

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN VEGETATIVA Y PRODUCCIÓN DE  
SEMILLAS DE LOTUS**

**por**

**José Pedro CASTAÑO SÁNCHEZ  
Fernando Gabriel MENÉNDEZ GAMARRA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
1998**

Tesis aprobada por:

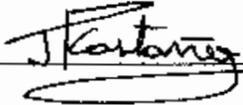
Director: Ing. Agr. (M.Sc.) Milton Carámbula

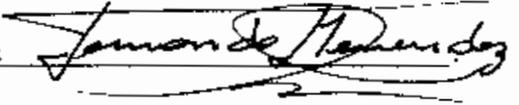
Ing. Agr. (M.Phil.) Mónica Rebuffo

Ing. Agr. (M.Sc.) Juan Bologna

Ing. Agr. (M.Sc.) Juan Carlos Millot

Fecha: 21 de diciembre de 1998

Autor: Bach. José Pedro Castaño Sánchez 

Bach. Fernando Gabriel Menéndez Gamarra 

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la atención prestada para la realización de esta tesis a quienes la dirigieron, Ing. Agr. (M.Sc.) Milton Carámbula y Ing. Agr. (M. Phil.) Mónica Rebuffo.

A su vez se desea agradecer a técnicos y funcionarios de la sección Pasturas de INIA Treinta y Tres e INIA La Estanzuela, al Ing. Agr. Marcos Manosetti y al Ing. Agr. (Dr. Sc.) Tabaré Abadie de la cátedra de Fitotécnica de Facultad de Agronomía; y a familiares, compañeros y amigos que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VII
1. <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	2
2.1. <u>CARACTERISTICAS DEL GENERO LOTUS</u> .....	2
2.1.1. <u>Características Botánicas</u> .....	2
2.1.2. <u>Adaptación</u> .....	3
2.1.3. <u>Desarrollo vegetativo y persistencia</u> .....	4
2.1.4. <u>Producción de semillas</u> .....	5
2.2. <u>LOTUS CORNICULATUS</u> .....	5
2.2.1. <u>Descripción de la planta</u> .....	6
2.2.2. <u>Etapa Vegetativa</u> .....	6
2.2.3. <u>Etapa Reproductiva</u> .....	8
2.2.4. <u>Diferencias Varietales</u> .....	8
2.3. <u>LOTUS PEDUNCULATUS</u> .....	9
2.3.1 <u>Descripción de la planta</u> .....	13
2.3.2. <u>Etapa Vegetativa</u> .....	13
2.3.2.1. Componentes sub-superficiales de la planta.....	14
2.3.2.2. Componentes superficiales de la planta.....	16
2.3.3. <u>Etapa Reproductiva</u> .....	18
2.3.3.1. Efecto del crecimiento vegetativo sobre la producción de semilla.....	18
2.3.3.2. Período de inducción floral a floración.....	20
2.3.3.3. Período de floración a cosecha.....	21
2.3.3.4. Efecto de la densidad de plantas sobre la producción de semilla.....	22
2.3.4. <u>Diferencias Varietales</u> .....	23
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	25
3.1. <u>UBICACION Y CARACTERISTICAS EDAFICAS</u> .....	25
3.2. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u> .....	25
3.3. <u>TRATAMIENTOS</u> .....	25
3.4. <u>DETERMINACIONES</u> .....	26
3.4.1. <u>Producción de Forraje</u> .....	26
3.4.2. <u>Muestreo de la parte subterránea</u> .....	26
3.4.3. <u>Producción de semillas</u> .....	27
3.5. <u>ANALISIS ESTADISTICO</u> .....	28

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	29
<b>4.1. PRODUCCION DE FORRAJE. COMPORTAMIENTO DE LAS DIFERENTES PROCEDENCIAS</b> .....	29
<b>4.1.1. Producción total anual de la fracción Lotus según edad del mejoramiento</b> .....	29
4.1.1.1. Primer Año (95-96).....	29
4.1.1.2. Segundo Año (96-97).....	30
4.1.1.3. Tercer Año (97-98).....	30
4.1.1.4. Total de los tres años (95-98).....	31
<b>4.1.2. Producción total anual de la fracción Lotus según las diferentes procedencias (95-96; 96-97; 97-98)</b> .....	31
<b>4.1.3. Producción por corte de la fracción Lotus de las distintas procedencias en el primer año (95-96)</b> .....	33
<b>4.1.4. Producción por corte de la fracción Lotus de las distintas procedencias en el segundo año (96-97)</b> .....	34
<b>4.1.5. Producción por corte de la fracción Lotus de las distintas procedencias en el tercer año (97-98)</b> .....	36
<b>4.1.6. Producción total anual del mejoramiento y proporción de Lotus en la mezcla</b> .....	38
4.1.6.1. Primer Año (95-96).....	38
4.1.6.2. Segundo Año (96-97).....	39
4.1.6.3. Tercer Año (97-98).....	40
4.1.6.4. Total de los tres años (95-98).....	41
<b>4.2. CARACTERIZACION DE LA PARTE SUBTERRANEA</b> .....	42
<b>4.2.1. Correlación entre las variables del muestreo de la parte subterránea</b> .....	42
<b>4.2.2. Componentes de la parte subterránea de las distintas procedencias</b> .....	43
<b>4.3. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS DIFERENTES PROCEDENCIAS</b> .....	44
<b>4.3.1. Producción de semilla</b> .....	44
<b>4.3.2. Peso de mil semillas</b> .....	47
<b>4.4. ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE LOTUS PEDUNCULATUS</b> .....	48
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	50
<b>5.1. LOTUS PEDUNCULATUS</b> .....	50
<b>5.1.1. Primer año (95-96)</b> .....	50
<b>5.1.2. Segundo año (96-97)</b> .....	50
<b>5.1.3. Tercer año (97-98)</b> .....	51
<b>5.1.4. Total de los tres años (95-98)</b> .....	51
<b>5.1.5. Producción de estolones</b> .....	51
<b>5.1.6. Producción de semilla</b> .....	52
<b>5.2. LOTUS CORNICULATUS</b> .....	52
<b>5.2.1. Primer año (95-96)</b> .....	52
<b>5.2.2. Segundo año (96-97)</b> .....	52
<b>5.2.3. Tercer año (97-98)</b> .....	52
<b>5.2.4. Total de los tres años (95-98)</b> .....	53
<b>5.2.5. Producción de semilla</b> .....	53

6. <u>RESUMEN</u> .....	54
7. <u>SUMMARY</u> .....	55
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	56
9. <u>ANEXOS</u> .....	60

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página</u>
1. Características de las especies <i>Lotus corniculatus</i> y <i>Lotus pedunculatus</i> .....	3
2. Análisis de suelo de la unidad Alferez.....	25
3. Correlaciones entre las diferentes variables del muestreo de la parte subterránea.....	42
4. Muestreo de la parte subterránea.....	43
5. Producción de semilla limpia y Porcentaje de tallos reproductivos.....	44
6. Porcentaje de Lotus, forraje de Lotus y forraje de Otros al momento de la cosecha de semillas.....	45
7. Peso de mil semillas.....	47
8. Producción de forraje de la fracción Lotus en el primer año (95-96).....	60
9. Producción de forraje de la fracción Lotus en el segundo año (96-97).....	60
10. Producción de forraje de la fracción Lotus en el tercer año (97-98).....	61
11. Producción de forraje de la fracción Lotus total de los tres años (95-98).....	61
12. Producción de forraje de la fracción Otros en el primer año (95-96).....	62
13. Producción de forraje de la fracción Otros en el segundo año (96-97).....	62
14. Producción de forraje de la fracción Otros en el tercer año (97-98).....	63
15. Producción de forraje de la fracción Otros total de los tres años (95-98).....	63
16. Producción Total de forraje en el primer año (95-96).....	64
17. Producción Total de forraje en el segundo año (96-97).....	64
18. Producción Total de forraje en el tercer año (97-98).....	65
19. Producción total de forraje de los tres años (95-98).....	65
20. Proporción de Lotus en el mejoramiento en los años: 95-96, 96-97 y 97-98.....	66
21. Precipitaciones del período 1995-1998 y serie histórica 1972-1998.....	66

## 1. INTRODUCCION

*Lotus pedunculatus* es una leguminosa perenne que ha demostrado poseer muy buena adaptación a las condiciones ecológicas de la Región Este, integrándose a la vegetación nativa en forma exitosa.

Esta especie fue introducida al país hace varios años y las referencias indican que su valor forrajero como pionera de suelos pobres fue observado en Nueva Zelandia desde fines del siglo pasado.

Las observaciones y estudios realizados por INIA Treinta y Tres muestran su alta capacidad productiva, con una importante contribución invernal, lo que la convierte en un material muy promisorio para Uruguay. Debido a su excelente comportamiento como leguminosa de los mejoramientos extensivos, se presenta como una solución visible para enfrentar el problema forrajero de la ganadería extensiva en la región.

En el país se ha utilizado con éxito el cultivar Maku, tetraploide de origen neocelandés, pero que desafortunadamente presenta baja producción de semillas y de alto precio. Esto dificulta su diseminación en la zona, por lo que se ha buscado desarrollar líneas experimentales nacionales de *L. pedunculatus* que mantengan la capacidad estolonífera-rizomatosa y producción de forraje de dicho cultivar, pero que además tengan una adecuada producción de semilla.

Los objetivos de esta tesis consisten en evaluar la producción de forraje, semilla y estolones-rizomas de cuatro líneas experimentales de *L. pedunculatus* (diploides) de origen nacional, comparándolas con dos cultivares de *L. pedunculatus* de origen neocelandés, Maku (tetraploide) y Sunrise (diploide). Además se incluyó en la evaluación tres cultivares de *Lotus corniculatus* (Ganador, San Gabriel y Draco) por ser ésta la especie del género *Lotus* más utilizada en mejoramientos extensivos en la región.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. CARACTERISTICAS DEL GENERO LOTUS**

Existen muchas especies del género *Lotus* distribuidas por el mundo, pero las más importantes son *Lotus corniculatus*, *Lotus tenuis*, (Wald et al., citados por Pinto et al., 1989), y *Lotus pedunculatus* (Pinto et al., 1989).

El centro de origen del género *Lotus* es Europa Meridional y el Norte de Africa (Araújo, 1947 citado por Pinto et al., 1989). Hoy es cultivado para producción de forraje en casi todo el mundo (Pinto et al., 1989).

El número de cromosomas de *Lotus corniculatus* es  $2n=24$  y de *Lotus pedunculatus*  $2n=12$ . En el caso del cultivar Maku de *Lotus pedunculatus*, el número de cromosomas es  $2n=24$  porque éste fue duplicado por el uso de colchicina. Existe la posibilidad de que el *Lotus corniculatus* sea un autotetraploide natural de *Lotus tenuis*. Esta conclusión fue basada justamente en el número de cromosomas de ésta especie ( $2n=12$ ) y en evidencias morfológicas, genéticas, citológicas y de distribución geográfica de las poblaciones silvestres (Dawson, 1941 citado por Pinto et al., 1989).

#### **2.1.1. Características Botánicas**

Las especies del género *Lotus* pertenecen a la familia de las Leguminosas, sub-familia Papilinoidea y tribu Loteae (Pinto et al., 1989).

Las plantas pertenecientes a éste género presentan como características distintivas de las otras leguminosas forrajeras, la posesión de un par de folíolos en la base de los cortes peciolulos. Por lo tanto las hojas consisten de cinco folíolos, característicamente asimétricos y en punta. En cada inflorescencia hay pocas florecillas (1-12) grandes, amarillas o amarillo-rojizas. Las vainas de las semillas son derechas y de mayor longitud que el cáliz (Smetahm, 1973).

Cuadro 1. Características de las especies *Lotus corniculatus* y *Lotus pedunculatus*.

Especie	Ciclo de Vida	Hábito de Crecimiento	Nº de florecillas	Longitud aprox. de las vainas
<i>L. corniculatus</i>	Perenne	Corona bien desarrollada, sin estolones. Raíz pivotante profunda y ramificada. Tallos finos de hasta 1 m de longitud. Hojas de pecíolos cortos con 5 folíolos ovales de por lo menos la mitad de su largo. Plantas generalmente glabras. Hábito de crecimiento de postrado a erecto.	3-6	3,1 cm
<i>L. pedunculatus</i> Sinónimos: <i>Lotus major</i> , <i>Lotus uliginosus</i>	Perenne	Estolonífera y rizomatosa. Corona bien desarrollada o rizoma emitiendo otros rizomas y estolones. El sistema radicular es superficial y consiste en raíces fibrosas finas. Tallos de hasta 1,8 m de largo. Puede ser glabro o ligeramente piloso. Hábito de crecimiento erecto o trepador.	8-12	1,8 cm

Fuente: Smetahm, 1973.

### 2.1.2. Adaptación

*Lotus corniculatus* y *Lotus pedunculatus* son cultivares para la producción de forraje en muchos países de clima templado de Europa, América del Norte, América del Sur y Oceanía. En éstos países, continuamente son desarrollados e introducidos nuevos cultivares, para obtener material más productivo y adaptado (Pinto et al., 1989).

Los *Lotus* persisten mejor bajo condiciones de fertilidad baja, niveles notablemente bajos de fósforo y potasio, y son capaces de competir por niveles bajos de nutrientes vegetales disponibles con mayor éxito (Mouat, 1957 citado por Smetahm, 1973). Sin embargo, en éstas condiciones su producción también es baja, y como otras leguminosas, responderán con un mayor crecimiento a niveles adecuados de fertilización en cobertura (Smetahm, 1973). Además, Davis (1981 a) citado por Pinto et al. (1989) sugirió la tolerancia a la toxicidad del aluminio en forma intercambiable para *Lotus pedunculatus* y *Lotus corniculatus*.

Existe una diferencia considerable en cuanto a la tolerancia a la acidez o alcalinidad, que depende de la especie, y afecta tanto el crecimiento de la planta huésped como la nodulación. (Smetahm, 1973).

En cuanto a requerimientos de temperatura, *Lotus corniculatus* se adapta bien a zonas templadas, con un verano fresco donde las temperaturas medias máximas mensuales oscilan entre 16°-27°C. En las zonas más cálidas donde las temperaturas estivales son mayores (27°-38°C), los *Lotus* sufren una mortalidad considerable debido a enfermedades en la corona y la raíz causadas por hongos (*Rhizoctonia* y *Sclerotinia*). *Lotus pedunculatus* puede ser similar en su tolerancia a las temperaturas que *Lotus corniculatus* (Smetahm, 1973).

Las plantas del género *Lotus*, tienen la característica de ser resistente a muchos patógenos y pestes de insectos (McLaughlin et al., 1989).

### 2.1.3. Desarrollo vegetativo y persistencia

Todos los *Lotus* en general son lentos en su establecimiento desde semillas, siendo el tiempo y el método de siembra, importantes factores en su implantación y establecimiento (McLaughlin et al., 1989).

Los patrones de crecimiento de los *Lotus* perennes varían generalmente y son largamente determinados por temperatura y fotoperíodo (McLaughlin et al., 1989).

En climas fríos a templados, el mayor crecimiento se da en primavera, verano y otoño, pero heladas severas pueden dañar las hojas en el invierno (McLaughlin et al., 1989).

El rebrote de los tallos de *Lotus corniculatus* proviene de las yemas axilares situadas en posición elevada en los tallos. De manera que si las plantas de *Lotus corniculatus* son pastoreadas o cortadas a una altura muy cercana al suelo, se reducirán los sitios para el rebrote y el rendimiento total sufrirá. Es razonable suponer que las otras especies perennes de *Lotus* se comportarán como *Lotus corniculatus*. Por lo tanto si una pastura perenne de *Lotus* spp. ha de perdurar, es necesario someter a un pastoreo rotativo, y para obtener un rendimiento elevado la pastura no debe ser pastoreada muy intensamente. En cierto grado el último requerimiento depende del hábito de crecimiento de la especie o variedad (retiro del pastoreo: postrados 2,5 cm y erectos 5 cm) (Smetahm, 1973).

El hábito de crecimiento tiene influencia en la persistencia de las plantas, teniendo mayor persistencia las plantas más postradas (Keuren & Davis, 1968; Taylor et al., 1973; Caroso, 1980 y Caroso et al., 1981 citados por Pinto et al., 1989). Las plantas de porte más erecto, cuando son sometidas a corte o pastoreo, tienen una mayor proporción de sus tejidos de parte aérea removidos en comparación con plantas de porte más postrado (Araújo & Jacques, 1974 a y b; Caroso, 1980; Caroso et al., 1981 citados por Pinto et al., 1989).

Una característica de las plantas del género *Lotus* es que no ha habido denuncias de meteorismo en vacunos u otros rumiantes causados por ellas. Se ha observado que ésto se debe a la baja solubilidad en agua de las proteínas foliares, unido a la presencia de taninos en los contenidos celulares (Jones et al., 1971 citados por Smetahm, 1973). Si están presentes en

cantidad suficiente, éstos taninos precipitan todas las proteínas solubles, inhibiendo, de esta forma, la producción de espuma estable que es la causa de meteorismo en el rumen (Smetahm, 1973).

#### 2.1.4. Producción de semillas

Las semillas son la forma de propagación de la mayoría de las especies utilizadas comercialmente para la producción de forraje, y por eso es una característica que no debe ser olvidada en cualquier programa de mejoramiento genético (Pinto et al., 1989).

El tipo de floración indeterminado del *Lotus*, conduce a problemas críticos en la cosecha de semillas. Cortes realizados muy temprano resultan en pérdidas por causa de la cosecha de semillas inmaduras e inviables. Cortes muy tardíos resultan en pérdidas por dehiscencia o fragmentación de las chauchas (Seaney & Henson, 1970 citados por Pinto et al., 1989).

*Lotus* desarrolla muchas floraciones durante el verano. Estas surgen desde la yema axilar de las hojas y consisten en grupos compactos de flores (inflorescencias). El período de floración puede extenderse por varias semanas. Después de la polinización (por abejas, etc), las semillas se desarrollan dentro de una vaina (McLaughlin et al., 1989).

La presencia de insectos polinizadores es esencial para las especies del género *Lotus*, ya que las especies tienen autoincompatibilidad, y los granos de polen necesitan ser transportados de una flor a otra (Pinto et al., 1989).

Una alta proporción de semillas duras es producida, pero es sacrificada generalmente para asegurar que la semilla seleccionada tenga una alta tasa de germinación (McLaughlin et al., 1989).

La semilla puede variar en peso y tamaño desde alrededor de 0.8 g/1000 semillas para el tipo tetraploide (por ejemplo cv. Maku de *Lotus pedunculatus*), y 1.13 g/1000 semillas para *Lotus corniculatus* (McLaughlin et al., 1989).

## 2.2. *LOTUS CORNICULATUS*

*Lotus corniculatus* es una leguminosa perenne estival, que se recomienda en suelos donde la alfalfa no prospera. Su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo (su heno es comparable al de la alfalfa y su forraje verde al del trébol blanco) y su persistencia, hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras (Carámbula, 1977).

*Lotus corniculatus* no es exigente en cuanto a requerimientos de suelo. Subsiste en suelos moderadamente ácidos (pH 6.4-6.6) o alcalinos, adaptándose a suelos menos ácidos que *Lotus pedunculatus*. Sin bien subsiste en suelos con bajos porcentajes de fósforo, responde muy bien a

la fertilización fosfatada y al encalado. Un inconveniente que presenta sería su menor eficiencia para aportar nitrógeno al suelo, en relación a otras leguminosas perennes (Carámbula, 1977; Smetahm, 1973). En este sentido, García et al. (1994) han demostrado que su aporte sería apenas inferior a las otras leguminosas, alfalfa y tréboles rojo y blanco.

Los cultivares de *Lotus corniculatus* presentaron un comportamiento intermedio en su tolerancia al Aluminio cuando se compara con la sensible Alfalfa y el tolerante Maku (Schachtman et al., 1991).

*Lotus corniculatus* tiene un sistema radicular que explora en profundidad el cual lo hace más adecuado para regiones secas que *Lotus pedunculatus* (Schachtman et al. 1991).

*Lotus corniculatus* puede sembrarse en siembras puras, ya que no produce meteorismo (Carámbula, 1977).

### 2.2.1. Descripción de la planta

El sistema radicular consiste en una raíz pivotante con numerosas ramificaciones formando ángulos rectos con la raíz principal. Las raíces tienen un crecimiento lento, superando en profundidad a las de trébol rojo, pero no a las de alfalfa (Carámbula, 1977). Esto la convierte en la especie más tolerante a la sequía de los *Lotus spp.* perennes (Smetahm, 1973). La planta desarrolla una corona al final del primer año de la cual nacen los tallos. Las hojas están formadas por cinco folíolos, uno terminal, dos opuestos y dos en la base de los peciolos. Las inflorescencias son amarillas o de color anaranjado, dispuestas en umbelas nacidas en el extremo de un pedúnculo largo. El número de flores por inflorescencia varía entre 3 y 7, son de fecundación cruzada entomófilas. La vaina o fruto se desarrolla rápidamente después de la polinización y adquiere un color púrpura a la semana, verde oscuro a los 15 días, verde claro a los 22-24 días, marrón claro a los 28 días y marrón oscuro a los 32 días. El número de semillas por vaina varía entre 2 y 8 (Carámbula, 1977).

### 2.2.2. Etapas Vegetativa

Si bien el *Lotus corniculatus* tiene una producción predominantemente otoñal y primaveral, los diferentes cultivares pueden presentar durante el invierno y verano un comportamiento diferencial. San Gabriel muestra buenos rendimientos invernales y tempranos en primavera, Cascade se destaca por su producción estival (Carámbula, 1977).

El crecimiento primaveral de *Lotus corniculatus* comienza desde las yemas de la corona y en los rebrotes subsiguientes desde las yemas axilares ubicadas en los tallos cortados. Dichas ramificaciones aparecen en forma continua durante el desarrollo de las plantas, a pesar de que se encuentren en pleno período de floración; no cesando el crecimiento en etapas avanzadas de su

desarrollo y el proceso de acumulación de forraje continúa aún después de la floración (Carámbula, 1977).

Este proceso ininterrumpido de formación de nuevos tallos impide que las plantas puedan hacer una acumulación apreciable de sustancias de reserva y por consiguiente, tanto las raíces como la corona, poseen un porcentaje bajo de hidratos de carbono durante todo su ciclo. Sin embargo, al llegar el otoño y registrarse el acortamiento de los días y el descenso de las temperaturas, el crecimiento de tallos axilares se detiene en parte (Carámbula, 1977). Ello permite un discreto incremento en el volumen de sustancias de reserva, lo cual finalmente contribuye a que los nuevos crecimientos de esta época puedan efectuarse fundamentalmente desde la corona (Smith, 1962 citado por Carámbula, 1977).

En cuanto a producción de forraje, con excepción del primer verano, siempre las tasas medias de producción de materia seca en primavera son superiores a las de verano independientemente de la edad. En otoño e invierno las tasas medias de producción son sustancialmente inferiores a las de primavera-verano, siendo invierno la estación de menor producción dentro de cada edad del cultivo (Formoso, 1993).

En el Uruguay el cultivar San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. El periodo invernal de menor potencial de producción de forraje probablemente se explique parcialmente por la ocurrencia de temperaturas infra-óptimas para fotosíntesis neta y no por la acción de mecanismos de latencia tal como lo prueban las tasas máximas invernales reportadas de 20-25 kg MS/ha/día (Formoso, 1993).

A partir del segundo año, caracterizado por ser el que el *Lotus* presenta mayor producción, a medida que aumenta la edad del cultivo, las producciones en cada estación y totales por edad disminuyen progresivamente. Se observa que invierno y otoño son las estaciones donde disminuye en mayor magnitud la capacidad de producción de forraje a medida que aumenta la edad del cultivo. Primavera constituye la estación menos influida por la edad del cultivo, presentando el verano un comportamiento intermedio. El forraje total anual producido se concentra cada vez más en primavera-verano y consecuentemente disminuye cada vez más en otoño-invierno. Transformándose el cultivo en cada vez más primaveral y menos invernal (Formoso, 1993).

El descenso de la producción de forraje estacional y anual al aumentar la edad del cultivo está determinada principalmente por las graves pérdidas de plantas que se registran, como consecuencia de lesiones en los tejidos de raíz y corona, provocadas por diversos organismos: hongos, nematodos, etc (Formoso, 1993). Sobre el tema, Altier (1988) citada por Formoso (1993), trabajando con *Lotus* cv. Estanzuela Ganador reporta un descenso de producción de forraje del tercer año con respecto al segundo de 42% en el tratamiento testigo y solamente 25% cuando aplicaba fungicidas. Condiciones climáticas cálidas y húmedas aceleran la mortandad de plantas. En general bajo las condiciones del país en primavera y verano se detectan fácilmente síntomas de podredumbre radicular (Formoso, 1993).

### 2.2.3. Etapa Reproductiva

La floración ocurre en la primavera, verano y otoño (Araújo, 1947; Smetahm, s.d citados por Pinto et al., 1989).

Una de las característica importantes de la especie es el alto grado de dehiscencia durante la madurez, en que los frutos se abren longitudinalmente, especialmente cuando la humedad relativa es menor a 40% (Carámbula, 1977).

*Lotus corniculatus* presenta una muy buena resiembra natural, superior a los otros Lotus. Las praderas presentan una dinámica poblacional muy favorable constatándose una continua aparición de nuevas plantas. Esto le podría dar una mayor persistencia y autonomía (Carámbula, 1977; McLaughlin et al., 1989).

### 2.2.4. Diferencias Varietales

Resultados reportados por García et al. (1988) citados por Formoso (1993), referentes a la performance de cultivares de *Lotus* clasifican al cv. Estanzuela Ganador en Clase 1, recomendada por ser su comportamiento forrajero consistentemente mejor que otras variedades. En el 69% de los casos fue superior al testigo (San Gabriel), mientras que en el 31% restante se dio a la inversa. Clasifican en Clase 2, recomendada para ser usada comercialmente cuando no existe disponibilidad en el mercado del cultivar Clase 1, a las variedades: El Boyero, San Gabriel y Cascade.

En experimentos que incluían los cvs San Gabriel y Estanzuela Ganador, la producción anual de ambas variedades es similar hasta el segundo año. A partir del mismo, a medida que aumenta la edad del cultivo se incrementan las diferencias de producción de materia seca a favor del cv. Estanzuela Ganador. Este presenta una mayor longevidad de las plantas componentes del stand, reflejando una tolerancia superior a enfermedades de raíz y corona. La producción estival de Estanzuela Ganador presenta tendencia similar a la ya descrita en producción anual, en tanto, la producción primaveral de dicho material es superior en todas las edades, aumentando la magnitud de la superioridad productiva con los años (Formoso, 1993).

INIA Draco es una variedad sintética de *Lotus corniculatus*, de reciente liberación al mercado (1998), seleccionada en INIA La Estanzuela por persistencia a campo. La base genética de este cultivar proviene del cultivar Estanzuela Ganador y de una población local cosechada en el quinto año (Rebuffo, 1998).

El ciclo de crecimiento de INIA Draco es similar a San Gabriel y a Estanzuela Ganador, es decir de floración temprana y sin reposo invernal. El hábito de crecimiento es intermedio a semipostrado y las coronas son grandes, con muy buena densidad de tallos y muy buena foliosidad (Rebuffo, 1998).

Entre las variedades sin reposo invernal, INIA Draco se destaca por su mayor producción de forraje y mayor persistencia bajo manejo rotativo. La producción se debe a una mayor persistencia combinada con la amplitud de sus coronas, los numerosos tallos que emite y el vigor de los mismos. Se le recomienda para complementar mezclas de praderas en rotaciones largas, cuyo objetivo sea una duración de 3 a 4 años (Rebuffo, 1998).

La mayor persistencia de INIA Draco se refleja en una mayor producción de forraje. En siembras realizadas desde 1990 a 1994, INIA Draco, de hábito más postrado, produjo 22% más que el promedio de San Gabriel y Estanzuela Ganador en el ensayo sembrado en 1990, y 48%, 27%, 35% y 20% más en los ensayos de 1991, 1992, 1993 y 1994, respectivamente. En el ensayo de 1991, al finalizar el cuarto año solo el 32% del área de las parcelas de San Gabriel estaba cubierto por follaje, mientras que las plantas de INIA Draco cubrían el 90% de la superficie. La diferencia tan marcada en cobertura es el resultado de la combinación de una mayor persistencia, corona más grande y hábito más postrado de la nueva variedad. Mediante el procedimiento de selección por persistencia a campo se presume que se ha incrementado la resistencia a enfermedades de raíz y corona, aunque aún no se ha realizado la verificación de esta hipótesis (Rebuffo, 1998).

En el conjunto de ensayos evaluados hasta el presente por el Programa Nacional de Plantas Forrajeras y el Programa Nacional de Evaluación de Cultivares, INIA Draco ha tenido una mayor persistencia productiva, que se traduce en una mayor producción de forraje a partir del segundo año, así como en el rendimiento acumulado. INIA Draco produjo 12% más que San Gabriel en el segundo año y 42% más en el tercer año (Rebuffo, 1998).

El ciclo de producción (distribución estacional) de INIA Draco es similar a San Gabriel y Estanzuela Ganador. La mayor producción de forraje de Lotus se obtiene en primavera, independientemente de la edad de la pastura y de los cultivares. La mayor persistencia y productividad de INIA Draco se manifiesta en todas las estaciones de crecimiento a partir del segundo año, si bien las mayores diferencias se obtienen en primavera. La producción de Lotus en el tercer y cuarto año se concentra fundamentalmente en primavera (Rebuffo, 1998).

### 2.3. *LOTUS PEDUNCULATUS*

*Lotus pedunculatus* Cav., también es descrito como *Lotus uliginosus* Schkurh o *Lotus major* Scop. (Heath, 1970 citado por Kaiser et al., 1990). Es de origen europeo desde el Mediterráneo hasta 60° Norte. Naturalizado en el Noroeste de EE.UU., es usado para pastorear, heno y producción de semilla. Ha mostrado buena adaptación sobre suelos húmedos en Georgia, North Carolina y Florida. También es cultivado en Minnesota, Indiana e Illinois en EE.UU. y en Australia y Nueva Zelanda (Kaiser et al., 1990). Se encuentra naturalizado también en la región occidental del Lago Nahuel Huapi (Argentina) y en la región Valdiviana de Chile, donde ocurre en abundancia (Burkart, 1952 citado por Caroso et al., 1982).

El *Lotus pedunculatus* cv. Maku es usado en Australia para: ganado de carne, ganado para leche, como cobertor del suelo en horticultura y para producción de semilla (Harris et al., 1993). También es usado como una leguminosa para cubrir el suelo en plantaciones forestales; además, brinda un recurso de nitrógeno para los árboles y pasturas para el ganado. El sistema de rizomas de Maku es también usado para proteger el suelo en áreas propensas a erosión (McLaughlin et al., 1989).

*Lotus pedunculatus* fue introducido en Nueva Zelanda entre 1860 y 1870 (Thompson, 1922 citado por Sheath, 1981). Por la década de los 40, el *Lotus pedunculatus* fue ampliamente distribuido por áreas de buenas precipitaciones de Nueva Zelanda, y en ese tiempo su uso fue recomendado para zonas húmedas, con cuchillas soleadas y zonas de poca cobertura y competencia del tapiz (Saxby, 1948 citado por Sheath, 1981). Se promovió su uso sobre suelos ácidos, turbosos o pesados, y de poco drenaje o anegados en Nueva Zelanda (Levy, 1970 citado por Sheath, 1981).

*Lotus pedunculatus* cv. Maku crece y persiste en la mayoría de tipos de suelos pero tiene especial valor bajo condiciones húmedas, en laderas sombreadas y en suelos pobres y de bajo pH (<5.2) (Armstrong, 1974 citado por Hill et al., 1990). En algunas pasturas densas de *Festuca* (*Festuca arundinacea*) se mostró muy agresivo, lo que indica que tiene buena tolerancia al sombreado (Kaiser et al., 1990).

Además tiene una alta eficiencia en absorción de fósforo del suelo en condiciones de bajos niveles de este nutriente (Nordmeyer et al., 1977 citado por Hill et al., 1990). La capacidad de producir una alta concentración de raíces en la capa superficial del suelo, ha sido relacionada con la habilidad del *Lotus pedunculatus* de obtener eficientemente el fósforo, bajo condiciones de baja fertilidad (Walker & Adams, 1959 citados por Sheath, 1980 b).

*Lotus pedunculatus* se ha observado que sobrevive en suelos con precipitaciones anuales medias de 1020-1170 mm, estando éstos suelos a menudo inundados en invierno y a principios de primavera (Kaiser et al., 1990), ya sea por un drenaje pobre o debido a precipitaciones altas. Puede soportar una inundación invernal durante algunos meses sin un efecto adverso aparente (Smetahm, 1973).

La presencia de gran cantidad de espacios aéreos en el cortex de las raíces (Soper, 1959 citado por Sheath, 1980 b), combinado a su denso y superficial sistema radicular, puede en parte explicar su habilidad para sobrevivir y producir bajo condiciones de exceso de humedad (Barnard, 1969 citado por Sheath, 1980 b).

A pesar de la característica de buena adaptación a condiciones húmedas del *Lotus pedunculatus*, algunos clones presentaron una buena tolerancia al período adverso con limitación de agua (40 mm) (Caroso et al., 1982). Por otro lado, Smetahm (1973) se refirió a ésta especie como más resistente a la seca que el trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*), pero no tanto como el *Lotus corniculatus*.

Esta especie de *Lotus* probablemente esté adaptada a los grados más elevados de acidez del suelo, y se ha observado que crece en forma satisfactoria en pH que oscilan entre 4,5 y 5,5 (Smetahm, 1973). El éxito del *Lotus pedunculatus* como una leguminosa fijadora de Nitrógeno en suelos ácidos ( $\text{pH} < 5.0$ ), puede estar en parte relacionado con tolerancia a la acidez del *Rizobium* asociado (Norris, 1965 citado por Sheath, 1981). La corrección del pH del suelo a 5,5 o 6,0, puede ser benéfico para el establecimiento y producción, pero no es esencial (Greenwood, 1961; Lowther, 1977 citados por Sheath, 1981).

*Lotus pedunculatus* cv. Maku tolera altos niveles de aluminio en suelo (Nordmeyer et al., 1977 citado por Hill et al., 1990; Schachtman et al., 1991), y fue tolerante a Magnesio cuando creció en soluciones nutritivas (Schachtman et al., 1991). La tolerancia a la toxicidad del Aluminio, puede también explicar porqué el *Lotus pedunculatus* crece satisfactoriamente sobre suelos ácidos con alto aluminio en forma disponible (Nordmeyer et al., 1977 citado por Sheath, 1981).

*Lotus pedunculatus* cv. Maku fue moderadamente sensible a la salinidad (Schachtman et al., 1991). No se adapta a las condiciones salinas en el mismo grado que el *Lotus tenuis* y tolera solo agua salobre (Smetahm, 1973).

En *Lotus pedunculatus* cv. Maku la tasa de fijación de Nitrógeno en plantas establecidas es generalmente similar a la del Trébol Blanco (*Trifolium repens*), pero el crecimiento con plantas asociadas es generalmente menor (Brock, 1973; Nordmeyer et al., 1977 citados por Sheath, 1981). Además puede dar mayores rendimientos que los tréboles sobre suelos ácidos (Lowther, 1980 citado por Lowther et al., 1992).

Sin embargo, la habilidad del *Lotus pedunculatus*, de persistir bajo pastoreo y asociado a pasturas competitivas, sobre suelos de alta fertilidad, es pobre o medianamente pobre (Sheath et al., 1977; Brock et al., 1978 citados por Sheath, 1981). Estas características determinan que el *Lotus pedunculatus* presente una conveniencia agronómica, y sugiera cambios que serán requeridos si es para ser usado sobre pasturas fértiles y mejoradas (Sheath, 1981).

El valor nutritivo de *Lotus pedunculatus* es similar que el de *Lotus corniculatus*. Varios estudios de alimentación con ganado lechero o para carne han mostrado que *Lotus pedunculatus* fue igual que la Alfalfa cuando fue cortado para heno en el estado de mitad de floración (Kaiser et al., 1990). Howell, 1948 citado por Kaiser et al., 1990 encontró porcentaje de proteína cruda en pasturas de *Lotus pedunculatus* de 8-12 mm de alto de 28.5% en un test en Oregon, y Caroso et al. (1982) encontraron que el porcentaje de proteína de la mayoría de los clones de *Lotus pedunculatus* estudiados fue superior a 27 %, con una amplitud de variación entre 22.3 y 29.9 %. La digestibilidad "in vitro" varió de 52.8 a 67.1 %, siendo que la mayoría de los clones se situaron por encima de 58 % (Caroso et al., 1982).

Maku contiene 20-30g de taninos condensados/kg materia seca cuando crece en suelos ácidos de baja fertilidad (Berry et al., 1983 citados por Kaiser et al., 1990). Una concentración de taninos condensados que puede dar una adecuada performance animal y brindar resistencia a

meteorismo es de 30-40g de taninos condensados/kg materia seca de *Lotus pedunculatus*. Este es más fácilmente alcanzado cuando *Lotus pedunculatus* es pastoreado con otra pastura (Kaiser et al., 1990).

El hábito estolonífero confiere a la planta un grado considerable de resistencia al perjuicio inmediato y físico que puede resultar de un pastoreo intenso, y por lo tanto, es un valioso atributo de las plantas para su uso en praderas para pastoreo (Smetahm, 1973).

Harris et al. (1993) reportan que en Australia el Lotus Maku ha demostrado buena persistencia, encontrando que la pastura de mayor edad tenía aproximadamente 12 años. En casos de pobre persistencia, las malas condiciones estacionales y el mal manejo del pastoreo fueron los responsables. Las malezas, plagas y enfermedades fueron de menor importancia para su persistencia. En algunas zonas se diagnosticó severos daños por insectos (babosas y enrolladores de hojas) y en otras un daño moderado provocado por enfermedades, siendo la principal Rhizoctonia.

*Lotus pedunculatus*, cuando ya está establecido, presenta una buena capacidad de rebrote después del pastoreo, aunque su establecimiento es muy lento a partir de semillas, teniendo rendimientos satisfactorios de forraje solamente en el segundo y tercer año (Klitsch, 1962 citado por Caroso et al., 1982).

En Australia el Lotus Maku se siembra en mezclas de pasturas mayormente (71%), siendo acompañado por las siguientes especies: paspárum, kikuyo, setaria, trébol blanco, ryegrass y phalaris. Los métodos de siembra comúnmente utilizados son: en cobertura (62%) y convencional con cama de siembra (38%). La densidad de siembra usada mayormente es de 1 kg/ha, siendo esta superior, hasta 4 kg/ha, cuando es acompañado de especies más vigorosas y competitivas (Harris et al., 1993).

Los Rizobium efectivos en Lotus Maku, están ausentes en la mayoría de los suelos, por lo tanto la inoculación es esencial. El establecimiento puede estar influenciado por la inoculación y las técnicas de peleteado (Lowther, 1983 citado por Wedderburn, et al., 1985).

En general *Lotus pedunculatus* presenta una serie de ventajas como lo es su capacidad de expandirse por rizomas, su vida larga en pasturas de gramíneas perennes, su tolerancia a condiciones de suelos ácidos, su buena adaptación a suelos húmedos o mal drenados, su alto valor nutritivo comparado favorablemente con la Alfalfa, y además éste no causa meteorismo en ganado u ovinos como otras leguminosas. A pesar de estas ventajas, *Lotus pedunculatus* presenta una serie de desventajas como que requiere un inóculo específico (diferente de *Lotus corniculatus*), tiene menos vigor de semillazón que la Alfalfa y el Trébol Rojo, y no crece muy alto (Kaiser et al., 1990).

### 2.3.1 Descripción de la planta

*Lotus pedunculatus* es una especie perenne, estolonífera, que emite estolones y rizomas. Las plantas poseen un sistema subterráneo extenso (Carámbula, 1994) pero poco profundo (Pinto et al., 1989), que consiste en una corona primaria central y una raíz pivotante, a los que se agrega una importante red de rizomas, estolones y raíces fibrosas (Carámbula, 1994). La corona crece por debajo del nivel del suelo (Kaiser et al., 1990).

Sus tallos aéreos crecen desde los nudos de los rizomas gruesos y se pueden presentar como erectos o decumbentes según la densidad y altura del talpíz que acompañe a ésta especie (Carámbula, 1994). Son finos y de hasta 1,8 m de largo y pueden ser glabras o ligeramente pilosas (Pinto et al., 1989).

Sus hojas son trifoliadas, igual a las de *Lotus corniculatus*, y sus estípulas muy grandes simulan ser folíolos, por lo que las hojas presentan en apariencia el aspecto de estar compuestas por 5 folíolos. Estos son abovados y pilosos (Pinto et al., 1989; Carámbula, 1994).

Posee 4 a 12 flores de color amarillo por inflorescencia. Su fruto es largo, cilíndrico de aproximadamente 1,8 cm de largo. Posee de 6 a 11 semillas por chaucha y sus semillas son muy pequeñas (0.89 g/1000 semillas cv. Maku y 0.4 g/1000 semillas cv. Sunrise) (Pinto et al., 1989; Kaiser et al., 1990; Lawther et al., 1992).

La mejor performance de cultivares de *Lotus pedunculatus* más postrados, parecería estar relacionada con la mayor habilidad para retener una mayor población residual de tallos activos que pueden comenzar el crecimiento inmediatamente luego de la defoliación (Sheath, 1981).

### 2.3.2. Etapa Vegetativa

*Lotus pedunculatus* posee la capacidad de producir en el otoño tallos gruesos, de crecimiento horizontal, que cuando emergen apenas de la periferia de la planta madre, crecen hacia la superficie del suelo, y por ésta, cualquiera sea la vegetación y residuos presentes. Estos tallos eventualmente forman raíces y se convierten en estolones; o si el suelo es húmedo y friable, estos vástagos pueden penetrar por debajo del mismo y convertirse en rizomas (Smetahm, 1973).

En ésta forma, *Lotus pedunculatus* es capaz de aumentar y extenderse en el tapiz (Smetahm, 1973) formando un sistemas de rizomas que se ramifican, con sus raíces adventicias asociadas, resultan en una densa distribución de tallos fibrosos en la región superficial del suelo, la cual genera un hábito del tipo de césped (Howell, 1948; Levy, 1970 citados por Sheath, 1980 b).

Acompañando a la continua ramificación de rizomas desde nudos subsuperficiales, puede también ocurrir un crecimiento auxiliar de tallos ascendentes (Howell, 1948 citado por Sheath, 1980 b), los cuales son decumbentes con escasa vegetación, pero posteriormente comienzan a ser más erectos con una densa masa foliar (Bernard, 1969 citado por Sheath, 1980 b). Cuando éstos

tallos están sobre el suelo, desarrollan hojas muy chicas e insignificantes, pero cuando éstos emergen del suelo y se tornan más erectos desarrollan las hojas pentafoliadas normales (MacDonald, 1946 citado por Sheath, 1980 b).

También puede ocurrir un crecimiento auxiliar de tallos desde nudos ubicados sobre otros tallos. Este hábito es característico del crecimiento indeterminado de ramificación natural de *Lotus pedunculatus* (Sheath, 1980 b).

*Lotus Maku* responde en buena forma a cambios en el largo del día, temperatura y precipitaciones. Durante los meses fríos del invierno de Junio y Julio (temperaturas medias de 8.8 y 7.7°C respectivamente, y largo de día de 9.3 y 9.5 hs respectivamente en N. Zelanda) la planta forma pocos estolones y nudos nuevos. En dicha región el incremento de la tasa de crecimiento se asocia al incremento de las temperaturas y largo de día en primavera y verano. Los tallos originados temprano en la primavera hasta el verano (Setiembre a Enero), presentan un alto porcentaje de sobrevivencia y dominan vigorosamente a los tallos anteriormente formados, provocándoles la muerte por competencia (Tabora et al., 1991).

#### 2.3.2.1. Componentes sub-superficiales de la planta

En los estudios realizados en Nueva Zelanda, los sistemas de corona, rizomas y raíces fibrosas, fueron considerados como la parte subsuperficial total de las plantas. El peso de materia seca de ésta parte subsuperficial, fue variable durante primavera y principios de verano y comenzó a incrementar en Febrero hasta mediados de Junio, para luego tener una caída porcentual del 30 % en invierno. La expansión general de los órganos subterráneos durante fines de verano y otoño fue directamente contrastante a la de primavera y principios de verano en los cuales los tallos aéreos dominaron el crecimiento de las plantas (Sheath, 1980 b).

El resurgimiento del crecimiento subterráneo coincidió con la disminución de la temperatura y el largo del día (Sheath, 1978 citado por Sheath, 1980 b), y es posible que ambos factores jueguen un importante rol en la partición de asimilatos en *Lotus pedunculatus*. No está bien comprobada la influencia de las temperaturas sobre el crecimiento subterráneo directamente o indirectamente por la modificación del crecimiento de tallos aéreos, pero debería ser notado que durante otoño, donde la expansión subterránea fue la mayor, el crecimiento sobre el suelo fue pobre (Sheath, 1980 b).

El sistema de rizomas varió considerablemente en cuanto al peso, con la estación y las distintas alturas de corte. El crecimiento de tallos horizontales fue en forma de una red ramificada de tallos subsuperficiales (rizomas), a veces en la forma de estolones con raíces sobre la superficie del suelo durante mediados y tarde del otoño (Sheath, 1980 b).

Asociado con los cambios estacionales de las biomásas subterráneas, la concentración máxima de carbohidratos no estructurales en los rizomas, corona y raíz primaria se encuentra en otoño, y la mínima tarde en la primavera. Estas reservas almacenadas durante el otoño son para

substrato respiratorio de órganos subterráneos, durante invierno y primavera. Los azúcares almacenados juegan un importante rol en el mantenimiento y son la base para la iniciación del crecimiento de tallos de primavera y por lo tanto para producción (Sheath, 1981).

La hinchazón de nudos sobre rizomas leñosos fue observada durante fines de verano y otoño. Desde éstos nudos ensanchados se originaron más rizomas nuevos. Estos nuevos rizomas crecidos, junto con los originados de la corona primaria, son blancos y suculentos y realmente distinguibles del viejo sistema de rizomas, el cual se encuentra lignificado (Sheath, 1980 b).

La expansión de rizomas durante fines de verano y otoño generó una buena acumulación de materia seca subterránea, mucha de la cual fue disipada sobre el invierno y primavera como plantas de multicoronas fragmentadas, lo cual fue resultado de la fragmentación de rizomas. Esta expansión inicial y subsecuente propagación vegetativa refleja la característica colonizadora natural del *Lotus pedunculatus* (Sheath, 1980 b).

El sistema de raíces consiste en raíces fibrosas no lignificadas con nódulos asociados, raramente más profundas que 5 cm, las que combinadas con la extensa red de rizomas, resultan en una densa masa superficial. Estas surgen desde la corona, raíz primaria y sistemas de rizomas. Las raíces nuevas son blancas y se incrementan durante otoño cuando los tejidos de nuevos rizomas se expanden. A fines de otoño, su crecimiento es limitado para permitir la nueva producción del sistema de rizomas en otoño. Su crecimiento se limita a fines de invierno para alcanzar el pico de pesos sobre mediados de primavera; el cual se registra sobre los rizomas nuevos crecidos en el otoño (Sheath, 1980 b).

La relación positiva entre el crecimiento subterráneo y el incremento en la altura de corte o los intervalos es bien conocida. En los tratamientos de mayor altura y frecuencia de corte hay mayor crecimiento subterráneo (Troughton, 1957 citado por Sheath, 1980 b). Parecería entonces que si son requeridas mejoras en el desarrollo del sistema de rizomas y profundidad radicular, los tratamientos de corte no deberían ser muy intensos durante éste período. Bajos pesos secos de corona y raíz han sido registrados en tratamientos de defoliaciones intensas y frecuentes, especialmente durante el verano. Esta respuesta podría explicar los problemas de baja persistencia de plantas bajo condiciones de stress hídrico en verano y pastoreos continuos (Sheath, 1980 b).

La producción de rizomas en el otoño podría ser reducida por pastoreos tan tempranos como Enero, y severamente afectada por pastoreos a principios de Febrero y en Marzo (Wedderburn, et al., 1985). Lo aconsejable es que los pastoreos deben ser limitados durante fines de verano principios de otoño, para poder mejorar el desarrollo de rizomas en el otoño (Sheath, 1980 citado por Wedderburn, et al., 1985).

Debería estar claro, que la recomendación de la necesidad de evitar un pastoreo durante el período crítico para el desarrollo de rizomas, sólo se debe realizar, donde se requiere un incremento en la densidad de *Lotus* de las parcelas. En parcelas donde se ha obtenido una densidad de plantas en forma adecuada, a través de un uso correcto de técnicas de establecimiento

de plantas o manejos tempranos para el desarrollo de rizomas, *Lotus Maku* puede ser pastoreado a través del período verano-otoño (Wedderburn, et al., 1985).

### 2.3.2.2. Componentes superficiales de la planta

La corona y raíz principal de *Maku* actúan como una conexión entre la red del sistema subsuperficial y los tallos aéreos. Sin embargo, ésta región fue de una baja significancia como fuente para el crecimiento de nuevos tallos en plantas establecidas, en comparación con el sistema de tallos asociado (rizomas y estolones) (Sheath, 1980 b). Estos fueron los mayores contribuyentes en el total de la producción de tallos (Sheath, 1980 a). Sólo durante fines de verano y otoño hubieron nuevos tallos originados desde la corona, y éstos generalmente continuaron en forma de rizomas. Los nudos de rizomas que estaban entre 1 y 10 cm desde la corona, fueron los sitios subsuperficiales predominantes desde los cuales se desarrollaron tallos aéreos foliares. Sin embargo, bajo condiciones de stress como una severa competencia o una sequía de verano, la importancia relativa de la corona como fuente de crecimiento de nuevos tallos, podría incrementar. La corona y raíz parecen ser más permanentes que la red de rizomas asociados (Sheath, 1980 b).

La canopia de *Lotus pedunculatus* presenta tallos que brotan de distintos sitios. Estos son: tallos auxiliares secundarios brotados de tallos residuales del corte anterior, tallos brotados desde rizomas, tallos brotados desde la corona, tallos residuales luego del corte anterior y tallos muertos (Sheath, 1980 b).

Los nudos hinchados de los rizomas fueron los sitios predominantes desde los cuales los tallos iniciales que brotan desde los rizomas se desarrollaron. Los tallos brotados desde la corona principalmente se originaron desde el borde o debajo de la misma, y pocos surgieron desde la parte superior (Sheath, 1980 b).

La contribución en porcentaje de los tallos auxiliares secundarios de tallos residuales del corte anterior en el peso de la canopia al final de cada ciclo de rebrote, fue generalmente similar hasta el corte de fines de Febrero (comienzo de un período seco). Para otoño e invierno no hubo tendencias evidentes, pero hubo un gradual descenso de éstos tallos en el peso proporcional de la canopia (Sheath, 1980 b).

El patrón estacional del número de tallos brotados de rizomas fue bajo en primavera, pero incrementó durante Enero y Febrero, y tuvo un pico en mediados de otoño (Sheath, 1980 b).

Excepto durante mediados de verano y otoño, los tallos de la corona fueron pocos y a veces ausentes. Aún durante los períodos de inicio de la brotación o en el período de máxima producción, los tallos brotados desde la corona tuvieron una poca contribución en el peso total de la canopia (Sheath, 1980 b).

A principios de otoño, el peso proporcional de tallos residuales dependió del manejo del pastoreo. Después, la proporción de tallos residuales declinó durante fines de otoño e invierno y las respuestas a los manejos del pastoreo fueron menos consistentes (Sheath, 1980 b).

Durante el período seco de otoño y del frío invierno, los tallos muertos fueron el mayor componente del peso de la canopia. (Sheath, 1980 b).

La viabilidad de tallos residuales y los tallos brotados desde éstos durante las condiciones de verano seco y el invierno frío, fue pobre; y como resultado la canopia en esos periodos fue dominada por tallos brotados desde los rizomas. Bajo esas condiciones, parecería poco beneficioso la retención de cantidades importantes de material residual y tallos brotados desde ese material (Sheath, 1980 b).

Los cortes altos fomentaron el crecimiento de brotes desde los tallos residuales y generaron la presencia de una abundante cantidad de materia seca residual y material muerto perdido luego del corte (Sheath, 1980 a). En los tallos residuales, los entrenudos fueron más largos y el crecimiento sobre el suelo se tornó más erecto (Sheath, 1980 b).

Cuando el forraje creció y se permitió que se acumulara, hay una mayor tendencia para que comience un crecimiento lateral de rizomas, más que el crecimiento de tallos aéreos foliares. Para establecer un nuevo brote de rizomas siguiendo la defoliación de canopias densas, es requerida una emisión de yemas vegetativas auxiliares y/o una transición de formas de rizomas a brotes vegetativos aéreos (Sheath, 1981).

Sheath (1980 a), encontró que las tasas de crecimiento de las canopias a veces excedieron 100 kg/ha/día MS, pero la recuperación fue caracterizada por un lento rebrote durante las primeras 2 a 3 semanas después de la defoliación. Esto fue particularmente evidente bajo cortes infrecuentes pero intensos, donde el número de tallos residuales fue bajo y el rebrote fue predominantemente dependiente de los rizomas.

Los cortes más frecuentes limitaron la expresión del alto potencial de tasas de crecimiento de rizomas y los cortes altos generaron la formación de canopias altas, con mucha materia seca perdida. Un rápido y temprano rebrote en Maku dependió primeramente de la presencia de una población residual de tallos que permanecieron intactos y activos luego del corte. La retención de una población de tallos fue mejor alcanzada por una defoliación no muy intensa (Sheath, 1980 a).

La magnitud negativa de la producción de brotes del material residual dependió de la cantidad presente en el comienzo del invierno, y ésta magnitud fue mayor cuando los cortes previos fueron altos o muy frecuentes (Sheath, 1980 a).

Con un crecimiento temprano mayor y buena producción de tallos total, el pastoreo rotacional aparece como el manejo más apropiado para el mantenimiento de la persistencia y producción de *Lotus pedunculatus* en pasturas mezcla. Sólo durante el tiempo cálido, en veranos húmedos cuando las tasas de crecimiento de *Lotus pedunculatus* son las más altas, puede tolerar

pastoreos severos en mezcla con una pastura (Sheath, 1981). Por otro lado, Sheath (1980 a) encontró que se lograban incrementos en la producción de forraje cuando los intervalos de rebrotes eran extendidos para permitir el desarrollo reproductivo.

Hopkins et al. (1996) en un experimento de siembra de *Lotus corniculatus* cv. Leo y *Lotus pedunculatus* cv. Maku acompañado de gramíneas, obtuvieron rendimientos de materia seca de forraje durante tres años de 5,5 , 2,8 y 0,8 tt/ha en los años 1,2 y 3 respectivamente de *Lotus corniculatus* cv. Leo y 4,0 , 3,3 y 0,8 tt/ha para Maku.

Sheldrick et al. (1991,1992) sembraron diferentes especies y cultivares de *Lotus* en el Reino Unido. En el primer año la contribución de Lotus fue pobre debido a la competencia de la pastura nativa, por lo que realizaron cortes para disminuir la competencia de ésta. En el segundo año los materiales de *Lotus pedunculatus* mostraron la mayor producción de forraje (Maku: 3,4 tt/ha/año MS lotus) con una proporción de Lotus del 40% del total de forraje. Los mejores cultivares de *Lotus corniculatus* presentaron una proporción del 30% de la producción total de forraje (2,2 tt/ha/año MS lotusa). En el tercer año en general, los rendimientos declinaron y el porcentaje de la leguminosa bajó a 10-20% de la materia seca total. Al igual que al segundo año, Maku presentó el mayor rendimiento (2,4 tt/ha MS lotus).

### 2.3.3. Etapas Reproductivas

La producción de semilla de Maku es a menudo baja y no segura (Hill et al., 1990); lo que limita su uso generalizado (Tabora et al., 1991). Esto puede ser debido a que el cultivar está siendo cultivado comercialmente como doble propósito para pastoreo y producción de semilla y no como un cultivo únicamente para producción de semilla (Hill et al., 1990).

#### 2.3.3.1. Efecto del crecimiento vegetativo sobre la producción de semilla

Una producción de semillas exitosa está gobernada por los procesos de crecimiento vegetativo y reproductivo del cultivo. Desde que el crecimiento vegetativo es un prerrequisito para el subsecuente crecimiento reproductivo, la relación entre ambos procesos pueden tener un importante rol en la determinación del rendimiento de semillas (Hill et al., 1990).

Hill et al. (1990) trabajando con plantas individuales encontraron que estolones formados en Agosto, Setiembre y Octubre, mostraron los más altos potenciales de rendimiento de semilla en la planta. Un alto número de estolones e inflorescencias, un alto número de chauchas totales y semillas, y las semillas más pesadas fueron producidas en estos estolones. Estolones formados en Noviembre y Diciembre fueron menos importantes en términos de crecimiento reproductivo e hicieron una insignificante contribución en la producción de semillas de Lotus Maku.

Hill et al. (1990) remarcaron la importancia de favorecer la producción de nuevos estolones en Agosto, Setiembre y Octubre, y de permitir la máxima floración que ocurre en Noviembre, para lograr una buena producción de semilla.

Por otro lado, Tabora et al. (1991) encontraron que la mayor contribución del número total de tallos primarios laterales (principales sitios para producción de semilla), umbelas, vainas por umbela, semillas por vaina, peso de semillas, y rendimiento final de semillas estuvo dada por los tallos principales originados en Setiembre, Octubre y Noviembre. Los formados antes y después no contribuyeron significativamente en el rendimiento final de semillas.

Los tallos formados tardiamente (Enero), probablemente tuvieron efectos depresivos en el rendimiento de semillas por competencia con fosas reproductivas desarrolladas simultáneamente. Este efecto probablemente será más pronunciado bajo condiciones de alta humedad, las cuales alentarían la continuación del crecimiento vegetativo (Tabora et al., 1991).

En leguminosas forrajeras, las condiciones favorables para el crecimiento vegetativo, a menudo no son las mismas que favorecen el crecimiento reproductivo (Lorenzatti, 1981 citado por Hill et al., 1990).

En la etapa de floración los fotoasimilatos disponibles deben ser particionados entre la demanda creada por fosas reproductivas y vegetativas debido a la formación y crecimiento de partes vegetativas y reproductivas, ocurriendo simultáneamente. La menor partición de fotoasimilatos a las fosas reproductivas posiblemente se refleja en el aborto de flores. Bajo condiciones de stress (poca luminosidad, baja temperatura y poca humedad), asociado con un inadecuado suministro de asimilatos esenciales, los brotes florales nuevos constituyen una débil fosa en comparación con ápices vegetativos, hojas en desarrollo, frutos u órganos de reserva, y compiten pobremente con éstos por los fotoasimilatos disponibles (Tabora et al., 1991).

En Diciembre, se produce una disminución abrupta en la producción de tallos, la cual coincide con la producción de flores, la cual finalmente cesa durante el periodo de llenado de las chauchas (Tabora et al., 1991).

La defoliación de Maku a fines de primavera y en verano afectó las etapas de producción de semilla. En ausencia de defoliación, semillas maduras se encontraron a fin de marzo. Sin embargo, defoliación a 1 cm en noviembre retardó la aparición de semillas maduras hasta abril o no hubo producción de chauchas maduras. Defoliación a 10 cm en diciembre retardó la aparición de semillas maduras hasta abril. Lotus defoliado a 1 o 10 cm en enero permaneció vegetativo en ambos sitios (Lowther et al., 1992).

Los efectos severos de la defoliación en demorar o prevenir la producción de semilla puede restringir la resiembra natural a menos que las parcelas sean aliviadas durante la mayoría de la estación de crecimiento (Lowther et al., 1992).

### 2.3.3.2. Periodo de inducción floral a floración

Forde et al. (1966) usando una variedad del Norte de Alemania, en Nueva Zelanda, encontraron que ésta floreció bien en la localidad de Lincoln (lat. 43°38'S), floreció a mitad del verano en la localidad de Palmerston North (lat. 40°30'S) y no floreció en la localidad Kaikohe (lat 35°24'S).

El largo del día crítico para inducción floral oscila entre 14.5 y más de 15 horas (Tabora et al., 1991; Forde et al., 1966).

La inducción floral de los tallos formados de Junio a Noviembre comienza a mediados de Noviembre. Las bajas lluvias en Noviembre también probablemente ayuda en la inducción de las yemas florales y en la floración (Tabora et al., 1991)

El signo morfológico más temprano de iniciación de la inflorescencia en *Lotus pedunculatus* es una yema precoz (inflorescencia potencial) en la axila del primordio más joven de hoja. Este se encuentra aproximadamente siete días después del comienzo de las condiciones favorables para la iniciación floral (Forde et al., 1966).

La velocidad con que la iniciación floral ocurre y el porcentaje de flores totalmente formadas se desarrollan es gobernado por la cantidad de horas con que el fotoperíodo crítico es excedido, y por la cantidad de luz disponible para la planta durante la inducción floral, iniciación floral y su subsiguiente desarrollo (Forde et al., 1966).

El tiempo que demora la aparición de la inflorescencia y su posición en el tallo, fueron fuertemente influenciados por el largo del día y por la intensidad de luz suplementaria. Los más bajos (en el tallo) fueron los que se iniciaron primero porque recibieron más luz, y los más altos (en el tallo) fueron los que se iniciaron por último porque recibieron menos luz (Forde et al., 1966).

Hare (1984) encontró en Nueva Zelanda (Palmerston North, lat. 40°S) que las primeras flores de Maku aparecieron a principios de diciembre y el pico de floración ocurrió 10 días después, decreciendo hasta fin de enero. Por otro lado, Ramírez et al. (1989) encontraron en una pastura en Chile (Valdivia, lat 40°S), donde el *Lotus pedunculatus* se encuentra naturalizado, que éste comenzó su periodo reproductivo en el mes de setiembre, su floración en el mes de diciembre y la fructificación se prolongó hasta mayo.

El aborto de flores resultó agravado cuando el largo del día fue menor que el número crítico de horas, la intensidad de luz fue baja, la temperatura fue baja o extremadamente alta o se registró stress hídrico durante el desarrollo de la inflorescencia (Halevy, 1975; 1984; Forde et al., 1966 citados por Tabora et al., 1991). Sin embargo, el aborto de flores fue menor en la mitad del periodo de floración, probablemente porque el largo del día (14.5 hasta 15 hs) desde el 14 de Diciembre hasta el 17 de Enero, fue más favorable para la iniciación y desarrollo floral (Tabora et al., 1991).

### 2.3.3.3. Período de floración a cosecha

En Maku, la planta tiene un período de floración prolongado e indeterminado el cual se extiende por 3-4 meses que en Nueva Zelanda puede ir desde Noviembre hasta Abril (Neal., 1983 citado por Tabora et al., 1991). A menudo presenta una apertura de vainas impredecible, lo cual causa dificultades para definir el momento óptimo para la cosecha de semillas (Armstrong, 1974 citado por Hill et al., 1990), y es una de las razones de los bajos rendimientos de cosecha de semilla obtenidos aún en cultivos de alto rendimiento potencial (Hare et al., 1984). Ello se debe a que plantas individuales tienen al mismo tiempo vainas inmaduras, maduras y abiertas (Hill et al., 1990).

Hare et al. (1984) en plantas de Maku encontraron que las primeras yemas florales aparecieron entre el 10 y 15 de noviembre. El desarrollo entre el estado de brote verde (ya inducido) a la polinización tomó 30 a 35 días. Desde la polinización hasta el estado de chaucha marrón oscuro tomó 31 a 47 días dependiendo del año. Totalizando desde brote verde a chauchas marrones 75-90 días (total de la etapa reproductiva).

El desarrollo de la semilla de Lotus Maku presenta tres estadios: uno de crecimiento, otro de acumulación de reservas y otro de maduración. El de crecimiento duró 19 a 23 días después de polinización, el de acumulación de reservas duró 27 a 35 días hasta alcanzar el máximo peso seco, y el de maduración duró 8 a 12 días. Este último estadio, se consideró hasta que la semilla contenía la humedad que permitía ser cosechada y cuando el peso seco fue constante. El clima cálido y seco aceleró la maduración en uno de los años evaluados, y el clima más frío y húmedo retardó la maduración en el otro (Hare et al., 1984).

La apertura de chauchas fue más severa en el año cálido y seco (Hare et al., 1984).

El color de las chauchas de Maku evolucionó de verde a púrpura en la superficie superior, a marrón claro por debajo de 20% de humedad y a marrón oscuro cuando las chauchas se abrían (Hare et al., 1984).

Hare et al. (1984) encontraron que el cambio de color de chauchas en Maku sería un indicador de madurez de semilla y de semilla pronta para cosechar. En los dos años, bajo diferentes condiciones de clima, la evolución de la coloración de la chaucha en su madurez se dio en forma similar llegando a un color marrón claro al momento de cosechar la semilla. Cuando las chauchas se volvían de color marrón oscuro se daba la apertura de las mismas.

El momento óptimo para cortar el cultivo, preparándolo para la cosecha, fue después de madurez de semilla, cuando las chauchas recién empiezan a cambiar a color marrón claro y aproximadamente 2 a 3% de chauchas están abiertas. En éste estadio el peso seco de semilla fue constante y la humedad de la semilla fue de 35%. Bajo condiciones calientes y secas el período entre madurez de semilla y apertura de chauchas es solo de 4 a 5 días (Hare et al., 1984).

Hare (1984) obtuvo rendimientos de semillas en Maku equivalentes de 860 a 880 kg/ha a nivel experimental. Estos rendimientos están lejos de la media nacional de Nueva Zelanda en 1982 de 89 kg/ha (M.A.F. 1983 citado por Hare, 1984) o hasta 200 a 300 kg/ha que algunos productores regularmente cosechan (Neal, 1983 citado por Hare, 1984).

Rendimientos de semilla en Maku de 500 kg/ha pueden ser constantemente logrados en el Canterbury Plain de Nueva Zelanda usando tecnología avanzada (Hare et al., 1991 citados por Harris et al., 1993).

El máximo peso seco de 1000 semillas de *Lotus pedunculatus* cv. Maku fue 0,70g a 0,71g (Hare et al., 1984). Este cultivar tiene semilla más grande que otros tipos de Lotus. Esto le da vigor para su germinación y facilidad para su establecimiento (McLaughlin et al., 1989).

En cuanto a la capacidad de resiembra a través de animales, Lowther et al. (1992) confirmaron que la semilla de Maku puede pasar a través del tracto digestivo del ganado, y por más que se da una marcada reducción en la germinación durante el pasaje a través del sistema digestivo (93% germinación antes, 7% después) algunas semillas sobreviven y germinan en el estiércol. Las semillas duras serían las que pasan sin dañarse por el tracto digestivo. Un bajo contenido de semilla dura, y por lo tanto reducción de semilla sobreviviente a la ingestión, es de esperar que ocurra si no se da el tiempo suficiente entre que inicia la madurez de la semilla y el pastoreo por el ganado.

#### 2.3.3.4. Efecto de la densidad de plantas sobre la producción de semilla

El rendimiento de semilla por unidad de área está en función del rendimiento de semilla por planta y la densidad de la población. Por lo tanto, la densidad de población puede ser uno de los componentes más importantes que gobiernan la producción de semillas de Lotus Maku (Hare, 1984).

Lotus Maku a distancias entre filas amplias y baja densidad de población produce significativamente más semillas por tallo como resultado del incremento de umbelas por tallo. Tanto el número de chauchas por umbela, como el número de semillas por chaucha y el peso de 1000 semillas (0,83-0,88g) no fueron afectados por la distancia entre filas y la población de plantas. (Hare, 1984).

Tallos/m<sup>2</sup> y tallos/planta fueron afectados por distancia entre hileras y por la población de plantas. Al aumentar la distancia entre hileras aumenta el número de tallos/planta, y los espacios entre plantas en la hilera menores tuvieron más tallos/m<sup>2</sup> pero menos tallos/planta (Hare, 1984).

Las plantas de Lotus Maku compensan la baja población de plantas, teniendo una mayor producción de umbelas por tallo y tallos por planta. De este modo, el rendimiento en semilla por tallo, por planta y por m<sup>2</sup> es significativamente incrementado en bajas poblaciones de plantas. En

un experimento hubo una disminución lineal en rendimiento de semillas desde bajas densidades (860-880 kg/ha) de población a altas (600-660 kg/ha) (Hare, 1984).

Hare (1984) encontró que se puede sembrar en filas a 0,3-0,45m, a razón de 0,5-0,75 kg semilla/ha, en vez de 2-4 kg/ha, para lograr máximo rendimiento de semillas de Lotus Maku; ya que los crecimientos desde semilla de Lotus Maku a través de la producción de tallos y rizomas pueden volverse muy densos para la máxima producción de semillas.

Se debería sembrar en línea o disquear los crecimientos de semilla en invierno, con el objetivo de reducir la población de tallos y rizomas y producir una gran población de tallos reproductivos (Hare, 1984).

#### 2.3.4. Diferencias Varietales

Dentro de la especie *Lotus pedunculatus*, se pueden encontrar materiales diploides, como los cultivares Sunrise y Sharnae, y el cultivar tetraploide Maku (Bowman, 1993; Hopkins et al., 1993).

El cultivar Maku fue desarrollado en Nueva Zelanda (Palmerston North) (Armostrong, 1974 citado por Kaiser et al., 1990). Es un híbrido intraespecífico tetraploide ( $2n = 4X = 24$ ) (Kaiser et al., 1990), el cual fue lanzado para el uso comercial en ese país en 1975 (Hill et al., 1990).

El cultivar Sunrise es la versión diploide de Maku. Ambos fueron originados desde cruzamientos y retrocruzas de materiales originados en Portugal y Nueva Zelanda [(Neocelandés x Portugués) x Neocelandés]. Los materiales Neocelandeses fueron originados principalmente de siembras después de despejar los bosques a fines del siglo XIX y principios del siglo XX (Hopkins et al., 1993).

Hopkins et al. (1993), encontraron que el diploide Sunrise alcanzó densidad de plantas más alta que el tetraploide Maku a través del período entre siembra y muestreo (10-15 años). Esto sugiere que Sunrise puede ser más indicado que Maku, para su uso en condiciones climáticas del tipo húmedo y lluvioso como las de esa zona en Nueva Zelanda (North Island hill country).

Comparado con Sunrise, Maku tiene células más grandes y como tetraploide, tiene mayor contenido de ADN nuclear. Cuando el suministro de humedad y la temperatura son favorables para el crecimiento, plantas con genomas más chicos son relativamente más exitosas que plantas con genomas grandes; esto puede ser debido a que las de genoma más chico, tienen una duración del ciclo mitótico más corto y por lo tanto alcanzan tasas de desarrollo más rápidas (Hopkins et al., 1993).

El cultivar Maku (tetraploide) persistió relativamente mejor que los materiales diploides en sitios que se caracterizan por un limitado suministro de humedad en verano (cuestas pronunciadas o laderas al NO). Especies perennes, como el Lotus, deben resistir los periodos de seca como

plantas vegetativas. Estas especies perennes pueden ser más exitosas en lugares secos logrando algunas medidas de tolerancia a la sequía a través de la posesión de genomas grandes, crecimiento primaveral temprano, y acumulación de crecimiento almacenado en células grandes sin expandirse formadas durante períodos secos (Hopkins et al., 1993), lo que aparece como una ventaja en situaciones de secas estacionales (Hopkins et al., 1993 citados por Hopkins et al., 1996).

Maku (tetraploide) es más erecto y tiene hojas más grandes que los materiales diploides; tiene también tallos más blandos y espesos, un hábito de crecimiento más erecto y un poco más abierto, mayor rendimiento en forraje y mejor crecimiento invernal (Armstrong, 1974 citado por Hopkins et al., 1993; Armstrong, 1974 citado por Harris et al., 1993). Estos atributos son útiles pero pueden ir en detrimento de su crecimiento y sobrevivencia en pasturas mixtas bajo pastoreo. De particular importancia es si el ganado pastorea selectivamente Maku, tanto por preferencia, o pasivamente como resultado de su ubicación vertical en el horizonte de pastoreo en períodos críticos de disponibilidad de forraje (Hopkins et al., 1993).

En parcelas de mezclas severamente pastoreadas, cultivares de *Lotus pedunculatus* diploides han tenido una mejor performance que Maku (Harris et al., 1973; Lambert et al., 1974 citados por Sheath, 1980 a). Esta mejor performance está probablemente relacionada con una mejor habilidad de esos materiales más postrados para retener mayor proporción de tallos residuales luego de la defoliación, los cuales pueden comenzar inmediatamente el rebrote. Sobre la base de mejorar un rebrote temprano y por lo tanto la productividad, materiales diploides postrados podrían estar más adaptados a pastoreos severos y/o frecuentes, donde la producción potencial de Maku es imposible que sea expresada (Armstrong, 1974 citado por Sheath, 1980 a).

Se puede observar que en otros países, se está tratando de desarrollar materiales diploides de *Lotus pedunculatus*, y se han desarrollado algunos como es el caso del cultivar Sharnae ( $2n=12$ ) originado en Australia (Bowman, 1993) y Sunrise ( $2n=12$ ) originado en Nueva Zelanda (Hopkins et al., 1993). El cultivar Sharnae fue seleccionado a partir de materiales colectados en Portugal (al Sur, latitud  $37^{\circ}\text{N}$ ), por floración más temprana y más concentrada. Morfológicamente es similar a Maku, excepto en que tiene menos pilosidad, produce menos tallos de la corona por planta y produce un poco menos de rizomas. Las semillas son más pequeñas que las de Maku (el peso de 1000 semillas es de 0,55g vs 0,8g Maku) y presenta casi el doble de semillas/chaucha que Maku (20 vs 12). Presenta un momento de floración más temprano (setiembre - octubre) que Maku (diciembre - enero). Sharnae puede producir semilla en latitudes tan bajas como  $26^{\circ}\text{S}$ , mientras que Maku no puede, alcanzando en parcelas regadas rendimientos de 300 a 350 kg semilla/ha. En cuanto a producción de forraje Sharnae ha mostrado rendimientos superiores durante el fin de primavera y principios de verano que Maku. En sitios secos Sharnae tuvo una mejor persistencia, se diseminó más y produjo más materia seca que Maku, en cambio en sitios húmedos Maku presentó mayor persistencia, diseminación y producción (Bowman, 1993).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. UBICACION Y CARACTERISTICAS EDAFICAS

El trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Unidad Experimental "Palo a Pique", perteneciente a la Estación Experimental del Este, en la Séptima Sección Policial del departamento de Treinta y Tres. Ubicación: Latitud 33° Sur, Longitud 54° Oeste.

El experimento fue ubicado sobre la unidad de suelos Alferez, tipo de suelo Argisol subéutrico, caracterizado por una secuencia de horizontes A – Bt – C. El análisis de suelo se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de suelo de la unidad Alferez.

PH	Materia Orgánica (%)	P Bray (ppm)	K (meq/100gr)
5.5	5	1.6	0.47

En trabajos anteriores sobre éstos suelos, se obtuvieron producciones promedio del campo natural de 2,5 tt/ha/año MS (Mas, 1978 citado por Ayala et al., 1993). Ayala et. al. (1993) obtuvieron en el año 92/93, con condiciones climáticas favorables, 4,0 tt/ha/año MS.

#### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de Bloques al Azar, con cuatro repeticiones, en parcelas de 2 x 5 metros (10 m<sup>2</sup>).

#### 3.3. TRATAMIENTOS

Se realizó un mejoramiento del campo natural con inclusión de leguminosas del género Lotus. Este se sembró el 16/5/95, en cobertura al voleo, con una densidad de 4 kg/ha en *L. pedunculatus* y 12 kg/ha en *L. corniculatus*; y con una fertilización inicial de 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Se refertilizó en 1996, 1997 y 1998 con 30 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Los tratamientos consistieron en tres cultivares de *Lotus corniculatus* de Uruguay (San Gabriel, Estanzuela Ganador e INIA Draco), un cultivar de *Lotus pedunculatus* diploide de Nueva Zelanda (Grasslands Sunrise), un cultivar de *Lotus pedunculatus* tetraploide de Nueva Zelanda (Grasslands Maku, cosecha de Nueva Zelanda y cosecha de Uruguay) y cuatro líneas experimentales de *Lotus pedunculatus* diploide (LE 29, LE 30, LE 31 y LE 32).

Las líneas experimentales provienen del programa de mejoramiento genético en la especie que se desarrolla en INIA La Estanzuela, y corresponden al segundo ciclo de selección de materiales introducidos desde Portugal y Australia. Las plantas fueron clasificadas visualmente por características vegetativas y producción de forraje en el jardín de plantas espaciadas producto de segundo ciclo de selección utilizando una escala de 1 (pobre) hasta 5 (excelente). La línea LE 29 pertenece a la cosecha conjunta de las plantas con menor desarrollo (clase 1), mientras que las líneas LE 30, LE 31 y LE 32 corresponden a la cosecha conjunta de las clases 2, 3 y 4 respectivamente. Las plantas clasificadas como 5 fueron cosechadas individualmente para evaluar sus progenies y no integran esta evaluación.

### 3.4. DETERMINACIONES

#### 3.4.1. Producción de Forraje

Se realizó aproximadamente un corte por estación a partir de Noviembre de 1995, en las siguientes fechas: Primer año: 29/11/95, 22/4/96, 22/7/96;

Segundo año: 31/10/96, 17/3/97, 16/6/97;

Tercer año: 8/10/97, 18/12/97, 16/3/98, 2/7/98.

Los cortes se realizaron con una cuchilla frontal dejando un rastrojo de 3 a 4 cm.

Se determinó: Peso seco de la fracción Lotus, Peso seco del Campo Natural y Peso seco Total de cada parcela.

#### 3.4.2. Muestreo de la parte subterránea

Se realizó un muestreo en Otoño - Invierno 1998 (21/5/98 Bloques III y IV, 30/6/98 Bloques I y II) de los materiales de *Lotus pedunculatus*. Para realizarlo se utilizó un calador de 8 cm de diámetro (superficie 0,005 m<sup>2</sup>), muestreándose hasta una profundidad de 5 cm.

Se tomaron 6 muestras por parcela, las que fueron seleccionadas por el Método descrito por McIntyre (1952), el cual tiene como objetivo mejorar la precisión en la determinación de la media de cada parcela. Este consistió en tirar al azar en cada parcela, un jalón de 0,5 metros y observar en cada tirada tres puntos equidistantes (aproximadamente del área del calador) ubicados al costado del mismo. Estos se clasificaron por apreciación visual del forraje en tres estratos: Alto, Medio y Bajo para cada tirada. Las muestras sacadas fueron una de cada tirada en el siguiente orden:

Tirada	Estratos
1ra.	Bajo
2da.	Medio
3ra.	Alto
4ta.	Bajo
5ta.	Medio
6ta.	Alto

Cada muestra obtenida se procesó de la siguiente manera: primero se le extrajo la parte aérea, y posteriormente el resto (parte subterránea) fue lavado con agua para extraer los rizomas - estolones y raíces de *Lotus pedunculatus*.

De la parte aérea se contó el *Número de ápices* de Lotus (se consideró ápice aquel punto de crecimiento que tuviera más de 2 cm). Además se separó en las siguientes fracciones:

- *Lotus*: tallos y hojas de Lotus verdes.
- *Otros*: gramíneas y malezas verdes.
- *Restos Secos*: restos secos de Lotus, gramíneas y malezas.

La parte subterránea se separó en las siguientes fracciones:

- *Rizomas viejos*: se consideró aquellos de color marrón (leñosos).
- *Rizomas nuevos*: se consideró aquellos de color blanco o rosados.
- *Rizomas muertos*: se consideró aquellos blandos y sin raíces.
- *Raíces*: raíces de Lotus pedunculatus.

En distintas fracciones obtenidas se realizaron las siguientes mediciones:

- *Peso Seco* de las fracciones: *Lotus*, *Otros*, *Restos Secos*, *Rizomas viejos*, *Rizomas nuevos*, *Rizomas muertos* y *Raíces*. El secado se realizó en estufa a 105°C durante 24 horas.
- *Peso Fresco* de las fracciones: *Rizomas viejos* y *Rizomas nuevos*.
- *Largo de Rizomas* de las fracciones: *Rizomas viejos* y *Rizomas nuevos*. La medición se realizó con un Medidor de área foliar  $\Delta T$ , modelo MK2, usando el Kit para medición de largo de raíces.

### 3.4.3. Producción de semillas

Se evaluó la producción de semilla del año 1998. Para esta evaluación se dividieron las parcelas en dos subparcelas de 1x5 m después del corte del 8/10/97. Una subparcela fue utilizada para evaluar producción de semilla y la otra para evaluar producción de forraje.

Las destinadas a producción de semilla fueron cosechadas a 3-4 cm de altura mediante una cuchilla frontal, en dos fechas: 9/2/98 las líneas experimentales de *L. pedunculatus* y los cultivares de *L. corniculatus*; y el 27/2/98 los cultivares de *L. pedunculatus* de origen neocelandés.

Previo a la trilla, al material cosechado se le realizó las siguientes determinaciones:

- *Peso Total de la subparcela* (Peso henificado).
- Se tomó una submuestra de ese material para determinar los siguientes parámetros:
- *Proporción de tallos vegetativos*: se consideró aquel tallo con ápice vegetativo que tuviera más de 5 cm de largo.
  - *Proporción de tallos reproductivos*: se consideró los tallos con vainas y/o flores.
  - *Peso Lotus*: peso fracción Lotus.
  - *Peso Otros*: peso de gramíneas nativas y malezas.

Para determinar producción de semillas, se trilló el material cosechado con una trilladora experimental de bandas tipo "Vogl" y posteriormente se limpió la semilla mediante zarandas. De la semilla obtenida se midió: *Rendimiento de semilla* y *Peso de las 1000 semillas*.

### 3.5. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó análisis estadístico de las mediciones realizadas para determinar la producción de forraje, producción de parte subterránea y producción de semillas. Éste se realizó con la herramienta informática "S.A.S." (Statistics Analysis System). El método utilizado para la separación de medias de los tratamientos, fue el de Tukey con un grado de significancia del 5%.

A su vez, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), el cual es un método de ordenación que resume datos multidimensionales en un espacio de reducidas dimensiones. En éste, los items similares se encuentran cercanos y los diferentes se encuentran lejanos. La representación espacial de los items en dos o tres dimensiones refleja su relación en muchas dimensiones con una distorsión mínima. Este método implica el uso una matriz de similaridad entre los items dada por la matriz de correlación. Las principales funciones de esta técnica son las de explicar la varianza con una combinación lineal de las variables originales, proyectar puntos desde muchas a pocas dimensiones, y facilitar la interpretación de las relaciones existentes entre las procedencias. En ACP los sucesivos componentes son construidos para no ser correlacionados con los previos, y a menudo mucha de la variación puede ser resumida con solo unos pocos componentes principales. (Crossa et al., 1995). Este análisis fue realizado con la herramienta informática "Statistica".

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

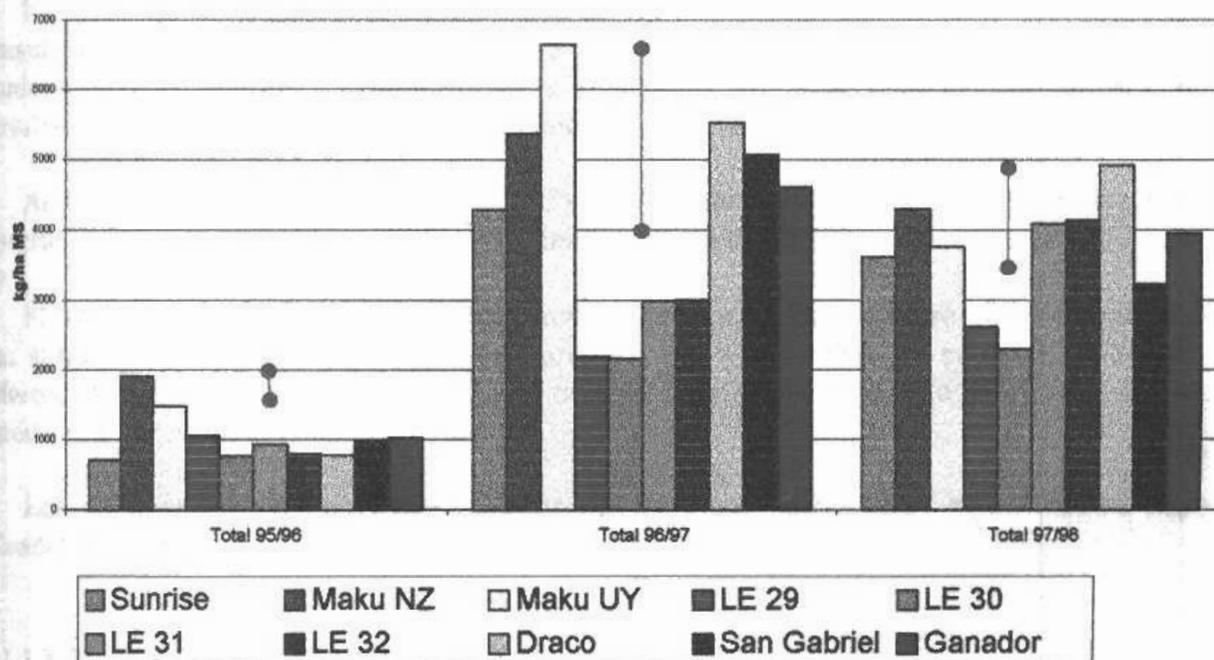
### 4.1. PRODUCCION DE FORRAJE. COMPORTAMIENTO DE LAS DIFERENTES PROCEDENCIAS

#### 4.1.1. Producción total anual de la fracción Lotus según la edad del mejoramiento

##### 4.1.1.1 Primer Año (95-96)

Se observó que la producción de materia seca del primer año de la fracción Lotus, fue menor que la de los años subsiguientes (Figura 1). Se debe de considerar que se trata del año de implantación, lo cual justifica plenamente dicho comportamiento.

La diferencia de producción entre las 10 procedencias no fue tan marcada como en los años siguientes, pero se puede observar que los dos tratamientos de Maku presentaron una tendencia a una mayor producción (Figura 1).



Referencia: La línea roja representa la diferencia mínima significativa (DMS) para cada año.

Figura 1. Producción anual de forraje (kg/ha MS) de la fracción Lotus según edad del mejoramiento

Maku NZ fue superior al resto de los tratamientos con excepción de Maku UY. Este, si bien no fue diferente significativamente de LE 29, Ganador y San Gabriel mostró una tendencia a ser

superior que el resto de los tratamientos. Exceptuando Maku NZ y Maku UY, los otros tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí. (Cuadro 8, Anexos). Esto concuerda con los datos obtenidos por Carriquiry (1992) en un mejoramiento de primer año sobre la unidad de Sierra de Polanco (Uruguay), en los cuales Maku presentó la mayor producción de la fracción Lotus que el resto de las leguminosas evaluadas (entre ellas *L. corniculatus* cv. Ganador).

En el primer año los dos tratamientos de Maku (NZ y UY) presentaron una mayor producción que Sunrise (Cuadro 8, Anexos).

El tratamiento LE 32 mostró menor producción que los dos tratamientos de Maku (NZ y UY), sin embargo no presentó diferencias con Sunrise, ni con LE 29, LE 30 y LE 31 (Cuadro 8, Anexos).

Las variedades de *Lotus corniculatus* no presentaron diferencias significativas entre ellas (Cuadro 8, Anexos).

#### 4.1.1.2. Segundo Año (96-97)

En todos los tratamientos se observó una mayor producción que en el primer año. Se debe considerar que en éste año las plantas ya estaban establecidas, lo cual explica la mayor producción en comparación con el primer año. Además, se puede observar que en este año se perciben las mayores diferencias entre tratamientos (Figura 1).

Ambos tratamientos de Maku (NZ y UY) no presentaron diferencia de producción con Sunrise, aunque mostraron una tendencia a una mayor producción que éste. (Cuadro 9, Anexos).

El tratamiento LE 32 presentó menor producción que Maku UY, pero no mostró diferencia con el tratamiento Maku NZ, aunque éste presenta una tendencia a ser superior. No presentó diferencias con LE 29, LE 30 y LE 31, ni con Sunrise, aunque este último presentó una tendencia a ser superior (Cuadro 9, Anexos).

Los tratamientos de *Lotus corniculatus* no mostraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 9, Anexos).

#### 4.1.1.3. Tercer Año (97-98)

Si bien la producción de materia seca en general fue similar a la del segundo año, se observó una menor variación entre tratamientos (Figura 1).

Al tercer año los dos tratamientos de Maku (NZ y UY) no presentaron diferencias significativas de producción con Sunrise (Cuadro 10, Anexos).

La producción promedio de los dos tratamientos de Maku fue de 4.026 kg/ha MS. Resultados similares obtuvieron Arrillaga et al. (1997) en la producción de tercer año de un mejoramiento extensivo de Maku con corte cada 60 días, sobre los mismos suelos (Treinta y Tres, Uruguay) en los años 1995-1996, los cuales presentaron una producción de la fracción Lotus entre 2.911 y 4.064 kg/ha MS.

El tratamiento LE 32 no presentó diferencias significativas con los dos tratamientos de Maku. Tampoco presentó diferencias con Sunrise ni con LE 31, aunque sí con LE 29 y LE 30, los cuales mostraron una menor producción. (Cuadro 10, Anexos).

Entre los tratamientos de *L. corniculatus*, Draco presentó mayor producción que San Gabriel, y Ganador mostró una producción intermedia entre ambos, no presentando diferencias con ninguno de los dos. (Cuadro 10, Anexos).

#### 4.1.1.4. Total de los tres años (95-98)

Los dos tratamientos de Maku mostraron una mayor producción que los *L. pedunculatus* diploides originados en La Estanzuela, pero no presentaron diferencia de producción con Sunrise (diploide NZ); no obstante mostraron una tendencia a una mayor producción (Cuadro 11, Anexos).

El tratamiento LE 32 presentó menor producción que los dos tratamientos de Maku. No presentó diferencias con Sunrise, ni con LE 29, LE 30 y LE 31 (Cuadro 11, Anexos).

Los tratamientos de *L. corniculatus* no presentaron diferencias significativas entre ellos; mostrando Draco una tendencia hacia una mayor producción que los otros dos. (Cuadro 11, Anexos).

#### 4.1.2. Producción total anual de la fracción Lotus según las diferentes procedencias (95-96; 96-97; 97-98)

En la figura 2 se observa que los materiales diploides originados en La Estanzuela (LE 29, LE 30, LE 31 y LE 32) presentaron un progresivo aumento en la producción a lo largo de los tres años. Sin embargo el resto de los materiales presentan un máximo en el segundo año, decayendo en el tercer año. Esta diferencia observada entre estos dos grupos, podría deberse a dos causas: implantación y persistencia. El comportamiento de los diploides originados en La Estanzuela podría estar dado por una implantación más lenta que el resto de los materiales, y a su vez al no disminuir la producción al tercer año éstos mostrarían una mayor persistencia.

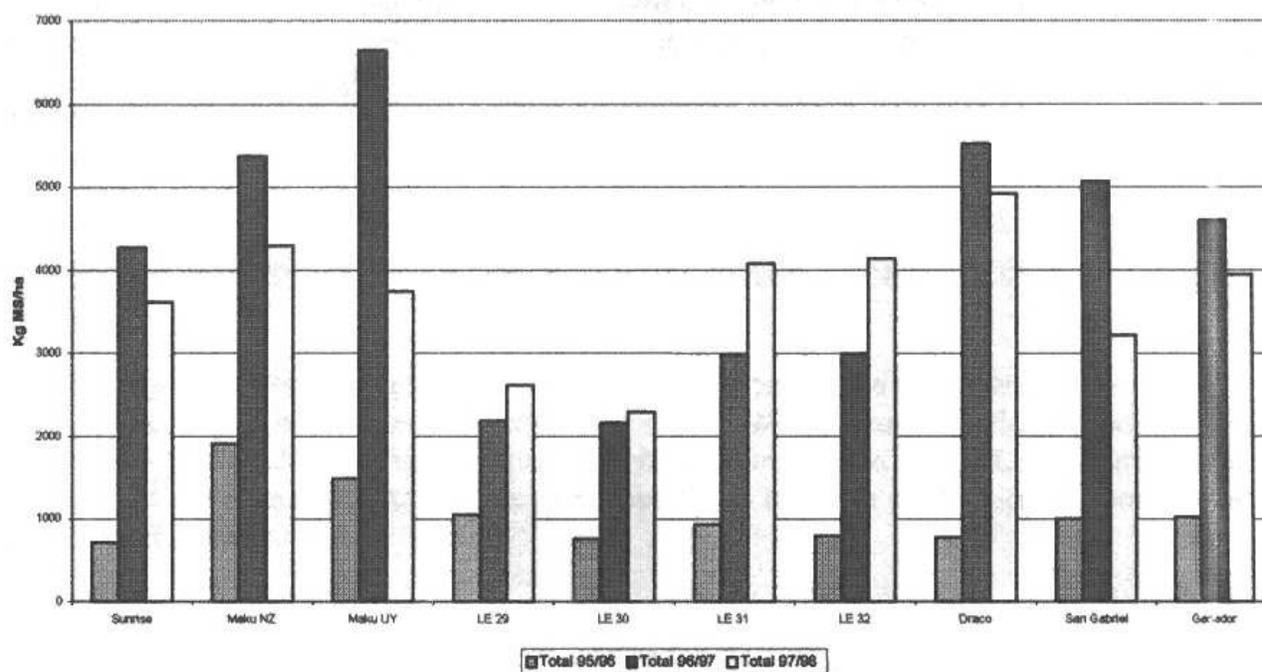


Figura 2. Producción anual de forraje (kg/ha MS) de la fracción Lotus según procedencia.

La disminución de producción de forraje al tercer año en el resto de los materiales podría evidenciar un problema de persistencia. Ello se correspondería con lo encontrado por Beuselinck et al., 1984 citado por Pinto et al., 1989; quienes observaron que *L. corniculatus* se comportó como una bianual más que como perenne, debido a enfermedades (podredumbre de corona y raíz) provocadas por *Rhizoctonia solani* las cuales generaron problemas de persistencia. Este mismo comportamiento fue encontrado por Ayala et. al. (1996) donde *L. corniculatus* presentó marcadas reducciones en la población de plantas, como consecuencia de un importante complejo de enfermedades de raíz y corona, condicionando así su persistencia.

Hopkins et al. (1996) en un experimento de siembra de *L. pedunculatus* cv Maku acompañado de gramíneas, obtuvieron rendimientos de materia seca de la fracción de Lotus de 4,0, 3,3 y 0,8 tt/ha de forraje durante los años 1,2 y 3 respectivamente. Por otro lado, encontraron que en el mismo experimento *L. corniculatus* cv Leo acompañado de gramíneas, mostró rendimientos de materia seca de forraje de la fracción de Lotus de 5,5, 2,8 y 0,8 tt/ha en los años 1,2 y 3 respectivamente. Como se puede observar, si bien ambas especies hubo una disminución en los rendimientos, ésta fue más pronunciada para *L. corniculatus*.

Morales (1992) evaluando un mejoramiento de *Lotus corniculatus* sobre campo natural sobre formación Fray Bentos (Uruguay), observó en *Lotus corniculatus* también una disminución de producción luego del segundo año, siendo las producciones aproximadas de la fracción Lotus de 3.000, 7.300, 6.000, 3.000, 1.500 kg/ha MS, para los años 1,2,3,4 y 5 respectivamente. Este comportamiento concuerda con los resultados del presente experimento, donde la máxima producción se obtuvo en el segundo año (Figura 2).

Debido a que en este trabajo final se consideró sólo los tres primeros años del experimento que aún continúa en marcha, no es posible hacer una proyección a largo plazo de la evolución de los materiales diploides originados en La Estanzuela; requiriéndose más años para evaluar su comportamiento (respecto a persistencia). En éste sentido, Ayala et. al. (1996) encontraron que *L. pedunculatus* se destaca por su lozanía y vigor aún al quinto año de sembrado.

#### 4.1.3. Producción por corte de la fracción Lotus de las distintas procedencias en el primer año (95-96)

En la figura 3 se observa que en el primer año la mayoría de los tratamientos presentaron la mayor producción de materia seca en primavera (corte 29/11), disminuyendo la producción en verano-otoño (corte 22/4) y fue mínima en otoño-invierno (corte 22/7). Los tratamientos de Draco y San Gabriel se comportaron diferente presentando la mayor producción en verano-otoño (corte 22/4) (Figura 3).

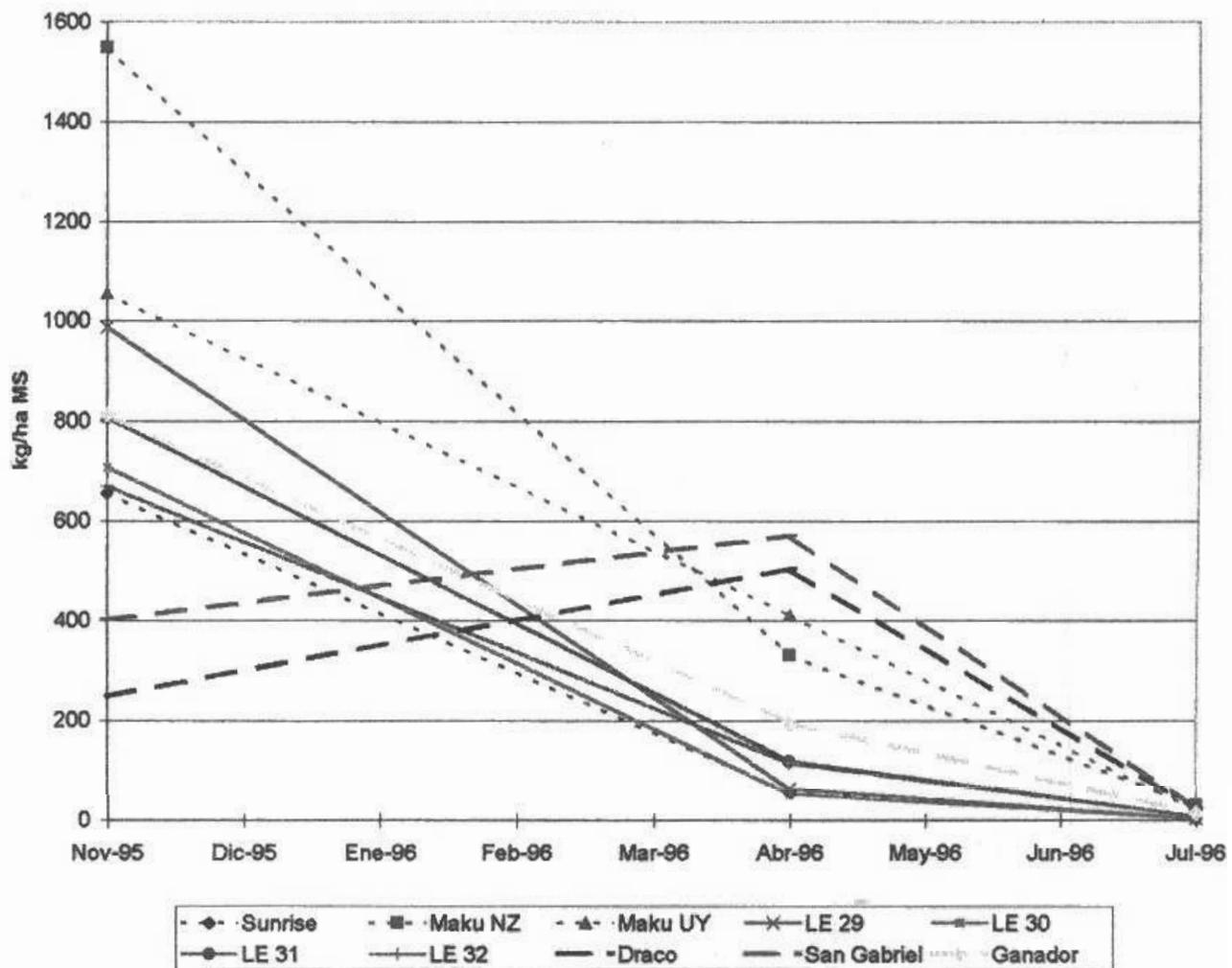


Figura 3. Producción de forraje (kg/ha MS) por corte de la fracción Lotus en el primer año (95-96).

Cuando se observa la producción de los tres cortes y se comparan los tratamientos de Maku con Sunrise (diploide NZ), se puede ver que Maku resultó ser superior a Sunrise, con excepción del tratamiento Maku UY en el corte del 29/11/95 el cual no presentó diferencia con Sunrise, aunque sí una tendencia a ser superior a este último cultivar (Cuadro 8, Anexos).

El tratamiento LE 32 (diploide LE) presentó una producción menor que la de Maku (tetraploide NZ) en todos los cortes, con excepción del corte 29/11/95 en el cual Maku UY no mostró diferencia con LE 32, aunque presentó una tendencia a ser superior (Cuadro 8, Anexos).

Al analizar la producción de los materiales diploides (LE 29, LE 30, LE 31, LE 32 y Sunrise), se observa que éstos no presentaron diferencias entre ellos en ninguno de los cortes (Cuadro 8, Anexos).

Cuando se comparan los tratamientos de *L. corniculatus* entre sí, se observa que Draco y San Gabriel mostraron un comportamiento similar con una producción más estival que Ganador, el cual presentó una producción más primaveral. En el corte del 29/11/95, Ganador presentó una producción mayor que Draco, y no fue diferente de San Gabriel aunque mostró una tendencia a ser superior. En el corte del 22/4/96 Draco y San Gabriel fueron superiores a Ganador (Cuadro 8, Anexos).

#### 4.1.4. Producción por corte de la fracción Lotus de las distintas procedencias en el segundo año (96-97)

Los tratamientos de *Lotus pedunculatus* mostraron un comportamiento similar al del año anterior (Figura 3), logrando la máxima producción en primavera (31/10/96), pero decayendo la misma en verano-otoño. Maku y Sunrise fueron superiores en verano-otoño a *L. pedunculatus* originados en La Estanzuela. Los Maku NZ y UY presentaron la mayor producción otoño-invernal, siendo incluso superiores a *Lotus corniculatus* (Figura 4).

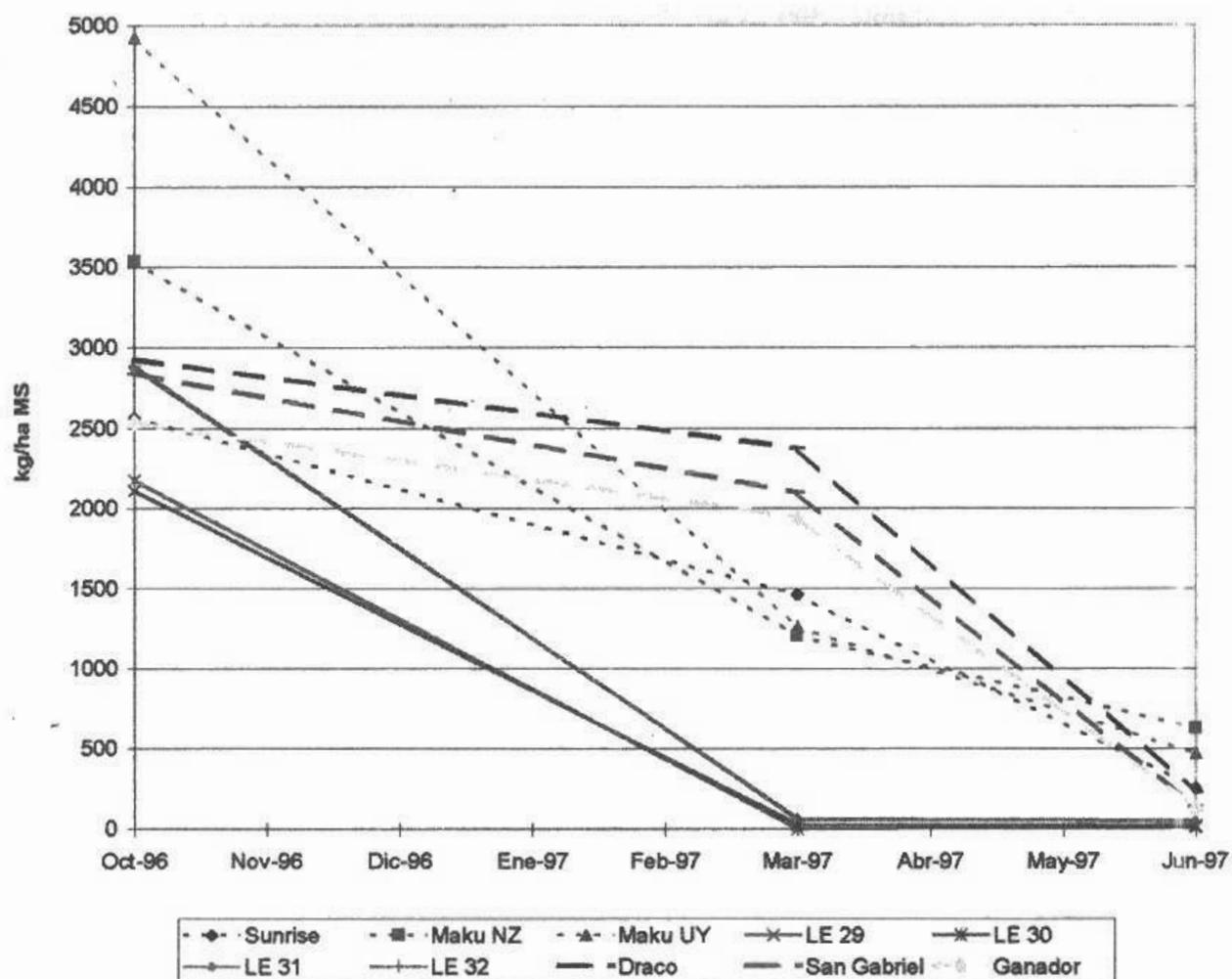


Figura 4. Producción de forraje (kg/ha MS) por corte de la fracción Lotus en el Segundo año (96-97).

Al comparar los tratamientos de Maku con Sunrise, se puede observar que si bien éstos no presentaron diferencias significativas entre sí, hubo una tendencia a una mayor producción por parte de Maku (Cuadro 9, Anexos).

Maku mostró una producción superior a LE 32 durante verano (corte 17/3/97) y otoño-invierno (16/6/97). En primavera (corte 31/10/96), si bien no hubo diferencias entre ambos, Maku presentó una tendencia a ser superior (Cuadro 9, Anexos).

Sunrise fue superior a LE 32 en la producción de verano (corte 17/3/97), no presentando diferencias en los otros cortes (Cuadro 9, Anexos).

Los tratamientos de *L. pedunculatus* diploides originados en La Estanzuela (LE 32, LE 31, LE 30 y LE 29) no presentaron diferencias entre ellos (Cuadro 9, Anexos).

A diferencia del año anterior, los tratamientos de *L. corniculatus* no mostraron diferencias entre sí (Cuadro 9, Anexos).

Las tres variedades de *L. corniculatus* ofrecieron la mayor producción en primavera, no decayendo durante el verano, y si bien presentaron una mayor producción que *L. pedunculatus* en esta época, decayeron hacia otoño-invierno (Figura 4).

#### 4.1.5. Producción por corte de la fracción Lotus de las distintas procedencias en el tercer año (97-98)

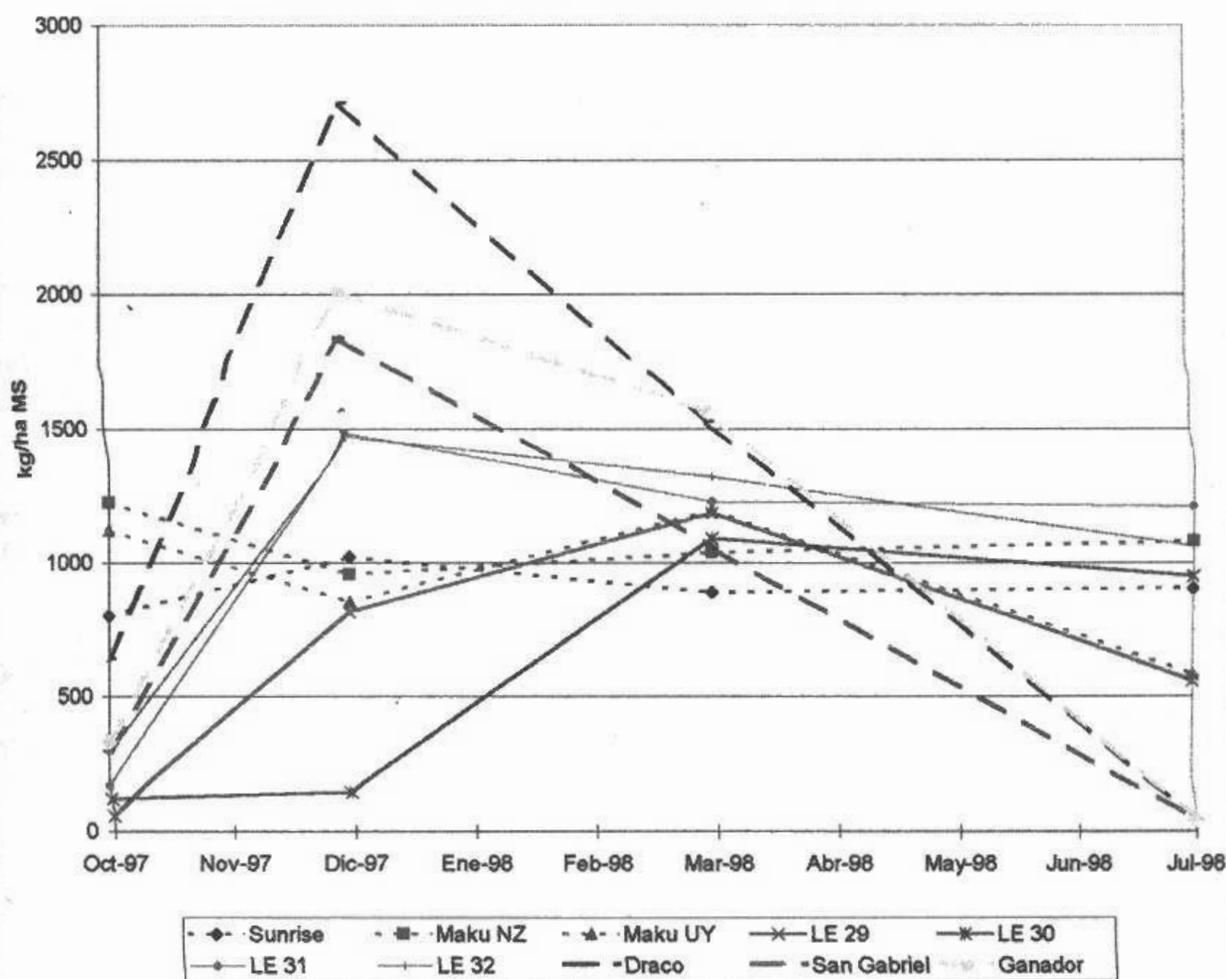


Figura 5. Producción de forraje (kg/ha MS) por corte de la fracción Lotus en el Tercer año (97-98).

En los tratamientos de Maku, al igual que en los años anteriores, se confirmó la mayor producción invernal (corte 8/10/97); pero a diferencia de años anteriores no se dio una disminución marcada de la producción durante el verano en todos los tratamientos de *L. pedunculatus*, lo cual podría ser explicado por la ocurrencia de las mayores precipitaciones

registradas durante este período (Cuadro 21, Anexos). Este comportamiento concuerda con lo encontrado por Armstrong (1974) citado por Hill et al. (1990), quien expresa que *Lotus pedunculatus* cv. Maku crece y persiste en la mayoría de tipos de suelos pero tiene especial valor bajo condiciones húmedas. Barnard (1969) citado por Sheath (1980 b) también destaca la habilidad de ésta especie para sobrevivir y producir bajo condiciones de exceso de humedad.

Observando *L. pedunculatus* diploides originados en La Estanzuela se detecta que éstos mostraron un comportamiento similar entre ellos durante todo el año, con excepción de primavera (corte 18/12/97), cuando LE 32 y LE 31 fueron superiores al resto de *L. pedunculatus*. LE 30 presentó en éste corte una producción sensiblemente inferior al resto. A diferencia de años anteriores durante otoño-invierno (corte 2/7/98) estos materiales no mostraron una disminución en la producción de forraje (Figura 5).

Al comparar Maku con Sunrise, en este año no mostraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 10, Anexos); y si bien ambos fueron superiores a LE 32 durante invierno-inicio de primavera (corte 8/10/97), fueron inferiores durante primavera (corte 18/12/97), no presentando diferencias en los cortes restantes (Cuadro 10, Anexos).

Analizando los diploides originados en La Estanzuela, se observa que LE 32 y LE 31 no presentaron diferencias entre sí durante el tercer año. LE 32 fue superior a LE 30 y LE 29 en primavera-verano (corte 18/12/97), pero durante el resto del año no mostró diferencias con éstos, excepto en otoño-invierno (corte 2/7/98) cuando presentó una tendencia a ser superior a LE 29 (Cuadro 10, Anexos).

Las variedades de *L. corniculatus* se comportaron en forma similar durante todo el año, con excepción de Draco, el cual en primavera-verano (corte 18/12/97) fue superior que Ganador y San Gabriel (Cuadro 10, Anexos).

Confirmando el comportamiento de años anteriores, los tratamientos de *L. corniculatus*, presentaron su máxima producción durante el período primavera-verano (cortes 18/12/97 y 16/3/98), con una baja producción durante el invierno (corte 8/10/97) y otoño (corte 2/7/98) (Figura 5).

#### 4.1.6. Producción total anual del mejoramiento y proporción de Lotus en la mezcla

##### 4.1.6.1. Primer Año (95-96)

De acuerdo a lo esperado la anual al primer año fue la menor de los tres años evaluados para todas las procedencias, la cual osciló entre 3.100 y 4.700 kg/ha MS aproximadamente.

Las diferentes procedencias de *L. pedunculatus* no mostraron diferencias significativas entre ellas, notándose una tendencia a ser superiores a los tres *L. corniculatus*. Estos tampoco presentaron diferencias entre sí (Figura 6; Cuadro 16, Anexos).

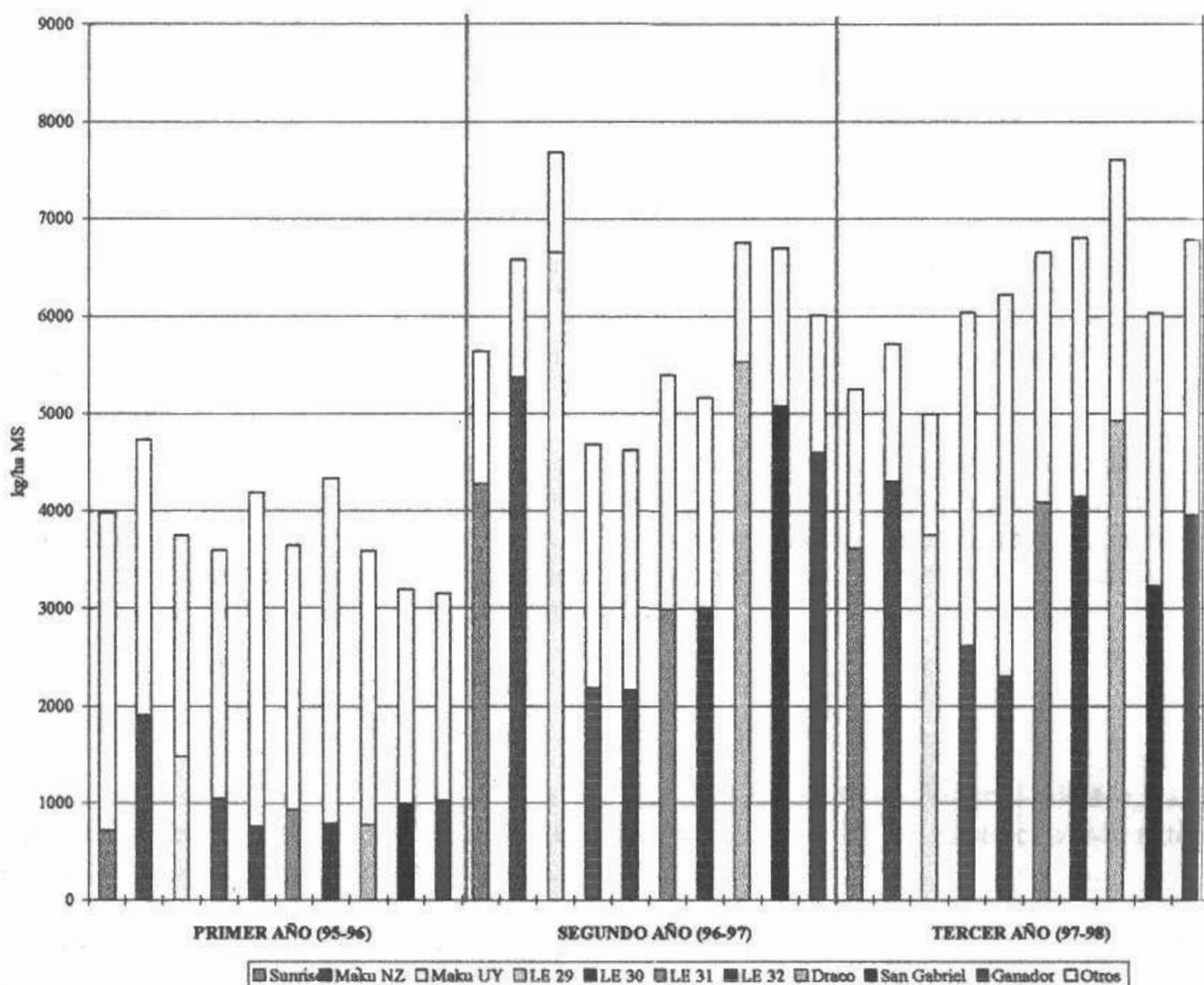


Figura 6. Producción de forraje (kg/ha MS) de la fracción Lotus, de la fracción Otros y Total según edad del mejoramiento

Al tratarse del año de siembra todas las procedencias presentaron una proporción de Lotus en la mezcla inferior a la de los años siguientes (20-40%) (Figura 7; Cuadro 20, Anexos).

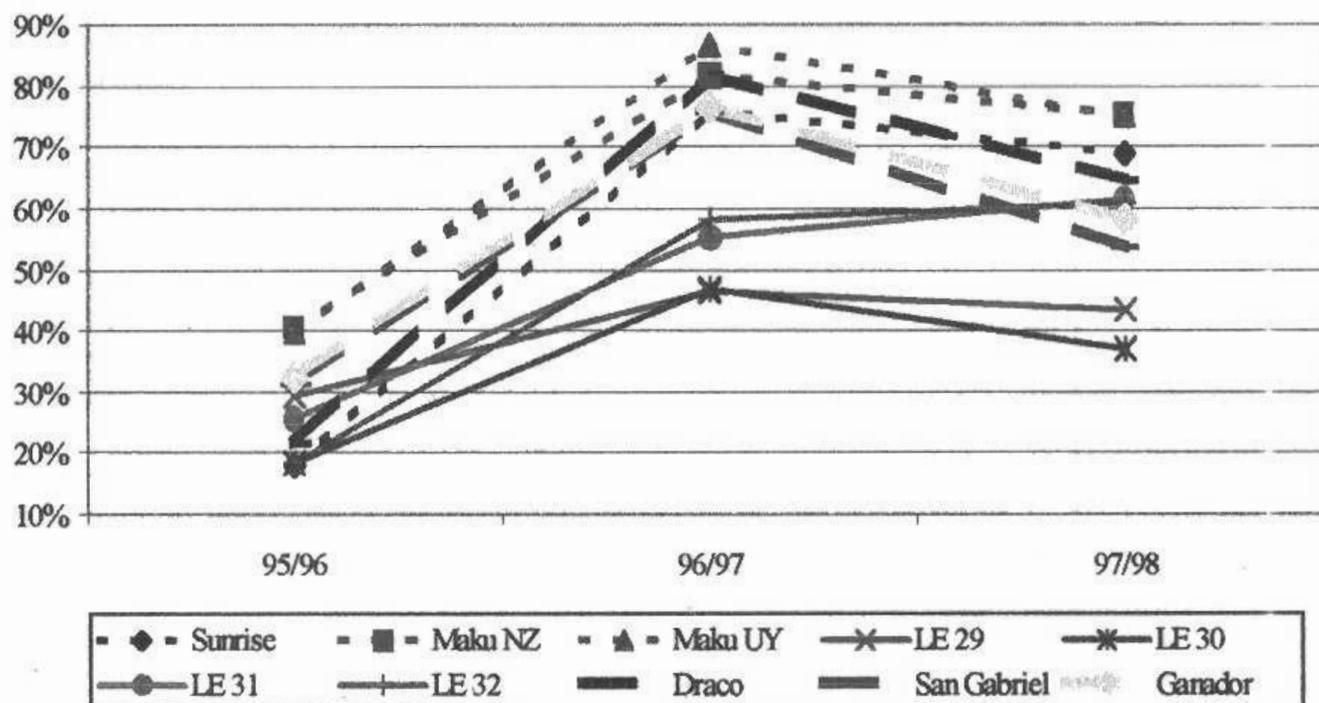


Figura 7. Proporción de la fracción Lotus en la mezcla según edad del mejoramiento

En éste año, la fracción Otros, a pesar de haber presentado algunas diferencias entre tratamientos, no fue tomada en cuenta para el análisis de resultados; ya que como se trata del año de implantación y hay una baja proporción de la fracción Lotus en la producción total del año, las diferencias entre los tratamientos ocurridas en la fracción Otros, no serían originadas por la competencia de cada una de las procedencias de Lotus.

#### 4.1.6.2. Segundo Año (96-97)

La producción total fue superior a la del año anterior en todos los tratamientos, la cual osciló entre 4.600 y 7.600 kg/ha MS, aproximadamente 2.000 kg/ha MS superior al año anterior, lo cual era de esperar al tratarse del segundo año (Figura 6).

El aumento de la producción, se vio acompañado por un aumento de la fracción Lotus y una disminución de la fracción Otros (Figura 7; Cuadro 20, Anexos); observándose que los tratamientos que presentaron una mayor producción de Lotus (Cuadro 9, Anexos) fueron los que mostraron menor producción de Otros (Cuadro 13, Anexos), pero presentaron la mayor producción total (Cuadro 17, Anexos). Esto estaría mostrando la existencia de un mayor efecto competitivo sobre el campo natural por parte de algunas procedencias (Maku, Sunrise y *L. corniculatus*).

Comparando las procedencias de *L. pedunculatus*, los tratamientos de Maku (tetraploide NZ) presentan una tendencia a ser superiores en producción sobre *L. pedunculatus* diploides (Cuadro 17, Anexos).

Los tratamientos de *L. corniculatus* fueron similares entre sí, comportándose en forma similar a Maku (Cuadro 17, Anexos).

#### 4.1.6.3. Tercer Año (97-98)

En este año se observan dos comportamientos definidos y diferentes según las procedencias evaluadas, con respecto a los años anteriores. Un grupo de éstas (LE 29, LE 30, LE 31, LE 32, Draco y Ganador) mostró un aumento de producción con respecto al año anterior, mientras que el otro una disminución (Sunrise, Maku NZ, Maku UY y San Gabriel). El primer grupo presentó una producción entre 6.000 y 7.600 kg/ha MS, y el segundo entre 5.000 y 6.000 kg/ha MS (Figura 6).

La producción promedio de las dos procedencias de Maku fue de 5.351 kg/ha MS. Resultados similares obtuvieron Arrillaga et al. (1997) en la producción de tercer año de un mejoramiento extensivo de Maku con cortes cada 60 días, sobre los mismos suelos (Treinta y Tres, Uruguay) en los años 1995-1996, los cuales ofrecieron una producción del mejoramiento entre 4.772 y 5.952 kg/ha MS.

Al analizar la proporción de Lotus en la mezcla, se puede observar que las variedades de *L. corniculatus* disminuyeron aproximadamente un 20% con respecto al año anterior. Mientras que en las procedencias de *L. pedunculatus* algunas presentaron un leve aumento (LE 31 y LE 32), y otras una leve disminución (Maku, Sunrise, LE 29 y LE 30) (Figura 7; Cuadro 20, Anexos).

Resultados similares encontró Sheldrick et al. (1991,1992) en el Reino Unido sobre diferentes especies de Lotus. En el primer año la contribución de Lotus fue pobre debido a la competencia de la pastura nativa. En el segundo año los materiales de *Lotus pedunculatus* mostraron la mayor producción de forraje (Maku: 3,4 tt/ha/año MS lotus) con una proporción de Lotus del 40% del total de forraje. Los mejores cultivares de *Lotus corniculatus* presentaron una proporción del 30% de la producción total de forraje (2,2 tt/ha/año MS lotus). En el tercer año en general, los rendimientos declinaron y el porcentaje de la leguminosa bajó a 10-20% de la materia seca total. Al igual que en segundo año, en éste, Maku presentó el mayor rendimiento (2,4 tt/ha/año MS lotus).

Al observar la producción de la fracción Otros en los diferentes tratamientos, se puede ver que en Maku y Sunrise, se dio la menor producción, lo cual reflejaría la mayor competitividad de estos materiales con el campo natural. A su vez, en los tratamientos LE 29 y LE 30, se dio la producción más alta de ésta fracción, lo que reflejaría la baja competitividad de estos materiales con el campo natural. (Cuadro 14, Anexos; Figura 6)

Al comparar las procedencias de *L. pedunculatus* se observa que éstas no presentaron diferencias entre sí en producción total, pero LE 32 y LE 31 mostraron una tendencia a ser

superiores a Maku y Sunrise. Esta producción superior fue producto de una mayor producción de la fracción Otros, ya que ambas presentaron una producción similar de la fracción Lotus (Figura 6; Cuadro 18, Anexos).

Al observar la proporción de Lotus en la mezcla, se puede ver que *L. pedunculatus* diploides originados en La Estanzuela, fue menor que en los de origen neocelandés (Figura 7; Cuadro 20, Anexos).

Esta menor proporción de Lotus en la mezcla, asociado a igual producción de Lotus y mayor producción de Otros; y a su vez el aumento de producción total con respecto al año anterior, podría reflejar una mejor asociación de estos materiales con el campo natural.

Las procedencias de *L. corniculatus* no presentaron diferencias entre ellas en producción total, presentando Draco una tendencia a ser superior a San Gabriel. La producción de la fracción Otros fue similar en las tres variedades, por lo que las diferencias en producción total serían reflejo de las diferencias en producción de la fracción Lotus. En ésta Draco fue superior a San Gabriel, y mostró una tendencia a ser superior a Ganador. Esta mayor producción en el tercer año, se correspondería con el objetivo de selección con el que fue creado Draco, hacia una mayor persistencia (Figura 6; Cuadro 18, Anexos).

#### 4.1.6.4. Total de los tres años (95-98)

En cuanto a la producción total, las distintas procedencias no presentaron diferencias entre ellas (Cuadro 19, Anexos).

Comparando las procedencias de *L. pedunculatus* entre sí, los tratamientos de Maku y LE 32 presentaron una tendencia a ser superiores al resto de *L. pedunculatus*. Si bien en la producción total no hubo diferencias, sí las hubo en las fracciones Lotus y Otros, presentando los tratamientos de Maku menor producción de la fracción Otros que LE 32 (Cuadros 12, 16 y 20, Anexos), mostrando una vez más la capacidad de última para asociarse con gramíneas.

Comparando las variedades de *L. corniculatus* entre sí, si bien no mostraron diferencias, para el período evaluado, Draco presentó una tendencia a ser superior que Ganador y San Gabriel (Cuadro 19, Anexos).

## 4.2. CARACTERIZACION DE LA PARTE SUBTERRANEA

### 4.2.1. Correlación entre las variables del muestreo de la parte subterránea

Las variables de peso fresco de estolones (vivos, nuevos y viejos) están correlacionadas positiva y significativamente con las variables de peso seco de estolones y con la de largo de estolones, por lo que al medir peso fresco de cada una de las variables, que es de más fácil medición, se tiene una referencia indirecta de las otras variables (Cuadro 3).

La variable peso de estolones vivos (nuevos más viejos) está correlacionada positiva y significativamente con la de peso de estolones nuevos y la de peso de estolones viejos, por lo que al medir estolones vivos, se obtiene una referencia indirecta de las otras variables (Cuadro 3).

Estas consideraciones anteriores implicarían que para estas condiciones (año, estación y ubicación) la medición del peso fresco de estolones vivos (variable de más fácil medición) sería suficiente para caracterizar los distintos materiales entre sí, en cuanto a su capacidad estolonífera.

Cuadro 3. Correlaciones entre las diferentes variables del muestreo de la parte subterránea

MS de Lotus	0,90											
MS de Otros	-0,91	-0,95										
MS Est. Nuevos	0,98	0,90	-0,92									
MS Est. Viejos	0,79	0,91	-0,92	0,79								
MS Est. Vivos	0,88	0,94	-0,96	0,89	0,98							
PF Est. Nuevos	0,96	0,90	-0,93	1,00	0,79	0,89						
PF Est. Viejos	0,77	0,90	-0,91	0,77	1,00	0,98	0,77					
PF Est. Vivos	0,87	0,95	-0,96	0,88	0,98	1,00	0,88	0,98				
Lar. Est. Nuevos	0,98	0,85	-0,89	0,99	0,74	0,85	0,99	0,71	0,84			
Lar. Est. Viejos	0,92	0,90	-0,96	0,92	0,95	0,98	0,92	0,93	0,97	0,90		
Lar. Est. Vivos	0,98	0,89	-0,94	0,99	0,85	0,92	0,98	0,83	0,92	0,98	0,97	
	N° ápi- ces	MS Lo- tus	MS Otros	MS Est. Nue	MS Est. Vie	MS Est Viv	PF Est. Nue	PF Est. Vie	PF Est Viv	Lar. Est. Nue	Lar. Est. Vie	

Referencias: MS - Materia Seca, PF - Peso Fresco, Est. - Estolones, Lar - Largo.  
Los valores en rojo presentan diferencias significativas al 5%.

El peso fresco de estolones vivos está correlacionado positiva y significativamente con el número de ápices (puntos de crecimiento) y el peso seco de Lotus (forraje), pero negativa y significativamente con el peso seco de la fracción Otros (Cuadro 3). Esto indica que al medir la parte aérea se tiene una referencia indirecta de la parte subterránea.

#### 4.2.2. Componentes de la parte subterránea de las distintas procedencias

Cuadro 4. Muestreo de la parte subterránea

	MS de Lotus (g/m <sup>2</sup> )	MS de Otros (g/m <sup>2</sup> )	Nº de ápices/m <sup>2</sup>	PF Est. Vivos (g/m <sup>2</sup> )	Largo de estolones (m/m <sup>2</sup> )
Sunrise	205 a	39 bc	5.672 a	1.305 ab	489 a
Maku	211 a	32 c	4.204 b	1.630 a	386 a
LE 32	140 bc	153 abc	2.795 c	827 bc	240 b
LE 31	169 ab	160 ab	2.786 c	713 cd	160 bc
LE 30	117 cd	166 a	1.990 cd	516 cd	136 bc
LE 29	85 d	273 a	1.526 d	222 d	51 c
Media	164 g/m <sup>2</sup> MS	137 g/m <sup>2</sup> MS	3.162 áp./m <sup>2</sup>	869 g/m <sup>2</sup>	244 m/m <sup>2</sup>
CV	15 %	40 %	13 %	28 %	26 %
DMS	51 g/m <sup>2</sup> MS	127 g/m <sup>2</sup> MS	933 áp./m <sup>2</sup>	551 g/m <sup>2</sup>	144 m/m <sup>2</sup>
Significancia	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
C.M.E.	500,1	3039	164.900	57.410	3948
G.L.E.	15	15	15	15	15

Se puede observar que los cultivares Sunrise y Maku (Nueva Zelanda) se encuentran en un grupo superior que las líneas experimentales de *L. pedunculatus* originadas en La Estanzuela (Uruguay) en las variables MS de Lotus, PF de estolones vivos, Largo de estolones vivos y Nº de ápices/m<sup>2</sup>. En ésta última variable Sunrise fue superior a Maku (Cuadro 4).

Comparando las líneas experimentales de *L. pedunculatus* de origen nacional, no se puede distinguir en grupos con una división tan notoria entre ellas. Sin embargo, en las variables MS de Lotus, Nº de ápices/m<sup>2</sup>, PF de estolones vivos y Largo de estolones, se observa que LE 32 fue superior significativamente a LE 29 encontrándose intermedias a éstas LE 31 y LE 30, aunque sin presentar diferencias significativas. En cuanto a la variable MS de Otros, estas cuatro líneas no presentaron diferencias, aunque se observó una tendencia opuesta que las variables anteriores (Cuadro 4).

Estos resultados permiten destacar la mayor habilidad colonizadora de los cultivares Sunrise y Maku con respecto a las líneas experimentales de origen nacional; y dentro de éstas, las más evolucionadas (LE 32 y LE 31) con respecto a las menos evolucionadas (LE 30 y LE 29).

### 4.3. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS DIFERENTES PROCEDENCIAS

#### 4.3.1. Producción de semilla

Al comparar la producción de semillas, se observan diferencias significativas entre las distintas procedencias.

Dentro de *L. pedunculatus*, las dos procedencias de Maku mostraron la menor producción mientras que LE 31, LE 32 y LE 30 presentaron la mayor producción. Por su parte LE 29 y Sunrise ofrecieron una producción intermedia (Cuadro 5).

Los tratamientos de *L. corniculatus* no presentaron diferencias significativas entre sí, mostrando las tres variedades estudiadas el mismo potencial de semillazón (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción de semilla limpia y Porcentaje de tallos reproductivos

	Semilla Limpia		Tallos Rep. (%)
	Log.	Kg/ha	
Sunrise	1,333 d	24	29 b
Maku NZ	0,647 e	5	32 b
Maku UY	0,873 e	8	32 b
LE 32	2,211 ab	164	61 a
LE 31	2,231 a	182	54 a
LE 30	1,973 abc	100	58 a
LE 29	1,618 cd	46	59 a
Draco	1,834 bc	69	52 a
San Gabriel	1,643 cd	48	53 a
Ganador	1,801 bc	63	58 a
Media		71	49 %
CV	10 %		15 %
DMS	0,414		18 %
Significancia	5 %		5 %
C.M.E.	0,02946		53,62
G.L.E.	26		27

Al analizar *L. pedunculatus* de origen neozelandés (Maku y Sunrise), se detecta que estos cultivares presentaron un menor porcentaje de tallos reproductivos que el resto de los tratamientos (Cuadro 5). A su vez, observando la producción de forraje de la fracción Lotus (kg/ha de forraje henificable), estos tratamientos, a pesar de no presentar diferencias con el resto, mostraron una tendencia a ser superiores. No obstante, en la fracción Otros fueron inferiores a LE 29 y LE 31, y aunque no diferentes mostraron una tendencia a ser inferiores que LE 30 y LE 32 (Cuadro 6). Esta mayor producción de forraje de la fracción Lotus, junto con la baja

producción de semilla tienen como resultado el menor índice de cosecha en estas procedencias. En base a estas consideraciones previas, se puede concluir que estos materiales, a pesar de presentar la mayor capacidad para producir semilla (mayor producción de la fracción Lotus) en comparación con los otros tratamientos, ésta no fue lograda.

La producción de semillas de ambas procedencias de Maku obtenidas en este experimento fueron de 5 y 8 kg/ha de semilla limpia, lo cual contrasta con los resultados de Bascou et al. (1995), para una fecha de cierre similar (29/9). Estos autores registraron una producción de 302 kg/ha de semilla limpia. Dichos resultados indicarían que bajo las condiciones del país es posible obtener una buena semillazón por parte de dichas procedencias.

Cuadro 6. Porcentaje de Lotus, forraje de Lotus y forraje de Otros al momento de la cosecha de semillas.

	Lotus (%)	Lotus (kg/ha forraje henificable)	Otros (kg/ha forraje henificable)	Índice de Cosecha (%)
Sunrise	74 ab	3.700 a	1.350 cd	0,6 d
Maku NZ	75 ab	3.598 a	1.261 cd	0,1 d
Maku UY	78 a	3.545 a	985 d	0,2 d
LE 32	59 abc	3.109 ab	2.151 abc	5,3 ab
LE 31	53 bc	2.945 ab	2.590 ab	6,2 a
LE 30	52 bc	2.542 ab	2.257 abc	3,9 abc
LE 29	37 c	1.799 b	2.759 a	2,6 bcd
Draco	70 ab	3.729 a	1.562 bcd	1,9 cd
San Gabriel	55 abc	3.024 ab	2.518 ab	1,6 cd
Ganador	58 abc	2.949 ab	2.075 abcd	2,1 bcd
Media	61 %	3094 kg/ha f.h.	1951 kg/ha f.h.	2,5 %
CV	16 %	21 %	23 %	43 %
DMS	24 %	1543 kg/ha f.h.	1128 kg/ha f.h.	2,58 %
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	93,29	402.400	215.200	1,1307
G.L.E.	27	27	27	27

Este comportamiento de Maku y Sunrise sería originado en una baja inducción de ápices vegetativos a reproductivos, lo que se reflejaría en un bajo porcentaje de tallos reproductivos y una baja producción de semillas. Esta baja inducción podría ser causa del exceso de precipitaciones registrado durante el período de inducción floral (Cuadro 21, Anexos) ocurrido en este experimento, ya que Tabora (1991) encontró que lluvias escasas en Noviembre ayudan probablemente a la inducción de las yemas florales y a la floración. Otra de las causas podría ser el exceso de forraje acumulado en el momento de inducción tal como encontró Hare (1984) donde los crecimientos desde semilla de Lotus Maku a través de la producción de tallos y

rizomas puedan volverse muy densos para la máxima producción de semillas. Además, los tallos formados tardíamente (Enero), probablemente presentaron efectos depresivos en el rendimiento de semillas por competencia con fosas reproductivas desarrolladas simultáneamente. Este efecto probablemente sería más pronunciado bajo condiciones de alta humedad, las cuales alentarían la continuación del crecimiento vegetativo (Tabora et al., 1991). Dichas condiciones ocurrieron precisamente en el año en que se cosechó este experimento (Cuadro 21, Anexos).

A diferencia los resultados registrados en Uruguay, en Nueva Zelanda Hare (1984) obtuvo a nivel experimental rendimientos de semillas en Maku equivalentes de 860 a 880 kg/ha. Sin embargo estos rendimientos están lejos de la media nacional de ese país que en 1982 fue de 89 kg/ha (M.A.F. 1983 citado por Hare, 1984) o de 200 a 300 kg/ha como algunos productores regularmente cosechan (Neal, 1983 citado por Hare, 1984).

El tratamiento LE 29 mostró un rendimiento de semilla inferior al resto de *L. pedunculatus* originados en La Estanzuela (Cuadro 5). Se puede observar también, que éste tratamiento presentó una tendencia a tener la menor producción de la fracción Lotus y la mayor producción de la fracción Otros (Cuadro 6). A su vez, el porcentaje de tallos reproductivos de esta procedencia no mostró diferencias con el resto, presentando un índice de cosecha con una tendencia mayor que *L. pedunculatus* de origen neocelandés. Estos indicadores explicarían que la baja producción de semillas de LE 29, sería debida a una baja presencia de Lotus en el mejoramiento y no por una baja inducción floral.

El resto de *L. pedunculatus* originados en La Estanzuela (LE 30, LE 31 y LE 32) presentaron una producción de semilla mayor que los originados en Nueva Zelanda, con una producción de forraje similar a ellos; lo cual explicaría un índice de cosecha mayor. Esto permitiría definir a estos materiales como de buena aptitud para producir semillas (Cuadros 6 y 7).

Los tratamientos de *L. corniculatus* no presentaron diferencias entre sí en varios parámetros tales como producción de semilla, porcentaje de tallos reproductivos, producción de la fracción Lotus, producción de fracción Otros e índice de cosecha (Cuadros 6 y 7).

Es necesario destacar que las precipitaciones del año (1997-98), en que se evaluó la producción de semilla, fueron superiores a la media de la serie histórica desde (1972-1998), por lo que se considera que ese período fue atípico (Cuadro 21, Anexos). Por este motivo se debería evaluar la producción de semilla en años más regulares para corroborar los resultados obtenidos.

#### 4.3.2. Peso de mil semillas

*L. corniculatus* presentó un peso de semillas superior a *L. pedunculatus* (Cuadro 7).

Maku UY fue superior al resto de las procedencias de *L. pedunculatus*, y Maku NZ aunque no fue diferente mostró una tendencia a ser superior (Cuadro 7). Esta diferencia de Maku frente al resto de *L. pedunculatus*, se debe a que este es un material tetraploide y por lo tanto el tamaño de sus semillas es mayor al que presentan el resto de las procedencias diploides estudiadas.

Cuadro 7. Peso de mil semillas.

	Peso mil semillas (gr)
Sunrise	0,50 c
Maku NZ	0,63 bc
Maku UY	0,73 b
LE 32	0,51 c
LE 31	0,52 c
LE 30	0,55 c
LE 29	0,52 c
Draco	1,17 a
San Gabriel	1,22 a
Ganador	1,20 a
Media	0,75 gr
CV	8 %
DMS	0,14 gr
Significancia	5 %
C.M.E.	0,003299
G.L.E.	27

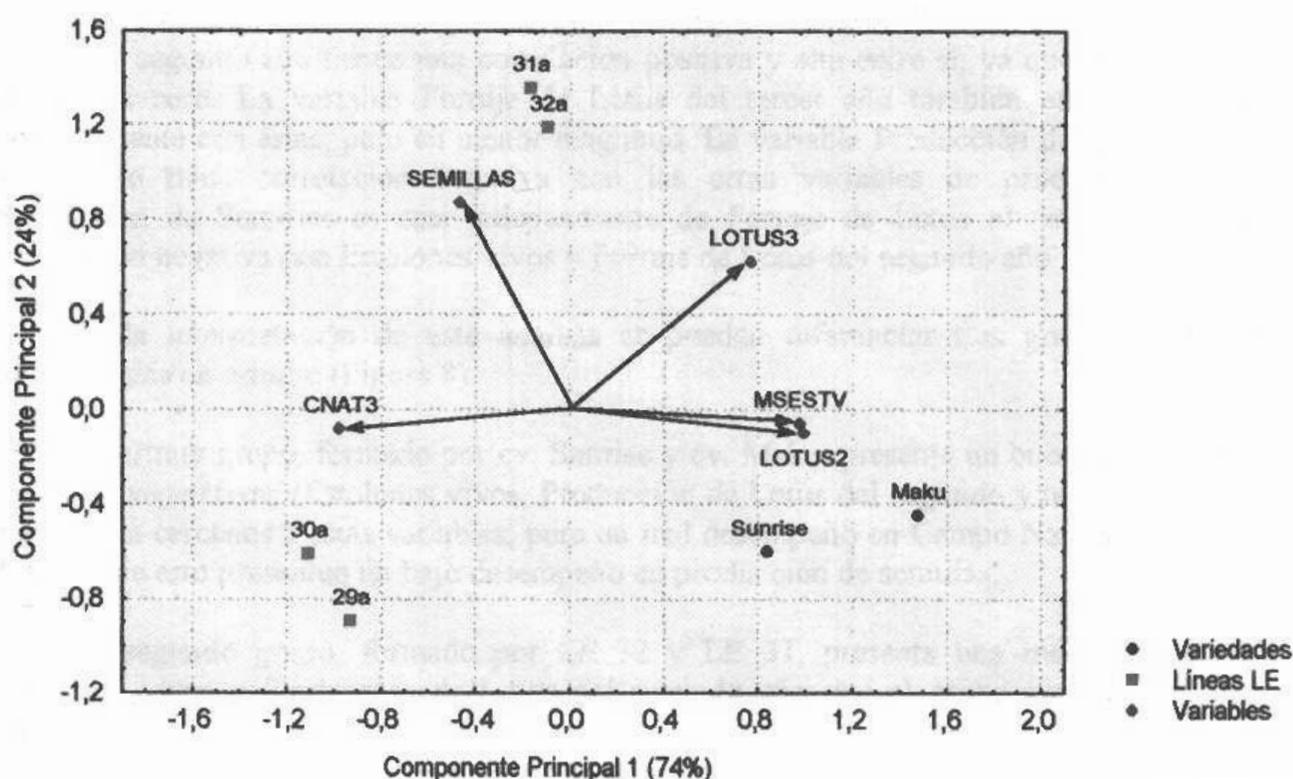
El peso de mil semillas de Maku es similar a lo encontrado por Hare et al. (1984) con 0,70g a 0,71g para las 1000 semillas de este cultivar.

#### 4.4. ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES DE *LOTUS PEDUNCULATUS*

Las variables utilizadas en el Análisis de Componentes Principales fueron Producción de campo natural del tercer año, Producción de la Fracción Lotus del tercer año, Producción de la Fracción Lotus del segundo año, Estolones vivos y Producción de semillas.

La representación gráfica se realiza en dos dimensiones, ya que los Componentes Principales 1 y 2 explican el 97% de la varianza total.

El Componente Principal 1 explica el 74% de la varianza total, siendo representado principalmente por las variables Producción de campo natural del tercer año, Producción de la Fracción Lotus del tercer año, Producción de la Fracción Lotus del segundo año y Estolones vivos. El Componente Principal 2 explica el 24% de la varianza total, siendo representado principalmente por la variable Producción de Semillas (Cuadro 22, Anexos).



Referencias: C. Nat. 3: Producción de campo natural del tercer año ; Lotus 3: Producción de la Fracción Lotus del tercer año ; Lotus 2: Producción de la Fracción Lotus del segundo año ; Est. Vivos: Estolones vivos ; Semillas: Producción de semillas.

Figura 8. Análisis de Componentes Principales de *Lotus pedunculatus*.

Para interpretar el grado de asociación entre dos variables (Figura 8) hay que observar el ángulo que forman los dos vectores que van desde el origen ( $x=y=0$ ) hasta cada una de las dos variables. Si éste es de 0 a 90° las dos variables están correlacionadas positivamente, si es igual a 90° no hay correlación entre ellas, o sea son independientes, y si es desde 90° hasta 180° están correlacionadas negativamente. A su vez, el valor del ángulo representa la magnitud con que se correlacionan las dos variables. Cuanto más alejado de 90° para ambos lados, el valor de la correlación (ya sea negativa o positiva), es superior.

Para poder comprender la asociación entre procedencias y variables, debemos observar la ubicación de la procedencia con respecto a la dirección del vector de la variable. A igual que lo descrito para el grado de asociación entre variables, cuanto menor sea el ángulo entre el vector de la variable y la línea desde el origen ( $x=y=0$ ) hasta la procedencia mejor será el comportamiento de la procedencia en la variable.

Al observar la figura 8 se puede apreciar que las variables Estolones vivos y Forraje de Lotus del segundo año tienen una correlación positiva y alta entre sí, ya que su ángulo es muy cercano a cero. La variable Forraje de Lotus del tercer año también está correlacionada positivamente con éstas, pero en menor magnitud. La variable Producción de campo natural del tercer año tiene correlación negativa con las otras variables de producción vegetativa. Producción de Semillas es casi independiente de Forraje de Lotus al tercer año, tiene una correlación negativa con Estolones vivos y Forraje de Lotus del segundo año.

De la interpretación de este análisis se pueden diferenciar tres grupos dentro de las procedencias en estudio (Figura 8).

Un primer grupo, formado por cv. Sunrise y cv. Maku, presenta un buen desempeño en las variables vegetativas (Estolones vivos, Producción de Lotus del segundo y tercer año) ya que se encuentran cercanos a estas variables, pero un mal desempeño en Campo Natural del tercer año. Además de esto presentan un bajo desempeño en producción de semillas.

Un segundo grupo, formado por LE 32 y LE 31, presenta una menor producción de Estolones vivos y Producción de Lotus del segundo año que el grupo anterior, sin embargo muestran una producción de Lotus del tercer año similar y una producción de Campo Natural al tercer año superior. Este grupo presentó la mayor producción de semilla de las procedencias de *L. pedunculatus*.

El tercer grupo, formado por LE 29 y LE 30, presentó el menor desempeño en las variables vegetativas (Estolones vivos, Forraje de Lotus del segundo y tercer año), por lo que la producción de Campo Natural en este grupo fue la mayor. A su vez, la producción de semilla presentó un comportamiento intermedio entre los dos grupos anteriores.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. *LOTUS PEDUNCULATUS*

#### 5.1.1. Primer año (95-96)

En el año de instalación el total anual de la fracción Lotus no mostró diferencias entre tratamientos. No obstante, el cultivar Maku presentó una tendencia a ser superior.

En cuanto a la producción estacional, la mayoría de las procedencias de *L. pedunculatus* estudiadas mostraron una mayor producción de forraje en primavera, destacándose entre ellas cv. Maku como la de mejor comportamiento. En todas ellas, la producción de forraje en el primer invierno fue mínima y durante verano y otoño fue menor que en primavera.

Con referencia a la producción total del mejoramiento (campo natural más fracción Lotus) se observa que en el año de siembra no se registraron diferencias significativas entre procedencias, por lo que la tendencia del cv. Maku hacia una mayor producción primaveral y anual fue enmascarada por una menor producción del campo natural.

La proporción de Lotus en el mejoramiento varió entre 40 % para cv. Maku y 20 % para LE 29, LE 30 y cv. Sunrise.

Los datos registrados en producción anual, estacional y proporción de Lotus al primer año muestran un comportamiento más precoz a partir de la semilla por parte de cv. Maku.

#### 5.1.2. Segundo año (96-97)

Al segundo año se observó una mayor diferencia entre tratamientos que en el primer año, destacándose cv. Maku como superior a las líneas experimentales de La Estanzuela, de las cuales LE 31 y LE 32 mostraron tendencias a ser superiores. Sunrise presentó un comportamiento intermedio.

El comportamiento estacional de las distintas procedencias fue similar al observado el primer año, con una máxima producción de forraje en primavera y un sensible decremento hacia verano-otoño. La producción invernal mayor fue registrada con cv. Maku, y la producción estival mayor fue presentada por las procedencias de origen neocelandés (Maku y Sunrise).

La producción total del mejoramiento fue superior en todas las procedencias a las del primer año. El cultivar Maku presentó una mayor producción que *L. pedunculatus* diploides; no existiendo diferencias entre Sunrise, LE 31 y LE 32.

La proporción de Lotus en el mejoramiento varió entre 85 % para cv. Maku y 50 % para LE 29 y LE 30.

Al segundo año se puede observar que Maku sigue presentando superioridad frente a las otras procedencias en producción anual, estacional y contribución de Lotus al mejoramiento.

### 5.1.3. Tercer año (97-98)

Al tercer año la producción total anual de la fracción Lotus promedio de materia seca fue similar a la registrada en el año anterior pero con menor diferencia entre tratamientos. En este sentido, mientras los cultivares Maku y Sunrise disminuyeron su producción con respecto al segundo año, LE 31 y LE 32 la aumentaron; lo cual se ve reflejado en una producción similar entre ambos grupos.

En la época crítica de invierno y principios de primavera cv. Maku ofreció un mayor aporte de forraje que el resto de los diploides de origen nacional; mientras que el cultivar Sunrise presentó un comportamiento intermedio. Todas las procedencias bajo estudio, a diferencia de años anteriores, ofrecieron volúmenes de forraje importantes en verano como consecuencia de la ocurrencia de condiciones hídricas favorables.

La producción total del mejoramiento fue superior en los tratamientos LE 31 y LE 32 superando a los cultivares Maku y Sunrise. A igual producción de la fracción Lotus, los primeros presentaron un mayor aporte del campo natural lo que reflejaría una mejor asociación de estos materiales con el campo natural.

Los porcentajes de la fracción Lotus de los tratamientos de *L. pedunculatus* en el mejoramiento fueron similares a los del segundo año.

De acuerdo con los datos registrados al tercer año, las procedencias nacionales LE 31 y LE 32 equipararon en producción de la fracción Lotus a cv. Maku.

### 5.1.4. Total de los tres años (95-98)

En la producción acumulada de la fracción Lotus (total de los tres años) cv. Maku fue superior al resto de *L. pedunculatus*, no observándose diferencias entre Sunrise, LE 31 y LE 32.

En cuanto a producción acumulada total del mejoramiento no se detectaron diferencias.

### 5.1.5. Producción de estolones

La producción de estolones vivos evaluada en peso fresco y largo de los mismos fue mayor en los cultivares de origen neocelandés que en aquellos de origen nacional. Mientras entre cv. Maku y cv. Sunrise no se observaron diferencias en la capacidad productora de estolones, en las líneas experimentales nacionales se registró una tendencia decreciente desde LE 32 a LE 29. Estos resultados permiten destacar la mayor habilidad colonizadora de los cultivares Sunrise y Maku (neocelandeces) con respecto a las líneas experimentales de origen nacional; y dentro de

éstas, las más evolucionadas (LE 32 y LE 31) con respecto a las menos evolucionadas (LE 30 y LE 31).

#### 5.1.6. Producción de semilla

La producción de semilla mostró un comportamiento contrastante por parte de las procedencias evaluadas. En este sentido, las líneas experimentales nacionales fueron netamente superiores a las de origen neocelandés; destacándose LE 31 y LE 32 como las de mayor capacidad de semillazón.

Una vez más se confirmó que las variedades tetraploides en este experimento presentan semillas de mayor peso y tamaño que las variedades diploides.

### 5.2. *LOTUS CORNICULATUS*

#### 5.2.1. Primer año (95-96)

Si bien la producción total anual de la fracción Lotus no difirió entre los cultivares estudiados, cv. Ganador mostró una mayor producción primaveral lo que demostraría una mayor precocidad desde semilla.

La producción total del mejoramiento fue igual en los tres cultivares.

La producción de los tres cultivares de *L. corniculatus* fue similar a la alcanzada por LE 32 pero inferior a cv. Maku.

#### 5.2.2. Segundo año (96-97)

No se detectaron diferencias significativas entre los cultivares Draco, Ganador y San Gabriel en la producción total anual de la fracción Lotus, en la producción total del mejoramiento ni en el comportamiento estacional.

A diferencia del primer año, el comportamiento productivo anual de la fracción Lotus y del total del mejoramiento de *L. corniculatus*, fue similar a cv. Maku.

#### 5.2.3. Tercer año (97-98)

Todos los cultivares de *L. corniculatus* presentaron una tendencia a disminuir su producción de forraje de la fracción Lotus en éste año. El cultivar Draco rindió más que el cultivar San Gabriel, mientras que el cultivar Ganador presentó un comportamiento intermedio.

La estacionalidad de los tres cultivares de *L. corniculatus* fue similar a la del año anterior. La producción estacional fue máxima en primavera, manteniéndose en verano y disminuyendo

hacia el otoño para ser mínima en invierno. Al comparar *L. corniculatus* con *L. pedunculatus*, la producción estival fue mayor en los primeros, pero presentaron una menor producción invernal.

#### 5.2.4. Total de los tres años (95-98)

La producción de forraje de la fracción Lotus acumulada en los tres años, fue similar en los tres cultivares de *L. corniculatus* e igual a cv. Maku, LE 31 y LE 32.

#### 5.2.5. Producción de semilla

La producción de semilla y el peso de mil semillas no presentaron diferencias entre los tres cultivares de *L. corniculatus*.

## 6. RESUMEN

Se realizó un ensayo de mejoramiento de campo natural con especies del género *Lotus* en la Unidad Experimental “Palo a Pique” perteneciente a INIA Treinta y Tres. El objetivo fue caracterizar el comportamiento vegetativo (producción de forraje y de estolones-rizomas) y reproductivo (producción de semillas) de diferentes procedencias de *Lotus pedunculatus*. *Lotus corniculatus* fue utilizado como referencia debido a su amplio uso en el país. La producción de forraje fue evaluada desde Julio 1995 hasta Agosto 1998, la producción de estolones-rizomas en otoño-invierno 1998 y la producción de semillas en verano 1998. Cv. Maku presentó los mayores rendimientos de la especie durante los tres años, LE 31 y LE 32 igualaron a éste en el tercer año. Cv. Maku y cv. Sunrise presentaron la mayor producción de estolones-rizomas, observándose en las procedencias nacionales una tendencia decreciente desde LE 32 a LE 29. La producción de semillas de las procedencias nacionales fueron netamente superiores a las neocelandesas, siendo LE 31 y LE 32 las de mayor capacidad de semillazón. *L. corniculatus* presentó un máximo de producción de forraje en el segundo año, similar a la de cv. Maku, mostrando una disminución en el tercer año, siendo ésta menos marcada en INIA Draco.

## 7. SUMMARY

An oversowing experiment with *Lotus* species on a native grassland was carried out at the Unidad experimental "Palo a Pique" which belongs to I.N.I.A. Treinta y Tres. The target was to characterize different *Lotus pedunculatus* accessions on their vegetative (forage and stolons-rhizomes yields) and reproductive (seed yield) behavior. *Lotus corniculatus* was used as a reference due to widespread in Uruguay. Forage yields were evaluated from July 1995 to August 1998, stolons-rhizomes yields in autumn-winter 1998 and seed yield in summer 1998. Cv. Maku showed the specie's highest yields during this three years, though in the third year LE 31 and LE 32 were equal to the former. Cv. Maku and cv. Sunrise showed stolons-rhizomes highest yields, but national accessions showed a decreasing tendency from LE 32 to LE 29. National accessions seed yields were fully higher than New Zealander accessions, showing LE 31 and LE 32 the highest seed yield capacity. *L. corniculatus* presented the most important forage yield in the second year being quite, similar to cv. Maku but a yield diminution was registered in the third year. This negative effect was less important for INIA Draco.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

1. ARRILLAGA, I.; CODURI, G. 1997. Manejo de defoliación de *Lotus pedunculatus* cv. Maku. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 70p.
2. AYALA, W.; CARRIQUIRY, E.; CARAMBULA, M. 1993. Caracterización y estrategias de utilización de pasturas naturales en la región Este. In Campo Natural. Resultados Experimentales. INIA Treinta y Tres. pp 1-28.
3. \_\_\_\_\_, W.; CARAMBULA, M. 1996. Mejoramientos extensivos en la región Este: implantación y especies. In Producción y manejo de pasturas. Serie Técnica 80. INIA Tacuarembó. pp 169-175.
4. BASCOU, G.; COSTA, R. 1995. Evolución de la semillazón y características asociadas en Lotus Maku (*Lotus pedunculatus* Auct. Non.CAV.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 93p.
5. BOWMAN, A.M. 1993. Shamae – a new *Lotus pedunculatus* for Australia. Lotus Newsletter. 24: 13-16.
6. CARAMBULA, M. 1977. Producción y Manejo de Pasturas Sembradas. Reimp. Montevideo, Editorial Hemisferio Sur. 464 p.
7. \_\_\_\_\_, M. 1994. *Lotus pedunculatus*. Adelantos sobre una forrajera que promete. INIA Treinta y Tres. Serie Técnica N°45. 14 p.
8. CAROSO, G. F.; PAIM, N. R.; MARKUS, R. 1982. Avaliação de clones de *Lotus uliginosus* Schkuhr., em blocos de policruzamento. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 17(4). 617-622.
9. CARRIQUIRY, E. 1992. Evaluación de leguminosas para mejoramientos extensivos. In Mejoramientos Extensivos de la Región Este. Resultados Experimentales. INIA Treinta y Tres. pp 25-38.
10. CROSSA, J.; DELACY, I.H.; TABA S. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. In Core Collections of Plant Genetic Resources. T. Hodgkin, A.H.D Brown, Th.J.L. van Hintun y E.A.V. Morales eds. Chinchester, United Kingdom, John Wiley & Sons. pp 77-92.
11. FORDE, B. J.; THOMAS, R. G. 1966. Flowering in *Lotus pedunculatus* Cav. 1. Effects of Photoperiod. New Zealand Journal of Botany 4: 147-152.

12. FORMOSO, F. 1993. *Lotus corniculatus* L. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Técnica Nro. 37. 20 p.
13. GARCIA, J.; LABANDERA, C.; PASTORINI, D.; CURBELO, S. 1994. Fijación de Nitrógeno por Leguminosas en La Estanzuela. In Nitrógeno en Pasturas. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Técnica Nro. 51. pp 13-18.
14. HARE, M. D. 1984. 'Grasslands Maku' Lotus (*Lotus pedunculatus* (Cav.)) Seed Production 2. Effect of Row Spacings and Population Density on Seed Yields. Journal of Applied Seed Production 2: 65-68.
15. \_\_\_\_\_, M. D.; LUCAS, R. J. 1984 'Grasslands Maku' Lotus (*Lotus pedunculatus* (Cav.)) Seed Production 1. Development of Maku Lotus Seed and the Determination of Time of Harvest for Maximum Seed Yields. Journal of Applied Seed Production 2: 58-64.
16. HARRIS, C.A.; BLUMENTHAL, M.J.; SCOTT, J.M. 1993. Survey of use and management of *Lotus pedunculatus* cv. Grasslands Maku in eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture. 33: 41-47.
17. HILL, M.J.; WITCHWOOT, S. 1990. Vegetative and reproductive development in *Lotus uliginosus* Schk. cv. 'Grassland Maku'. Applied Agricultural Research. 5(3): 169-175.
18. HOPKINS, A.; MARTYN, M.; JOHNSON, R.H.; SHELDRIK, R.D.; LAVENDER, R.H. 1996. Forage production by two Lotus species as influenced by companion grass species. Grass and Forage Science 51: 343-349.
19. \_\_\_\_\_, A.; SCOTT, A.; COSTALL D. A.; LAMBERT M.G.; CAMPBELL B.D. 1993. Distribution of diploid and tetraploid *Lotus pedunculatus* plants in moist, North Island hill country.
20. KAISER, C.J.; HEATH, M.E. 1990. Big Trefoil: A new legume for pastures on Frangipan Soils. In Advances in new crops. J. Janick and J.E. Simon eds. Portland, OR. Timber Press. pp 191-194.
21. KELMAN, W. 1991. Breeding Lotus for temperate and subtropical pastures in Australia. Lotus Newsletter. 22: 40-41.
22. LOWTHER, W.L.; WEDDERBURN, M.E.; TRAINOR, K.D. 1992. Reproductive phenology and natural reseeding of 'Grasslands Maku' *Lotus pedunculatus* in tussock grassland environments. New Zealand Journal of Agricultural Research. 35: 157-162.
23. MCLAUGHLIN, B. D.; CLARKE, J. B. 1989. Lotus for pasture and seed production. NSW Agriculture & Fisheries. Australia. Agfacts P2.5.30, first edition. 8p.

24. MCINTYRE, G.A. 1952. A method for unbiased selective sampling using ranked sets. *Australian Journal of Agricultural Research*. 3: 385-390.
25. MORALES, A. 1992. Manejo de la defoliación de *Lotus corniculatus* sembrado en cobertura sobre una pastura natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 71p.
26. PINTO, J. C.; RODRIGUEZ, N. 1989. Avaliação de plantas e progênies de *Lotus corniculatus* L.E. e *Lotus uliginosus*. Anuario Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas "Francisco Osorio" 14: 114 - 197.
27. RAMIREZ, C.; SAN MARTIN, C.; SEMPE, J. 1989. Cambios estacionales de tamaño de plantas, biomasa y fenología en una pradera antropogénica del Centro - Sur de Chile. *Agrosur*. 17(1): 19-28.
28. REBUFFO, M. 1998. *Lotus corniculatus* INIA Draco: características agronómicas. In *Jornada Lechería y Pasturas 1998*. INIA La Estanzuela, Uruguay. Serie Actividades de Difusión Nro. 163. pp 103-106.
29. SCHACHTMAN, D.P.; KELMAN, W.M. 1991. Potential of Lotus germoplasm for the development of Salt, Aluminium and Manganese tolerant pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 139-149.
30. SHEATH, G. W. 1980a. Production and regrowth characteristics of *Lotus pedunculatus* Cav. cv. 'Grassland Maku'. *N. Z. Journal of Agricultural Research* 23: 201-209.
31. \_\_\_\_\_, G. W. 1980b. Effects of season and defoliation on the growth habit of *Lotus pedunculatus* Cav. cv. 'Grassland Maku'. *N. Z. Journal of Agricultural Research* 23: 191-200.
32. \_\_\_\_\_, G. W. 1981. *Lotus pedunculatus* - An agricultural plant? *Proceedings N.Z. Grassland Association* 42: 160 -168
33. SHELDRIK, R.D.; MARTYN, T.M. 1991. Progress with screening Lotus species and varieties on an acid, low-phosphate soil type in UK. *Lotus Newsletter* 22: 37-39.
34. \_\_\_\_\_, R.D.; MARTYN, T.M. 1992. Further developments with Lotus screening in the UK. *Lotus Newsletter* 23: 37-40.
35. SMETHAM M.L. 1973. Especies y variedades de Leguminosas Forrajeras. In *Las Pasturas y sus Plantas*. Ed. R.H.M. Langer. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. pp 133-145.

36. TABORA, R.S.; HILL, M.J. 1991. An examination of vegetative and reproductive growth habits and their contribution to seed yield in 'Grassland Maku' Lotus (*Lotus uliginosus* Schk.). Journal of applied seed production. 9: 7-15.
37. WEDDERBURN, M. E.; LOWTHER, W.L. 1985. Factors affecting establishment and spread of "Grassland Maku" Lotus in tussock grasslands. Proceedings of New Zealand Grassland Association 46: 97-101.

## 9. ANEXOS

Cuadro 8. Producción de forraje de la fracción Lotus en el primer año (95-96)

	29/11/95 (kg/ha MS)	22/4/96 (kg/ha MS)	22/7/96 (kg/ha MS)	Total 95/96 (kg/ha MS)
Sunrise	655 bcd	55 e	3 e	713 c
Maku NZ	1.548 a	330 c	30 a	1.908 a
Maku UY	1.055 b	410 bc	20 bc	1.485 ab
LE 32	669 bcd	114 de	7 de	790 c
LE 31	806 bc	118 de	8 de	931 c
LE 30	706 bcd	52 e	3 e	761 c
LE 29	987 b	63 e	2 e	1.051 bc
Draco	248 d	503 ab	22 abc	773 c
San Gabriel	402 cd	570 a	24 ab	995 bc
Ganador	812 bc	195 d	15 cd	1.022 bc
Media	789 kg/ha MS	241 kg/ha MS	13 kg/ha MS	1043 kg/ha MS
CV	24 %	18 %	25 %	20 %
DMS	464 kg/ha MS	105 kg/ha MS	8 kg/ha MS	503 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	36.469	1.875	11.03	42.859
G.L.E.	27	27	27	27

Cuadro 9. Producción de forraje de la fracción Lotus en el segundo año (96-97)

	31/10/96 (kg/ha MS)	17/3/96 (kg/ha MS)	16/6/97 (kg/ha MS)	Total 96/97 (kg/ha MS)
Sunrise	2.563 ab	1.461 bc	254 bc	4.278 abc
Maku NZ	3.538 ab	1.205 c	626 a	5.369 ab
Maku UY	4.923 a	1.258 c	468 ab	6.649 a
LE 32	2.885 ab	60 d	53 c	2.999 bc
LE 31	2.874 ab	64 d	43 c	2.981 bc
LE 30	2.113 b	28 d	20 c	2.160 c
LE 29	2.174 b	0 d	9 c	2.183 c
Draco	2.925 ab	2.370 a	227 bc	5.522 ab
San Gabriel	2.837 ab	2.100 ab	133 c	5.069 ab
Ganador	2.533 ab	1.944 abc	123 c	4.599 abc
Media	2936 kg/ha MS	1049 kg/ha MS	196 kg/ha MS	4181 kg/ha MS
CV	35 %	32 %	68 %	28 %
DMS	2468 kg/ha MS	813 kg/ha MS	323 kg/ha MS	2799 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	1.030.000	111.700	17.610	1.324.000
G.L.E.	27	27	27	27

Cuadro 10. Producción de forraje de la fracción Lotus en el tercer año (97-98)

	8/10/97 (kg/ha MS)	18/12/97 (kg/ha MS)	16/3/98 (kg/ha MS)	2/7/98 (kg/ha MS)	Total 97/98 (kg/ha MS)
Sunrise	801 abc	1.022 c	887 a	904 ab	3.614 abcd
Maku NZ	1.227 a	956 e	1.037 a	1.080 ab	4.299 ab
Maku UY	1.123 ab	853 e	1.195 a	582 bc	3.752 abcd
LE 32	290 de	1.471 d	1.320 a	1.059 ab	4.140 ab
LE 31	167 de	1.484 cd	1.228 a	1.209 a	4.087 abc
LE 30	120 c	143 f	1.089 a	949 ab	2.293 cd
LE 29	57 c	815 e	1.185 a	557 bc	2.614 cd
Draco	639 bcd	2.712 a	1.525 a	42 c	4.917 a
San Gabriel	295 de	1.837 bc	1.056 a	38 c	3.224 bcd
Ganador	332 cde	2.008 b	1.566 a	43 c	3.950 abc
Media	505 kg/ha MS	1330 kg/ha MS	1209 kg/ha MS	645 kg/ha MS	3689 kg/ha MS
CV	41 %	11 %	26 %	36 %	17 %
DMS	500 kg/ha MS	361 kg/ha MS	771 kg/ha MS	558 kg/ha MS	1499 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	n.s.	5 %	5 %
C.M.E.	42.210	22.040	100.557	52.712	379.900
G.L.E.	27	27	27	27	27

Cuadro 11. Producción de forraje de la fracción Lotus total de los tres años (95-98)

	Total (kg/ha MS)
Sunrise	8.605 abc
Maku NZ	11.575 a
Maku UY	11.886 a
LE 32	7.928 bcd
LE 31	7.999 bcd
LE 30	5.215 d
LE 29	5.848 cd
Draco	11.213 ab
San Gabriel	9.288 ab
Ganador	9.571 ab
Media	8913 kg/ha MS
CV	15 %
DMS	3342 kg/ha MS
Significancia	5 %
C.M.E.	1.889.000
G.L.E.	27

Cuadro 12. Producción de forraje de la fracción Otros en el primer año (95-96)

	29/11/95 (kg/ha MS)	22/4/96 (kg/ha MS)	22/7/96 (kg/ha MS)	Total 95/96 (kg/ha MS)
Sunrise	1.732 abc	1.288 a	253 a	3.273 ab
Maku NZ	1.652 abc	909 ab	267 a	2.828 abc
Maku UY	1.032 cd	975 ab	257 a	2.263 bc
LE 32	2.141 a	1.173 ab	235 a	3.549 a
LE 31	1.130 bcd	1.302 a	288 a	2.720 abc
LE 30	1.905 ab	1.310 a	212 a	3.427 a
LE 29	1.028 cd	1.262 ab	261 a	2.551 abc
Draco	1.688 abc	853 b	271 a	2.812 abc
San Gabriel	903 cd	1.042 ab	253 a	2.197 c
Ganador	783 d	1.105 ab	240 a	2.128 c
Media	1399 kg/ha MS	1122 kg/ha MS	254 kg/ha MS	2775 kg/ha MS
CV	25 %	16 %	21 %	15 %
DMS	858 kg/ha MS	426 kg/ha MS	132 kg/ha MS	1041 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	n.s.	5 %
C.M.E.	124.600	30.734	2.946	183.100
G.L.E.	27	27	27	27

Cuadro 13. Producción de forraje de la fracción Otros en el segundo año (96-97)

	31/10/96 (kg/ha MS)	17/3/96 (kg/ha MS)	16/6/97 (kg/ha MS)	Total 96/97 (kg/ha MS)
Sunrise	395 abc	237 d	730 a	1.361 bc
Maku NZ	161 c	560 d	487 ab	1.208 c
Maku UY	117 bc	367 d	489 ab	1.033 c
LE 32	336 abc	1.297 abc	525 ab	2.158 ab
LE 31	423 ab	1.393 ab	593 ab	2.409 a
LE 30	515 a	1.539 a	414 b	2.468 a
LE 29	334 abc	1.587 a	579 ab	2.500 a
Draco	391 abc	352 d	482 ab	1.225 c
San Gabriel	321 ab	835 bcd	468 ab	1.623 abc
Ganador	322 ab	611 cd	470 ab	1.403 bc
Media	338 kg/ha MS	878 kg/ha MS	524 kg/ha MS	1739 kg/ha MS
CV	32 %	32 %	21 %	21 %
DMS	262 kg/ha MS	691 kg/ha MS	269 kg/ha MS	894 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	11.633	80.610	12.194	135.200
G.L.E.	27	27	27	27

Cuadro 14. Producción de forraje de la fracción Otros en el tercer año (97-98)

	8/10/97 (kg/ha MS)	18/12/97 (kg/ha MS)	16/3/98 (kg/ha MS)	2/7/98 (kg/ha MS)	Total 97/98 (kg/ha MS)
Sunrise	497 abc	972 cd	87 e	74 d	1.630 d
Maku NZ	240 c	914 cd	147 cde	108 cd	1.408 d
Maku UY	260 c	804 d	125 de	55 d	1.242 d
LE 32	495 abc	1.433 bc	528 abc	206 bcd	2.663 bc
LE 31	479 abc	1.312 bcd	574 ab	193 cd	2.558 c
LE 30	406 bc	2.570 a	651 a	294 abc	3.921 a
LE 29	408 bc	1.753 b	803 a	457 a	3.419 ab
Draco	877 a	1.149 cd	218 bcde	441 a	2.683 bc
San Gabriel	740 ab	1.174 cd	499 abcd	386 ab	2.799 bc
Ganador	762 ab	1.193 cd	438 abcde	437 a	2.830 bc
Media	516 kg/ha MS	1327 kg/ha MS	407 kg/ha MS	265 kg/ha MS	2515 kg/ha MS
CV	32 %	17 %	39 %	30 %	12 %
DMS	399 kg/ha MS	546 kg/ha MS	390 kg/ha MS	193 kg/ha MS	759 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	26.851	50.390	25.717	6.308	97.410
G.L.E.	27	27	27	27	27

Cuadro 15. Producción de forraje de la fracción Otros total de los tres años (95-98)

	Total (kg/ha MS)
Sunrise	6.263 cd
Maku NZ	5.444 de
Maku UY	4.539 e
LE 32	8.369 ab
LE 31	7.686 bc
LE 30	9.815 a
LE 29	8.470 ab
Draco	6.720 cd
San Gabriel	6.620 cd
Ganador	6.362 cd
Media	7029 kg/ha MS
CV	10 %
DMS	1636 kg/ha MS
Significancia	5 %
C.M.E.	452.300
G.L.E.	27

Cuadro 16. Producción Total de forraje en el primer año (95-96)

	29/11/95 (kg/ha MS)	22/4/96 (kg/ha MS)	22/7/96 (kg/ha MS)	Total 95/96 (kg/ha MS)
Sunrise	2.387 abc	1.343 a	256 a	3.986 ab
Maku NZ	3.199 ab	1.240 a	297 a	4.736 a
Maku UY	2.087 abc	1.384 a	276 a	3.748 ab
LE 32	2.809 ab	1.288 a	242 a	4.339 ab
LE 31	1.936 abc	1.419 a	296 a	3.651 ab
LE 30	2.611 ab	1.362 a	215 a	4.188 ab
LE 29	2.014 abc	1.326 a	262 a	3.602 ab
Draco	1.936 abc	1.356 a	293 a	3.585 ab
San Gabriel	1.305 c	1.612 a	276 a	3.192 b
Ganador	1.594 bc	1.301 a	255 a	3.150 b
Media	2188 kg/ha MS	1363 kg/ha MS	267 kg/ha MS	3818 kg/ha MS
CV	24 %	15 %	21 %	16 %
DMS	1277 kg/ha MS	501 kg/ha MS	139 kg/ha MS	1489 kg/ha MS
Significancia	5 %	n.s.	n.s.	5 %
C.M.E.	496.300	42.598	3.266	374.500
G.L.E.	27	27	27	27

Cuadro 17. Producción Total de forraje en el segundo año (96-97)

	31/10/96 (kg/ha MS)	17/3/96 (kg/ha MS)	16/6/97 (kg/ha MS)	Total 96/97 (kg/ha MS)
Sunrise	2.959 ab	1.697 b	984 ab	5.639 ab
Maku NZ	3.699 ab	1.765 b	1.113 a	6.576 ab
Maku UY	5.100 a	1.626 b	957 ab	7.682 a
LE 32	3.221 ab	1.357 b	579 bc	5.157 ab
LE 31	3.297 ab	1.457 b	636 bc	5.390 ab
LE 30	2.628 b	1.566 b	433 c	4.628 b
LE 29	2.508 b	1.587 b	588 bc	4.682 b
Draco	3.316 ab	2.723 a	709 abc	6.747 ab
San Gabriel	3.158 ab	2.934 a	600 bc	6.692 ab
Ganador	2.855 ab	2.554 a	593 bc	6.003 ab
Media	3274 kg/ha MS	1927 kg/ha MS	719 kg/ha MS	5920 kg/ha MS
CV	30 %	13 %	24 %	18 %
DMS	2401 kg/ha MS	592 kg/ha MS	412 kg/ha MS	2550 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	974.800	591.600	28.631	1.099.000
G.L.E.	27	27	27	27

Cuadro 18. Producción Total de forraje en el tercer año (97-98)

	8/10/97 (kg/ha MS)	18/12/97 (kg/ha MS)	16/3/98 (kg/ha MS)	2/7/98 (kg/ha MS)	Total 97/98 (kg/ha MS)
Sunrise	1.298 abc	1.994 cde	974 d	978 ab	5.243 b
Maku NZ	1.467 ab	1.870 de	1.183 cd	1.187 a	5.707 ab
Maku UY	1.382 ab	1.656 e	1.319 bcd	637 bc	4.995 b
LE 32	786 bcd	2.904 b	1.848 ab	1.265 a	6.802 ab
LE 31	645 cd	2.796 bc	1.802 abc	1.402 a	6.644 ab
LE 30	526 d	2.713 bcd	1.740 abc	1.236 a	6.215 ab
LE 29	465 d	2.568 bcd	1.988 a	1.014 ab	6.033 ab
Draco	1.516 a	3.861 a	1.742 abc	428 bc	7.601 a
San Gabriel	1.034 abcd	3.011 b	1.555 abcd	423 c	6.023 ab
Ganador	1.094 abcd	3.201 ab	2.004 a	481 bc	6.780 ab
Media	1021 kg/ha MS	2657 kg/ha MS	1615 kg/ha MS	910 kg/ha MS	6204 kg/ha MS
CV	28 %	13 %	16 %	25 %	13 %
DMS	701 kg/ha MS	847 kg/ha MS	634 kg/ha MS	542 kg/ha MS	1971 kg/ha MS
Significancia	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	83.170	121.100	67.990	49.685	656.800
G.L.E.	27	27	27	27	27

Cuadro 19. Producción total de forraje de los tres años (95-98)

	Total (kg/ha MS)
Sunrise	14.868 a
Maku NZ	17.019 a
Maku UY	16.424 a
LE 32	16.297 a
LE 31	15.685 a
LE 30	15.030 a
LE 29	14.318 a
Draco	17.932 a
San Gabriel	15.907 a
Ganador	15.932 a
Media	15.941 kg/ha MS
CV	10 %
DMS	4026 kg/ha MS
Significancia	n.s.
C.M.E.	2.740.000
G.L.E.	27

Cuadro 20. Proporción de Lotus en el mejoramiento en los años: 95-96, 96-97 y 97-98

	Primer Año (95/96) (%)	Segundo Año (96/97) (%)	Tercer Año (97/98) (%)
Sunrise	18 e	76 ab	69 ab
Maku NZ	40 a	82 a	75 a
Maku UY	40 a	87 a	75 a
LE 29	29 bc	47 d	43 d
LE 30	18 e	47 d	37 d
LE 31	25 cd	55 cd	62 bc
LE 32	18 c	58 bcd	61 bc
Draco	22 de	82 a	65 abc
San Gabriel	31 b	76 abc	54 c
Ganador	32 b	77 abc	58 bc
Media	27 %	67 %	60 %
CV	8 %	12 %	8 %
DMS	5,2 %	21 %	11 %
Significancia	5 %	5 %	5 %
C.M.E.	4,5840	70,725	21,4798
G.L.E.	27	27	27

Cuadro 21. Precipitaciones del periodo 1995-1998 y serie histórica 1972-1998.

	Año 1995	Año 1996	Año 1997	Año 1998	Serie Hist. 1972-1998
Enero	51.4	59.7	46.7	146.8	118
Febrero	92.1	57.7	134.9	58.4	160
Marzo	105.1	70.5	38.5	97.5	96
Abril	59.4	208.5	115.7	287.7	95
Mayo	68.5	2.5	66.5	128.2	103
Junio	132.5	48.0	109.4	168.4	110
Julio	253.6	27.1	17.0	213.0	140
Agosto	36.1	69.2	205.0	99.0	99
Setiembre	62.5	190.5	43.6		107
Octubre	126.4	59.1	121.7		98
Noviembre	94.7	84.0	143.6		108
Diciembre	13.7	68.9	318.7		99
	1096.3	945.7	1361.3		1333

Referencias: Las precipitaciones del periodo 1995-1998 corresponden a la estación 'Palo a Pique' INIA Treinta y Tres. La serie histórica de precipitaciones corresponde a la estación 'Paso de la Laguna' INIA Treinta y Tres.

Cuadro 22. Análisis de Componentes Principales de *Lotus pedunculatus*.

Variable	Componente Principal 1	Componente Principal 2
MS Est. Vivos	0,973223	-0,056970
Semillas	-0,468201	0,873831
Lotus Segundo año	0,990143	-0,096123
Lotus Tercer año	0,765962	0,624199
C. Natural Tercer año	-0,979656	-0,083332
Explicación Varianza	3,693181	1,172635
Proporción Var. Total	73,86%	23,45%

Referencia: Números en color rojo son superiores a 0,70