

TECNOLOGIAS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCION DE FORRAJE EN BRUNOSOLES DEL NORESTE

Fernando Olmos*

CARACTERIZACION AGROCLIMATICA DE LA REGION

Uruguay puede ser dividido en dos tipos diferentes de clima, la parte norte clasificada como templado cálido y la parte sur clasificada como templada. La temperatura media del mes más frío (julio) son 10.8 °C y 13.0 °C, y la media del mes más caliente (enero) son 22.6 °C y 25.1 °C para las regiones sur y norte respectivamente (Corsi, 1982); estas diferencias en las temperaturas medias de las dos regiones determina una mayor acumulación sobre 15 °C en la región noroeste que para la región sureste (Corsi, 1982; Olmos y Corsi, 1982). El régimen de lluvias muestra un patrón similar al de las temperaturas con el promedio anual menor en el sur (960 mm) y el más alto en el norte (1250 mm).

Desde el punto de vista agroclimático se distingue un patrón general en el país, que basado en el balance de agua en el suelo, puede ser dividido en nueve regiones. Las diferencias entre las regiones depende de la cantidad de lluvia, la evapotranspiración potencial anual, el exceso de agua en invierno y las deficiencias de agua en verano (Corsi, 1982). En la región noreste se han analizado registros de muchos años indicando una gran variabilidad en el patrón de lluvias (IICA-FSB, 1978). Esta variabilidad también ha sido observada en los meses de verano y otoño, y, basado en 70 años de registros, no se ha podido establecer ningún patrón en el régimen de lluvias (Olmos, 1997a).

En base a la información agroclimática se ha propuesto la división del país en zonas preferenciales de crecimiento para algunos cultivos (Corsi, 1982) y plantas forrajeras (Olmos, 2000).

La superficie ocupada por Brunosoles en la región noreste alcanza las 899.000 hectáreas distribuidas en 13 unidades de suelos (Cuadro 1) (IICA-FSB, 1978).

Los suelos son caracterizados por un solum mayor a 30-35 cm generalmente diferenciado en horizontes A y B, incluyendo frecuentemente la presencia de un horizonte B₁, pH relativamente bajo y contenido de P y materia orgánica bajos. Los valores de estos parámetros para la unidad Cuchilla de Caraguatá son: pH 4.8, 2.3 % de materia orgánica y contenido de P 3 ppm (Uruguay, 1976).

* Ing. Agr., (MSc., Ecología), (Ph.D.)-Programa Nacional Plantas Forrajeras. INIA Tacuarembó.

Cuadro 1. Brunosoles de la región Noreste. Unidades de suelo (IICA-FSB, 1978).

Unidad de suelo	Superficie (ha)
Arroyo Blanco	88.000
Arroyo Hospital	123.000
Blanquillo	9.000
Cuchilla Caraguatá	47.000
El Palmito	30.000
Fraile Muerto	41.000
Lechiguana	124.000
Los Mimbres	93.000
Palleros	46.000
Paso Coelho	92.000
Pueblo del Barro	52.000
Rincón de la Urbana	54.000
Tres Puentes	100.000

Las comunidades naturales de plantas se consideran ricas desde el punto de vista del número de especies presentes; es posible encontrar entre 50 y 60 especies en un área de 12 m². El 30 % de las especies presente representan el 70 % del recubrimiento de la vegetación (Olmos, 1990a).

Las especies más abundantes son gramíneas de las cuales el 70 % son especies de crecimiento estival (Cuadro 2) (Olmos, 1990b). De acuerdo a las diferentes prácticas de manejo, en algunos casos las pasturas de las comunidades naturales son cubiertas por pequeños arbustos o inclusive por árboles nativos. En condiciones de pastoreo la proporción de leguminosas es escasa.

La composición botánica de las pasturas naturales varía de acuerdo al área geográfica del país (Gallinal *et al.*, 1938), el tipo de suelo (Mas, 1978; Castro, 1979; Rosengurtt, 1979; Berretta, 1988; Olmos, 1992) y con las prácticas de manejo de los potreros en los establecimientos (Olmos y Godron, 1990). Hay una tendencia hacia una mayor diversidad de especies en pasturas naturales que han sido menos afectadas por prácticas de manejo (Olmos, 1990a). Durante el verano los suelos arenosos, debido a su capacidad para retener agua, presentan una mayor productividad estacional que los brunosoles (Figura 1) (Olmos, 1997a).

Las prácticas de manejo afectan la relación en la proporción de las diferentes formas de vida de las plantas de las pasturas naturales, incrementando o disminuyendo su proporción las plantas de hábito de crecimiento erecto al disminuir o incrementar la presión de pastoreo respectivamente (Olmos, 1990a; Olmos 1992). Esta variación en la proporción relativa de especies de

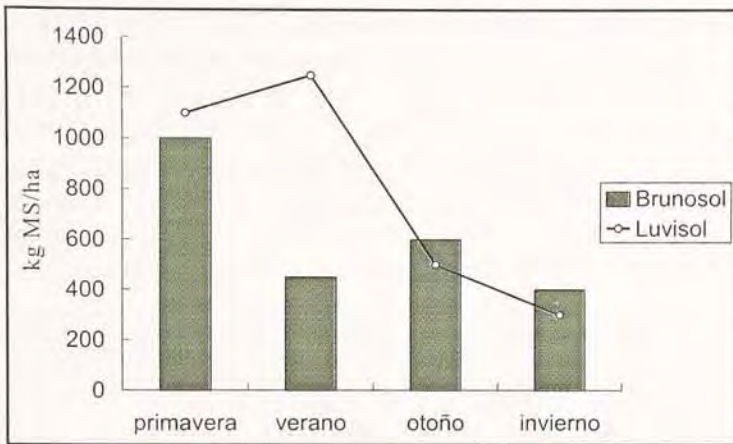


Figura 1. Producción estacional (MS) en dos tipos de suelos: brunosoles y luvisoles (adaptado de Olmos, 1997a).

diferente hábito de crecimiento genera variaciones en la productividad anual de hasta 5 veces (Figura 2) (Olmos, 1991a).

De acuerdo a la predominancia de especies de crecimiento estival y las variaciones de los registros de los parámetros climáticos a través del año, se ha propuesto un cambio conceptual sobre el inicio de la curva de crecimiento de las pasturas. Generalmente la estación de crecimiento se visualiza basada en el calendario anual de actividades otoño, invierno, primavera y verano, en cambio se propone visualizarla considerando los principales componentes naturales del ecosistema como son el clima y las pasturas. La combinación de los diferentes parámetros climáticos permite diagnosticar un incremento en la variabilidad climática desde el invierno hasta el otoño siguiente que se transforma en una variabilidad en la productividad esperada del ecosistema (Olmos, 1997a).

La calidad del forraje de las pasturas naturales varía entre 48–62 % de digestibilidad de la materia orgánica, con un contenido de proteína bruta entre 6–12 % y una concentración de fósforo menor a 0.10 % (Gallinal *et al.*, 1938; Castro, 1979; Formoso y Allegri, 1983; Olmos, 1992). La variación en los parámetros de calidad de la pastura no solo se debe a la variación en la

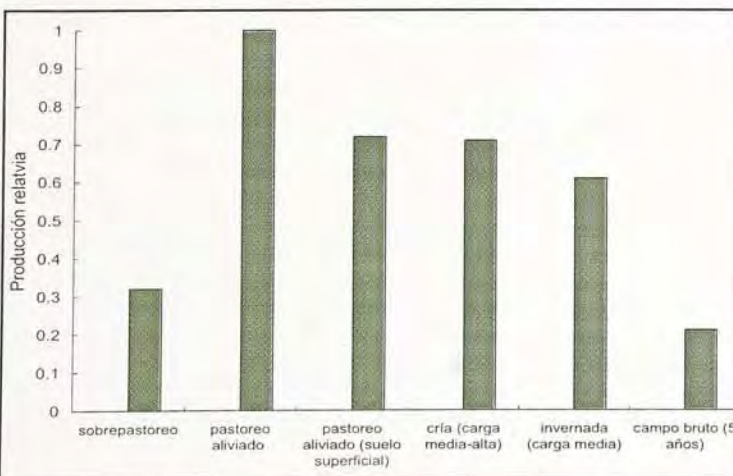


Figura 2. Producción relativa de comunidades naturales sobre brunosoles con diferente manejo del pastoreo (adaptado de Olmos, 1990a).

composición botánica de la misma, sino que depende de la relación verde/seco del forraje ofrecido; la calidad es menor al incrementarse la proporción de forraje seco (Olmos, 1992). (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición botánica de diferentes comunidades naturales desarrolladas sobre brunosoles de la región noreste. Los números en cada columna representa frecuencias de especies en base a una transecta de 100 puntos en cada potrero (Olmos, 1990b).

Especie	Brunosoles					Vertisol
	1	2	3	4	5	
<i>Paspalum notatum</i>	23	2	27	15		9
<i>Paspalum dilatatum</i>	4		3	14		6
<i>Paspalum plicatum</i>		1		1		2
<i>Bothriochloa laguroides</i>	24		14	6		7
<i>Setaria geniculata</i>	1	1	11	2		2
<i>Aristida sp.</i>		3				3
<i>Coelorhachis selloana</i>	11	1	13	56	13	10
<i>Andropogon ternatus</i>	2					9
<i>Sporobolus indicus</i>	7	1				1
<i>Eragrostis neesii</i>		1				
<i>Stipa setigera</i>				2		7
<i>Trifolium polymorphum</i>	9	1				
<i>Piptochaetium stipoides</i>		6	2		4	10
<i>Axonopus affinis</i>	26	34	43	63	27	19
<i>Piptochaetium montevidensis</i>	4	5	6	1		
<i>Richardia spicata</i>	2	21	10			4
<i>Gamochoeta/Chaptalia sp.</i>	5		3	4		2
<i>Panicum milioides</i>	8	5	1	18		3
<i>Schizachyrium microstachyum</i>			6			1
<i>Chevreulia sarmentosa</i>		6				
<i>Soliva pterosperma</i>		1			12	
<i>Vulpia australis</i>		1	12		8	4
Cyperacea	12	11	4	3	8	9
<i>Eryngium nudicaule</i>						1
<i>Danthonia montevidensis</i>		5				2
<i>Chascolytrium sp.</i>			1			3
<i>Stipa charruana</i>						18
<i>Stipa sp.</i>					4	5
<i>Eryngium horridum</i>				2		8
<i>Agrostis montevidensis</i>					9	
<i>Lolium multiflorum</i>					4	

La información precedente indica que la productividad de las pasturas naturales varía de acuerdo a las prácticas de manejo aplicadas a cada protero, la composición botánica y las condiciones climáticas estacionales y anuales. Desde el punto de vista de los requerimientos nutricionales animales, para un crecimiento sostenido de los mismos, se producen picos y déficits de oferta de forraje a través del año. Las especies dominantes en las pasturas naturales determinan que la tasa de crecimiento animal se vea restringida por la calidad nutricional de las mismas (Formoso y Allegri, 1983).

Las explotaciones agropecuarias de la región presentan algunas características particulares. Al considerar la estructura productiva de los tres departamentos en su conjunto la mayoría de los establecimientos se encuentran ocupando superficies menores de 500 hectáreas; sin embargo, al considerar la superficie de los predios, el área mayor es ocupada por predios mayores a 500 hectáreas (Cuadro 3). Estas características tienen implicancias en los diferentes sistemas productivos desarrollados en la zona como son la cría y engorde vacuno, la producción lanar y la producción lechera.

Cuadro 3. Número de explotaciones y superficie ocupada de acuerdo al tamaño de los Predios, hasta 499 hectáreas y mayores de 500 hectáreas (Uruguay, 2000).

	499	>500	Total
Número de establecimientos	8.122	1.729	9.851
Superficie ocupada por los establecimientos	777.400	2.934.400	3.711.800

Del total de 9.851 establecimientos agropecuarios censados en los tres departamentos de la región noreste el 57 %, 12,6 % y 3,8 % se dedican a la producción de carne vacuna, la cría de ovinos y la lechería respectivamente, indicando la importancia de las pasturas naturales en la región (Uruguay, 2000). En 1980 el 85 % del área de pasturas permanentes de la región estaba ocupada por pasturas naturales (Uruguay, 1983).

MEJORAMIENTO DE CAMPO NATURAL

Con introducción de leguminosas

La técnica del mejoramiento de campo natural consiste en la introducción de especies en la pastura por diversos métodos: en cobertura, con sembradora a zapatillas y disquera presentando algunas ventajas como menores costos, pudiendo alcanzar mayores áreas en poco tiempo respecto a los mejoramientos en forma convencional.

La aparente sencillez de la aplicación de la técnica contrasta con la necesaria y adecuada preparación de la pastura natural para la siembra. Para ello es necesario controlar el forraje disponible en la pastura en el momento de la siembra mediante el sistema de pastoreo en la estación anterior tratando de alcanzar valores cercanos a los 500 kg MS/ha; emplear densidades de semillas cercanas a 15/dm² en el momento de la siembra, preferentemente hacia fines del mes de abril para alcanzar un crecimiento moderado antes del invierno. Además de estos factores a tener en cuenta, la elección de la especie a introducir de acuerdo a las características agronómicas del potrero y el objetivo de producción del sistema, conjuntamente con niveles de fertilización de acuerdo a las recomendaciones, contribuirán al éxito de la implantación de las especies. Otros aspectos de manejo para la persistencia de los mejoramientos de campo natural se verán en las secciones siguientes.

Lotus corniculatus y *Trifolium repens* aparecen como especies forrajeras adaptadas a la siembra en cobertura sobre pasturas naturales en la región noreste, sin embargo cada una de ellas depende de las condiciones de suelo, fundamentalmente el pH y el contenido de materia orgánica (Cuadro 4). En este sentido es clara la adaptación de Lotus a suelos de zonas altas y Lotus y Trébol blanco a suelos de zonas bajas. Otro factor que condiciona el desarrollo de las leguminosas es la presencia del rhizobium específico en el suelo (Olmos, 1996b). *Trifolium subterraneum*, *Trifolium vesiculosum* y *Medicago polymorpha* podrían presentar un posible potencial para su utilización en este tipo de suelos pero aún resta analizar el impacto de alguno de estos factores locales en su productividad.

Lotus corniculatus surge como la leguminosa más versátil desde el punto de vista del uso ganadero por su facilidad de instalación, su ciclo de crecimiento, así como por su aporte de forraje durante todo el año. En períodos de relativa sequía, su sistema radicular pivotante le permite la extracción de agua de los horizontes más profundos del solum en relación a las otras dos especies de Lotus y Trébol blanco. (Olmos, 1997b).

Dado que Lotus es uno de los géneros que ha presentado mejor comportamiento en los sistemas de siembras en cobertura, se han realizado evaluaciones comparativas de las tres especies utilizadas comercialmente en el país (Olmos, 1996c). *Lotus corniculatus* es la que presenta el mayor aporte anual

Cuadro 4. Producción de forraje (kg MS/ha) de especies y variedades sembradas en cobertura (promedio de tres años) (Formoso y Allegri, 1980).

Especie	O	I	P	P	V	Total (kg MS/ha)
			— 1	— 2		
Especies anuales	18	38	44	-	-	1.900
Especies perennes	23	14	23	32	8	1.100
Campo natural	24	16	23	19	18	5.700

distribuido a lo largo de las distintas estaciones (Cuadro 5). Sin embargo, de acuerdo al sistema de producción predial y las necesidades forrajeras estacionales, cualquiera de las especies esta adaptada a este tipo de siembras.

Cuadro 5. Producción de forraje de tres especies de *Lotus* sembradas en cobertura en el primer año, 1992-1993 (MS kg/ha) (Olmos, 1994).

Especie	20 nov.	24 feb.	20 mayo	3 set.	4 nov.	Total
<i>Lotus corniculatus</i>	1.918	2.098	1.072	1.662	3.060	9.810
<i>Lotus subbiflorus</i>	827	---	---	2.876	3.870	7.573
<i>Lotus pedunculatus</i>	1.229	830	---	1.424	2.650	6.133

El método de siembra puede presentar algunas diferencias de adaptación entre diversas especies (Cuadro 6). Algunas especies presentan una buena implantación indistintamente del método de siembra empleado (*Lotus* y *Bromus*), sin embargo otros varían de acuerdo al método de siembra (*T. blanco*, *Holcus* y *Festuca*).

Cuadro 6. Proporción (%) de leguminosas y gramíneas en la primavera del primer año de crecimiento sembradas en cobertura con cuatro métodos de preparación de la pastura natural (Castrillón y Pirez, 1987).

Tratamiento inicial	T. blanco	Lotus	T. subterráneo	Holcus	Festuca	Bromus
Campo natural	3	47	17	0.1	8	17
Vibro	13	16	23	2.1	17	22
Disquera	14	39	13	2.4	23	16
Disquera - vibro	16	23	16	0.4	2	15

Los tratamientos de la pastura previos a la siembra en cobertura determinaron en el momento de la siembra una disponibilidad de forraje de 1.430, 1.380, 816 y 0 kg MS/ha y de 10.412, 10.412, 8.146 y 7.696 de kg MS/ha de raíces para campo natural, vibro, disquera y disquera-vibro respectivamente.

La densidad de siembra presenta un efecto similar al de los métodos de siembra, con diferencias en productividad inicialmente, que luego prácticamente desaparecen (Cuadro 7). Sin embargo un atraso hacia el inicio del invierno en la época de siembra determina una disminución en la productividad de *Lotus* comparado con siembras más tempranas en el otoño (Cuadro 8).

Fertilización fosfatada de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel sembrado en cobertura

Dada la excelente adaptación a la siembra en cobertura en pasturas naturales sobre brunosoles de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, se ha

Cuadro 7. Producción de forraje (kg MS/ha) de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel sembrado en cobertura con tres métodos de preparación de la pastura y dos densidades (10 y 20 semillas/dm²) (Olmos, 1994).

Tratamiento		Noviembre 1992 (1er. corte)	Agosto 1993 (4to. corte)
Campo natural		354	636
Cobertura	10	438	1.209
	20	977	1.154
Disquera	10	464	1.194
	20	1.114	1.219
Zapatas	10	273	561
	20	1.018	1.958

Cuadro 8. Proporción y productividad de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel en el primer corte de crecimiento sembrado en cobertura con densidades de siembra en suelos de la Unidad Pueblo del Barro (Olmos, 1996c).

Tratamiento		% Lotus	kg MS/ha	Promedio época
8 abril	10	90	4.349	4.758
	20	91	5.147	
27 abril	10	91	5.819	5.779
	20	90	5.799	
19 mayo	10	87	4.475	4.393
	20	86	4.311	
10 junio	10	54	1.784	2.165
	20	73	2.591	
Campo natural			1.969	

cuantificado en mayor detalle la respuesta a la fertilización fosfatada en productividad y persistencia.

Diferentes fuentes de fosfatos presentan un incremento diferencial en la productividad de Lotus aplicada anualmente. Las fuentes más solubles, superfosfato y fosforita molida, registran un incremento mayor comparado con respecto a la fosforita granulada (Olmos, 1994 y 1996c). La respuesta anual a la dosis de refertilización con superfosfato indican un incremento lineal en productividad de Lotus (Figura 3) (Olmos, 1996c).

El impacto de los niveles de fertilización anual en una pastura mejorada puede determinar el éxito o fracaso de la misma en el mediano plazo. Los

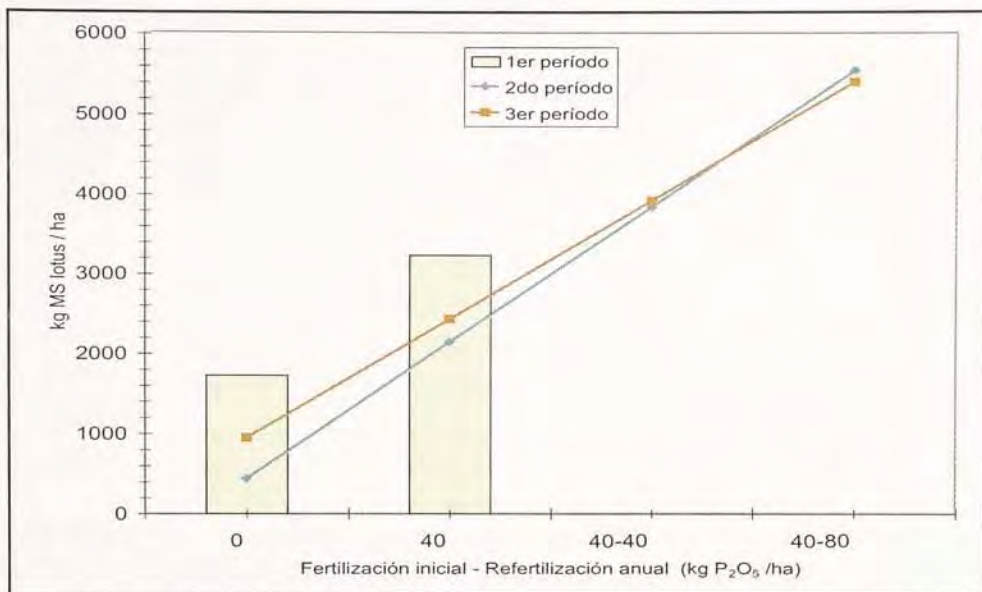


Figura 3. Productividad de *Lotus corniculatus* sembrado en cobertura, según los niveles de fertilización fosfatada anual (adaptado de Olmos, 1996a).

niveles más altos de P aplicados permiten mantener una alta proporción en la especie introducida en el mejoramiento más allá del tercer año de crecimiento (Figura 4) (Olmos, 1996 c).

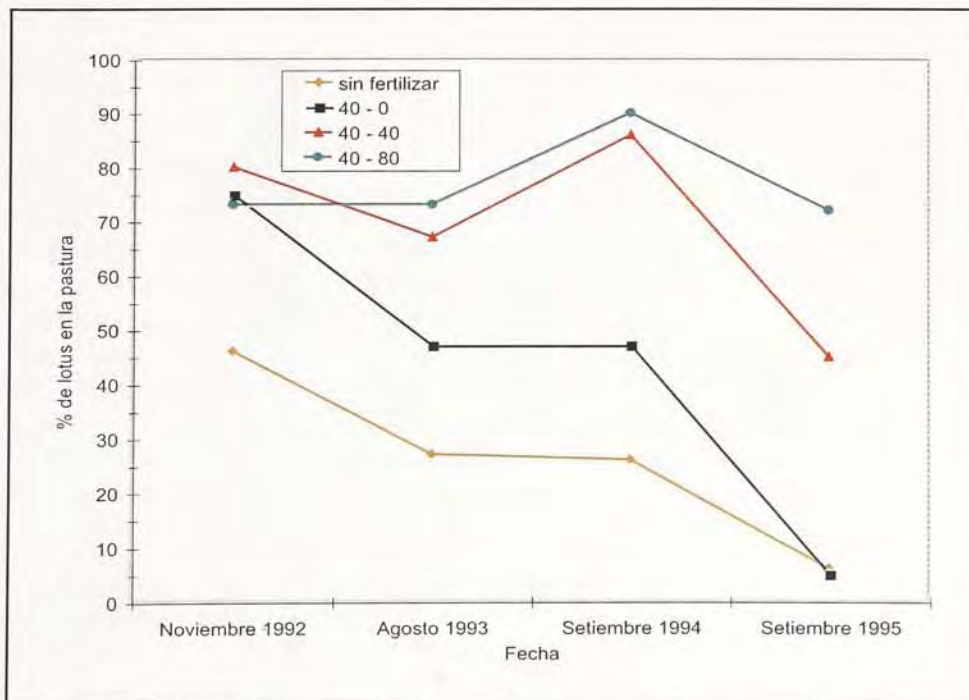


Figura 4. Persistencia de *Lotus corniculatus* sembrado en cobertura, según los niveles de fertilización fosfatada anual (adaptado de Olmos, 1996a).

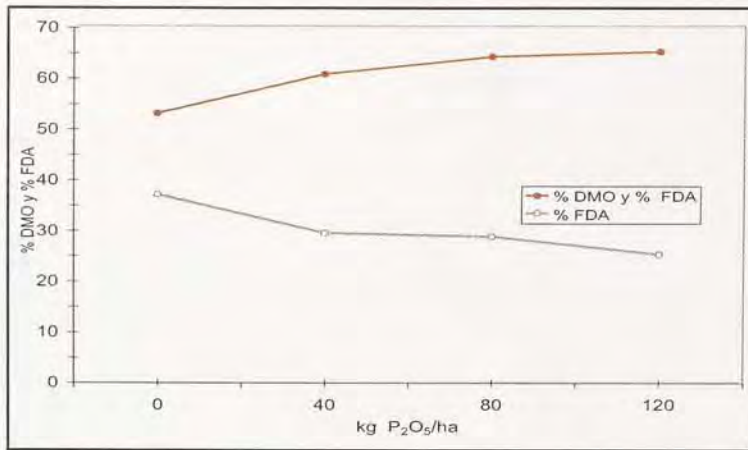


Figura 5. % DMO y % FDA de pasturas mejoradas con *Lotus corniculatus* según el nivel de fertilización fosfatada inicial (adaptado de Olmos, 1994).

La mayor contribución en proporción de la especie introducida se traduce en un incremento en la productividad y en la calidad de la misma, incrementando el % de DMO en función de la dosis de fosfato aplicada (Figura 5) (Olmos, 1996 c).

Pasturas mejoradas de esta forma pueden presentar, en períodos de activo crecimiento como ocurre al inicio de la primavera, altas tasas de crecimiento diaria asociados a altos valores de calidad en relación al campo natural (Figuras 6 y 7) (Fros y Rodríguez, 1996).

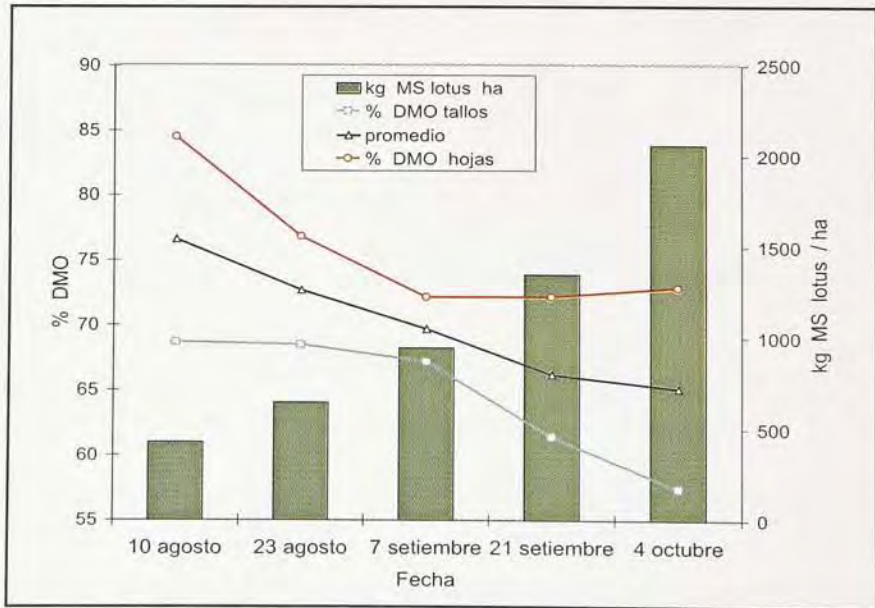


Figura 6. Variación a la producción y calidad de pasturas sembradas con *Lotus corniculatus* en cobertura en el período agosto-octubre (adaptado de Fros y Rodríguez, 1996)

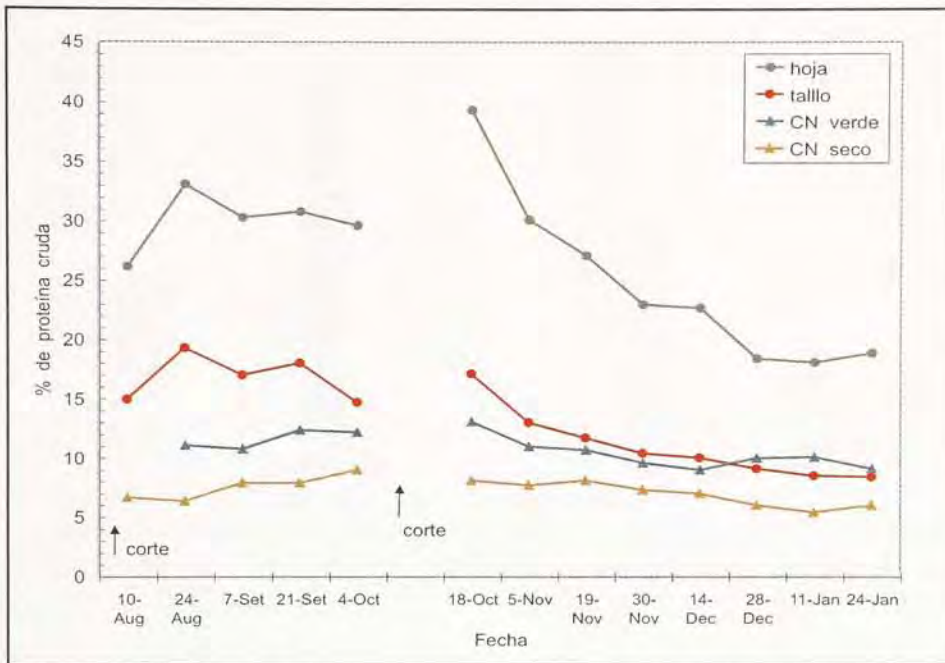


Figura 7. Variación en el contenido de proteína de *Lotus corniculatus* y el campo natural en primavera (adaptado de Fros y Rodríguez, 1996).

Con introducción de gramíneas

Bromus auleticus ha mostrado buen comportamiento tanto en la siembra como pradera convencional como en las siembras en cobertura o por métodos de remoción intermedia de las pastura natural (Castrillón y Pirez, 1987).

A medida que se incrementa la densidad de siembra se observa un incremento en la cantidad de plantas instaladas por unidad de superficie que se traduce en los sucesivas estaciones de crecimiento en una mayor proporción o kilogramos de materia seca de la especie (Figuras 8 y 9). En la medida que en las primeras etapas de crecimiento se evite el pastoreo la proporción de plantas instaladas será superior (Figura 8). De acuerdo a los resultados registrados, valores entre 1–1.5 plantas/dm² permitirían alcanzar una proporción relativamente alta (50 %) de la especie en la pastura. Esta densidad debería ser complementada con una adecuada fertilización nitrogenada o con la incorporación de leguminosas adaptadas en cobertura para incrementar la productividad otoño- invernal del mejoramiento.

PASTURAS CONVENCIONALES

El término pasturas convencionales se refiere al procedimiento que se realiza para la introducción de especies autóctonas o exóticas en los suelos de la región mediante la remoción de las comunidades de pasturas naturales,

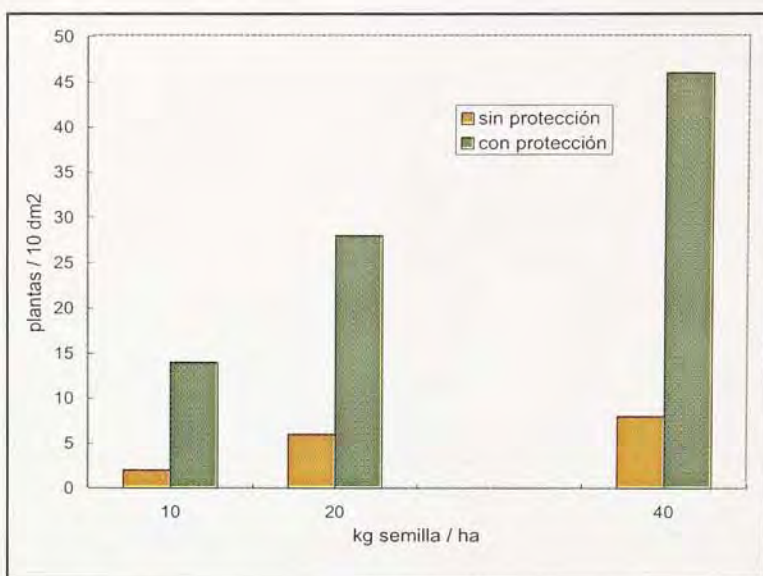


Figura 8. Reclutamiento de plantas de *Bromus auleticus* sembradas en cobertura con diferentes métodos.

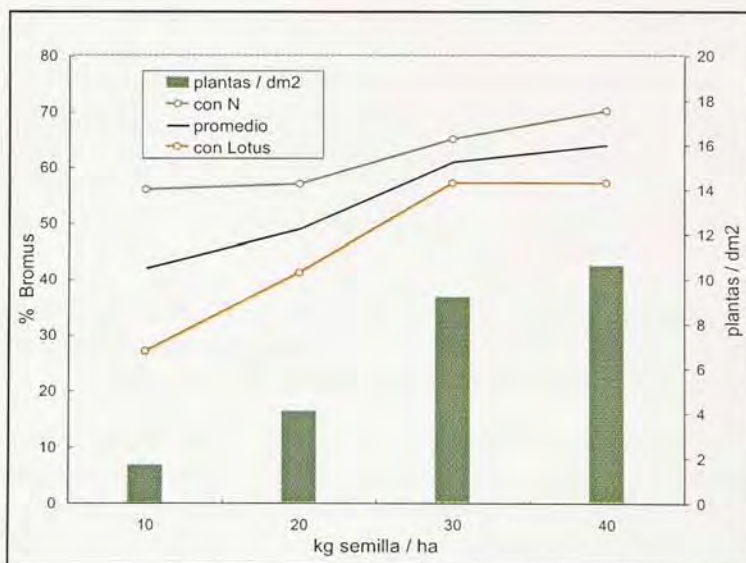


Figura 9. Variación en el número de plantas reclutadas en el primer año y la proporción en la pastura de *Bromus auleticus* al quinto año sembrado en cobertura con cuatro densidades.

a través de la preparación de la tierra utilizando el arado y los diversos implementos necesarios para las labores secundarias y la posterior siembra de la pastura.

Dada la intensidad que representan los mejoramientos de pasturas en forma convencional son los que generalmente presentan la respuesta más rápida en términos de incrementar la productividad por hectárea (Figura 10). La decisión de cuál es el método o la técnica para incrementar la productividad forrajera de un predio depende de los objetivos del sistema de producción, la disponibilidad de maquinaria, el capital para invertir o factores internos del predio, el retorno relativo de cada técnica y el precio de los productos finales o factores externos al predio. La técnica del balance forrajero, considerando la demanda y la oferta de forraje para los animales en producción, es una de las herramientas que permite un mejor análisis de las relaciones en términos de producción física, pero a su vez son el sustento para un posterior análisis económico.

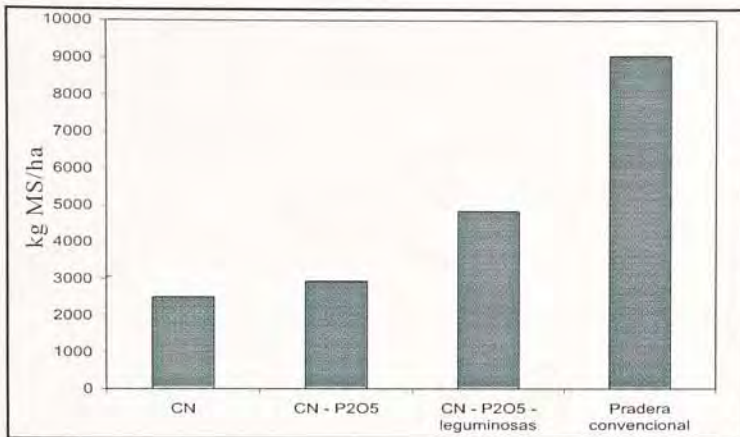


Figura 10. Productividad relativa anual del campo natural y pasturas mejoradas (adaptado de Formoso y Allegri, 1983).

El objetivo por tanto de los mejoramientos de pasturas es superar o reducir el impacto en el sistema de producción de las variaciones tanto en la producción de materia seca como de la calidad de las pasturas a través del año en las comunidades naturales.

En forma general la productividad aumenta al aumentar la intensidad del mejoramiento en todas las estaciones (Figuras 11 y 12). La introducción de leguminosas adaptadas en cobertura con la aplicación de fosfatos incrementa la productividad y calidad de las pasturas en forma intermedia comparado con los valores de campo natural y pradera convencional.

La elección de la especie forrajera a introducir es una de las herramientas en manos del productor. Si bien existen diferencias en cuanto a la productividad estacional y total entre especies de ciclo anual y perennes, es posible obtener rendimientos (kg MS/ha) marcadamente superiores a la productividad del campo natural (Cuadro 9).

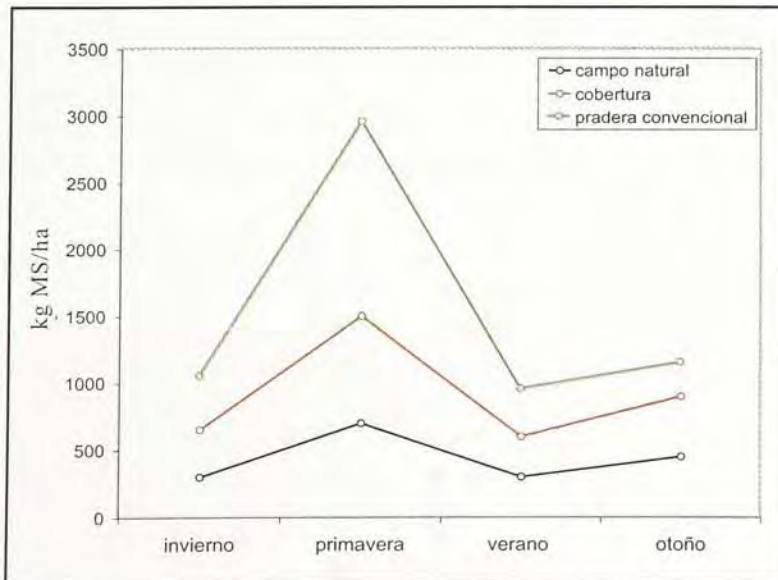


Figura 11. Productividad estacional (kg MS/ha) de tres métodos de producción de pasturas (adaptado de Formoso y Allegri, 1983).

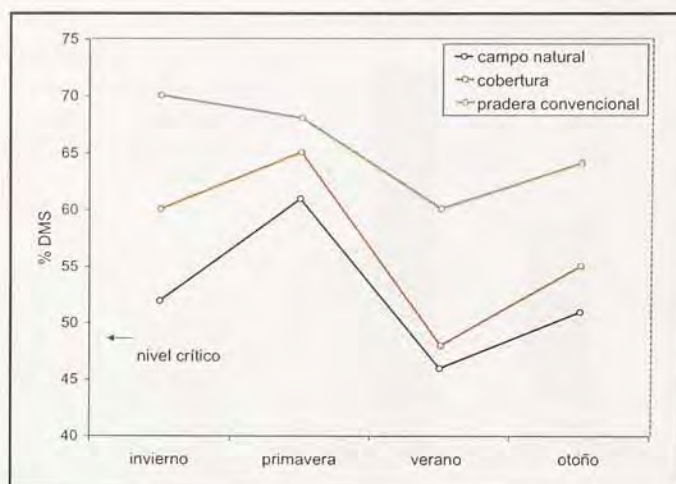


Figura 12. Calidad forrajera estacional (% DMS) de tres métodos de producción de pasturas (adaptado de Formoso y Allegri, 1983).

Cuadro 9. Distribución estacional (%) del forraje y producción total anual de leguminosas anuales y perennes (adaptado de Formoso y Allegri, 1983).

Especie	Otoño	Invierno	Primavera 1	Primavera 2	Verano	kg MS/ha anual
Anuales	30	27	43	-	-	8.000
Perennes	20	17	29	23	11	11.700

Considerando tanto las gramíneas como las leguminosas es posible la instalación de pasturas convencionales que presenten una proporción diferente en la oferta de forraje estacional a pesar de un rendimiento anual similar (Cuadro 10). Uno de los componentes fundamentales de las praderas convencionales es la elección de las gramíneas. La importancia de la misma radica en la necesidad de complementar las diferentes ciclos de crecimiento con las leguminosa acompañantes, contribuir a una calidad más balanceada que permita reducir los riesgos de meteorismo, así como posibilitar una mejor utilización del N_2 atmosférico incorporado al ecosistema por la leguminosa. En este sentido se registró información referente a las gramíneas perennes adaptadas a la región indicando muchas procedencia un alto nivel de productividad (Formoso y Allegri, 1984). Entre ellas se destaca una especie nativa de

Cuadro 10. Distribución estacional del forraje (%) y producción total anual de cuatro tipos de asociaciones forrajeras que incluyen gramíneas y leguminosas de ciclo invernal y estival (adaptado de Formoso y Allegri, 1983).

Asociación	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	kg MS/ha anual
Falaris – T.Blanco	27	22	38	13	7.760
Falaris – T.Blanco – Lotus	19	21	44	16	9.000
Falaris – T.Blanco – Lotus – Paspalum	15	10	50	25	9.620
Paspalum – Lotus	16	8	39	37	7.650

crecimiento invernal, *Bromus auleticus*, que ha sido posteriormente evaluada en su potencial individual y en mezclas con leguminosas.

Bromus auleticus se destaca no sólo por su productividad sino que también ha mostrado la máxima persistencia en los experimentos de campo realizados. Es una especie que presenta un excelente aporte de forraje de calidad en el período otoño - invernal comparado con las tasas de crecimiento registradas en los campos naturales de la región (Figura 13).

La máxima productividad depende de los niveles de N aplicados en forma anual o de la posibilidad de realizar siembras asociadas con Trébol blanco (Figuras 14 y 15) (Cuadro 11).

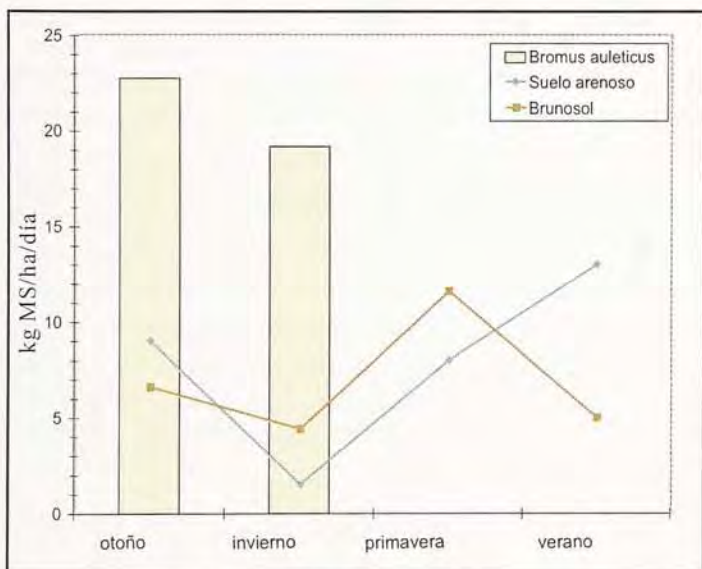


Figura 13. Productividad relativa de *Bromus auleticus* y pasturas naturales sobre suelos arenosos y brunosoles (adaptado de Olmos, 1993).

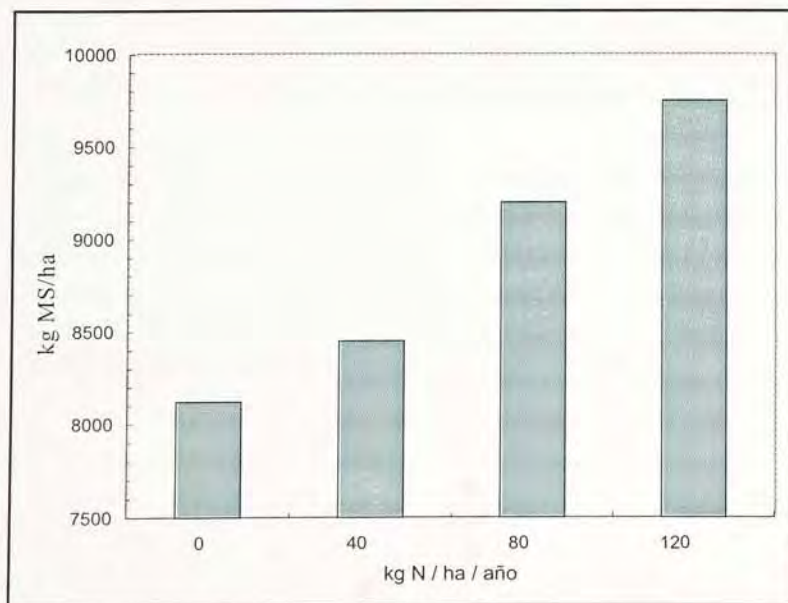


Figura 14. Productividad acumulada (kg MS/ha) de *Bromus auleticus* durante tres otoños y dos inviernos (adaptado de Olmos, 1993).

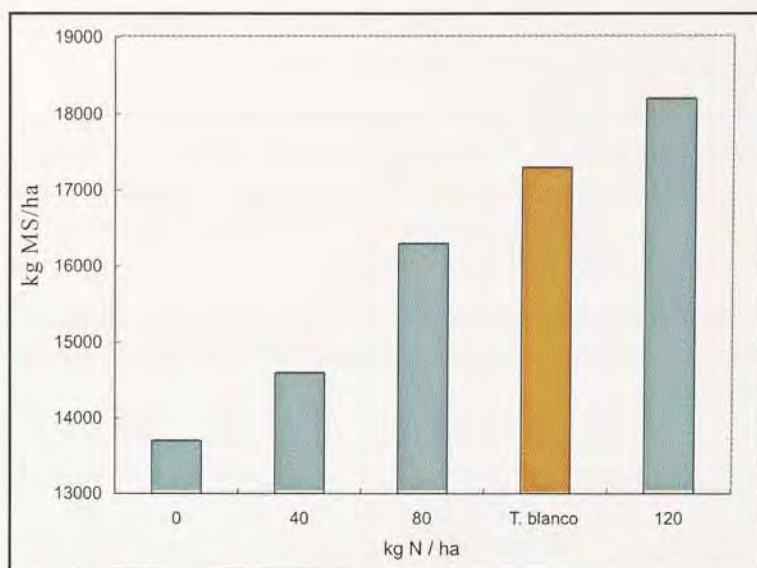


Figura 15. Productividad relativa (kg MS/ha) de *Bromus auleticus* con nitrógeno y con Trébol blanco en suelos de la Unidad Cuchilla de Caraguatá (adaptado de Olmos, 1993).

Cuadro 11. Producción de forraje otoño – invernal de *Bromus auleticus* con nitrógeno (120 kg N/ha/año) y consociado con *Trifolium repens* cv. Zapicán durante tres años (tres otoños y dos inviernos) (Olmos, 1993).

<i>Bromus auleticus</i> (kg MS/ha)	
120 kg N/ha/año	<i>Trifolium repens</i> cv. Zapicán
1.326	1.238
1.352	1.200
2.648	2.440
2.003	2.656
2.082	2.043

En virtud de su excelente potencial productivo y persistencia se estimó en forma comparativa la receptividad animal por hectárea de pasturas naturales asociadas a suelos arenosos, brunosoles y pradera cultivada de *Bormus auleticus* (Cuadro 12). Los valores indican la gran contribución que la gramínea nativa podría realizar a los sistemas productivos de la región noreste desde el punto de vista ganadero. En INIA Tacuarembó se está próximo a la liberación de un cultivar de esta especie.

Cuadro 12. Receptividad estimada del campo natural y de una pastura de *Bromus auleticus* para animales de 300 kg de peso vivo (Olmos, 1993).

Pastura	Receptividad (número de animales/ha/día)	
	Otoño	Invierno
Campo natural arena	0.70	0.12
Campo natural brunosol	0.51	0.34
<i>Bromus auleticus</i>	1.46	1.22

La productividad y persistencia de una pradera convencional está asociada a los niveles de fertilización aplicados anualmente. El modelo sobre el que se apoyan estos mejoramientos indica que el fosfato promoverá el crecimiento de la leguminosa, el cual a través del enriquecimiento del sistema con N₂ favorecerá positivamente la productividad de la gramínea. Arocena *et al.*, (1981) y Formoso y Allegri (1983) han realizado registros de productividad de praderas convencionales con diferentes niveles de P₂O₅/ha (Figura 16) indicando una respuesta casi lineal en productividad hasta las 100 unidades/ha en la aplicación inicial y hasta 45 unidades/ha con las refertilizaciones anuales. Debido a que muchos suelos de la región muestran una alta tasa de fijación anual del fosfato se recomienda el seguimiento anual de los niveles de P₂O₅ en el suelo para alcanzar la productividad esperada (Castro *et al.*, 1981).

Mezclas forrajeras

Los sucesivos registros del comportamiento de especies y variedades en la región indican la importancia que tiene la utilización de *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* en el diseño de mezclas forrajeras. En base a la siembra de seis gramíneas y las dos leguminosas en mezclas forrajeras se ha registrado

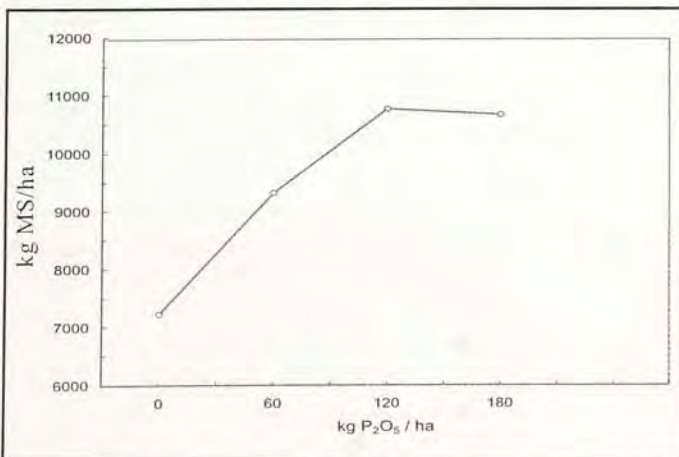


Figura 16. Variación en la productividad (kg MS/ha) de praderas convencionales con niveles crecientes de fertilización fosfatada (adaptado de Formoso y Allegri, 1983).

la productividad de las mismas durante tres años consecutivos en todas sus combinaciones. Las mezclas presentan una alta productividad anual (Olmos, 1994) tanto en pre-cosecha de soja como en una pastura convencional después de girasol (Cuadros 13 y 15).

Cuadro 13. Producción de forraje de siete mezclas (kg MS/ha) sembradas en precosecha de un cultivo de soja durante tres años (Olmos, 1994).

Mezcla forrajera	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Lotus – T. blanco (legs.)	8.702	10.127	7.628	26.512
Falaris + legs.	8.405	9.833	8.381	26.620
Festuca + legs.	9.042	9.740	6.909	25.692
<i>Bromus auleticus</i> + legs.	8.645	10.497	8.061	27.204
Raigrás 284 + legs.	8.726	10.224	9.199	28.150
<i>Holcus lannatus</i> + legs.	9.155	10.521	7.346	27.023
<i>Paspalum dilatatum</i> + legs.	9.293	9.655	8.243	27.192
Promedio	8.805	10.124	7.919	26.850

La densidad de siembra (número de semillas/dm²) puede ser un elemento importante en el momento de la siembra, en la medida que implica mayores costos al incrementarse y mayores riesgos de enmalezamiento al disminuir. En un experimento donde se evaluaron tres densidades de siembra con una mezcla forrajera de Trébol blanco, Lotus y Festuca, se registró una mayor productividad en las densidades mayores al inicio del ciclo de crecimiento; sin embargo, a partir del segundo año, la productividad fue similar en todas las densidades (Cuadro 14).

Rotaciones con pasturas: métodos de siembra

Las pasturas convencionales presentan, aún en sistemas de rotaciones con cultivos, un alto costo por hectárea. En virtud del alto potencial productivo de este tipo de mejoramiento cualquier factor que permita reducir los gastos de

Cuadro 14. Productividad de una mezcla forrajera (kg MS/ha) incluyendo Festuca, Trébol blanco y Lotus sembrada en otoño con tres densidades en el primer año de crecimiento.

Número de Semillas/dm ²	Setiembre	Diciembre	Mayo	Agosto	Octubre	Total
5	1.087	4.749	2.511	2.171	2.850	13.368
12	1.686	4.234	2.620	2.380	2.892	13.811
20	1.794	4.336	5.405	2.525	2.849	13.908

instalación redundará en un beneficio posterior, reduciendo el costo de cada kg MS producido. Los resultados obtenidos indican que los cuatro métodos utilizados para la instalación de praderas convencionales permanentes fueron exitosos; tanto la siembra en precosecha sobre soja, el laboreo reducido (excéntrica y vibro) después de un cultivo de soja, el laboreo convencional (arado, disquera y vibro) como la asociación de la pradera a cultivos de invierno, permiten alcanzar altos niveles de productividad anual por hectárea (Cuadros 15, 16 y 17). La disminución proporcional del contenido de gramíneas en los registros sobre laboreo reducido se deben a que la gramínea utilizada fue Raigrás anual, mostrando una menor reimplantación en el segundo año (Cuadro 18).

Cuadro 15. Productividad (kg MS/ha) de mezclas forrajeras con dos métodos de siembra sobre suelos de la Unidad Cuchilla de Caragatá (Olmos, 1991b).

Método de siembra	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Precosecha de soja	8.805	10.124	7.919	26.848
Convencional después girasol	9.430	8.356	6.608	24.394

Cuadro 16. Productividad acumulada de diez cortes sucesivos (kg MS/ha) de mezclas forrajeras sembradas con dos métodos de siembra sobre suelos de la Unidad Cuchilla de Caragatá (Olmos, 1991b).

Tratamiento	kg MS/ha
Cobertura precosecha de soja	19.981
Laboreo reducido después soja	20.049

Pasturas convencionales de crecimiento estival

La productividad forrajera en el período estival puede tener un impacto importante en la producción animal, dado que el período primavera-verano coincide con la parición y recuperación de vacunos para el entore estival. Una menor productividad en verano estará asociada en parte con una reducción en el potencial productivo, estimado en número de terneros obtenidos en la siguiente primavera. La inclusión de forrajeras perennes de ciclo estival podría compensar o reducir las variaciones en la productividad de los rodeos (Olmos, 1997c). El potencial de estas pasturas ya fue registrado en la región por Formoso y Allegri (1984) para suelos bajos hidromórficos y suelos arenosos.

Cuadro 17. Producción de forraje de una mezcla (Festuca-T.blanco-Lotus) en kg MS/ha, asociada a cuatro cultivos de invierno con dos densidades de siembra en el primer año de crecimiento (Olmos, 1994).

Tratamiento			Pastura asociada	kg MS/ha año 1
Alta densidad	Trigo	(130 kg/ha)	Si	11.453
	Cebada	(130 kg/ha)	Si	9.374
	Avena 1095-A	(110 kg/ha)	Si	10.117
	Avena LE-115	(110 kg/ha)	Si	10.470
Baja densidad	Trigo	(80 kg/ha)	Si	10.542
	Cebada	(80 kg/ha)	Si	11.263
	Avena 1095-A	(60 k /ha)	Si	10.107
	Avena LE-115	(60 kg/ha)	Si	10.474
	Trigo	(130 kg/ha)	No	4.909
	Cebada	(130 kg/ha)	No	5.156
	Avena	(110 kg/ha)	No	4.435
Festuca – T. blanco – Lotus corniculatus				11.437

Cuadro 18. Proporción (%) de gramíneas y leguminosas en setiembre, en el segundo año de producción de mezclas forrajeras implantadas con cuatro métodos de siembra (Olmos, 1994).

Método de siembra	Gramíneas	Trébol blanco	Lotus
Cobertura precosecha de soja	22	55	17
Convencional después de girasol	22	65	13
Laboreo reducido	8	81	10
Asociada a cultivos de invierno	36	57	7

De los principales factores de manejo al alcance del productor se encuentran la densidad y época de siembra de pasturas, así como aspectos relacionadas a los niveles de fertilización a aplicar para alcanzar los objetivos productivos. En un experimento donde se aplicaron diferentes dosis de N y P la productividad de *Paspalum dilatatum* se incrementó en respuesta al incremento en la dosis de N (30 % en la dosis máxima respecto al testigo), en cambio no presentó mayor variación en la productividad al variar la dosis de P aplicada (Cuadro 19).

En virtud que *Paspalum dilatatum* es un componente de las pasturas naturales, su presencia podría ser un indicador de respuesta potencial de una comunidad natural a la fertilización nitrogenada.

Cuadro 19. Productividad (kg MS/ha) de *Paspalum dilatatum* cv. Chirú con cuatro niveles de fertilización nitrogenada, en suelos de la Unidad Cuchilla de Caraguatá.

kg N/ha	Año 1	Año 2	Total
0	3.332	6.493	9.825
30	3.351	7.050	10.401
60	3.617	8.129	11.746
90	3.808	8.985	12.793

En el caso de *Setaria anceps* la densidad de siembra inicial ha mostrado tener un efecto en la productividad al primer corte alcanzando rendimientos de forraje mayores con densidades cercanas a 30 kg/ha que con 10 kg/ha. Sin embargo al final del primer año de crecimiento prácticamente la productividad por hectárea es similar en todos los casos. Cuando se aplicaron dos dosis combinadas de N y P, la máxima fertilización (50-100) registró un incremento respecto al testigo de 69 % en tres años (Cuadro 20).

Cuadro 20. Productividad (kg MS/ha) de *Setaria anceps* a cuatro niveles de fertilización N - P en suelos de la Unidad Cuchilla de Caraguatá.

N - P ₂ O ₅ (Kg/ha)	Año 1	Año 2	Año 3	Total
0 - 0	5.988	2.420	5.599	14.007
0 - 100	6.775	2.909	6.119	15.803
50 - 0	6.707	4.481	6.533	17.721
50 - 100	8.803	4.692	8.863	23.611

En pasturas convencionales realizadas con *Setaria anceps*, luego de su instalación es posible la incorporación de *Lotus corniculatus* en cobertura mejorando la calidad del forraje ofrecido.

Si bien no existe un cultivar de *Setaria* en el país y en consecuencia no hay semilla a nivel comercial, en otros países de la región si existe y en INIA Tacuarembó se está trabajando al respecto.

Persistencia de pasturas mejoradas y dinámica de poblaciones

La persistencia de una pastura mejorada mediante la siembra en cobertura o en forma convencional depende de la sobrevivencia individual de cada planta y de la posibilidad que cada individuo tenga para reproducirse por semillas.

Las comunidades de pasturas están compuestas por poblaciones de diferentes especies, tanto en pasturas naturales (Olmos, 1990a y b; Olmos y

Godron, 1990) como en pasturas mejoradas donde no solo se incluyen las especies introducidas sino las malezas también. Cada población esta constituida por diferente número de individuos que pueden reproducirse entre sí. A través de las diferentes prácticas de manejo aplicadas a las pasturas y mediante la elección de la(s) especie(s) a sembrar, se afecta el número de individuos presentes por hectárea.

El estudio de la biología de poblaciones, tiene precisamente por objetivo, determinar el número de organismos y busca conocer las causas de las diferencias en abundancia de un lugar a otro y en diferentes momentos.

Para ello es necesario considerar las interacciones con otras especies de la comunidad, los ciclos de vida de las especies involucradas y el ambiente físico que determinan la presencia o ausencia de cada especie en un lugar. Las perturbaciones periódicas en las condiciones ambientales a diferentes escalas de tiempo y espacio afectan el nivel de recursos disponibles para el crecimiento de los individuos, su tasa de reproducción, su supervivencia determinando oscilaciones en la densidad.

La heterogeneidad espacio – temporal del ambiente y las características de las especies permite analizar las estrategias (reproducción, migración, dormancia) que maximizan el aporte de descendencia a las futuras generaciones. Las interacciones entre las especies y el ambiente determinan las estrategias demográficas más exitosas para cada especie que le permiten persistir en un lugar dado.

La adaptación de una especie, en el sentido darwiniano, consiste en persistir en el medio en que se encuentra a través de la sobrevivencia individual, el crecimiento y la posibilidad de dejar descendencia de la misma.

Los parámetros principales que determinan la densidad de individuos en una población son la natalidad, la mortalidad, la inmigración y la emigración. En el caso de una especie perenne la densidad de individuos en un lugar dado está condicionada fundamentalmente por la natalidad, la mortalidad, la densidad de siembra, la longevidad individual y la estructura de edades. El suelo actúa como un banco de semillas donde por diversas causas, éstas se pueden perder (enfermedades, parásitos, etc.), germinar (reclutamiento) o mantenerse en estado latente y al germinar son reclutadas para la población como nuevas plantas.

En el caso de especies que se propagan en forma vegetativa, mediante un clonado natural al fragmentarse las plantas madres, las poblaciones están constituidas por meta – poblaciones de diferentes genotipos. Estos fragmentos, que constituyen las “plantas” de una población, están a su vez compuestos por módulos o unidades básicas de crecimiento vegetativo tal cual es el caso de Trébol blanco. En esta especie el módulo está representado por cada uno de los nudos del tallo, su entrenudo y las yemas foliar o floral y radicales. El “tamaño” de cada uno de estos fragmentos constituye lo que se puede llamar la unidad funcional de respuesta al ambiente (Olmos, 2000).

Otros atributos específicos de plantas forrajeras que se encuentran en las comunidades vegetales de la región y que afectan su adaptación relativa, medida en términos de densidad de individuos, lo constituyen aspectos como las necesidades de humedad y temperatura para la germinación en *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* (Olmos, 1991a), el período de diferenciación del ápice vegetativo en reproductivo en *Poa*, *Bromus*, *Stipa* y *Hordeum*, los diferentes mecanismos de reproducción con semillas aéreas y subterráneas en *Stipa* y *T. polymorphum* o intensos períodos de macollaje en *Coelorhachis selloana* (Olmos, 1990a; Olmos, 1992a; Olmos 1991c).

Dinámica de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel

En el caso de este cultivar San Gabriel, se diseñó un modelo en base a la matriz de Leslie, para estudiar la evolución de la densidad de plantas, diferentes alternativas de sobrevivencia, tasa de reclutamiento, y realizar una modelización de la dinámica de la población de plantas. A partir de la máxima fecundidad alcanzada a nivel experimental se modeló la variación en el número de individuos de la población inicial (10 plantas/dm²) de acuerdo a variaciones en la longevidad de las plantas (10, 5, 3 y 2 años) (Figura 17).

Independientemente de cualquier efecto ambiental o de manejo agronómico el modelo prevé una reducción en la densidad de plantas en todos los casos. En la Figura 17, se modeló, para el caso de la longevidad 5, la evolución de la densidad en virtud de variaciones del parámetro fecundidad multiplicando la tasa por 5 y 10 veces donde la primera mantiene el número de individuos/dm², en cambio cuando fue multiplicada por 10 incrementa sensiblemente la densidad alcanzando los niveles iniciales.

Para incrementar el reclutamiento y mantener la densidad de la población, el reclutamiento debe ser (de acuerdo al modelo) muy intenso y o sucesivo todos los años; esto es precisamente lo que se estaría generando a través de

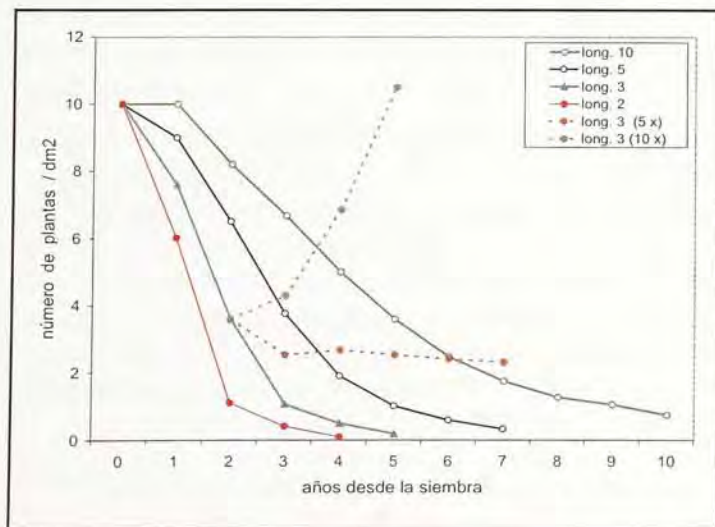


Figura 17. Predicción de la variación en la densidad de plantas de *Lotus corniculatus* sembrado en cobertura según la variación en la longevidad (10, 5, 3 y 2 años) y la tasa de reproducción (adaptado de Olmos, 1996c).

un manejo más racional de la pastura permitiendo su consumo por herbívoros cuando el crecimiento de la misma alcanza valores cercanos a 2.000 kg MS/ha previo a la resiembra natural (Olmos, 1991,b).

El nivel de fertilización fosfatada, luego de establecida la especie, se constituye en uno de los principales elementos de la dinámica poblacional de *Lotus corniculatus* y su persistencia, a través de un incremento en la cantidad de semilla producida que permite un mayor reclutamiento de nuevas plántulas desde el banco de semillas del suelo cada año (Olmos, 1996 c).

A escala de un potrero dentro del establecimiento, la utilización de una mayor sub-división de las pasturas mejoradas (mediante el uso del alambrado electrificado), el manejo del área foliar remanente luego de cada pastoreo, así como respetar los procesos anuales de semillazón natural, son factores que contribuyen en forma positiva a favorecer la productividad y persistencia de las mismas (Olmos, 1991b).

Una población es persistente porque sus individuos son longevos o porque la tasa de reproducción es tal que le permite mantener una densidad importante a través del tiempo. El número de plantas reclutadas y su crecimiento durante la vida son los componentes del rendimiento de las pasturas, como lo son el número de terneros y su crecimiento en los sistemas de producción animal.

CONSIDERACION FINAL

El balance forrajero a nivel predial es una excelente herramienta en la planificación de la producción agropecuaria. En virtud de la variedad de sistemas de producción existentes en la región es necesario disponer de diferentes opciones desde el punto de vista forrajero.

De acuerdo a la información presentada existe un menú de opciones para la instalación de pasturas mejoradas y pautas de manejo, tanto desde el punto de vista de su productividad como de su calidad que debería considerarse en base a las condiciones locales de suelo y los objetivos del sistema de producción.

Entre las principales características a destacar de las pasturas se encuentran: la variabilidad en productividad de las comunidades naturales debido al manejo del pastoreo y la variación entre años, el conocimiento de los principales parámetros que afectan su calidad y el alto potencial productivo de las siembras en cobertura, que en muchos casos alcanza a partir del segundo año de crecimiento, los valores obtenidos con las praderas convencionales. La persistencia de una pastura mejorada debería considerarse a la luz de los conocimientos disponibles sobre la dinámica de poblaciones de plantas y los factores que las afectan.

BIBLIOGRAFIA

- AROCENA, M.; ALLEGRI, M.; CASTRO, E. Y FORMOSO F. 1981. Fertilización inicial y anual de pasturas convencionales en la zona noreste del Uruguay. In: Fertilización de pasturas. CIAAB La Estanzuela. (Miscelánea 37).
- BERRETTA, E. J. 1988. El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical, 9ª. Grupos Campos y Chaco. Tacuarembó, Uruguay. CIAAB, Estación Experimental del Norte. p. 79-93.
- CASTRILLÓN, A. Y PÍREZ, C. 1987. Evaluación de la capacidad de instalarse de especies forrajeras en el campo natural con diferentes tratamientos de laboreo. Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.
- CASTRO, E. 1979. Pasturas naturales. In: Jornada Ganadera de Suelos Arenosos, 2ª. CIAAB, Estación Experimental del Norte. p. 4-6.
- CASTRO, J.L.; ZAMUZ, E.M. Y OUDRI, N. 1981. Guía para fertilización de pasturas. In: Fertilización de pasturas. CIAAB. La Estanzuela. (Miscelánea 37).
- CORSI, W. 1982. Regionalización agroclimática de Uruguay para cultivos. CIAAB La Estanzuela (Miscelánea 40).
- FORMOSO, F. Y ALLEGRI, M. 1980. Comportamiento de leguminosas en suelos arenosos, pesados e hidromórficos. In: Leguminosas en la región noreste. CIAAB La Estanzuela. p. 1-8. (Miscelánea 21).
- FORMOSO, F. Y ALLEGRI, M. 1983. Producción de pasturas en suelos del área Caraguatá-Las Toscas. In: Jornada Agrícola-Ganadera de Caraguatá, 1ª. CIAAB Estación Experimental del Norte.
- FORMOSO, F. Y ALLEGRI, M. 1984. Producción de forraje, digestibilidad y proteína de gramíneas subtropicales en suelos arenosos y rastrojos de arroz en la región noreste de Uruguay. In: Gramíneas perennes en el noreste. CIAAB, Estación Experimental del Norte. p. 24-37 (Miscelánea 56).
- FROS, W.G. Y RODRÍGUEZ, E.F. 1996. Caracterización del crecimiento primaveral de *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. Tesis, IGAP, Universidad Católica. Tacuarembó, Uruguay.
- GALLINAL, J.P.; BERGALLI, L.U.; CAMPAL, E.F.; ARAGONE, L. Y ROSENGURTT, B. 1938. Estudio sobre praderas naturales del Uruguay. Primera Contribución. Montevideo: Imp. Germano Uruguay.
- IICA. FSB. 1978. Recursos naturales. In: Estudio socioeconómico de la agricultura en la región noreste. Proyecto de Desarrollo Regional Agropecuario en Uruguay. Convenio IICA-MAP. Montevideo, Uruguay.
- MAS, C. 1978. Región Este. In: Pasturas IV. CIAAB. p. 37-64 (Miscelánea 18).
- OLMOS, F. 1990 a. Caracterización de comunidades naturales en la región noreste. In: Seminario Nacional de Campo Natural, 2º, Tacuarembó. Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur. p.3-9.
- OLMOS, F. 1990 b. Ecosistema templado cálido. In: Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur. Montevideo: IICA. PROCISUR. p. 287-298. (Diálogo 28).
- OLMOS, F. 1991 a. Productividad primaria en 10 comunidades naturales de la región noreste. INIA Tacuarembó. (Hoja de Divulgación 4).
- OLMOS, F. 1991 b. Dos temas de pasturas cultivadas para la región noreste. INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. (Serie Técnica 16).
- OLMOS, F. 1991 c. Mejoramiento de pasturas naturales: región noreste. In: Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA. p.91-102. (Serie Técnica 13).

- OLMOS, F. 1992. Aportes para el manejo de campo natural. INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. (Serie Técnica 20).
- OLMOS, F. 1993. *Bromus auleticus*. INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. (Serie Técnica 35).
- OLMOS, F. 1994. Métodos de siembra de pasturas para brunosoles del noreste. INIA Tacuarembó. (Serie Actividades de Difusión 2).
- OLMOS, F. 1996 a. Producción de pasturas en la región noreste. In: Producción y manejo de pasturas. (Risso, D.F.; Berretta, E.J. y Morón, A., eds.) INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 213-220. (Serie Técnica 80).
- OLMOS, F. 1996 b. *Ornithopus compressus* L. Cv. INIA Encantada. INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. (Serie Técnica 75).
- OLMOS, F. 1996 c. Estrategias de persistencia y productividad de Lotus. Tesis de Maestría, PEDECIBA, Montevideo, Uruguay.
- OLMOS, F. 1997 a. La productividad de pasturas en relación a los principales parámetros del clima. In: Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 1-12. (Boletín de Divulgación 64).
- OLMOS, F. 1997 b. Efecto del estrés hídrico estival en la composición botánica de pasturas convencionales. In: Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. INIA Tacuarembó. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 13-20. (Boletín de Divulgación 64).
- OLMOS, F. 1997 c. Desarrollo agropecuario y agro-industrial en Tacuarembó. In: Tacuarembó de Puertas Abiertas. (Esquivó, R. y Zilli, R., eds.) Ed. Prisma. p. 79-94.
- OLMOS, F. 2000. Variation and adaptation in *Trifolium repens* from pastures in Uruguay, with a preliminary assessment of a native clover, *Trifolium polymorphum*. PhD Thesis. The University of Wales Aberystwyth.
- OLMOS, F. Y CORSI, W.C. 1982. Caracterización climática de la región noreste. In: Reunión técnica de cultivos. CIAAB, Estación Experimental del Norte.
- OLMOS, F. Y GODRON, M. 1990. Relevamientos fito-ecológicos en el noreste uruguayo. In: Seminario Nacional de Campo Natural, 2º, Tacuarembó, Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 35-48.
- ROSENGURTT, B. 1979. Tabla de comportamiento de las especies nativas en Uruguay. Montevideo: Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
- URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo: MAP, Dirección de Suelos y Fertilizantes.
- URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. 1983. Censo general agropecuario 1980. Montevideo: MAP, DIEA.
- URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. 2000. Censo general agropecuario 2000: recuentos preliminares. Montevideo: MGAP, DIEA.