

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**PRODUCTIVIDAD Y PERSISTENCIA DE MEJORAMIENTOS CON
DISTINTAS LEGUMINOSAS EN SUELOS DE SIERRA**

por

Paola Evangelina AVILA
Daniela SILVEIRA LARRIEUX

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2006

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Directores:

Ing. Agr. PhD Walter Ayala

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. MSc Fernando Santiñaque

Fecha:

Autores:

Paola Evangelina Avila

Daniela Silveira Larrieux

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos al centro de investigación INIA Treinta y Tres por recibirnos y brindarnos todas las comodidades necesarias, posibilitando la realización de este trabajo así como la grata estadía en dicha ciudad. A todo el grupo humano que lo integra, por su gran amabilidad y simpatía, haciendo de este lugar un sitio con una atmósfera muy especial.

A nuestro director el Ing. Agr. Walter Ayala por su entera dedicación, continuo apoyo y enorme paciencia; y al Ing. Agr. Raúl Bermúdez por su valiosa colaboración y conocimientos aportados, demostrando ambos no solo su calidad en el ámbito profesional, sino su gran calidez humana.

Un especial agradecimiento a los restantes integrantes del equipo de pasturas, Gerardo Ferreira, Néstor “Caco” Serrón y Jhon Jackson por la ayuda brindada en las tareas de campo y de laboratorio, pero más importante aún, por su invaluable amistad, compañerismo y sinceridad, haciendo de esta etapa de nuestras vidas un momento inolvidable.

No olvidaremos las horas compartidas junto a Juan González “Juanito”, su contagiosa alegría y especial temperamento, aportando con sus variadas anécdotas gratos momentos de distensión.

Agradecemos también al Ing. Agr. Álvaro Roel por su cooperación en el trabajo, buena disposición y cordial trato; así como a Mabel Oxley por su gran ayuda, consejos brindados y extendidas y entretenidas charlas sostenidas durante algunos sábados, armonizando la monótona rutina de trabajo.

A Gloria, Olga, Belky, Susana, Nancy y Doris por la cariñosa entrega y camaradería, haciendo que nos sintiéramos desde un comienzo muy a gusto y como en casa. De igual forma, a Carlos Segovia y Pablo Castro por su gran simpatía y especial sentido del humor.

A Bruno, Miguel y Rafael por facilitar el traslado a la estación y solucionar siempre con muy buena voluntad la aparición de cualquier inconveniente.

A Fernando Marichal por todo su amor brindado, apoyo y comprensión a lo largo de toda la carrera, y además por el inmenso sustento en las dificultades de la vida.

Finalmente, a nuestros familiares y amigos por su tan necesario apoyo, valiosa compañía, larga paciencia y continuo aliento, que nos ha permitido vencer los obstáculos y disfrutar estos años de carrera.

Dedicado a nuestros seres queridos que hoy no nos acompañan físicamente, pero que están y estarán siempre presentes en nuestra memoria y nuestro corazón, impulsándonos a seguir transitando el difícil pero maravilloso camino de la vida.

TABLA DE CONTENIDO

	Página N°
<u>PÁGINA DE APROBACIÓN</u>	II
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	III
<u>LISTA DE CUADROS Y FIGURAS</u>	IX
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 <u>CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS DIFERENTES ESPECIES DE LEGUMINOSAS EN ESTUDIO</u>	2
2.1.1 <u>Lotus corniculatus</u>	2
2.1.1.1 Principales características de la especie	3
2.1.1.2 Producción de forraje y distribución estacional	3
2.1.1.3 Producción de semilla	4
2.1.1.4 Manejo de defoliación	5
2.1.2 <u>Lotus uliginosus</u>	6
2.1.2.1 Principales características de la especie	6
2.1.2.2 Producción de forraje y distribución estacional	7
2.1.2.3 Producción de semilla	9
2.1.2.4 Manejo de defoliación	10
2.1.3 <u>Lotus subbiflorus</u>	11
2.1.3.1 Principales características de la especie	11
2.1.3.2 Producción de forraje y distribución estacional	12
2.1.3.3 Producción de semilla	13
2.1.3.4 Manejo de defoliación	13
2.1.4 <u>Trifolium repens</u>	14
2.1.4.1 Principales características de la especie	14
2.1.4.2 Producción de forraje y distribución estacional	14
2.1.4.3 Producción de semilla	15
2.1.4.4 Manejo de defoliación	15
2.2 <u>PERSISTENCIA DE LAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS</u>	17
2.2.1 <u>Estrategias de persistencia de las diferentes especies</u>	17
2.2.1.1 Formadoras de corona	17
2.2.1.2 Formadoras de clones	18
2.2.1.3 Anuales de resiembra	19
2.2.2 <u>Factores que inciden en la productividad y persistencia de los Mejoramientos</u>	20
2.2.2.1 Factores climáticos	20

2.2.2.2 Factores edáficos	22
2.2.2.3 Enfermedades	24
2.3 BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO	26
2.3.1 <u>Dinámica del banco de semillas</u>	28
2.3.2 <u>Dormancia</u>	30
2.3.2.1 Tipos de dormancia	31
2.3.2.2 Factores que determinan la ruptura de dormancia	33
2.3.3 <u>Germinación</u>	35
2.3.3.1 Factores que regulan la germinación	36
2.3.3.2 Análisis de Germinación	38
2.3.4 <u>Viabilidad</u>	38
2.3.4.1 Análisis de viabilidad	39
2.4 COMENTARIOS FINALES	39
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
3.1 UBICACIÓN	40
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS	40
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS	41
3.3.1 <u>Experimentos de manejo de defoliación y persistencia</u>	42
3.3.1.1 Variables analizadas	42
3.3.1.2 Análisis estadístico	45
3.3.2 <u>Experimentos de la dinámica del banco de semillas del suelo</u>	46
3.3.2.1 Variables analizadas	47
3.3.2.2 Análisis estadístico	48
4. <u>RESULTADOS</u>	49
4.1 MANEJO DE DEFOLIACIÓN Y PERSISTENCIA	49
4.1.1 <u>Parámetros climáticos</u>	49
4.1.2 <u>Experimento 1: Mejoramiento de campo en base a lotus</u>	
<u>INIA Draco</u>	50
4.1.2.1 Producción total de forraje acumulado	50
4.1.2.2 Producción anual de forraje	50
4.1.2.3 Producción estacional de forraje	51
4.1.2.4 Banco de semillas del suelo	53
4.1.2.5 Germinación y viabilidad de semillas	54
4.1.3 <u>Experimento 2: Mejoramiento de campo en base a lotus LE 627</u> ..	55
4.1.3.1 Producción total de forraje acumulado	55
4.1.3.2 Producción anual de forraje	55
4.1.3.3 Producción estacional de forraje	56
4.1.3.4 Banco de semillas del suelo	57
4.1.3.5 Germinación y viabilidad de semillas	58
4.1.4 <u>Experimento 3: Mejoramiento de campo en base a lotus Maku</u> ..	59
4.1.4.1 Producción total de forraje acumulado	59

4.1.4.2	Producción anual de forraje	59
4.1.4.3	Producción estacional de forraje	60
4.1.4.4	Producción de rizomas	61
4.1.4.5	Banco de semillas del suelo	62
4.1.4.6	Germinación y viabilidad de semillas	63
4.1.5	<u>Experimento 4:Mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón</u> 64	
4.1.5.1	Producción total de forraje acumulado	64
4.1.5.2	Producción anual de forraje	64
4.1.5.3	Producción estacional de forraje	66
4.1.5.4	Banco de semillas del suelo	68
4.1.5.5	Germinación y viabilidad de semillas	69
4.1.6	<u>Experimento 5: Mejoramiento de campo en base a trébol blanco</u> . 70	
4.1.6.1	Producción total de forraje acumulado	70
4.1.6.2	Producción anual de forraje	70
4.1.6.3	Producción estacional de forraje	71
4.1.6.4	Banco de semillas del suelo	72
4.1.6.5	Germinación y viabilidad de semillas	73
4.2	DINÁMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO	74
4.2.1	<u>Parámetros climáticos</u>	74
4.2.2	<u>Emergencia de plántulas</u>	74
4.2.2.1	Mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco.....	74
4.2.2.2	Mejoramiento de campo en base a lotus LE 627.....	76
4.2.2.3	Mejoramiento de campo en base a lotus Maku.....	78
4.2.2.4	Mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón.....	80
4.2.2.5	Mejoramiento de campo en base a trébol blanco.....	82
4.2.3	<u>Germinación y viabilidad de las semillas del banco</u>	84
5.	<u>DISCUSIÓN</u>	86
5.1	MANEJO DE DEFOLIACIÓN Y PERSISTENCIA	86
5.1.1	<u>Producción de forraje de los diferentes mejoramientos evaluados</u> 86	
5.1.2	<u>Efecto del manejo del pastoreo</u>	87
5.1.3	<u>Tamaño y evolución del banco de semillas del suelo</u>	88
5.2	DINÁMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO	89
5.2.1	<u>Emergencia de plántulas</u>	89
5.3	IMPLICANCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	90
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	92
6.1	MANEJO DE DEFOLIACIÓN Y PERSISTENCIA	92
6.2	DINÁMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO	93
7.	<u>RESUMEN</u>	94
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	96

9. <u>ANEXOS</u>	105
------------------------	-----

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro N°	Página N°
Cuadro 1. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a dos cultivares de <i>Lotus corniculatus</i> en diferentes zonas del país	3
Cuadro 2. Producción estacional y anual de forraje (kg/ha de MS) de <i>Lotus corniculatus</i> cv. San Gabriel	4
Cuadro 3. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a <i>Lotus uliginosus</i> cv. Maku en diferentes zonas del país	7
Cuadro 4. Producción estacional de forraje total (kg/ha de MS) de lotus Maku	8
Cuadro 5. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a lotus El Rincón en diferentes zonas del país	12
Cuadro 6. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a <i>Trifolium repens</i> cv. Zapicán en diferentes zonas del país	14
Cuadro 7. Presentación comparativa de las diferentes leguminosas bajo estudio	26
Cuadro 8. Tipos, causas y características de la dormancia en semillas	31
Cuadro 9. Porcentajes de dureza para distintas leguminosas	33
Cuadro 10. Análisis del suelo en términos de pH, materia orgánica (M.O.), nitrógeno (%), fósforo (P), potasio (K) y aluminio (Al) durante el período de evaluación	41
Cuadro 11. Registros de precipitaciones mensuales (mm) para el período experimental en la localidad de Arbolito	49
Cuadro 12. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus INIA Draco, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	51
Cuadro 13. Peso (g/m^2), número (n°/m^2) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus INIA Draco, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	54

Cuadro 14. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus INIA Draco..	54
Cuadro 15. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus LE 627, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus dos primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.....	56
Cuadro 16. Peso (g/m^2), número (n°/m^2) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus LE 627, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus dos primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	58
Cuadro 17. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus LE 627	58
Cuadro 18. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus Maku, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	60
Cuadro 19. Evolución de la densidad (Dens., m/m^2), diámetro (Diám., mm) y peso seco (P.S., g/m^2) de rizomas de lotus Maku, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.....	62
Cuadro 20. Peso (g/m^2), número (n°/m^2) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus Maku, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en su primer y tercer año sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	63
Cuadro 21. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus Maku.....	63
Cuadro 22. Producción de forraje acumulada (total y leguminosa) en sus tres primeros años de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.....	64
Cuadro 23. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus dos primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.....	65

Cuadro 24. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en su tercer año sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	66
Cuadro 25. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	69
Cuadro 26. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus El Rincón.....	69
Cuadro 27. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de trébol blanco, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.....	71
Cuadro 28. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de trébol blanco, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco	73
Cuadro 29. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de trébol blanco.....	73
Cuadro 30. Registros de precipitaciones mensuales (mm) de la serie histórica (1991-2005) y del año 2005 en la Unidad Experimental de Palo a Pique (UEPP).....	74
Cuadro 31. Registros de temperatura en superficie del suelo mensuales ($^\circ\text{C}$) para las emergencias evaluadas en la sede de la Estación Experimental de INIA Treinta y Tres	74
Cuadro 32. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m^2) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco	76
Cuadro 33. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m^2) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus LE 627.....	78

Cuadro 34. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m^2) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus Maku **80**

Cuadro 35. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m^2) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón..... **82**

Cuadro 36. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m^2) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a trébol blanco **84**

Cuadro 37. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos y porcentaje de viabilidad para las diferentes especies bajo estudio..... **85**

Figura N°	Página N°
Figura 1. Diagrama representativo de la dinámica del banco de semillas del suelo.....	29
Figura 2. Vista panorámica del sitio experimental “Arbolito” en el departamento de Cerro Largo	40
Figura 3. Placa de petri con las semillas de los tratamientos germinando en condiciones controladas	44
Figura 4. Jaula donde se encontraban agrupadas las especies bajo estudio para evaluar su emergencia.....	46
Figura 5. Cores de los distintos mejoramientos donde se realizaba el conteo semanal de plántulas	47
Figura 6. Producción de forraje otoño-invernal de lotus INIA Draco durante los años de evaluación	53

Figura 7. Producción de forraje otoño-invernal de lotus LE 627 durante los años de evaluación	57
Figura 8. Producción de forraje otoño-invernal de lotus Maku durante los años de evaluación	61
Figura 9. Producción de forraje otoño-invernal de lotus El Rincón durante los años de evaluación	68
Figura 10. Producción de forraje otoño-invernal de trébol blanco durante los años de evaluación	72
Figura 11. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m ²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco	75
Figura 12. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m ²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus LE 627	77
Figura 13. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m ²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus Maku	79
Figura 14. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m ²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón	81
Figura 15. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m ²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a trébol blanco	83

1. INTRODUCCIÓN

Los mejoramientos de campo constituyen una alternativa a considerar cuando se desea aumentar la oferta en cantidad y calidad de las pasturas naturales. Este tipo de mejoras resultan ventajosas en la medida que permiten la disminución de los costos de implantación, presentando alto potencial productivo, sin exponer al tapiz natural a la rápida degradación que ocurre en el caso de las praderas convencionales.

En la zona de Sierras de la región Este, esta tecnología es relevante dado que posee suelos con limitaciones importantes y condiciones de topografía que restringen la realización de otras alternativas de mejora.

Sin embargo, los mejoramientos extensivos en esta zona, no escapan o ven incrementados sus problemas de persistencia y productividad debido a la marginalidad de los ambientes. Por tanto, los resultados posibles de lograr son dependientes de los diferentes hábitos de crecimiento, estrategias de sobrevivencia y del manejo de pastoreo impuesto. Es importante mencionar la incidencia que tienen sobre la performance de las leguminosas introducidas el pH del suelo y la concentración de aluminio intercambiable, en muchas situaciones sobre suelos de sierra. En general, se mencionan niveles óptimos de pH para el crecimiento y persistencia de la mayoría de las leguminosas entre 6-7.5, aunque existen especies que toleran pH inferiores. Aquellas especies más adaptadas a condiciones de pH limitantes presentan una mayor eficiencia en la absorción y mecanismos de transporte del fósforo (Keeney, 1985). La reducción en la persistencia está asociada a una menor sobrevivencia de los rizobios en el suelo. Estos efectos se ven especialmente agravados frente a la presencia de aluminio intercambiable, el cuál afecta la división celular a nivel de raíz (Helyar, 1998).

El objetivo de este trabajo consiste en evaluar en el mediano plazo la adaptación, productividad y persistencia de mejoramientos de campo con diferentes leguminosas en suelos con limitantes, en base a diferentes estrategias de manejo a los efectos de generar recomendaciones para su mejor utilización.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta sección se presentan en primera instancia las características agronómicas de las diferentes especies evaluadas, con el objetivo de tener un conocimiento general sobre su morfología y fisiología de modo de poder implementar un correcto manejo de los mejoramientos para maximizar su productividad y persistencia. Para esta última resulta de fundamental importancia el conocimiento de todos los factores que la afectan y sus interacciones para retardar el envejecimiento que normalmente presentan las pasturas sembradas de la Región.

Es en este aspecto donde el banco de semillas del suelo juega un papel primordial para el mantenimiento y rejuvenecimiento de los mejoramientos de campo. De modo que una noción acerca de la dinámica del mismo y de los factores implicados en su funcionamiento resulta de gran significancia para la perpetuación de las especies a lo largo del tiempo y del espacio.

2.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS DIFERENTES ESPECIES DE LEGUMINOSAS EN ESTUDIO

2.1.1 *Lotus corniculatus*

2.1.1.1 Principales características de la especie

El *Lotus corniculatus* es una especie perenne estival, de porte erecto a semierecto, que se caracteriza por la presencia de una raíz pivotante muy ramificada, lo que le confiere mayor tolerancia a la sequía frente al resto de los lotus perennes (Smetham, 1973).

Según Spedding et al. citados por Coscia y Surraco (1982) este lotus presenta lento crecimiento inicial y pobre establecimiento debido a su lenta germinación y bajo vigor de las semillas, no pudiendo competir exitosamente con especies de crecimiento más rápido.

El *Lotus corniculatus* presenta una incidencia importante de enfermedades a hongos de la raíz y corona, como *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*, que afectan notoriamente su persistencia (Altier citado por Carámbula, 2002). Debido a esto se han procurado cultivares que presenten cierta resistencia frente a dichas enfermedades, siendo la liberación del cv. INIA Draco un ejemplo de ello.

2.1.1.2 Producción de forraje y distribución estacional

Según Carámbula et al. citados por Ayala (2001a) la máxima producción de forraje ocurre en el segundo año del mejoramiento, obteniéndose para la región Este valores de hasta 9000 kg/ha de materia seca y pudiendo caer a 3500 kg/ha en el cuarto año por reducciones de la población y consecuente merma en la producción de semilla y reclutamiento de plántulas.

Castro y Vilaró durante los años 2002-2004 para INIA La Estanzuela evaluaron la producción anual de *Lotus corniculatus* cv. INIA Draco, obteniendo 3281, 13234 y 9447 kg/ha de materia seca en los tres años de evaluación respectivamente. Al respecto diferentes autores mencionan para distintas zonas del país producciones de forraje variables, referidas a mejoramientos de campo en base a dos cultivares de *Lotus corniculatus* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a dos cultivares de *Lotus corniculatus* en diferentes zonas del país.

Zona del país	Producción total (kg/ha de MS)	Producción de leguminosa (kg/ha de MS)	Fuente
Cristalino (prom. 6 años)*	6700	---	Risso y Berretta, 1996
Noreste (prom. 3 años)*	---	4635	Olmos, 1996
Basalto (prom. 3 años)*	5090		Bemhaja, 1996
Sierras del Este (prom. 3 años)** (prod. 2º año)** ---*	---	2107	Ayala y Carámbula, 1996
	11626	---	Bermúdez et al., 2003a
	7450	---	Bermúdez et al., 2003b
Lomadas del Este (prom. 3 años)**	---	2850	Ayala y Carámbula, 1996

* cv. San Gabriel.

** cv. Ganador.

La producción estacional obtenida en Nueva Zelanda, expresada en porcentaje, según Suckling citado por Smetham (1973) fue de 16, 0.5, 23 y 60.5 para los meses de otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente. Cabe destacar que la baja producción invernal es debida a la latencia que presenta esta especie bajo condiciones climáticas reinantes en dicho país.

En este sentido Formoso (1993) establece que en Uruguay la mayor producción de forraje ocurre en primavera, cayendo la misma en verano y manteniéndose relativamente baja durante otoño e invierno, principalmente en éste último (Cuadro 2). A diferencia de lo observado por Suckling citado por Smetham (1973), en nuestras condiciones climáticas durante el invierno, esta especie no presenta latencia completa, por lo que

puede mostrar algún crecimiento desde los tallos aéreos en caso de registrarse temperaturas favorables.

Cuadro 2. Producción estacional y anual de forraje (kg/ha de MS) de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.

Edad mej.	V	O	I	P	Total
1			683	3447	4130
2	3987	1413	1026	3582	10008
3	2295	792	729	3078	6894
4	1917	378	234	2493	5022

Fuente: Formoso, 1993

Además de disminuir la cantidad en producción de forraje para cada estación del año y anualmente a medida que el mejoramiento aumenta en edad, la producción se concentra cada vez más en primavera-verano, disminuyendo consecuentemente en otoño-invierno (Formoso, 1993).

Según Risso y Berretta (1996) sobre un suelo de Cristalino, la producción otoño-invernal promedio para 6 años de evaluación de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, fue de 2144 kg/ha de materia seca con un aporte de 62% de la leguminosa sembrada.

2.1.1.3 Producción de semilla

Carámbula (1981) menciona rendimientos promedios de 120-150 kg/ha de semilla de *Lotus corniculatus* en semilleros comerciales. A su vez Formoso (2001), en INIA La Estanzuela, reporta valores de 449 y 201 kg/ha de semilla de *Lotus corniculatus* cv. INIA Draco en dos años consecutivos.

Según Hensen y Schoth citados por Fairey y Smith (1999) los máximos rendimientos de semilla para *Lotus corniculatus* varían entre 420 y 750 kg/ha, mientras que rendimientos promedio entre 100 y 300 kg/ha de semilla, bajo condiciones de campo son reportados por Bratu et al. citados por Fairey y Smith (1999). Al respecto Turkington y Franko citados por Cavers y Benoit (1989) encontraron 566 y 951 kg/ha de semilla de *Lotus corniculatus*.

El rendimiento de semilla disminuye considerablemente con el atraso en el momento de cierre (noviembre, diciembre, enero), siendo significativamente menor con cierres más tardíos de enero (Bologna, 1996). Esto se corresponde con los resultados obtenidos por Beusenlick y McGraw citados por Bologna (1996) quienes indican que el acortamiento del tiempo de maduración resultante de cierres tardíos durante la época de floración, redujo el período de llenado de grano, afectando de manera importante el peso de la semilla.

2.1.1.4 Manejo de defoliación

El *Lotus corniculatus* comienza a crecer en primavera, estación de máximo crecimiento forrajero, como respuesta al alargamiento de los días, a partir de las yemas de la corona, pero los rebrotes sucesivos posteriores se desarrollan de las yemas axilares ubicadas en los tallos defoliados (Nelson y Smith citados por Ayala, 2001a).

En otoño al acortarse los días y existir bajas temperaturas, disminuye el crecimiento de tallos y comienza la acumulación de sustancias de reserva de la corona, permitiendo a esta especie la sobrevivencia en invierno y el rebrote temprano en primavera (Smith citado por Carámbula, 1977).

Un buen manejo de *Lotus corniculatus* desde principios de primavera hasta principios de otoño debería basarse en la promoción de un rebrote rápido mediante las ramificaciones axilares de los tallos y la presencia de un área foliar remanente apropiada que provea los metabolitos que la corona se encuentra imposibilitada de aportar, por poseer en esa época niveles bajos de reserva (Langille et al., Greub y Wedin citados por Ayala y Carámbula, com. pers.).

Por lo tanto, de acuerdo a lo expresado, es conveniente durante primavera y verano no realizar pastoreos muy frecuentes e intensos, ya que sino se produce un lento rebrote por la ausencia de yemas en la corona y carencia de niveles adecuados de reserva (Pierre y Jackobs citados por Carámbula, 1977). Además en verano, si se hace lo contrario la planta reduce su masa de raíces, bajando la capacidad de captura de agua y nutrientes; ya que la misma prioriza el metabolismo hacia la parte aérea y no tanto hacia las raíces (Vickery citado por Ayala, 2001a).

Dado el hábito de crecimiento que presenta esta leguminosa su persistencia se ve afectada bajo pastoreo continuo (Van Keuren y Davis citados por Ayala, 2001a), resultando clave realizar un manejo controlado para permitir acumulaciones previas a la defoliación y maximizar la producción de forraje (Coscia y Surraco, 1982; Formoso, 1993).

De acuerdo con Smith y Nelson (1967) la altura de defoliación resulta menos importante bajo manejos menos frecuentes, pero va aumentando en importancia a medida que los regímenes de defoliación se hacen más frecuentes. La producción de forraje varía un 30% con intensidades de defoliación contrastantes (2.5 vs 15.2 cm) y un 92% con frecuencias de defoliación contrastantes (48 vs 22 días de intervalo) en dos años, siendo de este modo la frecuencia de defoliación la variable de mayor peso en la producción de forraje.

En este sentido, Gardner et al. citados por Carámbula (1977) también reportan que la frecuencia de defoliación es la que tiene mayor influencia sobre la producción de

forraje, siendo la misma mayor cuando se produce un aumento en el intervalo entre una defoliación y la siguiente (Duell y Gausman, 1957).

Smetham (1973) afirma que si los cortes se realizan a una altura muy cercana al suelo, se reducirán los sitios de rebrote provocando una disminución considerable del rendimiento. Al respecto Ayala (2001a) menciona que una altura de remanente de 7 a 10 cm es generalmente recomendada para esta especie. Greub y Wedin citados por Cordeiro de Araújo y Jacques (1974) observaron una mayor producción de materia seca con cortes a 7.6 y 11.4 cm, en comparación con cortes a 3.8 cm, probablemente debido a que el corte más intenso removió mayor número de yemas axilares retardando el rebrote. Contrariamente Duell y Gausman (1957) registraron una mayor producción de materia seca de lotus cuando el corte fue realizado a 2.5 cm, en comparación con aquel a 7.5 cm; sin embargo se refieren a una reducción del stand de plantas sometidas a un manejo más intenso.

En resumen cuánto más frecuente e intensa se realiza la defoliación, menor es la producción de materia seca, por lo que la producción se maximiza aplicando un manejo controlado que permita una acumulación adecuada de forraje (Ayala y Carámbula, com. pers.).

2.1.2 Lotus uliginosus

2.1.2.1 Principales características de la especie

Dentro de la especie *Lotus uliginosus* se destacan dos tipos de cultivares, diploides y tetraploides. El más utilizado en Uruguay es el cv. Grassland Maku, de carácter tetraploide perenne estival, originario de Nueva Zelanda, obtenido a partir del cruzamiento de materiales seleccionados de dicho país, con una línea portuguesa de buen comportamiento invernal, de hábito de crecimiento semipostrado. Con respecto a los cultivares diploides, el más utilizado a nivel mundial es Grassland Sunrise, especie rizomatosa con tamaño de hojas más pequeñas y hábito de crecimiento más postrado con respecto al Grassland Maku (Lancashire, 1995; Charlton y Stewart, 2000). Una línea experimental diploide en estudio en Uruguay es el LE 627, desarrollado por el programa de plantas forrajeras de INIA La Estanzuela, que se caracteriza por ser una leguminosa perenne estival, con porte erecto a semierecto.

Según Carámbula et al. (1994) lotus Maku es un material promisorio para el país debido a su capacidad productiva e importante contribución invernal. Tiene una excelente capacidad colonizadora, a diferencia del LE 627, por poseer una amplia red de raíces y rizomas extendidos. Posee semillas pequeñas y vigor de plántulas muy pobre, a su vez éstas tienen sistemas radiculares restringidos y nodulación lenta (Carámbula, 2002).

El uso de especies pertenecientes al género lotus, como *Lotus uliginosus* y *Lotus corniculatus* como forraje de calidad para pastoreo, ha sido promovido durante bastante tiempo. El beneficio se atribuye a la presencia de taninos condensados (compuestos fenólicos) en el forraje (Widdup et al., 2004). Estos compuestos se presentan en altas concentraciones en las hojas y tallos de lotus Maku, en comparación con las restantes especies del género lotus, siendo la presencia de los mismos de gran importancia debido a la prevención del meteorismo y al incremento de absorción de proteína vegetal a nivel intestinal. A pesar de las importantes ventajas mencionadas, la concentración de taninos en los forrajes no debería exceder al 4-5% de materia seca, debido a que provocan una disminución en el valor nutritivo y el consumo voluntario (Montossi y Barry citados por Ayala et al., 2001).

2.1.2.2 Producción de forraje y distribución estacional

Lotus uliginosus cv. Maku resultó una leguminosa con muy buena adaptación a las condiciones ecológicas, principalmente de la región Este, integrándose exitosamente con la vegetación nativa y obteniéndose alta capacidad productiva en ambientes realmente contrastantes (Carámbula, 2001a).

Según un estudio realizado durante tres años (1992-1994) por Ayala y Carámbula (1996) la producción de lotus Maku varía notoriamente con el tipo de suelo, pero sin embargo la misma es superior a otros tipos de lotus evaluados. Al respecto diferentes autores mencionan para distintas zonas del país producciones de forraje variables de mejoramientos de campo en base a *Lotus uliginosus* cv. Maku (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a *Lotus uliginosus* cv. Maku en diferentes zonas del país.

Zona del país	Producción total (kg/ha de MS)	Producción de leguminosa (kg/ha de MS)	Fuente
Basamento Cristalino (prom. 6 años y 3° año pastura)	6000	---	Risso y Berretta, 1996
	13434	---	Formoso et al., 2001
Noreste (prom. 3 años)	---	2394	Olmos, 1996
Basalto (prom. 3 años)	3974	---	Bemhaja, 1996
Sierras del Este (prom. 3 años) (prom. 3 años) (prod. 3° año)	---	2341	Ayala y Carámbula, 1996
	8130	---	Bermúdez et al., 2003a
	7594	---	Bermúdez et al., 2003a
Lomadas del Este (prom. 3 años)	---	3702	Ayala y Carámbula, 1996

En la zona de Basalto (Queguay Chico) durante 1992-1994 fue evaluada dicha especie, obteniéndose una producción anual de 1353, 2894 y 7675 kg/ha de materia seca para los tres años de evaluación respectivamente. Para lotus LE 627 Castro y Vilaró

durante los años 2002-2004 reportan para INIA La Estanzuela una producción anual de 888, 8397 y 7990 kg/ha de materia seca para los tres años respectivamente. En la zona de Sierras del Este Bermúdez et al. (2003a) mencionan una producción total de 7452 kg/ha de materia seca de lotus LE 627, con un aporte de 83% de la fracción leguminosa para el tercer año del mejoramiento.

Arrillaga y Coduri (1997) en los años 1995 y 1996 obtuvieron producciones totales de 4703 y 3125 kg/ha de materia seca, con un aporte de 61 y 45% de lotus Maku, respectivamente para cada año.

La fracción lotus Maku resultó ser siempre el componente mayoritario de la pastura, en un rango 65-90% del total de la oferta. En el largo plazo, se registró un aumento en la proporción de gramíneas acompañantes como consecuencia de un aumento de fertilidad en el suelo y a una menor competencia y entramado del lotus por efecto del pastoreo (Ayala et al., 2001).

En cuanto a la producción estacional de lotus Maku, presentada en el cuadro 4, Suckling citado por Smetham (1973) menciona que su máxima producción ocurre en verano, siguiéndole primavera y otoño, siendo mínima en invierno. Al respecto, Arrillaga y Coduri (1997) afirman que para suelos de Lomadas del Este su máxima producción tiene lugar en primavera, seguida por otoño y siendo baja en verano e invierno, pero siempre destacándose el importante aporte de esta especie al total de materia seca producida.

Cuadro 4. Producción estacional de forraje total (kg/ha de MS) de lotus Maku.

O	I	P	V	Período de Evaluación	Fuente
1586	717	2825	6524	1960	Suckling citado por Smetham, 1973
1373 (48)	189 (51)	2268 (67)	769 (23)	1995-1996	Arrillaga y Coduri, 1997

Números dentro del paréntesis indican el aporte de lotus Maku al total de materia seca producida

Al respecto Bermúdez et al. (2003b) obtuvieron una producción total del mejoramiento en base a lotus Maku de 5064 kg/ha de materia seca, con un 16, 17, 25 y 42% producido en otoño, invierno, primavera y verano respectivamente; con un aporte de leguminosa de 77, 86, 74 y 58% respectivamente.

Risso y Berreta (1996) encontraron para un promedio de 6 años de evaluación para suelos sobre Cristalino, una producción otoño-invernal de 1680 kg/ha de materia seca de lotus Maku.

Bemhaja (1996) menciona que lotus Maku incrementa sus entregas de forraje a medida que aumenta en edad el mejoramiento y demuestra su excelente comportamiento teniendo un importante aporte invernal, incluso superando el de otras leguminosas.

2.1.2.3 Producción de semilla

Según Formoso (2001) lotus Maku es una variedad excelentemente estructurada para producir forraje y por ende presenta bajo potencial de producción de semillas. En Nueva Zelanda se lograron producciones promedio (1990-1997) de 135 kg/ha, con máximos de 230 y mínimos de 0 kg/ha, siendo las condiciones climáticas las responsables de esta variabilidad, principalmente la humedad (Rolston citado por Formoso, 2001).

El mismo autor en INIA La Estanzuela reporta valores de 54 y 26 kg/ha para dos períodos de floración 1998 y 1999, respectivamente.

Rendimientos promedios de 250 y 400 kg/ha de semilla han sido obtenidos en Nueva Zelanda para especies tetraploides como cv. Grassland Maku y para especies diploides como cv. Grassland Sunrise, respectivamente (Frame, 2001).

De acuerdo con Tabora y Hill (1990), a pesar de las diversas ventajas agronómicas presentadas por el lotus Maku, los pobres rendimientos de semilla a menudo obtenidos constituyen un factor limitante para su empleo en forma masiva. Éstos mencionan que la competencia por asimilados sería una de las posibles causas de bajo rendimiento de semilla en esta especie, debido a la producción simultánea de órganos vegetativos y reproductivos.

Al respecto, Hare et al. citados por Arrillaga y Coduri (1997) afirman que las principales razones de obtención de cosechas de bajos rendimientos se deben básicamente a la floración indeterminada y a la impredecible dehiscencia de las vainas. Además Tabora y Hill (1990) y Clifford citado por Aguirre y Ferrés (1999) mencionan que el fotoperíodo es fundamental en la inducción floral de esta especie. Dado a que esta especie requiere fotoperíodo largo y que en su país de origen este es entre 45 y 60 minutos mayor que en Uruguay, el período de inducción de floración es menor en éste último, resultando en una menor producción de semilla.

Según Formoso (2001) experimentos realizados en INIA La Estanzuela con lotus Maku reportaron que cierres tardíos de noviembre con botones florales visibles, deprimen los rendimientos de semilla y atrasan los momentos de cosecha, así mismo los cortes más intensos (3 cm) al cierre bajan de igual forma los rendimientos, fundamentalmente con cierres tempranos. Esto coincide con lo obtenido por Hare (1985), quien reporta entre 400-480 kg/ha de semilla sin defoliación al inicio del cierre (setiembre u octubre), disminuyendo estos rendimientos a la mitad con cortes efectuados

entre 3 y 5 cm; mientras que cierres más tardíos, con botones florales visibles deprimen los rendimientos a menos de 70 kg/ha.

2.1.2.4 Manejo de defoliación

El crecimiento de tallos aéreos y hojas se da principalmente en primavera y temprano en verano, debido al registro en ese momento de días más largos. El crecimiento de los rizomas se produce tarde en verano, durante el otoño y parte del invierno porque disminuyen las temperaturas, se acorta el fotoperíodo y aumentan las reservas (Sheath, 1981; Carámbula, 2001a).

La defoliación de *Lotus uliginosus* remueve tallos dominantes y en más activo crecimiento, por lo que el rebrote inicial depende de la naturaleza de la población de tallos remanentes (Sheath, 1981).

Según Carámbula et al. (1994) *Lotus uliginosus* tiene lento potencial de rebrote como consecuencia de la eliminación por pastoreo de los puntos de crecimiento terminales de los tallos aéreos. Esto hace que responda mejor a pastoreos rotativos o continuos poco intensos, tolerando pastoreos severos únicamente en veranos húmedos o en situaciones de baja competencia.

El pastoreo durante la época primaveral debe ser aplicando pastoreos poco frecuentes y aliviados, dejándose rastros de 3 a 5 cm y tratando de no acumular excesivo forraje, de modo de evitar realizar una mala utilización del forraje producido (Carámbula, 2001a).

El período más crítico de lotus Maku es a fines de verano y principios de otoño, ya que se produce el pico de producción de rizomas y estolones, los cuales compiten con la formación de tallos, conduciendo de ese modo a un decremento en la producción de materia seca de la parte aérea (Carámbula, 2001a).

El crecimiento de los rizomas es estimulado por la restricción de defoliación durante otoño. Según Arrillaga y Coduri (1997) la producción neta de materia seca durante esta estación fue de 0.5 a 0.9 tt MS/ha, mientras que la biomasa subterránea aumentó entre 3.0 y 4.0 tt MS/ha, bajo defoliación aliviada para el mismo período.

Por lo dicho anteriormente se necesita un período de descanso de 60 días, para favorecer la formación de rizomas y poder cubrir la crisis invernal. Si en verano-otoño se realizan cortes menos intensos y con largos intervalos entre los mismos, se aumenta la producción de rizomas, disminuyendo la producción herbácea (Arrillaga y Coduri, 1997; Harris et al., 1997).

El sistema de rizomas es sensible a la defoliación y esta sensibilidad puede ser la causante de un pobre rebrote, persistencia y producción del *Lotus uliginosus* sometido a regímenes de defoliación severa (Thomas y otros citados por Harris et al., 1997).

En primavera y otoño la frecuencia de corte es determinante debido a que se logran altas tasas de crecimiento en los estratos superiores. En invierno y verano la intensidad de corte es la variable más importante a tener en cuenta para obtener rendimientos aceptables, debido a que la mayor cantidad de forraje ofrecido se encuentra en el estrato inferior de la pastura, el manejo debe apuntar a mejorar la utilización del mismo (manejos más intensos) (Arrillaga y Coduri, 1997).

Por lo dicho anteriormente, con cortes más intensos se logran mayores niveles de aprovechamiento, debido fundamentalmente a su hábito de crecimiento semipostrado. Harris et al. citados por Sheath (1980) agregan que el lotus postrado (diploide) con cortes frecuentes y en pasturas mixtas, tuvo una mejor performance que el lotus semipostrado (tetraploide), posiblemente debido a su mayor habilidad de mantener una población residual de tallos más activos, que comienzan el rebrote inmediatamente luego de una defoliación.

En resumen cabe destacar que *Lotus uliginosus* es una especie con requerimientos particulares de manejo. Debido a que este cultivar basa su persistencia especialmente en su propagación vegetativa, el manejo de defoliación debe consistir en pastoreos rotativos o pastoreos aliviados e intensos alternados para promover dicho proceso en la forma más eficiente (Carámbula, 2001a).

2.1.3 *Lotus subbiflorus*

2.1.3.1 Principales características de la especie

Lotus subbiflorus cv. El Rincón ha sido mencionado de interés forrajero en 1918 en Nueva Zelanda, debido a su adaptación a zonas de sequía estival y fertilidad baja (Levy citado por Smetham, 1973). En Uruguay esta especie fue introducida de manera accidental hace aproximadamente 35 años, prosperando debido a su fácil implantación y habilidad para ocupar nichos vacíos (Carámbula et al., 1994).

Es una especie anual invernal con hábito de crecimiento semierecto, que bajo pastoreo frecuente adopta porte postrado. A su vez, en zonas húmedas y/o donde el pastoreo impida la floración, se puede comportar como especie perenne o bianual (Carámbula et al., 1994; Healy citado por Smetham, 1973).

Presenta un lento crecimiento inicial y plántulas muy débiles, lo cuál determina la necesidad de un manejo bastante controlado en el año de implantación y en los sucesivos otoños (Risso y Carámbula, 1998).

2.1.3.2 Producción de forraje y distribución estacional

Ayala y Carámbula (1996) obtuvieron para lotus El Rincón, 4916 kg/ha de materia seca acumulado durante 1992-1994 para un suelo de Sierras de la zona Este y 6100 kg/ha de materia seca en el caso de un suelo de Lomadas. En este sentido diversos autores reportan producciones de forraje contrastantes para diferentes zonas del país (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a lotus El Rincón en diferentes zonas del país.

Zona del país	Producción (kg/ha de MS)	Fuente
Lomadas del Este (1 ^{er} año)	4000	Ayala y Carriquiry, datos no publicados citados por Risso y Carámbula, 1998.
Sierra de Polanco (Este) (2 ^o año)	8000	Ayala y Carriquiry, datos no publicados citados por Risso y Carámbula, 1998.
(3 ^o año)	5628	Bermúdez et al., 2003a
(prom. 3 años)	7325	Bermúdez et al., 2003a
Sierras (Cerros de Amaro) (Este) (anual, con 70% aporte lotus)	6000	Carriquiry, 1992
Noreste (promedio 3 años)	4593	Olmos, 1996*
Cristalino (promedio 6 años)	6100	Risso y Berretta, 1996
(promedio años)	8258	Formoso, et al., 2001
Basalto (promedio 3 años)	3806	Bemhaja, 1996

*Producción de la leguminosa.

Lotus El Rincón es una especie con muy buena producción de forraje, siendo concentrada principalmente desde fines de invierno hasta principios de verano (agosto-diciembre) (Risso y Carámbula, 1998; Carámbula et al., 1994). De acuerdo a este último autor, esta especie presenta muy baja producción desde fines de otoño a invierno, agravándose la situación si existen secas, fríos y bajo nivel de fósforo en el suelo.

Según Risso y Berretta (1996) en un suelo de Cristalino en un promedio de seis años de evaluación, el aporte otoño-invernal de un mejoramiento en base a lotus El Rincón produjo en total 1891 kg/ha de materia seca anual, con un aporte de 33% de la leguminosa.

Suckling citado por Smetham (1973) encontró producciones estacionales expresadas en porcentaje de 5, 0.4, 28 y 66.5 para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente. Además Bermúdez et al. (2003b) agregan que la producción total

promedio de un mejoramiento en base a lotus El Rincón fue de 6551 kg/ha de materia seca, produciendo un 10, 6, 43 y 41% en otoño, invierno, primavera y verano respectivamente.

2.1.3.3 Producción de semilla

Risso y Carámbula (1998) reportan rendimientos entre 100 y 500 kg/ha de semilla, variable según las condiciones ambientales y de manejo.

En el manejo para semilleros es conveniente realizar cierres tempranos de agosto con el fin de obtener altos niveles de semillas y alta acumulación de forraje que facilite la cosecha. De este modo, además de la obtención de semilla se puede destinar el forraje a reservas forrajeras. Si se quiere asegurar el proceso de floración-semillazón eficientemente es necesario tener un período de descanso de 35 a 45 días a fines de noviembre y principios de diciembre, el cual dependerá del estado de la especie y de las condiciones climáticas (Carámbula et al., 1994; Risso y Carámbula, 1998).

2.1.3.4 Manejo de defoliación

A pesar de la debilidad inicial de las plántulas de este lotus, cuando las plantas se desarrollan presentan una gran agresividad y competencia, pudiendo predominar sobre el tapiz natural, por lo que un manejo racional que controle dicha agresividad y permita un equilibrio leguminosa-gramínea natural es muy importante, principalmente en primavera (Carámbula et al., 1994). Debido a que en esta época ocurre la mayor concentración de materia seca de este cultivar, pueden existir ciertas dificultades en su manejo en el caso de áreas sembradas muy grandes (Risso y Carámbula, 1998).

Para poder favorecer la persistencia de lotus El Rincón el manejo durante verano y principios de otoño debe buscar bajar la competencia del tapiz natural realizando cortes intensos. Al tratarse de una especie anual, en esa época se encuentra bajo forma de semilla, no siendo afectada por dicho manejo. Si por el contrario, se realizan manejos más aliviados en esta época, se corre el riesgo de tener espacios libres que pueden ser aprovechados tanto por gramíneas anuales invernales como por malezas (Carámbula et al., 1994).

En resumen, *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón es una especie sin exigencias específicas de manejo, aunque sus rendimientos pueden verse disminuidos al igual que en todas las especies anuales, frente a defoliaciones frecuentes incontroladas; razón por la cuál pueden registrarse en dichas oportunidades decrementos importantes de producción (Risso y Carámbula, 1998).

2.1.4 *Trifolium repens*

2.1.4.1 Principales características de la especie

Trifolium repens cv. Zapicán es una leguminosa con alta producción de forraje de calidad, buena persistencia bajo manejos intensivos y habilidad para competir con gramíneas perennes y cederles nitrógeno, siendo considerada una forrajera de mucho interés en todo el mundo (Carámbula, 2001b).

Esta especie es perenne invernifera, con hábito de crecimiento estolonífero, que puede comportarse como anual o bienal en condiciones de verano seco, debido a la muerte de muchas plantas, quedando su persistencia sujeta a una buena resiembra natural (Carámbula, 2001b). Dicho autor menciona que esta especie posee bajo vigor inicial y lento establecimiento, siendo posteriormente muy agresivo en situaciones favorables.

2.1.4.2 Producción de forraje y distribución estacional

Esta leguminosa presenta alto potencial de producción anual de materia seca, con un pico de producción en primavera, con mínimo crecimiento en los meses de verano e invierno (Carámbula, 2001b). Al respecto diferentes autores reportan producciones de forraje contrastantes para distintas zonas del país (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a *Trifolium repens* cv. Zapicán en diferentes zonas del país.

Zona del país	Producción total (kg/ha de MS)	Producción de leguminosa (kg/ha de MS)	Fuente
Cristalino (prom. 6 años)	5000	---	Risso y Berretta, 1996
Noreste (prom. 3 años)	---	503	Olmos, 1996
Sierras del Este (prom. 3 años)	---	140	Ayala y Carámbula, 1996
(prom. 3 años)	6332	---	Bermúdez et al., 2003a
(prod. 2 ° año)	7100	---	Bermúdez et al., 2003a
(prod. 3 ° año)	3045	---	Bermúdez et al., 2003a
Lomadas del Este (prom. 3 años)	---	814	Ayala y Carámbula, 1996

La producción estacional expresada en porcentaje de trébol blanco cv. Huia según Suckling citado por Smetham (1973) fue de 22, 5, 25 y 48 en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente.

Risso y Berretta (1996) mencionan que sobre un suelo de Cristalino la producción otoño-invernal promedio de 6 años de evaluación de *Trifolium repens* cv. Zapicán, fue de 1950 kg/ha de materia seca con un aporte de 62% de la leguminosa sembrada.

Bermúdez et al. (2003b) encontraron una producción promedio de un mejoramiento en base a trébol blanco de 6901 kg/ha de materia seca, con un 14, 11, 36 y 39% producido en otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, con un aporte de la leguminosa de 30, 51, 48 y 11% respectivamente.

2.1.4.3 Producción de semilla

Carámbula (1981) reporta valores promedio de rendimiento de semilla de *Trifolium repens* de 100 a 150 kg/ha, aumentando a 300 kg/ha en semilleros correctamente manejados. Formoso y Allegri citados por Olmos (2004) mencionan para dicha especie rendimientos de 300 a 400 kg/ha de semilla.

En Gran Bretaña Marshall citado por Olmos (2004) obtuvo rendimientos de 1000 a 1200 kg/ha de semilla, mientras que en Brasil se registraron valores de 100 a 240 kg/ha de semilla (Brandao et al. citados por Olmos, 2004).

La producción de semilla en el caso de *Trifolium repens* varía de forma muy importante según las condiciones hídricas del verano, encontrándose valores muy contrastantes de 148 a 590 kg/ha (Marshall y James citados por Olmos, 2004). Al respecto Machado y Nuñez (2002) mencionan la ocurrencia de una clara disminución de los rendimientos en veranos secos y cálidos.

La incidencia del momento de cierre en la producción de semillas de trébol blanco es un factor determinante. En este sentido, Formoso (1996) afirma que los máximos rendimientos en producción de semilla tienen lugar con cierres de mediados de setiembre. Sin embargo, bajo condiciones de altas precipitaciones los máximos rendimientos se dan con cierres de octubre. En general a medida que se atrasa la fecha de cierre, el trébol blanco ve disminuida su producción de semilla.

2.1.4.4 Manejo de defoliación

El primer crecimiento de una planta de trébol blanco consiste en el desarrollo de una corona, una raíz pivotante y hasta diez estolones primarios. Posteriormente los nudos de estos estolones actúan como coronas y en cada uno de ellos se pueden desarrollar, de acuerdo con las condiciones ambientales, una hoja, raíces adventicias y una yema axilar (Chow citado por Carámbula, 1977).

Debido al hábito de crecimiento, esta especie tiene la capacidad de recuperarse de la defoliación muy rápidamente, en condiciones de humedad adecuada, ya que su rebrote

proviene de la yema terminal de los estolones y de las yemas presentes en las axilas de las hojas existentes, dependiendo la velocidad de rebrote del área foliar remanente (Smetham, 1973; Carámbula, 1977).

Los métodos de pastoreo rotativo frente a los continuos mejoran la performance de trébol blanco, incrementando el peso y alargamiento de los estolones, sobrevivencia de plantas y la ramificación, aumentando también el área foliar de la planta y por lo tanto el volumen de materia seca producida (Hay y otros citados por Olmos, 2004).

La interacción de frecuencia y severidad de defoliación tiene grandes efectos en el porcentaje de sobrevivencia de unidades de crecimiento individuales, como tallos, estolones y rizomas (Hodgson y Sheath, 1989). La defoliación severa y poco frecuente en trébol blanco permite el desarrollo de unidades de crecimiento más grandes y producen incremento de muerte de nuevas unidades de crecimiento. Mientras que la defoliación más frecuente y aliviada restringe el tamaño de la unidad de crecimiento, promueve la sobrevivencia y aumento en la densidad poblacional (Brock et al. citados por Machado y Nuñez, 2002).

Según Carámbula (1977) esta especie admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes debido a los atributos que presenta: porte rastrero, índice de área foliar óptimo bajo y presencia de hojas maduras en el estrato superior. Por otra parte Wilman y Acuña (1993) reportan que a mayor intensidad de pastoreo, la cantidad de forraje producida disminuye considerablemente.

Durante la primavera se recomiendan pastoreos intensos y frecuentes para aprovechar la alta tasa de crecimiento y evitar una madurez excesiva de las plantas con la consecuente disminución de la calidad de la pastura (Carámbula, 1992). La defoliación frecuente en esta estación favorece el crecimiento y sobrevivencia de trébol blanco alcanzando un equilibrio favorable entre los nuevos estolones que crecen y los estolones viejos que van muriendo (Brock et al. citados por Machado y Nuñez, 2002).

En resumen bajo una mayor intensidad y frecuencia de pastoreo la competencia de la pastura se ve reducida, incrementándose la proporción de trébol blanco en el total producido, pero con una marcada tendencia a la reducción en la producción total de forraje (Jones citado por Harris, 1987). Por lo que resulta de suma importancia la realización de un adecuado manejo del pastoreo para favorecer la persistencia de esta especie.

2.2 PERSISTENCIA DE LAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS

Reed y Smith citados por Bologna (1996) coinciden en que la persistencia resulta del mantenimiento de la composición botánica de la pastura por un largo período de tiempo. Tohill, Barnes y Beard citados por el mismo autor sugieren además la relativa habilidad de las leguminosas de resistir el estrés ambiental y poder sobrevivir al pastoreo individual o poblacional.

Según Sheath citado por Carámbula (2003) y Marten et al. citados por García (1992), la persistencia se alcanza cuando las poblaciones de las especies sembradas están a una densidad estable (mantenimiento del stand de plantas), que alcanza a cubrir las expectativas económicas, productivas y/o culturales de un ecosistema específico.

La persistencia de la pastura depende de la sobrevivencia de las plantas originalmente sembradas y estará asegurada más que por la longitud de vida de cada planta, por el reclutamiento continuo de nuevas plántulas, proceso que se debe cumplir preferentemente todos los años (Carámbula, 2003; Bologna, 1996).

En este sentido, Clements citado por Bologna (1996) observó que la persistencia de las leguminosas en una pastura está asociada al número de plantas y no al rendimiento de cada una, aún cuando existe un número mínimo de plantas para obtener un rendimiento satisfactorio.

La persistencia de las leguminosas ha sido asociada con la estabilidad tanto espacial como temporal, así como con la sustentabilidad del sistema pastoril (Jones y Carter citados por Bologna, 1996).

2.2.1 Estrategias de persistencia de las diferentes especies

Dependiendo del hábito de vida y de la longevidad individual esperada, las leguminosas forrajeras pueden ser clasificadas dentro de tres grupos generales: formadoras de corona, formadoras de clones y anuales de resiembra (Forde et al. y Reed et al. citados por Bologna, 1996).

2.2.1.1 Formadoras de corona

Este grupo de especies mantiene su perennidad mediante la formación de un sistema radicular profundo y una corona leñosa. Esta habilidad le confiere ventajas en cuanto a la exploración radicular y por consiguiente gran resistencia a condiciones de sequía, pero posee como principal desventaja la baja tolerancia a la defoliación. Estas especies son especialmente vulnerables al daño causado por el pastoreo, principalmente en el primer año de vida donde la corona no ha sido completamente desarrollada. En general son intolerantes al pastoreo intenso o frecuente, reduciendo su rendimiento y vigor bajo

pastoreo continuo, debido a la reducción progresiva de la capacidad fotosintética y agotamiento de las reservas (Nelson y Smith citados por Bologna, 1996).

Son competidores exitosos en ambientes estables y altamente productivos. Se adaptan mejor a condiciones de media a alta fertilidad y moderada intensidad de pastoreo, donde inicialmente dominan debido a un desplazamiento competitivo (Campbell citado por Bologna, 1996).

Dentro de las especies formadoras de corona se encuentra el *Lotus corniculatus*, con hábito de crecimiento erecto y una profunda raíz pivotante (casi un metro de profundidad) con ramificaciones laterales expandidas en el suelo, y una densa masa de raíces secundarias (Seaney y Henson, 1970). Esto le permite la adaptación a un amplio rango de suelos, prosperando desde suelos con baja fertilidad, pobremente drenados y de textura pesada, deficientes en calcio, alcalinos, salinos e incluso ácidos; por lo que el sistema radicular es la estructura encargada de la persistencia de esta especie (Carámbula, 1977; Scott y Charlton citados por Ayala, 2001a).

Su persistencia es asegurada además por la gran producción de semillas y la dehiscencia de las vainas durante la maduración (Anderson citado por Coscia y Surraco, 1982).

2.2.1.2 Formadoras de clones

Las especies formadoras de clones o que se propagan vegetativamente mediante estructuras especializadas como estolones o rizomas, se encuentran más adaptadas a ambientes menos estables, con mayores disturbios. Este grupo posee características que permiten un rápido crecimiento y una temprana reproducción vegetativa, lo cual les permite ser más tolerantes frente a una defoliación frecuente en comparación con aquellas especies de crecimiento erecto o a partir de corona (Allan y Keoghan citados por Bologna, 1996).

El crecimiento o propagación vegetativa es bastante menos dependiente de la disponibilidad inmediata de recursos que en el caso de reproducción sexual y además permite una mayor flexibilidad en comparación con la producción de semilla en lo que respecta a regeneración y dispersión (Lovett Doust et al. citados por Bologna, 1996).

Las especies de hábito rizomatoso poseen gran resistencia a condiciones climáticas extremas, al igual que a la defoliación, debido básicamente al crecimiento subterráneo de estructuras protegidas y por ende extremadamente persistentes (Chapman et al. citados por Bologna, 1996).

Dentro de este tipo de especies se destaca el *Lotus uliginosus*, que posee hábito de crecimiento decumbente (semiprostrado), debido a la densa distribución de rizomas y

raicillas secundarias asociadas en los 5 a 10 cm superiores del suelo (Sheath, 1980). Además se caracteriza por tener la iniciación y crecimiento de tallos horizontales a partir de una corona y una raíz pivotante (Mac Donald citado por Sheath, 1980).

En otoño se producen tallos gruesos que cuando apenas emergen de la periferia de la planta madre, crecen hacia la superficie del suelo. Estos tallos forman raíces y se convierten en estolones o si el suelo es húmedo y friable, penetran por debajo de la superficie del mismo y forman rizomas (Smetham, 1973).

Contrariamente, las especies estoloníferas no poseen prácticamente resistencia alguna frente a condiciones climáticas adversas, debido a la carencia de un sistema radicular de profundidad considerable, pero sí la mayor adaptación a regímenes de defoliación frecuentes, con un rápido rebrote luego de éstos, dado básicamente a que sus puntos de crecimiento se sitúan a nivel del suelo (Forde et al. citados por Bologna, 1996).

Este grupo de especies es constituido por *Trifolium repens*, que presenta hábito de crecimiento postrado, con muchos tallos extendiéndose por la superficie del suelo y produciendo raíces adventicias en cada nudo. Este sistema de raíces se denominan estolones, donde la formación y enraizamiento de los mismos es lo que asegura la persistencia de esta especie (Smetham, 1973; Carámbula, 1977).

De acuerdo a lo anterior, el trébol blanco persiste por la formación y enraizamiento de estolones, y durante veranos secos o en pasturas pastoreadas muy intensamente, por la producción de semillas, presentando casi un 80% de semillas duras las cuáles permanecen en el suelo como reserva, sustituyendo a su debido tiempo las plantas perdidas (Suckling citado por Smetham, 1973; Smetham citado por Muslera y Ratera, 1984; Carámbula, 2001b).

2.2.1.3 Anuales de resiembra

El mantenimiento de una adecuada densidad de leguminosas anuales en el tiempo, depende básicamente del reestablecimiento del stand de plantas año tras año, lo cual se alcanza con un correcto balance entre las tasas de producción de semilla, reclutamiento de las plántulas y sobrevivencia de las mismas (Bologna, 1996).

La principal ventaja de las especies anuales sobre las perennes en sistemas pastoriles radica en su habilidad de evasión, no solo de las condiciones climáticas restrictivas del período estival, sino también del régimen de defoliación (sobrepastoreo) generalmente impuesto en dicha época del año (Harper y McIntyre et al. citados por Bologna, 1996).

Jones y Carter citados por Bologna (1996) mencionan que algunos de los requerimientos básicos para la persistencia de las especies anuales son la producción suficiente de semilla de buena calidad, adecuado reclutamiento de plántulas, sobrevivencia de los individuos hasta su madurez y capacidad de completar un nuevo proceso de semillazón.

La persistencia de este grupo de especies es extremadamente sensible al manejo del pastoreo (Reed et al. citados por Bologna, 1996). Al respecto Scott et al. citados por el mismo autor agregan que el manejo de la frecuencia, intensidad y duración de la defoliación en relación a la posición de los puntos de crecimiento, es considerado un factor de gran influencia en el vigor y persistencia de éstas leguminosas.

Lotus subbiflorus es un especie característica de este grupo, ya que presenta una gran capacidad de producción de semillas de tamaño pequeño (2.180.000 semillas/kg), con alto porcentaje de semillas duras y una resaltable ausencia de problemas de nodulación. Esto le permite a la planta diseminarse por medio de la estrategia de “guerrilla”, haciendo que la misma aparezca en cualquier lugar de las pasturas sin localizarse en sitios específicos, con una gran habilidad de ocupar nichos vacíos (Risso y Carámbula, 1998).

2.2.2 Factores que inciden en la productividad y persistencia de los mejoramientos

Según García (1992) la persistencia de los mejoramientos es dependiente de la interacción de factores climáticos, variedades, enfermedades y plagas, manejo y competencia, los que dan origen a un problema particular en cada situación.

Las leguminosas presentan normalmente un rango de menor adaptación y menor elasticidad a los estreses ambientales en comparación con las gramíneas, por lo que requieren una mayor atención para asegurar su permanencia productiva por más tiempo (Buxton citado por Carámbula, 2003).

2.2.2.1 Factores climáticos

Los factores climáticos que afectan de forma importante el crecimiento y persistencia de las leguminosas son los déficits y excesos hídricos y las altas temperaturas (García, 1992). Al respecto, Carámbula (2003) agrega que los problemas de persistencia de las pasturas en la región, se originan principalmente por la enorme variación existente en los registros, tanto de temperatura como pluviométricos, aspecto que se ve agravado por las variaciones en la capacidad de almacenaje de agua de los suelos con referencia a los posibles riesgos de sequía.

* Temperatura:

Cooper citado por Bologna (1996) menciona que la gran mayoría de las leguminosas forrajeras germinan bajo un amplio rango de temperaturas (5-25 °C), pero el óptimo varía con las diferentes especies. Además McWilliam citado por el mismo autor, sostiene que la temperatura para el rebrote oscila entre 5 y 35 °C, con un óptimo de 20-25 °C.

Brown y Blaser citados por Carámbula (2002) confirman que el efecto depresivo de la temperatura sobre la producción de forraje se incrementa cuando ocurren temperaturas elevadas acompañadas por una escasa disponibilidad de agua.

Otro de los atributos que debe presentar una especie para ser exitosa y lograr persistir, además de la resistencia a las elevadas temperaturas estivales, es la tolerancia a la ocurrencia de heladas durante el invierno (Carámbula, 2003).

* Relaciones hídricas:

El déficit hídrico hace que se cierren los estomas, se reduzca la transpiración y se eleve la temperatura foliar, excediendo la transpiración a la absorción de agua lo que determina que las plantas se sequen y mueran; en cambio los excesos hídricos detienen el crecimiento radicular por condiciones de anaerobiosis y promueven enfermedades radiculares (Buxton citado por García, 1992).

El sistema radicular superficial y la existencia de espacios con aire en la corteza de la raíz le permiten a *Lotus Maku* sobrevivir bajo suelos húmedos (condiciones anegadas) (Soper citado por Sheath, 1980). Así mismo, cabe destacar que es una especie tolerante a la sequía por su destacada recuperación luego de la misma debido a su extensa red de rizomas (Risso et al. citados por Risso, 2001).

Lotus corniculatus posee un sistema radicular profundo que le permite minimizar los efectos de la sequía, pudiendo explorar el suelo a mayor profundidad (Sheath y Hay citados por González y Monteagudo, 2003).

En el caso del trébol blanco, a partir del segundo año su persistencia productiva depende fundamentalmente de los estolones y de sus raíces adventicias, que frente a un déficit hídrico y a medida que el suelo comienza a secarse en superficie, el potencial de los mismos disminuye y a veces llega a ser nulo, afectando gravemente a dicha especie (Stevenson y Laidlaw citados por García, 1992).

La manifestación de períodos secos durante el verano reducen el desarrollo de *Trifolium repens* en climas templados (Garwood y Tyson y otros citados por Olmos, 2004), pero en condiciones más cálidas como Uruguay, además del crecimiento, la

sobrevivencia de las plantas es severamente afectada por la sequía estival (Moir y Reynaert citados por Olmos, 2004).

En este aspecto Carámbula (2003) menciona que el trébol blanco y el lotus rizomatoso son afectados sensiblemente por la falta de lluvias, y su incapacidad para extender sus sistemas radiculares en profundidad los expone a mayores altibajos en su producción y persistencia.

2.2.2.2 Factores edáficos

Dentro de los factores de carácter edáfico que presentan una mayor incidencia en la persistencia de las pasturas deben citarse: una carencia natural generalizada del nutriente fósforo, problemas de acidez y compactación superficial de los suelos (Carámbula, 2003).

* Nutrientes:

Las especies leguminosas tienen sistemas radiculares menos extendidos que las gramíneas y debido a ello resultan menos eficientes en la competencia por la absorción de nutrientes en el perfil del suelo (Keeney, 1985).

Muslera y Ratera (1984) especifican que las leguminosas parecen superar a las gramíneas en la absorción de calcio, magnesio y otros cationes multivalentes. En cambio, las gramíneas tienen considerable ventaja cuando se trata del potasio, sulfato, fosfato y nitratos.

El fósforo es un nutriente esencial que restringe el buen comportamiento de las leguminosas y por lo tanto, correcciones de deficiencia mediante la aplicación de fertilizantes fosfatados resulta primordial para mejorar el establecimiento y crecimiento de estas especies (Jackman y Movat citados por Bologna, 1996).

Lotus Maku es una especie que se adapta a suelos de baja fertilidad, acidez y mal drenaje, debido a la mayor eficiencia en tomar el fósforo del suelo más que de la eficiencia en el uso del mismo (Brock y Nordmeyer et al. citados por Sheath, 1981).

Lotus El Rincón se adapta a un rango amplio de suelos, teniendo buena producción incluso en suelos ácidos, de baja fertilidad y de drenaje pobre (Carámbula et al., 1994).

Caradus citado por Olmos (2004) reporta una respuesta positiva en la producción de materia seca de *Trifolium repens* frente al incremento en las concentraciones de fósforo en el suelo. En general, el poder competitivo del trébol blanco aumenta a medida que se incrementa el nivel de fósforo disponible en el suelo (Harris, 1987).

De acuerdo con Carámbula (2001b) esta especie prospera en suelos fértiles, arcillosos, con buena humedad y adecuados contenidos de fósforo, no así en suelos pobres, muy ácidos o arenosos.

* Acidez del suelo:

En cuanto a la importancia que ejerce la acidez sobre la productividad y persistencia de las leguminosas, Keeney (1985) sugiere que el rango de pH óptimo para la mayoría de dichas especies varía entre 6 y 7.5, aunque existen especies que se destacan por constituir casos extremos (Carámbula, 2003).

La acidez de un suelo provoca deficiencias nutricionales en las plantas como consecuencia del desequilibrio entre nutrientes en el suelo. Algunas de las principales modificaciones que se producen debido a la acidez son: aumento de los contenidos de aluminio, manganeso y hierro; carencia de calcio, magnesio, potasio y molibdeno; y mala nodulación de las leguminosas (Muslera y Ratera, 1984; Ritchie, 1989). Además, los suelos ácidos constituyen una barrera química a la penetración en profundidad de las raíces, incrementando de este modo la sensibilidad a condiciones de seca (Bologna, 1996).

La presencia de aluminio ejerce una acción depresiva directa sobre el crecimiento de las plantas, siendo considerado como un efecto de toxicidad. Este actúa a nivel de raíz en el proceso de división celular, reduciendo el desarrollo de la misma y en consecuencia de toda la planta, que puede presentar síntomas de carencia de fósforo y calcio. Los efectos de la toxicidad del aluminio son mayores cuando el pH es muy bajo, especialmente en suelos con pH por debajo de 5 (Muslera y Ratera, 1984).

La toxicidad por aluminio al igual que la deficiencia de fósforo puede limitar la nodulación mediante la restricción del número de rizobios en el suelo. Se ha demostrado que el aluminio es particularmente tóxico para los rizobios (Coventry y Evans, 1989).

En este sentido, Hochman y Helyar citados por Bologna (1996) mencionan que el decremento en la persistencia de las leguminosas en suelos con problemas de acidez, se encuentra estrechamente asociado a una menor sobrevivencia y crecimiento de los rizobios.

Lotus Maku es una especie que prospera en diferentes tipos de suelo, con buena adaptación a suelos ácidos debido a la tolerancia de las cepas a la acidez (Norris citado por Sheath, 1981; Ayala y Bermúdez, 2005). Es capaz de producir satisfactoriamente con pH entre 4 y 5.5, siendo su óptimo para la nodulación entre 5 y 5.5 (Smetham, 1973).

Las especies que presentan mayor tolerancia a niveles de acidez de suelo considerables, realizan una absorción y aprovechamiento más eficiente del fósforo en comparación con aquellas especies intolerantes (Keeney, 1985).

Se ha observado que *Lotus corniculatus* crece mejor cuando el pH del suelo oscila entre 6.4 y 6.6, adaptándose a un cierto grado de salinidad (Aldrich y otros citados por Smetham, 1973).

Por su parte, *Trifolium repens* no tolera condiciones alcalinas y nodula mejor cuando el pH se encuentra entre 5.0 y 5.5 (Smetham, 1973). Al respecto Wood et al. citados por Coventry y Evans (1989) demostraron que a niveles de pH de 4.7 o menos, no hubo formación de nódulos para dicha especie.

2.2.2.3 Enfermedades

Las enfermedades constituyen otro de los factores principales que afectan la productividad y persistencia de las leguminosas en las pasturas (Carámbula, 2003). Estas especies debilitadas por la ocurrencia de enfermedades crónicas, se encuentran expuestas a mayores efectos por competencia de la vegetación, daño por insectos, condiciones ambientales adversas o patógenos oportunistas (Null y Wheaton, 1993; Bologna, 1996). Al respecto English (1999) añade que las plantas infectadas presentan una menor habilidad competitiva, lo que se traduce en una disminución del crecimiento y vigor de las mismas.

La prevalencia de ciertas enfermedades depende en gran medida de las condiciones ambientales como temperatura, humedad y situaciones de estrés, las cuales están relacionadas al ambiente local del sitio en consideración y a las prácticas de manejo (Halpin et al. citados por Olmos, 2004).

A efectos de caracterizar las enfermedades resulta necesario distinguir aquellas que afectan la implantación de la pastura, de aquellas que afectan la pastura ya establecida. En este sentido Altier (1990) menciona que las primeras son causadas por patógenos del suelo o de la semilla que actúan en las etapas de pre y postemergencia. Durante la fase de establecimiento de las pasturas un complejo de numerosos hongos de suelo incluyendo *Phythium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum spp.*, *Phoma spp.*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia spp.*, son los responsables de la destrucción de las plántulas y plantas jóvenes (Watson et al. citados por Bologna, 1996; Stewart et al. citados por English, 1999). Dentro de las enfermedades que afectan a la pastura ya establecida, es importante separar enfermedades foliares de las de raíz y corona (Altier, 1990). Carámbula (2003) establece que en el caso de plantas adultas las enfermedades de raíz, corona y estolones, son quienes llevan a la muerte de las plantas al alterar la normal absorción de agua y nutrientes, la acumulación de reservas y la fijación de

nitrógeno. Gillespie citado por Bologna (1996) concuerda con lo citado anteriormente y agrega que las enfermedades pueden además reducir la producción de semilla.

Según García (1992) las enfermedades producen una importante pérdida de plantas y aún cuando generalmente son categorizadas por la porción de la planta que atacan (foliares, radicales, etc) sus efectos son sobre la planta entera.

En relevamientos realizados en INIA La Estanzuela, se determinó que en *Lotus corniculatus* sólo un 15% de las plantas sobrevivieron el tercer año, debido principalmente a enfermedades de raíz y corona (Altier citado por Carámbula, 2003). Beuselinck et al. citados por English (1999) reportaron reducciones del 90% en la densidad de plantas de *Lotus corniculatus* durante un período de dos años, asociado igualmente a enfermedades de raíz y corona. Los resultados obtenidos para trébol blanco cv. Zapicán indican incrementos del 80% en la producción de forraje del segundo año, como resultado de la aplicación de funguicidas, poniendo de manifiesto la importancia del problema (García, 1992). Burns y Chamblee citados por Matches (1989) atribuyen los mayores problemas de persistencia de esta especie primeramente a las enfermedades, en segundo lugar a los insectos y subsecuentemente al estrés hídrico y térmico sufrido por las plantas debilitadas.

En lo que respecta al control de enfermedades, únicamente en los casos de semilleros parece factible plantearse el uso de funguicidas como herramientas de control. En pasturas para uso directo de animales, el empleo de variedades resistentes a las enfermedades prevalentes en cada región y el manejo, son las estrategias a utilizar (Seaney y Henson, 1970; García, 1992).

A modo de síntesis de las principales características de cada una de las especies y con el fin de lograr un mejor entendimiento acerca de su comportamiento, se presenta a continuación un cuadro comparativo sobre las leguminosas, motivo de estudio del presente trabajo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Presentación comparativa de las diferentes leguminosas bajo estudio.

Características	<i>Lotus uliginosus</i>	<i>Lotus subbiflorus</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Trifolium repens</i>
Hábito de vida	perenne	anual	perenne	perenne
Crecimiento a partir de	corona y rizoma	corona	corona	estolones
Hábito de crecimiento	semiprostrado	prostrado	erecto	prostrado
Sistema radicular	poco profundo	medianamente profundo	muy profundo (raíz pivotante)	poco profundo a superficial
Producción de forraje (kg/ha de MS de leg.) *	7023	4916	6321	421
Distribución estacional	primavero-estivo-otoñal	otoño-invierno-primaveral	primavero-estivo-otoñal	otoño-invierno-primaveral
Manejo del pastoreo	intensos pero poco frecuentes	intensos y frecuentes	intenso pero poco frecuente o viceversa	intensos y frecuentes
Adaptación a baja fertilidad y acidez	buena pH entre 4.4-4.5	buena	buena pH entre 6.4-6.6	media
Tolerancia a sequía	baja	media	alta	baja
Vigor inicial	bajo	bajo	muy bueno	muy bajo

*Datos para Sierras del Este (acumulado 1992-94)

2.3 BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO

El banco de semillas del suelo o “reservorio de semillas” comprende un agregado de semillas no germinadas, potencialmente capaces de reemplazar plantas adultas tanto anuales como perennes (Baker, 1989). Este refleja parcialmente la historia de la vegetación y es probable que contribuya en su futuro, asegurando la persistencia de la población (Fenner, 1993).

La persistencia de los bancos de semilla en el suelo es un componente fundamental del fenómeno de sucesión de las especies y cumple un rol sustancial en la evolución de las comunidades (Tizne y Cocine citados por Priestley, 1986), constituyendo un seguro frente a situaciones climáticas adversas, enfermedades o errores en el manejo (Ayala, 2001a).

Según Louda (1989) las semillas son importantes tanto para el mantenimiento y crecimiento de poblaciones existentes, así como para la iniciación de nuevas comunidades. En este sentido Bewley y Black (1994) agregan que la semilla ocupa una posición crítica en la vida e historia de la planta adulta, donde la eficiencia con la cual el nuevo individuo es establecido, el tiempo, lugar y vigor del mismo es determinado por las características fisiológicas y bioquímicas de la semilla.

Una semilla -añade Quinlivan citado por Muslera y Ratera (1984)- es una planta viva en forma embrionaria, cuya misión es perpetuar la especie a través del tiempo y, a veces incluso del espacio, hasta que las condiciones sean favorables para renovar el crecimiento de la planta en un nuevo ciclo vegetativo.

Las diferentes especies pueden dar lugar a la formación de distintos tipos de bancos de semillas. En este aspecto, existe una notoria diferencia entre especies anuales y perennes en la evolución de adaptación a condiciones ambientales cambiantes. El banco de semillas de especies anuales es básicamente representativo de aquellos genotipos “exitosos” en años favorables, donde se formaron grandes cantidades de semilla. En contraste, el banco de semillas originado por especies de carácter perenne, deriva de aquellas plantas que han persistido y que supuestamente se encuentran adaptadas tanto a buenos años, como a aquellos desfavorables (Baker, 1989). En pasturas, los bancos de semillas del suelo parecen estar más desarrollados en especies anuales que en perennes (Rice, 1989).

Mejoramientos de campo en base a trébol blanco durante un período de treinta años en Australia, mostraron un rango de 422-1455 semillas/m² (Hutchinson et al. citados por Olmos, 2004). La mayoría de los establecimientos reportados para dicha especie se encontraron en el rango de 500-2000 semillas/m² (Archer y Rochester citados por Olmos, 2004).

Turkington y Burdon citados por Cavers y Benoit (1989) encontraron entre 5 y 641 kg/ha de semilla de *Trifolium repens* en tierras de labranza. A su vez, Champness y Morris citados por Harris (1987) obtuvieron una máxima población de semillas viables de 12 kg/ha. Por su parte, Suckling y Charlton (1978) reportaron un rango de 3-25 kg/ha de semilla en potreros pastoreados con vacunos y de 0-10 kg/ha de semilla de trébol blanco en aquellos pastoreados con ovinos.

En Uruguay Machado y Nuñez (2002) encontraron en pasturas mezcla de *Lotus corniculatus* y trébol blanco al segundo año de evaluación, valores promedio de 3436 y 5646 semillas/m² para bancos de semillas del suelo de las especies antes nombradas, respectivamente, en un Argisol Subéutrico de la Unidad Alférez. Mientras que González y Monteagudo (2003) obtuvieron para las mismas especies y tipo de suelo, pero en un mejoramiento de sexto año, valores de 1216 y 3370 semillas/m² respectivamente.

Un banco de semillas de *Lotus uliginosus* cv. Maku de 600 semillas/m², es equivalente a 2.7 kg/ha de semilla, lo cual debería ser cantidad suficiente para el reestablecimiento de la pastura luego de condiciones climáticas adversas (seca o inundación), en caso de que esa semilla sea de una calidad razonable (30% de germinación) (Harris et al., 1992).

Los bancos de semilla pueden ser clasificados en *transitorios*, donde las semillas germinan dentro del año de dispersión inicial, o *persistentes*, con semillas que permanecen en el suelo por varios años (Simpson et al., 1989). Al respecto, Thompson y Grime citados por Baskin y Baskin (1989) coinciden con la clasificación anterior pero con la distinción de cuatro tipos de bancos de semilla: Tipo I, banco de semilla de carácter transitorio presente durante verano; tipo II, banco de semilla transitorio presente durante el invierno; y Tipos III y IV, correspondientes a bancos persistentes. En el tipo establecido como III, una gran proporción de las semillas presentes germina inmediatamente luego de la semillazón, permaneciendo en el suelo solo una pequeña fracción de las mismas. En el Tipo IV por su parte, pocas son las semillas que germinan antes de ser incorporadas al suelo.

Aquellas semillas que integran un banco de carácter persistente son el resultado de un solapamiento de generaciones, dando origen de este modo a una estructura de edad variable entre los grupos de semillas existentes en el banco (Rice, 1989).

2.3.1 Dinámica del banco de semillas

La dinámica del banco de semillas está en función de la cantidad de semillas presentes, así como de las características de las mismas (Fenner, 1993).

Esta dinámica esta dada por las tasas de entrada y de salida del banco (Figura 1). La entrada principal al banco de semillas se origina por la semillazón natural o dispersión local, aunque también puede ocurrir que las semillas de fuentes distantes puedan contribuir de manera importante a dicho banco. La dispersión local es pasiva, originada por la eyección mecánica de la semilla, mientras que el viento, agua y animales constituyen agentes causantes de la dispersión a distancia. Con referencia a las salidas del banco de semillas, se pueden citar la germinación, como respuesta a determinadas señales medioambientales; procesos que llevan a entierro profundo o redispersión; interacción con animales y patógenos que conducen a la muerte; senescencia natural y descomposición (Carámbula, 2003).

El relacionamiento entre entradas y salidas del banco de semillas del suelo determina directamente la densidad de semillas, la composición de las especies en la comunidad y la reserva genética (Bewley et al. citados por Baker, 1989; Thomas, 1987; Simpson et al., 1989).

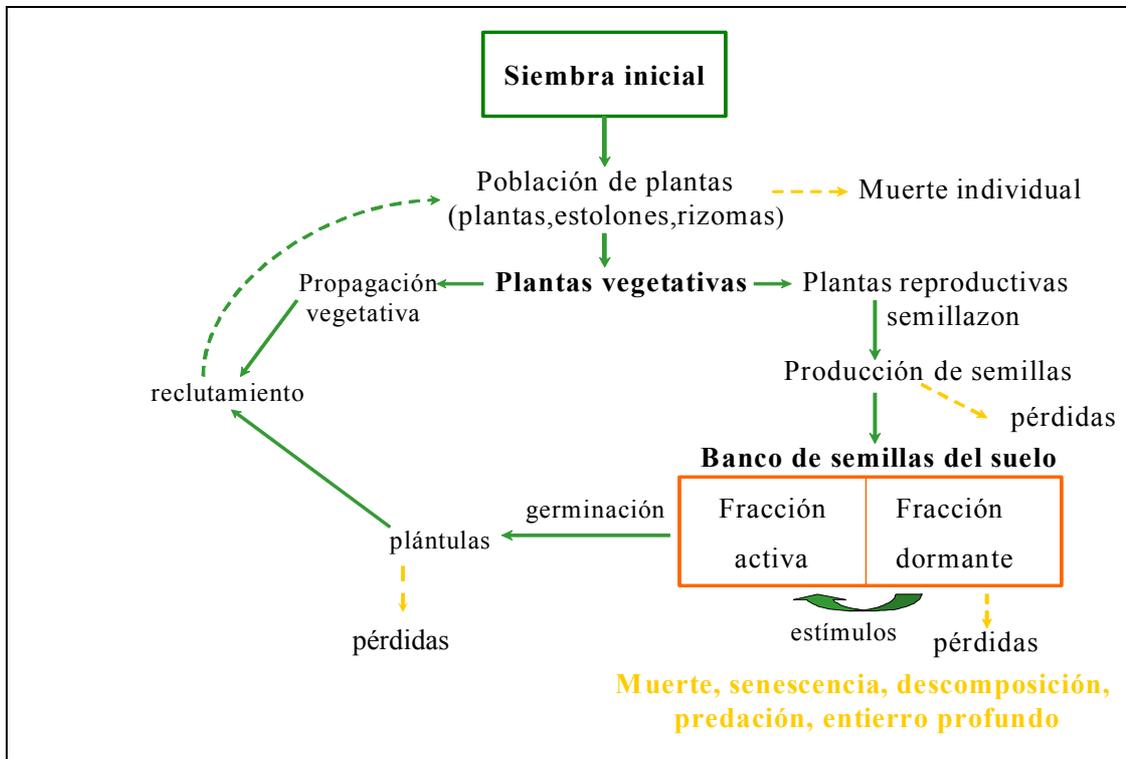


Figura 1. Diagrama representativo de la dinámica del banco de semillas del suelo (parcialmente adaptado de Bologna, 1996 y Carámbula, 2002).

El tamaño del banco de semillas es consecuencia entonces del balance entre ganancias y pérdidas ocurridas en cierto período de tiempo. Su cuantificación constituye una herramienta de suma utilidad en la toma de decisiones de manejo tendientes a mejorar la persistencia de las pasturas y/o eventualmente en los procesos de rejuvenecimiento de las mismas. Así contar con una metodología rápida y de fácil instrumentación resulta sumamente útil a los efectos de describir adecuadamente los bancos de semillas (Simpson citado por Ayala, 2001a).

Existen métodos sencillos y confiables para el análisis y determinación del banco de semillas. Dentro de las alternativas existentes se destacan dos grupos diferenciados: *métodos de conteo directo* y *métodos de conteo de emergencia de plántulas*. Los primeros se basan fundamentalmente en el empleo de tamices, flotación u otros métodos de separación, para determinar el número total de semillas presentes en el suelo. Estos sin embargo, no brindan información acerca de los niveles de viabilidad de la semilla, determinación que deberá ser establecida mediante el uso de tests de germinación o análisis de tetrazolio. En contraste, los métodos que involucran el conteo de emergencia de plántulas, proporcionan una medida estimativa de la viabilidad de las semillas del banco y por ende del potencial de actividad de la reserva de semillas. Por lo general, ésta

alternativa subestima los resultados ya que los patrones de germinación son muy sensibles a las condiciones ambientales, lo cual estaría determinando la necesidad de combinación de ambos procedimientos como forma de obtener resultados más precisos (Simpson et al, 1989; Ayala, 2001b).

2.3.2 Dormancia

La dormancia o latencia constituye un estado que presentan las semillas en el cual no germinan mientras sus embriones no sufran una serie de cambios fisiológicos y químicos previos (Roberts citado por Carámbula, 1981). Esta constituye un mecanismo de prevención de la germinación bajo condiciones ambientales que pueden resultar inapropiadas para el establecimiento de los individuos (Fenner, 1993).

Una semilla dormante podría definirse como aquella que se mantiene inactiva aún con la expresión de condiciones de medioambiente (luz, temperatura, agua y oxígeno) que favorezcan la germinación (Baskin y Baskin, 1989).

La importancia ecológica de la inactividad de la semilla radica en regular el tiempo y proporción de germinación, aumentando al máximo la sobrevivencia de la especie bajo condiciones naturales, logrando de esta manera año tras año cierta estabilidad productiva en la pastura (Russi et al., 1992).

La inactividad permite que la semilla permanezca viable, a la espera de condiciones más favorables en el futuro. De este modo, la ausencia de dormancia podría significar una desventaja comparativa entre especies ya que las oportunidades de dispersión se verían reducidas, aún en ambientes predecibles (Fenner, 1993).

Las características de una semilla son determinadas durante el transcurso de su desarrollo, de modo que las condiciones ambientales experimentadas por parte de la planta madre durante la maduración de la semilla, pueden estar influenciando de manera importante el tipo de dormancia a presentar por la misma. Como regla general, la ocurrencia de bajas temperaturas durante el período de maduración de la semilla resulta en niveles mayores de dormancia y viceversa (Fenner, 1993).

Otros factores ambientales que estarían condicionando el desarrollo de dormancia en las semillas durante su maduración serían, la deficiencia de nutrientes, estrés hídrico y calidad de luz (Sowhney et al. y Mc Cullough et al. citados por Fenner, 1993). En lo que respecta a los regímenes de luz, en algunos casos resulta claro que el espesor de la cubierta seminal se encuentra afectada por la longitud del día, siendo los días largos promotores de un mayor grosor y dureza de las cubiertas, reduciendo de este modo la germinación (Fenner, 1991).

Harris (1987) sostiene que aquellas semillas de trébol blanco formadas bajo condiciones de sequía se encuentran en un estado de dormancia profundo, mientras que las desarrolladas bajo regímenes óptimos de humedad son capaces de germinar en el corto plazo.

2.3.2.1 Tipos de dormancia

Según Baskin y Baskin (1989) existen cinco tipos generales de dormancia exhibidos por las semillas en su madurez, distinguidos en base a la permeabilidad o impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua, grado de desarrollo del embrión al estado de madurez de la semilla y dormancia fisiológica del embrión (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tipos, causas y características de la dormancia en semillas.

Tipos	Causas	Características del embrión
Fisiológica	Mecanismo fisiológico de inhibición de la germinación en el embrión	Completamente desarrollado; dormante
Física	Cubierta seminal impermeable al agua	Completamente desarrollado; no dormante
Combinacional	Cubierta seminal impermeable y mecanismo fisiológico de inhibición de la germinación en el embrión	Completamente desarrollado; dormante
Morfológica	Embrión subdesarrollado	Subdesarrollado, no dormante
Morfofisiológica	Embrión subdesarrollado y mecanismo fisiológico de inhibición de la germinación en el embrión	Subdesarrollado; dormante

Fuente: Baskin y Baskin (1989)

La mayoría de las especies en el banco de semillas presentan dormancia fisiológica, seguida en orden descendiente de importancia por la dormancia física, combinacional, morfofisiológica y en último termino la morfológica (Baskin y Baskin, 1989).

En las leguminosas, la dormancia de las semillas es causada por un bloqueo físico representado por una cubierta resistente e impermeable, que al impedir el ingreso del agua y el intercambio gaseoso, no permite ni la imbibición de la semilla ni la oxigenación del embrión, que debido a ello permanece latente (Jacob et al., 2004).

En el género lotus, la presencia de taninos condensados en la pared celular de cubiertas seminales, se encuentra estrechamente vinculada a la tasa de absorción de agua y al porcentaje de semilla dura (Kantar et al. citados por Dübbern y Marcos-Filho, 2001). Al respecto, Debeaujon et al. citados por Ellis et al. (1985) afirman que los taninos condensados ejercen un control sobre la permeabilidad y la dormancia de la

semilla. Zavaleta et al. (2003) mencionan que la impregnación de estos compuestos fenólicos a paredes secundarias de la semilla le confiere características impermeables, lo cual hace pensar en la interacción entre la presencia de taninos y su papel en la impermeabilidad de semillas.

Se entiende por semilla dura aquella cuyo pericarpio no permite la entrada del agua, lo cual impide su absorción y posterior germinación (Carámbula, 1977).

A pesar de que otros mecanismos de dormancia pueden estar involucrados, la cubierta de la semilla parece ser la que previene la germinación bajo condiciones favorables (Grime et al. citados por Roberts y Boddrell, 1985).

La cubierta de la semilla tiene como principales funciones, la preservación de la integridad de las partes de la semilla, la imbibición, la regulación del intercambio gaseoso entre el embrión y el medio externo, la protección del embrión contra posibles daños mecánicos y del ataque de plagas y enfermedades; y en muchas especies, la participación en procesos de dispersión de semillas. La cubierta seminal, también denominada testa, es de este modo la principal moduladora de las interacciones entre las estructuras internas de la semilla y el ambiente exterior (Dübbern y Marcos-Filho, 2001).

La producción de semillas con cubierta gruesa e impermeable al agua (semilla dura) puede ser consecuencia de la reducción en el flujo de nutrientes así como de determinadas hormonas, en especial de citoquininas provenientes de la raíz, debido a condiciones ambientales adversas experimentadas por la planta madre (Nooden et al. citados por Dübbern y Marcos-Filho, 2001). Ramsay citado por Dübbern y Marcos-Filho (2001) sostiene que la dureza de la semilla es un carácter hereditario controlado por uno o pocos genes, altamente influenciado por el ambiente.

La impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua es debida, no a la presencia de una cutícula cerosa, sino a la existencia de una capa de células de malpighi en empalizada impregnadas de sustancias que repelen el agua, dentro de las cuales se incluyen suberina, cutina y lignina. Las semillas no se convierten en permeables hasta que de alguna manera surge una apertura a través de la capa de células (Rolston citado por Baskin y Baskin, 1989). Diversos estudios anatómicos realizados sobre varias especies afirman que es una región específica de la cubierta la que se vuelve permeable al agua, más que toda la testa de la semilla. En leguminosas, el estrófilo es el sitio de entrada de agua al interior de la semilla (Baskin y Baskin, 1989).

Al respecto, Dübbern y Marcos-Filho (2001) sostienen que en estas especies el grado de permeabilidad de la semilla está estrechamente asociado al comportamiento de determinadas estructuras presentes en la cubierta de la semilla como el hilio, micrópilo y estrófilo. El hilio se encuentra representado por una cicatriz prominente que marca el

antiguo punto de unión con la pared del ovario (funículo). Cerca del hilio existe un pequeño orificio llamado micrópilo, conectado con el interior de la semilla y que marca el punto por el que la radícula romperá la cubierta seminal. Finalmente, el estrófilo corresponde a una estructura presente en las proximidades del hilio, cuya función consiste en restringir el movimiento del agua hacia el interior y exterior de algunas semillas (Bewley y Black, 1994).

La proporción de semilla dura varía no solamente con las especies (Cuadro 9), sino también de localidad en localidad y entre años dentro de una misma especie (Rolston citado por Baskin y Baskin, 1989).

Cuadro 9. Porcentajes de dureza para distintas leguminosas.

Especie	Dureza (%)	Fuente
<i>Lotus corniculatus</i>	38 – 41	Bologna citado por Ayala, 2001
	45 – 54	Taylor et al. citado por Ayala, 2001
<i>Lotus subbiflorus</i>	21	Levy citado por Smetham, 1973
<i>Lotus pedunculatus</i>	24	Levy citado por Smetham, 1973
	50	Hampton et al. citado por Frame, 2001
<i>Trifolium repens</i>	70	Jones et al. citado por Rice, 1989

La dureza en las semillas cumple un rol de suma importancia en el sistema pastoril ya que asegura un mecanismo de dispersión espacial y temporal, evadiendo los riesgos de una germinación sincronizada y retrasando la misma hasta la ocurrencia de condiciones ambientales más favorables para la sobrevivencia de las plántulas. Además, esta característica contribuye al mantenimiento de la longevidad de las semillas enterradas (Fenner citado por Bologna, 1996).

2.3.2.2 Factores que determinan la ruptura de dormancia

* Tratamientos artificiales:

La dormancia física o dureza impuesta por las características de la cubierta de la semilla presente en leguminosas, puede ser superada artificialmente por una variedad de tratamientos térmicos, químicos y mecánicos. Específicamente para las especies leguminosas se cita la utilización de choque térmico (temperaturas contrastantes), la utilización de ácidos fuertes (ácido sulfúrico), la inmersión en solventes (alcohol, agua, etc.) y la escarificación mecánica (Jacob et al., 2004).

Con respecto a la variación térmica, Blazer y Killinger citados por Olmos (2004) obtuvieron un incremento en la germinación mediante la aplicación de temperaturas alternas (1 a 25 °C), en comparación con temperaturas constantes (24 a 29 °C).

Según González y Monteagudo (2003) el trébol blanco respondió en forma positiva a la exposición a bajas temperaturas, mientras que para *Lotus corniculatus* este estímulo no mejoró el porcentaje de germinación. Esto coincide con lo mencionado por Arambarri et al. citados por Olmos (2001), quienes sostienen que para reducir la dureza en esta especie se requiere mantener la semilla a bajas temperaturas (5 °C) durante un período de cincuenta días previos a la siembra.

Por su parte, la escarificación mecánica provoca fisuras en la testa de la semilla, aumentando de ese modo su permeabilidad y permitiendo el ingreso del agua al interior de la misma con la inmediata promoción de la germinación. A pesar de ser una de las técnicas más empleadas y de mayor efectividad en la ruptura de dormancia, cualquier aumento en el tiempo de utilización de este método puede ocasionar daños físicos y fisiológicos, afectando la germinación y elevando el número de plantas anormales (Jacob et al., 2004). La escarificación mecánica, cuando es usada en grandes lotes de semillas puede reducir significativamente el porcentaje de semillas duras (Hare et al. citados por Jacob et al., 2004). Horowitz y Taylorson citados por Uzun y Aydin (2004) indicaron que el modo más eficiente de lograr la ruptura de dormancia impuesta por la cubierta dura, era sin cuestionamiento el tratamiento mecánico. Muir y Pitman citados por Uzun y Aydin (2004) coinciden plenamente con lo afirmado anteriormente y agregan el empleo de ácido sulfúrico como alternativa eficaz para la supresión de dormancia en leguminosas.

* Tratamientos naturales:

En condiciones naturales otros son los factores involucrados en el “ablandamiento” de semillas duras. Algunas ideas de cómo estas semillas se vuelven permeables en la naturaleza incluyen la ingestión y escarificación ácida dentro del tracto digestivo de ciertos animales, escarificación mediante el raspado de las semillas contra rocas u otros objetos de considerable dureza y el ataque por parte de bacterias u hongos (Suckling y Charlton, 1978; Baskin y Baskin, 1989).

En algunos casos, las semillas deben experimentar primeramente determinadas condiciones ambientales como ser la ocurrencia de frío, seguido por temperaturas favorables, disponibilidad de oxígeno, liberación de inhibidores químicos y regímenes de luz (fotoperíodo, calidad e intensidad) específicos; los cuales parecen iniciar los procesos bioquímicos de ruptura de dormancia (Fenner, 1993).

De acuerdo a Baskin y Baskin (1989), la temperatura, más precisamente la fluctuación de la misma es probablemente el factor ambiental más importante en la regulación de la ruptura de la región anatómica especial de la cubierta y de la entrada de agua al interior de la semilla. Quinlivan (1966) afirma que variaciones de temperatura fueron requeridas para alcanzar el máximo ablandamiento de la cubierta seminal bajo condiciones de campo. Por su parte, Bewley y Black (1994) sostienen que la radiación

solar alta seguida por temperaturas nocturnas bajas, actúan rompiendo las cubiertas duras de las semillas.

La semilla colocada en la parte superior del perfil del suelo ha mostrado una rápida reducción en la proporción de semilla dura, comparada con la semilla que se encuentra a mayor profundidad, probablemente debido a que en la superficie se presenta un rango más amplio de temperaturas extremas (Robinson citado por Olmos, 2004).

Debido a que las fluctuaciones diarias de temperatura y condiciones de seca y humedad son más intensas sobre la superficie que debajo de esta, las semillas presentes cerca de la superficie del suelo, tienen mayores probabilidades de germinar que aquellas enterradas a varios centímetros. Las semillas no tienen que estar en la superficie del suelo para germinar, pero si lo bastante cerca de esta para que las condiciones ambientales actúen (Baskin y Baskin, 1989).

La densidad de la cobertura vegetal que cubre la semilla, afecta la amplitud de fluctuación térmica, que a su vez se correlaciona con los porcentajes de germinación (Bewley y Black, 1994).

2.3.3 Germinación

La germinación corresponde en las semillas de leguminosas al proceso de aparición de la radícula tras la ruptura de la semilla, una vez que las mismas se han embebido de agua (Muslera y Ratera, 1984).

Según Carámbula (1981) la germinación se define como “emergencia y desarrollo del embrión, que da origen a estructuras esenciales que se consideran indicativas de la habilidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables”.

Miller y McDonald (1994) mencionan que la germinación depende enteramente de que los órganos de la semilla se encuentren intactos y que sean funcionales. Al respecto, Roberts et al. citados por Priestley (1986) agregan que la germinación de una semilla es dependiente del correcto funcionamiento de un número relativo de células claves presentes en el embrión.

De acuerdo con Grabe, Hill y Watkin citados por Carámbula (1981), la habilidad para germinar es directamente proporcional al peso de las semillas. Al respecto, Hull citado por Machado y Nuñez (2002) mencionan que el peso de las semillas, determinado por las condiciones ambientales durante la semillazón, está implicado en parte en la habilidad germinativa de las semillas.

La semilla puede variar en peso y tamaño desde alrededor de 0.80 g cada mil semillas para lotus Maku y 1.13 g cada mil semillas para el caso de *Lotus corniculatus*

(McLaughlin y Clarke citados por Castaño y Menendez, 1998). Según Hare et al. citados por los mismos autores, el máximo peso seco de mil semillas de *Lotus pedunculatus* cv. Maku fue de 0.71 g, lo cuál le da vigor para su germinación y facilidad para su establecimiento.

Castaño y Menendez (1998) encontraron pesos de mil semillas de 0.73 g para lotus Maku, 1.17 g para lotus INIA Draco y un rango de 0.51-0.55 g para las líneas experimentales que dieron origen al LE 627. Para el caso del trébol blanco, Champness y Morris citados por Harris (1987) reportan un peso de mil semillas de 0.60 g, lo cuál coincide con lo expresado por Adam y Robiman citados por Harris (1987), quienes mencionan un rango de 0.60-0.71 g para dicha especie.

2.3.3.1 Factores que regulan la germinación

El proceso de germinación se encuentra regulado por diversos factores externos entre los cuales se destacan la temperatura, agua, luz y gases, y por factores intrínsecos de la semilla como permeabilidad y madurez fisiológica (Carámbula, 2002).

* Temperatura:

Uno de los factores con mayor influencia sobre la germinación de las semillas es la temperatura experimentada durante el desarrollo de las mismas. Con muy pocas excepciones, la germinación esta correlacionada positivamente con la temperatura ocurrida durante la maduración (Fenner, 1991).

La mayoría de las leguminosas forrajeras germinan dentro de un amplio rango de temperatura, siendo variable para las diferentes especies (Cooper, Hampton et al. y Hill y Luck citados por Bologna, 1996). El rango óptimo de temperatura sería aquel más favorable tanto para la germinación de las semillas como para el crecimiento de las plántulas, siendo determinado por el número y velocidad de emergencias por unidad de superficie (Roberts citado por Machado y Nuñez, 2002).

A pesar de que la tasa de germinación de las especies es claramente dependiente de la temperatura, no existe evidencia de que temperaturas dentro del rango de 5 a 30 °C constituyan un factor limitante para la germinación de especies templadas, a excepción del trébol subterráneo (McWilliam et al., 1970).

Según Miller y McDonald (1994) la germinación y emergencia de las plantas de *Lotus corniculatus* se encuentra controlada principalmente por la temperatura y la disponibilidad de agua. En este sentido, Woods y Mac Donald, Hur y Nelson y Hill y Luck citados por Bologna (1996) mencionan que el *Lotus corniculatus* requiere una temperatura base de 5 °C para germinar, siendo este proceso demorado o reducido por la ocurrencia de temperaturas inferiores a 10 °C.

La tasa de germinación de *Lotus uliginosus* se ve reducida por la ocurrencia de bajas temperaturas (5 °C), así como por fluctuaciones de la misma (5/10 °C), en comparación con otras leguminosas forrajeras (Hampton et al. citados por Frame, 2001).

Hill y Luck citados por Carámbula (2002) observaron que bajo un régimen de temperaturas de 15 °C de día y 10 °C durante la noche, el trébol blanco comenzaba a germinar a las 24 horas y el lotus lo hacía a las 45 horas. En cambio, bajo un régimen de temperaturas menores de 12 °C de día y 6 °C de noche, estas cifras pasaban a ser 112 y 234 horas para trébol blanco y lotus respectivamente.

* Agua:

De todos los factores que regulan la germinación, de acuerdo con Miller y McDonald (1994) la disponibilidad de agua es probablemente el más importante, ya que la absorción de la misma activa diversos procesos fisiológicos esenciales. Fenner (1991) sostiene que el efecto de estrés hídrico sufrido durante el desarrollo de la semilla, estaría condicionando la posterior germinación de la misma.

* Luz:

El aspecto más importante dentro del régimen de luz, que estaría influenciando la germinación, sería la longitud del día experimentada por la planta madre durante el desarrollo de las semillas. Numerosos casos han sido reportados con respecto a los efectos ejercidos por el fotoperíodo sobre la subsecuente germinación de las semillas. En la mayoría de los casos la germinación se ve promovida por regímenes de día corto, mientras que la dormancia se incrementa con la longitud del día (Fenner, 1991).

La cantidad y calidad de luz transmitida en el suelo es de gran importancia ya que controla la inactividad y germinación (Bewley y Black, 1994). Thomas (1987) coincide con la importancia de la calidad de luz en la germinación al relacionarla con la profundidad a la cual se encuentra la semilla. A mayor profundidad la relación rojo/rojo lejano se hace menor causando una disminución en la germinación de semillas sensibles a la luz.

Niedzwiedz-Siegen y Lewak citados por Freitas y Takaki (2000) trabajando con *Trifolium repens* observaron la dependencia de la germinación por la luz, especialmente en condiciones de déficit hídrico, siendo el fitocromo aparentemente el responsable de la inhibición de dicho proceso.

* Gases:

Ballard citado por Muslera y Ratera (1984) demostró que el anhídrido carbónico, en pequeñas concentraciones, podía evitar la latencia en trébol subterráneo y otras leguminosas, inhibidas en su germinación por las temperaturas altas. Al respecto Roberts citado por Machado y Nuñez (2002) sostiene que niveles reducidos de anhídrido carbónico provocan un aumento en la germinación, mientras que niveles superiores a 5% la inhiben.

2.3.3.2 Análisis de germinación

El análisis de germinación se efectúa con el objetivo de conocer la capacidad de la semilla para dar origen a una plántula normal. Debe tenerse siempre presente que las condiciones artificiales en las cuales se realiza este análisis son altamente favorables, por lo que no representa bajo ningún concepto las condiciones experimentadas a campo. Por consiguiente, el análisis de laboratorio representa la germinación potencial de la muestra y con mucha frecuencia no se correlaciona con los datos registrados en el campo, en particular cuando las condiciones se tornan circunstancialmente poco favorables (bajas temperaturas, déficit hídrico, encostramiento, entre otros) (Carámbula, 1981).

En este sentido, Priestley (1986) menciona que el porcentaje de germinación a campo de un lote de semillas, resulta generalmente inferior al de aquellas sometidas a condiciones favorables.

2.3.4 Viabilidad

Un aspecto importante de las estrategias para manejar el banco de semillas es conocer la extensión del tiempo durante el cual las semillas de una determinada especie pueden permanecer viables en el suelo (Carámbula, 2002).

Baker (1989) sostiene que un banco de semillas puede funcionar únicamente si las semillas presentes en él mantienen su viabilidad a lo largo del tiempo.

La viabilidad de una semilla puede ser definida como la habilidad de esta de estar viva, poseer cierto nivel de germinación y demostrar una buena performance en el campo (Miller y McDonald, 1994).

El porcentaje de viabilidad constituye la forma de expresar el porcentaje de embriones que han completado su desarrollo y que son capaces de germinar luego de ser expuestos a condiciones favorables (Carámbula, 1981). Según Priestley (1986) existe una relación clara entre la tasa germinativa y el porcentaje de viabilidad de las semillas.

2.3.4.1 Análisis de viabilidad

La estimación de la viabilidad de semillas duras de leguminosas se realiza mediante el empleo de tests de germinación o análisis de tretazolio (Priestley, 1986). Este último método consiste en una prueba rápida basada en reacciones químicas, donde los embriones de las semillas al tomar contacto con la solución de tetrazolio, adquieren diferentes tonalidades. Las semillas son agrupadas de acuerdo con la coloración que presenten, siendo las de color rosado intenso semillas viables, las de color carmín intenso semillas enfermas y aquellas que no se colorean o lo hacen muy débilmente semillas no viables (Carámbula, 1977).

2.4 COMENTARIOS GENERALES

Resulta claro que la falta de persistencia, en general de las pasturas y en particular de las leguminosas, se presenta como un serio problema en gran parte del mundo, situación que además se registra en nuestro país, donde las pasturas incluyen a las leguminosas como uno de sus principales componentes. La Región Este, principalmente la zona de Sierras, presenta ciertas características que limitan la vida productiva de las pasturas, destacándose la acidez del suelo, la presencia de aluminio intercambiable, en algunos casos la baja capacidad de almacenaje de agua y la topografía. En este sentido los mejoramientos de campo constituyen la mejor alternativa tanto económica como productiva, demostrando ser los más adaptados a las condiciones medioambientales de esta zona.

Los mejoramientos de campo no escapan a los problemas de persistencia y productividad, situación que conduce a la necesidad de conocer los factores y sus relaciones, que inciden en el comportamiento de las pasturas, de modo que las interacciones detectadas puedan ser utilizadas como posibles estrategias de manejo para lograr la mayor persistencia productiva de las especies sembradas en esta región.

Una vez detectada la problemática de la persistencia de los mejoramientos y a medida que el aporte de las especies de interés se ve reducido, resulta de gran interés recurrir a las estrategias de persistencia particulares de cada especie. Es aquí donde el banco de semillas del suelo constituye una herramienta fundamental para retrotraer el mejoramiento a fases iniciales del proceso de sucesión, de modo de mantener su potencial productivo a través del tiempo.

En base a los elementos mencionados anteriormente se elabora el presente proyecto con el fin de abordar la problemática de persistencia y productividad de los mejoramientos de campo. De este modo se pretende lograr recomendaciones de manejo para las leguminosas con el propósito de mantener una población estable al correr de los años.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El trabajo se desarrolló en el Sitio Experimental “Arbolito” de INIA Treinta y Tres, en el departamento de Cerro Largo, sobre un suelo de la Unidad Sierra de Polanco, ubicado en el establecimiento del Sr. Adamar Silva, en el km. 369 de ruta 8 (Figura 2).



Figura 2. Vista panorámica del sitio experimental “Arbolito” en el departamento de Cerro Largo.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS

La Unidad Sierra de Polanco de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (D.S.F, M.G.A.P) ocupa 1.035.895 hectáreas, constituyendo aproximadamente un 6% del área total del territorio nacional. Esta unidad se encuentra incluida en la Zona 2 del estudio CIDE.

El suelo predominante, que ocupa un 52% del total de área del padrón, pertenece al grupo CONEAT 2.11a con un índice de productividad de 53. Dicho grupo se caracteriza por presentar como suelos dominantes Inceptisoles Umbricos, franco arenosos, gravillosos, a veces pedregosos, superficiales y moderadamente profundos, ácidos con

tenores variables de aluminio. Asociados a estos, existen Litosoles Districos, Umbricos, franco arenosos, gravillosos y ácidos (www.prenader.gub.uy/coneat).

Las principales características del suelo y su evolución se presentan en el Cuadro 10. Como se puede observar los valores de pH del suelo son considerablemente ácidos tal como menciona Durán (1991) para la Unidad Sierra de Polanco. En cuanto al porcentaje de materia orgánica, si bien los valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por Durán (1991) como normales para dicha zona, se evidencia una tendencia a la disminución hacia el final del período evaluado. Los valores de fósforo al inicio del experimento son relativamente altos debido a una historia previa de aplicaciones, aumentando con el correr de los años debido fundamentalmente a la realización de refertilizaciones anuales. Respecto al aluminio, los niveles encontrados al inicio del experimento están al borde de causar problemas, y muestreos a mayor profundidad reflejan valores próximos a ser perjudiciales; mientras que los niveles de potasio se consideran medios para este tipo de suelos según lo indicado por Durán (1991) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis del suelo en términos de pH, materia orgánica (M.O.), nitrógeno (%), fósforo (P), potasio (K) y aluminio (Al) durante el período de evaluación.

Años	Profundidad muestreo (cm)	pH (H ₂ O)	M. O. (%)	N (%)	P (ác. cítrico, ppm)	K (meq/100 g)	Al (meq/100 g)
2002							
	0-7.5	5.4	5.1	-----	6.4	0.42	0.31
	7.5-15	5.3	2.9	-----	2.6	0.16	0.51
2003	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2004							
L. Draco	0-5	5.5	2.67	0.27	7.9	-----	0.18
LE 627	0-5	5.5	2.86	0.28	12.5	-----	0.08
L. Maku	0-5	5.4	3.02	0.31	7.1	-----	0.10
L. Rincón	0-5	5.4	3.04	0.30	11.4	-----	0.16
T. blanco	0-5	5.4	2.93	0.28	9.1	-----	0.20
2005							
L. Draco	0-7.5	-----	2.98	0.30	15.4	-----	-----
LE 627	0-7.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
L. Maku	0-7.5	-----	2.81	0.34	11.2	-----	-----
L. Rincón	0-7.5	-----	2.8	0.32	17.6	-----	-----
T. blanco	0-7.5	-----	2.79	0.29	13.5	-----	-----

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua. INIA La Estanzuela.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

La presente evaluación comprende seis experimentos, cinco de los cuáles se realizaron en el sitio experimental “Arbolito”, mencionado anteriormente, cuya descripción se detalla bajo la sección 3.3.1 Experimentos de manejo de defoliación y

persistencia. El sexto experimento se llevó a cabo en la sede de la Estación Experimental INIA Treinta y Tres, presentado en la sección 3.3.2 Experimentos de la dinámica del banco de semillas del suelo.

3.3.1 Experimentos de manejo de defoliación y persistencia

Cuatro mejoramientos de campo fueron instalados el 25 de marzo de 2002 en forma independiente, incorporándose el 16 de abril de 2003 el quinto mejoramiento, analizándose la información colectada hasta el 3 de octubre de 2005. Como resultado se obtuvieron cinco experimentos individuales, siendo las especies bajo estudio en primera instancia *Lotus corniculatus* cv. INIA Draco, *Lotus uliginosus* cv. Maku, *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón y *Trifolium repens* cv. Zapicán, y posteriormente *Lotus uliginosus* LE 627.

En todos los casos el método de siembra utilizado fue en cobertura sobre el tapiz natural. Las densidades de siembra empleadas fueron de 8 kg/ha para lotus INIA Draco, 3 kg/ha para lotus Maku, 5 kg/ha para lotus El Rincón, 4 kg/ha para trébol blanco y 8 kg/ha para lotus LE 627. En lo que respecta a la fertilización a la siembra, esta fue de 60 kg/ha de P₂O₅, utilizando como fuente fosforita natural (0-10/28-0) y refertilizaciones posteriores durante el otoño en los tres años sucesivos con la misma dosis y fuente.

Los tratamientos consistieron en la combinación de dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierres para semillazón. Las intensidades de defoliación en el primer año fueron a 7 y 13 cm para las leguminosas perennes (lotus INIA Draco, lotus Maku, lotus LE 627 y trébol blanco Zapicán) y a 4 y 10 cm para la leguminosa anual (lotus El Rincón), y en los años sucesivos las intensidades fueron de 4 y 10 cm, independientemente de la especie considerada. Los tres momentos de cierre de la pastura fueron a fines de octubre, noviembre y diciembre permaneciendo los mismos hasta fines de febrero.

3.3.1.1 Variables analizadas

* Producción de forraje:

La producción de forraje total (kg/ha de MS) y de la especie de interés se determinó mediante cortes de las parcelas a lo largo de todo el año. El momento de corte de cada tratamiento coincidió para los tres años con las fechas de cierre establecidas y una vez realizados estos cortes se permitió a la pastura un período de descanso hasta fines de febrero, variando las otras determinaciones en el año, según fuera pertinente (Anexo 1).

El material verde recolectado de cada parcela se pesó en el campo, extrayendo una submuestra para su posterior análisis en el laboratorio. A su vez dicha submuestra se dividió en dos con el fin de realizar, por un lado la determinación de materia seca y por

otro la composición botánica de la pastura (tomando para ello 200 y 100 g, respectivamente). Para la determinación de materia seca del forraje primeramente se obtuvo el peso fresco de la muestra, que mediante el secado en estufa a 100 °C durante 24 horas permitió la obtención del peso seco de la misma. Para el análisis de composición botánica del tapiz, se discriminó entre leguminosas sembradas y restos (gramíneas, malezas y otras especies), efectuándose de igual modo las determinaciones de materia seca para cada especie.

* Banco de semillas del suelo:

Se evaluó la semillazón de las leguminosas en forma indirecta a través del banco de semillas, medido anualmente en otoño de los años 2003, 2004 y 2005, con excepción de lotus Maku en el cual no se registró el banco de semillas en el otoño de 2004. Se utilizó el método de conteo directo por separación a través del uso de percloroetileno, adaptado y descrito por Ayala (2001a) (Anexo 2).

* Germinación de las semillas del banco:

Las semillas provenientes del banco, obtenidas de cada core del suelo mediante el método de conteo directo, fueron agrupadas en los seis tratamientos resultantes de la combinación del manejo realizado, variando el número de éstas dentro de cada especie según la cantidad colectada. Una vez agrupadas se procedió a pesar las mismas con el objetivo de determinar el peso de mil semillas.

En segunda instancia se separaron tres repeticiones por tratamiento de 100 semillas cada uno, para luego colocarlas a germinar en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo (Germinación A). Las determinaciones se realizaron en dos oportunidades, donde para el caso de trébol blanco tuvieron lugar al cuarto y décimo día de colocadas a germinar, mientras que para el resto de las especies el conteo se efectuó al quinto y doceavo día (ISTA, 1985) (Figura 3).

Aquellas semillas que no germinaron, se sometieron a un tratamiento de ruptura de dormancia, que consistió en la aplicación de frío (4 °C) durante cinco días y luego se procedió de igual forma que en el caso previo (Germinación B).



Figura 3. Placa de petri con las semillas de los tratamientos germinando en condiciones controladas.

* Viabilidad de las semillas del banco:

Aquellas semillas no germinadas se les realizó la prueba de viabilidad por el método de tinción con sal de tetrazolio (1%) (ISTA, 1985). Las semillas se dejaron en contacto con la sal por 16 horas en un medio oscuro con previo escarificado, proceso mecánico de ruptura de la cutícula. Las lecturas fueron facilitadas mediante la aplicación de lactofenol durante 30 minutos, para el aclaramiento de la cutícula, desarrollándose esta técnica dentro de tubos de ensayo.

* Producción de rizomas:

La producción de rizomas de lotus Maku fue evaluada con el fin de determinar la incidencia de los distintos tratamientos sobre los mismos. Para ello se extrajeron estos órganos de las muestras colectadas para el banco de semillas, realizando luego de su limpieza las medidas de densidad (m/m^2), diámetro (mm) y peso seco (g/m^2). Para determinar la densidad se alineó el total de los rizomas, el diámetro se obtuvo tomando cuatro mediciones equidistantes en todo el largo con un calibre, y en el caso de peso seco, el material verde se colocó en estufa a 60 °C durante 24 horas con el posterior pesado de los mismos.

3.3.1.2 Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con los tratamientos dispuestos en un arreglo factorial (3 momentos de cierre*2intensidades de defoliación) y tres repeticiones. Completando 18 parcelas (7.5 m² cada una) para cada leguminosa en estudio.

El modelo estadístico general utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y = variable en estudio

μ = media del experimento

α = efecto de intensidad de corte

β = efecto de momento de cierre

γ = efecto de bloque

αβ = efecto de la interacción entre

intensidad de corte y momento de cierre

ε = error experimental

i = tratamiento (intenso y aliviado)

j = tratamiento (octubre, noviembre y diciembre)

k = bloque (1, 2, 3)

Los datos obtenidos fueron analizados usando el programa estadístico SAS, realizándose los análisis de separación de medias según el test de mínimas diferencias significativas (MDS 5%).

3.3.2 Experimentos de la dinámica del banco de semillas del suelo

A nivel de campo se evaluó la emergencia de plántulas en el cuarto año de la pastura para lotus INIA Draco, Maku, El Rincón y trébol blanco y el tercer año de la misma para lotus LE 627 durante el período 19/5/05-8/11/05 (Figura 4).



Figura 4. Jaula donde se encontraban agrupadas las especies bajo estudio para evaluar su emergencia.

A tales fines, se tomaron 30 cores (50.26 cm^2 de superficie y 5 cm de profundidad cada uno) de cada mejoramiento, de parcelas con tratamientos aliviados y con cierres tempranos de octubre, por ser éstos los que posiblemente presentaban un banco de semillas más importante. Se procedió a colocarlos en conjunto a los efectos de realizar conteos semanales de emergencia.

Los tratamientos consistieron en simular tres situaciones de cobertura de forraje, al comienzo de la evaluación, siendo dos de ellas las establecidas como manejo general (4 y 10 cm) y la restante en la eliminación total de la cobertura. Estos manejos se combinaron con el agregado o no de semilla (20 semillas/core con 5 repeticiones) de modo de evaluar la influencia del ambiente junto a factores internos del banco de semillas (Anexo 3).

3.3.2.1 Variables analizadas

* Emergencia de plántulas:

La emergencia de las plántulas se chequeó semanalmente removiendo las mismas luego de su conteo (Figura 5). En los resultados obtenidos se agruparon las emergencias de cinco semanas, para tratar de determinar mensualmente las mismas, obteniéndose datos de cinco emergencias mensuales (E1-E5) (Anexo 4).



Figura 5. Cores de los distintos mejoramientos donde se realizaba el conteo semanal de plántulas.

* Banco de semillas del suelo:

Para la determinación del banco de semillas se utilizó la misma metodología que en los experimentos anteriores (Ayala, 2001a) (Anexo 2).

* Germinación y viabilidad de las semillas del banco:

Se procedió de igual forma que en el caso de experimentos de manejo de defoliación y persistencia, descrito en las secciones 3.3.1.1.3 y 3.3.1.1.4.

3.3.2.2 Análisis estadístico

En este caso el diseño experimental consistió en un factorial 3*2 completamente al azar con cinco repeticiones, para cada leguminosa en estudio, debido a que las reservas de los bancos de semillas presentan diferentes edades.

El modelo estadístico general utilizado fue:

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_l + \varepsilon_{ijl}$$

Dónde:

Y = variable en estudio

μ = media del experimento

α = efecto de intensidad de corte

β = efecto de agregar o no semilla

γ = efecto repeticiones

$\alpha\beta$ = efecto de la interacción entre intensidad de corte y momento de cierre

ε = error experimental

i = tratamiento (intenso, aliviado y sin cobertura)

j = tratamiento (agregar o no semilla)

l = repeticiones (1, 2, 3, 4, 5)

Los datos obtenidos fueron analizados como ya fue mencionado en los experimentos anteriores, usando el programa estadístico SAS, realizándose los análisis de separación de medias según el test de mínimas diferencias significativas (MDS 5%). Para cumplir con los supuestos de análisis de varianza se transformaron los valores originales usando raíz cuadrada para el caso de emergencia de plántulas.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en forma diferenciada para los dos objetivos principales evaluados. En primer término se presenta la información obtenida en el período 2002-2005 para las leguminosas en evaluación, en lo referido a manejo de defoliación y persistencia (sección 4.1). Posteriormente se incluye la dinámica del banco de semillas, estudiadas en condiciones controladas, para las mismas leguminosas (sección 4.2).

4.1 MANEJO DE DEFOLIACIÓN Y PERSISTENCIA

4.1.1 Parámetros climáticos

El clima de la región se caracteriza según Carámbula (1997) por no tener homólogos en el mundo, siendo una transición entre los ambientes templados y subtropicales, bastante indefinida con características que permiten que no exista un clima concreto sino simplemente un estado del tiempo.

Esto lleva a cambios bruscos del clima, tanto de temperatura como de precipitaciones, que se alejan de los promedios, existiendo la posibilidad de ocurrencia de sequías y excesos de humedad impredecibles.

A continuación se presentan los registros de precipitaciones para el período 2002-2005 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Registros de precipitaciones mensuales (mm) para el período experimental en la localidad de Arbolito.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2002		126	78	351	326	103	144	174	202	90	179	263	2036
2003	43	294	48	115	246	84	22	129	117	37	166	86	1387
2004	251	58	23	230	192	48	88	77	111	82	89	52	1301
2005	18	27	80	318	334	161	34	47	236	92 *			

*Datos hasta el 18/10/05.

Información suministrada por la Comisaría 10ª sección de Cerro Largo.

Para el período 2002-2003 se registraron precipitaciones anuales de 2247 mm, con un total de 600 mm durante la estación estival. Para el siguiente año de evaluación (2003-2004) se observaron 1359 mm anuales, descendiendo las lluvias estivales a 395 mm. Finalmente para el último período (2004-2005) las precipitaciones fueron de 1037 mm anuales, siendo la lluvia en verano de 97 mm, lo que resulta un 84% inferior con respecto al primer año de evaluación (Cuadro 11). Las condiciones de sequía ocurridas

en dicho verano podrían estar comprometiendo la productividad y persistencia de los mejoramientos de campo evaluados.

4.1.2 Experimento 1: Mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco

4.1.2.1 Producción total de forraje acumulado

La producción total acumulada de forraje de los tres primeros años alcanzó en promedio niveles de 14684 kg/ha de MS, con una contribución del 21% de lotus INIA Draco. Para la producción de forraje total y para la fracción leguminosa se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) únicamente para el momento de cierre, donde en el caso de la producción total, los tratamientos más tempranos (octubre y noviembre) superaron en promedio en un 20% al cierre tardío (diciembre). Para la leguminosa, la mayor producción de forraje se obtuvo con el cierre de noviembre, seguido por octubre y luego diciembre (Cuadro 12).

4.1.2.2 Producción anual de forraje

* Producción de forraje en el primer año:

La producción total promedio del primer año se situó en 6934 kg/ha de MS, con un 27% de lotus INIA Draco. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) únicamente para el momento de cierre, donde los tratamientos con cierres más tempranos (octubre y noviembre) superaron en promedio en un 16% a la producción del cierre más tardío (diciembre). En lo que respecta a la producción de la especie sembrada, las diferencias significativas detectadas ($P < 0.01$) fueron tanto para la intensidad de corte como para el momento de cierre. La producción de lotus INIA Draco bajo un manejo aliviado, fue superior en un 18% respecto al manejo intenso. En cuánto al momento de cierre no se encontraron diferencias significativas para los manejos de octubre y noviembre, pero sí entre estos y diciembre, siendo superiores los cierres más tempranos en promedio en un 39% con respecto al cierre tardío (Cuadro 12).

* Producción de forraje en el segundo año:

La evaluación del segundo año resultó en una producción total promedio de 6014 kg/ha de MS, con un 16% de lotus INIA Draco. Se determinaron diferencias significativas ($P < 0.05$) solo para el momento de cierre, superando la producción anual del cierre de octubre en un 26% a la de diciembre. Lo mismo ocurrió con la fracción leguminosa con la salvedad de que se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los cierres de noviembre y diciembre con una superioridad del 22% a favor de noviembre (Cuadro 12).

* Producción de forraje en el tercer año:

La producción de forraje total promedio del tercer año disminuyó en forma importante, resultando en 1734 kg/ha de MS, con un aporte del 22% de lotus INIA Draco. Se determinaron diferencias significativas entre momentos de cierre ($P<0.05$) superando el cierre de noviembre en un 36% al de diciembre. La producción de la leguminosa sembrada se vio afectada tanto por la intensidad de defoliación como por el momento de cierre ($P<0.01$ en ambos casos). La producción de forraje anual bajo manejo intenso superó en un 74% a la del manejo aliviado. El cierre de octubre produjo un 70% menos de forraje que el promedio de los cierres de noviembre y diciembre, no encontrándose diferencias significativas entre estos últimos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus INIA Draco, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1		Año 2		Año 3		Acumulado (3 años)	
	Total	Leg.	Total	Leg.	Total	Leg.	Total	Leg.
Intensidad de defoliación								
Intenso	6825	1618 b	5819	1003	1723	479 a	14367	3101
Aliviado	7044	1906 a	6209	966	1745	275 b	14999	3147
Momento de cierre								
Octubre	7466 a	1942 a	6623 a	1004 ab	1668 ab	147 b	15759 a	3094 b
Noviembre	7078 a	1944 a	6179 ab	1072 a	2039 a	555 a	15298 a	3572 a
Diciembre	6258 b	1400 b	5241 b	877 b	1495 b	429 a	12994 b	2707 c
Significancia								
Intensidad de corte (I)	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns
Momento de cierre (M)	**	**	*	*	*	**	**	**
I * M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P<0.05$); *, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ns, no significativo.

4.1.2.3 Producción estacional de forraje

* Producción otoño-invernal en el segundo año del mejoramiento:

La producción total acumulada de otoño-invierno del segundo año resultó en promedio 1036 kg/ha de MS, con un aporte del 25% de lotus INIA Draco. Se encontró una interacción significativa ($P<0.05$) para la producción de forraje total, entre intensidad de defoliación y momento de cierre. La producción de forraje otoño-invernal bajo manejo intenso fue un 28% superior con el cierre de diciembre, respecto al promedio de los cierres de octubre y noviembre, mientras que bajo manejo aliviado no se encontraron diferencias significativas para los distintos momentos de cierre. En lo que respecta al momento de cierre, para todos los casos (octubre, noviembre y diciembre), la

producción de forraje bajo un manejo más intenso fue en promedio ocho veces superior con respecto al manejo aliviado (Figura 6).

La fracción leguminosa fue afectada únicamente por la intensidad de defoliación, donde el manejo intenso en promedio superó casi cuatro veces al manejo aliviado (Figura 6).

* Producción otoño-invernal en el tercer año del mejoramiento:

La producción total acumulada de otoño-invierno del tercer año fue en promedio 205 kg/ha de MS con una contribución del 15% de lotus INIA Draco. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para intensidad de defoliación, siendo el manejo intenso 100% mayor que el manejo aliviado (Figura 6).

Para la fracción leguminosa se registró una interacción significativa ($P < 0.05$) entre intensidad de defoliación y momento de cierre. En cuanto a intensidad de defoliación bajo un manejo intenso, el cierre de noviembre fue un 74% superior que el promedio de octubre y diciembre, mientras que para un manejo aliviado no se encontraron diferencias significativas entre los distintos momentos de cierre. Para el caso de momento de cierre, la mayor producción se obtuvo bajo un manejo intenso, siendo 100% superior con respecto al manejo aliviado (Figura 6).

* Producción otoño-invernal en el cuarto año del mejoramiento:

La producción total acumulada de otoño-invierno del cuarto año fue en promedio 798 kg/ha de MS con un aporte del 7% de lotus INIA Draco. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para intensidad de defoliación, siendo el manejo intenso tres veces superior al manejo aliviado. En lo que respecta al momento de cierre, no se detectaron diferencias significativas para la producción total de forraje (Figura 6).

La fracción leguminosa se vio afectada tanto por la intensidad de defoliación, el manejo intenso superó casi tres veces al manejo aliviado; como por el momento de cierre, los cierres más tempranos de octubre y noviembre, superaron en promedio cuatro veces al cierre más tardío de diciembre (Figura 6).

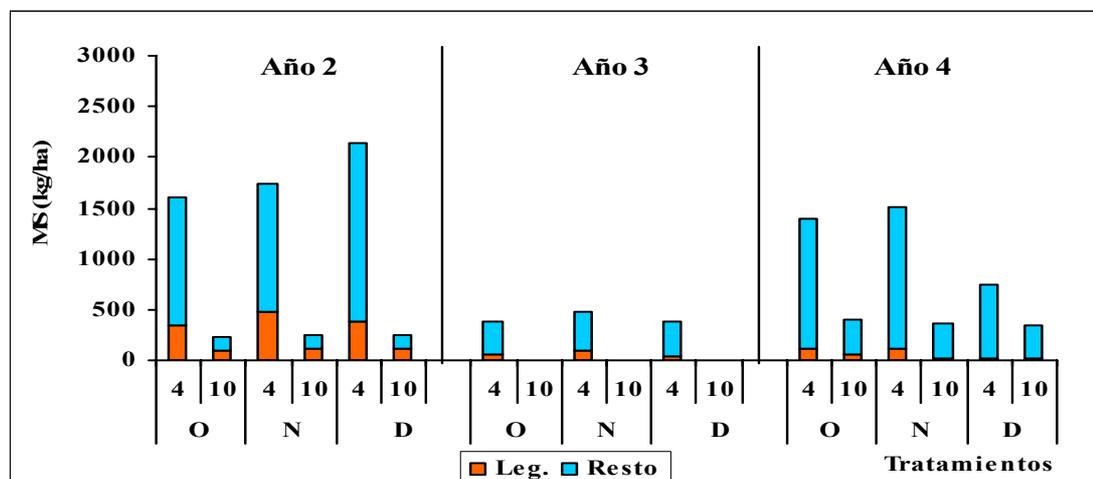


Figura 6. Producción de forraje otoño-invernal de lotus INIA Draco durante los años de evaluación.

4.1.2.4 Banco de semillas del suelo

El banco de semillas del suelo no resultó afectado por la intensidad de corte ni por el momento de cierre en el primer y segundo año, registrándose valores de 4.8 y 6.1 g/m² respectivamente. En el tercer año se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para el momento de cierre, siendo el cierre de octubre cuatro veces superior al promedio de los cierres de noviembre y diciembre (Cuadro 13).

El número de semillas presentes en el banco no fue afectado por los manejos impuestos en el primer y segundo año de estudio, contabilizando en promedio 3878 y 572 sem/m² respectivamente, observándose una disminución del 85% durante el segundo año. En el tercer año, la reserva de semillas fue afectada por el momento de cierre ($P < 0.01$), donde el manejo más temprano (octubre) superó cuatro veces a los cierres más tardíos (noviembre y diciembre) (Cuadro 13).

El peso de mil semillas mostró valores de 1.25, 1.07, 1.22 g para el primer, segundo y tercer año de estudio respectivamente. En el segundo y tercer año el peso de mil semillas disminuyó un 14.4 y un 2.4% respecto al primer año respectivamente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus INIA Draco, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1			Año 2			Año 3		
	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil
Intensidad de defoliación									
Intenso	4.4	3533	1.25	0.51	478	1.06	1.37	1156	1.26
Aliviado	5.3	4222	1.25	0.72	667	1.08	1.46	1233	1.21
Momento de cierre									
Octubre	5.2	4050	1.28	0.69	650	1.07	2.78 a	2383 a	1.17
Noviembre	5.0	4217	1.18	0.72	683	1.05	1.00 b	867 b	1.18
Diciembre	4.4	3367	1.28	0.43	383	1.09	0.46 b	333 b	1.30
Significancia									
Intensidad de corte (I)	ns	ns	--	ns	ns	--	ns	ns	--
Momento de cierre (M)	ns	ns	--	ns	ns	--	**	**	--
I * M	ns	ns	--	ns	ns	--	ns	ns	--

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); **, $P < 0.01$; ns, no significativo; -- sin estadística.

4.1.2.5 Germinación y viabilidad de semillas

En el segundo año, la germinación de las semillas presentes en el banco sin ningún tratamiento previo fue de 20.8%, no resultando modificada por la aplicación de frío. Al tercer año de evaluación cayó un 66% respecto al segundo año, pero en este caso la aplicación de frío logró incrementarla un 6.1%. La prueba de viabilidad en el segundo y tercer año muestra que más del 85% de las semillas no germinadas son viables (Cuadro 14).

Cuadro 14. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus INIA Draco.

	Año 2	Año 3
Germinación A	20.8 \pm 24.6	7.1 \pm 5
Germinación A+B	20.8 \pm 24.6	13.2 \pm 17.4
Viabilidad	90.1 \pm 14.5	87.6 \pm 14.7

Germinación A: Germinación en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo.

Germinación B: Germinación en condiciones controladas con aplicación de frío.

4.1.3 Experimento 2: Mejoramiento de campo en base a lotus LE 627

El lotus LE 627 como se mencionó anteriormente, fue instalado un año más tarde que los restantes mejoramientos, de manera que el primer y segundo año para dicha especie se corresponde con el segundo y tercer año de las demás especies.

4.1.3.1 Producción de forraje total acumulado

Para los dos primeros años la producción de forraje total acumulada promedio resultó en 7983 kg/ha de MS, con una contribución del 32% de lotus LE 627. Tanto para la producción de forraje total como para la fracción leguminosa, los manejos realizados no evidenciaron efectos sobre la misma (Cuadro 15).

4.1.3.2 Producción anual de forraje

* Producción de forraje en el primer año:

La producción de forraje total promedio del primer año se situó en 5291 kg/ha de MS, con una contribución del 24% de lotus LE 627. En este caso en particular, la única diferencia significativa encontrada ($P < 0.05$) fue para momento de cierre, siendo el cierre de octubre un 44% superior al cierre de diciembre (Cuadro 15).

* Producción de forraje en el segundo año:

En el segundo año bajo estudio, la producción de forraje total promedio correspondió a 2692 kg/ha de MS, con un aporte del 46% del lotus LE 627. Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para intensidad de defoliación, siendo el manejo aliviado un 47% superior en producción de forraje al manejo intenso. En lo que refiere a la producción de la leguminosa sembrada, se obtuvieron diferencias para momento de cierre ($P < 0.01$), donde los cierres más tardíos (noviembre y diciembre) superaron en promedio dos veces y media al cierre más temprano (octubre) (Cuadro 15).

Cuadro 15. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus LE 627, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus dos primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1		Año 2		Acumulado (2 años)	
	MS total	Leg.	MS total	Leg.	MS total	Leg.
Intensidad de defoliación						
Intenso	5167	1396	2181 b	1032	7348	2428
Aliviado	5415	1205	3203 a	1451	8618	2656
Momento de cierre						
Octubre	6371 a	1198	2412	612 b	8782	1809
Noviembre	5082 ab	1218	2727	1543 a	7809	2761
Diciembre	4421 b	1484	2937	1571 a	7358	3055
Significancia						
Intensidad de corte (I)	ns	ns	*	ns	ns	ns
Momento de cierre (M)	*	ns	ns	**	ns	ns
I*M	ns	ns	ns	ns	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.1.3.3 Producción estacional de forraje

* Producción otoño-invernal del segundo año del mejoramiento:

La producción total acumulada de otoño-invierno del segundo año del mejoramiento resultó en 153 kg/ha de MS con un aporte del 18% de lotus LE 627. La misma fue afectada únicamente por intensidad de defoliación, siendo el manejo intenso casi 100% mayor que el aliviado (Figura 7).

La fracción leguminosa fue afectada por la interacción significativa ($P < 0.01$) entre intensidad de defoliación y momento de cierre. Para la intensidad de defoliación, bajo un manejo intenso los cierres de noviembre y diciembre superaron en promedio cinco veces al cierre de octubre, mientras que bajo un manejo aliviado no se encontraron diferencias significativas por efecto del momento de cierre. En cuanto al momento de cierre, los cierres de noviembre y diciembre presentaron mayor producción por efecto de un manejo intenso en contraste con un manejo aliviado, mientras que para el cierre de octubre no se encontraron diferencias significativas por efecto de intensidad de defoliación (Figura 7).

* Producción otoño-invernal del tercer año del mejoramiento:

La producción total acumulada de otoño-invierno para el tercer año del mejoramiento fue de 1015 kg/ha de MS con un aporte del 12% de lotus LE 627. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para intensidad de defoliación, siendo la producción del manejo intenso dos veces superior a la del manejo aliviado (Figura 7).

La producción de la leguminosa sembrada no se vio afectada por ninguno de los dos tratamientos aplicados (Figura 7).

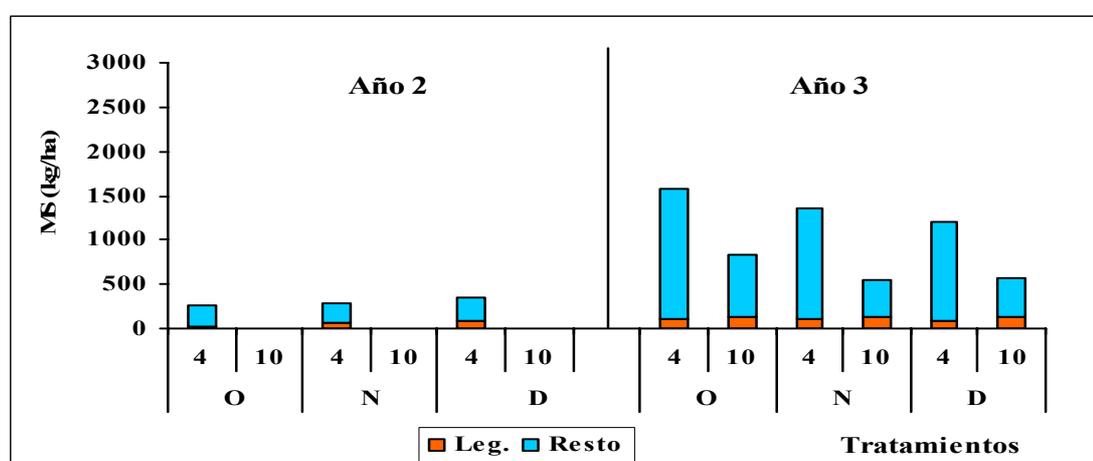


Figura 7. Producción de forraje otoño-invernal de lotus LE 627 durante los años de evaluación.

4.1.3.4 Banco de semillas del suelo

El banco de semillas del primer y segundo año fue afectado significativamente ($P < 0.01$) por el momento de cierre. En el primer año, la reserva de octubre fue superior, seguida por noviembre y diciembre. En el segundo año, el cierre de octubre produjo siete veces más que el promedio de los cierres de noviembre y diciembre (Cuadro 16).

El número de semillas presentes en el banco fue afectado significativamente ($P < 0.01$) por el momento de cierre, tanto para el primer como para el segundo año. En el primer año el mayor número se registró con el cierre de octubre, mientras que en el segundo año la reserva de octubre superó siete veces al promedio de noviembre y diciembre. No se encontraron diferencias significativas para un manejo intenso o aliviado, arrojando en promedio 7434 y 17706 sem/m² en los dos años respectivamente (Cuadro 16).

El peso de mil semillas promedio fue 0.49 g para los dos años evaluados (Cuadro 16).

Cuadro 16. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus LE 627, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus dos primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1			Año 2		
	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil
Intensidad de defoliación						
Intenso	3.53	8100	0.49	7.22	19322	0.51
Aliviado	3.22	6767	0.50	9.11	16089	0.48
Momento de cierre						
Octubre	6.39 a	14267 a	0.46	18.9 a	41217 a	0.46
Noviembre	3.24 b	7217 b	0.45	4.33 b	9933 b	0.43
Diciembre	0.48 c	817 c	0.59	1.25 b	1967 b	0.60
Significancia						
Intensidad de corte (I)	ns	ns	--	ns	ns	--
Momento de cierre (M)	**	**	--	**	**	--
I * M	ns	ns	--	ns	ns	--

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); **, $P < 0.01$; ns, no significativo; -- sin estadística.

4.1.3.5 Germinación y viabilidad de semillas

En el primer año, la germinación sin ningún tratamiento previo fue de 6.8%, resultando modificada en un 1.5% por la aplicación de frío. Al segundo año de evaluación la misma cayó un 30% respecto al primer año, no registrando modificaciones con la aplicación de frío. La prueba de viabilidad resultó en un 93% para el primer año, disminuyendo a un 67% durante el segundo año (Cuadro 17).

Cuadro 17. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus LE 627.

	Año 1	Año 2
Germinación A	6.8 \pm 5.9	4.7 \pm 1.8
Germinación A+B	8.3 \pm 8.5	5.2 \pm 1.9
Viabilidad	93.1 \pm 6.8	66.7 \pm 21.2

Germinación A: Germinación en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo.

Germinación B: Germinación en condiciones controladas con aplicación de frío.

4.1.4 Experimento 3: Mejoramiento de campo en base a lotus Maku

4.1.4.1 Producción total de forraje acumulado

La producción de forraje acumulada para los tres primeros años fue de 16182 kg/ha de MS, con un aporte del 53% del lotus Maku. Tanto para la producción total de forraje como para la especie sembrada, las diferencias significativas ($P < 0.01$) registradas surgieron por efecto de la intensidad de defoliación, siendo superior en ambos casos la producción de forraje bajo un manejo intenso (29% para ambos) en comparación con un manejo aliviado. No se detectaron diferencias en producción total ni de lotus Maku como consecuencia de los momentos de cierre (Cuadro 18).

4.1.4.2 Producción anual de forraje

* Producción de forraje en el primer año:

La producción de forraje total para el primer año resultó en promedio en 7438 kg/ha de MS, con una contribución de un 59% de lotus Maku. La intensidad de defoliación provocó diferencias en la producción total de forraje ($P < 0.05$), siendo la misma reducida en un 14% con cortes aliviados. Para la fracción leguminosa no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las dos variables bajo estudio (Cuadro 18).

* Producción de forraje en el segundo año:

Durante el segundo año de evaluación la producción de forraje total correspondió a 6301 kg/ha de MS, con un aporte del lotus Maku del 54%. Tanto para la producción de forraje total como para la fracción leguminosa, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para la variable intensidad de corte, siendo mayor la producción en los cortes intensos en ambos casos. Para la producción total de forraje, el manejo intenso fue superior en un 37% respecto al aliviado, mientras que para lotus Maku dicha superioridad se situó en un 35%. No se detectaron efectos del momento de cierre para semillazón en producción total y contribución del lotus Maku (Cuadro 18).

* Producción de forraje en el tercer año:

La producción total promedio para el tercer año resultó en 2443 kg/ha de MS, con una contribución de un 30% del lotus Maku. Se registraron diferencias significativas ($P < 0.01$) por efecto de la intensidad de defoliación, con un incremento en la producción total de un 50% bajo un manejo intenso. Para la especie en estudio, se determinaron diferencias significativas en intensidad de corte y momento de cierre ($P < 0.01$ y $P < 0.05$ respectivamente). En la primera variable los cortes intensos produjeron casi dos veces y media más que los aliviados, mientras que en la segunda variable los cierres más tardíos

(noviembre y diciembre) arrojaron en promedio un 74% más de forraje que el cierre temprano (Cuadro 18).

Cuadro 18. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus Maku, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1		Año 2		Año 3		Acumulado (3 años)	
	Total	Leg.	Total	Leg.	Total	Leg.	Total	Leg.
Intensidad de defoliación								
Intenso	8012 a	4653	7293 a	3977 a	2928 a	1039 a	18232 a	9669 a
Aliviado	6863 b	4099	5310 b	2941 b	1958 b	428 b	14132 b	7468 b
Momento de cierre								
Octubre	7485	4186	6016	3357	2350	491 b	15851	8033
Noviembre	7798	4551	6586	3518	2592	853 a	16975	8921
Diciembre	7031	4392	6303	3502	2387	857 a	15720	8751
Significancia								
Intensidad de corte (I)	*	ns	**	**	**	**	**	**
Momento de cierre (M)	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
I * M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.1.4.3 Producción estacional de forraje

* Producción otoño-invernal del segundo año del mejoramiento:

La producción total acumulada del segundo año del mejoramiento en promedio fue de 796 kg/ha de MS con un aporte de 70% de lotus Maku.

La producción total de forraje así como la contribución de la fracción leguminosa resultó incrementada significativamente ($P < 0.01$ para ambos), al realizar un corte más intenso, siendo seis veces superior al corte aliviado, para ambos casos (Figura 8).

* Producción otoño-invernal del tercer año del mejoramiento:

La producción total acumulada del tercer año del mejoramiento fue de 365 kg/ha de MS con un aporte de 45% de lotus Maku.

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) debido únicamente a la intensidad de corte, tanto para MS total como para la fracción leguminosa, siendo el manejo intenso 18 veces superior con respecto al manejo aliviado, para ambas fracciones (Figura 8).

* Producción otoño-invernal del cuarto año del mejoramiento:

La producción total acumulada de otoño-invierno del cuarto año del mejoramiento resultó en 1756 kg/ha de MS con un aporte del 15% de lotus Maku. La misma se vio afectada únicamente por intensidad de defoliación, siendo el manejo intenso casi tres veces superior que el aliviado (Figura 8).

La fracción leguminosa se vio afectada tanto por la intensidad de defoliación, donde el manejo intenso superó en dos veces al manejo aliviado; como por el momento de cierre, donde el cierre de noviembre superó casi dos veces al cierre de diciembre, siendo el tratamiento de octubre estadísticamente igual a los anteriores (Figura 8).

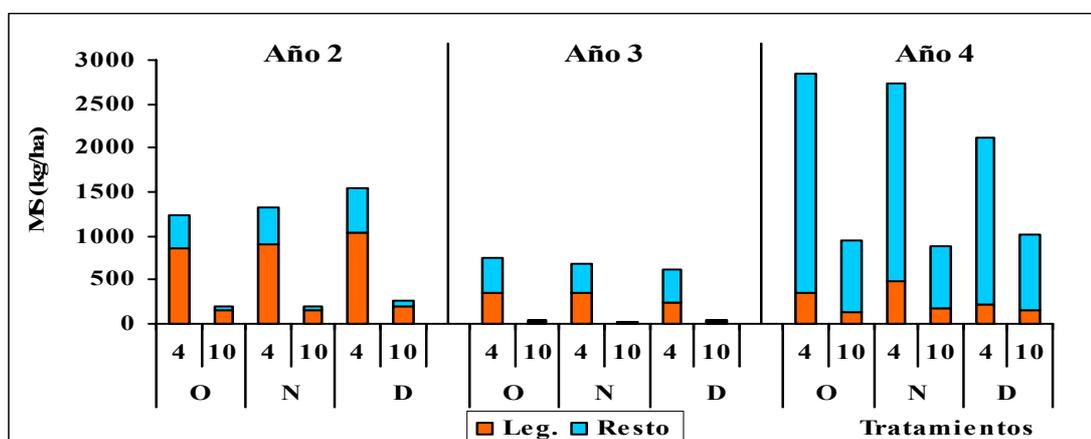


Figura 8. Producción de forraje otoño-invernal de lotus Maku durante los años de evaluación.

4.1.4.4 Producción de rizomas

Para los tres años de evaluación se analizó la densidad, diámetro y peso seco de los rizomas de lotus Maku por unidad de superficie. Las variables mencionadas no se vieron afectadas por los manejos realizados durante el primer y tercer año. En el segundo año se detectaron únicamente diferencias significativas ($P < 0.05$) para el diámetro de los rizomas como consecuencia del momento de cierre. El manejo de octubre superó en un 22% al promedio de los cierres tardíos (noviembre y diciembre) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Evolución de la densidad (Dens., m/m²), diámetro (Diám., mm) y peso seco (P.S., g/m²) de rizomas de lotus Maku, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1			Año 2			Año 3		
	Dens.	Diám.	P.S.	Dens.	Diám.	P.S.	Dens.	Diám.	P.S.
Intensidad de corte									
Intenso	128	1.5	88	109	0.2	148	106	2.1	220
Aliviado	150	0.8	102	145	0.2	174	159	2.2	307
Momento de cierre									
Octubre	133	2.0	97	127	0.22 a	160	117	2.3	296
Noviembre	155	0.8	92	138	0.18 b	186	160	2.2	252
Diciembre	125	0.8	96	114	0.18 b	137	120	2.0	241
Significancia									
Intensidad de corte (I)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Momento de cierre (M)	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
I * M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) (P<0.05); *, P<0.05; ns, no significativo.

4.1.4.5 Banco de semillas del suelo

El estudio del banco de semillas en este caso se llevó a cabo en el primer y tercer año del mejoramiento. Para la reserva de semilla del primer año se detectó una interacción significativa entre intensidad de defoliación y momento de cierre (P<0.05). En ambas determinaciones (peso y número de semillas), respecto a la intensidad de defoliación, dentro del manejo intenso, no se encontraron diferencias significativas para el momento de cierre. En el caso del manejo aliviado, el cierre más temprano superó tres veces al promedio de los cierres de noviembre y diciembre. Para el momento de cierre, octubre arrojó casi tres veces más semillas bajo un manejo aliviado con respecto al intenso, mientras que los cierres de noviembre y diciembre no fueron afectados por los distintos tratamientos de defoliación (Cuadro 20).

El peso de mil semillas se situó en un rango de 0.70 y 0.89 g para las distintas estrategias, con un promedio general de 0.77 g (Cuadro 20).

En el tercer año de estudio no se encontraron diferencias significativas por efecto de los manejos impuestos ni en el peso ni en el número de semillas producidas por unidad de superficie, siendo la producción de 1.7 g/m², el número de 2300 sem/m² y el peso promedio de mil semillas de 0.74 g (Cuadro 20).

Cuadro 20. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus Maku, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en su primer y tercer año, sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1			Año 3		
	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil
Intensidad*momento de cierre						
Intenso-October	1.6 b	1467 b	0.80	0.9	1267	0.68
Intenso-Noviembre	1.6 b	2100 b	0.76	1.4	1934	0.71
Intenso-Diciembre	0.5 b	700 b	0.73	1.7	1934	0.90
Aliviado-October	4.2 a	5700 a	0.74	2.0	2734	0.73
Aliviado-Noviembre	1.7 b	2400 b	0.70	2.5	3534	0.72
Aliviado-Diciembre	0.9 b	967 b	0.89	1.7	2400	0.69
Significancia						
Intensidad de corte (I)	*	*	--	ns	ns	--
Momento de cierre (M)	*	**	--	ns	ns	--
I * M	*	*	--	ns	ns	--

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo; -- sin estadística.

4.1.4.6 Germinación y viabilidad de semillas

En el tercer año lotus Maku tuvo un 2.3% de germinación sin ningún tratamiento previo, no registrando modificaciones con la aplicación de frío. El porcentaje de viabilidad para esta especie fue de 87.8% (Cuadro 21).

Cuadro 21. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus Maku.

	Año 3
Germinación A	2.3 \pm 3.7
Germinación A+B	2.5 \pm 3.6
Viabilidad	87.8 \pm 19.2

Germinación A: Germinación en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo.

Germinación B: Germinación en condiciones controladas con aplicación de frío.

4.1.5 Experimento 4: Mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón

4.1.5.1 Producción total de forraje acumulado

Durante el período de evaluación la producción total acumulada de forraje en promedio resultó en 18276 kg/ha de MS, con un aporte del 28% del lotus El Rincón. Tanto para la producción total de forraje como para lotus El Rincón se encontraron diferencias significativas como consecuencia de ambos manejos ($P < 0.01$). Para la intensidad de defoliación, el manejo aliviado superó al intenso en ambos casos (16% y 20% respectivamente). Mientras que para el momento de cierre, la mayor producción total de forraje tuvo lugar con los cierres más tempranos, siendo mayor en un 21% el cierre de octubre, que el de diciembre. En el caso de la leguminosa los cierres tempranos (octubre y noviembre) superaron en promedio en un 29% al cierre tardío (Cuadro 22).

Cuadro 22. Producción de forraje acumulada (total y leguminosa) en sus tres primeros años de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variabales	Total	Leg.
Intensidad de defoliación		
Intenso	16952 b	4680 b
Aliviado	19599 a	5594 a
Momento de cierre		
Octubre	19888 a	5681 a
Noviembre	18451 b	5417 a
Diciembre	16488 c	4312 b
Significancia		
Intensidad de corte (I)	**	**
Momento de cierre (M)	**	**
I*M	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.1.5.2 Producción anual de forraje

* Producción de forraje en el primer año:

La producción total de forraje del primer año del mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón resultó en promedio en 10975 kg/ha de MS, con un aporte del 34% de la fracción leguminosa. Se registraron diferencias significativas ($P < 0.01$) por efecto del momento de cierre, verificándose en los cierres más tempranos una mayor producción de forraje que en los tardíos. Por otra parte, la fracción leguminosa fue afectada tanto por la intensidad de defoliación como por el momento de cierre ($P < 0.01$ y $P < 0.05$ respectivamente), siendo el manejo aliviado y los cierres más tempranos (octubre y

noviembre) los tratamientos mas productivos (31% y 21% respectivamente) (Cuadro 23).

* Producción de forraje en el segundo año:

En el segundo año del experimento la producción total de forraje fue de 5169 kg/ha de MS, con un aporte del 20% del lotus El Rincón. Se encontraron efectos tanto por la intensidad de defoliación como por el momento de cierre ($P < 0.01$ en ambos casos), registrándose una mayor producción total de forraje para el manejo aliviado y los cierres tempranos (30% para ambos casos). Para la fracción leguminosa se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) únicamente para el momento de cierre, superando aquellos más tempranos en un 60% al más tardío (Cuadro 23).

Cuadro 23. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus dos primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1		Año 2	
	Total	Leg.	Total	Leg.
Intensidad de defoliación				
Intenso	10891	3221 b	4488 b	1174
Aliviado	11059	4207 a	5849 a	927
Momento de cierre				
Octubre	11978 a	4064 a	5668 a	1263 a
Noviembre	11078 b	3811 a	5536 a	1138 a
Diciembre	9867 c	3268 b	4302 b	752 b
Significancia				
Intensidad de corte (I)	ns	**	**	ns
Momento de cierre (M)	**	*	**	*
I * M	ns	ns	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

* Producción de forraje en el tercer año:

La producción total de forraje para el tercer año resultó en 2132 kg/ha de MS, con una contribución del 17% del lotus El Rincón. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) únicamente para la intensidad de defoliación, donde el manejo aliviado superó en promedio en un 71% al intenso. Los momentos de cierre no mostraron ninguna influencia sobre la producción (Cuadro 24).

Para la fracción leguminosa, se registró una interacción significativa entre intensidad de defoliación y momento de cierre ($P < 0.05$). En función de la intensidad de defoliación, se observó que para el manejo intenso el cierre de diciembre fue menor al

de octubre en un 67%, mientras que el cierre de noviembre no presentó diferencias con ambos. Bajo un manejo aliviado, el cierre de octubre produjo un 62% menos de leguminosa que el de noviembre, siendo el manejo de diciembre igual a los anteriores (Cuadro 24).

Por otra parte, en lo que respecta al momento de cierre, las producciones con cierres tanto de octubre como de diciembre no se vieron afectadas por las diferentes alturas de defoliación, mientras que para el cierre de noviembre un manejo más aliviado produjo casi tres veces más que el intenso (Cuadro 24).

Cuadro 24. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en su tercer año sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 3	
	Total	Leg.
Intenso-Octubre	1808	448 ab
Intenso-Noviembre	1531	258 bc
Intenso-Diciembre	1382	148 c
Aliviado-Octubre	2674	262 bc
Aliviado-Noviembre	2146	681 a
Aliviado-Diciembre	3253	436 abc
Significancia		
Intensidad de corte (I)	*	*
Momento de cierre (M)	ns	ns
I * M	ns	*

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; ns, no significativo.

4.1.5.3 Producción estacional de forraje

* Producción otoño-invernal del segundo año del mejoramiento:

La producción total acumulada del segundo año del mejoramiento fue de 352 kg/ha de MS, con un aporte de 19% de lotus El Rincón. La misma fue afectada significativamente ($P < 0.05$) por la intensidad de defoliación, siendo el manejo intenso casi cuarenta veces mayor que el aliviado (Figura 9).

Para la fracción leguminosa se registró una interacción significativa ($P < 0.01$) entre intensidad de defoliación y momento de cierre. Bajo manejo intenso, el cierre de octubre presentó la mayor producción, siguiéndole noviembre y diciembre en último término, mientras que bajo un manejo aliviado no se encontraron diferencias significativas entre los distintos cierres, siendo nula su producción. Para el momento de cierre, tanto en octubre como en noviembre el manejo intenso superó en 100% al manejo aliviado, no

encontrándose diferencias significativas entre las dos intensidades de defoliación para el cierre de diciembre (Figura 9).

* Producción otoño-invernal del tercer año del mejoramiento:

La producción total acumulada del tercer año del mejoramiento fue de 151 kg/ha de MS, con un mínimo aporte de lotus El Rincón.

La producción total de forraje se vio afectada por la interacción significativa ($P < 0.05$) entre intensidad de defoliación y momento de cierre. Para el caso de la intensidad de defoliación, en el manejo intenso, los cierres más tardíos (diciembre y noviembre) superaron en promedio una vez y media al cierre más temprano (octubre), en el manejo aliviado no se encontraron diferencias significativas entre los distintos momentos de cierre. En cuanto al momento de cierre, el manejo intenso superó en un 100% al manejo aliviado, para las tres fechas establecidas (Figura 9).

Respecto a la producción de forraje de lotus El Rincón, no se encontraron diferencias significativas ni por efecto de la intensidad de defoliación ni por el momento de cierre (Figura 9).

* Producción otoño-invernal del cuarto año del mejoramiento:

La producción total acumulada para el cuarto año del mejoramiento resultó en 741 kg/ha de MS, con un aporte de únicamente el 1% de lotus El Rincón. La misma fue afectada significativamente ($P < 0.01$) por la intensidad de defoliación, siendo el manejo intenso tres veces superior que el aliviado. Se registraron diferencias ($P < 0.05$) entre momentos de cierre, superando el cierre de octubre al de diciembre en una vez y media, mientras que el de noviembre fue similar a ambos (Figura 9).

Para la fracción leguminosa se registraron diferencias significativas únicamente para el momento de cierre ($P < 0.05$), donde el cierre de octubre superó casi tres veces al promedio de los cierres de noviembre y diciembre (Figura 9).

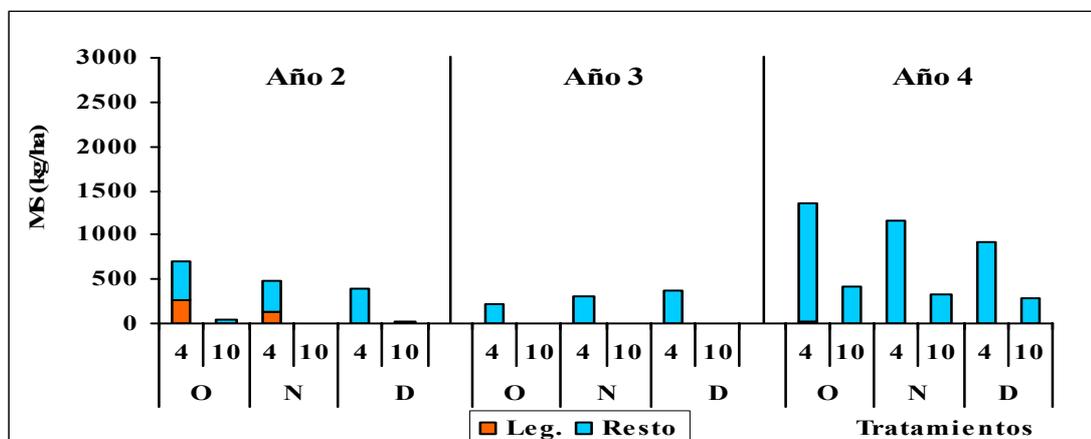


Figura 9. Producción de forraje otoño-invernal de lotus El Rincón durante los años de evaluación.

4.1.5.4 Banco de semillas del suelo

La producción de semillas del banco para el período evaluado se vio afectada por el momento de cierre. En el primer y tercer año se determinó que el cierre de octubre arrojó una cantidad de semillas cinco y siete veces superior respectivamente a cierres más tardíos de noviembre y diciembre, los cuáles no difirieron significativamente entre sí. En el segundo año el cierre de octubre tuvo la mayor reserva de semillas, seguido por noviembre y luego diciembre (Cuadro 25).

El número de semillas en el primer y segundo año de estudio resultó afectado significativamente por el momento de cierre ($P < 0.01$ en ambos casos), siendo el cierre de octubre cinco y tres veces superior que los cierres de noviembre y diciembre en promedio, respectivamente. Con respecto a la intensidad de defoliación, no hay diferencias entre el manejo intenso y aliviado, produciendo en promedio 23405 y 16617 sem/m² en el primer y segundo año respectivamente (Cuadro 25). Para el tercer año de evaluación, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para las dos variables de manejo. En cuánto a intensidad de defoliación, el manejo aliviado produjo dos veces más cantidad de semilla que el manejo intenso. El cierre de octubre superó en siete veces al promedio de los cierres de noviembre y diciembre (Cuadro 25).

El peso de mil semillas fue en promedio 0.49, 0.47 y 0.49 g respectivamente para los tres años de evaluación (Cuadro 25).

Cuadro 25. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de lotus El Rincón, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1			Año 2			Año 3		
	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil
Intensidad de defoliación									
Intenso	10.2	21433	0.49	6.9	14633	0.48	6.7	14133 a	0.50
Aliviado	12.1	25378	0.49	8.5	18600	0.46	15.1	33267b	0.47
Momento de cierre									
Octubre	23.6 a	50300 a	0.47	13.3 a	29583 a	0.45	25.2 a	55267 a	0.46
Noviembre	6.2 b	12683b	0.49	7.6 b	15950b	0.48	6.14 b	13133b	0.48
Diciembre	3.7 b	7233 b	0.51	2.2 c	4317 b	0.50	1.39 b	2700 b	0.52
Significancia									
Intensidad de corte (I)	ns	ns	--	ns	ns	--	ns	**	--
Momento de cierre (M)	**	**	--	**	**	--	**	*	--
I * M	ns	ns	--	ns	ns	--	ns	ns	--

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo; -- sin estadística.

4.1.5.5 Germinación y viabilidad de semillas

Tanto en el segundo como en el tercer año los porcentajes de germinación no superaron el 2%. Con la aplicación de frío, en el segundo año aumentó tres veces el porcentaje de germinación, siendo mínimo el aumento en el tercer año. Los porcentajes de viabilidad superaron en los dos casos el 80% (Cuadro 26).

Cuadro 26. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de lotus El Rincón.

	Año 2	Año 3
Germinación A	1.8 \pm 2.3	1 \pm 1.1
Germinación A+B	5.4 \pm 4.6	1.2 \pm 1
Viabilidad	82.5 \pm 9.7	93.1 \pm 2.1

Germinación A: Germinación en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo.

Germinación B: Germinación en condiciones controladas con aplicación de frío.

4.1.6 Experimento 5: Mejoramiento de campo en base a trébol blanco

4.1.6.1 Producción de forraje total acumulado

La producción total de forraje acumulada durante los tres años de evaluación resultó en 13977 kg/ha de MS, con un aporte del 11% del trébol blanco. El momento de cierre fue la variable de manejo que afectó significativamente a la producción total de forraje así como a la producción de trébol blanco ($P<0.01$ y $P<0.05$ respectivamente). Los tratamientos más tempranos fueron superiores en un 21% con respecto al tardío para el caso de la producción total. En contraste, en la fracción leguminosa fueron los cierres más tardíos los que superaron en promedio en un 41% al cierre más temprano (Cuadro 27).

4.1.6.2 Producción anual de forraje

* Producción de forraje en el primer año:

La producción total de forraje durante el primer año fue de 7158 kg/ha de MS, con una contribución del 11% de la fracción leguminosa. Se registraron diferencias significativas ($P<0.05$) únicamente para el momento de cierre, siendo los cierres más tempranos en promedio un 27% superiores al cierre tardío. El trébol blanco por su parte, fue afectado por la intensidad de defoliación ($P<0.01$), siendo el manejo aliviado un 46% mayor que el manejo intenso (Cuadro 27).

* Producción de forraje en el segundo año:

Para el segundo año analizado, la producción total de forraje resultó en 5509 kg/ha de MS, con un aporte del 10% de trébol blanco. Las dos variables de manejo en estudio no afectaron significativamente la producción total de forraje ni la producción de trébol blanco (Cuadro 27).

* Producción de forraje en el tercer año:

En la evaluación del tercer año la producción total de forraje arrojó un valor de 1311 kg/ha de MS, con un 9% de aporte de trébol blanco. Para el trébol blanco se encontraron diferencias significativas tanto para intensidad de defoliación como para momento de cierre ($P<0.01$ y $P<0.05$ respectivamente). El manejo intenso y el cierre de diciembre superaron cada uno cuatro veces al manejo aliviado y al cierre de octubre (Cuadro 27).

Cuadro 27. Producción de forraje anual (total y leguminosa) de un mejoramiento de campo (MS kg/ha) de trébol blanco Zapicán, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1		Año 2		Año 3		Acumulado (3 años)	
	Total	Leg.	Total	Leg.	Total	Leg.	Total	Leg.
Intensidad de defoliación								
Intenso	7470	646 b	5201	572	1377	199 a	14048	1417
Aliviado	6846	941 a	5817	575	1243	49 b	13906	1564
Momento de cierre								
Octubre	8009 a	629	6178	492	1305	50 b	15491 a	1171 b
Noviembre	7410 a	897	5407	616	1365	118 ab	14183 a	1630 a
Diciembre	6054 b	855	4941	612	1261	204 a	12256 b	1671 a
Significancia								
Intensidad de corte (I)	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns
Momento de cierre (M)	*	ns	ns	ns	ns	*	**	*
I * M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.1.6.3 Producción estacional de forraje

* Producción otoño-invernal del segundo año del mejoramiento:

La producción total acumulada del segundo año resultó en promedio en 1074 kg/ha de MS con un aporte del 18% de trébol blanco. Se determinaron diferencias significativas ($P < 0.01$) para la misma por efecto de la intensidad de defoliación, incrementándose seis veces la cantidad cosechada a medida que se realizaban cortes más intensos (Figura 10).

Respecto a la producción de forraje de la especie sembrada, no se encontraron diferencias significativas ni por efecto de intensidad de defoliación ni por momento de cierre (Figura 10).

* Producción otoño-invernal del tercer año del mejoramiento:

La producción total acumulada del tercer año del mejoramiento fue en promedio de 192 kg/ha de MS, con un 4% de aporte de trébol blanco.

La producción total y de la fracción leguminosa resultó afectada significativamente ($P < 0.01$) por la intensidad de defoliación, con un 100% superior en producción de forraje bajo cortes intensos con respecto a cortes aliviados (Figura 10).

* Producción otoño-invernal del cuarto año del mejoramiento:

La producción total acumulada para el cuarto año resultó en 585 kg/ha de MS, sin aporte de trébol blanco. Se registraron diferencias significativas ($P < 0.01$) únicamente por efecto de la intensidad de defoliación, donde la producción del manejo intenso superó tres veces a la del manejo aliviado (Figura 10).

En lo que respecta a la producción de forraje de la especie sembrada, no se encontraron diferencias significativas ni por efecto de intensidad de defoliación ni por momento de cierre (Figura 10).

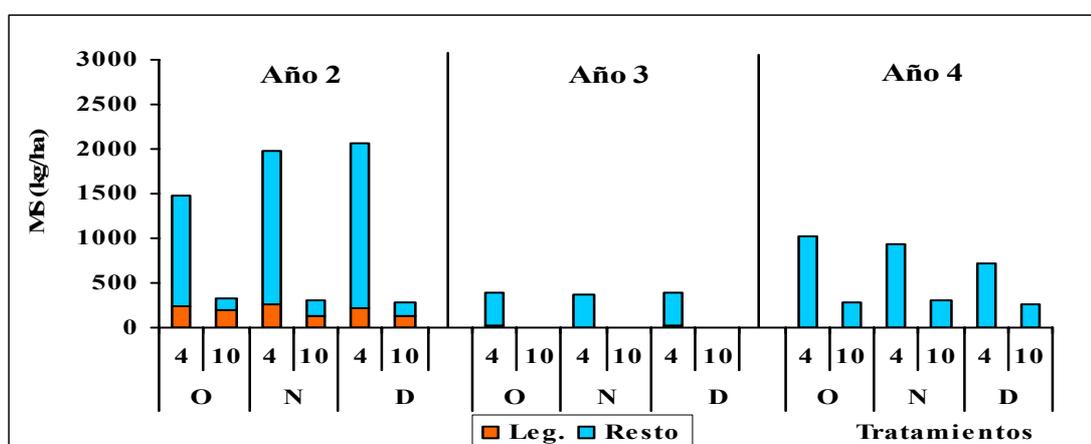


Figura 10. Producción de forraje otoño-invernal de trébol blanco durante los años de evaluación.

4.1.6.4 Banco de semillas del suelo

Durante el primer año de evaluación no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) bajo los diferentes manejos de defoliación y momento de cierre, aunque se puede observar una leve tendencia a un incremento en el banco de semilla con cierres de fines de octubre. Las reservas de semilla promedio fueron de 1.4 g/m^2 (Cuadro 28).

En el segundo y tercer año el tamaño del banco de semillas fue afectado significativamente ($P < 0.01$ y $P < 0.05$) por el momento de cierre, donde el manejo de octubre triplicó al de diciembre, siendo noviembre igual a los dos anteriores, para el segundo año. En el tercer año el cierre de octubre fue superior en comparación con los cierres de noviembre y diciembre (Cuadro 28).

En el primer año de evaluación, el número de semillas del banco no se vio afectado por la intensidad de defoliación ni por el momento de cierre, obteniéndose en promedio 2572 sem/m^2 . En el segundo y tercer año se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para el momento de cierre, siendo tres veces mayor el promedio de octubre y

noviembre frente al más tardío de diciembre, en el segundo año; mientras que para el tercer año octubre triplicó al promedio de noviembre y diciembre (Cuadro 28).

En promedio para el primer, segundo y tercer año de evaluación, el peso de mil semillas fue 0.56, 0.64 y 0.70 g respectivamente, observándose un aumento en el peso de las semillas a medida que el mejoramiento avanza en edad (Cuadro 28).

Cuadro 28. Peso (g/m^2), número ($\text{n}^\circ/\text{m}^2$) y peso de mil semillas (g) de un mejoramiento de campo de trébol blanco Zapicán, manejado bajo dos intensidades de defoliación y tres momentos de cierre para semillazón en sus tres primeros años sobre suelos de la Unidad Sierra de Polanco.

Variables	Año 1			Año 2			Año 3		
	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil	Peso	Nº.	P. mil
Intensidad de defoliación									
Intenso	1.31	2356	0.55	0.47	811	0.66	0.66	989	0.71
Aliviado	1.56	2789	0.56	0.50	800	0.62	0.54	811	0.68
Momento de cierre									
Octubre	2.14	3883	0.55	0.75 a	1250 a	0.60	1.01 a	1617 a	0.63
Noviembre	0.77	1383	0.56	0.47ab	850 a	0.56	0.44 b	633 b	0.70
Diciembre	1.38	2450	0.56	0.24 b	317 b	0.78	0.35 c	450 b	0.76
Significancia									
Intensidad de corte (I)	ns	ns	--	ns	ns	--	ns	ns	--
Momento de cierre (M)	ns	ns	--	**	**	--	*	**	--
I * M	ns	ns	--	ns	ns	--	ns	ns	--

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo; -- sin estadística.

4.1.6.5 Germinación y viabilidad de semillas

La germinación estuvo situada entre 5 y 13% para las semillas del banco del segundo y tercer año respectivamente, cuando no se aplicó ningún tratamiento adicional. La aplicación de frío incrementó la germinación en 9.4 y 7.2% en el segundo y tercer año respectivamente. La viabilidad de las semillas resultó aproximadamente del 50% para los dos años evaluados (Cuadro 29).

Cuadro 29. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos bajo diferentes manejos y porcentaje de viabilidad de trébol blanco.

	Año 2	Año 3
Germinación A	5.4 \pm 5	12.7 \pm 9.9
Germinación A+B	14.8 \pm 8.8	19.9 \pm 5.3
Viabilidad	52 \pm 26.5	49.1 \pm 37.5

Germinación A: Germinación en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo.

Germinación B: Germinación en condiciones controladas con aplicación de frío.

4.2 DINÁMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO

4.2.1 Parámetros climáticos

Las precipitaciones ocurridas durante el período de evaluación (mayo-noviembre) fueron en general superiores a la serie histórica, a excepción de los meses de julio y noviembre, donde se evidencia una clara disminución de las mismas (Cuadro 30).

Cuadro 30. Registros de precipitaciones mensuales (mm) de la serie histórica (1991-2005) y del año 2005 en la Unidad Experimental de Palo a Pique (UEPP).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov
S. hist.	101	109	120	146	147	142	106	88	103	100	73
2005	18	18	87	271	307	298	39	83	157	112	0

Fuente: adaptados de registros de UEPP.

Los datos de temperatura del suelo registrados en el período de estudio para las cinco emergencias no difirieron mayormente entre sí, aunque se observa una leve tendencia al aumento de la misma hacia el final del experimento (Cuadro 31).

Cuadro 31. Registros de temperatura en superficie del suelo mensuales (°C) para las emergencias evaluadas en la sede de la Estación Experimental de INIA Treinta y Tres.

Período de Emergencia	27/05/05-27/06/05	04/07/05-03/08/05	10/08/05-09/09/05	16/09/05-17/10/05	25/10/05-08/11/05
Temperatura	14.4	13.3	14	16.6	20

Fuente: adaptados de registros de INIA Treinta y Tres.

Ambos parámetros climáticos podrían afectar la dinámica del banco de semillas y de este modo dar lugar a patrones variables de germinación.

4.2.2 Emergencia de plántulas

4.2.2.1 **Mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco**

En el mejoramiento de lotus INIA Draco el mayor número de plántulas emergidas se produjo en la segunda semana de conteo, siendo las emergencias en los tratamientos con agregado de semilla cuatro veces superior comparado con aquellos sin agregado de la misma. Dentro de éstos, la mayor emergencia tuvo lugar con manejos de la vegetación a 10 cm, un 54% más que el promedio de 4 y 0 cm (Figura 11).

En el caso de los tratamientos sin agregado de semilla, la germinación siguió el mismo comportamiento que en el caso anterior, siendo el de 10 cm 74% mayor que el promedio de los dos restantes (Figura 11).

En las siguientes semanas de evaluación, el número de emergencias fue casi nulo o en algunos casos inexistente.

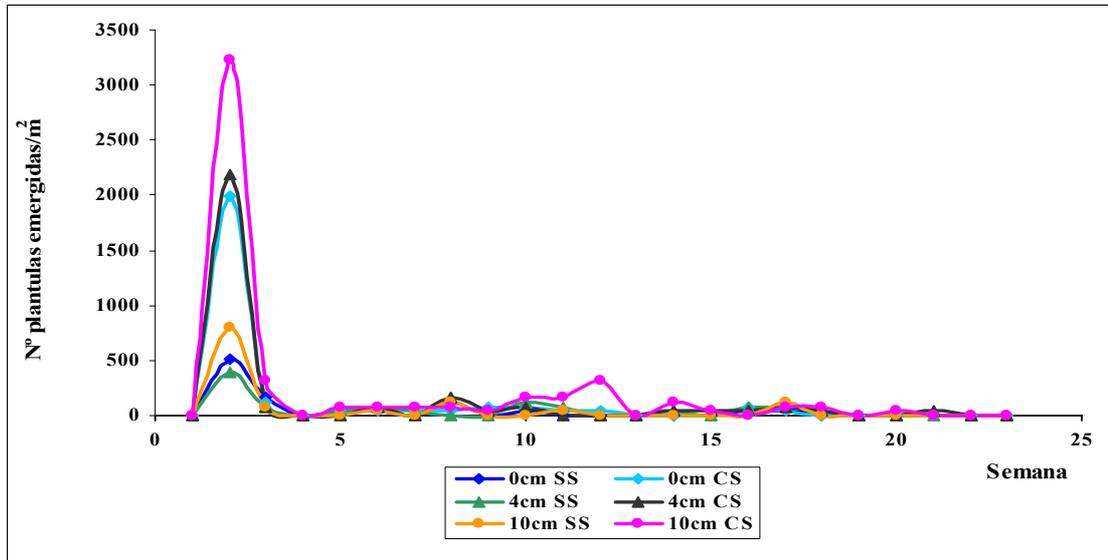


Figura 11. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco.

Se detectaron únicamente en el primer caso de emergencia de plántulas diferencias significativas ($P < 0.01$) para el tratamiento de agregado o no de semilla, donde el agregado produjo en valores reales 73% más que el no agregado de la misma. En cuanto al total germinado dicho tratamiento también lo afectó significativamente ($P < 0.05$), siendo en valores reales 32% superior la emergencia por efecto del agregado de semilla en comparación con el no agregado de la misma (Cuadro 32).

Para el banco de semillas del suelo no se encontraron diferencias significativas por efecto de los distintos tratamientos impuestos, observándose un promedio de 414 semillas/m² (Cuadro 32).

Cuadro 32. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m²) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus INIA Draco.

	E1	$\sqrt{E1}$	E2	$\sqrt{E2}$	E3	$\sqrt{E3}$	E4	$\sqrt{E4}$	E5	$\sqrt{E5}$	Total	$\sqrt{\text{Total}}$	Banco
Cobertura													
0	68	8.1	9.2	2.1	1.3	0.5	3.4	1.4	0	0	82	8.9	260
4	48	6.5	12	2.8	5.2	1.4	18.4	3.1	1	0.3	84	9.1	400
10	53	6.4	7.6	2.1	5.1	1.4	5.1	1.5	0	0	70	7.9	580
Semilla													
S	41	5.6 b	9.8	2.3	2.8	0.7	14	2.5	0	0	68	7.8 b	400
C	71	8.4 a	9.1	2.4	4.9	1.5	4.2	1.6	0.7	0.2	90	9.5 a	427
Significancia													
Cob.		ns		ns		ns		ns		ns		ns	ns
Sem.		**		ns		ns		ns		ns		*	ns
Cob.*Sem.		ns		ns		ns		ns		ns		ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) (P<0.05); *, P<0.05; **, P<0.01; ns, no significativo.

4.2.2.2 Mejoramiento de campo en base a lotus LE 627

Para lotus LE 627 se observan dos momentos claros de emergencia, uno ocurrido en la segunda y el otro en la decimoséptima semana de evaluación. El tratamiento de 0 cm con agregado de semilla fue el de mayor emergencia para ambos casos, siendo en ésta última semana casi dos veces superior a la primera (Figura 12).

En la segunda semana de evaluación los tratamientos con agregado de semilla superaron en tres veces a aquellos sin agregado de la misma, y dentro de ambos, el tratamiento de 0 cm superó en una vez y media, y nueve veces al promedio de los dos tratamientos de defoliación restantes, respectivamente (Figura 12).

Para la decimoséptima semana se observa el mismo comportamiento anterior, con la salvedad de que dentro de los tratamientos con agregado de semillas, el tratamiento de 0 cm superó cuatro veces al promedio de 4 y 10 cm, mientras que para sin agregado de la misma la superioridad del mismo tratamiento fue de casi diez veces (Figura 12).

Cabe destacar que entre las semanas mencionadas se registraron otros picos de emergencia considerables, siendo siempre superior el tratamiento de 0 cm con agregado de semilla.

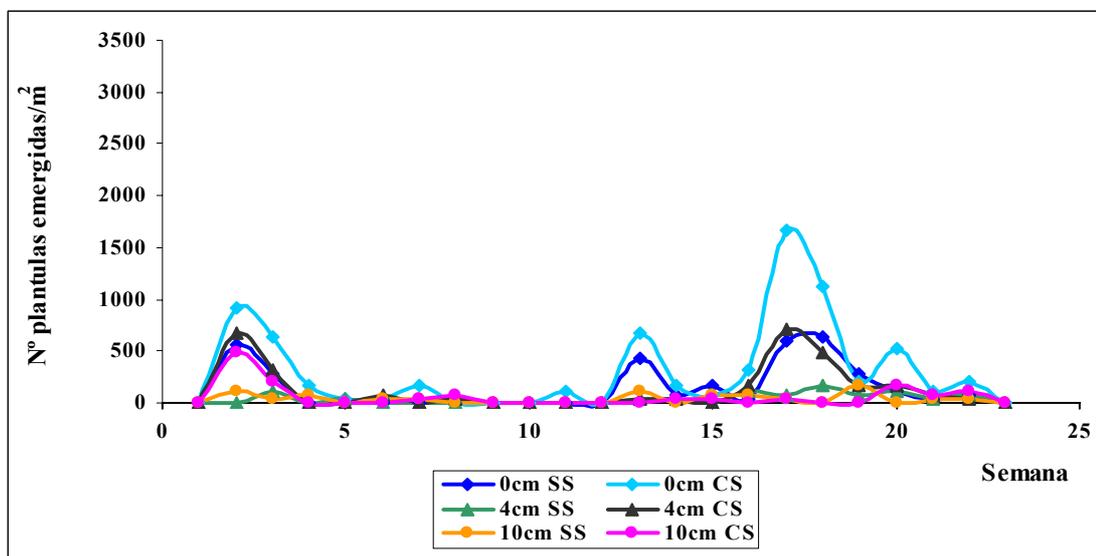


Figura 12. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus LE 627.

Del análisis estadístico se desprende que el primer mes de emergencia de plántulas fue afectado tanto por la cobertura ($P < 0.01$) como por el agregado de semilla ($P < 0.05$). En el primer caso el tratamiento sin cobertura produjo tres veces más que el promedio de 4 y 10 cm; mientras que en el segundo caso, el agregado de semilla obtuvo 15% más emergencia de plántulas con respecto al no agregado de la misma. Para el tercer y cuarto mes de emergencia de plántulas se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$ y $P < 0.01$ respectivamente) por efecto de la cobertura del tapiz. En el tercer mes el tratamiento sin cobertura produjo dieciocho veces más que el promedio de 4 y 10 cm, mientras que en el cuarto mes la mayor emergencia se obtuvo con el tratamiento de 0 cm, seguido por el de 4 cm y por último el de 10 cm (todos los porcentajes se calcularon en base a los valores reales). En el segundo y quinto mes de emergencia los tratamientos de defoliación y agregado de semilla no afectaron significativamente la emergencia de plántulas (Cuadro 33).

Para el total de emergencia de plántulas se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) únicamente para el manejo de defoliación, siendo el tratamiento de 0 cm casi cinco veces mayor que el promedio de los restantes tratamientos (Cuadro 33).

En cuanto al banco de semillas del suelo, no se detectaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos, resultando en promedio 26267 semillas/m² (Cuadro 33).

Cuadro 33. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m²) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus LE 627.

	E1	$\sqrt{E1}$	E2	$\sqrt{E2}$	E3	$\sqrt{E3}$	E4	$\sqrt{E4}$	E5	$\sqrt{E5}$	Total	$\sqrt{\text{Total}}$	Banco
Cobertura													
0	6.8	2.4 a	0.2	0.3	5.4	1.6 a	14	3.2 a	1	0.86	28	4.7 a	22760
4	2.5	1.4 b	0.2	0.2	0.2	0.3 b	5	1.9 b	0.5	0.47	8	2.5 b	24020
10	1.6	0.9 b	0.6	0.4	0.4	0.4 b	0.9	0.7 c	0.4	0.42	4	1.8 b	32020
Semilla													
S	3.4	1.2 b	0.2	0.2	3.1	0.9	7.8	2.0	0.5	0.47	15	3.1	24333
C	3.9	1.9 a	0.4	0.4	0.9	0.5	5.3	2.0	0.7	0.69	11	2.9	28200
Significancia													
Cob.		**		ns		*		**		ns		**	ns
Sem.		*		ns		ns		ns		ns		ns	ns
Cob.*Sem.		ns		ns	ns								

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) (P<0.05); *, P<0.05; **, P<0.01; ns, no significativo.

4.2.2.3 Mejoramiento de campo en base a lotus Maku

En el lotus Maku la tercera semana fue la de mayor número de emergencias y siempre superior en los tratamientos con agregado de semilla, treinta y tres veces más, siendo en este caso, el tratamiento de 4 cm un 47% superior al promedio de 0 y 10 cm. Para el caso de sin agregado de semilla, únicamente se evidenció germinación en el tratamiento de 0 cm, siendo ésta de 40 plántulas/m² (Figura 13).

En las siguientes semanas de evaluación, el número de emergencias fue casi nulo o en algunos casos inexistente.

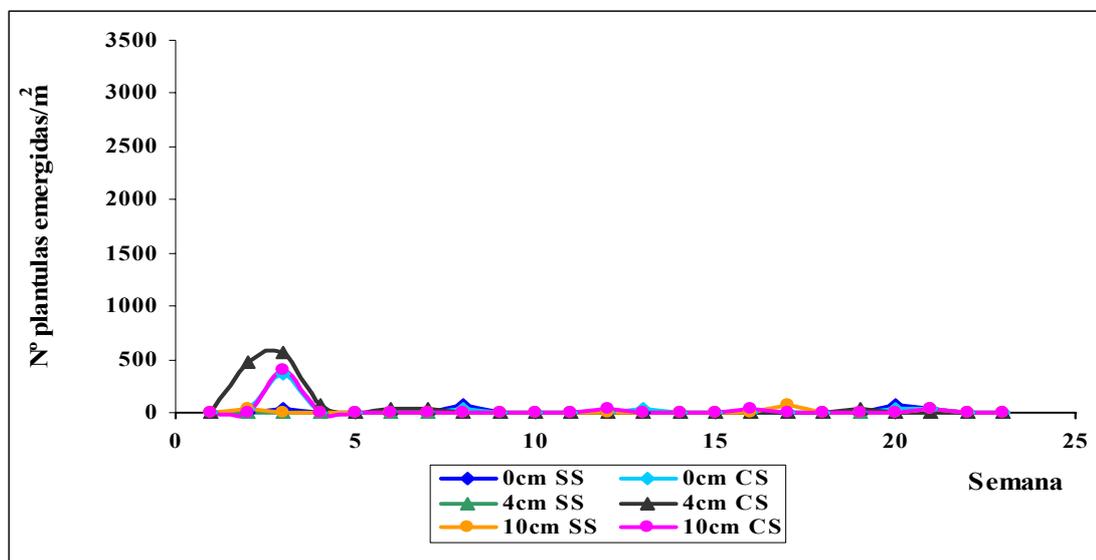


Figura 13. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus Maku.

El análisis estadístico de la emergencia de plántulas mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) solamente en el primer mes para el agregado de semilla, siendo el tratamiento con agregado casi cinco veces superior en valores reales que el no agregado de la misma. El total de emergencia fue afectado de igual modo por dicho tratamiento, donde el agregado de semilla superó en valores reales casi cuatro veces al tratamiento sin agregado de la misma (Cuadro 34).

El banco de semillas del suelo no se vio modificado por los distintos tratamientos efectuados, presentando en promedio 5693 semillas/m² (Cuadro 34).

Cuadro 34. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m²) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus Maku.

	E1	$\sqrt{E1}$	E2	$\sqrt{E2}$	E3	$\sqrt{E3}$	E4	$\sqrt{E4}$	E5	$\sqrt{E5}$	Total	$\sqrt{\text{Total}}$	Banco
Cobertura													
0	8.8	1.9	0.9	0.42	0.3	0.2	1.0	0.4	0.7	0.4	12	2.9	6760
4	11	2.0	0.5	0.29	0	0	0.3	0.17	0	0	12	2.2	6860
10	14	2.6	0	0	0.7	0.4	0.7	0.27	0.8	0.4	17	3.1	3460
Semilla													
S	3.9	0.7 b	0.5	0.18	0	0	0.9	0.35	0.5	0.25	6	1.2 b	5733
C	19	3.7 a	0.5	0.30	0.7	0.4	0.4	0.24	0.5	0.27	21	4.2 a	5653
Significancia													
Cob.		ns		ns	ns								
Sem.		**		ns		ns		ns		ns		**	ns
Cob.*Sem.		ns		ns	ns								

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.2.2.4 Mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón

En este caso se registran dos momentos de emergencias, uno al inicio de la evaluación y otro mayor al final de la misma. En la segunda semana los tratamientos con agregado de semilla fueron diez veces superiores que los sin agregado de la misma. Dentro de los que presentan agregado de semilla, el tratamiento de 4 cm fue un 30% superior respecto al promedio de los de 0 y 10 cm, mientras que para los sin agregado de semilla, el tratamiento de 10 cm superó en un 100% a los restantes (Figura 14).

Al final de la evaluación la emergencia se encuentra más distribuida entre las semanas 21 y 22, siendo el promedio de los tratamientos con agregado de semilla un 20% superiores con respecto a los sin agregado de la misma. En ambos casos el tratamiento de 0 cm fue superior en dos y dieciséis veces a los restantes tratamientos, respectivamente (Figura 14).

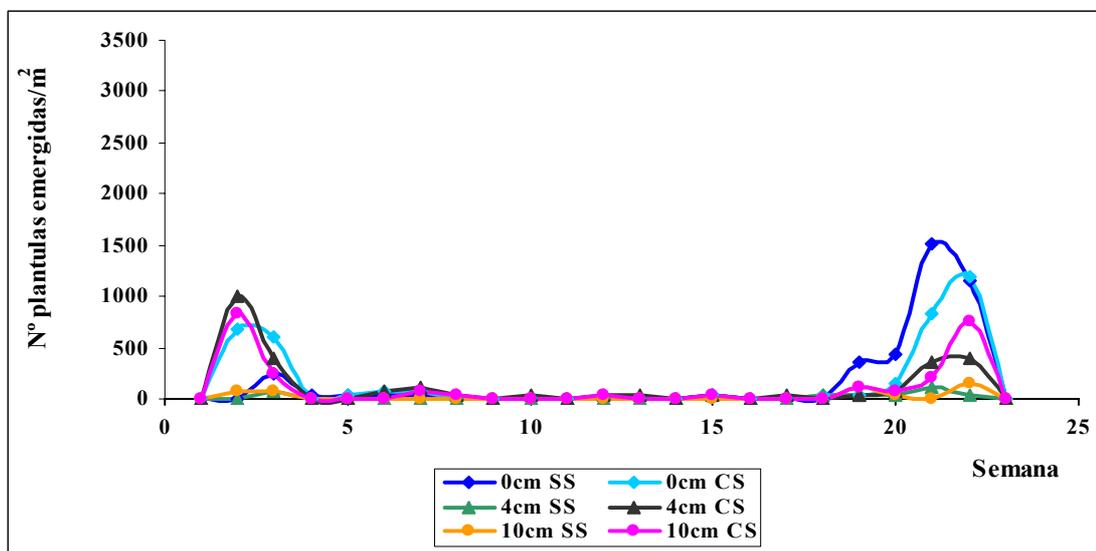


Figura 14. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón.

El análisis estadístico de la emergencia de plántulas mostró diferencias significativas para el primer ($P < 0.01$) y segundo ($P < 0.05$) mes por efecto del tratamiento de agregado de semilla; donde en ambos casos el agregado fue siete veces mayor que el no agregado. En el quinto mes de emergencia de plántulas las diferencias significativas ($P < 0.01$) fueron para los tratamientos de defoliación, siendo el tratamiento sin cobertura siete veces superior que el promedio de los dos restantes. Para el tercer y cuarto mes de emergencia no se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos impuestos (Cuadro 35).

El total de emergencias sufrió modificaciones como consecuencia del manejo de defoliación y por el agregado de semilla ($P < 0.01$ y $P < 0.05$ respectivamente), donde el tratamiento de 0 cm fue tres veces superior al promedio de los restantes, mientras que el agregado de semilla produjo 33% más que el no agregado de la misma (se tomó para todos los porcentajes los valores reales) (Cuadro 35).

En cuanto al banco de semillas del suelo, éste no se vio afectado por los diferentes tratamientos impuestos, resultando en promedio 23800 semillas/m² (Cuadro 35).

Cuadro 35. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m²) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a lotus El Rincón.

	E1	$\sqrt{E1}$	E2	$\sqrt{E2}$	E3	$\sqrt{E3}$	E4	$\sqrt{E4}$	E5	$\sqrt{E5}$	Total	$\sqrt{\text{Total}}$	Banco
Cobertura													
0	4.0	1.7	0.6	0.5	0.2	0.2	2.5	1.0	13	3.2 a	20	4.2 a	16780
4	3.2	1.4	0.6	0.5	0.5	0.4	1.0	0.6	2.1	1.1 b	7	2.3 b	23440
10	3.1	1.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	1.6	0.9 b	6	2.1 b	31180
Semilla													
S	0.9	0.7 b	0.1	0.1 b	0.2	0.2	2.0	0.9	5.9	1.6	9	2.4 b	22827
C	5.9	2.3 a	0.7	0.6 a	0.3	0.3	0.7	0.5	4.9	1.9	12	3.4 a	24773
Significancia													
Cob.		ns		ns		ns		ns		**		**	ns
Sem.		**		*		ns		ns		ns		*	ns
Cob.*Sem.		ns		ns	ns								

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.2.2.5 Mejoramiento de campo en base a trébol blanco

En el caso de trébol blanco, en la segunda semana se registró el mayor pico de emergencias, registrando los tratamientos con agregado de semilla 12 veces más, sin existir diferencias dentro de los mismos bajo un manejo diferencial de la vegetación. Para aquellos sin agregado de semilla, el tratamiento de 0 cm fue tres veces y media superior al de 10 cm y a su vez éste último cuatro veces superior al de 4 cm (Figura 15).

En las semanas posteriores de evaluación todos los tratamientos tuvieron una mínima emergencia, destacándose el de 4 cm con agregado de semilla a la sexta semana, cayendo a valores mínimos en los siguientes conteos (Figura 15).

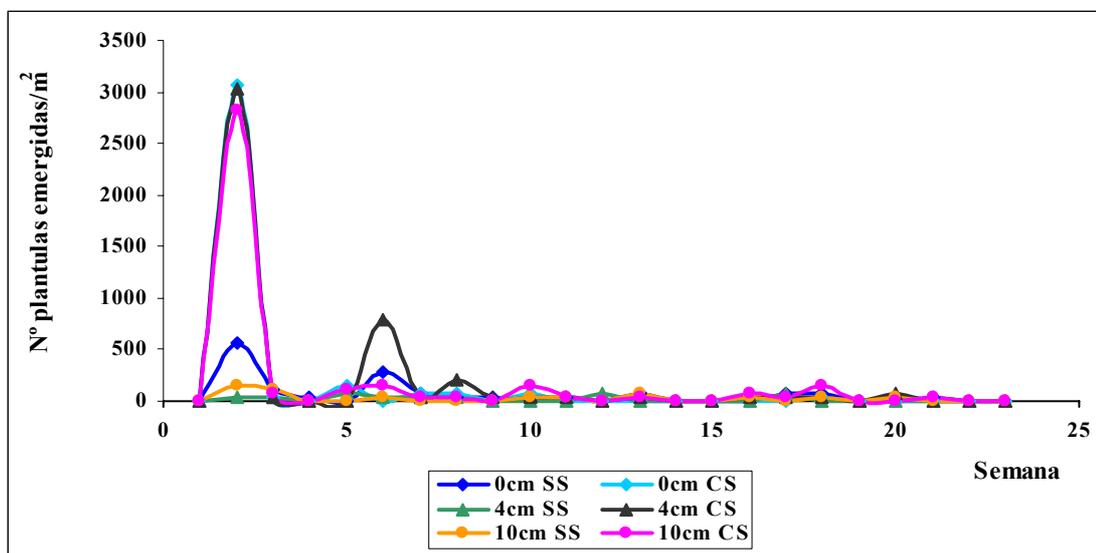


Figura 15. Evolución del número de plántulas emergidas (plántulas/m²) durante el período de estudio de un mejoramiento de campo en base a trébol blanco.

A partir del análisis estadístico se observaron cambios únicamente para el primer mes de emergencia como consecuencia del agregado de semilla ($P < 0.01$), donde se obtuvo casi tres veces más emergencia en el caso de agregado con respecto al no agregado de la misma. El total de emergencia fue afectado por el mismo tratamiento ($P < 0.05$), siendo el agregado un 33% más que el no agregado de la misma (se tomó para todos los porcentajes los valores reales) (Cuadro 36).

Para el banco de semillas del suelo no se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos, presentando un promedio de 834 semillas/m² (Cuadro 36).

Cuadro 36. Emergencia de plántulas expresada como porcentaje del banco (E) y transformada para el análisis estadístico (\sqrt{E}) medida mensualmente en cinco oportunidades, total de emergencias y semillas del banco (sem/m²) para los diferentes tratamientos de defoliación (0, 4 y 10 cm) y agregado (C) o no (S) de semilla de un mejoramiento de campo en base a trébol blanco.

	E1	$\sqrt{E1}$	E2	$\sqrt{E2}$	E3	$\sqrt{E3}$	E4	$\sqrt{E4}$	E5	$\sqrt{E5}$	Total	$\sqrt{\text{Total}}$	Banco
Cobertura													
0	54	6.8	11	2.3	3.5	1.0	3.9	1.2	1.3	0.4	74	8.4	660
4	36	5.2	16	3.1	3.6	1.0	6.6	1.3	0	0	75	7.4	1080
10	45	5.9	11	2.4	5.7	1.1	12.6	2.7	0.5	0.2	63	8.5	760
Semilla													
S	24	3.9 b	15	2.9	6.9	1.4	12.8	2.5	0.8	0.2	60	7.2 b	627
C	66	8.1 a	10	2.3	1.5	0.6	2.6	0.98	0.3	0.2	80	9.0 a	1040
Significancia													
Cob.		ns		ns		ns		ns		ns		ns	ns
Sem.		**		ns		ns		ns		ns		*	ns
Cob.*Sem.		ns		ns		ns		ns		ns		ns	ns

medias con letras distintas de una misma columna para cada variable principal son significativamente diferentes entre sí para MDS (5%) ($P < 0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ns, no significativo.

4.2.3 Germinación y viabilidad de las semillas del banco

Lotus Maku fue la especie que presentó mayor germinación (tomado como 100%), siguiéndole LE 627, trébol blanco, INIA Draco y El Rincón, siendo 29, 9, 6 y 2% respectivamente, cuando no se aplicó ningún tratamiento adicional (Cuadro 37).

La aplicación de frío incrementó la germinación principalmente en lotus El Rincón, siendo ocho veces mayor que en el caso anterior. Para trébol blanco la germinación aumentó tres veces, mientras que para LE 627 e INIA Draco el incremento fue de 80 y 50% respectivamente. Por su parte, Lotus Maku no modificó su germinación por la aplicación de frío. Cabe aclarar que todos los valores de germinación registrados son mínimos (Cuadro 37).

La viabilidad de las semillas se ubicó en un rango de 58 a 76%, siendo lotus El Rincón, trébol blanco y LE 627 las especies que presentan los mayores valores (Cuadro 37).

Cuadro 37. Porcentaje de germinación promedio y desvío de la media de seis tratamientos y porcentaje de viabilidad para las diferentes especies bajo estudio.

Especie	Germinación A	Germinación A + B	Viabilidad
INIA Draco	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.5	64 ± 33.8
LE 627	1 ± 0.8	1.8 ± 1.3	74 ± 21.4
Maku	3.4 ± 1.4	3.4 ± 1.4	58 ± 11.7
El Rincón	0.06 ± 0.2	0.5 ± 1	76 ± 16.3
Trébol blanco	0.3 ± 0.5	0.8 ± 1.1	75 ± 11.5

Germinación A: Germinación en condiciones controladas sin ningún tratamiento previo.

Germinación B: Germinación en condiciones controladas con aplicación de frío.

5. DISCUSIÓN

Con el propósito de lograr responder a las inquietudes planteadas acerca de cómo cambia la productividad de la pastura frente a diferentes manejos, el tamaño y evolución del banco de semillas del suelo, así como su rol en el proceso regenerativo de la pastura, se discuten a continuación los resultados obtenidos.

5.1 MANEJO DE DEFOLIACIÓN Y PERSISTENCIA

5.1.1 Producción de forraje de los diferentes mejoramientos evaluados

La evolución de los mejoramientos a lo largo del período evaluado mostró una clara tendencia a la disminución de la producción total de forraje al igual que la fracción leguminosa, a excepción del lotus LE 627 el cuál duplicó su producción (teniendo en cuenta que fueron dos años de evaluación).

En el total de los tres años, lotus Maku fue la leguminosa con mayor producción, seguida por lotus El Rincón, lotus INIA Draco y por último trébol blanco Zapicán. Las producciones fueron de un 60, 36 y 17% respectivamente, tomando como 100 la producción de lotus Maku. Lotus LE 627 produjo 2542 kg/ha de materia seca durante sus dos años evaluados. A lo largo de los diferentes años se mantuvieron estas diferencias, aún para las condiciones de sequía ocurridas en el tercer año donde las precipitaciones fueron altamente deficitarias durante el verano (97 mm).

La superioridad de lotus Maku observada al correr de los años es debida a la presencia de cepas tolerantes a la acidez y a una mayor sobrevivencia a la sequía, por presentar según menciona Risso (2001), una extensa red de rizomas capaz de recuperarse luego de un estrés hídrico. La situación contraria ocurre con trébol blanco, donde el pobre comportamiento observado está asociado a los niveles de aluminio intercambiable detectados en el suelo, causantes de la reducción del desarrollo de raíz y toda la planta como lo expresan Muslera y Ratera (1984); así como a su alta sensibilidad a condiciones de déficit hídrico fundamentalmente por poseer un sistema radicular superficial.

En cuánto a la producción otoño-invernal, resultó relativamente baja para todos los mejoramientos, siendo lotus Maku la especie de mayor productividad, siguiéndole lotus Draco, trébol blanco y en último término lotus El Rincón. Las producciones fueron de 35, 21 y 8% respectivamente, tomando como 100 la producción de lotus Maku. Lotus LE 627 produjo en esta época del año 149 kg/ha de materia seca en sus dos años evaluados. El bajo aporte de lotus El Rincón según menciona Carámbula (1994), puede ser atribuido a la muy baja producción desde fines de otoño a invierno, situación que se agrava con la existencia de secas.

Por tanto, lotus Maku y lotus El Rincón resultan especies más adaptadas a suelos de sierras caracterizados por ambientes con restricciones en pH y aluminio (Ayala y Bermúdez, 2005), y a la ocurrencia de sequías estivales, debido a la existencia de mecanismos de tolerancia y escape que le confieren a dichas especies una mayor habilidad competitiva con respecto a las restantes. Además estas especies son las que presentan mayor respuesta a buenas condiciones climáticas (precipitaciones), logrando una mayor producción de la leguminosa en sí y por lo tanto de los mejoramientos.

5.1.2 Efecto del manejo del pastoreo

Lotus INIA Draco no presenta un patrón claro de respuesta al manejo de la intensidad de defoliación en los tres años de evaluación, aunque Greub y Wedin citados por Cordeiro de Araújo y Jacques (1974) afirman que para *Lotus corniculatus* hay una mayor producción de materia seca con cortes aliviados respecto a cortes intensos debido a que el corte más intenso remueve mayor número de yemas axilares retardando de este modo el rebrote. En cuanto al momento de cierre, aquellos más tempranos presentaron mayor producción de materia seca que los más tardíos, en dos de los tres años evaluados, si bien la producción es mayor, la calidad disminuye con cierres tempranos, debido al envejecimiento y endurecimiento de la pastura.

Para lotus LE 627 no se encontró una respuesta clara en lo que refiere a intensidad de defoliación y momento de cierre, aunque los cierres más tardíos de noviembre y diciembre presentaron una tendencia a incrementar la producción de forraje respecto al cierre de octubre.

Lotus Maku presenta una mayor producción de forraje con manejos de defoliación más intensos, coincidiendo con lo expresado por Arrillaga y Coduri (1997), debido fundamentalmente a su hábito de crecimiento semipostrado. En cuanto al momento de cierre, este no resultó determinante, aunque se observa una tendencia a incrementar la producción con cierres más tardíos de noviembre y diciembre durante el tercer año del mejoramiento. La producción de rizomas de este lotus no se vio afectada por la intensidad de defoliación ni por el momento de cierre, lo cual se contradice con lo mencionado por Arrillaga y Coduri (1997), quienes afirman que se necesita un descanso de 60 días para favorecer la formación de rizomas. Además Thomas citado por Harris et al. (1997) menciona que el sistema de rizomas de *Lotus uliginosus* es sensible a regímenes de defoliación severa pudiendo causar una disminución del rebrote y por ende su persistencia.

Lotus El Rincón presenta una tendencia a una mayor producción de forraje con manejos más aliviados, aunque Carámbula et al. (1994) establecen que es importante realizar cortes intensos durante verano y otoño para favorecer su persistencia. Además Risso y Carámbula (1998) agregan que frente a defoliaciones frecuentes incontroladas

este lotus puede disminuir de forma importante su producción. Al igual que para *Lotus corniculatus*, los momentos de cierres más tempranos determinaron una mayor producción que el cierre de diciembre.

Trébol blanco no expresó una respuesta clara al manejo de la intensidad de defoliación ni al momento de cierre, excepto en el tercer año de evaluación, donde se encontró que un manejo intenso y cierres más tardíos resultaron en una mayor producción de forraje en comparación con los restantes tratamientos. Esto coincide con lo expresado por Carámbula (1977), quien afirma que esta especie admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes, debido principalmente a su porte rastrero.

5.1.3 Tamaño y evolución del banco de semillas del suelo

El banco de semillas luego de tres años muestra importantes diferencias entre las especies en evaluación, destacándose particularmente las reservas presentes para lotus El Rincón con 114 kg/ha, seguido por lotus LE 627 con 87 kg/ha (dos años de evaluación), lotus Maku y Draco, con similar remanente de semillas con 17 y 14 kg/ha y en último término trébol blanco con 6 kg/ha; reservas de semillas que superan ampliamente a las densidades de siembra recomendadas. Esta última especie se encuentra dentro de los rangos reportados por Turkington y Burdon citados por Cavers y Benoit (1989), mientras que para lotus Maku el banco de semillas encontrado supera ampliamente a lo mencionado por Harris et al. (1992).

En el período de evaluación, las reservas de semillas del suelo fueron variables, disminuyendo en el segundo año para lotus Draco, lotus El Rincón y trébol blanco, aumentando nuevamente en el tercer año, debido probablemente a los cambios ocurridos en el balance de entradas y salidas del banco de semillas. Mientras que lotus LE 627 aumentó considerablemente sus reservas, lotus Maku las mantuvo constantes.

Para todas las especies en estudio, el banco de semillas se vio afectado principalmente por los momentos de cierre, donde aquellos cierres más tempranos muestran una tendencia a promover mayores reservas de semilla en el suelo, lo cual concuerda con lo expresado por Carámbula et al. (1994) y Formoso (1996). Si bien el hecho de manejar períodos de cierre extendidos resulta ventajoso en lo que refiere al tamaño del banco de semillas del suelo, la persistencia de la especie sembrada puede verse perjudicada por la competencia y agresividad del campo natural, dado que los suelos de la zona son predominantemente estivales. El manejo de la intensidad de defoliación parece ser un factor menos relevante, lo cual puede estar explicado por lo extendido de los períodos de cierre utilizados. Sin embargo Hare (1985) expresa que para lotus Maku cortes más intensos al momento del cierre provocan una disminución en el rendimiento de semilla, lo cual afecta directamente las reservas de semillas en el suelo.

En cuánto al peso de mil semillas, lotus INIA Draco presentó el mayor valor 1.18 g, seguido por lotus Maku con 0.76 g, trébol blanco con 0.63 g y en último termino lotus LE 627 y El Rincón con 0.49 y 0.48 g respectivamente; resultados que se encuentran dentro de los rangos mencionados por diversos autores como Adams, Robinson y otros citados por Harris (1987); Hare et al. y McLaughlin et al. citados por Castaño y Menendez (1998).

La germinación de las semillas provenientes del banco en condiciones controladas resultó baja en todas las especies, siendo menor al 20%. Este bajo porcentaje de germinación se explica en gran medida por el porcentaje de dureza que presentan las especies bajo estudio como expresan Grime et al. citados por Roberts y Boddrell, 1985. No existió una respuesta clara de las mismas a la aplicación de frío, aunque lotus El Rincón y trébol blanco fueron afectados por este tratamiento, siguiéndole lotus INIA Draco, y en último término los dos cultivares de *Lotus uliginosus* con una mínima respuesta, cabe aclarar que las respuestas encontradas son de baja magnitud. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por González y Monteagudo (2003), quienes encontraron que trébol blanco respondió en forma positiva a la aplicación de frío, mientras que para *Lotus corniculatus* este estímulo no mejoró la germinación.

Respecto a la viabilidad de las semillas del banco, esta fue media a alta (igual o mayor al 50% en todos los casos). Resulta de importancia estos valores, ya que implican que gran cantidad de semillas se encuentran vivas, que frente a estímulos externos favorables son capaces de germinar y de contribuir a la persistencia de la pastura.

5.2 DINÁMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO

5.2.1 Emergencia de plántulas

Para el caso de los tratamientos con agregado de semilla, al inicio de la evaluación, lotus INIA Draco fue el que presentó la mayor emergencia, seguido por trébol blanco, lotus Maku, lotus El Rincón y lotus LE 627, siendo las emergencias 93, 27, 8 y 5% respectivamente, tomando como 100% al lotus INIA Draco. La mayor emergencia se produjo para todas las especies al comienzo de la evaluación, concentrándose en la segunda semana del conteo, debido fundamentalmente a que las semillas más nuevas son capaces de germinar más rápidamente que aquellas más viejas y al tiempo que demora la semilla en cumplir con las etapas de germinación. La superioridad de lotus INIA Draco y trébol blanco puede deberse a un mayor tamaño de semilla y mayor viabilidad de las semillas agregadas (Anexo 3). Aunque lotus Maku presenta un peso de mil semillas algo superior al trébol blanco, su menor germinación podría estar influenciada por el mayor contenido de taninos condensados, los cuáles disminuyen la permeabilidad de la semilla. Al final del periodo de evaluación, lotus El Rincón fue el que mostró una marcada superioridad, nueve veces más que el promedio de las restantes especies, explicado

posiblemente por un mayor tamaño del banco, sumado al efecto favorable de las condiciones climáticas que lograron levantar la dormancia de las semillas.

En lo que respecta a los tratamientos sin agregado de semilla, se observó al igual que en los con agregado, una mayor emergencia al inicio del experimento del lotus INIA Draco y trébol blanco, explicado básicamente por la diferencia en el tamaño de la semilla de las distintas especies; para posteriormente hacia fines de la evaluación ser lotus El Rincón el que presentó la mayor emergencia, trece veces más que el promedio de las restantes especies.

El total germinado de los tratamientos sin agregado de semilla, en el período evaluado fue mayor para lotus INIA Draco (68%), seguido en orden por trébol blanco con 88%, lotus LE 627 con 22%, lotus El Rincón con 13% y finalmente Maku con 9%, tomando la primera especie como 100%.

Las reservas del banco de semillas del suelo encontradas resultaron de carácter importante comparadas con bancos estimados a partir de las densidades de siembra comúnmente utilizadas, lo que podría contribuir a un adecuado mantenimiento de la población de las especies de interés.

En cuanto a la germinación en condiciones controladas de las semillas de estos bancos, resultó baja para todas las especies, mostrando Maku una leve superioridad frente a las restantes leguminosas. La aplicación de frío no modificó sustancialmente la germinación, destacándose la respuesta de lotus El Rincón en comparación con las demás especies.

5.3 IMPLICANCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

En base al objetivo del trabajo y a los resultados obtenidos se plantean algunas interrogantes que surgen como posibles lineamientos para futuras investigaciones en relación a la productividad y persistencia de los mejoramientos de campo en suelos de sierra.

- Los resultados mostraron que extendidos períodos de cierre para semillazón resultaron en importantes reservas de semilla en el suelo, pero originaron en el mediano plazo una situación de competencia por parte del tapiz natural, endurecimiento y pérdida de calidad de los mejoramientos, por lo que el replanteamiento de los momentos de cierre hacia un acortamiento de los mismos, resulta de primordial importancia.

- Si bien los bancos de semilla del suelo encontrados resultaron apropiados y con semilla de buena calidad, la fase de activación y posterior emergencia de plántulas constituyen procesos de escasa eficiencia, lo que plantea la incertidumbre de confiar la persistencia de los distintos mejoramientos a la resiembra natural de las especies. Surge de este modo la necesidad de ahondar más acerca de la dinámica del banco mediante una cuantificación más precisa de sus entradas y salidas; y de los posibles mecanismos involucrados en superar las restricciones tanto exógenas como endógenas de las semillas del banco, para permitir una activación-establecimiento más eficiente.

6. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones sobre el comportamiento y producción de las diferentes leguminosas en suelos de sierra.

6.1 MANEJO DE DEFOLIACIÓN Y PERSISTENCIA

Producción de forraje

- ❖ La producción anual de todos los mejoramientos disminuyó con el correr de los años evaluados, situación que se vio agravada con las condiciones climáticas ocurridas.
- ❖ La producción otoño-invernal resultó de baja magnitud para todas las especies durante los tres años evaluados, destacándose la superioridad del mejoramiento de lotus Maku, al igual que el aporte de esta especie en el mismo.
- ❖ Todas las especies respondieron de forma variable a los manejos impuestos, siendo lotus INIA Draco y El Rincón favorecidos por un manejo de defoliación aliviado y momento de cierre temprano, mientras que lotus Maku y trébol blanco mostraron mayor respuesta bajo defoliaciones intensas y cierres tardíos. Por su parte lotus LE 627 presentó una tendencia a mayor producción bajo intensidades de defoliación aliviadas y cierres tardíos.
- ❖ Los mejoramientos bajo estudio mostraron un comportamiento diferencial de producción de forraje frente a las condiciones edáficas y climáticas características de la zona de Sierras del Este, debido a las distintas estrategias de persistencia que presenta cada leguminosa evaluada. Lotus Maku resultó ser la especie con mayor habilidad de adaptación a condiciones de acidez, no así trébol blanco, que fue el más afectado por los niveles de pH y aluminio intercambiable existentes, condición que se vio empeorada por el déficit hídrico ocurrido durante el verano del tercer año del mejoramiento.

Banco de semillas del suelo

- ❖ La evolución del banco muestra una tendencia a la disminución de las reservas de semilla para lotus INIA Draco, El Rincón y trébol blanco, aumentando en el caso de lotus LE 627 y manteniéndose constante en lotus Maku.
- ❖ El banco de semillas al final del período de evaluación presenta una marcada diferencia entre las leguminosas bajo estudio, destacándose particularmente las reservas encontradas para lotus El Rincón y LE 627 frente a las restantes especies.

- ❖ En cuánto a los manejos impuestos se observa que aquellos cierres más tempranos muestran una tendencia a promover mayores reservas de semillas en el suelo. Así mismo la intensidad de defoliación parece ser un factor menos relevante, lo cuál puede deberse al largo del período de cierre para semillazón.

Germinación y viabilidad de las semillas del banco

- ❖ Las semillas provenientes del banco presentaron en general baja capacidad germinativa, no alcanzando el 20%, respondiendo en forma diferencial frente al estímulo externo aplicado.
- ❖ La viabilidad de las semillas del banco alcanzó valores iguales o superiores al 50% para todas las especies evaluadas.

6.2 DINÁMICA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO

- ❖ En el ensayo de germinación el comportamiento de todas las especies se vio modificado principalmente por el agregado de semillas, particularmente en el primer mes de emergencia de plántulas, mientras que los tratamientos de defoliación en general fueron menos relevantes en la determinación de la emergencia.
- ❖ Las especies evaluadas se comportaron de forma similar frente al agregado o no de semilla en cuánto a su distribución de emergencias, pero difirieron en la magnitud de las mismas, siendo notoriamente superiores cuando se les agregan semillas.
- ❖ Tanto para los tratamientos con agregado como para los sin agregado de semilla, al inicio de la evaluación, lotus INIA Draco y trébol blanco fueron las especies que presentaron mayor emergencia de plántulas; mientras que hacia el final de la misma, lotus El Rincón fue la especie destacable frente a las restantes.
- ❖ El banco de semillas del suelo resultó de considerable tamaño para todas las especies, destacándose las reservas de lotus El Rincón y LE 627 frente a las restantes. Las semillas de todos los bancos presentaron bajo porcentaje de germinación, no alcanzando el 5%, variando su respuesta frente al aplicado de frío; y una viabilidad superior al 50%.

7. RESUMEN

El 25 de marzo de 2002 se instalaron cuatro mejoramientos de campo en base a lotus INIA Draco, Maku, El Rincón y trébol blanco, en el sitio experimental “Arbolito” de INIA Treinta y Tres, agregándose el 16 de abril de 2003 el quinto mejoramiento en base a lotus LE 627, con el propósito de evaluar la adaptación, producción y persistencia de los mismos en suelos con limitantes (Suelos de Sierra).

Se realizó el estudio del efecto de la combinación de dos intensidades de defoliación (4 y 10 cm) simulando un manejo intenso y aliviado; y tres momentos de cierre de la pastura (octubre, noviembre y diciembre) para favorecer la semillazón, permaneciendo los mismos hasta fines de febrero. Las determinaciones realizadas fueron producción de forraje, banco de semillas del suelo, germinación y viabilidad de las semillas del banco.

La producción de forraje de los mejoramientos evaluados fue afectada por la intensidad de defoliación y el momento de cierre en forma diferencial, siendo mayor la producción bajo manejos aliviados y cierres tempranos para lotus INIA Draco y El Rincón, manejos intensos y cierres tardíos para lotus Maku y trébol blanco y para LE 627 manejos aliviados y cierres tardíos.

Lotus Maku resultó la especie más adaptada a las condiciones medioambientales de la zona, manteniendo una producción aceptable tanto anual como a lo largo de los años, aún luego de la ocurrencia de sequía estival.

En cuanto a las reservas de semillas en el último año de evaluación, lotus El Rincón fue el que presentó mayor número y peso de semillas/m², siguiéndole lotus LE 627, Maku, INIA Draco y en último término trébol blanco. El banco de semillas del suelo fue afectado principalmente por el momento de cierre, determinándose que cierres tempranos producen mayores reservas de semillas que los cierres tardíos, mientras que la intensidad de defoliación no provocó diferencias en las reservas del banco.

La germinación de las semillas provenientes del banco fue menor al 20%, no incrementándose demasiado con la aplicación de frío, siendo lotus El Rincón y trébol blanco las especies que tuvieron mayor respuesta; mientras que la viabilidad de las mismas semillas fue mayor al 50% en todas las leguminosas bajo estudio.

Además de las determinaciones anteriores se estudió la dinámica del banco de semillas del suelo de los cinco mejoramientos ya mencionados, a tal fin se evaluó la emergencia de plántulas de la pastura para el período 19/05/05-08/11/05. Los tratamientos comprendieron tres situaciones de cobertura de forraje (0, 4 y 10 cm) en combinación con el agregado o no de semilla para poder evaluar la influencia del ambiente junto a factores internos del banco de semillas.

Las determinaciones realizadas, en este caso fueron emergencia de plántulas, banco de semillas del suelo, germinación y viabilidad de las semillas del banco.

La emergencia de plántulas estuvo condicionada más que por la cobertura del tapiz por el agregado de semilla, con mayores picos al inicio del período de evaluación para lotus INIA Draco y trébol blanco, y para lotus El Rincón hacia fines del mismo.

Palabras clave: leguminosas, persistencia, banco de semillas del suelo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIRRE, L.; FERRÉS, M.** 1999. Manejo y fertilización de semilleros de Lotus Maku. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 71 p.
2. **ALTIER, N.** 1990. Enfermedades en especies forrajeras. In: Seminario Nacional de Campo Natural (2°. 1990, Tacuarembó). Actas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 383-384.
3. **ARRILLAGA, I; CODURI; G.** 1997. Manejo de defoliación de *Lotus pedunculatus* cv. Maku. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
4. **AYALA, W.; CARÁMBULA, M.** 1996. Mejoramientos extensivos en la región Este; implantación y especies. In: Producción y manejo de pasturas. Diego F. Risso; Elbio J. Berretta; Alejandro Morón eds. Tacuarembó, INIA. pp. 169-175. (Serie Técnica n°. 80).
5. _____. 2001a. Defoliation management of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). Thesis PhD. New Zealand. Massey University. Institute of Natural Resources. 228 p.
6. _____. 2001b. Determinación del banco de semillas de leguminosas. Revista Plan Agropecuario. (98): 43-44.
7. _____; **CARÁMBULA, M.; QUINTANS, G.** 2001. Comportamiento productivo de lotus Maku como nueva alternativa forrajera para engorde ovino. In: Lotus Maku; manejo, utilización y producción de semillas. Diego F. Risso; María Martha Albicette eds. Colonia-Treinta y Tres, INIA. pp. 25-35. (Serie Técnica n°. 119).
8. _____; **BERMÚDEZ, R.** 2005. Soil constraints (pH and aluminium) for legume performance in hill country of Uruguay. In: International Grassland Congress (20°. 2005, Dublin). Proceedings. Dublin, Wageningen Academic Publishers. pp.740.
9. **BAKER, H.** 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. In: Ecology of soil seed bank. M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson eds. San Diego, California, Academic Press. pp. 9-21.
10. **BASKIN, J.; BASKIN, C.** 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In: Ecology of soil seed bank. M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson eds. San Diego, California, Academic Press. pp. 53-65.

11. **BEMHAJA, M.** 1996. Producción de pasturas en basalto. In: Producción y manejo de pasturas. Diego F. Risso; Elbio J. Berretta; Alejandro Morón eds. Tacuarembó, INIA. pp. 231-240. (Serie Técnica n°. 80).
12. **BERMÚDEZ, R.; AYALA, W.; FERRÉS, S.** 2003a. Evaluación de leguminosas para la Zona de Sierras de la región Este. In: Pasturas en la sierra; sitio Experimental Arbolito, Cerro Largo. Treinta y Tres, INIA. pp. 1-3. (Serie Actividades de Difusión n°. 324).
13. _____ ; _____ ; _____ ; **QUEHEILLE, P.** 2003b. Opciones forrajeras para la región Este. In: Producción de carne vacuna y ovina de calidad. Treinta y Tres, INIA. pp. 1-10. (Serie Actividades de Difusión n°. 317).
14. **BEWLEY, J.; BLACK, M.** 1994. Seeds; physiology of development and germination. 2n.ed. New York, Plenum. 445 p.
15. **BOLOGNA, J.** 1996. Studies on strategies for perennial legume persistence in lowland pastures. Thesis MSc. Canterbury, New Zealand. Lincoln University. 220 p.
16. **CARÁMBULA, M.** 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
17. _____. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo, Hemisferio Sur. 518 p.
18. _____. 1992. Manejo de praderas. INIA Treinta y Tres. Boletín de divulgación N° 17. 16 p.
19. _____; **AYALA, W.; CARRIQUIRY, E.** 1994. *Lotus pedunculatus*, adelantos sobre una forrajera que promete. Treinta y Tres, INIA. 14 p. (Serie Técnica n°. 45).
20. _____; _____; _____. 1994. Mejoramientos de campo con *Lotus subbiflorus* cv El Rincón. INIA Treinta y Tres. Boletín de Divulgación N° 44. 24 p.
21. _____. 2001a. Manejo de Lotus Maku para producción de forraje. In: Lotus Maku; manejo, utilización y producción de semillas. Diego F. Risso; María Martha Albicette eds. Treinta y Tres, INIA. pp. 11-21. (Serie Técnica n°. 119).

22. _____. 2001b. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t1, 357 p.
23. _____. 2002. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t2, 259 p.
24. _____. 2003. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t3, 323 p.
25. **CARRIQUIRY, E.** 1992. Evaluación de leguminosas para mejoramientos extensivos. In: Mejoramientos extensivos en la región Este; resultados experimentales. Carlos Mas; Milton Carámbula; Raúl Bermúdez; Walter Ayala; Esteban Carriquiry eds. Treinta y Tres, INIA. Pp. 25-38.
26. **CASTAÑO, J.; MENENDEZ, F.** 1998. Caracterización vegetativa y producción de semillas de lotus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 67 p.
27. **CASTRO, M; VILARÓ, D.** 2004. *Lotus corniculatus* y *Lotus pedunculatus*. (en línea). Colonia, INIA. Consultado 22 julio 2005. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/lotuscor.htm
28. **CAVERS, P.; BENOIT, D.** 1989. Seed banks in arable land. In: Ecology of soil seed bank. M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson eds. San Diego, California, Academic Press. pp. 309-326.
29. **CHARLTON, D.; STEWART, A.** 2000. Pasture and forage plants for New Zealand. Swiftprint Centre Palmerston North. Grassland Research and Practice Series n°. 8. 74 p.
30. **CONEAT.** MGAP. Consultado 16 agosto 2005. Disponible en <http://www.prenader.gub.uy/coneat>
31. **CORDEIRO DE ARAUJO, J.; JACQUES, A.** 1974. Características morfológicas e produção de materia seca de cornichão (*Lotus corniculatus*) colhido em diferentes estádios de crescimento e a duas alturas de corte. Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia. 3(2): 138-147.
32. **COSCIA, P.; SURRACO, L.** 1982. Comportamiento del *Lotus corniculatus*. L. bajo tres manejos del pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 146 p.

33. **COVENTRY, D.; EVANS, J.** 1989. Symbiotic nitrogen fixation and soil acidity. In: soil acidity and plant growth. A. Robson ed. Sydney, San Diego Academic Press. pp. 103-137.
34. **DÜBBERN, F.; MARCOS-FILHO, J.** 2001. The seed coat as a modulator of seed environment relationships in Fabaceae. *Revista Brasileira de Botanica* (Sao Paulo). 24(4): 365-375.
35. **DUELL, R. W., GAUSMAN, H. W.** 1957. The effect of differential cutting on the yield, persistence, protein and mineral content of birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal* 49: 318-319.
36. **DURÁN, A.** 1991. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. 398 p.
37. **ELLIS, R.; HONG, T.; ROBERTS, E.** 1985. Handbook of seed technology for genebank; compendium of specific germination information and test recommendations. IBPGR. 2(3). s.p.
38. **ENGLISH, J.T.** 1999. Diseases of Lotus. In: Trefoil; the science and technology of Lotus. P.R. Beuselinck ed. Madison, Wisconsin, CSSA. pp. 121-131. (Special Publication n°. 28).
39. **FAIREY, D.; SMITH, R.** 1999. Seed production in birdsfoot trefoil. In: Trefoil: the science and technology of lotus. P.R. Beuselinck ed. Madison, Wisconsin, CSSA. pp. 145-163. (Special Publication n°. 28).
40. **FENNER, M.** 1991. The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research* 1(2): 75-84.
41. _____. 1993. Seed Ecology. Great Britain, J. W. Arrowsmith. 151 p.
42. **FORMOSO, F.** 1993. *Lotus corniculatus*, performance forrajera y características agronómicas asociadas. Colonia, INIA. 20 p. (Serie Técnica n°. 37).
43. _____. 1996. Producción de semilla de especies forrajeras. In: Producción y manejo de pasturas. Diego F. Risso; Elbio J. Berretta; Alejandro Morón eds. Tacuarembó, INIA. pp. 85-92. (Serie Técnica n°. 80).
44. _____. 2001. Producción de semillas de lotus Maku. In: Lotus Maku; manejo, utilización y producción de semillas. Diego F. Risso; María Martha Albicette eds. Colonia-Treinta y Tres, INIA. pp. 39-69. (Serie Técnica n°. 119).

45. _____; **OFICIALDEGUI, R.; NORBIS, R.** 2001. Producción y valor nutritivo del campo natural y mejoramientos extensivos. In: Utilización y manejo de mejoramientos extensivos con ovinos. Secretariado Uruguayo de la lana ed. Montevideo, SUL. pp. 7-24.
46. **FRAME, J.** 2001. *Lotus uliginosus* schkur. (en línea). Consultado 23 agosto 2005. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase>
47. **FREITAS, N.; TAKAKI, M.** 2000. Pelletization of seeds of *Raphanus sativus L.* cv Redondo Gigante with graphite for germination under water stress conditions. Brazilian Archives of Biology and Technology. 43(5): 547-550.
48. **GARCÍA, J.** 1992. Persistencia de leguminosas. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas. 2(1): 143-156.
49. **GONZÁLEZ, S.; MONTEAGUDO, M.** 2003. Renovación de mejoramientos de campo de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
50. **HARE, M.D.** 1985. "Grassland Maku" lotus (*Lotus pedunculatus* Cav.) seed production; effect of time of closing and severity of defoliation on seed yields. Journal of Applied Seed Production. 3: 1-6.
51. **HARRIS, W.** 1987. Population dynamics and competition. In: White Clover. M. Baker; W. William eds. Palmerson North, Grassland división. pp. 203-297.
52. **HARRIS, C.; BLUMENTHAL, M.; SCOTT, J.** 1992. Survey of use and management of *Lotus pedunculatus* cv. Grassland Maku. In: Australian Agronomy Conference (6a., 1992, Armidale). Proceeding. Armidale, s.e.545 p.
53. _____; _____; **KELMAN, W.; MCDONALD, L.** 1997. Effect of cutting height and cutting interval on rhizome development, herbage production and herbage quality of *Lotus pedunculatus* cv. Grassland Maku. Australian Journal of Experimental Agriculture. 37: 631-637.
54. **HELYAR, K.R.** 1998. The symptoms and effects on plants of nutrient disorders in acid soils. (en línea) Consultado 13 julio 2005. Disponible en <http://www.regional.org.au/au/roc/1981/roc198147.htm>
55. **HODGSON, J.; SHEATH, G.** 1989. Plant-Animal factors influencing legume persistence. In: Persistence of Forage Legumes. G. C. Marten; A. G. Matches;

- R. F. Barnes; R. W. Brougham; R. J. Clements; G. W. Sheath eds. Madison, Wisconsin, ASA/CSSA/SSSA. pp. 361-374.
- 56. ISTA.** 1985. International rules for seed testing. Proceedings of the International Seed Testing Association 13: 299-520.
- 57. JACOB, JR.; MENEGHELLO, G.; BURCK, P.; DE SOUZA, M.** 2004. Tratamentos para superação de dormência em sementes de cornichão anual (*Lotus subbiflorus*). Revista Brasileira de Sementes. 26(2): 15-19.
- 58. KEENEY, D.** 1985. Edaphic limitations and soil nutrient requirement of legume-based forage systems in the temperate. In: Trilateral Workshop Forage Legume for Energy-efficient Animal Production (1985, Palmerston North, New Zealand). Proceedings. Palmerston North, R., Barnes. pp. 95-100.
- 59. LANCASHIRE, J.** 1995. The grasslands range of forage and conservation plants. Palmerston North, New Zealand, AgResearch. 76 p.
- 60. LOUDA, S.** 1989. Predation in the dynamics of seed regeneration. In: Ecology of soil seed bank. M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson eds. San Diego, California, Academic Press. pp. 25-49.
- 61. MACHADO, C.; NÚÑEZ, I.** 2002. Estudios sobre semillazón banco de semillas y reclutamiento de plántulas en mejoramientos de campo de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
- 62. MATCHES, A. G.** 1989. A survey of legume production and persistence in the United States. In: Persistence of Forage Legumes. G. C. Marten; A. G. Matches; R. F. Barnes; R. W. Brougham; R. J. Clements; G. W. Sheath. Madison, Wisconsin, ASA/CSSA/SSSA. pp. 37-44.
- 63. MCWILLIAM, J.; CLEMENTS, R.; DOWLING, P.** 1970. Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. Australian Journal of Agricultural Research 21: 19-32.
- 64. MILLER, B.; MCDONALD, JR.** 1994. Seed lot potencial: viability, vigour and field performance. Seed Science and Technology 22(3): 421-425.
- 65. MUSLERA, E.; RATERA, C.** 1984. Praderas y forrajes; producción y aprovechamiento. Madrid, Mundi-Prensa. 702 p.

66. **NULL, D.; WHEATON, H.** 1993. Birdsfoot Trefoil. Agricultural G4640. pp 1-6 (en línea) Consultado 24 julio 2005. Disponible en <http://muextension.missouri.edu/xplor/apguides/crops/g04640.htm>.
67. **OLMOS, F.** 1996. Producción de pasturas en la región Noreste. *In:* Producción y manejo de pasturas. Diego F. Risso; Elbio J. Berretta; Alejandro Morón eds. Tacuarembó, INIA. pp. 213-220. (Serie Técnica n°. 80).
68. _____. 2004. Trébol blanco. *In:* Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con Trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Fernando Olmos. Tacuarembó, INIA. pp. 13-52. (Serie técnica n°. 145).”
69. **PRIESTLEY, D.** 1986. Seed aging; implications for seed storage and persistence in the soil. Ithaca, Comstock Publishing Associates. 304 p.
70. **QUINLIVAN, B.** 1966. The relationship between temperature fluctuations and the softening of hard seeds of some legume species. *Australian Journal of Agricultural Research* 17: 625-631.
71. **RICE, K.** 1989. Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. *In:* Ecology of soil seed bank. M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson eds. San Diego, California, Academic Press. pp. 211-229.
72. **RISSE, D.** 2001. Introducción. *In:* Lotus Maku; manejo, utilización y producción de semillas. Diego F. Risso; María Martha Albicette eds. Colonia-Treinta y Tres, INIA. pp. 1. (Serie Técnica n°. 119).
73. _____; **BERRETTA, E.** 1996. Mejoramientos de campos en suelos sobre cristalino. *In:* Producción y manejo de pasturas. Diego F. Risso; Elbio J. Berretta; Alejandro Morón eds. Tacuarembó, INIA. pp. 193-211. (Serie Técnica n°. 80).
74. _____; **CARÁMBULA, M.** 1998. Lotus El Rincón, Producción y utilización de los mejoramientos. INIA Treinta y Tres. Boletín de Divulgación no.65. 32 p.
75. **RITCHIE, G.** 1989. The chemical behaviour of aluminium, hydrogen and manganese in acid soils. *In:* soil acidity and plant growth. A. Robson ed. Sydney, San Diego Academic Press. pp. 1-60.
76. **ROBERTS, H.; BODDRELL, J.** 1985. Seed survival and seasonal pattern of seedling emergence some leguminosae. *Annals of Applied Biology*. 106: 125-132.

77. **RUSSI, L.; COCKS, P.; ROBERTS, H.** 1992. Hard seededness and seed bank dynamics of six pasture legumes. *Seed Science Research* 2(4): 231- 241.
78. **SEANEY, R. R.; HENSON, P. R.** 1970. Birdsfoot Trefoil. *Advances in Agronomy*. 22: 119-157.
79. **SHEAT, G.W.** 1980. Effects of season and defoliation on the growth habit of *Lotus pedunculatus* Cav. cv Grassland Maku. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 23: 191-200.
80. _____. 1981. *Lotus pedunculatus*; an agricultural plant. *Proceeding of the New Zealand Grassland Association*. 43:160-167.
81. **SIMPSON, R.; ALLESSIO, M.; THOMAS, V.** 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. *In: Ecology of soil seed bank*. M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson eds. San Diego, California, Academic Press. pp. 3-7.
82. **SMETHAM, M.L.** 1973. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. *In Las pasturas y sus plantas*. R.H.M. Langer ed. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 97-147.
83. **SMITH, D.; NELSON, C. J.** 1967. Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa. I. Responses to height and frequency of cutting. *Crop Science*. 7(1): 130-133.
84. **SUCKLING, F.E.; CHARLTON, J.F.** 1978. A review of the significance of buried legume seeds with particular reference to New Zealand agriculture. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 6: 211-215.
85. **TABORA, R. S.; HILL, M.J.** 1990. An Examination of Vegetative and Reproductive Growth Habits and Their Contribution to Seed Yield in "Grasslands Maku" Lotus (*Lotus uliginosus* Schk.). *Seed technology*. 9(2): 7-15.
86. **THOMAS, R.** 1987. Reproductive development. *In: White Clover*. M. Baker; W. William eds. Palmerson North, Grassland División. pp. 63-123.
87. **UZUN, F.; AYDIN, I.** 2004. Improving germination rate of *Medicago* and *Trifolium* species. *Asian Journal of Plant Sciences*. 3(6): 714-717.
88. **WIDDUP, K.; RUMBALL, W.; ROLSTON, M.; ARCHIE, B.** 2004. Productivity of *Lotus corniculatus* and *Lotus pedunculatus* cultivars with and

without tall fescue under sheep grazing. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 66: 273-277.

89. **WILMAN, D.; ACUÑA, G. H.** 1993. Effects of cutting height on the growth of leaves and stolons in perennial ryegrass-white clover swards. Journal of Agricultural Science. 121:39-46.
90. **ZAVALETA, H.; HERNANDEZ, M.; AXAYA, J.; MARK, E.** 2003. Anatomía de la semilla de *Cupania dentata* (Sopindaceae) con énfasis en la semilla madura. Serie Botánica. 74(1): 17-29.

9. ANEXOS

Anexo 1.

Cortes realizados durante los cuatro años de evaluación para estimar la producción de forraje de todas las especies.

Cuadro N° 1. Cortes de producción de forraje en el primer año.

Fecha de Cortes		24/09/02	30/10/02	29/11/02	31/12/02
Tratamientos		Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Oct.	4	x	x	---	---
Nov.	4	x	x	x	---
Dic.	4	x	x	x	x
Oct.	10	x	x	---	---
Nov.	10	x	x	x	---
Dic.	10	x	x	x	x

Cuadro N° 2. Cortes de producción de forraje en el segundo año.

Fecha de Cortes		11/04/03	28/05/03	01/07/03	22/09/03	31/10/03	02/12/03	30/12/03
Tratamientos		Abril	Mayo	Julio	Set.	Octubre	Nov.	Dic.
Oct.	4	x	x	x	x	x	---	---
Nov.	4	x	x	x	x	x	x	---
Dic.	4	x	x	x	x	x	x	x
Oct.	10	x	x	x	x	x	---	---
Nov.	10	x	x	x	x	x	x	---
Dic.	10	x	x	x	x	x	x	x

Cuadro N° 3. Cortes de producción de forraje en el tercer año.

Fecha de corte		08/03/04	03/06/04	06/08/04	06/09/04	26/10/04	30/11/04	29/12/04	10/03/05
Tratamientos		Marzo	Junio	Agosto	Set.	Octubre	Nov.	Dic.	Marzo
Oct.	4	x	x	x	x	x	---	---	x
Nov.	4	x	x	x	x	x	x	---	x
Dic.	4	x	x	x	x	x	x	x	x
Oct.	10	x	---	---	x	x	---	---	x
Nov.	10	x	---	---	x	x	x	---	x
Dic.	10	x	---	---	x	x	x	x	x

Cuadro N° 4. Cortes de producción de forraje en el cuarto año.

Fecha de corte		29/06/05	02/08/05	01/09/05	03/10/05
Tratamientos		Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Oct.	4	x	x	x	x
Nov.	4	x	x	x	x
Dic.	4	x	x	x	x
Oct.	10	x	x	x	x
Nov.	10	x	x	x	x
Dic.	10	x	x	x	x

Anexo 2.

Descripción de la secuencia de procedimientos para evaluar el banco de semillas del suelo (Ayala, 2001a).

1. Colección de muestras a nivel de campo. Se tomaron al azar dos muestras de suelo por parcela, de 50.26 cm² y 5 cm de profundidad con un medidor de densidad aparente.

2. Rutina de laboratorio (Figura 1).

2.1 Desmenuzado a mano. Se desmenuzó la muestra en seco y a mano, eliminando aquellos restos vegetales de mayor tamaño.

2.2 Pasaje por zarandas. Se pasó el material desmenuzado por una serie de zarandas a los efectos de descartar en primera instancia el material de mayor tamaño (>4.7 cm) y posteriormente las partículas menores al tamaño de una semilla (<0.5 mm).

2.3 Separación a través de flujo de aire. Con el material remanente se procedió a pasarlo a través de un flujo de aire a los efectos de descartar fundamentalmente material vegetal que se encontraba finamente molido y que no pudo ser separado en el paso previo. La máquina utilizada fue Seedburo Seed Blower 757, con tubos de 5 y 9 cm de diámetro y una apertura de 2 cm.

2.4 Separación a través de un solvente orgánico de alta densidad. El material remanente fue colocado en un Becker de 250 ml, al que se le agregó percloroetileno (densidad 1.6) a los efectos de separar el material orgánico del inorgánico. El material orgánico quedó fácilmente extraíble debido a que permaneció sobrenadante, se retiró y se secó para la posterior separación manual.

2.5 Separación manual. Se procedió a separar e identificar dentro de la muestra, las semillas presentes de interés, mediante la ayuda de una lupa.

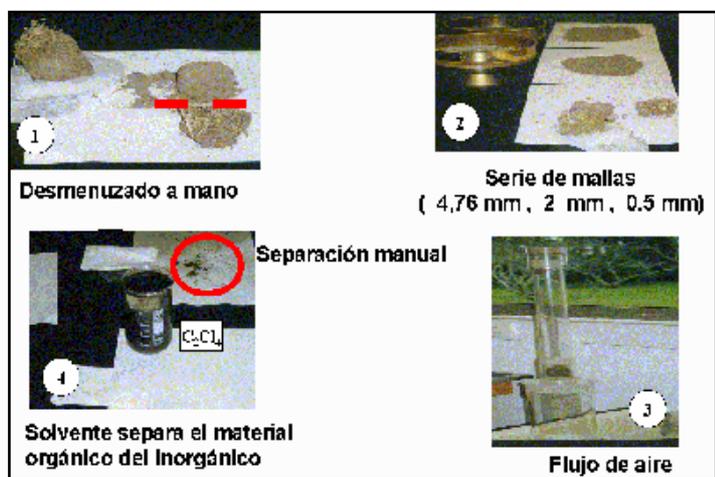


Figura 1. Metodología de laboratorio para la cuantificación del banco de semillas.

Anexo 3.

Características de las semillas agregadas en el experimento 2.

Especie	Época de cosecha	Viabilidad (%)
Lotus INIA Draco	2005	59
Lotus LE 627	2004	21
Lotus Maku	2004	7
Lotus El Rincón	2005	35
Trébol blanco	2005	87

Anexo 4.

Período de evaluación de emergencias agrupadas mensualmente.

Emergencia	Período
E1	27/05/05-27/06/05
E2	04/07/05-03/08/05
E3	10/08/05-09/09/05
E4	16/09/05-17/10/05
E5	25/10/05-08/11/05