UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

CRONOSECUENCIA DE LOTUS RINCON Y MAKU Y EFECTO DEL PASTOREO EN COBERTURA

por

Martín MAISONNAVE GARCIA PINTOS
Fernando MUÑOZ SECCO
Alejandro NUNEZ MACHADO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2009

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Daniel Formoso

Ing. Agr. Daniel Fernández Abella

Ing. Agr. Pablo Boggiano

Fecha:

17 de diciembre, 2009

Autor:

Martín Maisonnave García Pintos

Fernando Muñoz Secco

Alejandro Nunez Machado

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Rafael Gallinal, Flia. García Pintos Martinez, Sr. Aguerre, Flia Garcia Pintos Montes, Sr. Tille, SUL, por recibirnos cordialmente en sus establecimientos y permitirnos realizar los muestreos en los mismos.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN…… II
AGRADECIMIENTOS..... III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES..... VI

1. INTRODUCCIÓN..... 1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... 3
2.1. CARACTERIZACION DE LOS TAPICES NATIVOS DEL URUGUAY..... 3
2.2. CARACTERIZACION DE LOS MEJORAMIENTOS DE CAMPO CON LEGUMINOSAS..... 5
2.2.1. Aportes de N por incorporación de leguminosas..... 8
2.2.2. Impacto productivo de la mejora del campo..... 10
2.2.3. Persistencia del mejoramiento..... 11
2.2.4. Persistencia de especies anuales y perennes..... 11
2.3. MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS CON LOTUS SUBBIFLORUM cv RINCÓN..... 12
2.3.1. Características generales del Lotus Subbiflorum..... 12
2.3.2. Producción de forraje y distribución estacional..... 12
2.4. MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS CON LOTUS ULIGINOSUS cv MAKU..... 14
2.4.1. Características generales del Lotus Uliginosus..... 15

3. MATERIALES Y METODOS..... 17
3.1. LOCALIZACION Y PERIODO DE LOS MUESTREOS REALIZADOS..... 17
3.2. VEGETACIÓN Y VARIABLES AMBIENTALES..... 17
3.3. MUESTREO DE LA VEGETACIÓN..... 18
3.4. ANALISIS ESTADISTICO..... 19

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 20
4.1. MEJORAMIENTOS CON LOTUS RINCÓN..... 20
4.1.1. Variables “ambientales”..... 20
4.1.2. Variables ambientales y mejoramientos..... 23
4.1.3. Variables de la vegetación..... 23
4.1.4. Variables de la vegetación y mejoramientos..... 27
4.1.5. Clasificación de los mejoramientos según el porcentaje de

cobertura de LR..... 27
4.1.6. Clasificación de los mejoramientos según el porcentaje de cobertura de Pdil..... 30
4.2. MEJORAMIENTOS CON LOTUS MAKU..... 32
4.2.1. Variables "ambientales"..... 32
4.2.2. Variables ambientales y mejoramientos..... 34
4.2.3. Variables de la vegetación..... 35
4.2.4. Variables de la vegetación y mejoramientos..... 38
4.2.5. Clasificación de los mejoramientos según el porcentaje de cobertura de LM..... 39

5. CONCLUSIONES..... 42
5.1. LOTUS RINCÓN..... 42
5.2. LOTUS MAKÚ..... 42

6. RESUMEN..... 44

7. SUMMARY..... 46

8. BIBLIOGRAFIA..... 48

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No. Página

1. Efecto del agregado de fertilizante en el campo natural.....

2. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a Lotus El Rincón en diferentes zonas del país..... ……..

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

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

5. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de las variables "ambientales".....

6. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables "ambientales" originales

7. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de las variables correspondientes a especies y grupos de especies.....

8. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables correspondientes a las especies y grupos de especies.....

9. Análisis del efecto de cada variable independiente (% de cobertura en la vegetación y "ambientales") en la clasificación de los grupos realizada según el porcentaje de cobertura de LR ($p<0,10$).....

10. Tabla de clasificación cruzada de los grupos originales con los grupos obtenidos con la función discriminante.....

11. Análisis del efecto de cada variable independiente (% de cobertura en la vegetación y "ambientales") en la clasificación de los grupos realizada según el porcentaje de cobertura de LR ($p<0,10$).....

12. Tabla de clasificación cruzada de los grupos originales con los grupos obtenidos con la función discriminante.....

13. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la combinación de variables "ambientales" en mejoramientos de LM.....

14. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con la combinación de variables "ambientales" para los mejoramientos de LM.....

15. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de las variables correspondientes a especies y grupos de especies en mejoramientos de LM.....

16. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con la combinación de especies y grupos de especies para los mejoramientos de LM.....

17. Análisis del efecto de cada variable independiente (% de cobertura en la vegetación y "ambientales") en la clasificación de los grupos realizada según el porcentaje de cobertura de LR ($p<0,10$).....

18. Tabla de clasificación cruzada de los grupos originales con los grupos obtenidos con la función discriminante.....

Figura No.

1. Representación de las variables "ambientales" en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior).....

2. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 31,9 y 24,5% respectivamente) relacionados con las variables "ambientales".....

3. Representación de las variables (componentes de la vegetación) en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior)……

4. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 32 y 21% respectivamente) relacionados con las variables correspondientes a la cobertura de los componentes de la vegetación.....

5. Clasificación canónica de los mejoramientos según las funciones discriminantes obtenidas con los porcentajes de cobertura de LR y Pdil. Los contornos corresponden a elipses de confianza del 95% (Azul: bueno, Verde: regular, Rojo: Malo).....

6. Clasificación canónica de los mejoramientos según las funciones discriminantes obtenidas con los porcentajes de cobertura de Pdil y Stch. Los contornos corresponden a elipses de confianza del 95% (Azul: bueno, Verde: regular, Rojo: Malo).....

7. Representación de las variables "ambientales" en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior).....

8. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 36 y 22% respectivamente) relacionados con las variables "ambientales" correspondientes.....

9. Representación de las variables (componentes de la vegetación) en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior)…….....

10. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 29 y 23% respectivamente) relacionados con las variables correspondientes a la cobertura de los componentes de la vegetación.....

11. Clasificación canónica de los mejoramientos según las funciones discriminantes obtenidas con los porcentajes de cobertura de LM, Cyn y HE. Los contornos corresponden a elipses de confianza del 95% (Azul: Regular, Verde: Malo, Rojo: Bueno).....

1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas naturales del Uruguay, principal base forrajera de la ganadería extensiva poseen una rica diversidad genética de especies nativas que determinan su estabilidad productiva a través de los años, a pesar de las escasas medidas de manejo que se realizaron desde la introducción del ganado han determinado un progresivo deterioro de esta base forrajera[1].

Las pasturas nativas constituyen asociaciones heterogéneas y complejas de carácter herbáceo con diferentes características morfológicas y biológicas. El principal componente son las gramíneas, las cuales alcanzan un número cercano a 400 (Del Puerto, citado por Carámbula, 1997). Completando este grupo se encuentran una cantidad pequeña de leguminosas y un conjunto elevado de malezas.

Nuestros tapices naturales presentan una mayor aptitud estival que invernal, lo que resulta lógico ya que las gramíneas C4 constituyen un 75 a 95% de la biomasa aérea (Millot et al., 1987), lo que lleva por lo tanto a una tendencia generalizada de disponer de mayor producción de forraje en el periodo primavero-estivo-otoñal. Por consiguiente las especies invernales, menos frecuentes, resultan de gran valor para sobrellevar la crisis invernal debiéndose favorecer en todos los casos su desarrollo (Carámbula, 1997).

El pastoreo continuo sin las variaciones de la carga ante fluctuaciones climáticas, determina el aumento de la presión de pastoreo durante el invierno sobre las especies invernales, provocando su reducción, y en muchos casos la desaparición y consecuente disminución de la productividad total del predio[1].

La productividad de los tapices nativos es una de las condicionantes de la baja producción animal de la ganadería en nuestro país. Además su calidad es limitante debido a que se pueden registrar deficiencias de proteína, energía e inclusive minerales, sumado a la importante variación anual provocada por el clima, existen diferentes suelos que hacen a la producción de forraje muy variable entre años y con una marcada estacionalidad.

A estas limitantes se le suman las derivadas del pastoreo continúo, dada la dificultad que existe en regular la carga por las características de las pasturas. Mediante un manejo racional del pastoreo se puede mejorar esta situación pero no es posible superar determinados indicadores físicos de producción.

---

[1] Zanoniani, R. 2006. Com. personal

En un escenario ganadero que requiere incrementar su competitividad, mantienen relevancia aquellas acciones que enfatizan en el mejoramiento de pasturas mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno por vías biológicas. La creciente necesidad de paquetes tecnológicos sostenibles, convierte a estas tecnologías en alternativas válidas y viables para introducir leguminosas en ambientes pastoriles que presentan limitantes de diversa índole e intensidad.

Es en estas circunstancias que surge importante la introducción de leguminosas adaptada a estas condiciones particulares y conjuntamente ajustar la fertilización fosfatada con la finalidad de levantar los bajos niveles de este nutriente en estos suelos.

La posibilidad de lograr una implantación efectiva de leguminosas en las pasturas naturales, permitiría incrementar los niveles de la producción forrajera por hectárea, modificar su distribución estacional, mejorar la calidad de la misma y por lo tanto aumentar la productividad animal (Olmos, 2001).

Los mejoramientos de campos han cobrado suma preponderancia como complemento de los sistemas ganaderos extensivos, dando como resultado un aumento en los niveles potenciales de productividad que actualmente se están logrando en diferentes regiones del país (Ayala y Carámbula, 1996).

Lotus El Rincón es una leguminosa anual invernal. Se adapta a un amplio rango de suelos, siendo en los suelos superficiales ácidos y de baja fertilidad donde presenta ventajas comparativas importantes frente a otras leguminosas. Posee un lento establecimiento debido a que sus plántulas son débiles y de muy lento crecimiento inicial. Es una especie no exigente en el manejo del pastoreo por lo que se adapta bien tanto al pastoreo continuo como al diferido, presentando una excelente persistencia (Ayala y Bermúdez, 2001).

Mientras tanto, Lotus Maku es una leguminosa perenne rizomatosa, apropiada para suelos ácidos, de baja fertilidad así como condiciones húmedas. Posee un establecimiento y crecimiento inicial lento, sin embargo luego de establecido llega a tener un comportamiento agresivo, compitiendo con el tapiz natural. Asimismo, la información generada en la Región Este, lo muestra con niveles de producción muy promisorios, complementado con una muy buena persistencia (Ayala y Bermúdez, 2001).

El objetivo es evaluar la incidencia de la edad del mejoramiento (cronosecuencia) en los cambios florísticos ocurridos y si esa variable "ambiental" discrimina a los mejoramientos. Y determinar las principales variables “ambientales” de manejo y variables de la vegetación asociadas a los mejoramientos, que discriminan a los mismos y las principales relaciones entre ellas.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 CARACTERIZACION DE LOS TAPICES NATIVOS DEL URUGUAY

Dado que las pasturas naturales constituyen la principal base forrajera de la ganadería extensiva de nuestro país, representando el 80-85 % de nuestro territorio, resulta imprescindible conocer los factores que afectan su comportamiento.

Si bien el tapiz en las distintas comunidades se presenta muy monótono, si se realiza un estudio detallado del mismo, se descubre que está formado por numerosas especies campestres generales y especies características, de diferente ciclo mezcladas en proporciones fluctuantes y mostrando una dinámica intensa (Carámbula, 1997).

Las especies que componen los campos naturales de una región, están adaptadas a las condiciones predominantes de clima, suelos y del sistema de pastoreo a que se los ha sometido. En la región, éste complejo ha determinado que las especies predominantes sean plantas del tipo C4, capaces de sobrevivir en un medio ambiente de baja fertilidad y se ven favorecidas por el sistema de pastoreo continuo.

Otra causa que explicaría el predominio de las especies C4 en las pasturas del país sería el hecho de que estas plantas usan más eficientemente el nitrógeno que las especies de tipo C3, sumado a una mayor eficiencia en el uso de la energía. En consecuencia poseen una mayor adaptación a suelos de baja fertilidad y cuentan con fijadores de nitrógeno libres y específicos (Azotobacter, Clostridium y otros). Confirmando este comportamiento, los suelos más fértiles ofrecen una distribución estacional más equilibrada, con una entrega invernal de forraje relativamente superior a la de los suelos pobres (Carámbula et al. 1986, Carámbula 1997).

Coincidentemente Bermúdez et al. (1996), señalan que las especies de crecimiento primavera-estivo-otoñal (C4) presentan aproximadamente el doble de eficiencia que las otoño-invierno-primaverales (C3) para convertir al nitrógeno y el agua en materia seca.

Como se menciono anteriormente, las especies residentes en los campos naturales están adaptadas a las condiciones prevalentes del clima, suelo y manejo de la región, lo que ha llevado a que prosperen plantas de tipo C4 capaces de sobrevivir en un ambiente de baja fertilidad. Si se mejoran estas condiciones es posible que algunas de las especies más eficientes en el uso de nutrientes prosperen, pero el avance de las mas adaptadas a un nivel de fertilidad mayor (C3) puede ocurrir muy lentamente. Si bien es cierto que en estos tapices la fertilización con N y P promueve mayores rendimientos y aumentos en la digestibilidad del forraje, la distribución estacional de las C4 permanece incambiada, sin llegar a cubrir la demanda de la producción en animales por una mayor producción de forraje de elevado valor nutritivo (Carámbula 1995, Carámbula 1997).

Por consiguiente las pasturas naturales del país presentan una muy marcada estacionalidad, donde la escasa oferta de forraje en cantidad y calidad durante el invierno constituye la principal limitante de las producciones animales (Ayala et al., 1993).

Este comportamiento ha conducido por efectos sucesivos y acumulativos a pasturas predominantemente primavera-estivo-otoñales con una menor producción en invierno, debido a la disminución y aun desaparición de especies de ciclo invernal productivas, muy apetecidas y perseguidas por el ganado, ya que son de tipo productivo tierno –fino, tales como: *Bromus auleticus, Bromus catarticuus, Poa lanigera , Stipa setigera, Lolium multiflorum, Piptochaetim stipoides, Vulpia australis, Briza*.

Esto se debe básicamente a que un manejo erróneo del pastoreo ha conducido por efectos sucesivos y acumulativos a pasturas predominantemente primavera-estivo-otoñales con una menor producción en invierno, debido a la disminución y aun desaparición de especies de ciclo invernal productivas, muy apetecidas y perseguidas por el ganado.

Según Carámbula (1997) el problema forrajero del país puede ser definido por algunas características destacables tales como:

- Condiciones climáticas erráticas, particularmente los factores agua y temperatura.

- Baja frecuencia de especies invernales (templadas), las cuales han sido reducidas posiblemente por el pastoreo irracional y la baja fertilidad de los suelos.

- Suelos con bajo porcentaje de fósforo y de medio a alto poder de fijación del mismo, lo que condicionaría la presencia de las leguminosas.

- Baja frecuencia de leguminosas nativas, por lo que sería pobre la fijación biológica de nitrógeno y en consecuencia este elemento no sería introducido adecuadamente al ecosistema.

En la mayoría de los circunstancias estas especies han debido basar su crecimiento solo a través de un proceso de macollaje normalmente debilitado por un proceso de pastoreo, ya que el proceso de semillazon y resiembra natural ha sido siempre afectado negativamente en forma notable. Este comportamiento se debería fundamentalmente a que los principales géneros de los campos presentan floración

temprana y por consiguiente las macollas más desarrolladas son decapitadas por el pastoreo a fines del invierno, época en que las pocas gramíneas invernales presentes en el tapiz son sobrepastoreadas (Carámbula, 1997).

Según Carámbula et al. (1986), Carámbula (1991), los tapices vegetales nativos formados básicamente por gramíneas necesitan el apoyo de leguminosas que, tanto por efecto directo como indirecto aporten el nitrógeno para elevar la producción de las pasturas en cantidad y especialmente en calidad. Este incremento en fertilidad conjuntamente con un manejo adecuado debería promover una mayor contribución de las gramíneas nativas y subespontaneas deseables y productivas presentes en el tapiz (Carámbula et al. 1986, Carámbula 1997).

2.2 CARACTERIZACION DE LOS MEJORAMIENTOS DE CAMPO CON LEGUMINOSAS

La introducción de leguminosas en el tapiz natural ofrece la ventaja de un costo bajo, escasa movilización de maquinaria agrícola y el hecho de no desaprovechar el pastoreo durante el primer año (Bono, 1960). El mejoramiento de campo por fertilización fosfatada e intersiembra de leguminosas adaptadas es una importante tecnología para elevar la productividad de los campos naturales en suelos profundos y medios sobre basalto (Berretta et al., 1998).

Berrutti et al. (1993) sostienen que la técnica de introducción de especies con el agregado de fertilizantes se integra al concepto de evolución de las pasturas naturales. Intenta mejorarlas sin el riesgo de pérdida del tapiz que acompaña la roturación.

Además de esto:

- Mantiene la producción estival de la pastura natural.
- Conserva la resistencia a la invasión de malezas de la pastura.
- No provoca pérdida de piso y permite su utilización en tiempo lluvioso (más tiempo de pastoreo).
- No aumenta los riesgos de erosión.
- No requiere equipos complejos de maquinaria.
- Tiene un bajo costo de implantación y mantenimiento.
- Puede presentar alta persistencia permitiendo incrementos acumulables.
- En productividad, es posible alcanzar en formas sostenida los niveles de mejoramientos convencionales en sus mejores períodos.

Mediante la fertilización y siembra de leguminosas en la pastura nativa, se busca elevarla a un nuevo equilibrio de mayor productividad, en base a hacerle disponible

elementos previamente limitantes como P y N y especies con alta capacidad de respuesta (Risso, 1991).

Es una tecnología conservadora en el empleo de insumos y de fácil implementación en áreas sin infraestructura agrícola, siendo poco agresiva con el suelo y con la pastura nativa la cual generalmente responde favorablemente. Es entonces poco probable que frente a pérdida de las leguminosas, la producción caiga por debajo de los niveles originales (Millot et al. 1987, Risso 1991).

Los mejoramientos de campo permiten alcanzar rendimientos comparables de materia seca a los de las pasturas sembradas y tienen la ventaja de que el costo por unidad de materia seca producido es menor. Además es posible lograr una mayor persistencia productiva ajustando el manejo del pastoreo, la resiembra natural y la refertilización (Berrutti et al., 1993).

En el caso de los mejoramientos extensivos, se enfatiza fundamentalmente el comportamiento de las leguminosas ya que un factor primordial entre los que limitan la expresión de nuestras pasturas naturales es el Nitrógeno, elemento tradicionalmente muy costoso y de escasa residualidad por su fácil lixiviación del perfil. Se recurre entonces a la activación de su ciclo promoviendo la presencia de leguminosas naturales o introducidas, que transferirán a través de exudados de raíces y restos en descomposición, el Nitrógeno fijado simbióticamente (Millot et al., 1987).

Se favorece de esta manera una mejora en el rendimiento y calidad del tapiz, de dos formas, directa e indirectamente. En forma directa, por la contribución de forraje, en cantidad y calidad realizado por la leguminosa y en forma indirecta, al aumento en la disponibilidad de Nitrógeno que se produce para las gramíneas nativas, lo que posibilita que se manifiesten y predominen, las más productivas y exigentes (Millot et al., 1987).

El mejoramiento por intersiembra de leguminosas constituye un procedimiento más eficiente que la simple fertilización fosfatada, lográndose incrementos de un 75 % sobre la oferta de forraje (Carámbula, 1987).

Un incremento en el nivel de fertilidad trae aparejado cambios botánicos en la pastura, favoreciéndose las especies de mayor respuesta, las que una vez levantada la limitante se tornan competitivas (Ayala et al., 1994).

A pesar de encontrarse adaptada a niveles reducidos de nutrientes se ha encontrado respuesta a la fertilización con N y P (Castells et al. 1971, Bemhaja 1996). Estos autores informan de respuestas muy importantes del campo natural profundo, principalmente en la producción de verano y otoño. Trabajos de Risso (1990) han demostrado la fertilización fosfórica, cuando no se cuenta con leguminosas en las pasturas no logra incrementos mayores del 15 - 30 % en la materia seca (MS),

posiblemente una interacción de P y N ha dado resultados muy alentadores. La digestibilidad no fue modificada por la fertilización de P ni N.

Cuadro No. 1. Efecto del agregado de fertilizante en el campo natural

C. N = 100 M. O. D in vitro

C. N	100	51.6
C. N + P	128	52.0
C. N + N	134	48.3
C. N +NP	177	49.9

Fuente: Risso (1990)

La aplicación de fertilizantes principalmente P y en menor grado N es una práctica que se ha utilizado con frecuencia. En general, la información concuerda que el agregado de P mejora algo la producción de materia seca pero no modifica su digestibilidad.

Carámbula (1996), sostiene que como consecuencia de este comportamiento, resulta ineludible considerar el incremento de la fertilidad junto a la siembra en el tapiz de especies (C3) que presenten buen crecimiento en la época de menor producción y que su forraje producido en épocas favorables puede ser diferido en pie sin perder calidad (Berrutti et al., 1993) coinciden de que la existencia de especies, sobre todo leguminosas que puedan integrarse a la pastura natural y provocar cambios sustanciales en la producción y calidad con un aporte marcadamente invernal hace importante su consideración.

2.2.1. Aportes de N por incorporación de leguminosas

Es privativo de algunos grupos de microorganismos procariotas la capacidad de transformar el N2 molecular en formas utilizables para los vegetales, y así retornar ese nitrógeno perdido al sistema suelo – planta (Döbereiner, 1992).

La planta huésped secreta por sus raíces material genético y factores de crecimiento que estimulan el desarrollo y la multiplicación de los rizobios en la zona inmediata a la raíz. La cantidad de rizobios que llegan a multiplicarse en esa área puede llegar a ser de 1 millón a mil millones por c. c. de suelo (Fillat, 1961).

En la relación que se establece, las plantas aportan, como fuente de energía para las bacterias, compuestos carbonados producto de la fotosíntesis y permite el desarrollo del nódulo que protege a la bacteria del medio ambiente oxidante que existe en el proceso de fijación de N. A su vez el rizobio, mediante la acción catalítica de sus enzimas nitrogenasas, convierte el N del aire en amonio. El amonio a su vez es utilizado por la planta huésped para formar aminoácidos que son conducidos hacia los tejidos en desarrollo. Este proceso de fijación simbiótica de N demanda una gran cantidad de energía, un 10 a 40 % del carbono fijado por las leguminosas en la fotosíntesis es utilizado para la fijación de N (Baetghen, 1992).

Una investigación sobre la fijación de nitrógeno asociado a gramíneas mostraron que valores de 10 a 50 % del N incorporado puede ser proveniente de N2 atmosférico, (Döbereiner, 1992). En un trabajo de medición del nitrógeno fijado por las leguminosas, se determinó que puede considerarse que cada tonelada de materia seca de leguminosa fija alrededor de 30 kg de nitrógeno por año. El proceso de fijación tiene su máximo durante el invierno y casi se anula durante el verano y principio de otoño (García et al., 1994).

Como consecuencia directa de la gran demanda de energía para la fijación de N, requiere la hidrólisis de 16 ATP por molécula de N2 fijada (Frioni, 1999), cualquier factor que afecte la tasa de fotosíntesis de la leguminosa también afectará la cantidad de N fijado. La gran demanda energética del proceso de fijación es también la causa más probable de la alta correlación existente entre la cantidad de N fijado por una leguminosa y su producción de materia seca (Baethgen, 1992).

La bacteria penetra a la raíz a través de pelos absorbentes. Este generalmente se deforma encorvándose por acción de una secreción que realiza el rizobio El nitrógeno existente en el suelo tienen un marcado efecto depresivo sobre la infección, el número de nódulos, su tamaño y la actividad de los mismos. Un alto nivel de nitrógeno en el suelo impedirá que se deformen los pelos absorbentes de las raíces y la adhesión a sus paredes reduciendo las probabilidades de infección. La reducción del número de nódulos es

consecuencia de la reducción de las raíces de las leguminosas producida tanto por los fertilizantes nitrogenados como por las deyecciones de los animales (Fillat, 1961).

En este sentido (Johnson et al., 1975) encontraron que al aumentar la fertilización nitrogenada de un cultivo de soja de 0 a 448 kg de N/ha, la fracción de N en la soja proveniente de la fijación simbiótica, pasaba del 46 al 10 % (Baethgen, 1992). La simbiosis Rhizobium – leguminosa es altamente dependiente del fósforo, por lo que el déficit de este elemento limita el buen desempeño de la fijación biológica (Baraibar 1994, Carámbula 1996, Frioni 1999). Para que los rizobios puedan emigrar a través del suelo en dirección al sistema radicular es preciso que las células tengan motilidad y estén flageladas, el P ejerce una acción pronunciada sobre la conservación de esa motilidad. Además el P estimula el crecimiento de las raíces (Fillat, 1961).

El azufre es otro elemento importante para el funcionamiento normal de la simbiosis. Trabajos de investigación destacan que en las plantas que habían recibido azufre se encontraban nódulos grandes ramificados y de buen color mientras que en las no tratadas los nódulos eran pequeños, y no ramificados (Fillat, 1961).

El molibdeno, cobalto, hierro y magnesio son importantes en el funcionamiento de la nitrogenasa (Frioni, 1999).

Baethgen (1992), señala que a bajo pH del suelo se reduce la cantidad de N fijado. Según Fillat (1961) los rizobios viven mejor en suelos cercanos a la neutralidad que en suelos ácidos.

La fijación simbiótica de N se realiza entre ciertos límites de temperatura. Las muy bajas o muy altas disminuyen o aún detienen la realización de este proceso (Fillat 1961, Baethgen 1992, Baraibar 1994). Es necesaria una temperatura mínima de más o menos 9º C antes de que pueda comenzar una activa fijación de N. En tréboles se produce una fijación subóptima cuando la temperatura excede 25 º C. Finalmente en regiones donde la temperatura del suelo puede llegar a más de 50 º C, la supervivencia del rizobio, nativos o introducidos con las semillas, se ve seriamente comprometida (Fillat, 1961).

Finalmente, la cantidad de N fijado por pasturas con leguminosas depende del manejo al cual se somete a las mismas. Evidentemente en los sistemas en que la pastura es utilizada para heno o para silo, la cantidad de N aportado al suelo es menor, (Baethgen, 1992).

2.2.2. Impacto productivo de la mejora del campo

El rendimiento de los campos mejorados con leguminosas y agregado anual de P, es según el tipo de suelo y vegetación superior al de las pasturas naturales ente el 50 y 100 %; siendo el rendimiento invernal hasta 3 veces superior (Berrutti et al. 1993, Berretta 1998, Bemhaja et al. 2001).

La introducción de especies de leguminosas, la fertilización con fósforo y el manejo del pastoreo dirigido a favorecer las especies sembradas provocan un cambio cualitativo en la población, aumentando la proporción de pastos finos y tiernos en comparación a campos no mejorados. En estas condiciones, en algunos campos, especies nativas invernales como *Poa lanígera, Stipa setígera, Piptochaetium stipoides, Broms auleticus,* y *babosita (Adesmia bicolor*) incrementan su frecuencia, haciendo que la vegetación del mejoramiento realice un aporte más invernal que la del campo que le dio origen, (Berretta et al. 1990, Bemhaja et al. 1991, Risso 1998).

Trabajos de Bemhaja et al. (1987), comparando una siembra a zapata de T*rifolium repens* y L*otus corniculatus*, con 80 unidades de P2O5 a la siembra y 40 anuales contra un testigo; resultan en un incremento de la producción de materia seca del tapiz mejorado en el primer año de un 67 % al testigo, que produjo un total de 3240 kg de materia seca por hectárea en el año. El incremento en la producción se mantiene durante los siguientes cinco años. Otro factor a tener en cuenta es que se partió de un nivel de *Poa lanígera* de 0,4 y se llegó en el sexto año al 7,9 % de esta gramínea nativa, perenne e invernal de alta calidad.

La producción promedio de forraje estacional de un campo natural y de un mejoramiento durante un período de 10 años sobre un suelo profundo fue superior en el mejoramiento en todas las estaciones. Estos cambios cuantitativos están asociados a modificaciones en la comunidad de especies nativas y sembradas (Bemhaja, 1996).

El verano se presenta como la estación de mayor variabilidad en la producción de forraje tanto en campo natural como en mejoramiento. Los cambios a largo plazo en producción estacional y total de forraje se explican fundamentalmente por cambios en la composición botánica (Bemhaja, 1996).

No se encontraron diferencias importantes en la producción total de materia seca de una pastura natural, entre el efecto del agregado de 120 kg de N como fertilizante, con el efecto del N fijado por las leguminosas de una cobertura, pero si se detectaron diferencias en la composición botánica y en su calidad (Bemhaja, 1994).

A pesar de que no existen diferencias significativas en producción de forraje total entre los tratamientos con agregado de 120 kg de N y de las coberturas con leguminosas, se detectan diferencias en la composición botánica y calidad de la pastura. La calidad de

las pasturas fue superior en los tratamientos con agregado de leguminosas; seguida de aquellos que recibían N, que a su vez fueron superiores frente al testigo. El cambio cualitativo en el balance entre las especies invernales y estivales explica la diferencia en calidad de las gramíneas con y sin N. El aumento en la calidad en las coberturas está dado por la presencia de las leguminosas y en menor medida por el aumento de las gramíneas invernales (Bemhaja, 1996)

.

2.2.3. Persistencia del mejoramiento

Desde el punto de vista agronómico el concepto de persistencia en los mejoramientos involucra el criterio de constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico de balance entre la pastura natural y las especies introducidas (Carámbula, 1997).

2.2.4. Persistencia de especies anuales y perennes

Las formas de crecimiento de las leguminosas determinan en parte el rango de adaptación de las mismas a distintas situaciones ambientales y de manejo. Desde el punto de vista de la persistencia, reviste particular importancia lo relativo a los sistemas radiculares (García, 1992).

En las especies anuales la persistencia está determinada totalmente por los éxitos o los fracasos de la regeneración de las poblaciones por resiembra natural, la que forzosamente debe efectuarse todos los años. Por lo tanto en estas especies es vital mantener la integridad del proceso de semillazon a los efectos de asegurar la persistencia productiva. Para ello resultan fundamentales los descansos estratégicos durante la fase final de la estación de crecimiento. Se debe también recordar que la persistencia de las especies anuales depende ampliamente de factores climáticos fuera de control, lo cual las lleva a presentar un comportamiento con variaciones importantes entre años, siendo en general muy favorecidas por las sequías estivales (Carámbula, 1997).

En las especies perennes normalmente la persistencia depende tanto de las plantas o partes de las plantas establecidas como de la población de semillas en el suelo; por consiguiente en las especies perennes se debe considerar por un lado la persistencia por supervivencia o muerte de cada planta individualmente y por otro la persistencia del mejoramiento debida a un balance favorable entre la producción y la pérdida de unidades vegetativas, así como de la resiembra natural (Carámbula, 1997).

Existen básicamente dos formas mediante las cuales las leguminosas pueden persistir: por permanencia de la planta original o por resiembra e instalación de nuevas plantas. La importancia relativa de ambos mecanismos varía con la especie y el clima (García 1992, Carámbula 1997).

La persistencia es el resultado de acción de diversos factores tales como clima, variedades, enfermedades y plagas, manejo, competencia, etc., lo que interacciona de forma diferente en cada ambiente dando origen a un problema complejo y propio de cada situación en particular (García, 1992).

Los principales componentes del ecosistema pastura que determinan su productividad y persistencia son los recursos genéticos, los factores ambientales y el manejo (Carámbula, 1997).

2.3 MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS CON LOTUS SUBBIFLORUM cv RINCÓN

2.3.1. Características generales del Lotus subbiflorum

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

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

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

2.3.2. Producción de forraje y distribución estacional

Ayala y Carámbula (1996) obtuvieron para Lotus El Rincón, 4916 Kg/ha de materia seca acumulado 1992-1994 para un suelo de Sierra 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 contrastantes para diferentes zonas del país (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a Lotus El Rincón en diferentes zonas del país.

Zona del Pais	Producción (Kg/hs de MS)	Fuente
Lomadas del Este (1er ano)	4000	Ayala y Carriquiry, datos no publicados citados por Risso y Carámbula (1998).
Sierra de Polanco (Este) (2o ano) (3er ano) (prom de 3 ano)	 8000 5628 7325	Ayala y Carriquiry, datos no publicados citados por Risso y Carámbula (1998). Bermúdez et al. (2003) Bermúdez et al. (2003).
Sierras (Cerros de Amaro) (Este) (anual con 70% aporte de lotus)	6000	Carriquiry (1992)
Noreste (prom de 3 anos)	4593	Olmos (1996*)
Cristalino (prom 6 anos) (prom varios anos)	 6100 8258	 Risso y Berretta (1996) Formoso et al. (2001)
Basalto (prom 3 anos) Basalto superficial rojo	3806 5000	Bemhaja (1996) Platero y Formoso

*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 del verano (agosto-diciembre) (Carámbula et al. 1994, Risso y Carámbula 1998). De acuerdo a este ultimo autor, esta especie presenta muy baja producción desde fines de otoño a invierno, agravándose la situación si existen secas, frio y bajo nivel de fosforo en el suelo.

Según Risso y Berreta (1997) en un suelo de cristalino en un promedio de 6 anos de evaluación, el aporte otoño invernal de un mejoramiento en base a Lotus el rincón produjo un total de 1891 kg/ ha de MS con un aporte de 33 % de leguminosas.

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. A demás Bermúdez et al. (2003) agrega que la producción total promedio de un mejoramiento en base a Lotus rincón fue de 6551 kg/ ha de MS, produciendo un 10, 6, 43 y 41 % otoño, invierno, primavera y verano.

2.4. MEJORAMIENTOS EXTENSIVOS CON LOTUS ULIGINOSUS cv MAKU

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

Según un estudio realizado durante tres años 1992 – 1994, la producción de Lotus maku varia 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 forrajes variables de mejoramientos en base a *Lotus uliginosus* cultivar maku

Cuadro No.3. Resumen de información sobre producción de mejoramientos de campo en base a *Lotus uliginosus* cv. Maku en diferentes zonas del país

Zonas del País	*Producción total (Kg/ha de MS)*	*Producción de la leguminosa (Kg/ha de MS)*	*Fuente*
Basamento Cristalino (prom. 6 anos y 3er ano de pastura)	6000	------	Risso y Berretta (1996)
	13434	-----	Formoso et al., (2001)
Sierra del Este (prom. 3 anos) (prom. 3 anos) (prod. 3er ano)	----- 8130 7594	2341 ---- ----	Ayala y Carámbula, 1996 Bermúdez et al., 2003 a Bermúdez et al., 2003 a
Lomadas del Este (prom. 3 anos)	-----	3702	Ayala y Carámbula,1996
Noreste (prom. 3 anos)	-----	2394	Olmos, 1996
Basalto (prom. 3 anos)	3974	----	Bemhaja, 1996

2.4.1. Características generales del *Lotus uliginosus*

El *Lotus uliginosus* cv Maku pertenece a la familia *Leguminosa*e, sub-familia *Papilonoidá*e, tribu *Loteae* y género Lotus (Pinto et al., 1989). Es un cultivar tetraploide originado en Nueva Zelanda, a partir del cruzamiento de materiales seleccionados en ese país con una línea portuguesa de buen crecimiento invernal (Kaiser et al., 1990).

Se describe como una especie perenne, con hábito semipostrado, estolonífera y rizomatosa, con floración indeterminada y baja producción de semillas (Pinto et al., 1989). Posee un sistema radicular con raíces finas y fibrosas; sus tallos pueden medir hasta 1,8 metros de largo los cuales son glabros o ligeramente pilosos y hojas compuestas con pecíolos cortos y cinco foliolos ovalados (tres apicales y dos básales). Sus inflorescencias están compuestas por 8 a 12 flores y vainas menores a 2 cm de largo (Armstrong, 1974).

En general, se adapta a zonas templadas con veranos frescos entre 16-25ºC, aunque temperaturas de 26 a 38ºC provocan muertes de plantas debido a enfermedades de corona y raíz (Langer, 1973). Se desarrolla y persiste en una amplia gama de situaciones pero especialmente en suelos pobres, de pH ácido (4.5 a 5.5) y condiciones húmedas. Su capacidad de producir una alta concentración de raíces en las capas superficiales del suelo se relaciona a la alta eficiencia de absorción de fósforo en condiciones de baja fertilidad que esta especie posee (Sheath, 1980).

Uno de los factores que contribuyen a la habilidad de esta especie a crecer en suelos ácidos es su tolerancia a niveles altos de aluminio, lo cual podría estar explicado por una baja absorción y translocación de aluminio hacia los tallos (Sheath, 1980) admitiendo incluso niveles mas altos que el *Lotus corniculatus* (Lowther et al., 1987).

Todos estos factores contribuyen a que dicha especie se transforme en una leguminosa muy adecuada para mejorar la producción y calidad del forraje en sistemas de producción extensivos desarrollados fundamentalmente en suelos de baja fertilidad (Carámbula et al., 1996).

Lotus pedunculatus cv Maku presenta un crecimiento satisfactorio en condiciones de humedad excesiva, y se adapta muy bien a suelos con drenaje pobre (Sheath, 1980).

El *Lotus pedunculatus* cv Maku sobrevive en suelos con precipitaciones anuales de 1020-1170 mm, con condiciones de anegamiento en invierno y a principios de primavera, ya sea por problemas de drenaje o por elevada precipitación y/o reducida evapotranspiración (Kaiser et al., 1990). Se cree que esta especie posee dicha habilidad debido a su denso y superficial sistema radicular combinado con la presencia de espacios con aire en la corteza de las raíces (Sheath, 1980). Dadas las características del sistema

radicular se presenta como una especie capaz de estabilizar suelos erosionados (Sheath, 1980). No es una especie muy resistente a déficit hídrico, pero posee una buena capacidad de recuperación luego de ocurrido los mismos (Carámbula et al., 1994).

El uso de especies pertenecientes al Lotus como *Lotus uliginosus* y *Lotus corniculatus* como forraje de calidad para pastoreo, a sido promovido por bastante tiempo. El beneficio se atribuye a la presencia de tanios condensados (compuestos fenolicos en el forraje) (Widdp et al., 2004). Estos compuestos se presentan en altas concentraciones en las hojas y tallos de Lotus maku, en comparación con las restantes especies de genero Lotus, siendo la presencia de los mismo 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 no debería exceder al 4 – 5% de la MS, debido a que provocan una disminución en el valor nutritivo y en le consumo voluntario (Montossi y Barry, citados por Ayala et al., 2001).

En cuanto a la producción estacional de Lotus maku, Suckling, citado por Smetham (1973) menciona que su máxima producción ocurre en verano, siguiéndole primavera y otoño siendo la mínima en invierno. Al respecto, Arrillaga y Corudi (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 especia al total de la MS producida.

Cuadro No. 4. producción estacional de forraje total (kg/ha de MS) de Lotus Maku.

O	I	P	V	Periodo 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
810(67)	861(86)	1266(74)	2127(58)	2003	Bermúdez et al. (2003)b

Números dentro del paréntesis indican el aporte de Lotus Maku al total de MS producida

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION Y PERIODO DE LOS MUESTREOS REALIZADOS

Los relevamientos fueron realizados entre el 15 de mayo y el 20 de setiembre de 2006 en diferentes establecimientos ganaderos ubicados en las regiones de Cristalino (Central y Este) y Basalto.

La cantidad de mejoramientos de campo natural evaluados fueron 24 con *Lotus subbiflorus* cv El Rincón (en adelante LR) distribuidos en los departamentos de Florida, Lavalleja, Flores, Rocha, Tacuarembó y Río Negro; y 13 mejoramientos con *Lotus uliginosus* cv Grassland Maku (en adelante LM), distribuidos en los departamentos de Florida, Lavalleja, Rocha y Tacuarembó.

3.2. VEGETACIÓN Y VARIABLES AMBIENTALES

En cada mejoramiento se estimó el porcentaje de cobertura (abundancia) de determinadas especies y grupos de especies arbitrariamente seleccionados por la información que podrían proporcionar sobre la intensidad de los efectos de las variables "ambientales".

Además de las dos leguminosas LR y LM, los grupos de especies seleccionados fueron gramíneas estivales (GE), [*Axonopus affinis* Chase, *Paspalum notatum* Flüegge, *Shizachyrium spicatum* Spreng., *Sporobolus platensis* L., *Bothriochloa laguroides* (DC.) Herter, *Aristida uruguayensis* Henrard, *Panicum hians* Ell., *Paspalum plicatulum* (Spreng.), *Andropogon ternatus* (Spreng).]; gramíneas invernales perennes (GIP), [*Piptochaetium stipoides* Trin. et Rupr., *Piptochaetium montevidense* (Spreng) Parodi., *Danthonia rhyzomata* Swallen, *Danthonia montevidensis* Hackel et Arech, *Briza subaristata* Lam., *Calotheca brizoides* (Lam.)]; hierbas enanas (HE) [*Oxalis* sp., *Evolvulus sericeus* Swallen, *Richardia humistrata* (Cham. et Schlecht) Steud., *Chaptalia piloselloides* Vahl, *Chevreulia sarmentosa* Pers.]; mientras que *Lolium multiflorum* Lamarck (RG), *Paspalum dilatatum* Poir (Pdil), *Cynodon dactylon* L. (Cyn) y *Stipa charruana* Arech., (Stch) fueron relevados de manera individual dadas las características agronómicas de cada una de estas especies.

L.multiflorum es una gramínea invernal anual productiva que coloniza los mejoramientos cuando se incrementa el nivel de fertilidad del suelo por la contribución de las leguminosas, sobre todo cuando existe un descenso en el nivel de competencia de especies perennes. *P.dilatatum* es una gramínea estival que también comienza a colonizar los mejoramientos cuando la fertilidad del suelo aumenta, siendo indicadora de

este suceso. *C.dactylon* en cambio, es indicadora de procesos degradantes de la pastura como el sobrepastoreo, o consecuencia de eventos climáticos adversos (sequías). *S.charruana* es una gramínea perenne invernal, con fruto punzante y hojas fibrosas, que se acumula en el tapiz de los mejoramientos que se pastorean sólo con una especie (ovinos) o cuando se prioriza la selectividad de categorías exigentes en materia nutritiva y por lo tanto queda material remanente en abundancia.

A la lista de grupos y especies mencionados, en los mejoramientos de L.Makú se agregaron juncáceas [*Juncus bufonius* L., *Juncus capillaceus* Lam.]; *Eryngium horridum* (Malme), especie subarbustiva y espinosa, considerada como planta de campo sucio y *Paspalum quadrifarium* (Lam.) gramínea estival que, al igual que *S.charruana*, tiende a incrementar su presencia en el tapiz con similares condiciones de manejo que las mencionadas para la gramínea perenne invernal. La codificación establecida fue Junc, Card y Pq, respectivamente.

Las variables "ambientales" (Leps y Smilauer, 2003) que se registraron mediante consulta a propietarios o administradores de los predios, fueron,

a. Edad de la cobertura (en años).
b. Tipo de suelo: se refiere a las regiones Basalto o Cristalino.
c. Estructura: esta variable se refiere al estado de la pastura al momento del relevamiento, 1. Abierta: el tapiz tiene espacios con suelo descubierto o una cobertura con predominio de anuales o hierbas enanas; 2. Cerrada: se refiere a un tapiz tramado y vigoroso.
d. Fecha de siembra: se definieron seis alternativas, desde marzo a mayo, separando los meses en quincenas.
e. Paisaje: relacionado con la topografía dominante en la pastura, alto (incluyendo laderas) y bajo.
f. Fertilización: cantidad de fertilizante aplicado en la siembra del mejoramiento.
g. Refertilización: cantidad promedio estimada de fertilizante aplicado luego del primer año de siembra. No se consideró la cantidad de fertilizante año por año, porque en muchos casos los datos no eran precisos.
h. Densidad: Kg por unidad de superficie de semillas sembrados.

3.3. MUESTREO DE LA VEGETACIÓN

El porcentaje de cobertura de las especies o grupos de especies se estimó mediante la técnica propuesta por Braun-Blanquet (Bonham, 1989) modificando la escala en los parámetros "r" y "+" para su análisis numérico (Van der Maarel, 2007), utilizando un marco de 1 m^2 y 30 repeticiones por tratamiento.

3.4. ANALISIS ESTADISTICO

A los efectos de ordenar los mejoramientos de acuerdo con el porcentaje de cobertura de las especies y grupos de especies seleccionados, se realizó un análisis de componentes principales utilizando la matriz de coeficientes de correlación producto momento de Pearson entre variables standarizadas ($\mu=0$; $\sigma^2=1$) para el cálculo de los autovectores (coeficientes de combinación lineal o peso de las variables) y autovalores (varianza de los componentes), identificando las relaciones entre variables y los componentes que maximicen la explicación de la varianza total.

La expresión matemática del coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente:

$$r_{jk} = \frac{S_{jk}}{\sqrt{S_j^2 \, S_k^2}}$$

donde S_{jk} es la covarianza entre la variable *j* (cobertura ó variables "ambientales") y la variable *k* (mejoramientos), mientras que S^2 corresponde a las varianzas de j y k respectivamente.

Los valores porcentuales de cobertura de las leguminosas L.Rincón y L.Makú fueron utilizados para agrupar arbitrariamente a los mejoramientos en las siguientes categorías:

	Buenos	Regulares	Malos
Lotus Rincón	>10	5-10	<5
Lotus Makú	>30	10-30	<10

Estas categorías fueron utilizadas como variable dependiente y como variables predictoras a los porcentajes de la leguminosa y las demás especies y grupos de especies. Mediante un modelo predictivo discriminante se estableció la importancia relativa de cada variable en la definición de las categorías, según la significancia de cada una de ellas ($p<0.10$) a la explicación del modelo.

En el supuesto que los valores de cobertura de la leguminosa no permitiera una discriminación aceptable del mejoramiento, se procedió a utilizar la cobertura de otras especies como *P.dilatatum*, manteniendo las categorías originales.

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Infostat (2008).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MEJORAMIENTOS CON LOTUS RINCÓN

4.1.1 Variables "ambientales"

Cuadro No.5. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de las variables "ambientales".

		Proporción explicada de la varianza total	
Lambda (λ)	Valor	Absoluta	Acumulada
1	2,23	0,32	0,32
2	1,71	0,24	0,56
3	1,27	0,18	0,75
4	0,88	0,13	0,87
5	0,57	0,08	0,95
6	0,21	0,03	0,98
7	0,12	0,02	1,00

En el cuadro No. 5 se observa la proporción de la varianza acumulada en función a los autovalores (λ) de las variables ambientales, del mismo se deduce que los tres primeros autovalores son superiores a uno y explican más del 70% de la varianza total, considerándose apropiado (principio de parsimonia) para centrar el análisis en estos tres primeros autovalores.

Cuadro No. 6. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables "ambientales" originales

	Autovectores			Correlación con las variables originales		
Variables	e1	e2	e3	CP 1	CP 2	CP 3
Edad	-0,48	0,06	-0,38	-0,73	0,08	-0,43
Estructura	0,40	-0,10	-0,43	0,60	-0,13	-0,48
Paisaje	-0,50	-0,38	-0,16	-0,74	-0,50	-0,18
Densidad	-0,19	0,17	0,69	-0,28	0,22	0,78
Fert	0,50	0,01	-0,12	0,75	0,01	-0,13
Fecha	0,09	0,68	0,05	0,13	0,89	0,06
Refertil	0,25	-0,60	0,39	0,38	-0,78	0,44

El cuadro No. 6 muestra que las variables Edad, Estructura, Paisaje y Fert tienen la mayor contribución en relación al CP1, mientras que Fecha y Refertil, así como la densidad, son las variables que más "pesan" en los componentes CP2 y CP3, respectivamente.

La correlación entre los componentes y las variables tiene valores negativos para el CP1 y las variables Paisaje (-0,74) y Edad (-0,73), mientras que las variables Fert (0,75) y Estructura (0,60) presentan una correlación positiva con este componente. Esta relación podría interpretarse como un condicionamiento de la productividad del mejoramiento con las condiciones de instalación (Fert y Estructura) que son afectadas por la topografía (Paisaje) y el tiempo transcurrido desde que se implantó el mejoramiento (Edad).

Con relación al CP2 las variables con mayor "peso" son Fecha (0,68) y Refertil (-0,60), mostrando una correlación positiva (0,89) y negativa (-0,78) con el componente respectivamente, que podría interpretarse como la importancia del periodo de establecimiento del mejoramiento y el efecto negativo del agregado de un nutriente cuando las condiciones (Edad, Paisaje) no son apropiadas (Fig No. 1).

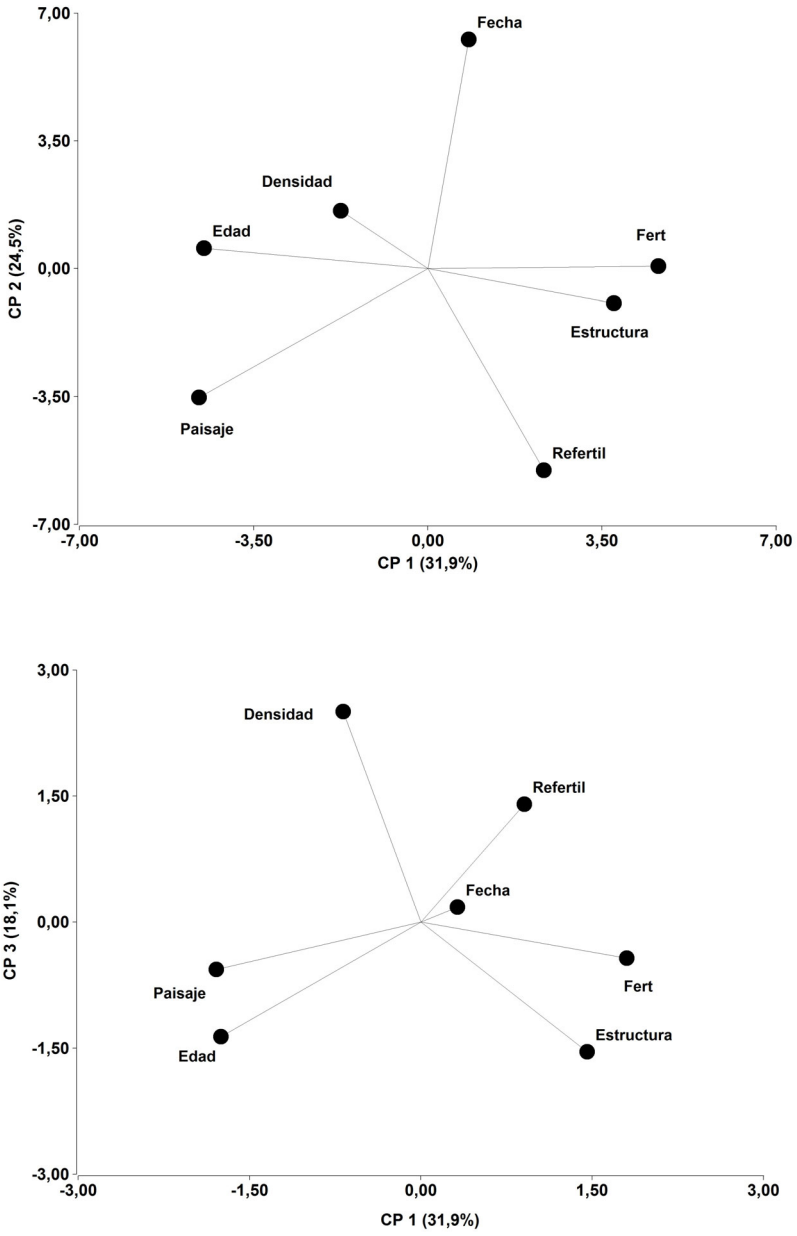


Figura No. 1. Representación de las variables "ambientales" en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior).

La densidad, con un "peso" de 0,69 y una correlación de 0,78 con el componente CP3 podría significar que esta variable no tiene una relación destacable con las demás y por lo tanto, afecta positivamente al mejoramiento independientemente de las condiciones en que se encuentre.

4.1.2. Variables ambientales y mejoramientos

En la Figura No. 2 se puede observar que una serie de mejoramientos se agrupan hacia en el centro del diagrama, mientras que otros lo hacen sobre la variable Edad.

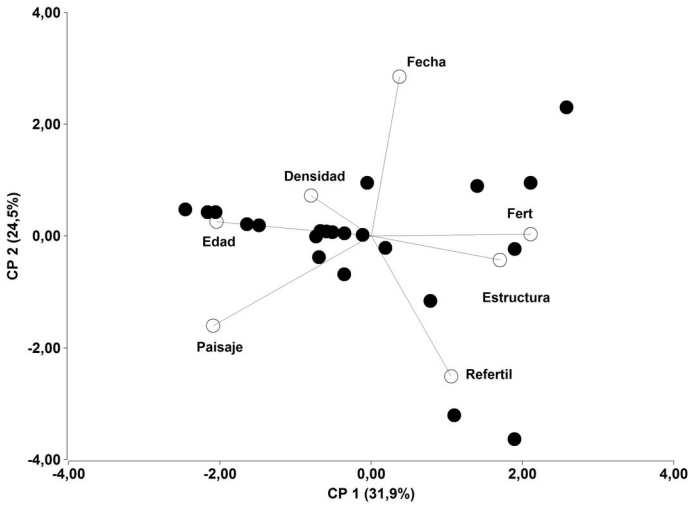


Figura No. 2. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 31,9 y 24,5% respectivamente) relacionados con las variables "ambientales"

Los mejoramientos que se encuentran posicionados hacia el centro de los cuadrantes demarcados por los componentes principales, no muestran una relación importante con alguna de las variables, a excepción de la variable Edad, que ordena a un grupo de mejoramientos sugiriendo que la evolución temporal de este tipo de pastura tendría consecuencias sobre la vegetación presente.

4.1.3. Variables de la vegetación

Los componentes de la vegetación seleccionados como variables para identificar los mejoramientos fueron agrupados también en tres componentes principales (CP), en los cuales su valor propio (λ) fue superior a uno y explicaron una proporción cercana al 70% de la varianza total (cuadro No. 7)

Cuadro No. 7. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de las variables correspondientes a especies y grupos de especies.

		Proporción explicada de la varianza total	
Lambda (λ)	Valor	Absoluta	Acumulada
1	2,60	0,32	0,32
2	1,64	0,21	0,53
3	1,28	0,16	0,69
4	0,79	0,10	0,79
5	0,62	0,08	0,87
6	0,53	0,07	0,93
7	0,35	0,04	0,98
8	0,19	0,02	1,00

Al estimar los coeficientes de las variables (Autovectores) generadas por los componentes de la vegetación y su correlación con los componentes principales (cuadro No. 8), se observa que CP1 está negativamente correlacionado con LR, RG y GI, y positivamente correlacionado con GE y HE. Por su parte, el CP2 se encuentra correlacionado con Pdil y Stch.

Cuadro No.8. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables correspondientes a las especies y grupos de especies

	Autovectores			Correlación con las variables originales		
Variables	e1	e2	e3	CP 1	CP2	CP 3
LR	-0,39	-0,39	0,36	-0,63	-0,50	0,41
RG	-0,43	-0,15	0,03	-0,70	-0,19	0,04
GI	-0,36	0,01	-0,56	-0,58	0,01	-0,63
Pdil	-0,11	0,67	0,11	-0,17	0,86	0,12
Cyn	0,22	0,03	0,69	0,35	0,03	0,78
Stch	-0,26	0,61	0,11	-0,41	0,78	0,12
GE	0,50	0,02	-0,16	0,81	0,03	-0,18
HE	0,40	-2,6E-03	-0,19	0,64	-3,3E-03	-0,22

El CP1 podría representar el cambio que ocurre en un mejoramiento a medida que la leguminosa aporta nitrógeno, promoviendo las gramíneas perennes (sobre todo las GE) con el consiguiente decrecimiento de LR, las gramíneas invernales anuales (RG) y las invernales perennes de reducida capacidad competitiva (*Piptochaetium* ssp). A su vez, la correlación con las HE se debería a la contribución de este componente cuando las GE detienen su crecimiento. Es conveniente recordar que los relevamientos fueron realizados durante el invierno, periodo en el cual las GE permiten la aparición de HE al dejar "huecos" transitorios en el tapiz.

A su vez, el CP2 está relacionado con Pdil y Stch, dos especies que tienden a incrementarse por el aporte de nitrógeno (Pdil) y como consecuencia de determinado manejo (Stch). La situación de predominio (cobertura) de estas dos especies se produce por lo general en mejoramientos con más de tres años de instalados.
Por último, el CP3 está correlacionado con la cobertura de Cyn, representando un proceso de degradación de la pastura (Figura No. 3).

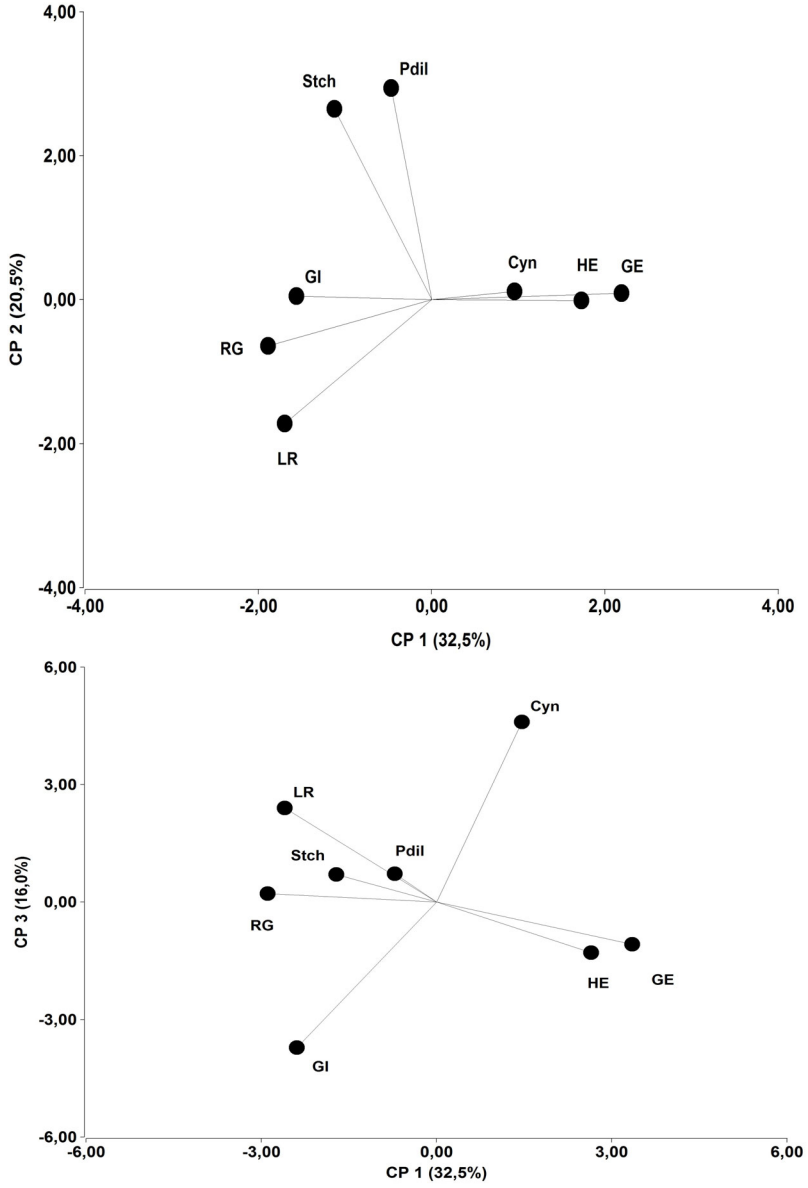


Figura No. 3. Representación de las variables (componentes de la vegetación) en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior)

4.1.4. Variables de la vegetación y mejoramientos

El ordenamiento de los mejoramientos en el ámbito de los CP obtenidos de las variables relacionadas con la cobertura de los componentes de la vegetación, mostró una concentración de los mismos hacia el cuadrante determinado por el CP1 relacionado positivamente con GE y HE, distribuyéndose los demás muestreos en el cuadrante relacionado con Stch y Pdil, así como el relacionado con LR, RG y GI (Figura No. 4)

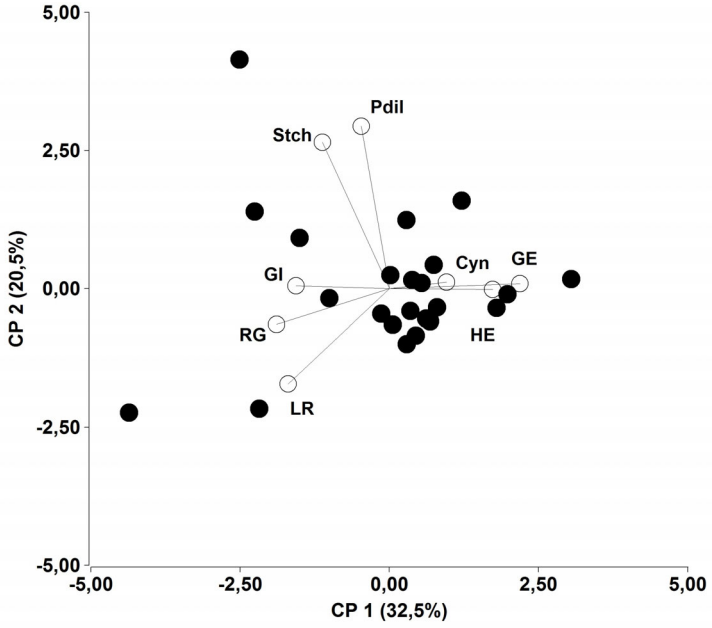


Figura No. 4. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 32 y 21% respectivamente) relacionados con las variables correspondientes a la cobertura de los componentes de la vegetación.

4.1.5. Clasificación de los mejoramientos según el porcentaje de cobertura de LR

La clasificación categórica de los mejoramientos en grupos de buenos, regulares y malos según el porcentaje de cobertura de la leguminosa (LR) es una práctica subjetiva que se aplica corrientemente. Sin embargo, los demás componentes de la pastura no deberían ser ignorados porque como se ha visto, tienen una incidencia en ordenar los mejoramientos al igual que determinadas variables "ambientales" como Edad. Por

consiguiente, se realizó un análisis preliminar univariado para cada variable (cuadro No. 9) seleccionado (porcentaje de cobertura de LR). Es de destacar que una variable no significativa a nivel univariante podría aportar información discriminativa a nivel multivariante.

Cuadro No. 9. Análisis del efecto de cada variable independiente (% de cobertura en la vegetación y "ambientales") en la clasificación de los grupos realizada según el porcentaje de cobertura de LR ($p<0,10$).

	SC Trat	gl Grupo	CM Grupo	CM Error	gl Error	F	Prob.
LR	1411,47	2	705,74	63,87	21	11,05	0,0005
EDAD	75,25	2	37,63	36,35	21	1,04	0,3726
GI	85,23	2	42,62	55,25	21	0,77	0,4751
Pdil	17,51	2	8,75	3,15	21	2,78	0,0849
Cyn	141,39	2	70,69	101,08	21	0,70	0,5081
Stch	90,93	2	45,47	33,40	21	1,36	0,2781
GE	601,04	2	300,52	134,33	21	2,24	0,1316
HE	120,20	2	60,10	65,90	21	0,91	0,4170

Entre las variables seleccionadas, el porcentaje de cobertura de Pdil ($p<0,10$) resultó una variable de importancia clasificatoria, además de LR. Por lo tanto, con estas dos variables, se realizó el análisis discriminante obteniéndose dos funciones (o ejes canónicos) al existir tres grupos de clasificación:

Función discriminante 1 = -1,34 + 0,12(LR) - 0,01(Pdil)
Función discriminante 2 = -1,05 + 0,02(LR) – 0,57(Pdil)

La Función discriminante o eje canónico 1 explica el 81,67% de la variabilidad entre grupos según los autovalores obtenidos, mientras que el eje canónico 2 explica el 18,33% restante.

La clasificación de los mejoramientos (Figura No. 5) muestra que en el eje canónico 1, las medias de estas funciones por grupo o centroides en el espacio discriminante se oponen en el grupo calificado como bueno respecto a los demás grupos, situándose a la derecha de los mismos. Por su parte, el eje canónico 2 permite discriminar a los dos grupos restantes (regular y malo), aunque el porcentaje de variación explicada es sólo de un 18,33%.

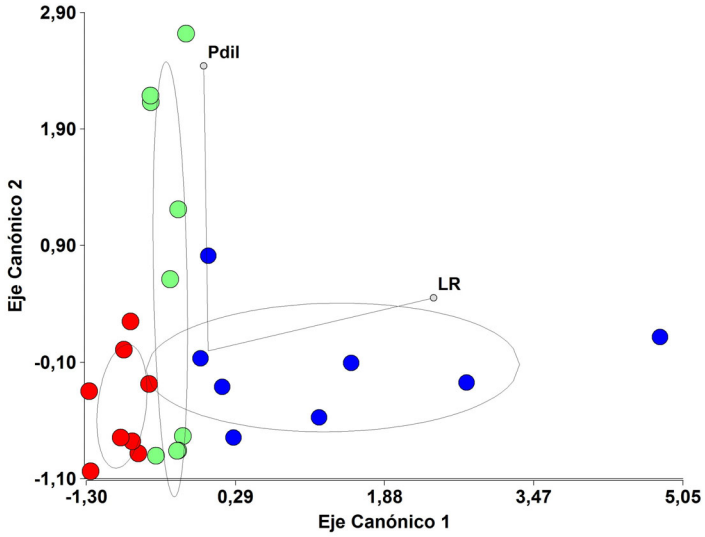


Figura No. 5. Clasificación canónica de los mejoramientos según las funciones discriminantes obtenidas con los porcentajes de cobertura de LR y Pdil. Los contornos corresponden a elipses de confianza del 95% (azul: bueno, verde: regular, rojo: malo).

Los resultados de la clasificación fueron agrupados en una tabla de clasificación cruzada donde se compara la clasificación realizada por la función discriminante con la clasificación a la que pertenece el mejoramiento (cuadro No. 10). En la tabla, las filas corresponden al grupo original y las columnas al grupo asignado por la función.

Cuadro No. 10. Tabla de clasificación cruzada de los grupos originales con los grupos obtenidos con la función discriminante

Grupo	BUENO	MALO	REGULAR	Total	Error (%)
BUENO	5	0	3	8	37,5
MALO	0	7	1	8	12,5
REGULAR	0	4	4	8	50
Total	5	11	8	24	33,33

En ninguno de los casos la función discriminante fue confiable para clasificar a los mejoramientos, incurriéndose en un error global del 33,33% con errores de hasta 50.00% en aquellos mejoramientos calificados como regular.

4.1.6. Clasificación de los mejoramientos según el porcentaje de cobertura de Pdil

El LR se sustituyó por Pdil para clasificar a los mejoramientos en las tres categorías (Bueno, Regular, Malo), manteniendo similares porcentajes en cobertura. Esta variable y Stch fueron significativas (p<0,10) en la nueva clasificación (cuadro No. 11).

Cuadro No.11. Análisis del efecto de cada variable independiente (% de cobertura en la vegetación y "ambientales") en la clasificación de los grupos realizada según el porcentaje de cobertura de LR (p<0,10).

	SC Trat	gl Grupo	CM Grupo	CM Error	gl Error	F	p-valor
LR	315,28	2	157,64	116,07	21	1,36	0,2788
EDAD	24,64	2	12,32	38,76	21	0,32	0,7311
RG	9,00	2	4,50	17,00	21	0,26	0,7699
GI	22,00	2	11,00	58,26	21	0,19	0,8293
Pdil	76,92	2	38,46	0,32	21	120,35	<0,0001
Cyn	126,10	2	63,05	101,81	21	0,62	0,5479
Stch	214,00	2	107,20	27,52	21	3,89	0,0364
GE	276,35	2	138,17	149,79	21	0,92	0,4131
HE	11,99	2	6,00	71,05	21	0,08	0,9194

Las nuevas funciones discriminantes o ejes canónicos obtenidos explicaron de la variabilidad entre grupos, un 99.68% para el eje canónico 1 y 0.32% el restante:

Función discriminante 1 = -2,52 + 1,94(Pdil) – 0,06(Stch)
Función discriminante 2 = 0,14 + 0,32(Pdil) – 0,20(Stch)

El escaso aporte del eje canónico 2 reduce al eje canónico 1 la discriminación clasificatoria de los mejoramientos (Figura No. 6) sobre el que se sitúan los diferentes grupos.

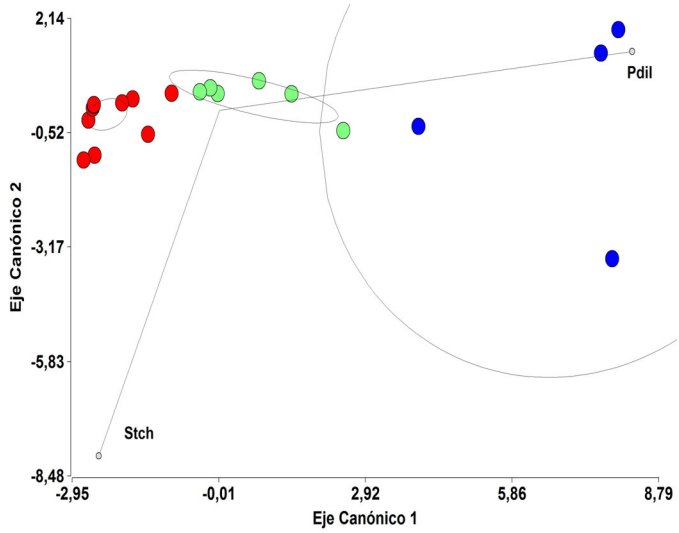


Figura No.6. Clasificación canónica de los mejoramientos según las funciones discriminantes obtenidas con los porcentajes de cobertura de Pdil y Stch. Los contornos corresponden a elipses de confianza del 95% (azul: bueno, verde: regular, rojo: malo).

La tabla de clasificación cruzada comparativa (cuadro No. 12) de los resultados obtenidos con la función discriminante, muestra que no existieron errores entre los grupos originales (filas) y los estimados (columnas).

Cuadro No. 12. Tabla de clasificación cruzada de los grupos originales con los grupos obtenidos con la función discriminante

Grupo	BUENO	MALO	REGULAR	Total	Error (%)
BUENO	4	0	0	4	0,00
MALO	0	14	0	14	0,00
REGULAR	0	0	6	6	0,00
Total	4	14	6	24	0,00

Estos resultados sugieren que en la evaluación cualitativa de un mejoramiento de LR, sobre todo cuando el mismo tiene cierto tiempo (años) de instalado, la presencia de la leguminosa puede ser un factor relativo, porque si bien puede haber desaparecido o reducido su contribución, el efecto benéfico sobre el resto de la vegetación es realmente el factor a tener en cuenta. Por consiguiente, la elección del tipo de especies a evaluar es

de fundamental importancia, siendo el Pdil una de ellas por su capacidad de prosperar cuando la fertilidad del suelo se incrementa por encima de determinado nivel.

4.2. MEJORAMIENTOS CON LOTUS MAKU

4.2.1. Variables "ambientales"

El procedimiento fue similar al aplicado en los mejoramientos de LR, intentando reducir el número de variables, agrupándolas en componentes principales (CP) o ejes ortogonales de explicación de la varianza (cuadro No. 13)

Cuadro No. 13. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la combinación de variables "ambientales" en mejoramientos de LM

		Proporción explicada de la varianza total	
Lambda (λ)	Valor	Absoluto	Acumulado
1	2,16	0,36	0,36
2	1,31	0,22	0,58
3	1,26	0,21	0,79
4	0,72	0,12	0,91
5	0,44	0,07	0,98
6	0,11	0,02	1,00

En el cuadro se observa que la proporción de la varianza acumulada es del 79 % en función de los tres primeros autovalores (λ) de las variables ambientales, lo que se considera apropiado según el principio de parsimonia.

En la determinación de los componentes principales (CP) y su correlación con las variables "ambientales" (cuadro No. 14) se observa que el CP1 que explica un 36% de la varianza, está negativamente correlacionado con la Edad (-0,57) y Densidad (-0,80) y positivamente correlacionado con Fert (0,80) y Refertil (0,54).

A su vez, el CP2, que explica un 22% de la varianza, está correlacionado positivamente con la Edad (0,63) y la Refertil (0,76). Por último, el CP3 que explica un

21% de la varianza, está relacionado positivamente con la estructura (0,88) y paisaje (0,59).

Cuadro No. 14. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con la combinación de variables "ambientales" para los mejoramientos de LM.

	Autovectores			Correlación con las variables originales		
Variables	e1	e2	e3	CP 1	CP 2	CP 3
Edad	-0,39	0,55	0,21	-0,57	0,63	0,23
Estructura	0,08	-0,06	0,78	0,11	-0,07	0,88
Paisaje	-0,34	-0,33	0,53	-0,50	-0,37	0,59
Densidad	-0,54	-0,11	-0,18	-0,80	-0,13	-0,20
Fert	0,55	-0,36	0,08	0,81	-0,41	0,09
Refertil	0,37	0,67	0,17	0,54	0,76	0,19

El CP1 representaría las alternativas de manejo de un mejoramiento tendientes a garantizar su instalación (Fert y Densidad), mientras que el CP2 representaría las decisiones de manejo para mejorar la persistencia (Edad, Refertil). Por último, el CP3 estaría relacionado con aspectos topográficos (Paisaje) que condicionan el estado de la pastura (Estructura).

La representación espacial del relacionamiento de las variables según los CP (Figura No. 7) muestra las correlaciones y el "peso" de cada variable en su componente.

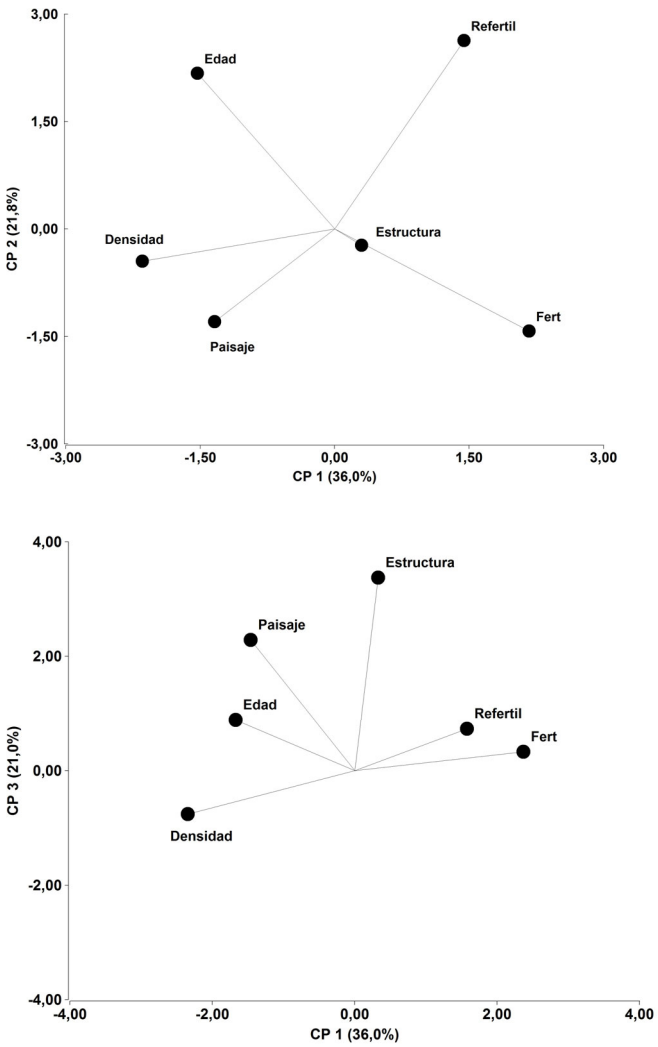


Figura No. 7. Representación de las variables “ambientales” en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior)

4.2.2. Variables ambientales y mejoramientos

Los mejoramientos, ordenados en el ámbito espacial de los CP1 y 2 obtenidos de las variables “ambientales”, muestran cierto agrupamiento en los cuadrantes relacionados con las variables Fert y Refertil (Figura No. 8).

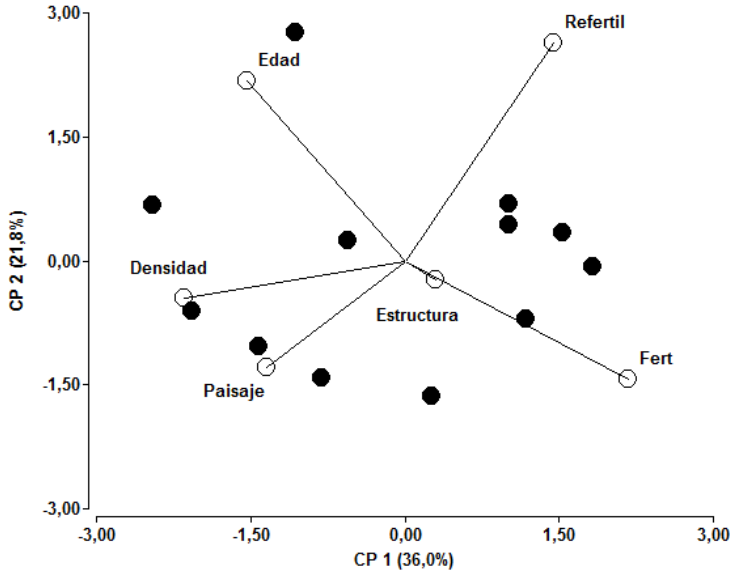


Figura No. 8. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 36 y 22% respectivamente) relacionados con las variables "ambientales" correspondientes.

Este agrupamiento sugeriría la importancia del agregado de nutrientes apropiados para la especie que se quiere introducir en la comunidad nativa, destinados a garantizar su instalación y persistencia.

4.2.3. Variables de la vegetación

El agrupamiento por CP de las variables de la vegetación (cuadro No. 15) concentró la información a tres CP, que explican el 71 % de la varianza total acumulada, satisfaciendo el principio de parsimonia.

Cuadro No. 15. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de las variables correspondientes a especies y grupos de especies en mejoramientos de LM.

		Proporción explicada de la varianza total	
Lambda (λ)	Valor	Absoluto	Acumulado
1	3,18	0,29	0,29
2	2,49	0,23	0,52
3	2,11	0,19	0,71
4	1,08	0,10	0,81
5	0,91	0,08	0,89
6	0,69	0,06	0,95
7	0,24	0,02	0,97
8	0,14	0,01	0,99
9	0,11	0,01	1,00

La correlación de los CP con las variables originales y el "peso" de las mismas (Autovectores) en cada componente (cuadro No. 16) mostró que al CP1 relacionado negativamente con LM (-0,72), pero positivamente con Pdil, GE, HE y Card (0,70, 0,85, 0,75, 0,59 respectivamente). El CP2 en cambio, se relacionó positivamente con Stch (0,83) y Junc (0,79), y negativamente con RG (-0,59). Por último, el CP3 se relacionó positivamente con GI (0,87) y negativamente con Cyn (-0,74).

Cuadro No. 16. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con la combinación de especies y grupos de especies para los mejoramientos de LM.

	Autovectores			Correlación con las variables originales		
Variables	e1	e2	e3	CP 1	CP 2	CP 3
LM	-0,41	0,20	0,33	-0,72	0,32	0,47
RG	-0,03	-0,37	-0,35	-0,06	-0,59	-0,50
GI	-0,09	0,16	0,60	-0,15	0,25	0,87
Pdil	0,39	-0,18	0,11	0,70	-0,28	0,15
Cyn	-0,23	0,02	-0,51	-0,40	0,02	-0,74
Stch	0,10	0,53	-0,22	0,18	0,83	-0,31
Pq	0,26	0,33	0,08	0,47	0,52	0,11
GE	0,48	0,15	-0,07	0,85	0,23	-0,11
HE	0,42	-0,31	0,20	0,75	-0,50	0,30
Junc	0,16	0,50	-0,20	0,29	0,79	-0,29
Card	0,33	-4,0E-03	-0,01	0,59	-0,01	-0,01

El CP1 representaría a la vegetación nativa (GE, HE) del sitio del mejoramiento, su respuesta al aporte de la leguminosa (Pdil) y a determinadas decisiones de manejo (Card), sobre todo cuando se realiza un pastoreo preferencial para obtener el mejor producto animal por lo que no se presiona a determinadas especies, sobre todo las improductivas que incrementan su frecuencia.

El CP2 podría representar los efectos de un manejo degradante del mejoramiento. El espartillo (Stch) y los juncos (Junc, sobre todo *Juncus capillaceus*) son especies consideradas duras y ordinarias, que se incrementan en el tapiz cuando el resto de la vegetación es pastoreada severamente y su competencia se reduce. Esto promueve el desarrollo de estas dos especies que obtienen espacio y nutrientes para prosperar.

El significado del CP3 no es tan claro, aunque su relación negativa con la gramilla y positiva GI correspondería al estado del mejoramiento durante el período invernal, cuando Cyn cesa su crecimiento y permite el desarrollo de gramíneas invernales. Sin embargo, la presencia de Cyn sería un indicio de deterioro de la pastura (Figura No. 9).

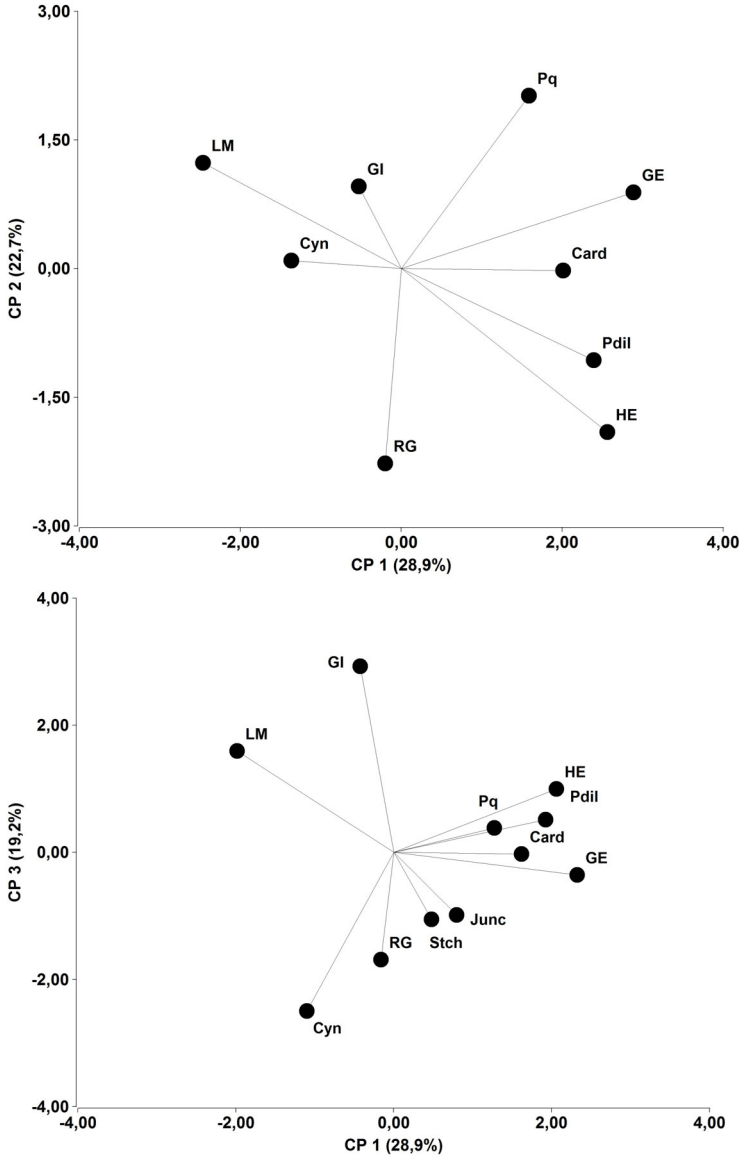


Figura No. 9. Representación de las variables (componentes de la vegetación) en el plano definido por los componentes CP1 y CP2 (superior) y CP1 y CP3 (inferior)

4.2.4. Variables de la vegetación y mejoramientos

En el ordenamiento de los mejoramientos en los cuadrantes definidos por los CP (Figura No. 10), se observa que los relevamientos se concentran en los cuadrantes definidos por las variables LM, Cyn y RG. Esto supondría un efecto competitivo

importante de la leguminosa, reduciendo la vegetación nativa compuesta principalmente por GE, pero debido a su sensibilidad a la sequía (pérdida de hojas) promueve la invasión de Cyn. Por otra parte, el incremento en fertilidad también permite la aparición de RG que ocupa el periodo donde Cyn y la leguminosa tienen escaso a nulo crecimiento.

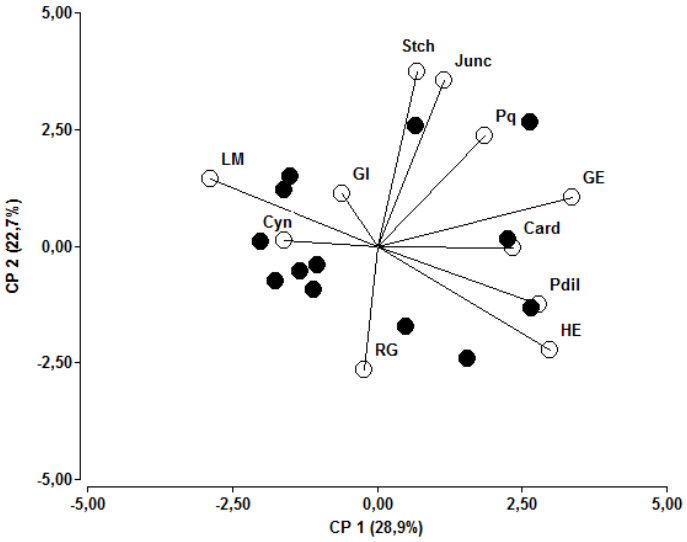


Figura No. 10. Ordenamiento de los mejoramientos con respecto a los componentes principales CP1 y CP2 (contribución a la varianza de 29 y 23% respectivamente) relacionados con las variables correspondientes a la cobertura de los componentes de la vegetación

4.2.5. Clasificación de los mejoramientos según el porcentaje de cobertura de LM

Al igual que con LR, los relevamientos de LM se clasificaron en las categorías Bueno, Regulares y Malos, según el porcentaje de cobertura de la leguminosa. Pero como los mejoramientos no son un monocultivo, también se analizó el efecto individual (univariado) de las otras especies en la clasificación (cuadro No. 17), registrándose efectos significativos de Cyn y HE, además de LM ($p<0,10$).

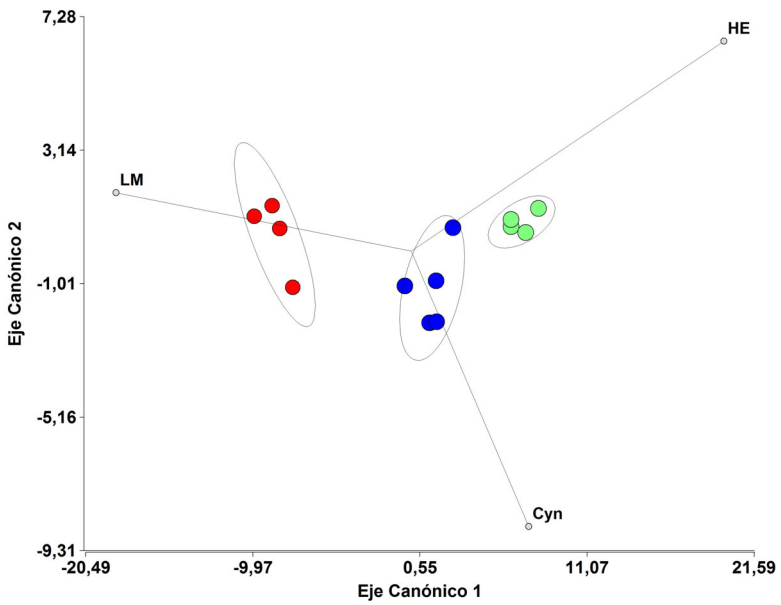
Cuadro No. 17. Análisis del efecto de cada variable independiente (% de cobertura en la vegetación y "ambientales") en la clasificación de los grupos realizada según el porcentaje de cobertura de LR ($p<0,10$).

	SC Trat	gl Grupo	CM Grupo	CM Error	gl Error	F	p-valor
LM	2920,34	2	1460,17	15,10	10	96,73	<0,0001
RG	96,00	2	48,00	70,29	10	0,68	0,5272
GI	152,88	2	76,44	47,00	10	1,63	0,2446
Pdil	21,83	2	10,92	4,29	10	2,54	0,1278
Cyn	887,25	2	443,62	93,22	10	4,76	0,0353
Stch	9,20	2	4,60	5,40	10	0,85	0,4554
Pq	9,14	2	4,57	5,69	10	0,80	0,4749
GE	500,81	2	250,40	85,29	10	2,94	0,0993
HE	133,19	2	66,59	5,17	10	12,89	0,0017
Junc	2,37	2	1,19	2,61	10	0,46	0,6467
Card	27,38	2	13,69	5,42	10	2,53	0,1292

Con estas especies de elaboraron dos funciones discriminantes o ejes canónicos, donde el primer eje explica el 97,85% de la varianza total y el segundo el 2,15% restante:

Función discriminante 1 = 3,06 – 0,32(LM) + 0,05(Cyn) - 0,57(HE)
Función discriminante 2 = -1,22 + 0,03(LM) – 0,06(Cyn) + 0,19(HE)

La representación gráfica de las categorías (Figuras No. 11) muestra que en el eje 1, el grupo clasificado como bueno se opone a los dos grupos restantes, por lo que se puede discriminar perfectamente a este grupo. Por otra parte, el eje 2 clasifica a los regulares de manera opuesta a buenos y malos, pero este eje canónico tendría un valor relativo porque sólo explica un 2,15% de la varianza total.



Figuras No. 11. Clasificación canónica de los mejoramientos según las funciones discriminantes obtenidas con los porcentajes de cobertura de LM, Cyn y HE. Los contornos corresponden a elipses de confianza del 95% (azul: regular, verde: malo, rojo: bueno).

La tabla de clasificación cruzada comparativa (cuadro No. 18) de los resultados obtenidos con la función discriminante, no registró errores entre los grupos originales (filas) y los estimados (columnas). Por consiguiente, sería aceptable utilizar como "especie índice" a la leguminosa, calificando como mejoramientos buenos aquellos que tienen una importante cobertura de LM y que el cambio de categoría sea definido por el incremento en la cobertura de Cyn y posteriormente de HE.

Cuadro No. 18. Tabla de clasificación cruzada de los grupos originales con los grupos obtenidos con la función discriminante

Grupo	BUENO	MALO	REGULAR	Total	Error (%)
BUENO	5	0	0	5	0,00
MALO	0	4	0	4	0,00
REGULAR	0	0	4	4	0,00
Total	5	4	4	13	0,00

5. CONCLUSIONES

El análisis en mejoramientos de Lotus Rincón y Lotus Maku, del porcentaje de cobertura de diversas especies y grupos de especies, así como decisiones de manejo y condiciones del sitio denominadas "variables ambientales", permitieron obtener las siguientes conclusiones:

5.1. LOTUS RINCÓN

La productividad de un mejoramiento esta condicionada por las condiciones de instalación (fertilización y estructura) que son afectadas a su vez por la topografía (paisaje) y el tiempo que tenga el mejoramiento (Edad).

El ordenamiento de los mejoramientos en relación a la Edad de instalado y su separación en dos grupos según la cobertura de los componentes de la vegetación: por un lado un ordenamiento hacia la dominancia de GE, Cyn y HE y por otro un ordenamiento hacia la dominancia de LR, RG y GI, dividiéndose entre mayoría de perennes (mejoramientos antiguos o degradados) o anuales (mejoramientos nuevos o rejuvenecidos e inestables).

La calificación cualitativa de un mejoramiento según el porcentaje de LR no resultó confiable, siendo Pdil la especie índice que mejor discriminó las categorías seleccionadas. Este resultado sugiere que utilizar una leguminosa anual como indicadora podría conducir a errores sobre todo en mejoramientos con cierto tiempo de instalados, siendo conveniente seleccionar una especie perenne cuya presencia sea consecuencia del aporte productivo realizado por la leguminosa, e indique como ha cambiado tambien el resto de la vegetación presente en el mejoramiento.

5.2. LOTUS MAKÚ

Los mejoramientos se ordenaron en los cuadrantes determinados por la Fertilización y Refertilización, indicando la importancia del agregado de nutrientes para la leguminosa. En cuanto a la composición de la vegetación, la cobertura de LM, Cyn y RG ordenó a los mejoramientos relevados, destacando el efecto de la leguminosa sobre el tapiz en general y los cambios que pueden ocurrir en la evolución de la pastura.

El mal manejo de pastoreo (subpastoreo, sobrepastoreo, o pastoreo solo con lanares) en este tipo de mejoramientos hace que aparezcan especies "duras" de poca palatabilidad pero que compiten bien con otras especies en condiciones de alta fertilidad.

Los resultados precedentes fueron utilizados exitosamente como variables discriminatorias en la calificación de los mejoramientos de acuerdo con el porcentaje de cobertura de la leguminosa.

Los relevamientos fueron realizados dentro del periodo invernal, por lo que sería apropiado efectuar muestreos similares en otras estaciones a los efectos de incrementar la confiabilidad de los resultados.

6. RESUMEN

La implantación de mejoramientos dentro de un predio fue con el propósito de aumentar la producción de materia seca del campo natural, mejorar su distribución y su calidad.

Mediante la fertilización y siembra de leguminosas en la pastura nativa, se busca elevarla a un nuevo equilibrio de mayor productividad, en base a hacerle disponible elementos previamente limitantes como P y N y especies con alta capacidad de respuesta. Un incremento en el nivel de fertilidad trae aparejado cambios botánicos en la pastura, favoreciéndose las especies de mayor respuesta, las que una vez levantada la limitante se tornan competitivas. Las especies más utilizadas en el país para la realización de estos mejoramientos, son el Lotus Rincón desde hace unos 30 años y mas recientemente el Lotus Maku. Son dos especies que se adaptan y compiten con las especies nativas del campo natural, así como a las condiciones limitantes de nuestros suelos.

Con el objetivo de determinar las principales variables "ambientales" de manejo y las variables de la vegetación, especies asociadas a los mejoramientos, se realizo el siguiente trabajo, pudiendo así calificar a estos y establecer su productividad.

Para esto, se evaluaron 24 mejoramientos de Lotus Rincón y 13 de Lotus Maku, en el periodo invernal del año 2006, distribuidos en 6 departamentos de nuestro país, abarcando muchos de los diferentes tipos de suelo existentes en el mismo. Los muestreos de la vegetación se realizaron con el método de Braun-Blanquet, utilizando un marco de 1 m2 y 30 repeticiones por tratamiento. Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se efectúo un análisis de componentes principales, identificando las relaciones entre variables y los componentes que explican la varianza total, utilizando el paquete Infostat (2008).

La productividad de los mejoramientos de Lotus Rincón está asociada a las condiciones de implantación y a la edad del mismo. Al ordenarlos por la edad, surgen dos grupos diferenciados por la cobertura de la vegetación; los mejoramientos viejos o degradados, con especies de ordinarias a duras y mayormente estivales; y por otro lado mejoramientos nuevos, rejuvenecidos e inestables, con especies tiernas a finas de crecimientos otoño-invierno-primaveral. La calificación cualitativa de un mejoramiento según el porcentaje de cobertura de LR no es adecuada, debiendo identificar una especie perenne como indicadora, cuya presencia y porcentaje de cobertura sea como consecuencia del aporte de la leguminosa y el aparejado aumento de la productividad.

Los mejoramientos de Lotus Maku y su productividad se encuentran muy asociados al agregado de nutrientes, especialmente el fósforo. Se ven cambios bruscos

en la vegetación de los mejoramientos, y asociados a la cobertura de LM se encuentran especies como el RG y el Cyn. El manejo del pastoreo en los mejoramientos de LM tiene fundamental importancia, ya que en los mismos aparecen especies duras y malezas de alto porte que compiten bien en las condiciones de alta fertilidad que se genera en los mismos. Por último el LM, presencia y porcentaje de cobertura, si es buen indicador para calificar cualitativamente los mejoramientos.

Palabras claves: Mejoramiento de campo; Especies forrajeras; Leguminosas; Fertilidad.

7. SUMMARY

The implantation of the improvements in the estate was in order to increase the production of dry matter of the natural field, to improve its distribution and its quality.

Through fertilization and planting of legumes in the native pasture, seeks to raise it to a new balance of increased productivity, base to make available items previously constraints as P and N and highly responsive species. A increase in the level of fertility brings with botanical changes in the pasture, promoting greater response, which a species time lifted the limiting become competitive. The species most used in the country for the realization of these improvements are Lotus Rincón from some 30 years ago and more recently the Maku Lotus. Are two species that are adapt and compete with native species field, as well as the limiting conditions of our soils.

In order to determine the mains "environmental" management variables, and variables of the vegetation, species associated with improvements, was done this work, to qualify the improvements and set the productivity.

To do this, 24 improvements were evaluated of Lotus Rincon and 13 of Lotus Maku, in the winter period of the year 2006, distributed in 6 departments of our country, covering many of the different types of soils. Vegetation samplings were done with the Braun-Blanquet method, using a square of 1 m2 and 30 repetitions for treatment. For statistical analysis of the data is held a principal components analysis identifying relationships between variables and explaining the total variance components, using the package Infostat (2008).

The productivity of the Lotus Rincón improvements is associated with the implanting conditions, and the age in years of it. To sort them by age, there are two distinct groups for its coverage of vegetation; old or gradients improvements, with species of ordinary hard and mostly summer growth; and on the other hand new or renew and unstable improvements, with tender species to fine of autumn-winter -spring growth. Qualitative qualification of improvements as the percentage of LR coverage is inadequate, a perennial species should be taken as indicator, whose presence and percentage of coverage is a result of the contribution of the legume and the accompanied increase in productivity.

Lotus Maku improvements and productivity are associated with the addition of nutrients, especially phosphorus. Are sudden changes in vegetation of the improvements, and associated species are RG and the Cyn. Management of grazing on improvements of LM has fundamental importance, since therein appear hard species and high weed, that compete well in high fertility conditions are generated therein. Finally the LM, presence,

and percentage of coverage, It is good indicator to qualitatively describe of this kind of improvements.

Key Words: Field improvements; Forage species; Legums; Fertility

8. BIBLIOGRAFIA

1. ARMSTRONG, C.S. 1974. Grassland Maku tetraploid lotus. New Zeland Journal of Exp. Agric. 2: 333-336.

2. ARRILLAGA, I.; CODURI, G. 1997. Manejo de defoliación de Lotus pedunculatus cv. Maku. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.

3. AYALA, W.; CARÁMBULA, M. 1996. Mejoramientos extensivos en la región Este; implantación y especies. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 169- 175 (Serie Técnica no. 80).

4. _____. BERMUDEZ, R.; QUINTANS, G. 2001. Comportamiento productivo de Lotus Maku como nueva alternativa forrajera para engorde ovino. In: Lotus Maku: manejo, utilización, y producción de semillas. Treinta y Tres, INIA La Estanzuela. pp. 25-35 (Serie Técnica Nº119).

5. BAETHGEN, W. E. 1992. Dinámica del nitrógeno en los sistemas de rotación cultivos - pasturas. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas, 1(2) 3-25.

6. BARAIBAR, A. 1994. Fijación biológica del nitrógeno. Estrategias para su maximización. In: Morón, A.; Martino, D.; Restaino, E. Manejo y fertilidad de suelos. INIA, La Estanzuela. pp. 23-26. (Serie Técnica N º 42).

7. BEMHAJA, M. LEVRATTO, J. 1987. Alternativas para incrementar la producción de pasturas con niveles controlados de insumos en suelos de areniscas y de basalto. In: Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical, Grupos Campos y Chaco (9ª, 1987, Tacuarembó, Uruguay). Tacuarembó, MGAP/CIAAB. Estación Experimental del Norte. pp. 105-106.

8. _____. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. Nitrógeno en pasturas. INIA La Estanzuela. Pp. 49 – 56 (Serie Técnica N º51).

9. _____. 1996. Producción de pasturas en basalto. Producción y manejo de pasturas. INIA Tacuarembó. pp 231 – 239 (Serie Técnica N º 80).

10. _____. 2001. Tecnologías para la mejora en la producción de forraje en suelos arenosos. In: Maria Bemhaja. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. INIA Tacuarembó. pp 109-122. (Boletín de Divulgación 76).

11. BERMÚDEZ, R., CARÁMBULA M., AYALA W. 1996. Introducción de gramíneas en mejoramientos extensivos In**:** .Walter Ayala, Raul Bermudez, Milton

Carambula, Diego Risso, Jose Terra. Producción Animal, Unidad Experimental Palo a Pique, INIA Treinta y Tres, (Serie Activ. de dif. No 110).

12. _____. AYALA, W.; FERRES, S., QUEHEILLE, P. 2003. Opciones forrajeras para la región Este. In: Seminario de Actualización Técnica "Producción de Carne Vacuna y Ovina de Calidad". Actividades de Difusión 317. Treinta y Tres. INIA Treinta Tres. 26 de Junio de 2003. 158 p.

13. BERRETTA, E. J.; LEVRATTO, J. 1990. Estudio de la dinámica de una vegetación mejorada con fertilización e introducción de leguminosas. In: Seminario Nacional de Campo Natural(2º.,1990,Tacuarembo). INIA, SURN, Facultad de Agronomía, CHPA. pp.197 - 204.

14. _____. RISSO, D. F; LEVRATTO, J. C.; ZAMIT, W. S. 1998. Mejoramiento del campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. In: Seminario de actualización en tecnologías para basalto. INIA Tacuarembó. pp. 63– 73.(Serie Técnica N º 102).

15. _____. 1998. Principales características climáticas y edáficas de la región de basalto en Uruguay. In: Berreta, E.J. Seminario de actualización en tecnologías para basalto. INIA Tacuarembó. pp. 3-11. (Serie Técnica N º 102).

16. BERRUTI, J. M; JASO, M.; LAZARO, M.; de BRUM, D.1993. Desarrollo tecnológico de establecimientos ganaderos. Montevideo, INIA. 38 p. (Boletín de Divulgación N º 36).

17. BONHAM, CH.D. 1989. Measurement for terrestrial vegetation. Fort Collins, Colorado, Wiley & Sons. 338p.

18. BONO, P. 1960. El mejoramiento de las pasturas y el manejo de lanares en Australia. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas no. 4: 25 – 34.

19. CARAMBULA, M. 1987. Las pasturas de la zona norte del Uruguay. En 9a 1987. Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y sub – tropical. Grupos Campos y Chaco. Tacuarembó, pp 5 – 14.

20. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo. INIA. pp. 45 p. (Serie técnica No 19).

21. _____.; AYALA, W.; CARRIQUIRY, E. 1994a. *Lotus pedunculatus* cv Maku Adelantos sobre una forrajera que promete. INIA Treinta y Tres. 14p. (Serie Técnica Nº 45).

22. _____.; _____.; CARRIQUIRY, E.; BERMUDEZ, R. 1994b. Siembra de mejoramientos en cobertura. INIA. 20p. (Boletín de Divulgación Nº 46).

23. _____.; _____.; SCAGLIA, G. 1995. Mejoramientos extensivos. Manejo y utilización. Jornada Técnica. Octubre 1995. INIA Treinta y Tres. 7 p.

24. _____. 1996. Mejoramientos extensivos: Fundamentos. Producción y manejo de pasturas. INIA Tacuarembó. pp 241 – 245 (Serie Técnica N º 80).

25. _____.1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo. Hemisferio Sur. 524 p.

26. _____. 2001. Manejo de Lotus Maku para producción de forraje. In: Lotus Maku: Manejo, utilización y producción de semillas. INIA La Estanzuela- Treinta y Tres. pp. 11-25. (Serie Técnica Nº 119).

27. CASTELLS, D.; GAZARRO, H.; TARMEZANA, A. 1971. Evaluación de especies con posibilidades de ser introducidas en suelos de basalto. Informe del sector forrajeras. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1 - 7.

28. DÖBEREINER, J. 1992. Avanços e perspectivas na pesquisa sobre fixaçao biologica de nitrogênio em plantas nao leguminosas. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo I. INIA: 37 – 43.

29. ESCUDERO, A.; GAVILÁN, R.; RUBIO, A. 1994. Una breve revisión de técnicas multivariadas aplicables en Fitosociología. Botánica Complutensis, 19: 9-38.

30. FILLAT, A; 1961. La inoculación de las leguminosas. Montevideo. Anuario de la Sociedad de Mejoramiento de Praderas No. 4: 81 - 112.

31. FRIONI, L. 1999. Procesos microbianos. Río Cuarto. Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto, v 2.

32. GARCIA, J. A. 1992. Persistencia de leguminosas. INIA. Revista de Investigaciones Agronómicas, Tomo 2: 144 –156.

33. _____.; LABANDERA, C.; PASTORINI, D.; CURBELO, S. 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas. In: La Estanzuela. Nitrógeno en pasturas. INIA La Estanzuela. pp 13 – 18 (Serie Técnica N º 51).

34. INFOSTAT. 2008. Infostat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas, Argentina 334p.

35. JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press

36. KAISER, C. J. y HEATH, M. E. 1990. Big Trefoil; a new legume for pastures on frangipan soils. In: Janick, J.; Simon, J.E. eds. Advances in new crops. Portland, OR, Timber Press. pp. 191-194.

37. LANGER, R. H. M. 1973. Las pasturas y sus plantas. Montevideo. Hemisferio Sur. pp. 137-145.

38. LEPS, J.; SMILAUER, P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using canoco. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003, 269 pp.

39. MILLOT, J. C.; METHOL, R.; RISSO, D. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.

40. OLMOS, F. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en Brunosoles del Noreste. In: Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. INIA. pp. 123 – 148 (Boletín de Divulgación Nº 76).

41. PINTO, J. C.; RODRÍGUEZ, N. 1989. Availaçâo de plantas e progenies de *Lotus corniculatus* L.E. e *Lotus uliginosus*. Anuario Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas "Francisco Osorio" 14 pp114 - 197.

42. RENCHER A. 2002. Methods of multivariate analysis. 2a ed. Wiley & Sons. Inc. N.Y. 732p.

.

43. RISSO, D. 1990. Efecto de la densidad de siembra y fertilización inicial en el comportamiento de tres leguminosas en cobertura. In: Seminario de Campo Natural (2º., 1990,Tacuarembó).Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio sur: pp. 243 – 247.

44. _____ 1991. Siembras en el tapiz: consideraciones generales y estado actual de la información en la zona de suelos sobre cristalino. In: Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensivaINIA Tacuarembó. pp 71 – 78 (Serie Técnica N º 13).

45. _____.; CARÁMBULA M. 1998a. *Lotus* El Rincón. Producción y utilización de los mejoramientos. INIA, pp 65-32. (Boletín de divulgación No. 65).

46. _____. 1998b. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. INIA Tacuarembó. En 1998. Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical: Grupo Campos. Tacuarembó. pp. 23-31. (Serie Técnica N º 94).

47. SALVADOR FIGUERAS, M 2000. Introducción al análisis multivariante, (en línea) Zaragoza,España. 5 campus,Estadística. Consultado 15 de Junio 2007. Disponible en http://www.5campus.com/leccion/anamul

48. SHEATH, G. W. 1978. Growth studies on defoliated *Lotus pedunculatus* cv. "Grasslands Maku". Tesis de Doctorado. Palmerston North. New Zealand. Universidad de Massey. 196 p.

49. SMETHAM, M.L. 1973. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. In: Langer R.H.M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 97-147.

50. VAN DER MAAREL, E. 2007. Transformation of Cover-Abundance Values for Appropriate Numerical Treatment - Alternatives to the Proposals by Podani. . Journal of Vegetation Science 18: 767-770.

51. WIDDUP, K.; RUMBALL, W.; ROLSTON, M.; ARCHIE, B. 2004. Productivity of *Lotus corniculatus* and *Lotus pedunculatus* cultivars with and 104 without tall fescue under sheep grazing. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 66: 273-277.