



---

FACULTAD DE  
**AGRONOMIA**  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE COMUNIDADES  
VEGETALES DE PRADERA NATURAL SOBRE  
SUELOS PROFUNDOS Y SUPERFICIALES  
DEL BASAMENTO CRISTALINO**

por

Iñaki José DE AZPITARTE YOUNG  
Martín Julio GUELFÍ GARRIDO

**T E S I S**

**1999**

---

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

---

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE COMUNIDADES VEGETALES  
DE PRADERA NATURAL SOBRE SUELOS PROFUNDOS Y SUPERFICIALES  
DEL BASAMENTO CRISTALINO**

**por**

**Iñaki José DE AZPITARTE YOUNG**  
**Martín Julio GUELFÍ GARRIDO**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
1999**

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Msc Stella Grun

\_\_\_\_\_  
Dra. Alice Altesor

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Fabiana Pezzani

Fecha: \_\_\_\_\_

Autor: \_\_\_\_\_  
Iñaki José De Azpitarte Young

\_\_\_\_\_  
Martín Julio Guelfi Garrido

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por apoyarnos siempre, desde el comienzo hasta el final.

A ~~Alice~~ Alice Altesor, Stella Grun y Fabiana Pezzani, por su invaluable ayuda y por los continuos aportes e ideas, para la dirección y ejecución de este trabajo.

Al Ing. Agr. Martín Perez del Castillo, al Ing. Agr. Eduardo Di Landro, y al Sr. Fernando Yáñez, por permitimos realizar los muestreos en sus respectivos establecimientos.

A la Cra. Victoria de los Santos y a la Ing. Agr. Mercedes Rivas, por prestarnos sus computadoras.

A los "virus camperos" de Agronomía, por no aparecer nunca durante todo este tiempo.

A todos aquellos que de alguna manera, hicieron posible la realización y culminación de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	iv
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	5
2.1 ANTECEDENTES.....	5
2.1.1 <u>Dinámica de las praderas naturales</u> .....	5
2.2.2 <u>Descripción botánica de las praderas naturales</u> .....	7
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL BASAMENTO CRISTALINO.....	14
2.2.1 <u>Descripción de las principales unidades de suelo</u> .....	14
2.3 ASOCIACIONES ENTRE SUELOS Y ESPECIES DE LA PRADERA NATURAL .....	16
2.4 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE COMUNIDADES.....	18
2.4.1 <u>Descriptores de la comunidad</u> .....	18
2.4.2 <u>Medidas de diversidad</u> .....	19
2.5 ANÁLISIS MULTIVARIADOS.....	22
2.5.1 <u>Análisis de Componentes Principales (ACP)</u> .....	22
2.5.2 <u>Análisis Factorial de Correspondencia (AFC)</u> .....	25

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	26
3.1 OBTENCIÓN DE DATOS.....	26
3.2 ANÁLISIS DE DATOS.....	28
4. <u>RESULTADOS</u> .....	31
4.1 MEDIDAS DE DIVERSIDAD.....	31
4.2 MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ABUNDANCIA.....	32
4.3 ANÁLISIS MULTIVARIADOS.....	34
4.4 ESPECIES MAS FRECUENTES EN EL SUELO SUPERFICIAL Y EN EL SUELO PROFUNDO.....	37
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	39
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	46
7. <u>RESUMEN</u> .....	49
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	50
9. <u>APÉNDICE</u> .....	53

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.	Página
1. Medidas de diversidad para el suelo profundo y para el suelo superficial .....	31
2. Resultados de los ajustes de modelos de distribución de abundancia .....	32
Figura No.	
1. Curvas de distribución de abundancia en en suelo profundo .....	33
2. Curvas de distribución de abundancia en en suelo superficial ...	33
3. Análisis de Componentes Principales con los datos de presencia-ausencia, correspondientes a 29 muestras y 155 spp. (P1... P19: suelos profundos; S1...S3: suelos superficiales). .....	34
4. Análisis Factorial de Correspondencias con los datos de frecuencias absolutas, correspondientes a 29 muestras y 61 spp. (P1...P19: suelos profundos; S1...S3: suelos superficiales). * Suelos P1, P2, P5, P6, P7, P9, P13, P14, P17. ....	35

5. Análisis de Componentes Principales con los datos de presencia-ausencia correspondientes a 9 muestras y 155 spp. (P1...P6: suelos profundos; S1...S3: suelos superficiales. ....	36
6. Análisis Factorial de Correspondencias con los datos de frecuencias absolutas correspondientes a 9 muestra y 61 spp. (P1...P6: suelos profundos; S1...S3: suelos superficiales. ....	37

## 1. INTRODUCCION

Las praderas naturales cubren el 87 % de la superficie del Uruguay (aproximadamente 14 millones de hectáreas), (Millot et al., 1987). Constituyen el sustento de la principal actividad económica del país, la pecuaria, que representa el 27 % de las exportaciones del agro y el 8,3 % del P.B. I. (DIEA, 1997). Las praderas naturales son comunidades vegetales con predominio de especies de gramíneas de bajo y mediano porte; especies gramíneas como juncáceas y ciperáceas y dicotiledóneas, integradas por compuestas, leguminosas, y numerosas familias que aparecen con menor frecuencia. Este conjunto de especies de tapiz bajo con plantas sub-arbustivas, herbáceas y pajizas, integran un complejo ecosistema con macro-meso y micro organismos: algas, bacterias, protozoarios, hongos, insectos, miriápodos, lombrices, etc. cuyo papel ha sido poco estudiado (Millot et al., 1987). La pradera natural uruguaya forma parte de una misma provincia fitogeográfica, junto con la zona de Río Grande del Sur en Brasil y parte de las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fé, Córdoba, La Pampa, y San Luis en Argentina (León, 1988). Diversos autores han hecho hincapié en la gran diversidad de especies que la componen; tal es así que la región del Plata ha sido reconocida como uno de los cuatro centros mundiales de origen y diversificación de plantas forrajeras cultivadas (Hartley et al., 1956; citado por Millot et al., 1987). Comprende aproximadamente 2000 especies, de las cuales 350 corresponden a gramíneas nativas (del Puerto, 1969). Las comunidades vegetales de este complejo ecosistema, se encuentran continuamente sometidas al efecto de la selección natural y adaptación. Actualmente y desde hace unos 300 años se encuentra en un estado de "disclimax" por la introducción del ganado vacuno y posteriormente el ovino (Millot et al., 1987). Esto ha llevado a la actual

composición y estructura del tapiz: aumento en la frecuencia de especies de porte rastrero o postrado (con respecto a una situación de no pastoreo), principalmente de ciclo estival, de tipo ordinario (mala calidad forrajera), que determina un perfil de forraje denso en los estratos más bajos y una disminución del forraje disponible a medida que nos alejamos del suelo (Milot et al., 1987).

La descripción de las praderas naturales del Uruguay comienza con Spanenberg en 1936, en la zona de los bañados de Rocha, donde a una caracterización de aspecto general de las mismas, le suma el registro de varias especies, junto con sus características biológicas: porte, hábitos y ciclos. En 1938 Rosengurtt et al. inician un estudio más profundo y sistemático de las praderas uruguayas. Este trabajo es llevado a cabo desde diversos ángulos (descripciones botánicas, aspectos biológicos y ecológicos) y fue publicado en las Contribuciones (1938, 1943, 1944, 1946, 1949). Al tipo de información aportada por Spanenberg y otros autores, le suma en su primera contribución (zona de Palleros, depto. de Cerro Largo), la caracterización botánica del tapiz, mediante la cuantificación de las especies que lo componen. En restantes contribuciones adapta para el país clasificaciones de praderas naturales, como son las de Gassner (1913) y Lindman (1916), basadas en: campos pedregosos, arenosos, inundables, de tapiz bajo y denso y campos invadidos por especies económicamente malas. Asimismo Rosengurtt (1979), realiza una clasificación productiva de las principales especies que componen la pradera, confeccionando una escala de cinco tipos: fino, tierno, ordinario, duro y tóxico.

Las frecuencias de las especies o incluso la presencia de las mismas, está en función de innumerables factores, relacionados al tipo de pastoreo por un lado, y por otro lado al ambiente donde se encuentren. Respecto a esto último, la gran abundancia de especies y genotipos de gramíneas nativas que pueblan nuestras praderas y la gran variación en su fisiología y hábitos de

crecimiento, responden al mosaico de suelos, condiciones de relieve, orientación y régimen climático (Milot et al., 1987).

En 1944 Rosengurtt plantea las pautas para realizar una regionalización del país, tomando como punto de partida los mapas geológicos existentes; divide al país en "campos al norte y al sur del Río Negro", en base a la presencia, ausencia y abundancia de determinadas especies. Por su parte del Puerto (1969), afirma que los campos cambian notablemente con los distintos tipos de suelos del país y ello permite establecer cierta diversificación regional que coincide aproximadamente con las principales producciones ganaderas. En 1988 León et al., realizan otra regionalización en "campos al norte y al sur del Río Yí" (el norte incluye el sur de Brasil), tomando como referencia los trabajos de Rosengurtt; esto es utilizando las especies indicadoras para cada región descritas por este autor.

El ecosistema de pradera natural es heterogéneo, presentando asociaciones interespecíficas y diferencias regionales en composición y frecuencia de especies. Si bien esta característica ha sido mencionada por varios autores (Rosengurtt, 1944; del Puerto, 1969; Millot et al., 1987), aún no existe una caracterización comparativa de las praderas naturales de todo el país. El mapa geológico del Uruguay ha sido uno de los criterios usados para caracterizar a estas comunidades vegetales. Millot et al., (1987) detallan para cada región geológica, las especies características y dominantes en el tapiz. Olmos (1990), hace una descripción exhaustiva del tapiz de la región Noreste y por otra parte, Berreta (1991) describe la composición del tapiz de los suelos superficiales y profundos en el Basalto. Cabe destacar que estos dos últimos trabajos, son los únicos que se proponen caracterizar la pradera natural de toda una región con un método de muestreo objetivo.

Dada la importancia económica de la pradera natural como recurso forrajero para la actividad agropecuaria, la mayoría de los estudios se han realizado atendiendo a características productivas y de calidad y no tanto hacia aspectos botánicos. Sin embargo, es posible agrupar los trabajos sobre praderas naturales en las siguientes áreas:

- 1 ) Dinámica de las praderas naturales.
- 2 ) Productividad y respuesta a distintas tecnologías.
- 3 ) Biología de especies de interés.
- 4 ) Descripción botánica de praderas naturales.

Son realmente escasos los trabajos encontrados cuyo primer objetivo sea la caracterización del tapiz y su relación con factores abióticos.

Dada la importancia de la pradera natural como sustento de la ganadería, se justifican estudios ecológicos básicos, como forma de lograr una mejor caracterización de las distintas comunidades vegetales que la integran.

Se intenta con esto lograr un mayor conocimiento del recurso, que sentará las bases para un aprovechamiento más racional del mismo, tanto en la optimización de la producción ganadera, como en su conservación.

El objetivo del presente trabajo, es realizar un estudio comparativo de la estructura y composición de las comunidades vegetales de pradera natural pastoreadas en forma permanente, entre suelos profundos y superficiales sobre basamento cristalino. Paralelamente este trabajo contribuirá a una caracterización y regionalización de las praderas naturales uruguayas, basada en muestreos sistemáticos.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Antecedentes

De acuerdo a la clasificación de los trabajos sobre praderas naturales presentada en la introducción, se hará hincapié en los ítems: 1- Dinámica de las praderas naturales, como forma de comprender que factores incidieron e inciden sobre ella y las causas de su situación actual y 4- Descripción botánica de las praderas naturales, por contribuir en forma directa con el objetivo del trabajo.

#### 2.1.1 Dinámica de las praderas naturales

En la pradera natural uruguaya, al igual que en el resto de las praderas sudamericanas, el pastoreo como factor fundamental que incide en su dinámica, parece tener una larga historia (entre 30 y 50 millones de años), (Mac Fadden, 1996). Luego de la extinción masiva de los grandes herbívoros hace aproximadamente 8500 años y luego de un lapso de tiempo sin pastoreo, las praderas fueron "reocupadas" por ganado doméstico europeo introducido hace casi 400 años (Mac Fadden, 1996). Es entonces, con la introducción de la ganadería, que se modificó sustancialmente su estructura y composición. Debido a esto, no se sabe en la actualidad como era la misma; se presume que había una mayor proporción de grandes arbustos con hojas verdes todo el año (Rosengurtt, 1979). Panario (1994), tomando como referencia los trabajos de Rosengurtt, distingue tres grandes etapas de su evolución desde la introducción de la ganadería. En una primera etapa, la quema de los campos tiene un mayor efecto sobre el tapiz que los efectos del pastoreo, resultando en un "endurecimiento" del campo, con especies crecientes como: *Stipa charruana* y otros espartillos, *Paspalum quadrifarium*, y *Andropogon lateralis*. Posteriormente

con el alambramiento, pasa a tener un mayor peso el efecto del sobrepastoreo. Los sucesivos cortes debilitan y enlentecen el rebrote de las especies xerófitas anteriores, dejando nichos que son ocupados por especies intersticiales de ciclo anual. Esta segunda etapa, se caracteriza por una dominancia de especies anuales durante el periodo invernal y evolución del tapiz perenne hacia especies estivales crecientes como: *Paspalum dilatatum*. Por último, la persistencia del sobrepastoreo otoño-invernal y una sobredotación, sumado a la introducción del ovino, llevaron a un enmalezamiento con sub-arbustivas leñosas, gramíneas anuales invernales, enanas u ordinarias y estivales rizomatosas, entre ellas algunas de considerable valor forrajero: *Paspalum notatum*, *Axonopus spp.* (Panario, 1994). Esta es la situación actual de la pradera natural en el país. En la medida que la presión del pastoreo se acentúe, las mejores especies estivales crecientes: *Paspalum notatum*, *Axonopus spp.* y *Paspalum dilatatum*, irán siendo sustituidas por otras más ordinarias como: *Cynodon dactylon*, *Paspalum plicatulum*, o incluso malezas arrosietadas y leñosas, configurando una regresión aún poco frecuente en el país y que constituiría una cuarta etapa (Panario, 1994). Algunos de estos efectos son reportados por Altesor et al., (1997), en praderas naturales de Palleros (Cerro Largo) sometidas a pastoreo continuo y tradicional. Observaron que luego de 55 años bajo este regimen, ocurrieron importantes cambios en la composición del tapiz; hubo un aumento en el número de especies presentes, con respecto a la situación inicial. Ocurrió una disminución de especies cespitosas de buena calidad forrajera y un aumento de aquellas menos preferidas por el ganado, de porte rastrero, enanas, y sub-arbustivas, muchas consideradas malezas; la gran mayoría nativas. Se destaca también que las especies dominantes en 1935, lo continúan siendo en 1990. Otro factor de modificación de la estructura de la pradera, más reciente en el tiempo, es la agricultura y la inclusión de especies exóticas (León et al., 1988).

## 2.1.2 Descripción botánica de las praderas naturales

Como se mencionó en la introducción, son casi inexistentes los trabajos que intentan caracterizar con un método objetivo y sistemático, la composición botánica de la pradera natural. Debido a esto, no se conoce con precisión que diferencias y similitudes existen entre y dentro de las regiones geológicas del país. Rosengurtt (1943), en Palleros (Cerro Largo), reporta que la familia más importante es la de las gramíneas con 120 especies, luego las compuestas con 96 especies, las ciperáceas con 36 especies y las leguminosas con 30 especies. Por otro lado, Del Puerto (1969) afirma que la familia predominante corresponde a las gramíneas, seguida por las compuestas, leguminosas, juncáceas y ciperáceas. Entre las gramíneas perennes estivales se destacan: *Paspalum dilatatum*, *Paspalum yaguaronense*, especies de los géneros: *Panicum*, *Rottboelia*, *Axonopus*, *Chloris*, *Andropogon*, y *Sporobolus*. Entre las gramíneas perennes invernales, las más características, son numerosas especies de los géneros: *Stipa* y *Piptochaetium* (Del Puerto, 1969). Las leguminosas al igual que las gramíneas anuales, son en general escasas, siendo el *Trifolium polymorphum* común en suelos fértiles. Los juncos y ciperáceas pasan en forma inadvertida en tapices bien empastados, son abundantes en campos bajos y húmedos y son infaltables en los bañados y márgenes de arroyos. Entre las dicotiledóneas, la familia mejor representada es la de las Compuestas; también lo son: Rubiáceas, Malváceas, Crucíferas, Solanáceas, Cariofiláceas, Umbelíferas, Verbenáceas, Euforbiáceas, etc. (Del Puerto, 1969). Posteriormente Millot et al., (1987), para todo el país contabilizó 88 especies de gramíneas. La gran mayoría de estas especies se agrupan en las siguientes tribus de ciclo invernal: Stipeas y Festúceas y de ciclo estival: Paniceas, Andropogóneas y Chlorídeas. Destaca un amplio predominio de especies

perennes sobre anuales; dentro de las perennes una superioridad de las de ciclo estival sobre las de ciclo invernal. Para el caso de las anuales, un dominio de las invernales sobre las estivales.

En 1944 Rosengurtt, cita la predominancia de espartillares de *Stipa charruana* al sur del Río Negro y la asociación de *Paspalum notatum* y *Andropogon condensatus* como característica de los campos del norte. En los campos de la zona de Fray Bentos, cita exuberancia de las siguientes especies: *Trifolium spp.*, *Lolium spp.* (exótica), Alfilerillo, *Bromus spp.* (exótica), *Stipa hyalina* , y *Stipa neesiana*. En los campos sobre Areniscas, menciona predominancia de: *Paspalum notatum*, *Andropogon condensatus*, y *Axonopus compressus*. En general la flora del norte es más rica en Andropogóneas y más pobre en Stipeas que el sur. Fue también Rosengurtt quien sugirió en su Cuarta Contribución (1944), la realización de una zonación de la pradera natural en base a regiones geológicas, metodología que fue tomada por Millot et al., (1987) y la cual se tomará ahora, agrupando para cada zona, la información encontrada en diferentes trabajos.

En el **área basáltica** la pastura de los suelos medianamente profundos a profundos, muestra un bajo nivel de degradación dado el equilibrio de especies estivales e invernales observado. Los tapices son usualmente cerrados aún en condiciones de pastoreo continuo e intenso, dando lugar a poca abundancia de anuales invernales (Millot et al., 1987). En los suelos superficiales, la pradera natural forma un tapiz abierto de gramíneas perennes y anuales (*Vulpia spp.*, *Koeleria spp.* y *Briza spp.*), asociadas a malezas enanas (*Dichondra spp.*, *Evolvulus spp.* , *Gnaphalium spp.*, *Richardia spp.*, *Chevreulia spp.*, y *Eryngium nudicaule*) y de alto porte: *Baccharis coridifolia*. Millot et al., (1987) resumen para el área basáltica la siguiente información botánica: dentro de las gramíneas perennes invernales, la tribu Stipeae cuenta con 15 especies y la tribu Festuceae con ocho especies. Dentro de las perennes estivales, la tribu

Paniceae cuenta con 19 especies, las Andropogóneas con 10 especies y las Chlorídeas con seis. Las gramíneas perennes estivales más frecuentes son: *Paspalum notatum*, *Axonopus spp.*, y *Andropogon ternatus* y las de ciclo invernal más frecuentes son: *Piptochaetium stipoides*, *Stipa setigera* y *Aristida murina*. Berreta et al., (1990), en Artigas sobre suelos medios y profundos encontraron que sobre los primeros, las gramíneas de ciclo estival fueron el 47 % del total y las invernales el 16,3 %. Sobre estos suelos las gramíneas perennes estivales más frecuentes son: *Paspalum notatum*, *Panicum miliodes*, *Sporobolus indicus* y *Coelorachis selloana* y las perennes invernales más frecuentes son: *Piptochaetium stipoides* y *Stipa setigera*. Sobre los suelos profundos, las gramíneas de ciclo estival fueron el 45 % y las invernales el 14 % del total. Las gramíneas perennes estivales más frecuentes son: *Axonopus affinis*, *Coelorachis selloana*, *Panicum miliodes*, y *Paspalum notatum* y las perennes invernales más frecuentes son: *Piptochaetium stipoides*, *Poa lanigera*, y *Stipa setigera*. Otras especies abundantes de ciclo estival son: *Dichondra microcalix*, *Eleocharis spp.*, *Juncus spp.*, y de ciclo invernal son: *Oxalis spp.*, y *Cyperus spp.*, tanto para suelos medios como profundos. Por otro lado, Coronel y Martínez (1983) en Salto encontraron que el 20 % de las especies no son gramíneas, el 20,2 % son gramíneas invernales y el 59 % son gramíneas estivales. Las especies más frecuentes son: *Paspalum notatum*, *Andropogon ternatus*, *Coelorachis selloana*, *Carex spp.*, y *Desmodium incanum*; éstas suman el 54 % de la contribución específica.

En el **área basáltica** las especies de gramíneas más abundantes son: ***Paspalum notatum*, *Axonopus spp.*, *Andropogon ternatus*, *Piptochaetium stipoides* y *Stipa setigera*.**

En el **basamento cristalino**, existe una clara predominancia de especies estivales. El *Paspalum notatum* y el complejo *Axonopus spp.*, constituyen las principales especies de gramíneas estivales, asociadas con frecuencia a

especies menos productivas como: *Andropogon ternatus* y *Paspalum plicatulum* y otras de más valor como *Coelorachis selloana*. Las malezas más frecuentes son especies de: *Baccharis spp.*, *Eryngium spp.*, *Cirsium spp.*, *Carduus spp.*, *Senecio spp.*, y *Eupatorium spp.* En los suelos superficiales, existe una alta proporción de gramíneas anuales invernales (*Vulpia spp.*, *Koeleria spp.*, *Briza minor*, *Hordeum pussillum*) y una abundante cobertura de malezas enanas de hoja ancha (*Eryngium nudicaule*, *Richardia spp.*, *Hypochaeris spp.*, *Dichondra spp.*, *Plantago spp.*, *Evolvulus spp.*, *Phyla spp.*, *Chevreulia spp.*, y *Chaptalia spp.*) y malezas de alto porte como *Baccharis coridifolia* (Milot et al., 1987). En los suelos profundos, pesados y con mal drenaje es abundante *Stipa charruana* (espartillo) y en los bajos *Paspalum quadrifarium* (paja mansa) (Milot et al., 1987). Las leguminosas nativas son escasas. El elevado número de gramíneas anuales invernales observadas, el elevado número de malezas enanas de hoja ancha y el alto porcentaje de suelo desnudo en los suelos superficiales, son síntomas claros de degradación, ocasionada muy probablemente por manejos de pastoreo inadecuados. Milot et al., (1987) resumen para el basamento cristalino la siguiente información botánica: dentro de las gramíneas perennes invernales, la tribu Stipeae está representada por 12 especies y la tribu Festuceae por siete. Dentro de las perennes estivales la tribu Paniceae cuenta con 19 especies, Andropogoneae con 12 especies y Chloridoideae con cinco. Las gramíneas perennes estivales más frecuentes son: *Paspalum notatum* y *Axonopus spp.*; las perennes invernales más frecuentes: *Stipa charruana*. Dentro de las anuales invernales *Vulpia australis*, es muy frecuente. Alves Peón et al., (1986) en Lavallega encontraron que el 98 % de las gramíneas eran perennes, el 2 % restante de ciclo anual; dentro de las primeras el 63 % de ciclo estival y el resto de ciclo invernal. En un muestreo de primavera, las especies dominantes registradas son: *Danthonia rhizomata*, *Cyperus spp.*, *Axonopus affinis*, *Stipa charruana* y *Oxalis spp.*

Bremermann et al., (1995) en Flores citan que las especies de ciclo estival cubren en primavera el 63 % del suelo y las de ciclo invernal el 37 %. Dentro de las primeras, las más frecuentes son: *Richardia stellaris*, *Bothriochloa laguroides*, y *Paspalum notatum*. Dentro de las segundas, las más frecuentes son: *Eryngium nudicaule*, *Stipa setigera* y *Eragrostis neesii*. Por otra parte Colominas y Vargas (1996) en San José registraron un total de 31 especies, de las cuales 17 fueron gramíneas; dentro de éstas las tres especies más frecuentes fueron: *Paspalum dilatatum*, *Coelorachis selloana*, y *Axonopus affinis*. Dentro de otras familias las especies más frecuentes fueron: *Cyperus spp.* y *Eryngium nudicaule*.

En el **basamento cristalino** las especies de gramíneas más abundantes son: ***Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* y *Stipa charruana*** y es típico de esta región el alto porcentaje de gramíneas anuales invernales, así como de malezas enanas de hoja ancha.

En el **noreste** en la **zona de Areniscas**, la pastura se caracteriza por el predominio de Paníceas, con la menor proporción de especies invernales relevadas por zona (las perennes estivales cuadriplican a las perennes invernales). El número y abundancia de anuales invernales, al igual que las leguminosas es también sensiblemente inferior al resto del país (Millot et al., 1987). En áreas de suelos con más materia orgánica - Yaguari - mejora la frecuencia de especies perennes estivales de mayor calidad: *Paspalum dilatatum*, *Bothriochloa laguroides*, y *Coelorachis selloana*. Sobre brunosoles de la unidad Fraile Muerto, están las mejores pasturas del área; en las zonas altas existen las mejores especies estivales asociadas a las mejores invernales que aparecen con mayor frecuencia: *Stipa setigera*, *Bromus auleticus*, y *Poa lanígera*. Millot et al., (1987) resumen para el noreste, la siguiente información botánica: dentro de las gramíneas perennes estivales, la tribu Stipeae está representada por siete especies y la tribu Festuceae por cuatro especies. Dentro

de las perennes estivales, la tribu Paniceae cuenta con 32 especies, la tribu Andropogoneae con 14 especies y la tribu Chlorideae con tres. Las gramíneas perennes estivales más frecuentes son: *Paspalum notatum* y *Axonopus spp.* y las perennes invernales más frecuentes son: *Piptochaetium montevidensis* y *Aristida spp.* Orcasberro et al., (1990) en Bañado de Medina, Cerro Largo reportan que en las partes altas de las parcelas estudiadas, las gramíneas estivales representan el 52,2 %, las invernales el 14,2 %, las ciperáceas 16,1 % y las leguminosas 0,56 %. Las especies más frecuentes son: *Carex spp.*, *Paspalum notatum*, *Schyzachirium spp.*, *Andropogon ternatus*, *Oxalis spp.*, *Aristida murina*, *Stipa setigera* y *Axonopus affinis*; éstas suman el 50 % de las frecuencias. En las partes bajas las gramíneas estivales constituyen el 55,4 %, las invernales el 13,4 %, las ciperáceas el 10,5 % y las leguminosas el 1,4 %. Las especies más frecuentes son: *Carex spp.*, *Chaptalia pilloselloides*, *Paspalum notatum*, *Bothriochloa laguroides*, *Panicum miliodes*, *Coelorachis selloana* y *Stipa charruana*; éstas suman el 45 % de las frecuencias.

En el **noreste** para la **zona de Areniscas**, las especies de gramíneas más abundantes son: *Paspalum notatum*, *Axonopus spp.*, *Aristida spp.* y *Piptochaetium montevidensis*. Es típico de esta región el predominio de Paníceas y la escasez de gramíneas invernales, así como de leguminosas.

En el **sureste** en la **zona de Sierras**, dentro de las gramíneas perennes estivales, si bien el complejo *Paspalum notatum* - *Axonopus spp.* es muy frecuente, su abundancia no es tan grande como en el cristalino, encontrándose en su lugar un mayor número de especies: *Bothriochloa laguroides*, *Andropogon ternatus*, *Paspalum plicatulum*. Dentro de las gramíneas perennes invernales, *Aristida murina* y *Danthonia spp.*, pasan a ser más abundantes en esta zona respecto al cristalino (Millot et al., 1987). Las anuales están representadas por un menor número de especies al observado en el cristalino; la única variante observada es *Gaudinia fragilis*, que aparece con mayor frecuencia.

En la **zona de Colinas y Lomadas**, en las partes más altas existe un alto % de malezas enanas: *Eryngium nudicaule*, *Dichondra spp.*, *Richardia spp.*, *Plantago spp.*, *Chevreulia spp.*, y *Gnaphalium spp.*. Hay también una gran abundancia de *Cynodon dactylon* (exótica) y un gran enmalezamiento de *Baccharis spp.*, *Eryngium spp.*, *Juncus spp.*, *Carduus spp.* y *Cirsium spp.*, el cual se asocia a *Coleostephus miconis* (exótica) (Margarita de Piria) en las zonas más bajas. En las pasturas de las zonas onduladas, las especies de mayor frecuencia son estivales de tapices cortos: *Paspalum notatum*, *Axonopus spp.*, *Coelorachis selloana* y *Cynodon dactylon*. Entre las perennes invernales *Stipa charruana* sigue siendo la dominante. Morelli y Quartino (1994), trabajando en Lavalleja registran un total de 102 especies, de las cuales 66 son gramíneas. Las especies más frecuentes dentro de esta familia son: *Cynodon dactylon*, *Axonopus affinis*, *Coelorachis selloana*, *Panicum sabulorum* y *Stipa setigera*. Estas especies acumularon el 50 % de las frecuencias. Entre otras familias las más frecuentes fueron: *Eryngium horridum*, *Juncus spp.*, *Cyperus spp.*, *Oxalis spp.* y *Dichondra repens*.

En el **sureste** las especies de gramíneas más abundantes son: ***Paspalum notatum*, *Axonopus spp.*, *Coelorachis selloana*, y *Cynodon dactylon***. No se ha encontrado información sobre el resto de las regiones geológicas del país ( Fray Bentos, Cretácico, etc. ). Estudiando la información anterior, se concluye que existen características ecológicas particulares dentro de cada región, como profundidad y fertilidad de suelos en Basalto y Cristalino y topografía en el Sureste que inciden marcadamente en la composición botánica. Ésta es diferente dentro de cada región. Se verifica la dominancia de las gramíneas en todos los tapices; dentro de ellas, las perennes estivales y la marcada escasez de leguminosas en todas las regiones. Se destaca la presencia y abundancia del complejo *Paspalum notatum* - *Axonopus spp.* en la mayoría de los tapices pastoreados del país.

## **2.2 Caracterización del Basamento Cristalino**

### **2.2.1 Características generales**

El área de basamento cristalino ocupa una superficie aproximada de 2.5 millones de hectáreas (15,5 % de la superficie del país) y se extiende en gran parte de los departamentos de Florida y Flores, sur de Durazno, noreste de Colonia y algunas áreas de Soriano, San José y Cerro Largo (Millot et al., 1987). La topografía es ondulada con predominancia de lomas irregulares de formas redondeadas y comprende suelos superficiales y profundos sobre basamento cristalino y sedimentos cuaternarios depositados sobre esta formación (Millot et al., 1987). Los suelos superficiales ocupan un 40 % del área. Las pendientes de 5-9 % o más confluyen en valles angostos. En las Sierras de Mal Abrigo y de Mahoma, aparecen afloramientos rocosos abundantes que cubren más del 40 % de estas áreas. La fertilidad de los suelos de cristalino parece descender de W a E y de S a N y los niveles de P oscilan entre 1 y 5 ppm (Millot et al., 1987). Las precipitaciones varían entre 950 y 1000 mm anuales; las temperaturas medias son de 24°C en enero y 11,3°C en junio, siendo el período libre de heladas de 253 días. La capacidad de almacenaje de agua de los suelos es de 150 a 200 mm en los suelos profundos y entre 45 y 50 mm en los superficiales (Millot et al., 1987).

### **2.2.2 Descripción de las principales unidades de suelos**

La zona en estudio presenta a la unidad San Gabriel - Guaycurú como representativa de los suelos superficiales y a la unidad La Carolina como representativa de los suelos profundos, debido a la superficie que cada una de ellas ocupa.

La unidad San Gabriel - Guaycurú ocupa una superficie de 1.140.333 há. (6,48 % de la superficie del país), siendo la más importante de la región. En esta unidad, los materiales generadores de los suelos son basamento (migmatitas y granitos, raramente ectinitas) alterados y retransportados; parcialmente recubiertos por sedimentos limo-arcillosos de débil espesor. Los suelos dominantes (ocupan más del 50 % de la unidad), son brunosoles sub-éutricos (éutricos) háplicos de textura franca a franco-gravilosa o arcilloso-franca. Son suelos superficiales a moderadamente profundos de fertilidad media y alta, pH de 5 - 6 y contenido de materia orgánica que varía de 3 a 5 %. El drenaje es bueno, y el riesgo de sequía medio-alto. Los suelos asociados (ocupan de un 40 a un 10 % del área), son inceptisoles ócricos de textura arenoso - franca. Son suelos muy superficiales, de fertilidad media, drenaje moderado y riesgo de sequía medio. Los brunosoles dominantes ocurren en las posiciones de más pendiente, con mayor cantidad de afloramientos rocosos, asociados a inceptisoles. Los brunosoles profundos se dan fundamentalmente en las laderas altas de las lomadas y colinas y en los coluviones de los valles de disección (Dirección Nacional de Suelos MGAP., 1979). La unidad La Carolina representativa de los suelos profundos, ocupa una superficie de 436.625 há. (2,48 % de la superficie del país). Los materiales generadores de los suelos son sedimentos limo-arcillosos cuaternarios potentes, sobre basamento cristalino. Los suelos dominantes son brunosoles éutricos típicos y vertisoles rúpticos lúvicos. Los primeros son de textura franca, fertilidad alta, drenaje moderado y riesgo de sequía medio. Los segundos, son de textura franca, fertilidad natural muy alta, drenaje moderado a pobre y riesgo de sequía medio. Los asociados son brunosoles éutricos lúvicos de textura franca, fertilidad natural alta, drenaje moderado a imperfecto y riesgo de sequía medio. Los suelos dominantes ocurren en posiciones convexas, en los interfluvios y laderas. Los brunosoles se dan en las posiciones más planas (Dirección Nacional de Suelos MGAP., 1979).

### 2.3 Asociaciones entre suelos y especies de la pradera natural

La cobertura vegetal en la pradera natural se apoya en forma ininterrumpida sobre los suelos, a partir de los cuales adquiere características particulares según condiciones edáficas y climáticas, colonizando con sus raíces los diferentes horizontes, a los cuales imprime características particulares. Como resultado de esta íntima asociación suelo - planta, las praderas naturales son un complejo mosaico constituido por un número muy grande de especies que cambian sus frecuencias y sus hábitos fisiológicos y ecológicos, adaptándose a las condiciones cambiantes del material geológico, suelo, topografía, bajo el efecto del manejo del pastoreo (Millot et al., 1987). Bazzaz et al., (1982) trabajando en praderas naturales de Norteamérica, afirman que en áreas geográficas pequeñas, el gradiente de humedad relacionado a la topografía, es probablemente la variable ambiental que más afecta la distribución de las especies de la pradera. A modo de ejemplo dos especies: *Andropogon scoparius* y *Andropogon gerardii*, ocurren en diferentes proporciones dependiendo de la humedad del suelo y otras diferencias relacionadas a la topografía. *Andropogon gerardii* ocurre a lo largo de todo el gradiente, haciendo la mayor contribución de biomasa en las zonas bajas y húmedas. *Andropogon scoparius* desaparece en las zonas bajas y su mayor contribución se da en las zonas altas y secas. El mismo autor sostiene que esta relación entre humedad y distribución de especies, se ve modificada también por otras características del suelo como profundidad. Limitaciones de suelo (desarrollo, profundidad, balance hídrico, capacidad de almacenaje de agua, fertilidad natural, etc.) generalmente imponen una restricción permanente de especies valiosas (de buena calidad forrajera) (Millot et al., 1987). En las gramíneas (Poaceae), hay una clara asociación entre las distintas tribus y los distintos ambientes. Por ejemplo, la tribu de las Paníceas se caracteriza por

ener menor tolerancia a stress hídricos, por lo que se asocia a los ambientes más húmedos o suelos con mayor capacidad de almacenaje de agua; sus especies suelen tener un ciclo más largo, siendo mas palatables y foliosas que las Andropogóneas. Éstas suelen ser más altas y talludas, asociado a un régimen de lluvias estacional y su calidad forrajera es inferior (Millot et al., 1987). La tribu de las Chlorídeas, se especializa en ambientes áridos e inestables al comienzo de una sucesión (Clayton, 1983; citado por Millot et al., 1987).

La presencia o abundancia relativa de gramíneas anuales invernales, está asociada a características hídricas del suelo: excesos ó déficits invernales de humedad ó condiciones de drenaje, muestran la adaptación de determinadas especies. En este sentido Millot et al., (1987), establecen una secuencia de especies al pasar de un ambiente seco o bien drenado, a uno húmedo o mal drenado; en el extremo seco *Vulpia australis* y *Hordeum pusillum*, luego le siguen *Briza minor* y *Poa annua*, después *Phalaris spp.* y *Lolium multiflorum*, siendo el representante del ambiente mas húmedo *Agrostis tandilensis*. El grado de desarrollo o vigor que estas especies anuales muestran, son indicadores de la fertilidad natural y las especies predominantes dentro de este grupo, también pueden indicar presencia de nitrógeno. Según el mismo autor, especies representantes de ambientes más pobres o con menos nitrógeno son: *Vulpia australis* y *Hordeum pusillum*; mientras que las de ambientes más ricos o con más nitrógeno son: *Bromus hordaceus* y *Lolium multiflorum*. También dentro de un mismo género nos encontramos con especies adaptadas a ambientes secos y/o húmedos, fértiles y/o pobres, arenosos y/o pesados, a condiciones de sobre y/o sub-pastoreo. Por ejemplo dentro del género *Paspalum*, son representantes de ambientes húmedos o con mal drenaje: *Paspalum pumilum*, *Paspalum proliferum*, y *Paspalum urvillei*. Por otro lado *Paspalum dilatatum* y *Paspalum pauciciliatum* son característicos de suelos con buen drenaje; mientras que *Paspalum plicatulum* es característico de ambientes áridos (Millot et al., 1987).

## 2.4 Composición y estructura de comunidades

Una comunidad es un conjunto de poblaciones de distintas especies que ocurren juntas en el espacio y en el tiempo (Begon et al., 1987). Las comunidades objeto de estudio, son comunidades de pradera natural bajo régimen de pastoreo, conocidas comúnmente como “campo natural”, sobre suelos superficiales y profundos del basamento cristalino.

### 2.4.1 Descriptores de la comunidad

Una vez definida la comunidad a estudiar, se presenta el problema de cómo describirla. La forma más sencilla de hacerlo, consiste en simplemente contar o registrar el total de especies presentes en ella; esto es conocer la riqueza específica (S). Tomando en cuenta solamente esto último, se pierde valiosa información, como cuáles son las especies más abundantes y cuáles son las especies menos abundantes o escasas. Los conceptos de riqueza específica (S) por un lado y de abundancia relativa de especies por otro, conforman la diversidad de una comunidad; estimando la misma, se logra una mejor descripción de la estructura y composición de la comunidad en estudio (Begon et al., 1987). A continuación se detallan las características más importantes de los índices y modelos que utilizaremos para comparar las comunidades en este trabajo.

## 2.4.2 Medidas de diversidad

Las medidas de diversidad se pueden dividir en tres categorías:

A) Índices de riqueza específica, B) Índices de diversidad, y C) Modelos de abundancia de especies (Magurran, 1988).

A) Índices de riqueza específica - Constituyen una expresión rápida de la diversidad existente en una comunidad; cuanto mayor sea el número de especies presentes, más diversidad presenta una comunidad (Magurran, 1988).

B) Índices de diversidad - Son índices basados en la abundancia proporcional de las especies y en la riqueza específica. Mediante un valor intentan cuantificar la diversidad existente en una comunidad. Existen dos índices principales: el índice de diversidad de SIMPSON (D) (Magurran, 1988) y el índice de diversidad de SHANNON (H') (Magurran, 1988). Ambos difieren en el peso relativo que le asignan a cada uno de los componentes. En el índice de SHANNON, la riqueza específica tiene un mayor peso, en consecuencia tendrán peso las especies representadas por muy pocos individuos. En el índice de SIMPSON la abundancia relativa tiene un mayor peso.

$$i = s$$

ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON (D):  $D = 1 / \sum P_i$

$$i = 1$$

donde S: riqueza específica;  $P_i$ : abundancia relativa ( $n_i/N$ ).

Mediante el cálculo de la equitatividad (E) (Magurran, 1988), se puede conocer cómo se distribuyen las abundancias de los individuos entre las especies presentes.

Siendo la EQUITATIVIDAD (E):  $E = D / D_{max}$   $D_{max} = S$

$$i = s$$

INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON (H'):  $H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$

$$i = 1$$

donde S: riqueza específica;  $P_i$ : abundancia relativa ( $n_i/N$ ).

Siendo la EQUITATIVIDAD (J):  $J = H / H_{max}$   $H_{max} = S$

El valor que tome el índice, deberá considerarse junto con los valores de riqueza específica (S) y equitatividad de forma que su valor es relativo a éstos.

La máxima diversidad se da cuando todas las especies presentan igual número de individuos esto es, cuando el valor que toma el índice es igual a la riqueza específica o lo que es lo mismo, cuando el valor de la equitatividad es uno. La relevancia de estos índices que sintéticamente describen una comunidad, es su valor comparativo (Magurran, 1988).

C) Modelos de abundancia de especies - Intentan mostrar gráficamente los patrones de distribución de abundancia de las especies en una comunidad dada. Se obtienen graficando los valores de abundancia contra un rango. Se pueden confeccionar para distintas variables como ser: número de individuos, cobertura (área de suelo cubierta por los individuos), biomasa, etc. Existen 4 modelos principales (Magurran, 1988): 1) Serie Geométrica, 2) Serie Logarítmica, 3) Modelo Log. Normal y 4) Modelo de la "Vara Partida".

1) Serie Geométrica: Esta distribución ocurre cuando unas pocas especies son dominantes (pocas especies con la mayor cantidad de individuos) y las restantes especies no son comunes. Se dan en ambientes que presentan

limitantes en algún recurso o en estadios tempranos de una sucesión (Magurran, 1988).

2) Serie Logarítmica: Se da cuando en un ambiente hay un pequeño número de especies dominantes y una gran proporción de especies poco abundantes (la clase que contiene un individuo es siempre la mayor). Esto sugiere como en el modelo geométrico, que sería más aplicable en situaciones donde uno o unos pocos factores dominan la ecología de la comunidad (Magurran, 1988).

3) Modelo Log. Normal: La mayoría de las comunidades estudiadas por los ecólogos muestran esta distribución. Se da en ambientes en los cuales hay varios factores que están dominando la estructura de la comunidad. En este caso, hay un gran número de especies que presentan valores intermedios de abundancia. La distribución es tipo campana. Como los datos con los que se confecciona el modelo, son provenientes de muestreos finitos, solo la porción derecha de la gráfica es visible. La porción izquierda (que representa a las especies menos abundantes y por lo tanto que pueden llegar a no ser muestreadas), no logra visualizarse. El área bajo la curva representa la riqueza específica (S). El desvío estándar, da una medida útil de la diversidad a través de la equitatividad (Magurran, 1988).

4) Modelo de la "Vara Partida": Se da cuando un factor ecológico importante, está siendo compartido mas o menos entre las especies presentes en una comunidad. Las comunidades que se ajustan a este modelo, presentan similar número de individuos entre las especies que la integran, o sea es el modelo de mayor equitatividad (Magurran, 1988).

## 2.5 Análisis Multivariados

Se conoce bajo este nombre a un grupo de técnicas estadísticas, que analizan simultáneamente múltiples medidas en cada individuo u objeto en investigación. Cualquier análisis simultáneo de más de dos variables, puede ser considerado un análisis multivariado (Hair,1990). Dentro de este conjunto de técnicas multivariadas, se describirán brevemente el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), las cuales se utilizarán en este trabajo.

### 2.5.1 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Es un método que permite una reducción del número de variables con una mínima pérdida de información; produciendo nuevas variables llamadas Componentes Principales, las cuales no están correlacionadas entre sí (Crisci, 1983). Esto se logra mediante combinaciones lineales de las variables originales. Los componentes principales pasan a ser una variable dependiente, conformada por todas las variables originales, las cuales pasan a ser ahora variables independientes; cada una con su correspondiente coeficiente de regresión ("eigenvector"). El valor que toma cada eigenvector, cuantifica la contribución que hace cada variable independiente al resultado del componente considerado. Estas variables contribuyen al resultado de todos los componentes, pero de manera diferencial; es decir la variable 1 puede ser muy importante para el primer componente, pero pobre para el segundo (Crisci, 1983). Cada componente contiene una parte de la variación total presente en las variables originales; a esta parte se le llama % de la varianza explicada. En todos los casos, el primer componente es el que explica el mayor % de la

varianza, luego el segundo, y así sucesivamente hasta completar el 100 % de la varianza. Esto es debido a que la sumatoria de las varianzas originales, es igual a la sumatoria de las varianzas de los componentes principales (Crisci, 1983). El número total de componentes, será aquel que cuya suma de las varianzas explicadas sea de 100 %. Para una buena confiabilidad en la interpretación de los resultados, es importante que el porcentaje de la varianza explicada por los dos primeros ejes o componentes, sea lo más elevada posible. Esto es debido, a que la interpretación se realiza según la ordenación de puntos en un gráfico de dos ejes o dimensiones. Si los valores de porcentaje de varianza explicada por estos dos primeros ejes son bajos, no se tiene seguridad de que la ordenación de estos puntos, considerando dos dimensiones, sea la misma que considerando a todas las dimensiones originales (antes de la transformación). Cuando esto ocurre, se necesitan más ejes o dimensiones, para obtener una ordenación más fidedigna de estos puntos. Para que la mayor parte de la varianza explicada, quede comprendida en los dos primeros componentes, debe existir una alta correlación entre las variables originales. Por ejemplo, para el caso de tres dimensiones, se forma un elipsoide, en el cual el eje mayor del mismo, es el que contiene a la mayor variación de los datos. Este eje pasa a ser el primer componente principal; en forma ortogonal, se dispone otro eje que pasa a ser el segundo componente principal.

#### Método de trabajo para realizar un ACP: (Manly, 1994)

1. Se comienza con una estandarización de las variables originales; esto es que las mismas tengan media igual cero y varianza igual uno. Con esto se logra que todas tengan igual "peso" en el análisis.
2. Se calcula la matriz de covarianza "C" ó matriz de correlación, una vez estandarizadas las variables.
3. Se hallan los eigenvalores ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots \lambda_p$ ) de la matriz de covarianza C, los cuales son las varianzas de los componentes principales. Se hallan luego los

correspondientes eigenvectores ( $a_1, a_2, a_3, \dots, a_p$ ), los cuales son los coeficientes ó constantes de los componentes principales. Los mismos deben cumplir con la condición que:  $a_{i1} + a_{i2} + a_{i3} + a_{ip} = 1$ ; si esto no se cumple, se corre peligro de que las varianzas de los componentes aumenten, por un incremento en el valor de cualquiera de los coeficientes. La ecuación general de los componentes principales es la siguiente:  $Z_i = a_{i1} \cdot x_1 + a_{i2} \cdot x_2 + a_{i3} \cdot x_3 + a_{ip} \cdot x_p$

### Interpretación

Finalmente se puede construir un gráfico de puntos, con los dos primeros componentes que presentan la mayor varianza explicada. En forma independiente, se grafican por un lado a las variables y por otro a los sitios de muestreo. La interpretación del gráfico se realiza a través del ordenamiento y disposición espacial que presentan estos puntos. La proximidad entre puntos, indica similitud y la lejanía la existencia de diferencia. Para nuestro caso, de los puntos que representan a los distintos sitios de muestreo (observaciones), los cercanos entre sí, indican que son similares en su composición botánica; los lejanos entre sí, indican que son diferentes en la misma. Por otro lado, cuando se grafican a las distintas especies (variables), los puntos cercanos entre sí, indican que las mismas están presentes y ausentes en los mismos sitios de muestreo. Por otro lado también, se puede conocer cuáles son las variables que más contribuyen a cada componente.

### 2.5.2 Análisis Factorial de Correspondencia (AFC)

Al igual que el Análisis de Componentes Principales, este análisis permite una reducción del número de variables originales, a unas pocas variables llamadas Factores, los cuales contienen una parte de la variación presente en las variables originales (% de la varianza explicada). Este análisis permite la superposición de dos gráficos, uno representando a las variables, y otro representando a las observaciones. Para nuestro caso en particular, es posible graficar simultáneamente a especies y sitios de muestreo (tipo de suelo), logrando así asociar especies a tipo de suelo. La interpretación del gráfico se realiza a través del ordenamiento y disposición espacial que presentan los puntos. La proximidad entre puntos indica similitud y la lejanía indica diferencia. Por ejemplo, de los puntos que representan a los distintos suelos, los cercanos entre sí, indican que son similares en la composición botánica; los lejanos entre sí, indican que existen diferencias en su composición botánica. Por otra parte, un grupo de puntos representando especies y próximo a un punto representando a un suelo, indica asociación de estas especies a este suelo. En nuestro caso, no se realizó la superposición de ambos gráficos, debido a elevado número de especies con que se trabajó. Cuando se trabaja con muchas especies, se observa un gran número de puntos y se dificulta enormemente la interpretación del gráfico.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Obtención de datos

Para realizar el estudio comparativo, se utilizaron los datos de los muestreos botánicos de la tesis de Cavassa, Durán y Gibert (1986) y además se realizaron muestreos para completar la información (Ver Apéndice 1). La tesis de Cavassa, Durán, y Gibert (1986), fue realizada en la estación experimental "Dr. Alejandro Gallinal" perteneciente al Secretariado Uruguayo de la Lana (S.U.L.), ubicada en la ruta siete km.139 Cerro Colorado, Florida. Los muestreos fueron realizados en abril de 1983 y en diciembre de 1983, sobre suelos profundos y superficiales. Para este estudio sólo se tomaron los datos correspondientes a diciembre de 1983. La composición florística de la cobertura vegetal, fue obtenida mediante el método de transectas realizadas en cruz de 50m, en las cuales se tomaron 100 puntos, para luego determinar la frecuencia absoluta de cada una de las especies registradas. Los muestreos adicionales, fueron realizados con el mismo método (transectas de 50m con 100 puntos de muestreo). Se hicieron dos transectas por tipo de suelo (profundo / superficial), ubicadas en forma paralela en el terreno, distanciadas 4 - 5 m y en dirección N-S. En cada punto se registraron las especies que fueron tocadas por una aguja, dispuesta en forma perpendicular al suelo. Por punto, una misma especie se registró una sola vez. Como criterio para determinar el tipo de suelo, se definió como suelo superficial a aquel con una profundidad menor a 30 cm y como suelo profundo a aquel con una profundidad mayor a 30 cm. Se verificó la profundidad con un taladro, al momento de realizar cada una de las transectas. Se obtuvo información de un total de 9 suelos, de los cuales 3 son superficiales y 6 son profundos.

El primer muestreo fue realizado en un establecimiento ubicado en la ruta 23, muy próximo a Mal Abrigo, San José. El mismo se realizó en octubre de 1997. En este sitio se tomaron datos de un suelo superficial representativo del lugar. El segundo muestreo fue realizado en el establecimiento "Mundo Azul", ubicado en la ruta 45, paraje Carreta Quemada, San José. El mismo se realizó en febrero de 1998. En este sitio se tomaron datos de un suelo superficial. El último muestreo fue realizado en el establecimiento "Lomas Bién", ubicado sobre un camino vecinal próximo a ruta siete, paraje Mansavillagra, Florida. El mismo se realizó en mayo de 1998. En este sitio se tomaron datos de un suelo profundo. Con los datos recabados se determinaron las frecuencias absolutas de cada especie registrada. Con la información de los muestreos adicionales, y la de la tesis de Cavassa, Durán y Gibert (1986), se construyó una única base de datos con las frecuencias absolutas de las especies. La nomenclatura usada para identificar a los distintos tipos de suelos y a los distintos sitios de muestreo es la siguiente:

NOMENCLATURA	TIPO DE SUELO	SITIO DE MUESTREO
P1	B4 PROFUNDO	S. U. L.
P2	L2 PPOFUNDO	S. U. L.
P3	P PROFUNDO	S. U. L.
P4	B2, B3 PROFUNDO	S. U. L.
P5	L1 PROFUNDO	S. U. L.
P6	PROFUNDO	LOMAS BIEN
S1	B1 SUPERFICIAL	S. U. L.
S2	SUPERFICIAL	MUNDO AZUL
S3	SUPERFICIAL	MAL ABRIGO

Los sitios donde se realizaron todos los muestreos, corresponden a praderas naturales sometidas a una perturbación permanente: el pastoreo mixto de vacunos y lanares con descansos o alivios temporarios. Ninguno de estos sitios ha sido alterado por laboreo, fertilización ó siembra.

### 3.2 Análisis de datos

1. Para describir y caracterizar a las comunidades vegetales, se utilizaron índices de diversidad, modelos de distribución de abundancia y análisis multivariados. Para cada tipo de suelo (profundo / superficial) se calculó: el índice de riqueza específica (S), el índice de diversidad de Shannon (H'), y la equitatividad de Shannon (E). Bajo la hipótesis nula de que los índices de Shannon son iguales en ambos tipos de suelo, con una prueba " t ", fue posible comparar la diversidad de estos dos ambientes.

2. Se graficaron las curvas de distribución de abundancia para los valores promedio de las frecuencias, por tipo de suelo y para cada sitio de muestreo. Se realizaron pruebas de  $\chi^2$ , de forma de ajustar estas curvas a modelos de distribución pre - establecidos (Serie Logarítmica, Serie Geométrica y Vara Partida). Para esto se utilizó el programa BIO DIVERSITY PRO. Para mejorar la interpretación de las curvas, se han eliminado a aquellas especies cuya frecuencia es menor a uno.

3. Mediante análisis multivariados se realizó la ordenación de la matriz de datos. En una primera instancia se utilizaron los datos de frecuencia sin promediar (los datos de las 29 transectas), pero los valores de % de varianza explicada, obtenidos con los dos primeros ejes, estaban lejos de alcanzar un 50 %.

Se realizó luego, una transformación de los datos con:  $1/\sqrt{n}$  de forma de mejorar este valor. A pesar de esto, los valores no aumentaron en forma importante. Finalmente se optó por utilizar los valores promedio de las frecuencias, reduciéndose el número de transectas a 9 (6 sobre el suelo profundo y 3 sobre el suelo superficial). Para llevar a cabo el Análisis de Componentes Principales (ACP), (con doble centrado de Gower, no estandarizado), se construyó una matriz formada por las especies en las filas y sitios de muestreo en las columnas. La intersección de filas y columnas corresponde a la presencia (1) y/o ausencia (0) de las especies. La matriz quedó constituida por 155 especies (el total de especies registradas) y 9 sitios de muestreo. Para el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), se construyó otra matriz formada también por las especies en las filas y sitios de muestreo en las columnas. La intersección de filas y columnas corresponde a las frecuencias absolutas de las especies. Para evitar la "distorsión" provocada por las "especies raras", se eliminaron de la matriz a aquellas especies con una frecuencia menor ó igual al 10 % tanto en suelos profundos como en superficiales. La matriz quedó finalmente constituida por 61 especies y 9 sitios de muestreo. Para estos análisis, se utilizó el programa ORDEN (Ezcurra, 1997).

4. A partir de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencias para 61 spp. y 9 sitios de muestreo, se ordenaron en forma decreciente a las especies de acuerdo al valor que toman en el primer eje. Tomando en cuenta este valor y el que toman en el segundo eje, éstas se asociaron a los distintos sitios de muestreo (tipo de suelo), según la posición que éstos ocupan en los cuadrantes del gráfico resultante. A estas especies se les determinó: familia, ciclo de vida (anual ó perenne), origen (nativa ó exótica), y categoría (I, II ó III).

Descripción de la Categoría. Altesor et al., 1997? agruparon a las spp. en 3 categorías, basándose en la clasificación de Rosengurtt (1979), sobre características ecológicas, morfológicas y de productividad de las plantas de pradera natural. Las mismas serán utilizadas para clasificar a las especies del área de estudio.

**Cat. I** - Especies de muy buena a buena calidad forrajera: gramíneas y hierbas que presentan hojas tiernas a lo largo de todo el ciclo de vida. La frecuencia de estas plantas tiende a disminuir, a medida que aumenta la intensidad del pastoreo.

**Cat. II** - Especies de calidad forrajera intermedia a baja: gramíneas y hierbas con hojas fibrosas cuando maduran. La frecuencia de estas especies tiende a aumentar en un principio, a medida que la intensidad de pastoreo aumenta. Sin embargo su frecuencia disminuye en zonas sobrepastoreadas.

**Cat. III** - Especies de nula calidad forrajera ó malezas: plantas herbáceas y arbustivas frecuentemente no palatables, inaccesibles ó tóxicas para el ganado. Especies "oportunistas" que generalmente colonizan sitios degradados ó sobrepastoreados.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Medidas de diversidad

El suelo profundo mostró mayor diversidad que el suelo superficial, según el índice de diversidad de Shannon: 3,77 para el primero y 3,55 para el segundo, con diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$  y g.l.  $\equiv \infty$ ). Lo mismo sucede con la equitatividad (E), la cual es de 0,79 para el suelo profundo y 0,75 para el suelo superficial. Con respecto a la riqueza específica (S), el número de especies relevadas en ambos suelos, es muy similar siendo de 118 spp. en el suelo profundo vs. 111 spp. en el suelo superficial. Sin embargo, sucede lo contrario con el número de individuos (N), ya que el suelo profundo presenta aproximadamente el doble que el suelo superficial (5824 vs. 2466). En la siguiente tabla se resume esta información.

Tabla No 1 – Medidas de diversidad para el suelo profundo y el suelo superficial

Medida de Diversidad	Suelo profundo	Suelo superficial
Índice de Shannon $H'$	3,77	3,55
Equitatividad $E$	0,79	0,75
Riqueza específica $S$	118	111
No. de individuos $N$	5824	2466

## 4.2 Modelos de distribución de abundancia

De los modelos de distribución de abundancia presentados en la revisión bibliográfica, para tres de ellos (Serie Geométrica, Serie Logarítmica, y "Vara Partida"), no se encontraron diferencias significativas entre los valores observados y los valores esperados ( $p > 0,05$ ). La Serie Logarítmica es el modelo de distribución común para todos los sitios de muestreo, tanto en suelos profundos como en suelos superficiales. Por otra parte es el único modelo que describe al suelo superficial. Sin embargo el suelo profundo puede ser descrito además, por la Serie Geométrica para el caso del muestreo realizado en Lomas Bién y por la "Vara Partida" para el muestreo realizado en el S.U.L..

Tabla No 2 – Ajuste de 3 modelos de distribución de abundancia, a las comunidades de suelo profundo y de suelo superficial de los distintos sitios de estudio. Se indica con \* a los ajustes significativos.

Modelo	Suelo profundo		Suelo superficial		
	S.U.L.	Lomas Bién	S.U.L.	M. Azul	M. Abrigo
<b>Serie Geométrica</b>		*			
<b>Serie Logarítmica</b>	*	*	*	*	*
<b>"Vara Partida"</b>	*				

En forma gráfica se observa claramente la representación de los modelos. En el suelo profundo, la forma que toman las curvas para ambos sitios de muestreo (S.U.L. y Lomas Bién), es notoriamente diferente. Por otra parte, para el suelo superficial, se observa la similitud de las curvas, para los tres sitios de muestreo (S.U.L., Mundo Azul y Mal Abrigo). Se muestran a continuación las figuras de las curvas para ambos suelos (Fig. 1 y 2).

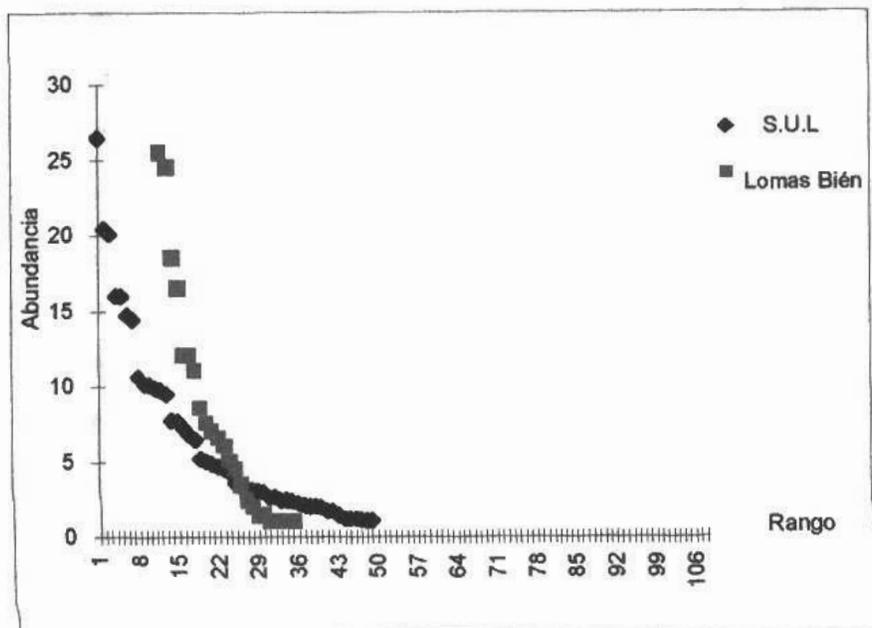


Figura No 1 – Curvas de distribución de abundancia en el suelo profundo

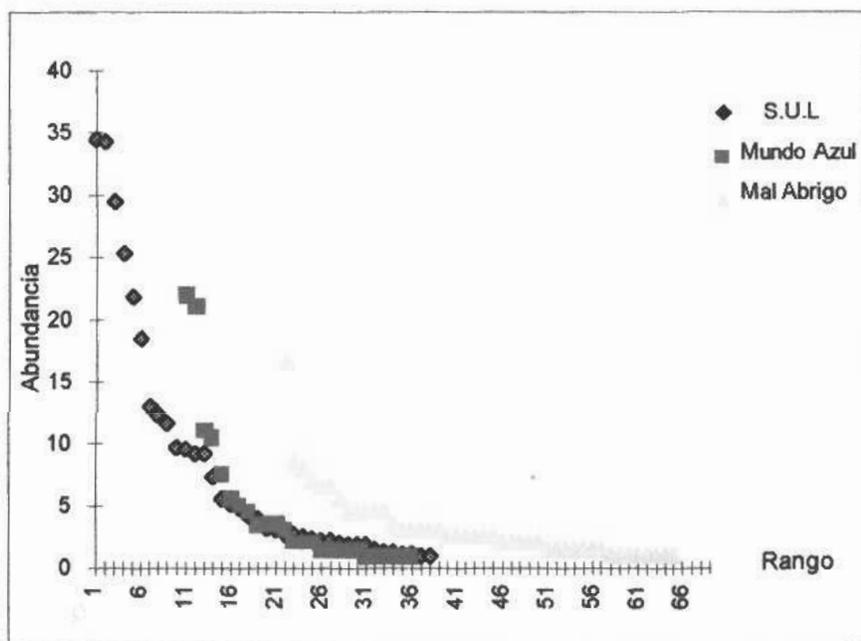
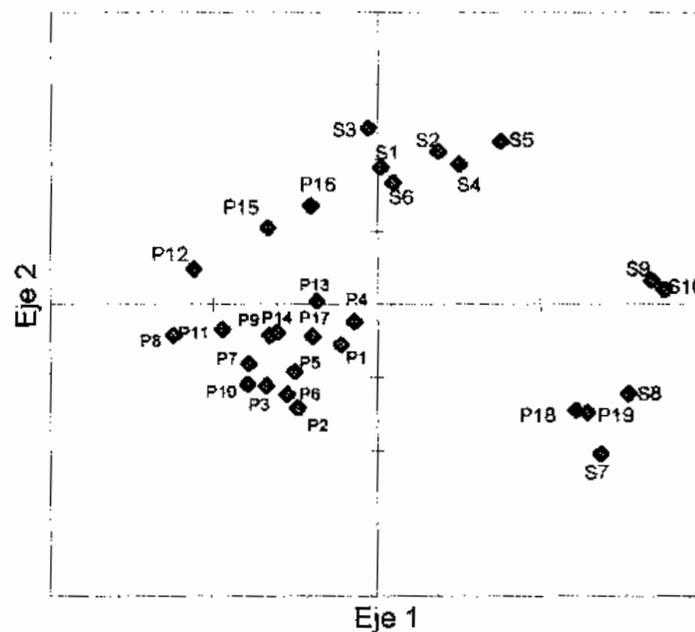


Figura No 2 – Curvas de distribución de abundancia en el suelo superficial

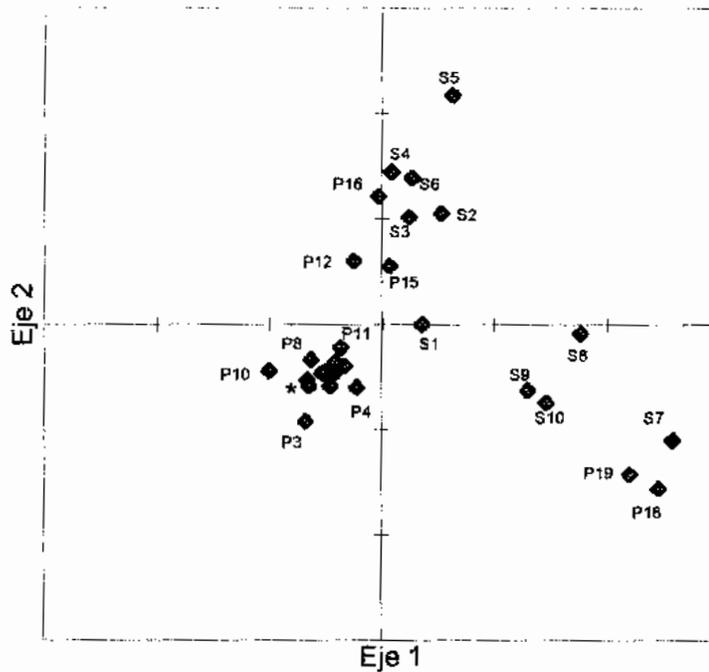
### 4.3 Análisis Multivariados

Se presentan a continuación las gráficas de los análisis multivariados, correspondientes al Análisis de Componentes Principales (ACP) (Fig 3 y 5) y al Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) (Fig. 4 y 6).

De las cuatro figuras, dos de ellas corresponden a cada uno de los análisis (ACP y AFC), con los datos de las 29 transectas (Fig. 3 y 4) y las otras dos corresponden a cada uno de los análisis, con los datos promedio de las frecuencias ( 9 transectas ) (Fig. 5 y 6). Debido a que, los dos primeros ejes de los análisis realizados con las 29 transectas explican, un porcentaje muy bajo de la varianza (ACP: 27,7 % y AFC: 34,7 %), únicamente serán presentados, pero no se describirán y tampoco se tendrán en cuenta para la discusión.



**Figura No 3** – Análisis de Componentes Principales con los datos de presencia–ausencia, correspondientes a 29 muestras y 155 spp. (P1...P19: suelos profundos; S1...S10: suelos superficiales).



**Figura No 4** – Análisis Factorial de Correspondencias con los datos de frecuencias absolutas, correspondientes a 29 muestras y 61 spp. (P1...P19: suelos profundos; S1...S10: suelos superficiales). \* Suelos P1, P2, P5, P6, P7, P9, P13, P14, P17.

Los dos primeros ejes en el Análisis de Componentes Principales para 155 spp. y 9 muestras, explican un 45, 2 % de la varianza. El estudio de la ordenación de los puntos en el gráfico, muestra por un lado la dispersión de los suelos superficiales y por otro lado la mayor concentración de los profundos. Los suelos P2, P3, y P4 se encuentran muy próximos entre sí, formando un grupo, con P1 y P5 relativamente cercanos. Con respecto a los suelos superficiales, S2 y S3 presentan valores similares en el primer eje, pero muy distintos respecto al segundo; por lo tanto no constituyen un grupo. El suelo P6 se encuentra más cercano a estos dos, que al resto de los profundos, tomando valor positivo en el eje uno, a diferencia de los anteriores que toman valores negativos. El suelo S1 está alejado del resto de los puntos. Estos resultados se muestran en la Fig. 5

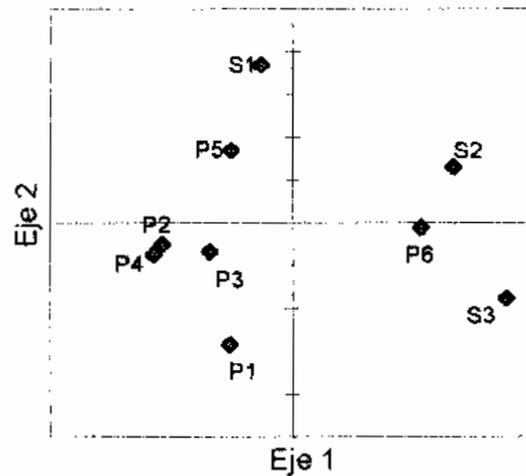


Figura No 5 – Análisis de Componentes Principales con los datos de presencia–ausencia correspondientes a 9 muestras y 155 spp. (P1...P6: suelos profundos; S1...S3: suelos superficiales).

En el Análisis Factorial de Correspondencias para 61 spp. y 9 muestras, los dos primeros ejes explican un 53,8 % de la varianza. El eje 1, que explica el mayor porcentaje de la varianza, separa claramente con valores negativos a los suelos profundos y con valores positivos a los suelos superficiales, el suelo P6 forma parte de éste último grupo. Al igual que en el análisis anterior, los suelos superficiales están más dispersos que los suelos profundos. Entre estos últimos, cinco de ellos forman claramente un grupo, estando más cercanos entre sí que el caso anterior; particularmente los suelos P1, P2, P3 y P5. Los suelos superficiales por su parte toman valores positivos en ambos ejes, no estando próximos entre sí ninguno de ellos. El suelo P6 se encuentra notoriamente alejado del resto de los suelos. Estos resultados se observan en la Fig. 6

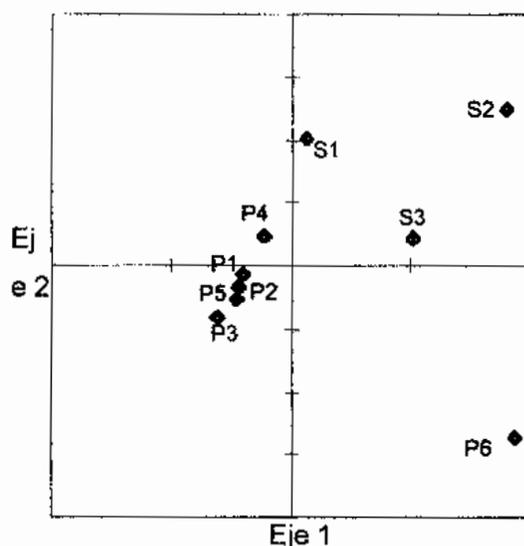


Figura No 6 – Análisis Factorial de Correspondencias con los datos de frecuencias absolutas correspondientes a 9 muestras y 61 spp. (P1...P6: suelos profundos; S1...S3: suelos superficiales).

#### 4.4 Especies mas frecuentes en el suelo superficial y en el suelo profundo

A partir de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencias para 61 spp. y 9 sitios de muestreo, se asociaron las especies a los distintos suelos. Se formaron cuatro grupos de especies (cada uno correspondiente a cada uno de los cuatro cuadrantes del gráfico resultante). En los suelos superficiales, son frecuentes las especies sin ningún valor forrajero, pertenecientes a la categoría III. Estas especies están representadas tanto por malezas enanas (*Richardia humistrata*, *Evolvulus sericeus*, *Chaptalia piloselloides*), como por malezas de alto porte (*Eryngium horridum*, *Baccharis coridifolia*). En cuanto a las gramíneas, también se caracterizan por ser especies de escaso y bajo valor forrajero, pertenecientes a la categoría II, como *Aristida venustula*, *Eragrostis neesii* y *Trachypogon montufari*. En el Apéndice 2 se presenta un listado de spp. que detallan este resultado.

En cuanto a la composición botánica de los suelos profundos, existe una gran variación entre los mismos. En el suelo P6, la estructura del tapiz es muy similar a la de los suelos superficiales, existiendo también gran cantidad de malezas enanas (*Dichondra sericea*, *Richardia stellaris*, *Oxalis spp.*, *Eryngium nudicaule*, *Chevreulia sarmentosa*) (Cat.III) y de alto porte (*Gerardia communis*, *Baccharis trimera*) (Cat.III) (ver App.1). Por otra parte, en el resto de los suelos profundos se hacen más frecuentes especies de medio a alto valor forrajero como *Paspalum dilatatum*, *Coleorachis seloana*, *Tryfolium polymorfhum*, *Piptochaetium bicolor*, *Setaria geniculata* y *Stipa pauciciliata*, pertenecientes a la categoría I. Sin embargo, en estos tapices también existen malezas tanto enanas como de mayor tamaño (*Juncus spp.*, *Cyperus spp.*, *Gamochoaeta spicata*, *Dichondra microcalix* ) (Cat.III), pero las mismas se encuentran en menor frecuencia (ver App. 2).

## 5. DISCUSIÓN

Sobre los suelos profundos del basamento cristalino, existe una comunidad de pradera natural que presenta mayor diversidad que la comunidad existente sobre los suelos superficiales. Esto se evidencia en los valores que toma el índice de diversidad de Shannon (H') (Tabla 1). Mediante este índice, basado en la abundancia proporcional de las especies y en la riqueza específica (S), se logra una buena descripción de las comunidades en estudio (Magurran, 1988). Como se mencionó en la revisión bibliográfica, debido a que este índice de diversidad describe sintéticamente a las comunidades, es de gran utilidad para comparar comunidades de distintos ambientes o de distintos lugares (Magurran, 1989). Las diferencias en diversidad encontradas entre ambos suelos, se corresponden con lo que empíricamente se sabe acerca de el tapiz de estos suelos. Siempre se afirma que los suelos superficiales poseen una menor cantidad de especies (S) y una menor cobertura vegetal (indicador del número de individuos), que los suelos profundos. El valor de la equitatividad (E) en los suelos profundos, es mayor que en los suelos superficiales (0,79 vs. 0,75), mostrando también la mayor diversidad en estos suelos. A través de la equitatividad (E), es posible conocer cómo es la distribución de las abundancias de los individuos, entre las especies encontradas en el lugar de estudio. Cuanto más cercano a la unidad sea su valor, mayor diversidad presenta una comunidad (Magurran, 1988). Este resultado estaría indicando que en los suelos profundos, se encontró un mayor número de especies con similar número de individuos, mientras que en los superficiales, son pocas especies las que poseen muchos individuos y existe un gran número de especies con muy pocos individuos.

El número de especies encontradas en ambas comunidades (riqueza específica S), es muy similar: 118 spp. para el suelo profundo y 111 spp. para el suelo superficial, a pesar de que se tiene casi el doble de muestreos en los suelos profundos, con respecto a los superficiales (19 vs. 10). A mayor número de muestreos, mayor número de especies encontradas (Magurran, 1988); por lo tanto se esperaría una mayor diferencia entre los valores de S, que los valores obtenidos. Esto sugiere que quizás, el número de muestreos realizados en los suelos superficiales, sería suficiente para abarcar a la gran mayoría de las especies presentes en estos tapices. A partir de este número, se comenzarían a registrar las especies raras (especies de muy baja frecuencia).

Del Puerto (1969), cita la existencia de 2000 especies de pradera para todo el país; en la región considerada que abarca aproximadamente a un 15,5 % del país se llegaron a contabilizar 118. Esta diferencia permite suponer que efectivamente, pueden existir especies características de regiones geológicas y épocas del año, como propusieron Rosengurtt (1938) y más tarde Millot (1987), al haber encontrado en este trabajo, un número reducido de especies con respecto al que cita Del Puerto. El número de individuos (N) de los suelos profundos es de 5824, mientras que en los suelos superficiales es de 2466; sin embargo éstos no son comparables debido a que, como se mencionó, el número de muestreos en los suelos profundos, es bastante mayor al número de muestreos en los suelos superficiales. Los modelos de distribución de abundancia, constituyen la forma mas completa para describir la estructura de comunidades (Magurran, 1988). La comunidad sobre los suelos profundos, pudo describirse por varios modelos. En Lomas Bién la estructura de la comunidad pudo ser descrita por la Serie Logarítmica y por la Serie Geométrica, dos modelos muy similares en su base teórica, en cuanto a que se dan en situaciones donde el ambiente presenta factores limitantes (baja capacidad de almacenamiento de agua, baja fertilidad, pérdida de estructura del suelo). Un suelo profundo generalmente no presenta estas limitantes, por lo que estos

resultados no eran esperables. De acuerdo a la información aportada por el productor, una reciente historia de sobrepastoreo podría ser una posible causa de una distribución de abundancia marcadamente jerárquica. Asimismo se evidenció la presencia de suelo erosionado, siendo probablemente otra causa que determinó esta situación. En consecuencia, un reducido número de especies de malezas enanas y de alto porte (Cat.III), adaptadas a estas condiciones son las que dominan en esta comunidad.

En el suelo profundo del S.U.L., la comunidad fue descrita por la Serie Logarítmica y por la “Vara Partida”. Llama la atención este resultado, ya que la comunidad de un mismo suelo responde a dos modelos contrastantes. El primero de ellos se da cuando hay pocas especies con muchos individuos (especies dominantes) y la “Vara Partida” cuando la mayoría de las especies tienen similar número de individuos; es el modelo de mayor equitatividad (Magurran, 1988). De acuerdo a las características ecológicas que presentan los suelos profundos y a los enunciados de cada modelo, se esperaría que la “Vara Partida” sea el modelo que mejor describe a las comunidades de estos suelos. En los suelos superficiales, la comunidad pudo ser descrita únicamente por la Serie Logarítmica. Este resultado es consistente con lo anteriormente expresado, en el sentido que estos suelos presentan factores limitantes, siendo los más importantes la baja capacidad de almacenamiento de agua y la escasa profundidad, que limitan el desarrollo radicular. Esto lleva a que unas pocas especies adaptadas a estas condiciones, sean las que dominen en estos ambientes: malezas enanas, gramíneas de escasa productividad, fundamentalmente de la categoría III.

Como fue mencionado en la revisión y posteriormente en los resultados, el Análisis Factorial de Correspondencias permite establecer asociaciones entre los sitios de muestreo (tipos de suelo) y especies. Tal como lo afirman varios autores (Rosengurtt, 1946; Del Puerto, 1969; Millot, 1987), la familia predominante fue la de las gramíneas (Poaceae) en los dos tipos de suelos; variando la proporción en cada uno de ellos. En el profundo éstas representaron un 74 %, mientras que en el superficial la proporción fue menor, un 42 %. Con respecto a las restantes familias, los dos tipos de suelos comparten las siguientes: Asteraceae, Convolvulaceae y Fabaceae. Las exclusivas del suelo superficial fueron: Apiaceae y Rubiaceae; en tanto para el profundo fueron: Juncaceae, Cyperaceae y Plantaginaceae. Las proporciones de estas familias fueron siempre menores. De acuerdo a la bibliografía, era también esperable el dominio de las especies de ciclo de vida perenne frente a las anuales, existiendo aquí también diferencias. En los suelos profundos se registraron un 83 % de perennes y un 17 % de anuales; en tanto en los superficiales un 92 % de perennes contra un 8 % de anuales. El origen de las especies en su amplia mayoría fue nativo. En el suelo superficial apareció asociada una única especie exótica: *Apium leptophyllum*; la cual por otra parte es anual. En los suelos profundos ocurrió algo similar, hallándose asociadas las siguientes especies anuales : *Briza brizoides*, *Briza minor*, *Briza poaemorpha*, *Vulpia australis* y *Plantago myosurus*; siendo en este caso las tres primeras exóticas. En los suelos superficiales, el tapiz se compone principalmente por especies de bajo y ningún valor forrajero. En estas comunidades, las especies de la Cat.III representaron un 50 % y las especies de la Cat.II un 33 %; constituyendo entre ambas mas de un 80 % de las especies en estos tapices. Estas especies están representadas por malezas enanas de hoja ancha (*Richardia humistrata*, *Evolvulus sericeus*, *Chaptalia piloselloides*), por malezas de alto porte (*Eryngium horridum*, *Baccharis coridifolia*) y por gramíneas de escasa

productividad (*Aristida uruguayensis*, *Eragostis neesii*, *Trachypogon montufari*). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Millot et al (1987), donde citan la abundante cobertura de malezas enanas de hoja ancha y malezas de alto porte en los suelos superficiales del basamento cristalino.

La información obtenida, permite también afirmar lo propuesto por los mismos autores, en cuanto a que limitaciones de suelo como desarrollo, profundidad, y capacidad de almacenaje de agua, imponen una restricción permanente a especies de buena calidad forrajera. Sin embargo, contrariamente a lo propuesto por Millot et al., 1987, en los tapices de estos suelos no se constató gran abundancia de gramíneas y otras especies de ciclo anual, dominando ampliamente las especies perennes. Cabe mencionar que la presencia y abundancia de las anuales, es muy dependiente de las condiciones climáticas particulares que se dan cada año.

En cuanto a la composición botánica de los suelos profundos, existe una gran variación entre los mismos. El suelo P6 de Lomas Bién presentó un tapiz con características muy similares al de un suelo superficial, existiendo un 80 % de especies de la Cat.III (malezas enanas y malezas de alto porte) y sólo un 20 % de especies de buena calidad forrajera (*Stipa setigera* y *Andropogon ternatus*, Cat.I). Un manejo inadecuado del pastoreo en el pasado reciente, es probablemente la causa de la situación actual de este tapiz, aunque se necesitaría un estudio mas detallado, para asegurar lo antedicho.

En el suelo P4 del S.U.L., se encontró que un 44 % de las especies corresponden a la Cat.I, un 25 % a la Cat.II y un 31 % a la Cat.III. En este tapiz, las especies de la Cat.I más abundantes fueron: *Leptocoryphium lanatum*, *Danthonia cirrata*, *Coleorachis selloana*, *Piptochaetium bicolor* y *Trifolium polymorphum*, entre otras. Esta mejoría en la calidad del tapiz, se hace aún más evidente cuando se analiza la composición botánica del grupo de suelos P3, P5, P2 y P1 también del S.U.L., en los cuales el 57 % de las especies son de la Cat.I, el 26 % son de la Cat.II y sólo el 17 % son de la Cat.III. Las especies más

frecuentes de la Cat.I encontradas en estos tapices fueron: *Axonopus affinis*, *Paspalum dilatatum*, *Piptochaetium stipoides*, *Stipa pauciciliata* y *Panicum milioides*. La información de la composición botánica, obtenida en los suelos profundos del S.U.L. se corresponde en parte con lo mencionado por Millot et al (1987), para este tipo de suelos en el basamento cristalino. Este autor cita al complejo *Paspalum notatum* – *Axonopus spp.*, asociado a otras especies menos productivas como *Paspalum plicatulum* y *Andropogon tematus* y a otras como *Coleorachis selloana*, como las especies más frecuentes en esta área. No se encontró abundancia de *Stipa charruana* en suelos profundos, pesados y con mal drenaje, no confirmándose lo observado por otros autores (Rosengurtt, 1935; Del Puerto, 1969; Millot, 1987). Ocurre lo mismo para *Paspalum quadrifarium* en zonas bajas. Esto podría deberse a que los relevamientos realizados, probablemente no abarcaron los hábitats específicos de estas especies (suelos pesados, con mal drenaje y zonas topográficas bajas).

Si bien el objetivo del trabajo no fue evaluar la respuesta de las comunidades vegetales al efecto del pastoreo, dado que todos los sitios elegidos se encontraban en condiciones similares de pastoreo, surgen algunos comentarios. La profundidad del suelo, es una variable importante que determina la capacidad de respuesta de las comunidades a la presión de pastoreo. Lo observado en el suelo profundo de Lomas Bién, evidencia la importancia del manejo del pastoreo, en la determinación del tipo de tapiz vegetal.

Las medidas de diversidad utilizadas en este trabajo, muestran la utilidad de las mismas para describir y caracterizar a las comunidades vegetales de pradera natural. Asimismo los análisis multivariados, constituyen una herramienta muy útil que permite visualizar asociaciones entre la composición botánica de las comunidades y los distintos suelos. Estos dos elementos, sumado a la elección de un método de muestreo, conforman una metodología de trabajo objetiva y sistemática para el conocimiento de estas comunidades. Los resultados que así se obtengan, darán las bases para hacer un manejo racional del principal ecosistema de nuestro país.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo del trabajo, se realizó un estudio comparativo entre comunidades vegetales de pradera natural sometidas a pastoreo, sobre suelos profundos y superficiales del basamento cristalino.

1. A partir del índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ), se pueden diferenciar dos comunidades de pradera natural sobre el basamento cristalino; la del suelo profundo y la del suelo superficial. La comunidad sobre el suelo profundo, presenta mayor diversidad que la del suelo superficial.

2. A pesar de haberse encontrado comunidades con diferencias en cuanto a su diversidad, éstas no presentaron diferencias en el número de especies que las integran (riqueza específica  $S$ ). Comparando los valores de riqueza específica ( $S$ ) hallados en este trabajo y el valor que cita Del Puerto (1969) para la pradera natural uruguaya (2000 spp.), llama la atención la gran diferencia existente entre ambas cifras.

3. Con respecto a los modelos de distribución de abundancia utilizados para caracterizar a estas comunidades, se observó que la comunidad del suelo superficial se ajustó únicamente a la Serie Logarítmica. De acuerdo a lo enunciado por este modelo y a las características ambientales de estos suelos, los resultados obtenidos fueron los esperados. Para el suelo profundo, fue posible ajustar más de un modelo. Para el caso de Lomas Bién, los resultados obtenidos no fueron los esperados, ya que se ajustaron la Serie Geométrica y la Serie Logarítmica. Las posibles causas, serían una historia reciente de sobrepastoreo y la presencia de suelo erosionado. En el suelo del S.U.L., para

el cual se ajustaron dos modelos contrastantes (Serie Logarítmica y ``Vara Partida``), era sólo esperable el ajuste para ``Vara Parida``.

4. La composición botánica de la comunidad sobre el suelo profundo, es claramente diferente de la del suelo superficial, cuando se toma en cuenta la calidad forrajera de las especies presentes. En el tapiz del suelo profundo, las especies de muy buena a buena calidad (Cat.I) representaron como máximo un 57 %, mientras que en el tapiz del suelo superficial éstas representaron sólo un 17 %. Por otra parte, asociadas al suelo superficial se encontraron principalmente malezas enanas y de alto porte (Cat.III) y gramíneas de escasa productividad (Cat.II), haciéndose evidente la baja capacidad de aporte de forraje de estas comunidades.

5. Se observó que en las comunidades de ambos suelos, las especies de ciclo de vida perenne, superaron ampliamente en número, a las especies anuales; siendo estas últimas casi inexistentes en el suelo superficial. Esto último contradice a la bibliografía revisada, en donde se afirma como característica la abundancia de anuales en los suelos superficiales. En cuanto al origen de las especies, se comprobó que en ambas comunidades la gran mayoría son nativas, existiendo muy pocas especies exóticas, las cuales por otra parte son de ciclo anual.

6. En cuanto al efecto del pastoreo sobre la estructura de las comunidades vegetales, parecería que el sobrepastoreo tiende a homogeneizar las características de las comunidades de ambos tipos de suelo. Dada la importancia de este efecto sobre la dinámica y composición de las comunidades vegetales, sería necesario realizar comparaciones de comunidades vegetales excluidas del mismo.

7. Los resultados obtenidos en este trabajo, provienen de puntos concretos de muestreo y están influenciados por las condiciones climáticas particulares que se dieron al momento de tomar los datos. Por lo tanto se considera necesario, la realización de un mayor número de muestreos, en otros puntos del basamento cristalino y durante un período de tiempo más prolongado, para lograr así una caracterización más precisa de estas comunidades.

8. La información encontrada en los trabajos sobre composición botánica de las praderas naturales, presenta grandes variaciones en cuanto al método usado, al tipo de datos que fueron tomados y a la forma de procesamiento de los mismos. Esto hace que mucha de esta información no sea comparable, constituyendo entonces esfuerzos aislados, sin seguir todos ellos una misma línea de trabajo con un método objetivo y sistemático para el mejor conocimiento del principal recurso forrajero nacional.

## 7. RESUMEN

En suelos profundos y superficiales del basamento cristalino, se realizó un estudio comparativo de comunidades vegetales de pradera natural, sometidas a pastoreo continuo. Para ello se utilizaron índices de diversidad, modelos de distribución de abundancia y análisis multivariados.

La diversidad fue medida mediante la riqueza específica (S), el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ), y la equitatividad (E). Los modelos de distribución de abundancia empleados para ajustar los datos fueron, la Serie Geométrica, la Serie Logarítmica y la "Vara Partida". Dentro de los análisis multivariados, se utilizaron el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis Factorial de Correspondencias (AFC). La base de datos, proviene de la tesis de Cavassa, Durán y Gibert (1986) y de muestreos adicionales realizados en distintos puntos, para completar la información. Los datos de frecuencia de las especies encontradas en estas comunidades, fueron tomados mediante el método de transectas de 50m en las cuales se tomaron 100 puntos. En cada punto, una misma especie se registró una sola vez.

El índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ), permitió distinguir dos comunidades, una sobre el suelo profundo y otra sobre el suelo superficial con diferencias altamente significativas. En el suelo profundo, la distribución de abundancia de los individuos, pudo ser descrita por la Serie Geométrica, la Serie Logarítmica y la "Vara Partida". En el suelo superficial, la misma fue descrita únicamente por la Serie Logarítmica. En cuanto a la composición botánica, se comprobó que existen diferencias importantes entre ambas comunidades. Mientras en el suelo profundo, son abundantes las especies de muy buena a buena calidad forrajera, en el suelo superficial estas representan una baja proporción; siendo más abundantes especies de bajo o ningún valor forrajero.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALTESOR, A.; DI LANDRO, E.; MAY, H.; EZCURRA, E. 1990. Long - term species change in a Uruguayan grassland. In Journal of Vegetation Science 9:173 - 190
2. ALVES PEÓN, S.; GARCÍA PINTOS, M.; LAMBERTI, V. R. 1986. Producción y calidad de pasturas naturales sobre Cristalino (Grupos de suelos 5.4 y 5.02b) período 1984/1985. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 232 p.
3. BAZZAZ, F.A.; PARRISH, J.A.D. 1982. Organization of Grassland Communities. In Grasses and Grasslands. Estes. J. R.; Tyrl, R. J.; Brunken, J. N. eds. Oklahoma Univ. Press. pp. 233 - 252
4. BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R., 1987. Ecology. Blackwell Scientific Publication, Oxford. pp. 591-600.
5. BERRETA, E.J. 1991. Producción de pasturas naturales en el Basalto. A. Producción mensual y estacional de forraje de cuatro comunidades nativas sobre suelos de basalto. In Pasturas y Producción animal en Áreas de Ganadería Extensiva. INIA. Serie Técnica no. 13. Montevideo pp. 12 -18.
6. BREMERMANN, F.; CARRACELAS, J.; GRASSI, L. 1996. Caracterización de la productividad y persistencia de dos mejoramientos bajo pastoreo. Tesis. Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 106 p.
7. BURKART, A. 1975. Evolution of grasses and grasslands in South America. In Taxon 24 ( 1 ): 53 - 66.
8. CAVASSA, R.; DURÁN, J.; GIBERT, M. 1983. Caracterización botánica de un padrón de suelos sobre basamento cristalino. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 213p.
9. COLOMINAS, G.; VARGAS, G. 1996. Efecto época del año y topografía sobre la anatomía foliar de cuatro especies nativas de gramíneas. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 72p

10. CORONEL, F.; MARTÍNEZ, P. 1983. Evolución del tapiz natural bajo pastoreo continuo de bovinos y ovinos en diferentes relaciones. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 294p.
11. CRISCI, J.V.; LOPEZ ARMEGOL, M.F. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington D.C.: Programa Regional de Desarrollo Tecnológico 132p. (Monografía no. 26. Serie de Biología. OEA.)
12. DEL PUERTO, O. 1969. Vegetación del Uruguay. Montevideo, Uruguay. 68p. Nuestra Tierra. V.19.
13. GALLINAL, J.; BERGALLI, L.; CAMPAL, E.; ARGONE, L.; ROSENGURTT, B. 1938. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 1era. Contribución. Montevideo. Imprenta Germano - Uruguaya. 207 p.
14. HAIR, J. 1995. Multivariate Data Analysis with Readings. 4a ed., Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall. 745p.
15. LEÓN, R.J.C. 1988. Río de la Plata Grasslands In Ecosystems of the World 8A Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere. Coupland , R.T. ed. Elsevier pp. 367-407
16. MacFADDEN , B. J. 1997 . Origin and evolution of the grazing guild in New World terrestrial mammals. In Trends in Ecology and Evolution 12: 182-187
17. MAGURRAN, A. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Cambridge. Univ. Press, N. Y. 179 p.
18. MANLY, F. J. B. 1994. Multivariate Statistical Methods A Primer. 2a ed. pp.76- 106
19. MILLOT, J. C.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo. MGAP. Informe Técnico para la Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. 199 p.
20. MORELLI, G.; QUARTINO, M. 1994. Efecto hábitat y época del año en la digestibilidad estimada por transección foliar en siete gramíneas de campo natural. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 171p.

21. OLMOS, F. 1990. Caracterización de comunidades naturales en la región Noreste. In Seminario de Campo Natural (2º). Tacuarembó. Hemisferio Sur. pp. 3 - 9.
22. ORCASBERRO, R.; CHAGAS, I.; BENTANCUR, D.; DE SOUZA, D. 1990. Efecto de la asignación de forraje sobre la performance de borregos Corriedale en campo natural. In Seminario de Campo Natural. (2º). Tacuarembó. Hemisferio Sur. pp. 333 - 340
23. PANARIO, D. 1994. Evolución y tendencia de la vegetación nativa uruguaya 1. La pradera. In Contribución de los estudios edafológicos al conocimiento de la vegetación en la República Oriental del Uruguay. MGAP Montevideo. pp. 37-46 Boletín No. 13.
24. ROSENGURTT, B. 1943. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 3era Contribución. Barreiro y Ramos. Montevideo. 281p
25. \_\_\_\_\_. 1944. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 4a. Contribución. Barreiro y Ramos. Montevideo. 45p
26. \_\_\_\_\_. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 5ª Contribución. Rosgal. Montevideo. 473p.
27. \_\_\_\_\_. 1949. Praderas naturales, los problemas de su manejo. 6ª Contribución. Urta. Montevideo. 8p.
28. \_\_\_\_\_. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo. Facultad de Agronomía. División Publicaciones y Ediciones de la Universidad de la República. 86p
29. SPANENBERG, G., 1936. El mejoramiento de las pasturas en la explotación extensiva. Arch. Fitotéc. Urug., 1: 321- 356
30. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1979. Carta de Reconocimiento de suelos del Uruguay. Clasificación de suelos 452p.
31. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS AGROPECUARIAS. 1997. Censo General Agropecuario.

## Apéndice 1 - Muestras adicionales

### Mal Abrigo

### TRANSECTA 1

1. *Juncus* spp.
2. *Richardia stellaris*, *Schyzachirium biciliatum*
3. *Verbena* spp., *Cuphea glutinosa*
4. *Schyzachirium biciliatum*, *Calotheca brizoides*
5. *Paspalum notatum*, *Cyperus* spp.
6. *Danthonia cirrata*
7. *Paspalum notatum*
8. *Danthonia cirrata*
9. *Paspalum notatum*
10. *Cuphea glutinosa*, *Chevreulia sarmentosa*
11. *Calotheca brizoides*, *Chaptalia piloselloides*
12. *Andropogon ternatus*
13. *Andropogon ternatus*
14. *Hypochoeris brasiliensis*
15. *Andropogon ternatus*
16. *Chevreulia sarmentosa*
17. *Gerardia communis*
18. *Paspalum notatum*, *Chaptalia exscapa*
19. *Stipa setigera*, *Chaptalia exscapa*, *Evolvulus sericeus*
20. *Richardia stellaris*, *Pamphalea heterophylla*
21. *Axonopus affinis*
22. *Aristida uruguayensis*
23. *Schyzachirium biciliatum*
24. *Aristida uruguayensis*, *Paspalum notatum*
25. *Stenaëchium campestre*, *Aristida uruguayensis*
26. *Axonopus affinis*
27. *Eragrostis lugens*
28. *Paspalum notatum*, *Trachypogon montufari*
29. *Andropogon ternatus*
30. *Agalinis communis*, *Oxalis macachín*
31. *Paspalum notatum*
32. *Cyperus* spp., *Juncus* spp.
33. *Oxalis* spp., *Eragrostis lugens*
34. *Chevreulia sarmentosa*, *Andropogon ternatus*
35. *Aristida uruguayensis*
36. *Aristida uruguayensis*
37. *Andropogon ternatus*, *Cyperus* spp.
38. *Panicum hians*
39. *Chaptalia exscapa*
40. *Schyzachirium biciliatum*
41. *Aliphia amoena*
42. *Aristida uruguayensis*
43. *Oxalis macachín*, *Andropogon ternatus*
44. *Andropogon ternatus*
45. *Aristida uruguayensis*
46. *Hypochoeris radicata*
47. *Paspalum notatum*
48. *Aristida uruguayensis*, *Chaptalia exscapa*
49. *Cyperus* spp.
50. *Musgo*
51. *Suelo desnudo*
52. *Schyzachirium biciliatum*
53. *Gamochoaeta spicata*
54. *Paspalum plicatulum*
55. *Aristida murina*, *Schyzachirium biciliatum*
56. *Schyzachirium biciliatum*, *Aristida uruguayensis*
57. *Chaptalia exscapa*
58. *Coelorachis selloana*
59. *Paspalum plicatulum*
60. *Paspalum plicatulum*, *Dichondra sericea*
61. *Aristida uruguayensis*, *Piptochaetium stipoides*
62. *Eragrostis lugens*, *Eryngium nudicaule*
63. *Cliocola sellaginoides*, *Schyzachirium biciliatum*
64. *Oxalis macachín*
65. *Paspalum plicatulum*, *Chevreulia sarmentosa*
66. *Schyzachirium biciliatum*, *Aristida uruguayensis*
67. *Chevreulia sarmentosa*, *Evolvulus sericeus*, *Cyperus* spp.
68. *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*
69. *Stenaëchium campestre*
70. *Stenaëchium campestre*, *Paspalum notatum*
71. *Galactia marginalis*, *Cyperus* spp.
72. *Aristida uruguayensis*
73. *Cyperus* spp., *Agalinis communis*
74. *Richardia humistrata*
75. *Evolvulus sericeus*, *Chaptalia piloselloides*, *Paspalum notatum*
76. *Axonopus affinis*
77. *Danthonia cirrata*
78. *Aristida uruguayensis*, *Coelorachis selloana*
79. *Richardia stellaris*, *Paspalum notatum*
80. *Galactia marginalis*, *Andropogon ternatus*
81. *Eragrostis neesi*, *Dichondra sericea*
82. *Eragrostis neesi*, *Galactia marginalis*
83. *Cuphea glutinosa*, *Aristida uruguayensis*
84. *Dichondra sericea*, *Stenaëchium campestre*
85. *Eryngium horridum*
86. *Capsela bursapastoris*
87. *Chaptalia piloselloides*
88. *Paspalum notatum*
89. *Cyperus* spp., *Eryngium nudicaule*
90. *Dichondra sericea*, *Axonopus affinis*
91. *Paspalum plicatulum*
92. *Andropogon ternatus*, *Paspalum notatum*
93. *Aristida murina*
94. *Richardia stellaris*, *Agalinis communis*
95. *Oxalis macachín*, *Cyperus* spp.
96. *Paspalum notatum*, *Oxalis macachín*, *Eryngium nudicaule*
97. *Setaria geniculata*
98. *Paspalum notatum*
99. *Axonopus affinis*, *Turnera pinnatifida*
100. *Cyperus* spp., *Andropogon ternatus*

**Mal Abrigo****TRANSECTA 2**

1. *Chaptalia piloselloides*, *Oxalis* spp.
2. *Andropogon ternatus*, *Paspalum plicatulum*
3. *Agalinis comminis*, *Bothriochloa laguroides*
4. *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*
5. *Andropogon ternatus*, *Schyzachirium tenerum*
6. *Chaptalia piloselloides*, *Paspalum notatum*
7. *Richardia stellaris*, *Hypochoeris brasiliensis*
8. *Oxalis macachin*, *Danthonia cirrata*
9. *Chaptalia piloselloides*, *Cyperus* spp.
10. *Chaptalia piloselloides*, *Paspalum notatum*
11. Suelo desnudo
12. *Andropogon ternatus*, *Cyperus* spp.
13. *Chaptalia piloselloides*, *Andropogon ternatus*
14. *Axonopus affinis*
15. *Chaptalia piloselloides*, *Juncus* spp.
16. *Bothriochloa laguroides*, *Axonopus affinis*
17. *Oxalis macachin*, *Cyperus* spp.
18. *Aristida murina*, *Schyzachirium biciliatum*
19. *Calotheca brizoides*
20. Musgo
21. *Paspalum notatum*, *Schyzachirium tenerum*
22. *Paspalum notatum*, *Evolvulus sericeus*
23. *Cyperus* spp., *Agalinis communis*
24. *Vulpia australis*, *Richardia stellaris*
25. *Lucilia acutifolia*, *Paspalum notatum*, *Cyperus* spp.
26. *Galactia marginalis*, *Paspalum notatum*
27. *Coelorachis selleana*, *Paspalum notatum*
28. *Alophia amoena*, *Paspalum notatum*
29. *Aristida uruguayensis*, *Paspalum notatum*
30. *Anagalis minima*, *Paspalum notatum*
31. *Chevreulia sarmentosa*, *Aristida murina*
32. Suelo desnudo
33. *Trachypogon montufari*
34. *Sisyrinchium* spp., *Evolvulus sericeus*
35. *Richardia humistrata*, *Andropogon ternatus*
36. *Piptochaetium montevidense*
37. *Schyzachirium tenerum*
38. *Trachypogon montufari*
39. *Evolvulus sericeus*
40. *Dichondra sericea*
41. *Microchloa indica*
42. *Aristida uruguayensis*
43. *Trachypogon montufari*
44. *Eragrostis neesii*
45. Suelo desnudo
46. *Pamphalea heterophylla*
47. *Eryngium nudicaule*, *Facelis retusa*
48. *Aristida uruguayensis*, *Schyzachirium tenerum*
49. *Microchloa indica*
50. Suelo desnudo
51. *Aristida murina*
52. *Evolvulus sericeus*, *Aristida uruguayensis*
53. *Evolvulus sericeus*, *Aristida uruguayensis*
54. *Andropogon ternatus*
55. *Aristida murina*
56. *Cuphea glutinosa*, *Bothriochloa laguroides*
57. *Axonopus affinis*, *Chaptalia exscapa*
58. *Piptochaetium montevidense*
59. *Rhynchosia senna*, *Aristida murina*, *Anagalis minima*
60. *Hypochoeris brasiliensis*, *Vulpia australis*
61. *Paspalum notatum*, *Hypochoeris brasiliensis*
62. *Oxalis macachin*, *Aristida uruguayensis*
63. *Piptochaetium montevidense*
64. *Eryngium nudicaule*, *Trachypogon montufari*
65. *Cyperus* spp., *Paspalum notatum*
66. *Aristida murina*, *Richardia humistrata*
67. *Aristida murina*, *Aristida uruguayensis*
68. *Bothriochloa laguroides*, *Anagalis minima*
69. *Bothriochloa laguroides*
70. *Eragrostis neesii*, *Aristida uruguayensis*
71. *Aristida murina*
72. *Dichondra sericea*, *Vulpia australis*
73. *Lucilia acutifolia*, *Aristida uruguayensis*
74. *Aristida uruguayensis*, *Aristida murina*
75. *Dichondra sericea*
76. *Calotheca brizoides*
77. *Paspalum notatum*, *Piptochaetium montevidense*
78. *Aristida uruguayensis*, *Aristida murina*
79. *Polygala linoides*, *Evolvulus sericeus*, *Dichondra sericea*
80. *Paspalum notatum*
81. *Aristida uruguayensis*, *Bothriochloa laguroides*
82. *Paspalum notatum*
83. *Oxalis macachin*, *Schyzachirium tenerum*
84. *Aristida uruguayensis*, *Schyzachirium tenerum*
85. *Schyzachirium tenerum*
86. *Evolvulus sericeus*, *Vulpia australis*
87. *Aristida murina*
88. *Axonopus affinis*, *Vulpia australis*, *Stenandrium trinive*
89. *Baccharis coridifolia*, *Dichondra sericea*
90. *Stipa setigera*, *Piptochaetium montevidense*
91. *Aspilia montevidensis*, *Andropogon ternatus*
92. *Rhynchosia senna*, *Baccharis coridifolia*
93. *Bothriochloa laguroides*
94. *Paspalum notatum*
95. *Paspalum notatum*
96. *Evolvulus sericeus*, *Bothriochloa laguroides*
97. *Stipa setigera*, *Baccharis coridifolia*
98. *Evolvulus sericeus*, *Vulpia australis*
99. *Stipa setigera*
100. *Eupatorium buniifolium*

**Mundo Azul****TRANSECTA 1**

1. *Richardia humistrata*
2. *Richardia humistrata*
3. *Stipa papposa*
4. *Paspalum notatum*, *Richardia humistrata*
5. *Paspalum notatum*
6. *Richardia humistrata*
7. Suelo desnudo
8. *Paspalum notatum*
9. *Paspalum notatum*
10. *Chevreulia sarmentosa*
11. *Chevreulia sarmentosa*
12. *Schyzachirium tenerum*
13. *Aristida murina*, *Evolvulus sericeus*
14. *Andropogon ternatus*
15. *Andropogon ternatus*
16. Suelo desnudo
17. *Cyperus* spp.
18. *Richardia humistrata*, *Evolvulus sericeus*
19. *Richardia humistrata*
20. *Aristida uruguayensis*
21. *Andropogon ternatus*
22. Suelo desnudo
23. *Cyperus* spp., *Richardia humistrata*
24. *Chevreulia sarmentosa*, *Aspilia montevidensis*
25. *Aristida murina*
26. *Paspalum notatum*
27. *Richardia humistrata*
28. *Juncus* spp.
29. *Andropogon ternatus*, *Paspalum notatum*
30. *Galactia marginalis*
31. Suelo desnudo
32. *Paspalum notatum*, *Andropogon ternatus*
33. Suelo desnudo
34. *Apium leptophyllum*
35. *Cyperus* spp., *Stipa papposa*
36. *Andropogon ternatus*
37. *Dichondra sericea*, *Galactia marginalis*
38. *Paspalum notatum*
39. *Paspalum notatum*
40. *Paspalum notatum*, *Richardia humistrata*
41. *Eryngium horridum*
42. *Paspalum notatum*, *Richardia humistrata*
43. *Paspalum notatum*
44. *Paspalum notatum*
45. *Paspalum notatum*
46. *Eryngium horridum*
47. *Briza subaristata*
48. *Chevreulia sarmentosa*, *Paspalum notatum*
49. *Eryngium horridum*, *Paspalum notatum*
50. *Andropogon ternatus*
51. *Andropogon ternatus*
52. *Paspalum quadrifarium*
53. *Cyperus* spp., *Juncus* spp., *Dichondra sericea*
54. *Baccharis coridifolia*, *Stipa setigera*
55. *Baccharis trimera*, *Stipa setigera*
56. *Eryngium horridum*, *Paspalum notatum*
57. *Paspalum notatum*
58. *Dichondra sericea*, *Sporobolus indicus*
59. *Aristida uruguayensis*
60. *Paspalum dilatatum*
61. *Piptochaetium montevidensis*
62. *Paspalum notatum*, *Cyperus* spp.
63. *Eupatorium buniifolium*, *Coelorachis selloana*
64. *Paspalum notatum*
65. *Eryngium horridum*, *Dichondra sericea*
66. *Rhynchosia diversifolia*, *Axonopus affinis*
67. *Galactia marginalis*, *Danthonia cirrata*
68. *Eryngium horridum*, *Andropogon ternatus*
69. *Aristida murina*
70. *Richardia humistrata*
71. *Spilanthes decumbens*, *Andropogon ternatus*
72. Suelo desnudo
73. *Coelorachis selloana*
74. *Andropogon ternatus*
75. *Richardia humistrata*
76. *Richardia stellaris*
77. *Schyzachirium tenerum*
78. *Chevreulia sarmentosa*, *Trachypogon montufari*
79. Suelo desnudo
80. *Evolvulus sericeus*
81. *Bothriochloa laguroides*
82. *Richardia humistrata*
83. *Rhynchosia diversifolia*, *Bothriochloa laguroides*
84. *Bothriochloa laguroides*
85. *Richardia humistrata*, *Aristida uruguayensis*
86. *Paspalum notatum*
87. *Cyperus* spp.
88. *Andropogon ternatus*
89. *Richardia humistrata*, *Aristida murina*
90. *Richardia humistrata*
91. *Richardia humistrata*, *Aristida murina*
92. *Aristida murina*, *Dichondra sericea*
93. *Dichondra sericea*, *Bothriochloa laguroides*
94. *Paspalum notatum*
95. *Dichondra sericea*
96. Suelo desnudo
97. *Richardia humistrata*
98. *Richardia humistrata*
99. *Bothriochloa laguroides*, *Trachypogon montufari*
100. *Paspalum notatum*

**Lomas Bién****TRANSECTA 2**

1. *Axonopus affinis*
2. *Cyperus* spp., *Digitaria enodis*
3. *Andropogon ternatus*
4. *Andropogon ternatus*
5. *Richardia humistrata*, *Oxalis* spp.
6. *Paspalum dilatatum*
7. *Richardia stellaris*, *Panicum miliodes*
8. *Panicum miliodes*, *Richardia stellaris*
9. *Andropogon ternatus*, *Paspalum notatum*
10. *Paspalum dilatatum*, *Cyperus* spp.
11. *Eryngium nudicaule*, *Dichondra sericea*
12. *Paspalum notatum*, *Cyperus* spp.
13. *Briza subaristata*, *Aristida murina*
14. *Andropogon ternatus*
15. *Andropogon ternatus*, *Paspalum notatum*
16. *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum plicatulum*
17. *Oxalis* spp., *Axonopus affinis*
18. *Chevreulia sarmentosa*, *Dichondra sericea*
19. *Richardia humistrata*, *Oxalis* spp.
20. *Chevreulia sarmentosa*
21. *Andropogon ternatus*
22. *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum notatum*
23. *Paspalum notatum*
24. *Cyperus* spp., *Richardia stellaris*
25. *Oxalis* spp., *Axonopus affinis*
26. *Richardia stellaris*
27. *Andropogon ternatus*, *Bothriochloa laguroides*
28. *Paspalum notatum*, *Bothriochloa laguroides*
29. *Juncus* spp., *Richardia humistrata*
30. *Eryngium nudicaule*, *Andropogon ternatus*
31. *Axonopus affinis*, *Oxalis* spp.
32. *Gerardia communis*, *Axonopus affinis*
33. *Gerardia communis*, *Baccharis trimera*
34. *Andropogon ternatus*
35. *Baccharis trimera*
36. *Eryngium nudicaule*, *Paspalum notatum*
37. *Dichondra sericea*, *Andropogon ternatus*
38. *Paspalum notatum*, *Baccharis trimera*
39. *Baccharis trimera*, *Richardia humistrata*
40. *Oxalis* spp.
41. *Richardia humistrata*, *Cyperus* spp.
42. *Baccharis trimera*, *Axonopus affinis*
43. *Andropogon ternatus*
44. *Paspalum plicatulum*
45. *Eryngium nudicaule*, *Paspalum plicatulum*
46. *Paspalum plicatulum*
47. *Baccharis trimera*
48. *Paspalum notatum*
49. *Richardia humistrata*
50. *Evolvulus sericeus*
51. Suelo desnudo
52. Suelo desnudo
53. *Paspalum dilatatum*
54. *Eryngium nudicaule*
55. *Axonopus affinis*, *Stenotaphrum secundatum*
56. *Axonopus affinis*
57. *Richardia stellaris*, *Bothriochloa*
58. *Chevreulia sarmentosa*
59. *Leptocoryphium lanatum*
60. *Paspalum notatum*
61. *Paspalum notatum*, *Bothriochloa laguroides*
62. *Oxalis* spp.
63. *Andropogon ternatus*, *Baccharis trimera*
64. *Chevreulia sarmentosa*
65. *Richardia humistrata*
66. *Stipa setigera*
67. *Baccharis trimera*
68. *Gerardia communis*, *Andropogon ternatus*
69. *Axonopus affinis*, *Stipa setigera*
70. *Andropogon ternatus*
71. *Paspalum plicatulum*
72. *Paspalum plicatulum*
73. *Richardia stellaris*
74. *Richardia humistrata*
75. *Andropogon ternatus*
76. *Chevreulia sarmentosa*
77. *Eragrostis neesii*
78. *Baccharis trimera*, *Oxalis* spp.
79. *Paspalum notatum*, *Baccharis trimera*
80. *Paspalum plicatulum*, *Chavreulia sarmentosa*
81. *Andropogon ternatus*
82. *Paspalum notatum*
83. *Dichondra sericea*, *Andropogon ternatus*
84. *Paspalum notatum*
85. *Gerardia communis*, *Bothriochloa laguroides*
86. *Axonopus affinis*, *Sysirinchium* spp.
87. *Cyperus* spp., *Baccharis trimera*
88. *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum*
89. *Piptochaetium montevidense*
90. *Andropogon ternatus*
91. *Richardia stellaris*
92. Suelo desnudo
93. *Andropogon ternatus*
94. *Baccharis trimera*, *Stipa setigera*
95. *Andropogon ternatus*
96. *Richardia stellaris*
97. *Richardia humistrata*, *Cyperus* spp.
98. *Dichondra sericea*, *Stipa setigera*
99. *Eryngium nudicaule*, *Stipa setigera*
100. *Gerardia communis*

**Apéndice 2** - Ordenación de spp. y suelos de acuerdo a los valores de los ejes 1 y 2 del AFC para 61 spp. y 9 suelos. El orden de las spp. corresponde al valor de las mismas en el eje 1. La columna 'familia' indica familia taxonómica, 'ciclo de vida' indica si la spp. es perenne o anual, 'cat.' indica la calidad forrajera de la spp. (I: muy buena a buena, II: baja y III: muy baja o calidad nula) y 'origen' indica si la spp. es nativa o exótica.

ESPECIE	FAMILIA	CICLO DE VIDA	CAT.	ORIGEN
<b>SUELOS SUPERFICIALES</b>		<b>S1 , S2 , S3</b>		
<b>( Especies con valores positivos en los ejes 1 y 2 )</b>				
<i>Eryngium horridum</i>	<i>Apiaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Galactia marginalis</i>	<i>Fabaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Aristida uruguayensis</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	II	nativa
<i>Apium leptophyllum</i>	<i>Apiaceae</i>	anual	II	exótica
<i>Richardia humistrata</i>	<i>Rubiaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Baccharis coridifolia</i>	<i>Asteraceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Paspalum notatum</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	I	nativa
<i>Evolvulus sericeus</i>	<i>Convolvulaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Eragrostis neesii</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	II	nativa
<i>Trachypogon montufari</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	II	nativa
<i>Chaptalia pilloseloides</i>	<i>Asteraceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Axonopus argentinus var. glabripes</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	I	nativa
<b>SUELO PROFUNDO</b>		<b>P6</b>		
<b>( Especies con valores positivos en el eje 1 y valores negativos en el eje 2 )</b>				
<i>Rynchospora luzuliformis</i>	<i>Cyperaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Dichondra sericea</i>	<i>Convolvulaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Gerardia communis</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	anual	III	nativa
<i>Richardia stellaris</i>	<i>Rubiaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Oxalis spp.</i>	<i>Oxalidaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Baccharis trimera</i>	<i>Asteraceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Eryngium nudicaule</i>	<i>Apiaceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Andropogon ternatus</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	I	nativa
<i>Chevreulia sarmentosa</i>	<i>Asteraceae</i>	perenne	III	nativa
<i>Stipa setigera</i>	<i>Poaceae</i>	perenne	I	nativa

ESPECIE	FAMILIA	CICLO DE VIDA	CAT.	ORIGEN
<b>SUELO PROFUNDO</b>		<b>P4</b>		
<b>( Especies con valores negativos en el eje 1 y con valores positivos en el eje 2 )</b>				
<i>Bothriochloa laguroides</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Alophia amoena</i>	Iridaceae	perenne	III	nativa
<i>Aristida venustula</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Mecardonia tenella</i>	Srophulariaceae	perenne	III	nativa
<i>Juncus sp.</i>	Juncaceae	perenne	III	nativa
<i>Piptochaetium montevidense</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Aristida murina</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Leptocoryphium lanatum</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Danthonia cirrata</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Plantago myosurus</i>	Plantaginaceae	anual	III	nativa
<i>Coelorachis selloana</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Trifolium polymorphum</i>	Fabaceae	perenne	I	nativa
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Setaria geniculata</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Cyperus spp.</i>	Cyperaceae	perenne	III	nativa
<i>Piptochaetium bicolor</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<b>SUELOS PROFUNDOS</b>		<b>P3 , P5 , P2 , P1</b>		
<b>( Especies con valores negativos en los ejes 1 y 2 )</b>				
<i>Axonopus affinis</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Paspalum plicatulum</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Paspalum dilatatum</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Eragrostis lugens</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Piptochaetium stipoides</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Paspalum quadrifarium</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Vulpia australis</i>	Poaceae	anual	I	nativa
<i>Stipa charruana</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Sporobolus indicus</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Briza brizoides</i>	Poaceae	anual	I	exótica
<i>Agrostis montevidensis</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Gamochoaeta spicata</i>	Asteraceae	perenne	III	nativa
<i>Dichondra microcalix</i>	Convolvulaceae	perenne	III	nativa
<i>Sporobolus platensis</i>	Poaceae	perenne	II	nativa
<i>Eclipta bellidioides</i>	Asteraceae	perenne	III	nativa
<i>Panicum miliodes</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Sitpa pauciciliata</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Briza minor</i>	Poaceae	anual	I	exótica
<i>Juncus microcephalus</i>	Juncaceae	perenne	III	nativa
<i>Digitaria phaeotryx</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Panicum demissum</i>	Poaceae	perenne	I	nativa
<i>Briza poaemorpha</i>	Poaceae	anual	I	exótica
<i>Paspalum pumilum</i>	Poaceae	perenne	I	nativa