto 97	Inv 97	Prim 97	Ver 97-98	Oto 98	1° Año	2° Año	Total
Man	3	2			2	2		3	2	2
Var	2		1		3	3	1		3	3
Var*Man						2	1			

Apéndice N°6 : Diferencias significativas en las tasas de crecimiento por quincena de trébol blanco, en análisis estadístico independiente para riego y seco.

1 = significativo al 1 %
 2 = significativo al 5 %
 3 = significativo al 10 %

Riego

Año	9 6										9 7										9 8																
Mes	11	12	12	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Manejo	1	1	2	1	3							1	1	2	1	1	3					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				3	
Variedad														1	1	1	1			2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				1	
Var Man															1													1	2	2			2	2	2	3	

Secano

Año	9 6										9 7										9 8																		
Mes	11	12	12	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	1	1	2	2	3	3	4	4	5			
Manejo	1	1	1									1	1	1	1	2	2	1	2			1		1	1	1	1	1	3	3						3			
Variedad				2	1	1		1	1	1	1							2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3			
Var Man																												3	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	3

Apéndice N°7 : Producción estacional de forraje de trébol blanco y festuca según manejo, para cada régimen hídrico.

Secano

Secano--Manejo 1,2,3 (KgMs/ha por Estación)								
	Trat.	Prim 96	Ver 96-97	Oto 97	Inv 97	Prim 97	Ver 97-98	Oto 98
Trébol blanco	M1	2871 a	665 a	292 a	1160 a	2876 a	1109 a	355 a
	M2	2306 b	713 a	159 a	1185 a	2219 b	1390 a	589 a
	M3	1763 c	178 b	313 a	1259 a	2244 b	559 b	488 a
Festuca	M1	294 a	236 a	195 a	328 a	743 a	1115 a	882 a
	M2	296 a	251 a	163 a	343 a	916 a	1051 a	1366 b
	M3	215 b	125 b	175 a	304 a	773 a	1127 a	955 a

	Trat.	1° Año	2° Año
Trébol blanco	M1	3536 a	5437 a
	M2	3019 b	4953 a
	M3	1941 c	4374 b
Festuca	M1	530 a	2381 a
	M2	547 a	2473 a
	M3	340 b	2378 a

Riego

Riego--Manejo 1,2,3 (KgMs/ha por Estación)								
	Trat.	Prim 96	Ver 96-97	Otoño 97	Inv 97	Prim 97	Ver 97-98	Otoño 98
Trébol blanco	M1	3019 a	2502 a	899 a	1421 a	3036 a	2458 a	1365 a
	M2	2624 a b	3199 a	901 a	1428 a	2748 a b	2199 a	1176 a
	M3	2378 b	2620 a	1329 a	1579 a	2504 b	1213 b	1537 a
Festuca	M1	350 a	489 a	500 a	365 a	808 a	1244 a	1187 a
	M2	315 a	628 a	450 a	334 a	863 a	1217 a	1442 a
	M3	319 a	701 a	604 a	325 a	819 a	1526 b	1385 a

	Trat.	1° Año	2° Año
Trébol blanco	M1	5520 a	7814 a
	M2	5824 a	7276 a
	M3	4997 a	6625 a
Festuca	M1	839 a	2917 a
	M2	943 a	2864 a
	M3	1020 a	3273 a

Letras diferentes simbolizan diferencias significativas al 5 %.

Apéndice N°8 : Producción estacional de forraje de trébol blanco y festuca según variedad, para cada régimen hídrico.

Riego

Riego--Manejo 1,2,3 (KgMs/ha por Estación)								
	Trat	Prim 96	Ver 96-97	Otoño 97	Inv 97	Prim 97	Ver 97-98	Otoño 98
Trébol blanco	LE 2	2638 a	3462 a	1009 a	1343 a	3058 a	2472 a	1377 a
	Zapicán	2709 a	3155 a	1076 a	1610 b	2467 b	1442 b	1342 a
Festuca	LE 2	318 a	547 a	497 a	314 a	690 a	1037 a	1259 a
	Zapicán	338 a	665 b	539 a	369 b	970 b	1620 b	1417 b

	Trat.	1° Año	2° Año
Trébol blanco	LE 2	6100 a	7882 a
	Zapicán	5864 a	6595 b
Festuca	LE 2	865 a	2537 a
	Zapicán	1003 b	3499 b

Secano

Secano--Manejo 1,2,3 (KgMs/ha por Estación)								
	Trat.	Prim 96	Ver 96-97	Oto 97	Inv 97	Prim 97	Ver 97-98	Oto 98
Trébol blanco	LE 2	2279 a	717 a	453 a	1273 a	2854 a	1342 a	572 a
	Zapicán	2372 b	629 a	361 b	1198 a	2039 b	697 b	383 b
Festuca	LE 2	254 a	190 a	169 a	301 a	677 a	990 a	982 a
	Zapicán	282 a	219 b	186 a	348 b	944 b	1205 b	1154 b

	Trat.	1° Año	2° Año
Trébol blanco	LE 2	2996 a	5921 a
	Zapicán	3000 a	4295 b
Festuca	LE 2	444 a	2138 a
	Zapicán	501 b	2684 b

Letras diferentes simbolizan diferencias significativas al 5 %.

Apéndice N°9 : Fechas y cantidades de materia seca (Kg/ha), de trébol blanco y festuca cosechadas en cada corte.

Fechas	Riego						Secano					
	M1		M2		M3		M1		M2		M3	
	TB	Fes	TB	Fes	TB	Fes	TB	Fes	TB	Fes	TB	Fes
14/11/96	1867	224	1777	210	1602	237	1920	223	1793	209	1734	205
28/11/96	723	69					630	63				
10/12/96	659	64	1170	128								
17/12/96	404	83			1428	194	552	99	943	178		
2/1/97			1212	235								
8/1/97	562	78										
31/1/97	598	125	962	151								
11/2/97							514	64	447	77	562	142
17/2/97	317	90	411	115	1449	458						
14/3/97					613	253						
8/4/97	340	230	361	264	212	155						
21/4/97							282	249	230	240	298	210
6/5/97	320	162			382	140						
15/5/97			584	213								
26/5/97	277	148			348	156	149	83			180	94
19/6/97			528	70					413	95		
16/7/97	443	148			506	162	280	96			360	118
31/7/97	285	74	523	89	344	64	339	88	388	87	327	65
26/8/97	557	118			595	85	410	122			437	99
8/9/97	509	117	1119	266	555	88	484	100	983	289	515	101
30/9/97	549	142			612	114	602	147			626	110
6/10/97			858	236					689	237		
21/10/97	808	203			773	143	873	206			747	179
5/11/97	472	132	1277	424	484	125	443	121	956	383	407	111
28/11/97	854	250					632	184				
15/12/97			1036	403					599	378		
31/12/97	943	229										
8/1/98			868	202			666	420				
13/1/98									784	246		
26/1/98	734	482										
17/2/98	605	353	775	618	1219	1575	428	576	329	508	609	1275
9/3/98	392	309			458	526						
27/3/98	265	279	558	740	283	355	167	434	201	479	295	491
6/5/98	689	571	641	854	800	613	170	456	280	638	232	484
2/6/98	260	222			274	203	74	132			53	137

Apéndice N°10: Diferencias significativas por muestreo, en el número de estolones y puntos de crecimiento de trébol blanco.

- 1 = significativo al 1 %
- 2 = significativo al 5 %
- 3 = significativo al 10 %

Estolones

Variable	13- Dic	22- Ene	26- Feb	2- May	7- Jul	13- Ago	11- Sep	10- Oct	10- Nov	16- Dic	6- Ene	24- Feb	18- Mar	20- Abr	8- Jun	27- Jul	15- Set
Rie	1	2	1									3	2	2	3		2
Man	1				2		3	1	3	1		3				1	2
Var	2	1	1	2	2	2					1					1	
Man*rie	1											1		3	3		
Rie*Var	3		3	1													
Var*Man																3	

Puntos de Crecimiento

Variable	13- Dic	22- Ene	26- Feb	2- May	7- Jul	13- Ago	11- Sep	10- Oct	10- Nov	16- Dic	6- Ene	24- Feb	18- Mar	20- Abr	8- Jun	27- Jul	15- Set
Rie	3								3	3		3	3	3	3		2
Man	1				1		3	1	3	2							3
Var	3	1	1			1	1		2	3	1						
Man*Rie	1											3			3	3	
Rie*Var				3									3				
Var*Man		3								3	3		3	3	2		

Apéndice N°11 : Diferencias significativas por muestreo, en el número de estolones de trébol blanco, según régimen hídrico.

- 1 = significativo al 1 %
- 2 = significativo al 5 %
- 3 = significativo al 10 %

Riego

Variable	13- Dic	22- Ene	26- Feb	2- May	7- Jul	13- Ago	11- Sep	10- Oct	10- Nov	16- Dic	6- Ene	24- Feb	18- Mar	20- Abr	8- Jun	27- Jul	15- Set
Man					2		2	3				1		3		2	
Var	1	1	1	1	3	2					2						
Var*Man						1											

Secano

Variable	13- Dic	22- Ene	26- Feb	2- May	7- Jul	13- Ago	11- Sep	10- Oct	10- Nov	16- Dic	6- Ene	24- Feb	18- Mar	20- Abr	8- Jun	27- Jul	15- Set
Man	1							1		2							
Var		1	1			3					1						
Var*Man										2				2		2	

Apéndice N°12 : Diferencias significativas por muestreo, en el número de puntos de crecimiento de trébol blanco, según régimen hídrico.

- 1 = significativo al 1 %
- 2 = significativo al 5 %
- 3 = significativo al 10 %

Riego

Variable	13- Dic	22- Ene	26- Feb	2- May	7- Jul	13- Ago	11- Sep	10- Oct	10- Nov	16- Dic	6- Ene	24- Feb	18- Mar	20- Abr	8- Jun	27- Jul	15- Set
Man					3		2	2				3				2	
Var	3	1	1	1		2	2				1						
Var*Man		3				2					3			1			

Secano

Variable	13- Dic	22- Ene	26- Feb	2- May	7- Jul	13- Ago	11- Sep	10- Oct	10- Nov	16- Dic	6- Ene	24- Feb	18- Mar	20- Abr	8- Jun	27- Jul	15- Set
Man	1							1		3							3
Var			2			2	1		2		1					3	
Var*Man														1	2	1	