

# LAS COMUNIDADES HERBÁCEAS DE UN AREA DE PASTIZALES NATURALES DE LA REGIÓN BASÁLTICA, URUGUAY

**NOMBRE:** Felipe Lezama Huerta

**ORIENTADOR DE TESIS:** Dra. Alice Altesor

**COORIENTADORES DE TESIS:** Dr. José Paruelo (Facultad de Agronomía, UBA)  
y Dr. Rolando J. C. León (Facultad de Agronomía, UBA).

**LABORATORIO DE EJECUCIÓN:** Sección Ecología Terrestre, Facultad de  
Ciencias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Martín Bollazzi, Diego Larrea, Clemente Olivera, Javier Sawchick, Andrés Cal, Gustavo Saona, Federico Haretche, César Fagúndez, Santiago Baeza, Valerie Cayssials, Verónica Sarli, Beatriz Costa, Claudia Rodríguez, Elsa Leoni, Marcos Texeira, Ofelia Gutiérrez, Yolanda González, Daniel Panario, Familia Esponda, Daniel Formoso y Eduardo Marchesi

A los orientadores

Al PEDECIBA

A la CSIC

## **INDICE**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Resumen</b>                                    | <b>3</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                            |           |
| 1.1 Marco teórico                                 | 4         |
| 1.2 Estado actual del conocimiento y antecedentes | 9         |
| 1.3 Características generales de la región        | 10        |
| 1.4 Justificación y objetivos                     | 12        |
| <b>2. MÉTODOS</b>                                 |           |
| 2.1 Área de estudio                               | 13        |
| 2.2 Obtención de los datos                        | 15        |
| 2.3 Análisis de datos                             | 18        |
| <b>3. RESULTADOS</b>                              |           |
| 3.1 Composición florística y formas de vida       | 21        |
| 3.2 Clasificación                                 | 23        |
| 3.3 Ordenamiento de los censos                    | 39        |
| 3.4 Especies endémicas y exóticas                 | 44        |
| <b>4. DISCUSIÓN</b>                               |           |
| 4.1 Patrones de vegetación                        | 48        |
| 4.2 Especies endémicas y exóticas                 | 52        |
| 4.3 Consideraciones finales                       | 54        |
| <b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>                            | <b>56</b> |
| <b>6. APENDICE 1</b>                              |           |
| <b>7. APENDICE 2</b>                              |           |
| <b>8. APENDICE 3</b>                              |           |

## RESUMEN

El área del “Basalto Superficial” comprende 1,5 millones de hectáreas y constituye la región con mayor proporción de pastizales naturales de Uruguay.

En esta tesis se presenta una descripción de la heterogeneidad de la vegetación herbácea y su relación con factores ambientales de una importante porción del territorio uruguayo. Es el primer estudio en el Uruguay de esta índole que se realiza usando un conjunto de observaciones sistemáticas, de amplia cobertura espacial y empleando métodos numéricos para su análisis.

En un total de 46 censos se registraron 274 especies de plantas vasculares agrupadas en 43 familias. La clasificación de los censos de vegetación fue realizada a través del método de Ward y la medida de distancia de Jaccard. El resultado de la clasificación permitió diferenciar tres unidades principales de vegetación compuestas por seis comunidades. Las unidades principales se corresponden claramente con características geomorfológicas. Cada categoría de geoforma integra diferentes combinaciones de profundidad del suelo, textura, pendiente y rocosidad.

A través de los análisis de ordenación (análisis de correspondencias y análisis de escalamiento multidimensional no - métrico) se detectaron los ejes principales de variación florística. Estos análisis identifican a la disponibilidad de agua como el principal control de la heterogeneidad florística de la región.

La descripción de la heterogeneidad de la vegetación sobre la cual se sustenta una de las principales actividades económicas de nuestro país es de gran importancia para la definición de políticas de conservación y explotación del recurso. La información que provee este estudio puede constituir un valioso auxiliar en el diseño de sistemas ganaderos. La descripción que se presenta tiene un papel potencial también en la evaluación y selección de sitios para la conservación.

## 1. INTRODUCCIÓN

En esta tesis se aborda el problema de describir la heterogeneidad de la vegetación y su relación con el ambiente en áreas extensas y estructuralmente homogéneas: los pastizales naturales de la región basáltica.

El conocimiento de la heterogeneidad de la formación vegetal dominante del Uruguay es escaso y fragmentario. Especialmente son escasos los trabajos que documentan la heterogeneidad florística a escala de paisaje y región. La identificación y descripción de los patrones espaciales de vegetación (cómo se distribuyen las entidades de interés en el espacio geográfico y ambiental) es un paso ineludible para plantear hipótesis sobre su distribución, funcionamiento o para analizar el impacto de perturbaciones locales o globales sobre ellas. Tiene a su vez importancia aplicada para la actividad ganadera, sobre la cual se sustenta la economía nacional (Millot et al., 1987). La generación de manejos ganaderos sustentables debe partir de una adecuada descripción de su heterogeneidad. La falta de estimaciones objetivas de la heterogeneidad espacial y temporal de los recursos forrajeros ha sido identificada como uno de los factores que más afecta la eficiencia de los sistemas ganaderos y el deterioro de los sistemas pastoriles extensivos (Golluscio et al. 1998, Paruelo & Aguiar, 2003).

### 1.1 MARCO TEÓRICO

#### **El concepto de comunidad**

El término comunidad en ecología vegetal se emplea usualmente en un sentido operativo para denominar un conjunto de plantas coexistentes en un área (Crawley, 1987). Sin embargo, también reciben el nombre de comunidad vegetal los tipos abstractos que resultan de la clasificación de la vegetación para representar las combinaciones de especies que coinciden en su ocurrencia en ambientes semejantes (Kent & Cocker, 1992).

La subdisciplina de la ecología vegetal dedicada a la identificación y descripción de comunidades vegetales según esta acepción se llama fitosociología (Kent & Cocker, 1992). Una de las herramientas en la que se apoya la fitosociología es en el concepto de "stand". Esta palabra alude a parches de vegetación tratadas como unidades con fines descriptivos, que reúnen el requisito de homogeneidad estructural y ambiental (Greig-Smith, 1983). Bajo esta visión, la heterogeneidad de la vegetación es percibida como un mosaico de unidades homogéneas (Ewald, 2003). La tarea central de la fitosociología es el relevamiento y clasificación de stands en un sistema jerárquico (stand/comunidad-

asociación/ unidad principal- alianza). Este enfoque tiene un claro paralelismo con la clasificación de suelos y clasificación geológica (Mueller- Dombois y Ellenberg, 1974)

Tres elementos principales contribuyen a la interpretación de los patrones que surgen del análisis empírico de la co – variación en el espacio de la composición florística (Noy – Meir & Van der Maarel, 1987):

1. la respuesta de cada especie a condiciones del hábitat.
2. las interacciones entre especies.
3. los procesos aleatorios a nivel poblacional y en el ambiente.

Cada uno de estos elementos puede operar e interactuar con los otros a través de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales. Por ejemplo, una perturbación frecuente en los pastizales como el fuego (proceso aleatorio ambiental), puede variar en su extensión espacial, frecuencia e intensidad e interactuar con la topografía (condición del hábitat), de manera que haya sitios con mayor y menor propensión al fuego según la posición topográfica. Por otra parte la respuesta de las especies al fuego será distinta afectando diferencialmente las interacciones entre las mismas.

### **Importancia de la escala**

La importancia relativa de la respuesta de las especies a las condiciones del hábitat, de las interacciones o de los procesos aleatorios varía de acuerdo a la escala espacial y temporal considerada. De tal manera los controles de la heterogeneidad de la vegetación variarán de acuerdo la escala considerada (Reed et al., 1993). La capacidad de identificar los controles y, entonces de generar modelos predictivos, depende de definir correctamente las variables y de lograr un adecuado ajuste entre la escala de la observación y la del patrón o proceso observado (Allen & Hoekstra, 1993).

Dos conceptos de importancia en la definición de escala en estudios ecológicos son el “grano” y la “extensión” (Wiens, 1989). El “grano” hace referencia al límite inferior de resolución, está determinado por el tamaño de las entidades más pequeñas y efímeras del objeto de estudio. Por ejemplo un cuadrado, en un estudio de vegetación, o un pixel en una imagen de sensores remotos. La “extensión” se refiere al tamaño del área sobre el cual son distribuidas las unidades muestrales y al tiempo de duración del estudio.

A escalas espaciales de grano fino (con alta resolución) los pastizales tienen un alto potencial para ser heterogéneos debido al pequeño tamaño individual de sus componentes vegetales. A estas escalas los controles fundamentales de la heterogeneidad son las

interacciones entre especies, las formas de vida y las estrategias de colonización espacial, así como la microheterogeneidad ambiental (Reed et al., 1993; Chaneton, 1995; Altesor et al., 1999). La heterogeneidad de los pastizales a escalas mayores (regional y de paisaje) se percibe como cambios fisonómicos y / o florísticos a lo largo de gradientes ambientales. Estos gradientes incluyen, por ejemplo, la precipitación, la temperatura y la topografía (León y Facelli, 1981; Perelman, 2001). También la dispersión de propágulos y la configuración espacial de distintos hábitats pueden influir sobre la variación florística o fisonómica percibida a esta escala (Jobbagy et al., 1996).

### **El análisis multivariado**

Muchos de los conjuntos de datos en estudios de comunidades tienen naturaleza multivariada (Gauch, 1982). Cada observación, muestra o censo, es descrita a partir de múltiples dimensiones, cada una de ellas correspondiente a una especie. El análisis de clasificación y el análisis de ordenación (o de gradientes) son dos aproximaciones complementarias para el resumen de información y la búsqueda de patrones en conjuntos de datos multivariados (Kent & Cocker, 1992; Mueller- Dombois y Ellenberg, 1974). El propósito de la clasificación es agrupar por similitud florística un conjunto de observaciones en un conjunto menor de clases discretas. Las observaciones que conforman una clase tienen en común una o más características que las separan de las observaciones de otra clase (Greig- Smith, 1983). Las propiedades comunes a un grupo de observaciones correspondientes a una clase son abstraídas y luego utilizadas para la descripción de la misma (Mueller- Dombois y Ellenberg, 1974). En contraste, la ordenación procura ubicar cada observación en relación a uno o más ejes de manera que la información sobre su ubicación relativa a los ejes provea el máximo de información sobre su composición (Greig- Smith, 1983).

Bajo este enfoque, en el que se representa la individualidad de cada observación se puede explorar la distribución de las comunidades vegetales a lo largo de gradientes ambientales. En el análisis de gradiente indirecto, los gradientes ambientales no son estudiados directamente sino que se infieren a partir de los datos de composición de la vegetación. Se derivan ejes abstractos de variación que optimizan el ajuste de los datos a un modelo estadístico particular de variación florística a lo largo de los gradientes (Ter Braak & Prentice, 1988). Por el contrario, el análisis de gradiente directo implica el análisis conjunto de la matriz ambiental y florística. Este análisis se apoya sobre la base de hipótesis a priori acerca de las relaciones vegetación - ambiente y construye los ejes de variación florística optimizando el ajuste de los mismos a las variables ambientales de

interés (Ter Braak & Prentice, 1988).

El énfasis en la clasificación o en el ordenamiento en el análisis de patrones de composición florística difiere entre las distintas escuelas de la ecología vegetal. Por un lado la corriente de Europa Central (escuela fitosociológica) hace énfasis en la clasificación de la vegetación, y por otro lado, la corriente anglosajona lo hace en los análisis de gradientes (Mueller- Dombois y Ellenberg, 1974).

En este trabajo se hará hincapié en la clasificación de la vegetación, adoptando la aproximación fitosociológica, debido a que en la práctica ésta constituye una herramienta más conveniente que la ordenación en el manejo de la vegetación (Greig- Smith, 1983). En realidad los estudios sobre vegetación o bien conciernen directamente a la clasificación y descripción de la vegetación o utilizan distintas clasificaciones de vegetación como manera de definir la extensión de la validez de sus resultados (Mucina, 1997). Las clasificaciones de vegetación constituyen un vehículo eficiente de comunicación de los patrones de vegetación percibidos (Ecological Society of America, 2002), y son un requisito básico para la elaboración de mapas de vegetación (California Native Plant Society Vegetation Comitee, 2000). Esta última característica contribuye a hacer de la clasificación de la vegetación una herramienta poderosa para el propósito de planificación del uso y el manejo de la tierra (Ecological Society of America, 2002).

### **Aspectos epistemológicos de la aproximación fitosociológica**

A diferencia de lo que sostienen algunos autores ( e.g. Kent & Cocker, 1992), la clasificación de vegetación no supone necesariamente una suscripción al concepto de comunidad desarrollado por Clements a principios del siglo XX (Greig- Smith, 1983). Esta aproximación asume que el agrupamiento de especies en comunidades ocurre en la naturaleza, o que es razonable separar el continuo de variación en composición y/o estructura en series de clases arbitrarias (Kimmins, 1997). Se parte del supuesto de que las especies no se distribuyen en forma aleatoria en el espacio, lo que es compatible tanto con el concepto superorganísmico como con el concepto individualista de comunidad (Hoagland & Collins, 1997).

El uso de la clasificación no se limita a clasificar y catalogar comunidades vegetales y a establecer relaciones de hábitat y ecológicas entre las unidades vegetacionales reconocidas, sino que también sirve para predecir procesos ecológicos como la productividad y patrones sucesionales (ESA, 2003). Esto supone que sobre las clases discretas de comunidades identificadas se pueden formular enunciados generales. Dentro de éstas unidades sería posible extrapolar resultados de investigaciones sobre estructura y



funcionamiento, así como de experiencias de manejo. Las clasificaciones florísticas de conjuntos amplios de datos proveen de marcos de referencia y contextos empíricos indispensables para la ecología vegetal de campo, tanto experimental como observacional (Ewald, 2003).

Es útil clasificar los estudios ecológicos de acuerdo a la dicotomía análisis exploratorio versus análisis confirmatorio, en lo referente a la evaluación de hipótesis científicas (Palmer, 2004). En el primero de los casos, en el cual se encuentra comprendida la fitosociología, el propósito es la búsqueda de patrones en la naturaleza que representen un puntapié inicial para futuros estudios (Jongman, et al ,1987). La ecología como ciencia trata de entender los procesos que subyacen a los patrones observados en la naturaleza y cómo factores ambientales afectan esos procesos. En tal sentido una descripción objetiva de los patrones es un requisito indispensable para profundizar en el conocimiento ecológico. Los análisis exploratorios permiten incorporar la habilidad, experiencia e intuición del investigador en decisiones tales como localización de muestras, tipo de transformaciones de los datos, opciones de análisis numéricos que hacen que los análisis no sean estrictamente repetibles y por lo tanto falseables. Estos análisis pueden llevarse a cabo mediante diseños de muestreo objetivos pero esto no es imprescindible, aún careciendo de rigor estadístico constituyen un soporte principal en la investigación ecológica (Palmer, 2004).

El lugar del enfoque fitosociológico dentro del marco más amplio de la ecología vegetal puede ilustrarse también recurriendo a la distinción entre actividad científica nomotética e idiográfica (histórica) (Sober ,1993; Ewald, 2003). La primera procura principalmente descubrir leyes independientes del dónde y cuándo, que adoptan la forma de “si / entonces” y la segunda procura describir objetos particulares o secuencias particulares de acontecimientos históricos. Cada disciplina amplia contiene subáreas que difieren en el énfasis que ponen en una u otra actividad (Sober, 1993; Ewald, 2003). Mientras la atención a la descripción de objetos particulares sirve como medio para las disciplinas con finalidad de descubrir leyes generales, las leyes sirven como medios en las ciencias idiográficas. En este sentido y de acuerdo con Ewald (2003) podemos explicar la complementariedad entre la aproximación fitosociológica dedicada a describir estructuras únicas y la ecología vegetal angloamericana (como ejemplo paradigmático) dedicada a descubrir leyes universales ahistóricas.

## 1.2 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO Y ANTECEDENTES

El territorio uruguayo se encuentra enteramente comprendido en la región de pastizales templados subhúmedos de América del sur (Provincia Pampeana sensu Cabrera y Willink, 1973) (Soriano, 1992). Burkart (1975) señala a la región como una de las más diversas en gramíneas, y resalta la existencia de varios endemismos pertenecientes a esta familia.

Existen diferentes propuestas de regionalización de los pastizales del Río de la Plata, las cuales difieren tanto en el número de subdivisiones, como en la ubicación de los límites entre éstas y en la jerarquía de las diferentes unidades. Por ejemplo, Burkart (1975) sugiere dividir la región en dos subregiones: 1) las *Pampas* argentinas; 2) los *Campos* del Uruguay y la porción austral de Río Grande do Sul. En cambio, Cabrera y Willink (1973), reconocen cuatro distritos dentro de la provincia Pampeana, uno de los cuales abarca Santa Fé, Entre Ríos, Uruguay y el sur de Río Grande do Sul. Otra propuesta es la de Castellanos y Perez Moreau (1944) y Chebataroff (1969). Estos autores reconocen la zona que abarca al Uruguay, la provincia de Entre Ríos y la porción austral de Río Grande del Sur como una provincia fitogeográfica (los primeros la nombran Provincia Uruguay y el segundo Provincia Uruguayense).

A una escala menor, atendiendo exclusivamente el territorio uruguayo, existen diferentes propuestas de zonificación. La regionalización geomorfológica de Chebataroff (1969), sirve según el autor como base para un esquema primario de regionalización florística del Uruguay a gran escala. En el esquema propuesto, el autor delimita las áreas con base a la similitud de las formas del relieve y el material geológico, obteniendo las siguientes unidades: 1) Planicie elevada del litoral, 2) Planicies platenses, 3) Planicies atlánticas, 4) Penillanura, 5) Serranías del este, 6) Penillanura sedimentaria, 7) Cuesta basáltica. En la descripción de las distintas unidades, Chebataroff agrega información de suelos y de especies vegetales dominantes. La clasificación territorial de las áreas con actividad ganadera predominante de Millot et al. (1987), presenta grandes semejanzas con el esquema mencionado de Chebataroff. Desde una aproximación fisionómica, Sganga (1976) elaboró un mapa de vegetación del Uruguay con mayor detalle que los anteriores. El trabajo se basa fundamentalmente en el mapa de suelos y el concepto de vegetación potencial (no explícito en el mismo).

En cuanto a los antecedentes metodológicos directos de la aproximación adoptada en este trabajo, en la región rioplatense, se encuentran los estudios fitosociológicos de pastizales de la Pampa Deprimida (Burkart, et. al., 1998, Burkart, et. al., 1990, Batista, et. al. 1988, León, et. al., 1979). Los mismos se efectuaron en cuatro transecciones, ubicadas

en distintas latitudes que se consideraron representativas de la región (Perelman, 1996). En un trabajo de síntesis posterior Perelman et. al. (2001), describen los patrones de composición de especies a escalas de paisaje y de región concluyendo que la heterogeneidad de la vegetación de la Pampa Deprimida está fuertemente determinada por la topografía y las propiedades químicas del suelo, factores que operan a escala de paisaje (Perelman, 2001).

En lo que atañe al Uruguay, se encuentra la publicación de Rosengurtt (1944), "Las formaciones herbáceas del Uruguay". El esquema clasificatorio propuesto por Rosengurtt en dicho trabajo se basa en el conocimiento de la autoecología de las especies campestres y en una vasta experiencia de campo, pero carece del respaldo de relevamientos formales que documenten los patrones descritos. Cabe señalar que existen estudios con el soporte de datos de campo y con un enfoque fitosociológico, pero llevados a cabo exclusivamente en bosques (Brussa et. al, 1993; Bonifacino et. al, 1998).

### **1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGION**

La región basáltica abarca aproximadamente el 21% del territorio nacional (3,5 millones de hectáreas). Se extiende desde el Río Cuareim al Río Negro y desde la Cuchilla de Haedo hasta las proximidades del río Uruguay. Desde el punto de vista hidrológico se encuentra comprendida en las cuencas de los Ríos Uruguay y Negro (Millot. et. al, 1987).

Los suelos de la región se han formado predominantemente a partir de materiales de la Formación Arapey (Basaltos toleíticos), la cual fue originada por una sucesión de derrames basálticos con esporádicas intercalaciones de delgados lechos de areniscas eólicas y los correspondientes filones alimentadores (Bossi y Navarro, 1988). Además de la variación mineralógica, textural y estructural entre coladas (Goso et. al., 1998), cada colada presenta normalmente tres estratos con textura y estructura características: basal, central y cuspidal (Goso, et. al, 1998). Las tres porciones pueden ser descriptas estructuralmente como lajoso, masivo y vacuolar en orden ascendente. Es necesario, debido a algunas confusiones encontradas en la bibliografía, precisar que existen otras áreas basálticas que no están comprendidas en esta región y que se localizan en el sudeste del Uruguay (Formación Puerto Gómez). El clima de la región es templado a subtropical subhúmedo y se caracteriza por tener precipitaciones medias anuales de entre 1100 y 1300 mm y una temperatura media anual del orden de los 19 °C.

De acuerdo a criterios edafológicos y productivos se distinguen dos subregiones: Basalto superficial y Basalto profundo (Millot et al., 1987). Las principales unidades cartográficas de suelo que corresponden a la primera subregión son Cuchilla de Haedo -

Paso de los Toros (CH-PT) (1.011.523 hás) y Queguay Chico (QCh) (634.158 hás), en tanto que las unidades con predominio de suelos profundos son Cuaró (87.992hás) e Itapebí - Tres Árboles(1.256.516hás). La zona del basalto profundo presenta relieve de colinas y lomadas, en tanto que el basalto superficial contiene además serranías y quebradas (Gudynas y Evia, 2000).

Las características edáficas de la región del Basalto Superficial han impedido las actividades agrícolas y forestales y la vegetación de bosque y matorral es escasa y está restringida a las quebradas y a los márgenes de ríos y arroyos, por lo que los pastizales naturales constituyen el tipo de vegetación dominante. En realidad la región del Basalto Superficial con un porcentaje próximo al 95% representa la superficie de pastizales naturales más extensa del Uruguay (MGAP, 2000). Sobre la base de éstos se desarrolla la ganadería extensiva de ovinos y bovinos como la actividad principal de la zona (MGAP, 2000).

En la región se han llevado a cabo estudios de índole fundamentalmente agronómica como evaluaciones de siembra de cobertura (Formoso y Platero, 2001) y estimaciones de forraje (Berreta, 1998). Son escasos los antecedentes de estudios con énfasis ecológico, pudiéndose mencionar el estudio de evaluación del efecto del pastoreo de Panario y May (1994) y el análisis de utilización y composición vegetal de hábitats del venado de campo de Sturm (2001).

Un denominador común de estos estudios es la utilización de la clasificación de suelos (Altamirano et. al, 1976) como marco de referencia para la extrapolación de sus resultados. Básicamente se trabaja con tres categorías: suelos profundos, medios y superficiales, estos últimos se suelen subdividir según el color en rojos y negros. Los dos tipos principales de suelos medios y profundos son Brunosoles y Vertisoles y los suelos superficiales se corresponden a Litosoles (Berreta, 1998).

Millot et. al (1987) identificaron a la profundidad del suelo como el factor determinante de la distribución de algunas especies de interés agronómico. Destacan el aumento de la importancia relativa de las gramíneas anuales invernales a medida que disminuye la profundidad del suelo. Este autor caracteriza el aporte de biomasa de las pasturas sobre suelos superficiales como invernal, y el de las pasturas sobre suelos medios y profundos como predominantemente primavero - estival. Sganga (1976) en concordancia con lo anterior, clasifica las unidades de suelo del basalto superficial Cuchilla de Haedo - Paso de los Toros y Queguay Chico (abarcadas en este estudio) como áreas de pradera invernal con comunidades litofilas y pradera predominantemente invernal respectivamente.

A efectos del estudio de índole fitosociológico que se plantea en este trabajo la región del Basalto Superficial ofrece la oportunidad de distribuir observaciones de

vegetación en una gran área, o sea de abarcar una gran extensión geográfica en búsqueda de patrones generales a escala regional, manteniendo la variación de factores relevantes para la vegetación como la geología, el uso actual o la historia de uso de cada sitio dentro de rangos estrechos.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El ordenamiento territorial, la planificación del manejo y de la conservación de la naturaleza no puede prescindir de inventarios de vegetación apropiados (Mucina, 1997). De los antecedentes presentados surge la existencia de estudios descriptivos pormenorizados edafológicos y geológicos, pero una notoria carencia de estudios sobre vegetación, especialmente clasificaciones y descripciones florísticas de las distintas regiones del Uruguay. Asimismo las clasificaciones florísticas son necesarias para contextualizar los estudios y programas de conservación de biodiversidad. Adquieren especial relevancia y urgencia los esfuerzos de clasificación y cartografía de la vegetación, en vistas de la acelerada tasa de cambio del uso de la tierra del Uruguay en las últimas décadas.

#### OBJETIVO GENERAL

Describir la heterogeneidad de los pastizales naturales en cuanto a sus características fisonómicas, composición de especies y controles ambientales en una amplia zona de la región basáltica del Uruguay.

#### OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Elaborar una clasificación de comunidades herbáceas e identificar las especies indicadoras de cada una.
- b) Caracterizar el ambiente de cada una de las comunidades.
- c) Identificar los gradientes principales de vegetación y evaluar sus relaciones con variables ambientales (geomorfológicas y edafológicas) y atributos funcionales (Índice Verde Normalizado).
- d) Examinar la contribución de especies exóticas y endémicas a la flora regional y su distribución a través de rangos de hábitat o de tipos de comunidades.

## 2. METODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio abarcó las áreas de las unidades de suelo Cuchilla de Haedo - Paso de los Toros (CH – PT) y Queguay Chico (QCh) comprendidas en la transección E-O de 100 km, representada en la Figura 1. Los suelos de ambas unidades fueron originados directamente a partir de rocas basálticas, de removilizaciones de éstas o de sedimentos limo – arcillosos cuaternarios (Altamirano et al., 1976). Las unidades de suelo se diferencian principalmente por características de textura, capacidad de intercambio catiónico y color de los suelos dominantes, en ambos casos pertenecientes al gran grupo de Litosoles (Altamirano et. al, 1976) (Tabla CH- PT y QCh). En menor medida se encuentran en el área de estudio Brunosoles, Vertisoles y afloramientos (Tabla 1). Según Alvarez et al.(1990) esta área está comprendida en la clase de suelos con menor capacidad de almacenaje de agua del país.

**Tabla 1.** Suelos dominantes y asociados de las unidades de suelo comprendidas en el área de estudio.

| UNIDAD DE SUELO |  |
|-----------------|--|
| CH-PT           |  |
| Dominante       | Litosoles éútricos/subéútricos melánicos Fr muy superficiales/superficiales, ródicos   |
| Asociados       | Litosoles éútricos melánicos LAc/Fr muy superficiales<br>Brunosoles éútricos típicos LAc, moderadamente profundos, vérticos<br>Afloramientos rocosos |
| QCh             |  |
| Dominante       | Litosoles éútricos melánicos LAc/Fr muy superficiales, ródicos   |
| Asociados       | Litosoles subéútricos melánicos Fr muy superficiales/superficiales, ródicos<br>Brunosoles éútricos típicos LAc, moderadamente profundos, vérticos    |

---

Vertisoles háplicos Ac moderadamente profundos  
(profundos)  
Afloramientos rocosos

---

Desde el punto de vista geológico, de acuerdo a datos brindados por la gravimetría y la tectónica posteriores a la elaboración de la Carta de Suelos, el área de estudio comprende dos zonas diferentes, formaciones Curtina y Piedra Sola (Bossi & Schipilov, 1998). Según estos autores cada una presenta propiedades geomorfológicas, litológicas, edáficas y estructurales diferentes (Bossi & Schipilov, 1998). Las áreas abarcadas por el estudio de la unidad de suelo QCh están incluidas en su totalidad en la formación Piedra Sola en tanto que las áreas de la unidad CH-PT se distribuyen entre las dos formaciones.

De acuerdo con información del Censo Agropecuario (2000), aproximadamente el 85% de la superficie del área de estudio corresponde a establecimientos mayores a las 1000 hectáreas, y el 55 % por establecimientos mayores a las 2500 hectáreas. Según esta fuente, aproximadamente el 92% del área de estudio corresponde a campo natural, el 4 % a agricultura y el 1.5 % a campo natural con mejoramientos extensivos (fertilización o siembra de cobertura).

## 2.2 OBTENCIÓN DE LOS DATOS

El muestreo de vegetación se realizó de acuerdo al método relevé (Mueller - Dombois & Ellenberg, 1974; California Native Plant Society Vegetation Comitee, 2000), y se empleó el término censo para denominar cada observación. Se seleccionaron preferencialmente stands de manera de abarcar todo el rango de variación fisionómica percibido en los trayectos recorridos. Se localizaron cuadrados de 10x10 m en áreas centrales de los stands seleccionados y se registraron todas las especies presentes en los mismos. A cada especie se le asignó un valor de cobertura –abundancia siguiendo la escala de Braun-Blanquet modificada que se muestra en la Tabla 2. La lista de especies fue completada con el registro de nuevas especies encontradas en una amplia recorrida del stand.

**Tabla 2.** Escala de cobertura - abundancia utilizada en el trabajo.

| CATEGORÍA                              | COBERTURA -- ABUNDANCIA                        |
|--|--|
| R                                      | Cobertura despreciable. Un individuo.          |
| X                                      | Cobertura despreciable(<1%) Varios individuos. |
| 1                                      | $1\% \leq \text{Cobertura} < 5\%$              |
| Intervalos de 5% hasta llegar al 100%. | Especies con cobertura $\geq 5\%$ .            |

Se llevó a cabo además una descripción estructural de los stands relevados que consistió en registrar el número de estratos presentes, sus coberturas y alturas respectivas.

En cada stand relevado se realizó un pozo de aproximadamente 40 x 40 cm de ancho hasta pasar los 50 cm registrando la profundidad máxima de exploración de las raíces en una escala ordinal de seis intervalos (I=0-10cm, II=10-20 cm, III=20-30cm, IV=30-40cm, V=40-50cm y VI más de 50 cm). Asimismo se obtuvo una muestra de los primeros 10 cm de suelo con el fin de determinar la textura y el color del suelo de cada sitio de relevamiento. La textura del suelo fue medida usando procedimientos gravimétricos (Bouyoucos, 1936). El color de las muestras secas y tamizadas fue determinado con una Tabla de Munsell en el laboratorio.

A su vez se describió macro y microtopográficamente cada stand, registrando la exposición y la pendiente máxima según una escala ordinal de cinco clases (1=0-5°, 2=6-10°, 3=11-15°, 4=16-20°, 5=21-25°). La rocosidad, pedregosidad, cobertura vegetal y porcentaje de suelo desnudo fueron variables estimadas visualmente. El censo incluyó



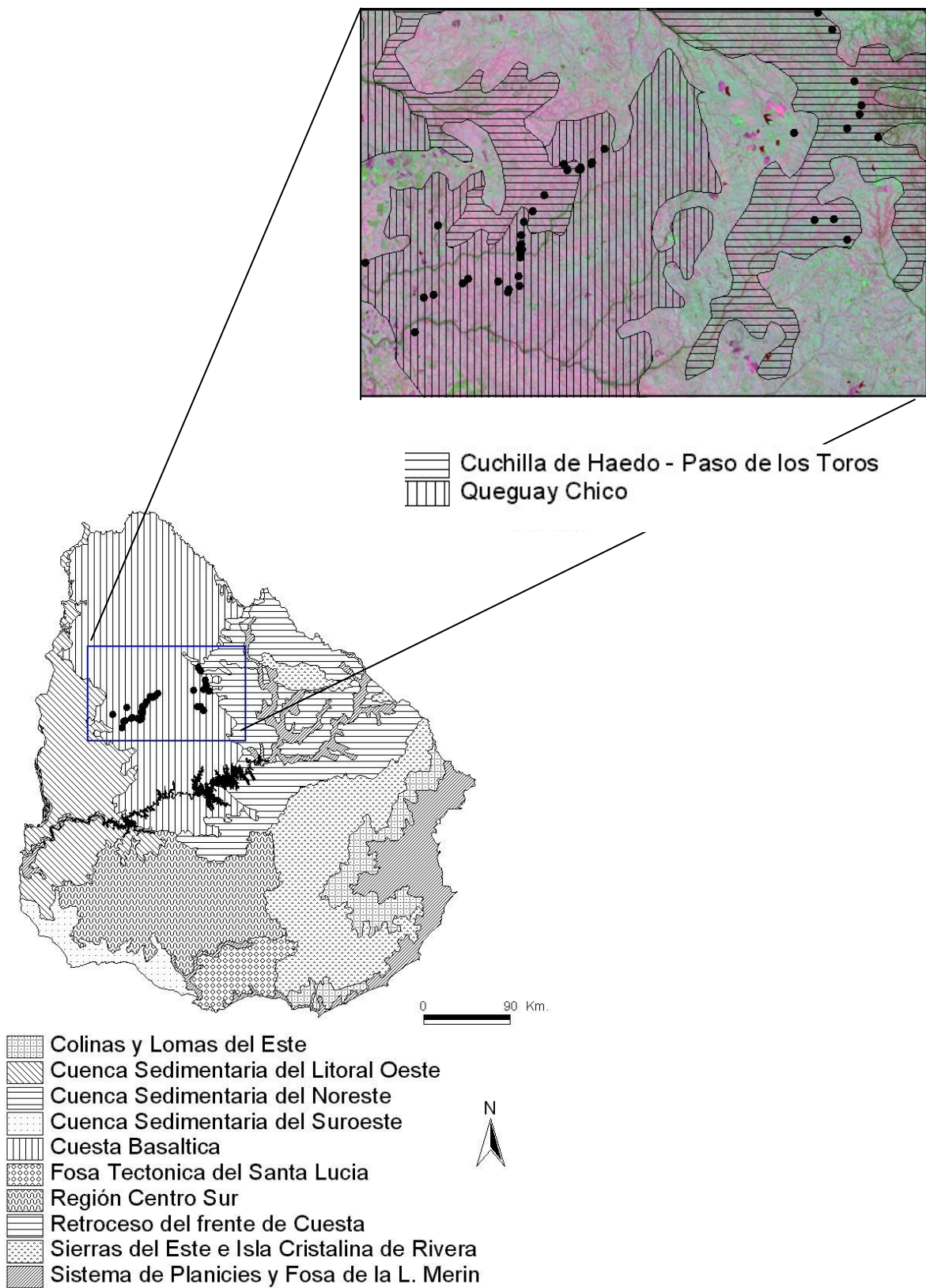
además una apreciación del aspecto del stand, generalmente determinado por las especies dominantes, una estimación del tamaño del mismo de acuerdo a la escala:  $1 \leq 5000 \text{ m}^2$ ,  $2 = 5000 < 2 \leq 10.000 \text{ m}^2$ ,  $3 \geq 1 \text{ há}$ , y un registro de la presencia de fecas de ganado de acuerdo a la escala: 1= escaso, 2= moderada, 3= abundante.

Fueron evitadas en el relevamiento áreas con alto grado de perturbación (por ejemplo los dormideros de ovejas) y campos con siembras en cobertura. La mayor parte de los censos fueron georeferenciados mediante un dispositivo de geoposicionamiento satelital.

Los relevamientos se llevaron a cabo en los meses de noviembre y diciembre, período en el cual la mayoría de las especies presentan estructuras reproductivas que permiten su identificación.

La localización del área de estudio y los censos está representada en la Figura 1 (los datos de las coordenadas de los censos se presentan en el Apéndice 1).

Se calculó el Índice verde normalizado (IVN) para los sitios relevados a partir de imágenes Landsat TM de setiembre de 1999 y enero de 2000. Los valores de IVN para los sitios se obtuvieron promediando los valores de los cuatro pixeles de  $30 \times 30 \text{ m}$  más cercanos al punto georeferenciado. El IVN es un estimador de la fracción fotosintéticamente activa absorbida por el dosel de la vegetación y se calcula a partir de la reflectancia en las bandas del rojo y el infrarrojo cercano ( $IVN = IRC - R / IRC + R$ ) (Gallo et al., 1985). La fracción fotosintéticamente activa absorbida por el dosel es utilizada en el modelo de Montheith para estimar la productividad primaria neta aérea (PPNA). Dicho modelo postula que la PPNA es directamente proporcional a la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida por el dosel, y presenta una constante de proporcionalidad que corresponde a la eficiencia de conversión de energía radiante en biomasa.



**Figura 1.** Localización del área de estudio y censos en mapa geomorfológico de Uruguay (Panario, 1988).

### 2.3 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de campo se reunieron en una matriz de 46 censos (columnas) y 274 especies (filas). En primer lugar los datos de cobertura - abundancia de las especies fueron transformados a datos de presencia - ausencia. Posteriormente se calculó la constancia de las especies en el conjunto total de censos, es decir el porcentaje del total de censos en los que está presente cada especie. El siguiente paso fue descartar de la matriz las especies con una constancia menor al 5% con el propósito de reducir el ruido (Gauch, 1982). Debido a que las técnicas multivariadas son afectadas fuertemente por la presencia de "outliers" (McCune & Mefford, 1999), previamente a éstas se realizó un análisis para su detección. Se consideraron "outliers" aquellas especies o censos cuyos promedios de distancia se apartaron más de dos desviaciones estándar de la media de los promedios de distancia (McCune & Mefford, 1999).

Se llevaron a cabo análisis de clasificación aglomerativos para identificar agrupamientos de censos y las relaciones jerárquicas entre ellos. A tal efecto se utilizó como algoritmos de fusión los métodos de ligamiento promedio (UPGMA) y de Ward y las medidas de distancia de Jaccard y Sorensen. Debido a que las ordenaciones evidenciaron dos ejes de variación relevantes, se siguió la recomendación de no utilizar el muy difundido TWINSPLAN (análisis de agrupamiento divisivos) (McCune & Mefford, 1999).

Para las tipologías obtenidas se realizó análisis de especies indicadoras (método INDVAL de Dufrene y Legendre (1997)). El método consiste en asignarle a cada especie un valor indicador de 0 a 100% en cada nivel de una tipología jerárquica. La fórmula del índice es la siguiente:

$$\text{IndVal}_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100$$

$$A_{ij} = N_{\text{individuos}_{ij}} / N_{\text{individuos}_i}$$

$$B_{ij} = N_{\text{sitios}_{ij}} / N_{\text{sitios}_j}$$

donde IndVal es el valor indicador de la especie  $i$  en el agrupamiento de sitios  $j$ .  $A_{ij}$  es una medida de la especificidad de la especie a un agrupamiento de sitios,  $N_{\text{individuos}_{ij}}$  es el número promedio de individuos de la especie  $i$  a través de los sitios del grupo  $j$ .  $N_{\text{individuos}_i}$  es la suma de los promedios de individuos de la especie  $i$  de todos los grupos.  $N_{\text{sitios}_{ij}}$  es el número de sitios del agrupamiento  $j$  en los cuales está presente la especie  $i$  y  $N_{\text{sitios}_j}$  es el número total de sitios del agrupamiento  $j$ .  $B_{ij}$  es una medida de fidelidad de la especie a un grupo de sitios, su valor es máximo cuando la especie  $i$  está presente en todos los sitios de agrupamiento  $j$ . Los valores de A y B son combinados por multiplicación y el valor indicador de la especie  $i$  para una tipología de sitios es el mayor valor de IndVal

observado en todos los grupos *j* de la tipología. El índice es máximo(=100%) cuando todos los especímenes de la especie están presentes en un único grupo de muestras y cuando la especie ocurre en todas las muestras del grupo. La significancia estadística de los valores indicadores de las especies es evaluada utilizando un procedimiento de aleatorización (Dufrene y Legendre, 1997). Se utilizó la suma de los valores indicadores significativos de las especies para cada nivel de los dendrogramas, con el fin de determinar los niveles más importantes (Dufrene y Legendre, 1997). Se utilizó como criterio también la suma de los valores indicadores para comparar las tipologías resultantes de las estrategias de ligamiento utilizadas y elegir cuál de las dos explica mejor la distribución de las especies (Dufrene y Legendre, 1997). Las especies con valores indicadores significativos y mayores a 70% fueron consideradas características y utilizadas para la descripción y denominación de los agrupamientos de censos (McGeoch et al, 2002).

Las especies registradas se asignaron a distintas categorías de tipos funcionales de plantas (TFP) para llevar a cabo una descripción estructural de las comunidades florísticas y facilitar la interpretación de los gradientes florísticos detectados. Los TFP utilizados fueron: gramínoideas, suculentas, gramíneas anuales, gramíneas perennes, hierbas anuales, hierbas perennes y arbustos. Asimismo, se agruparon las especies de gramíneas en invernales y estivales de acuerdo a su ciclo de crecimiento.

Las comunidades se caracterizaron en términos de las variables ambientales cuantificadas, la riqueza específica, la cobertura del suelo y la cobertura de los distintos TFP. La descripción de las comunidades también se basó en el aspecto conferido por las especies dominantes y en la macro y micro topografía de los sitios censados.

Se utilizaron Análisis de Escalamiento Multidimensional No-métrico (NMDS) y Análisis de Correspondencia (AC) para detectar los ejes principales de variación florística. La matriz de distancias utilizada en el NMDS se construyó mediante la medida de distancia de Bray Curtis. Para este análisis fue seleccionado el modo autopilot (Pcord4), como procedimiento de corridas múltiples, elección de mejor solución para cada dimensionalidad y test de significancia (McCune & Mefford, 1999). El AC se llevó a cabo con la opción por defecto del programa de disminuir el peso relativo de las especies raras ("downweighting of rare species").

El porcentaje de varianza explicado por las ordenaciones se obtuvo a través del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de Pearson entre las distancias del espacio de ordenación y las distancias del espacio original (McCune & Mefford, 1999).

Las ordenaciones sirvieron para evaluar el análisis de clasificación, representando la pertenencia de los censos a las distintas unidades en los diagramas de ordenación (Kent y

Cocker, 1992).

Se utilizaron análisis de correlación paramétricos y no paramétricos para explorar las relaciones entre los ejes de variación florística y variables bióticas y abióticas. Para las variables ordinales (profundidad del suelo y pendiente) se utilizó correlación de Kendall y para las variables cuantitativas (rocosidad, pedregosidad, arena, limo, arcilla, grava, cobertura del suelo, riqueza de especies, cobertura de los TFP e IVN) se utilizó correlación de Pearson.

Por su relevancia fitogeográfica fueron examinados los grupos de especies endémicas y exóticas a través de su contribución a la lista total de especies y a través de su relación con los principales gradientes florísticos y los tipos de comunidades identificados.

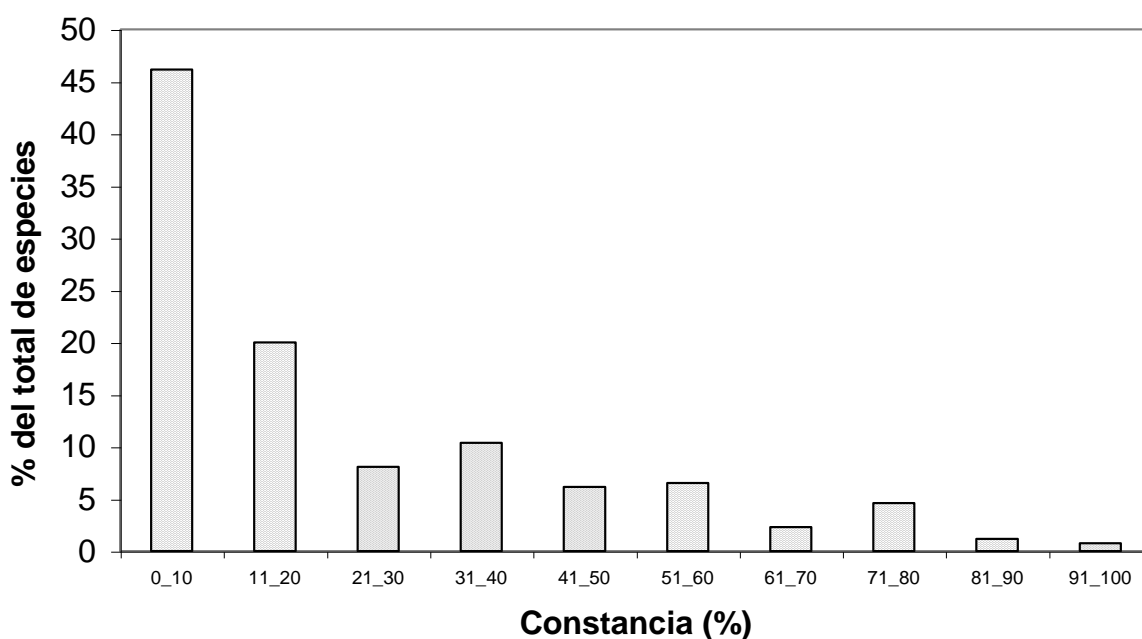
Se utilizó análisis de PROCRUSTES con tests de permutaciones para comparar las configuraciones resultantes de las distintas ordenaciones. Esta aproximación permite cuantificar el ajuste entre dos ordenaciones y evaluar si el mismo es mayor al esperado por azar (Jackson, 1995).

Los análisis de ordenamiento y agrupamiento se llevaron a cabo con el software PC-ORD.4, y el análisis de procrustes con el programa Protest (Jackson, 1995;Pérez y Jackson, 1995).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y DE FORMAS DE VIDA

En un total de 46 censos se registraron 274 especies de plantas vasculares, agrupadas en 43 familias (Apéndice 2). Aproximadamente el 50% de las especies fueron raras, apareciendo en menos de cinco censos (con una constancia menor al 10%)(Figura 2). Solamente dos especies, *Dichondra sericea* y *Plantago myosurus*, aparecieron con una constancia mayor al 90% (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentaje del total de especies en función de los rangos de frecuencia de censos en los que está presente cada especie (% Constancia).

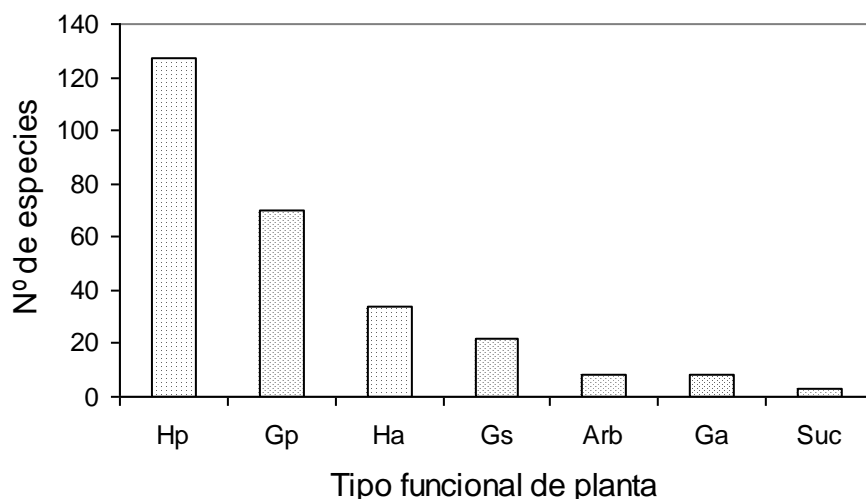
La familia más numerosa fue Poaceae con 78 especies, seguida de Asteraceae con 44 especies (Tabla 3). Los géneros más representados en número de especies fueron: *Stipa* (8), *Paspalum* (7), *Aristida* (7), *Conyza* (5) y *Piptochaetium* (5).

El 95,1% de los ejemplares colectados en el terreno pudo ser identificado a nivel de especie. La principal dificultad para la identificación fue la ausencia de estructuras reproductivas, especialmente en los ejemplares de los géneros *Oxalis*, *Sisyrinchium* y *Gamochaeta*.

**Tabla 3.** Número de especies de las familias más representadas en el estudio.

| Familia          | Nº de spp |
|------------------|-----------|
| POACEAE          | 78        |
| ASTERACEAE       | 39        |
| CYPERACEAE       | 13        |
| FABACEAE         | 11        |
| RUBIACEAE        | 9         |
| SCROPHULARIACEAE | 7         |
| SOLANACEAE       | 7         |
| MALVACEAE        | 7         |
| CARYOPHYLLACEAE  | 7         |
| EUPHORBIACEAE    | 7         |

En la lista de especies están representadas distintos Tipos Funcionales de Planta (TFPs); las hierbas perennes constituyen el grupo más numeroso (45,5%), seguido por las gramíneas perennes (25,8%), las hierbas anuales (12%), los graminoides (7.9%), los arbustos (3.2%), las gramíneas anuales (2.8%) y las suculentas (1.1%) (Figura 3). La especie *Selaginella sellowii* fue considerada como una categoría en si misma (Pteridofita). Las graminoides no se discriminaron por el ciclo de vida debido a que en los géneros *Bulbostylis* y *Sisyrinchium* no se pudo llegar a identificar a nivel de especie. En cuanto al ciclo de vida, el 84,5% de las especies fueron perennes y el 15,5% restante fueron anuales o bienales .



**Figura 3.** Contribución porcentual de los diferentes Tipos Funcionales de Plantas a la flora registrada en el estudio. Hp= Hierbas perennes, Gp= Gramíneas perennes, Ha= Hierbas anuales, Gs= Graminoides, Arb= Arbustos, Ga= Gramíneas anuales, S= Suculentas.

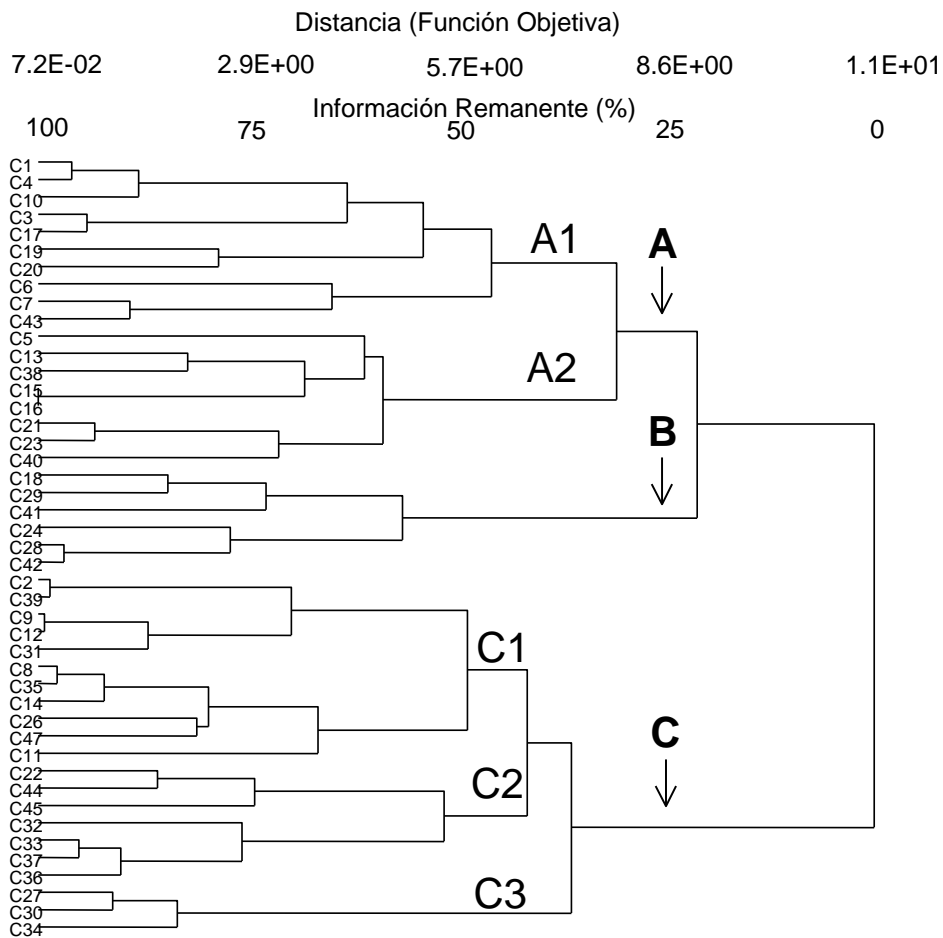
### 3.2 CLASIFICACIÓN

La eliminación de las especies de constancia menor al 5% tuvo como resultado una disminución de 274 a 199 en el número de especies (29%). Solamente un censo fue identificado como outlier, mientras que ninguna especie fue considerada como tal. Por consiguiente se utilizó en los análisis una matriz de 45 censos x 199 especies. El censo descartado como outlier fue realizado en un afloramiento rocoso convexo con escasa cobertura vegetal y un número de especies particularmente bajo.

A partir del análisis de clasificación por medio del método de Ward y la medida de distancia de Jaccard se reconoció una estructura de seis comunidades agrupadas en tres unidades principales (Figura 4). El dendrograma resultante de esta combinación de medida de distancia y algoritmo de fusión y los niveles del mismo seleccionados para el reconocimiento de agrupamientos de censos presentaron las sumas más elevadas de valores indicadores en comparación con los otros dendrogramas y los otros niveles del mismo dendrograma respectivamente (Figura 4). De acuerdo a Dufrene y Legendre (1997) este resultado se interpreta como el que explica mejor la distribución de las especies. Igualmente cabe destacar el grado elevado de concordancia del dendrograma seleccionado con respecto a los resultantes de las otras opciones (UPGMA + Jaccard y UPGMA + Sorensen), especialmente en los niveles superiores.

Las unidades principales de vegetación reconocidas se asociaron a diferentes posiciones macrotopográficas y cada una presentó características fisonómicas distintivas. La Unidad A incluyó dos comunidades y se ubicó preferentemente en laderas de colinas y lomadas fuertes así como laderas escarpadas de sierras y áreas altas convexas de colinas y sierras. Las especies que presentaron mayor valor indicador de esta unidad fueron *Piptochaetium montevidense* y *Richardia humistrata* (Tabla 4). La Unidad B incluyó una comunidad y estuvo asociada a sitios planos de exportación de materiales en posiciones altas y medias del paisaje. Las especies que presentaron mayor valor indicador de esta unidad fueron *Hordeum pusillum* y *Selaginella sellowii* (Tabla 4). La Unidad C incluyó tres comunidades y se ubicó preferentemente en laderas plano cóncavas, en pendientes menores, en valles y en interfluvios tabulares. Las especies que presentaron mayor valor indicador de esta unidad fueron *Paspalum dilatatum* y *Coelorhachis selloana* (Tabla 4).





| $\Sigma IV$ | WARD          | UPGMA  |
|-------------|---------------|--------|
| 1           | 5066,7        | 5066,7 |
| 2           | <b>5113,2</b> | 5113,2 |
| 3           | 5062,2        | 4782,5 |
| 4           | 4847,5        | 5051,2 |
| 5           | <b>5173,5</b> | 4538,3 |
| 6           | 5165,6        | 4723,9 |
| 7           | 5051,3        | 4590,5 |
| 8           | 4634,0        | 4593,5 |

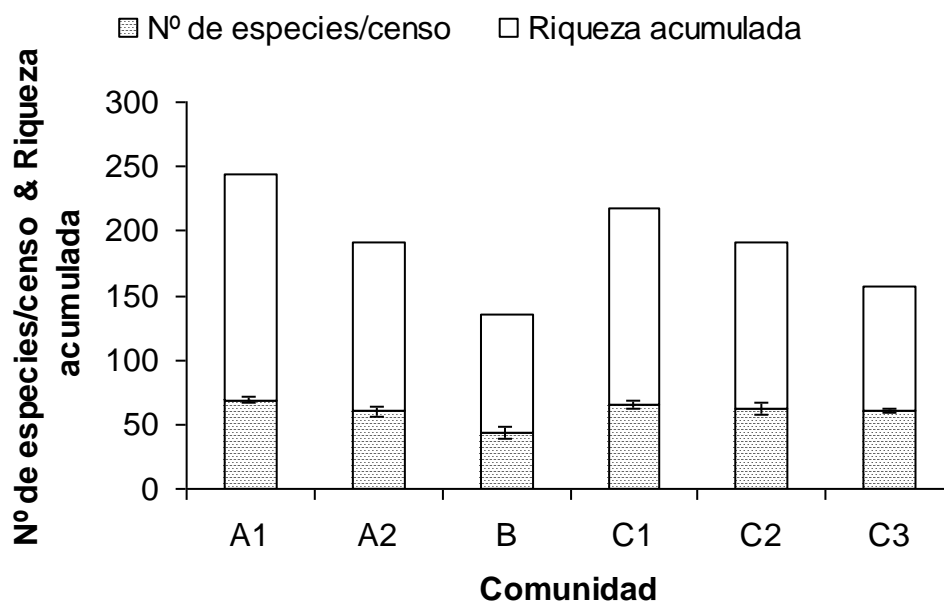
**Figura 4.** Clasificación jerárquica de los censos mediante el algoritmo de Ward. La Tabla ilustra las sumas de los valores indicadores para cada nivel de los dendrogramas resultantes de los algoritmos de Ward y UPGMA.

**Tabla 4.** Especies indicadoras (con valores IV mayores a 70%) de las unidades principales de vegetación para la región basáltica.

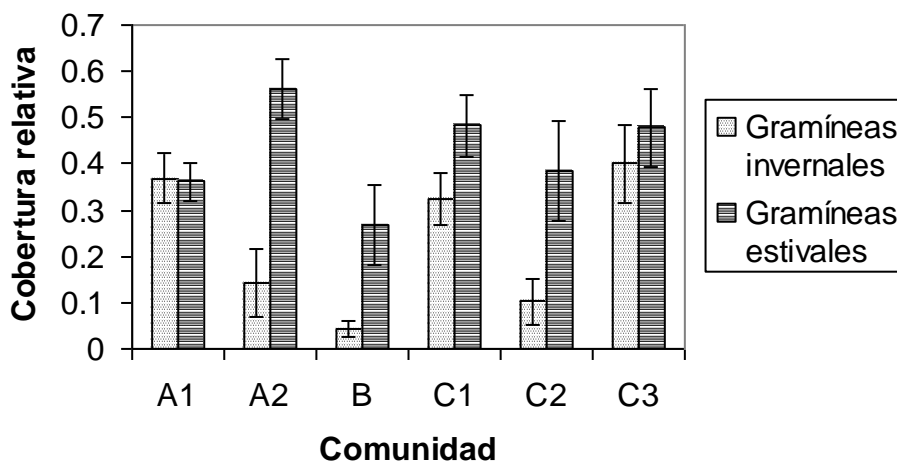
| UNIDAD | Especie                           | IV   |
|--------|-----------------------------------|------|
| A      | <i>Piptochaetium montevidense</i> | 92.1 |
|        | <i>Richardia humistrata</i>       | 87.7 |
|        | <i>Baccharis coridifolia</i>      | 81.3 |
|        | <i>Bothriochloa laguroides</i>    | 80.8 |
|        | <i>Wahlenbergia linarioides</i>   | 80.4 |
|        | <i>Schizachyrium spicatum</i>     | 74.3 |
|        | <i>Ayenia mansfeldiana</i>        | 72.2 |
|        | <i>Eragrostis neesii</i>          | 72   |
|        | <i>Aristida venustula</i>         | 72   |
|        | <i>Oenothera sp.</i>              | 72   |
| B      | <i>Hordeum pusillum</i>           | 88.6 |
|        | <i>Selaginella sellowii</i>       | 84.9 |
|        | <i>Portulaca papulosa</i>         | 83.3 |
|        | <i>Euphorbia pampeana</i>         | 82.1 |
|        | <i>Bulbostylis sp.</i>            | 78.8 |
|        | <i>Richardia stellaris</i>        | 78   |
|        | <i>Tripogon spicatus</i>          | 74.9 |
| C      | <i>Paspalum dilatatum</i>         | 94.9 |
|        | <i>Coelorhachis selloana</i>      | 92.4 |
|        | <i>Panicum hians</i>              | 92   |
|        | <i>Scutellaria racemosa</i>       | 80   |
|        | <i>Mecardonia montevidensis</i>   | 78.6 |
|        | <i>Piptochaetium stipoides</i>    | 78.3 |
|        | <i>Axonopus affinis</i>           | 76.2 |
|        | <i>Aristida uruguayensis</i>      | 74.4 |
|        | <i>Rhynchospora luzuliformis</i>  | 71.4 |
|        | <i>Stipa charruana</i>            | 71.4 |

**Tabla 5.** Valores de moda, mínimo y máximo de rocosidad (%), pedregosidad (%), suelo desnudo (%), cobertura vegetal (%), profundidad (1-6), pendiente (1-5) y tamaño (1-3) correspondientes a las seis comunidades (ver texto).

|               | A1        | A2         | B         | C1          | C2         | C3      |
|---------------|-----------|------------|-----------|-------------|------------|---------|
| Rocosidad     | 0(0;10)   | 0(0;20)    | 20(20;65) | 0 (0)       | 0(0)       | 0(0)    |
| Pedregosidad  | 5(1;35)   | 40(5;40)   | 20(10;30) | 0(0;5)      | 0(0;10)    | 0(0)    |
| Suelo desnudo | 1(0;5)    | 0(0;25)    | 0(0;1)    | 0(0;25)     | 0(0;10)    | 0(0)    |
| Cobertura Veg | 95(50;95) | 60(40;85)  | 50(20;60) | 100(75;100) | 90(90;100) | 100 (0) |
| Profundidad   | 3(2;6)    | 1y 3 (1;3) | 1(-)      | 6(3;6)      | 6(-)       | 6(-)    |
| Pendiente     | 1(1;5)    | 1(1;4)     | 1(-)      | 1(-)        | 1(-)       | 1(-)    |
| Tamaño        | 1(1;3)    | 1(1;3)     | 1(1-3)    | 3(1;3)      | 1(1-3)     | 3(-)    |



**Figura 5.** Riqueza de especies promedio ( $\pm 1$  ES) y riqueza acumulada para cada una de las comunidades.



**Figura 6.** Coberturas relativas de gramíneas invernales y estivales (promedio  $\pm$  1 ES).

#### COMUNIDAD A1

La comunidad A1 está representada por un agrupamiento de diez censos ubicados en domos y en laderas con pendientes moderadas (0-5°) a fuertes (20-25°) (Tabla 5). La profundidad del suelo varió desde el intervalo de 10 a 20 cm a más de 50 cm, encontrándose en la mayoría de los casos la profundidad en el intervalo de 20 a 30 cm (Tabla 5). Los primeros 10 cm del perfil del suelo presentaron en el mayor número de los casos textura franca (Tabla 6) y color pardo oscuro 10YR (Tabla 7). El tamaño de los stands fue en la mayor parte de los casos menor a 0,5 há (Tabla 5).

**Tabla 6.** Textura del suelo de las comunidades (cada asterisco representa un censo).

|                   | A1    | A2    | B    | C1    | C2    | C3 |
|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|----|
| arenoso-franco    | *     | *     | **** |       |       |    |
| arenoso-arcilloso | *     | **    |      |       |       | *  |
| franco            | ***** | ***** | **   | *     |       |    |
| franco-arcilloso  | **    |       |      |       |       |    |
| limo-arcilloso    |       |       |      | ***** |       | ** |
| arcilloso         | *     |       |      | ***   | ***** |    |

**Tabla 7.** Color del suelo de las comunidades (cada asterisco representa un censo). Se presentan los componentes del color: hue, value y chroma, y el nombre de acuerdo a la Tabla de Munsell

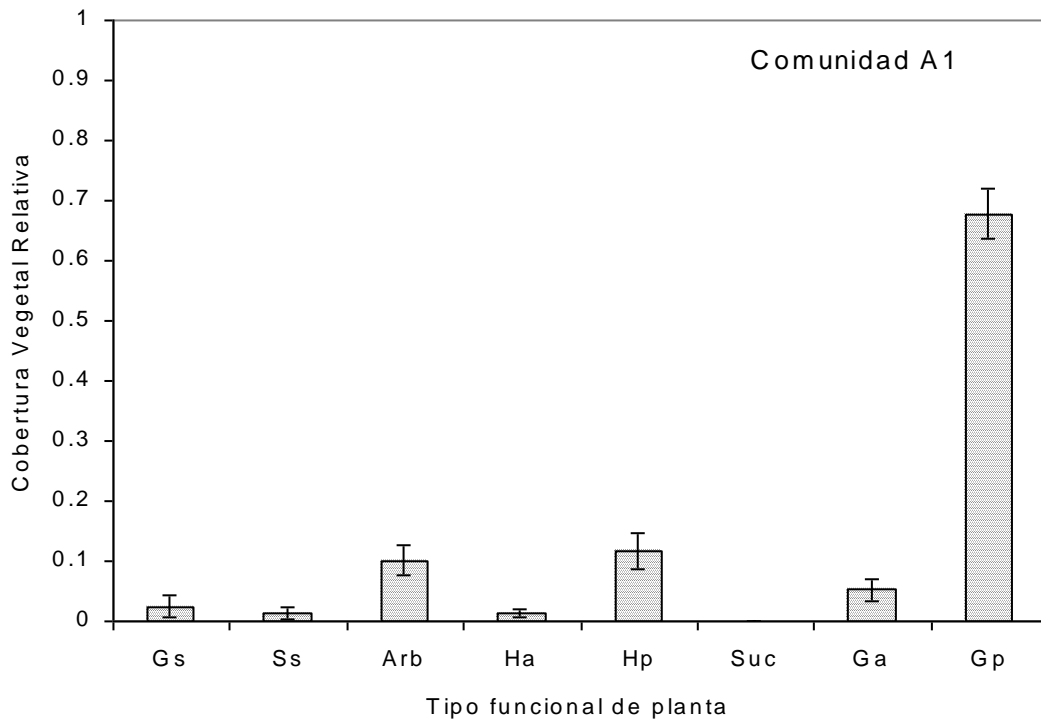
| HUE    | VALUE/CHROMA |                           | A1    | A2 | B | C1   | C2  | C3 |
|--------|--------------|---------------------------|-------|----|---|------|-----|----|
| 7,5 YR | 4_2          | pardo                     |       | *  |   |      |     |    |
|        | 4_3          | pardo                     |       |    | * |      |     |    |
|        | 4_4          | pardo                     |       | *  |   |      |     |    |
|        | 3_3          | pardo oscuro              |       | *  |   |      |     |    |
|        | 3_4          | pardo oscuro              | *     | ** |   |      |     |    |
|        |              |                           |       |    |   |      |     |    |
| 10 YR  | 5_2          | pardo grisáceo            |       |    |   | *    |     |    |
|        | 4_2          | pardo grisáceo oscuro     |       |    | * | *    |     |    |
|        | 4_3          | pardo                     |       |    | * |      |     |    |
|        | 3_1          | gris muy oscuro           |       |    | * | ***  | *** | ** |
|        | 3_2          | pardo grisáceo muy oscuro |       |    | * |      | **  | *  |
|        | 3_3          | pardo oscuro              | ***** | ** | * |      |     |    |
|        | 3_4          | pardo amarillento oscuro  | *     |    |   |      |     |    |
|        | 2_2          | pardo muy oscuro          | ***   |    |   | *    |     |    |
|        | 2_1          | negro                     |       | *  |   | **** | **  |    |

La cobertura vegetal de esta comunidad fue media y alta (entre 50 y 95 %), con porcentajes de rocosidad, pedregosidad y suelo desnudo bajos (Tabla 5). La comunidad A1 presentó un promedio de 68,8 especies por censo y una riqueza acumulada de 176 especies (Figura 5).

Las especies indicadoras de A1 fueron *Melica rigida* y *Bothriochloa laguroides* (Tabla 8). Además presentaron un alto valor indicador las siguientes especies: *Baccharis coridifolia* (64), *Wahlenbergia linarioides* (67), *Richardia humistrata* (69) y *Rhynchosia senna* (65) (Tabla 8). El aspecto de la comunidad está dado principalmente por las especies indicadoras, por *Baccharis coridifolia* y por especies del género *Aristida*. Fisonómicamente se pueden distinguir dos tipos de comunidad A1. La mayor parte de los stands presentaron un mosaico de parches de dos alturas, un estrato bajo de 5-10 cm constituido por hierbas y gramíneas de tamaño reducido y un estrato de 30 cm de gramíneas erectas y *Baccharis coridifolia*. El resto de los stands presentaron un estrato dominante de 30 cm de altura, compuesto predominantemente por *Stipa filiculmis*, una gramínea erecta de tamaño medio.

En la comunidad A1 están representados todos los tipos funcionales excepto la categoría de plantas suculentas. Las gramíneas perennes fueron dominantes con una

cobertura relativa promedio de 0,7, en orden de importancia le siguieron las hierbas perennes, los arbustos y las gramíneas anuales (Figura 7). El tapiz está constituido por proporciones semejantes de gramíneas invernales y estivales (Figura 6).



**Figura 7.** Cobertura relativa de los Tipos Funcionales de Plantas (promedio,  $\pm$  ES) correspondiente a la comunidad A1. Gs= Graminoides, Ss= *S. sellowii*, Arb= Arbustos, Ha= Hierbas anuales, Hp= Hierbas perennes, Suc= Suculentas, Ga= Gramíneas anuales, Gp= Gramíneas perennes.

**Tabla 8.** Tabla de dos vías representando los valores indicadores de las especies para las comunidades determinadas a partir del análisis de agrupamiento. Se indican los taxa con valores indicadores significativos ( $p < 0.05$ ) y mayores a 25%. En negrita se representan aquellos con un valor indicador  $> 70\%$ .

|                                   | <b>A1</b> | <b>A2</b> | <b>B</b>  | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b> |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Melica rigida</b>              | <b>83</b> | <b>1</b>  | <b>0</b>  | <b>7</b>  | <b>0</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Botriochloa laguroides</b>     | <b>74</b> | <b>4</b>  | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>1</b>  | <b>0</b>  |
| <i>Richardia humistrata</i>       | 69        | 23        | 1         | 1         | 0         | 0         |
| <i>Wahlenbergia linarioides</i>   | 67        | 13        | 0         | 4         | 0         | 0         |
| <i>Rhynchosia senna</i>           | 65        | 5         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Baccharis coridifolia</i>      | 64        | 7         | 0         | 3         | 0         | 22        |
| <i>Gomphrena perennis</i>         | 60        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Tragia geraniifolia</i>        | 59        | 7         | 1         | 0         | 0         | 2         |
| <i>Trachypogon montufari</i>      | 59        | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Stipa papposa</i>              | 54        | 0         | 0         | 4         | 0         | 0         |
| <i>Convulvulus laciniatus</i>     | 54        | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Piptochaetium montevidense</i> | 51        | 42        | 0         | 5         | 0         | 0         |
| <i>Oenothera sp.</i>              | 47        | 26        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Lathyrus subulatus</i>         | 40        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Schizachyrium salzmanii</i>    | 38        | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Acalypha communis</i>          | 30        | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <br>                              |           |           |           |           |           |           |
| <b>Aristida venustula</b>         | <b>6</b>  | <b>78</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  |
| <b>Chevreulia sarmentosa</b>      | <b>6</b>  | <b>70</b> | <b>1</b>  | <b>5</b>  | <b>1</b>  | <b>0</b>  |
| <i>Euphorbia serpens</i>          | 2         | 67        | 8         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Oxypetalum microphyllum</i>    | 0         | 63        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Chloris grandiflora</i>        | 3         | 61        | 32        | 0         | 0         | 0         |
| <i>Aristida echinulata</i>        | 0         | 61        | 1         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Schizachyrium spicatum</i>     | 21        | 56        | 0         | 11        | 1         | 0         |
| <i>Ayenia mansfeldiana</i>        | 24        | 49        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Eragrostis neesii</i>          | 28        | 48        | 1         | 2         | 0         | 0         |
| <i>Microchloa indica</i>          | 0         | 48        | 44        | 0         | 0         | 0         |
| <i>Cliococca selaginoides</i>     | 2         | 42        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Senna nana</i>                 | 2         | 41        | 1         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Sommerfeltia spinulosa</i>     | 0         | 37        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Polygala linoides</i>          | 0         | 35        | 1         | 0         | 0         | 0         |
| <br>                              |           |           |           |           |           |           |
| <b>Portulaca papulosa</b>         | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>83</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  |
| <b>Euphorbia pampeana</b>         | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>81</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  |
| <b>Hordeum pusillum</b>           | <b>1</b>  | <b>0</b>  | <b>75</b> | <b>4</b>  | <b>7</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Selaginella sellowii</b>       | <b>2</b>  | <b>24</b> | <b>72</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>  |
| <i>Stipa longicoronata</i>        | 0         | 0         | 67        | 0         | 0         | 0         |
| <i>Bulbostylis sp.</i>            | 0         | 32        | 62        | 0         | 0         | 0         |
| <i>Tripogon spicatus</i>          | 0         | 31        | 57        | 0         | 0         | 0         |
| <i>Perezia sonchifolia</i>        | 12        | 7         | 51        | 1         | 0         | 0         |
| <i>Guilleminea elongata</i>       | 0         | 0         | 50        | 0         | 0         | 0         |

**Tabla 8.** Cont.

|  |          |          |           |           |            |            |
|--|----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| <i>Stemodia verticillata</i>           | 0        | 0        | 49        | 0         | 0          | 0          |
| <i>Crassula sp.</i>                    | 0        | 0        | 39        | 0         | 3          | 0          |
| <i>Conyza pampeana</i>                 | 0        | 0        | 33        | 0         | 0          | 0          |
| <b><i>Stipa charruana</i></b>          | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>75</b> | <b>3</b>   | <b>2</b>   |
| <b><i>Kyllinga odorata</i></b>         | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>4</b>  | <b>72</b> | <b>6</b>   | <b>0</b>   |
| <b><i>Calotheca brizoides</i></b>      | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>72</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>   |
| <i>Danthonia montevidensis</i>         | 5        | 0        | 0         | 64        | 4          | 0          |
| <i>Axonopus affinis</i>                | 1        | 0        | 0         | 57        | 33         | 0          |
| <i>Aristida uruguayensis</i>           | 11       | 0        | 0         | 55        | 18         | 6          |
| <i>Panicum hians</i>                   | 2        | 0        | 0         | 52        | 38         | 5          |
| <i>Briza minor</i>                     | 4        | 0        | 0         | 49        | 21         | 0          |
| <i>Mecardonia montevidensis</i>        | 0        | 0        | 1         | 49        | 14         | 20         |
| <i>Asclepias mellodora</i>             | 0        | 0        | 0         | 43        | 1          | 0          |
| <i>Phalaris platensis</i>              | 0        | 0        | 0         | 38        | 7          | 9          |
| <i>Agrostis montevidensis</i>          | 2        | 0        | 0         | 37        | 0          | 0          |
| <i>Eleocharis viridans</i>             | 0        | 0        | 0         | 27        | 0          | 0          |
| <b><i>Eleocharis dunensis</i></b>      | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>100</b> | <b>0</b>   |
| <b><i>Juncus dombeyanus</i></b>        | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>2</b>  | <b>83</b>  | <b>0</b>   |
| <b><i>Nothoscordum sp.</i></b>         | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>77</b>  | <b>21</b>  |
| <b><i>Juncus imbricatus</i></b>        | <b>1</b> | <b>0</b> | <b>12</b> | <b>15</b> | <b>72</b>  | <b>0</b>   |
| <b><i>Hydrocotyle sp.</i></b>          | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>71</b>  | <b>0</b>   |
| <i>Eryngium echinatum</i>              | 0        | 0        | 0         | 2         | 65         | 0          |
| <i>Piptochaetium uruguayense</i>       | 0        | 0        | 0         | 0         | 65         | 3          |
| <i>Rhynchospora luzuliformis</i>       | 0        | 0        | 0         | 28        | 61         | 0          |
| <i>Eleocharis montana</i>              | 0        | 0        | 0         | 0         | 57         | 0          |
| <i>Stemodia palustris</i>              | 0        | 0        | 0         | 0         | 54         | 0          |
| <i>Paspalum dilatatum</i>              | 0        | 0        | 0         | 35        | 53         | 3          |
| <i>Ranunculus platensis</i>            | 0        | 0        | 0         | 4         | 43         | 0          |
| <i>Stipa longiglumis</i>               | 0        | 0        | 0         | 0         | 42         | 0          |
| <i>Trifolium polymorphum</i>           | 1        | 3        | 0         | 23        | 40         | 0          |
| <b><i>Bromus catharticus</i></b>       | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>   | <b>100</b> |
| <b><i>Relbunium bigeminum</i></b>      | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>   | <b>100</b> |
| <b><i>Poa lanigera</i></b>             | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>2</b>   | <b>97</b>  |
| <b><i>Botriochloa imperatoides</i></b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>4</b>   | <b>92</b>  |
| <b><i>Linum littorale</i></b>          | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>1</b>  | <b>0</b>   | <b>92</b>  |
| <b><i>Andropogon lateralis</i></b>     | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>3</b>   | <b>91</b>  |
| <b><i>Adesmia bicolor</i></b>          | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>  | <b>8</b>   | <b>90</b>  |
| <b><i>Baccharis trimera</i></b>        | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b>  | <b>8</b>  | <b>0</b>   | <b>87</b>  |
| <b><i>Stipa neesiana</i></b>           | <b>6</b> | <b>1</b> | <b>0</b>  | <b>7</b>  | <b>0</b>   | <b>81</b>  |
| <i>Bromus auleticus</i>                | 0        | 0        | 0         | 0         | 0          | 66         |
| <i>Briza subaristata</i>               | 14       | 0        | 0         | 13        | 7          | 62         |
| <i>Piptochaetium bicolor</i>           | 8        | 0        | 0         | 5         | 0          | 62         |
| <i>Ruellia morongii</i>                | 2        | 0        | 0         | 0         | 2          | 49         |
| <i>Dorstenia brasiliensis</i>          | 0        | 0        | 0         | 1         | 2          | 49         |
| <i>Polygala Duarteana</i>              | 0        | 0        | 0         | 8         | 0          | 47         |
| <i>Scutellaria racemosa</i>            | 0        | 0        | 0         | 12        | 31         | 42         |

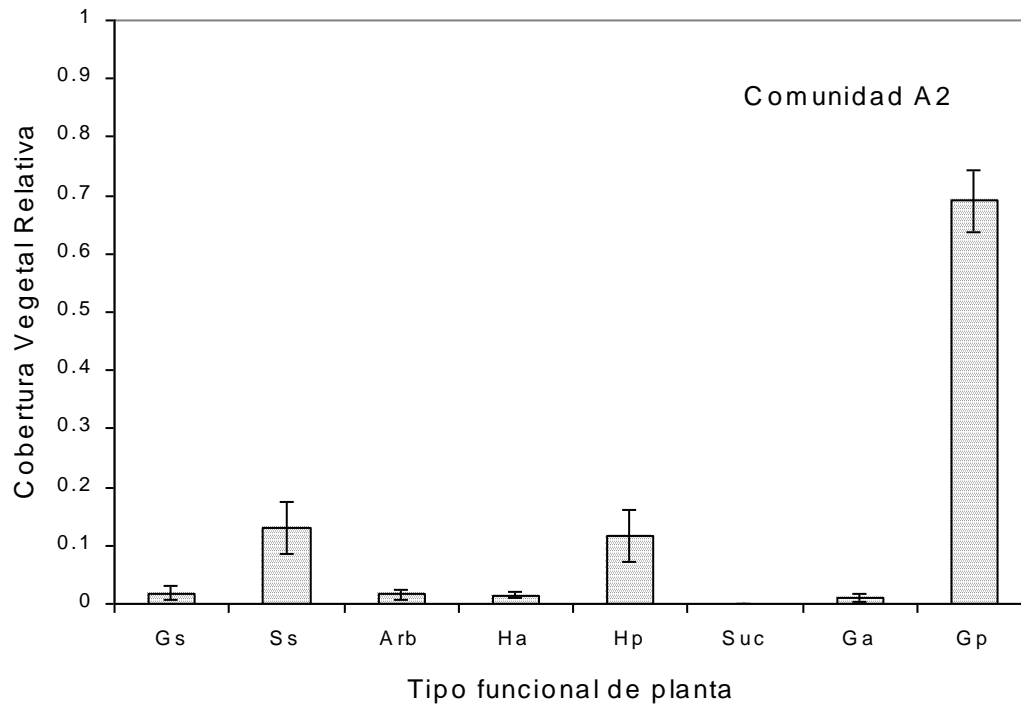


## COMUNIDAD A2

La comunidad A2 está representada por ocho censos. Es muy variable desde el punto de vista macrotopográfico, conteniendo censos ubicados en mesetas, domos y en laderas convexas y plano convexas altas y medias, con pendientes que van de moderadas (0-5°) a fuertes (16-20°) (Tabla 5). La profundidad del suelo varió desde el intervalo de 0-10 cm hasta el intervalo de 20-30 cm (Tabla 5). Los primeros 10 cm de suelo presentaron en el mayor número de los casos textura franca (Tabla 6). El color también fue variable, desde pardos y pardo oscuros 7.5 YR, a pardo oscuros y negro 10 YR (Tabla 7). El tamaño de los stands en un 50% de los casos fue menor a 0,5 há (Tabla 6). La comunidad A2 presentó una cobertura vegetal del suelo media y baja (entre 40 y 85 %), con porcentajes importantes de rocosidad, pedregosidad y suelo desnudo. El promedio de especies por censo fue 59.9 y la riqueza acumulada fue 132 especies. Esta comunidad está indicada por las especies *Aristida venustula* y *Chevreulia sarmentosa* (Tabla 8). Además las siguientes especies presentaron un alto valor indicador: *Chloris grandiflora* (61), *Euphorbia serpens* (67), *Aristida echinulata* (61) y *Oxypetalum microphyllum* (63) (Tabla 8).

La variabilidad fisonómica dentro de esta comunidad fue alta, conteniendo algunos stands con doble estructura semejantes a la comunidad A1 (5/8) y otros que presentaron solamente un estrato herbáceo de 5-10 cm de altura (3/8). El aspecto estuvo dado principalmente por especies del género *Aristida*.

Todos los TFP estuvieron representados en A2, siendo las gramíneas perennes claramente dominantes (Figura 8). El resto de la cobertura vegetal se distribuyó fundamentalmente entre hierbas perennes y *S. sellowii*. Dentro de las gramíneas predominaron las estivales (Figura 6).



**Figura 8.** Cobertura relativa de los Tipos Funcionales de Plantas (promedio,  $\pm$  ES) correspondiente a la comunidad A2. Gs= Graminoides, Ss= *S. sellowii*, Arb= Arbustos, Ha= Hierbas anuales, Hp= Hierbas perennes, Suc= Suculentas, Ga= Gramíneas anuales, Gp= Gramíneas perennes.

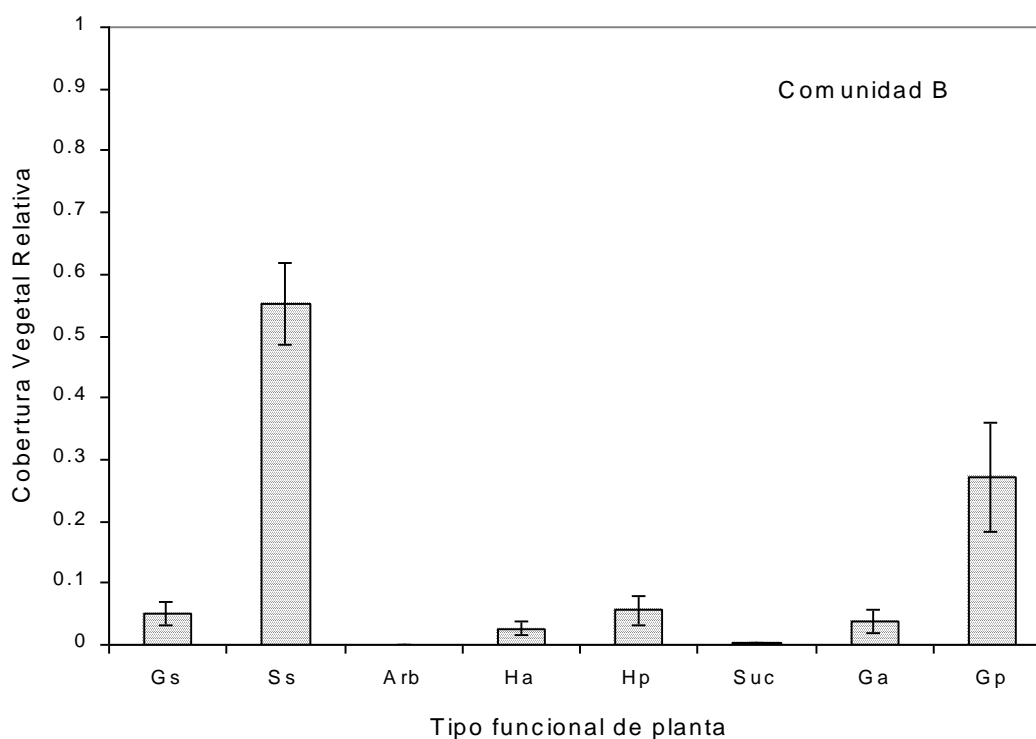
## COMUNIDAD B

La comunidad de litófitas está representada por seis censos ubicados en sitios planos de exportación de materiales en posiciones altas y medias del paisaje. La profundidad del suelo nunca fue mayor a 10 cm, y la pendiente estuvo en todos los casos ubicada en el intervalo de 0-5° (Tabla 5). Los primeros 10 cm de suelo presentaron textura arenosofranca o franca (Tabla 6), y colores variables, (desde 7,5YR hasta 10YR) (Tabla 7). El tamaño de los stands fue generalmente menor a 0,5 há. La cobertura vegetal del suelo fue baja (entre 20 y 60 %), con porcentajes altos de rocosidad y pedregosidad (Tabla 5). La riqueza de especies promedio fue 43,8 y la riqueza acumulada 91 especies (Figura 5).

Las especies indicadoras fueron *Hordeum pusillum*, *Selaginella sellowii*, *Euphorbia*

*pampeana* y *Portulaca papulosa* (Tabla 8). Además, las siguientes especies presentaron alto valor indicador: *Bulbostylis sp.*( 62) y *Stipa longicoronata* (67) (Tabla 8).

La fisonomía consiste en un solo estrato herbáceo abierto de 5-10 cm de altura, distribuido espacialmente como un mosaico intrincado de parches dominados por la pteridófita *Selaginella sellowii* intercalados entre afloramientos rocosos. Los parches con suelo y vegetación se elevan hasta 10 cm sobre el plano rocoso. El aspecto de la comunidad estuvo conferido en gran parte por el elevado porcentaje de pedregosidad y rocosidad. *Selaginella sellowii* fue el Tipo Funcional de Planta dominante con una cobertura relativa promedio de 0,55, siendo las gramíneas perennes segundas en importancia (Figura 9). La categoría de arbustos no estuvo representada en esta comunidad (Figura 9). Los censos agrupados en la comunidad B presentaron un predominio claro de gramíneas estivales sobre invernales (Figura 6).



**Figura 9.** Cobertura relativa de los Tipos Funcionales de Plantas (promedio,  $\pm$  ES) correspondiente a la comunidad B. Gs= Graminoides, Ss= *S. sellowii*, Arb= Arbustos, Ha= Hierbas anuales, Hp= Hierbas perennes, Suc= Suculentas, Ga= Gramíneas anuales, Gp= Gramíneas perennes.

## COMUNIDAD C1

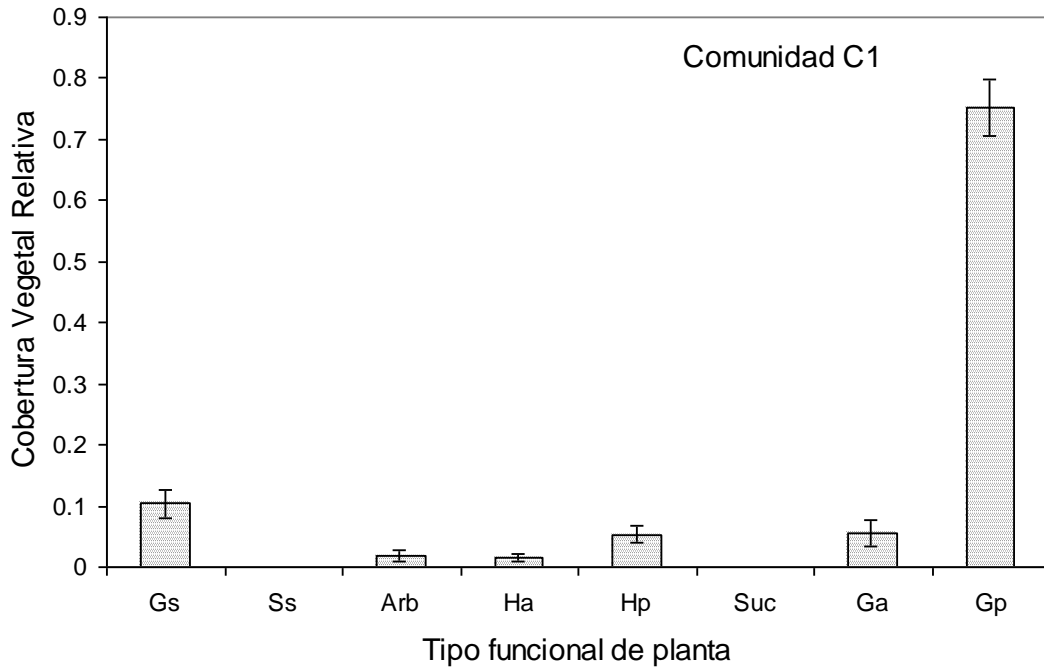
La comunidad C1 está representada por once censos y está asociada a llanuras, planicies y concavidades en posiciones altas del paisaje. Se ubicó en sitios de leve pendiente y suelos medios y profundos desde el intervalo de 20 a 30 cm hasta superar los 50 cm (Tabla 5). Los primeros 10 cm de suelo presentaron en el mayor número de los casos textura limoarcillosa (Tabla 6) y colores negro o gris muy oscuro 10YR (Tabla 7). El tamaño de los stands fue mayor a 1 hectárea en la mayor parte de los casos (Tabla 5). El porcentaje de cobertura del suelo fue alto (entre 75 y 100 %), con porcentajes bajos de pedregosidad y suelo desnudo (entre 0 y 10%) (Tabla 5). No se observó rocosidad en los censos de esta comunidad.

Un promedio de 65,4 especies por censo y una riqueza acumulada de 152 especies caracterizaron a la comunidad C1 (Figura 5).

Las especies indicadoras fueron: *Stipa charruana*, *Kyllinga odorata* y *Briza brizoides* (Tabla 8). También presentó un valor indicador alto *Danthonia montevidensis* (64) (Tabla 8).

Fisonómicamente la comunidad C1 consiste en un pastizal con dos estratos: un césped de gramínoides y gramíneas postradas y un estrato de 30 cm de gramíneas erectas. El aspecto de la comunidad está dado principalmente por *Stipa charruana* y *Aristida uruguayensis*.

Las gramíneas perennes fueron dominantes con una cobertura relativa promedio de 0,75, siendo el resto de la cobertura distribuida fundamentalmente entre gramínoides, hierbas perennes y gramíneas anuales (Figura 10). Dentro de las gramíneas, las de crecimiento estival fueron dominantes (Figura 6).



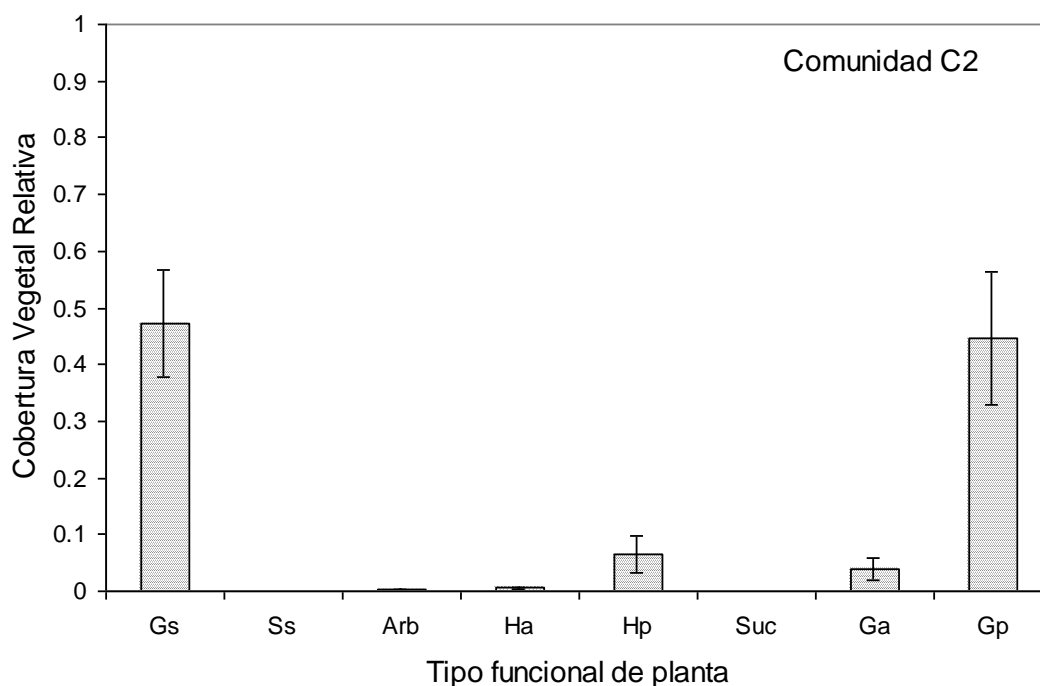
**Figura 10.** Cobertura relativa de los Tipos Funcionales de Plantas (promedio,  $\pm$  ES) correspondiente a la comunidad C1. Gs= Graminoides, Ss= *S. sellowii*, Arb= Arbustos, Ha= Hierbas anuales, Hp= Hierbas perennes, Suc= Suculentas, Ga= Gramíneas anuales, Gp= Gramíneas perennes.

## COMUNIDAD C2

La comunidad C2 está representada por siete censos ubicados en laderas bajas cóncavas y en planicies levemente cóncavas asociadas a vías de drenaje y cursos de agua. La profundidad del suelo fue siempre mayor a los 50 cm y la pendiente fue de 0 a 5° (Tabla 5). Los 10 cm superficiales de suelo presentaron en todos los casos textura arcillosa (Tabla 6) y color gris muy oscuro, pardo grisáceo muy oscuro o negro 10YR (Tabla 7). El tamaño de los stands fue generalmente menor a media hectárea (Tabla 5). La cobertura vegetal del suelo fue alta (entre 90 y 100 %), con porcentajes de pedregosidad y suelo desnudo bajos (entre 0 y 10%) (Tabla 5). En ninguno de los censos se registró

rocosidad (Tabla 5). En todos los casos se observó la ocurrencia de microrelieve vértico, del tipo de montículos (gil-gai) y rastros de pisoteo del ganado. Se registró un promedio de 62,3 especies por censo y una riqueza acumulada de 129 especies (Figura 5).

Las especies *Juncus imbricatus*, *Juncus dombeyanus*, *Notoscordum sp.*, *Eleocharis dunensis* e *Hydrocotyle sp.* fueron indicadoras de este agrupamiento (Tabla 8). Además presentaron valores indicadores altos las especies: *Rhynchospora luzuliformis*, *Eryngium echinatum* y *Piptochaetium uruguense* (Tabla 8). La fisonomía fue semejante a la comunidad C1, con la diferencia de que los estratos están distribuidos en relación al microrelieve: el estrato alto está asociado con las convexidades y el bajo con las concavidades. En la comunidad C2 la cobertura vegetal está codominada por gramínoides y gramíneas perennes (Figura 11). Predominaron las gramíneas estivales sobre las invernales (Figura 6).



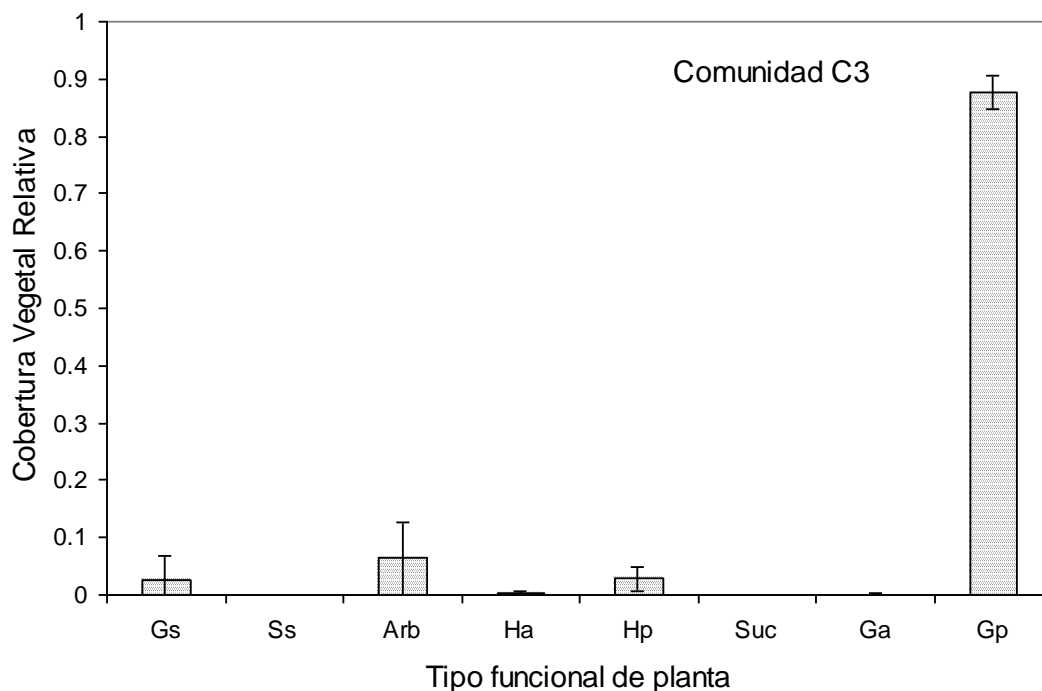
**Figura 11.** Cobertura relativa de los Tipos Funcionales de Plantas (promedio,  $\pm$  ES) correspondiente a la comunidad C2. Gs= Graminoides, Ss= *S. sellowii*, Arb= Arbustos, Ha= Hierbas anuales, Hp= Hierbas perennes, Suc= Suculentas, Ga= Gramíneas anuales, Gp= Gramíneas perennes.

### COMUNIDAD C3

La comunidad C3, representada por solo tres censos, está asociada a planicies de inundación de arroyos y ríos, con suelos profundos de origen aluvial (Panario, com. pers) (Tabla 5). Los primeros 10 cm de suelo presentaron textura limoarcillosa o arenoarcillosa y color gris oscuro o muy oscuro10YR (Tablas 6 y 7). Los stands fueron de tamaño mayor a 1há, dispuestos a lo largo de cursos de agua (Tabla 5). En el caso de las planicies de arroyos la comunidad forma una franja disectada por el patrón meandroso del curso. La cobertura vegetal del suelo fue del 100% en todos los casos, no registrándose rocosidad, pedregosidad, ni suelo desnudo en ninguno de ellos (Tabla 5). El promedio de especies por censo fue 60.3 y la riqueza acumulada de 96 especies (Figura 5).

Esta comunidad reunió el mayor número de especies indicadoras: *Stipa neesiana*, *Baccharis trimera*, *Adesmia bicolor*, *Poa lanigera*, *Bothriochloa imperatoides*, *Linum litorale*, *Andropogon lateralis*, *Relbunium bigeminum* y *Bromus catharticus* (Tabla 8). Además presentaron valores indicadores altos las especies *Briza subaristata* y *Bromus auleticus* con valores de 62 y 66 respectivamente.

Fisonómicamente esta comunidad presentó tres estratos. El estrato más alto estuvo constituido por ejemplares de *Andropogon lateralis* de 50-70 cm de altura, que le confirieron el aspecto a la comunidad. Por debajo se presentó un estrato de 30 cm con *B. coridifolia* y gramíneas erectas. El estrato inferior de 5 a 10 cm de altura estuvo compuesto predominantemente por gramíneas postradas. Las gramíneas perennes fueron netamente dominantes (Figura 12), y la relación entre las coberturas de gramíneas de crecimiento estival y crecimiento invernal fue cercana a 1 (Figura 6).



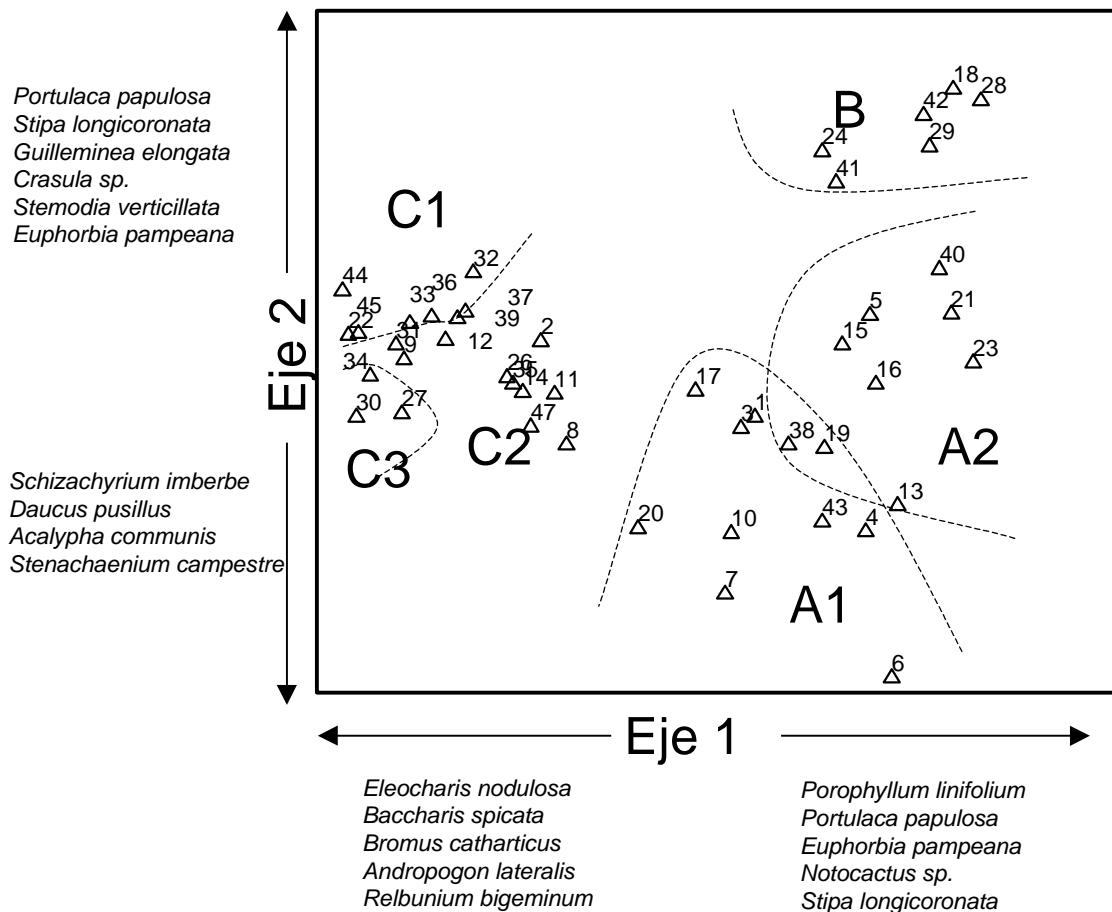
**Figura 12.** Cobertura relativa de los Tipos Funcionales de Plantas (promedio,  $\pm$  ES) correspondiente a la comunidad C3. Gs= Graminoides, Ss= *S. sellowii*, Arb= Arbustos, Ha= Hierbas anuales, Hp= Hierbas perennes, Suc= Suculentas, Ga= Gramíneas anuales, Gp= Gramíneas perennes.

### 3.3 ORDENAMIENTO DE LOS CENSOS

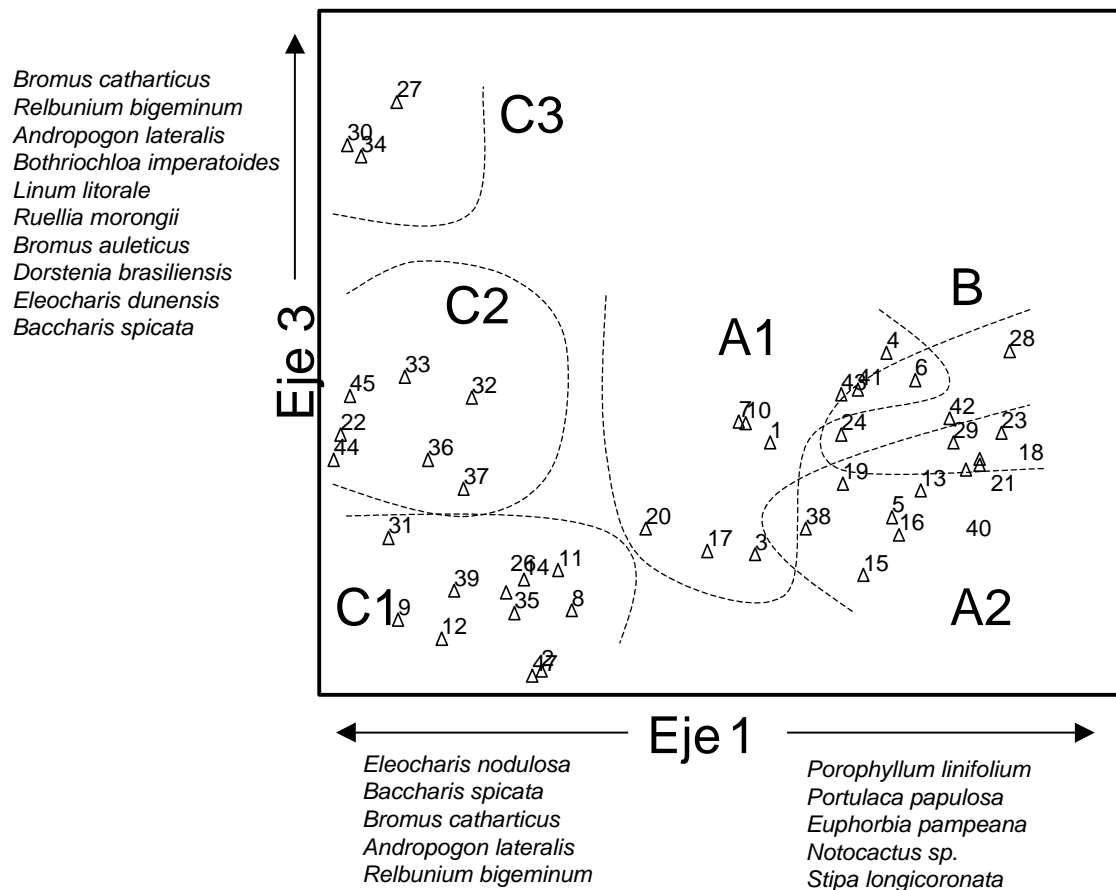
Los primeros tres ejes extraídos por el AC de la matriz de especies por censos explicaron el 72.1% de la varianza de los datos. A nivel de unidades principales no se observa solapamiento en el plano, en cambio si se puede observar un leve solapamiento entre las comunidades A1 y A2 (Figura 13). También se observa una mayor dispersión en el plano de los censos de la unidad A, evidenciando una mayor heterogeneidad interna en este agrupamiento.

El eje de mayor importancia del AC separa a la unidad C de las unidades A y B. Por otro lado el segundo eje en importancia ubica a la unidad B en un extremo y a censos de la comunidad A1 en el otro. El tercer eje, considerablemente menor en importancia de acuerdo a la varianza que explica (6,9%), discrimina a los censos de la comunidad C3 de los restantes (Figura 14).





**Figura 13.** Diagrama de los ejes 1 y 2 del Análisis de Correspondencia de la matriz de especies x censos. (E1=36,7% de la varianza; E2=28,5% de la varianza). En los extremos de los ejes se señalan las especies con mayor peso.



**Figura 14.** Diagrama de los ejes 1 y 3 del Análisis de Correspondencia de la matriz de especies x censos (E1=36,7% de la varianza; E3=6,9% de la varianza). En los extremos de los ejes se señalan las especies con mayor peso.

En el Apéndice 3 se adjunta la lista completa de especies utilizadas en los análisis y sus coordenadas en los ejes. Las especies que presentaron coordenadas positivas mayores en el eje 1 están asociadas a las unidades A y B, en tanto que las especies ubicadas en el extremo negativo del eje están asociadas a la unidad C. Por otro lado, las especies de mayor peso en el eje 2 están asociadas a la comunidad B en el extremo positivo y a la comunidad A1 en el extremo negativo (Figura 13). Las especies de mayor peso en el eje 3 presentaron todos valores positivos y están asociadas a la comunidad C3 (Figura 14).

**Tabla 9.** Correlaciones de Pearson y Kendall entre las coordenadas de los censos en los ejes del AC y las variables explicativas. Se representan los ejes y las variables con correlaciones estadísticamente significativas y coeficientes de determinación mayores a 0,2.

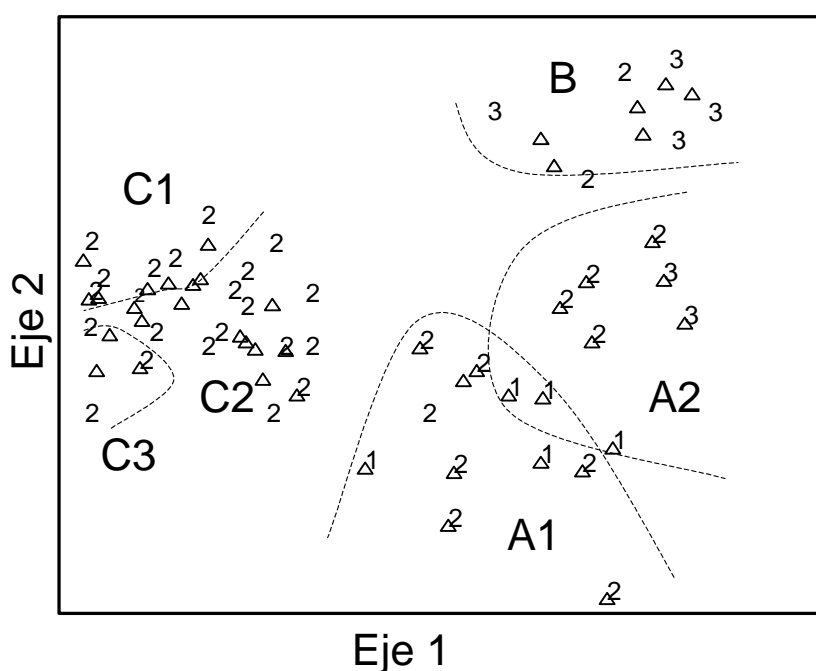
|                                      | Eje 1 | Eje 2 |
|--------------------------------------|-------|-------|
| <b>VARIABLES CUANTITATIVAS</b>       |       |       |
| <b>(Pearson)</b>                     |       |       |
| Rociedad                             | 0.51  | 0.63  |
| Pedregosidad                         | 0.76  | 0.03  |
| Cobertura Vegetal                    | -0.75 | -0.49 |
| Grava                                | 0.86  | -0.21 |
| Arena                                | 0.80  | 0.07  |
| Arcilla                              | -0.78 | -0.18 |
| Gramíneas invernales                 | -0.16 | -0.5  |
| Graminoides                          | -0.59 | 0.18  |
| <i>S. sellowii</i>                   | 0.6   | 0.7   |
| Suculentas                           | 0.44  | 0.59  |
| Gramíneas perennes                   | -0.12 | -0.54 |
| IVN setiembre                        | -0.66 | -0.37 |
| IVN enero                            | -0.76 | -0.29 |
| <b>VARIABLES ORDINALES (Kendall)</b> |       |       |
| Profundidad                          | -0.72 | -0.14 |
| Pendiente                            | 0.22  | -0.54 |

El eje principal de variación detectado (E1) mostró una correlación positiva modesta con la rocosidad y fuerte con la pedregosidad, el porcentaje de grava y el porcentaje de arena del suelo (Tabla 9). Por el contrario mostró una correlación negativa fuerte con la cobertura vegetal total del suelo, la profundidad y el porcentaje de arcilla del suelo. Por otro lado, el eje 2 presentó correlación modesta positiva con la rocosidad y negativa con la pendiente y la cobertura vegetal total (Tabla 9).

La evaluación de las correlaciones entre los TFPs y las coordenadas de los censos en los ejes (Tabla 9), evidenció una correlación positiva modesta entre el E1 y la cobertura de *Selaginella sellowii* y Suculentas y negativa modesta con la cobertura de gramínoides. En tanto que el E2 de la ordenación mostró correlación positiva modesta con la cobertura de *Selaginella sellowii* y Suculentas y correlación negativa modesta con la cobertura de gramíneas perennes y gramíneas invernales. Los valores de IVN calculados para 09/99 y

01/00 mostraron correlación negativa moderada y fuerte respectivamente con el eje 1 de la ordenación (Tabla 9). Ningún patrón ambiental abiótico o biótico claro es observado a lo largo del eje 3.

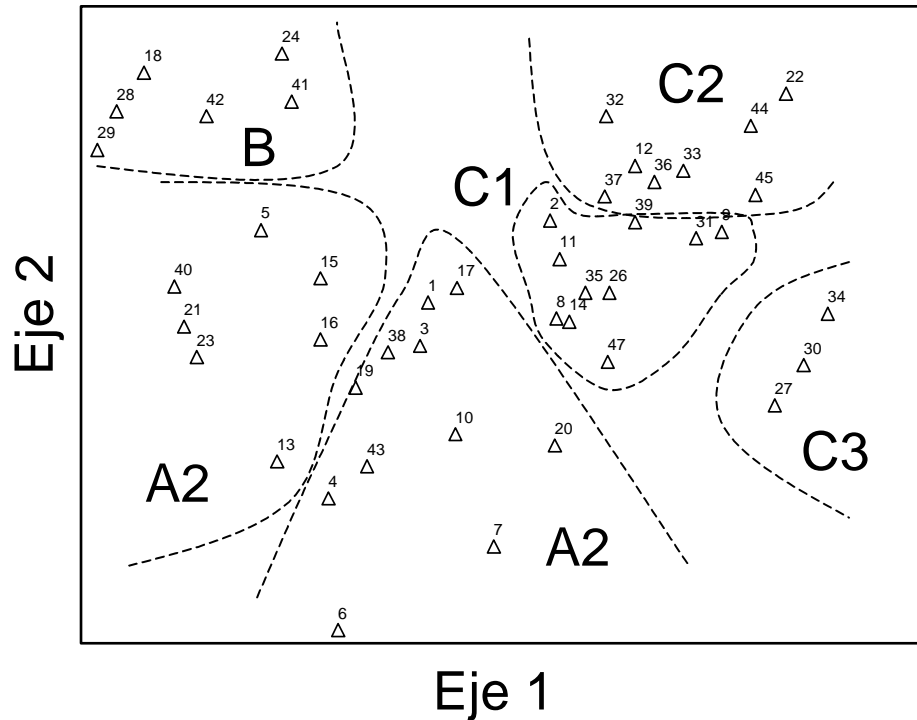
Las comunidades parecen diferenciarse en cuanto al régimen de perturbación al que están sometidas, evaluado a través de la abundancia de fecas. Las comunidades C presentaron cantidades moderadas de fecas en todos los casos, la comunidad A1 cantidades bajas y moderadas, la comunidad B cantidades moderadas y altas y la comunidad A2 todo el espectro de abundancias de fecas (Figura 15). En el plano de la ordenación se observó una tendencia de aumento de fecas hacia el ángulo superior derecho (Figura 15).



**Figura 15.** Diagrama de los ejes 1 y 2 del Análisis de Correspondencia de la matriz de especies x censos con la abundancia de fecas de ganado representada. (1= baja, 2= moderada y 3= alta).

La configuración en dos dimensiones se presentó como la mejor solución en el procedimiento de corridas múltiples de NMS y explicaron en conjunto el 87,8 % de la varianza de los datos (el estrés final fue igual a 13,2). La ordenación de los censos a través del NMS mostró una estructura similar a la descrita por el AC (Figura 16). La medida de ajuste entre ambas configuraciones de censos de acuerdo al análisis de

Procrustes fue elevada ( $m12=0,04$ ,  $p =005$ ).



**Figura 16.** Diagrama de los ejes 1 y 2 del Análisis de Escalamiento Multidimensional No-Métrico de la matriz de especies x censos (E 1=67,3 % de la varianza; E2= 20,5% de la varianza).

### 3.4 ESPECIES ENDEMICAS Y EXOTICAS

La información disponible de distribución geográfica de especies en la bibliografía está limitada a gramíneas y leguminosas que constituyen el 32,9 % de las especies registradas en el estudio (Rosengurtt et. al. 1970; Izaguirre y Beyhaut, 1998). De acuerdo a estas fuentes las especies endémicas del basalto registradas son : *Tridens hackelii*, *Stipa longicoronata* y *Stipa leptocoronata*. Para las especies pertenecientes a las demás familias se consultó el herbario "Prof. B. Rosengurtt" de la Facultad de Agronomía. El examen de las etiquetas de las colectas depositadas en el herbario agrega a las siguientes especies

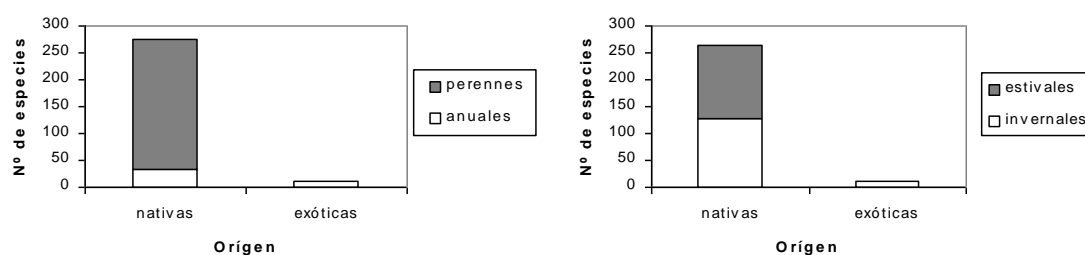
como exclusivas del basalto: *Ditaxis acaulis*, *Ditaxis rhizantha*, *Lippia coarctata* y *Guilleminea elongata* (Tabla 9).

Las especies endémicas registradas en el estudio se encontraron con baja constancia y abundancia y como grupo no se encontraron confinadas a una comunidad particular (Tabla 9).

**Tabla 9.** Especies endémicas de la región basáltica, familia, distribución en las seis comunidades descritas, cobertura máxima y constancia en los 45 censos realizados.

| Espece                      | Familia       | Comunidad  | Cobertura máxima | Constancia |
|-----------------------------|---------------|------------|------------------|------------|
| <i>Stipa longicoronata</i>  | POACEAE       | B          | x                | 8.9%       |
| <i>Tridens hackelii</i>     | POACEAE       | A1, A2, C1 | x                | 11.1%      |
| <i>Stipa leptocoronata</i>  | POACEAE       | A1, C2, C3 | 1                | 6.7%       |
| <i>Ditaxis acaulis</i>      | EUPHORBIACEAE | A2         | x                | 4.4%       |
| <i>Ditaxis rhizantha</i>    | EUPHORBIACEAE | A1 y A2    | 1                | 6.7%       |
| <i>Lippia coarctata</i>     | VERBENACEAE   | A1 y A2    | x                | 24.4%      |
| <i>Guilleminea elongata</i> | AMARANTHACEAE | B          | x                | 6.7%       |

De las 274 especies registradas solamente el 4,3% son exóticas, principalmente eurasiáticas (Tabla 10). Las mismas se distribuyen entre tres tipos funcionales, perteneciendo la mayor parte a la categoría de hierbas anuales (Tabla 10). En contraste con las especies nativas casi la totalidad de las especies exóticas son de crecimiento invernal y anuales (Figura 17). Las mismas se encontraron con baja abundancia y con una constancia variable entre las distintas especies (Tabla 10). No se observó ningún patrón de invasión de especies en relación a los gradientes florísticos ni a través de los tipos de comunidades (Tabla 10).



**Figura 17.** Contribución de especies nativas y exóticas a la lista total de especies y sus características de ciclo de vida y fenología .

**Tabla 10.** Especies exóticas registradas en el estudio, familia, tipo funcional de planta, distribución en las seis comunidades descritas, cobertura máxima y constancia en los 45 censos realizados.

| Especie                        | Familia         | Tipo funcional de planta | Comunidad         | Cobertura máxima | Constancia |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|------------------|------------|
| <i>Koeleria phleoides</i>      | POACEAE         | Gramínea anual           | A1, A2, B, C1, C2 | 5                | 55.5%      |
| <i>Briza minor</i>             | POACEAE         | Gramínea anual           | A1, A2, C1, C2    | 1                | 42.2%      |
| <i>Lolium multiflorum</i>      | POACEAE         | Gramínea anual           | C1, C2, C3        | 1                | 20%        |
| <i>Cynodon dactylon</i>        | POACEAE         | Gramínea perenne         | C1, C2            | 0.1              | 4.4%       |
| <i>Poa annua</i>               | POACEAE         | Gramínea anual           | B, C1, C2, C3     | 1                | 22.2%      |
| <i>Centunculus minimus</i>     | PRIMULACEAE     | Hierba anual             | A1, A2, B, C1, C2 | 1                | 35.6%      |
| <i>Polycarpon tetraphyllum</i> | CARYOPHYLLACEAE | Hierba anual             | A1, A2, B         | 1                | 22.2%      |
| <i>Carduus sp.</i>             | ASTERACEAE      | Hierba anual             | A1                | 0.01             | 2.2%       |

**Tabla 10. Cont.**

|                                  |                 |              |                      |      |       |
|----------------------------------|-----------------|--------------|----------------------|------|-------|
| <i>Cirsium vulgare</i>           | ASTERACEAE      | Hierba anual | A1, A2, B, C1,<br>C2 | 0.1  | 13.3% |
| <i>Carthamus<br/>lanatus</i>     | ASTERACEAE      | Hierba anual | A1                   | 0.01 | 4.4%  |
| <i>Centaureum<br/>pulchellum</i> | GENTIANACEAE    | Hierba anual | A1, A2, B, C1,<br>C2 | 0.1  | 15.6% |
| <i>Cerastium<br/>glomeratum</i>  | CARYOPHYLLACEAE | Hierba anual | A1, A2, C2           | 0.01 | 6.7%  |

---



## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 PATRONES DE VEGETACIÓN

Los patrones de variación en la composición de especies identificados fueron robustos resultando similares independientemente de las diferentes técnicas multivariadas empleadas. En el plano conformado por los dos primeros ejes del Análisis de Correspondencia se observa una configuración de los censos similar al sugerido por el análisis de agrupamiento (Figuras 13 y 14), correspondiendo los ejes de variación extraídos a los puntos de aglomeración finales del análisis de agrupamiento.

La heterogeneidad florística se clasificó a dos niveles: tres unidades principales de vegetación compuestas por seis comunidades. La correspondencia de las clases con categorías geomorfológicas es clara a nivel de unidades principales. Cada geoforma integra diferentes combinaciones de profundidad del suelo, textura, pendiente y rocosidad. Las características edáficas y topográficas de las unidades principales de vegetación, así como las especies indicadoras y la fisonomía de cada una permite denominar las unidades A, B y C en términos ecológicos, como pastizales de meso – xerofitas, estepas de litofitas y pastizales de meso – hidrofitas , respectivamente.

Los pastizales de meso – xerofitas se ubican sobre suelos pertenecientes al Gran grupo Litosoles, categoría dominante en la región de acuerdo a la cartografía de suelos (supera el 50%, Altamirano et. al, 1976), por lo que es esperable que esta unidad sea la más extendida en la región del Basalto superficial. Esto concuerda con los resultados preliminares de cartografía de vegetación a través de sensores remotos, en que la unidad A correspondió a casi el 50% del área clasificada (Lezama et al. 2004). Los stands de las comunidades A1 y A2 se encontraron distribuidos a través de las dos unidades de suelos bajo estudio.

La delimitación entre las comunidades A1 y A2 no fue nítida ni en términos florísticos ni por criterios ambientales. Por un lado no existió una clara discontinuidad entre estas clases en el plano del ordenamiento y por otro lado no se puede asignar a las comunidades A1 y A2 a diferentes categorías geomorfológicas ni a distintos tipos fisonómicos. Desde el punto de vista fisonómico y del régimen de perturbación la comunidad A2 presentó mayores rangos de variación que A1. Con relación a las variables ambientales la comunidad A2 presentó mayor rocosidad, pedregosidad y menor profundidad del suelo que la A1, siendo similares en relación a la textura y la pendiente. Coincidentemente los censos de la comunidad A2 que provocan conflicto en la delimitación de las comunidades son los mismos desde el punto de vista florístico y fisonómico. Una interpretación de estos resultados sería que estos censos representan sitios

ambientalmente similares a los de A1 pero debido al régimen de perturbación actual o pasado se asemejen a los restantes censos de A2, o sea que el régimen de perturbación estuviera enmascarando los factores ambientales abióticos. El hecho de que *Chevreulia sarmentosa* y *Aristida venustula* señaladas por Rosengurtt (1994) como especies de condiciones méxicas y frecuentes en campos degradados sean indicadoras de A2 es congruente con esta interpretación. La primera se trata de una hierba pequeña con hábito de roseta señalada también como creciente en condiciones de pastoreo por Rodríguez et al. (2001) y la segunda se trata de una gramínea erecta de hojas finas. Las especies *Melica rigida* y *Botriochloa laguroides* indicadoras de la comunidad A1 son gramíneas erectas de condiciones méxicas según Rosengurtt (1994).

La comunidad B de estepas de litofitas está asociada a un tipo de afloramiento particular en el paisaje, concretamente a superficies planas de exportación de materiales. La clasificación supervisada de imágenes Landsat TM sobrestimó la importancia en términos de superficie de esta comunidad (6% del área) al incluir zonas aradas y afloramientos convexos. Por otro lado la importancia según los registros visuales de campo es ínfima. Un dato interesante es que solamente fueron registrados y censados stands con dimensiones mayores a 100 m<sup>2</sup> en la unidad de suelo QCh, en la formación geológica Piedra Sola, lo que podría estar indicando la asociación de esta unidad con un contacto entre coladas particular de esta formación. Las especies indicadoras de la comunidad B evidencian condiciones xéricas extremas, con atributos como hojas suculentas en *E. pampeana* y *P. papulosa* o con ciclos de vida efímeros como en *H. pusillum*, *P. papulosa* y *S. sellowii*. Localmente los parches de comunidad B reciben el nombre de "layados".

Los unidad de pastizales de meso - hidrofitas corresponde aproximadamente a un 36 % del área de estudio según la clasificación supervisada (Lezama et al. 2004), ocupando las categorías de suelos asociados y accesorios de las unidades CH-PT Y QCh. Los stands de las comunidades C1, C2 y C3 se encontraron distribuidos a través de ambas unidades de suelos.

La ordenación de los censos respalda una discontinuidad entre las comunidades C1, C2 y C3 y cada una de estas comunidades se puede asignar a una categoría macrotopográfica distinta. La comunidad C1, ubicada preferentemente sobre planicies moderadamente drenadas, está indicada por especies de condiciones típicamente méxicas, *S. charruana*, *K. odorata* y *C. brizoides*. La comunidad C2 asociada a formas cóncavas del paisaje está indicada por especies claramente hidrofíticas: *E. dunensis*, *J. dombeyanus* e *Hydrocotyle sp.*; y por especies mesofíticas: *Nothoscordum sp.* y *J. imbricatus* reflejando la estructura de hábitat dual de los sitios con microrelieve vértico.

Localmente los parches de comunidad C2 son designados con el nombre de “campos de tacuruses”. La comunidad C3 de planicies aluviales presentó el conjunto mayor de especies indicadoras, representando por lo tanto el agrupamiento mejor definido. Según Rosengurtt (1994) todas las especies corresponden a tipos de campo de condiciones méxicas. Un dato sobresaliente es que algunas de las especies con alto valor indicador para esta comunidad están señaladas como especies de alto valor forrajero: *Poa lanigera*, *Bromus catharticus*, *Adesmia bicolor*, *Bromus auleticus*, *Stipa neesiana* y *Briza subaristata* (Rosengurtt, 1979). Las tres últimas incluso están señaladas como especies crecientes en condiciones de clausura al pastoreo (Rodríguez et al., 2001). Posiblemente esto se deba a que la presión de pastoreo es menor en esta comunidad en el período de escasez de forraje, ya que el ganado ovino evita las zonas bajas y húmedas durante el invierno (Formoso, com. pers.). Este patrón, de documentarse con mayor número de sitios, tendría implicancias para el manejo de los establecimientos, por ejemplo manejando los stands de C3 como fuentes de propágulos de especies de interés para el resto del campo.

En relación con la caracterización de la dinámica anual de la productividad primaria de la vegetación de la región basáltica. Algunos autores como Sganga (1976) y Millot et al. (1986) han caracterizado a la región basáltica como compuesta por praderas invernales. Por otro lado, Berreta (1998) describe las praderas de la región como estivales, lo que coincide con la caracterización funcional del basalto superficial obtenida a partir de imágenes de satélites NOAA-AVHRR (Baeza et al., enviado). Los resultados de este trabajo indican a cuatro de las comunidades descritas con mayor cobertura de gramíneas estivales que invernales y dos comunidades con proporciones semejantes de estos grupos. Si bien no contamos con una estimación de la importancia relativa de cada comunidad en la región en ningún caso estos datos respaldan la caracterización del Basalto superficial como compuesto por praderas invernales.

La comparación entre una propuesta nueva de clasificación con clasificaciones florísticas preexistentes de la misma región o de regiones próximas constituye algo habitual en los trabajos fitosociológicos. En este caso la comparación está acotada a estudios realizados en pastizales de la Pampa Deprimida y de la sierra de Córdoba. Al respecto de la Pampa Deprimida existen semejanzas entre la comunidad A de *Melica brasiliana*- *Diodia dasycephala* y *Echium plantagineum* descrita en el inventario del norte de la Pampa deprimida (Burkart et al., 1990) con la comunidad A1. La comunidad A del mencionado trabajo está asociada a los campos altos bien o moderadamente drenados. Con respecto a la clasificación de pastizales de Córdoba, al margen de compartir alguna especie en calidad de indicadora de comunidades, las semejanzas son muy escasas (Cantero et al., 2001).

Los únicos antecedentes de clasificación de la vegetación del basalto están basados en factores ambientales y no en atributos de la vegetación (e.g. Formoso, 2001; Berreta, 1998). Estos autores clasifican las praderas según se desarrollen sobre suelos profundos o superficiales, dividiendo estas últimas en dos clases según el color del suelo: praderas sobre litosoles rojos o sobre litosoles negros. La correspondencia entre estas clases y los agrupamientos florísticos obtenidos es clara a nivel de unidades principales. En cambio a nivel de comunidades la concordancia no es clara. Los sitios clasificados por el color (hue) en una misma clase se distribuyen entre las tres comunidades de suelos superficiales. Las comunidades que ocupan suelos profundos no se diferencian en base a los criterios edáficos expuestos. En resumen, la comparación muestra que una clasificación de la vegetación a partir de un único factor ambiental (profundidad del suelo) o la combinación de dos factores (profundidad y color del suelo) reproduce pobremente la clasificación florística presentada aquí.

Las especies de mayor contribución al eje principal de variación y los tipos funcionales de plantas correlacionados con el eje coinciden en sugerir la interpretación del mismo como un gradiente hídrico. En el extremo húmedo del gradiente se disponen censos de planicies cóncavas y de inundación pertenecientes a las comunidades C2 y C3. En el extremo seco convergen censos de laderas pronunciadas, domos superficiales con texturas gruesas y afloramientos con suelo incipiente pertenecientes a las comunidades A1, A2 y B.

Desde el punto de vista fisonómico y funcional el eje principal de variación florística puede ser resumido como un gradiente que va desde sitios con alta a sitios con baja cobertura vegetal e IVN. La correspondencia entre estructura y funcionamiento ecosistémico ha sido frecuentemente asumida, aunque en raras oportunidades evaluada (Paruelo et al., 2005). En el caso de la vegetación herbácea de la región basáltica, la alta correlación observada entre el eje 1 del ordenamiento de los censos y el IVN, señalan una importante correspondencia entre un atributo estructural, la identidad de las especies y otro funcional, la productividad primaria. Otro atributo altamente correlacionado con el principal eje de variación florística es la cobertura vegetal. Estos resultados muestran que para esta zona, a diferencia de lo reportado para las estepas patagónicas (Paruelo et al. 2005) la estructura florística y la fisonómica están estrechamente relacionadas. Este resultado subraya la importancia de este tipo de estudios desde el punto de vista de su aplicación productiva.

Un conjunto de variables ambientales interdependientes que controlan la disponibilidad de agua se presentan asociadas al gradiente florístico; principalmente la profundidad del suelo, la textura, la pendiente, la forma de la pendiente y el área pendiente

arriba. A la influencia local de las propiedades edáficas se agregan los efectos de la macro y micro topografía en la redistribución del agua en el paisaje. La interacción de estas variables resulta en un gradiente de disponibilidad de agua compuesto, en el cual no se puede discriminar el efecto de cada variable sobre el mismo. El resultado de identificar la disponibilidad de agua como principal control de la variación en composición de especies de la vegetación herbácea en la región del Basalto Superficial concuerda con la tendencia general encontrada para otras áreas de pastizales (Perelman et al., 2001). El segundo gradiente de importancia detectado (eje 2), revela diferencias florísticas entre los censos del extremo xerofítico del eje principal, y parece ser determinante en la delimitación de la comunidad B. La interpretación de este gradiente es más complicada. La correlación con la pendiente y la rocosidad nos está indicando una oposición de dos geoformas, en un extremo del gradiente se encuentran afloramientos rocosos planos con un desarrollo de suelo incipiente y en el otro extremo laderas pronunciadas. Las observaciones de campo acerca de la abundancia de fecas señalan a los stands de la comunidad B con alta cantidad de fecas y a los stands de la comunidad A1 opuestos en el gradiente con escasa o moderada cantidad de fecas. Esto podría estar evidenciando, que estas categorías macrotopográficas están sujetas a regímenes de perturbación diferentes. El tercer eje de variación discrimina florísticamente los censos de la comunidad C3 de planicies aluviales. Al igual que algunas de las especies indicadoras de esta comunidad, las especies *Bromus catharticus*, *Bromus auleticus* y *Baccharis spicata* asociadas a la comunidad C3 en el plano de la ordenación sugieren condiciones de subpastoreo (Rodríguez et al., 2001). Por consiguiente, en los casos de los ejes 2 y 3 podemos estar frente a gradientes florísticos donde se confunden los efectos edáficos y geomorfológicos con los efectos de la actividad diferencial del ganado en cuanto a deposición de fecas y pastoreo. Existe evidencia de que estos efectos del ganado no necesariamente presentan patrones espaciales congruentes. No obstante, la interpretación del segundo y tercer eje de variación florística, coinciden en sugerir que el ganado a través de uno u otro efecto promueve el incremento de la heterogeneidad florística incrementando el contraste entre las comunidades. Este efecto selectivo del pastoreo se manifiesta como consecuencia del tamaño de los establecimientos ganaderos de la zona estudiada (más del 50% del área corresponde a predios >2500 ha), el tamaño de los potreros y el pastoreo continuo como tipo de manejo.

#### 4.2 ESPECIES ENDÉMICAS Y EXÓTICAS

El análisis del número de especies endémicas registradas en el estudio, su frecuencia y su abundancia indican que las comunidades herbáceas del basalto superficial

están compuestas fundamentalmente por especies de distribución amplia. También indica que la particularidad en términos florísticos de la región no se puede explicar en base a una sola comunidad o un rango de hábitat particular. Un análisis fitogeográfico más detallado para evaluar la distribución de cada especie y los vínculos de las comunidades descritas con otras regiones, requiere ahondar en el estudio de colecciones y la generalización de inventarios fitosociológicos. Durante el desarrollo de este trabajo se hicieron evidentes una y otra vez las carencias en este plano, desde lo más básico como la inexistencia de una flora del Uruguay.

Con relación a la invasión de exóticas, evaluada tanto como su contribución en especies a la riqueza total, como en su frecuencia y abundancia en el paisaje, es posible afirmar que es poco importante en comparación con datos de inventarios fitosociológicos de regiones próximas como la Pampa Deprimida (Chaneton, 2002). La magnitud de la diferencia entre el porcentaje de exóticas de la región del Basalto Superficial (4,3%) y la región de la Pampa Deprimida (25%) es elocuente (Chaneton et al., 2002). Una característica en común es que en ambas regiones las hierbas anuales de crecimiento invernal son predominantes dentro de la flora exótica. Esta representación sesgada de formas de vida puede reflejar la acción de restricciones ambientales favorables a invasoras con ciertos atributos o puede representar una muestra proporcional de invasoras exitosas del pool de exóticas que han arribado a la región (Chaneton et al., 2002). La semejanza entre los atributos predominantes dentro de la flora exótica de ambas regiones y el supuesto razonable de que la disponibilidad de especies exóticas es similar sugiere explorar las causas responsables de las diferencias del grado de invasión entre los atributos de las comunidades nativas (Figuroa et al., 2004). El establecimiento y expansión de especies exóticas se ha asociado a diferentes factores que operan a nivel de las comunidades, principalmente: el régimen de perturbación, el uso de la tierra y la diversidad de especies nativas (Figuroa et al., 2004). En este contexto, cabe agregar en términos de comparación entre regiones una diferencia notoria en el porcentaje de suelo con uso agrícola actual o pasado (aproximadamente un 1,5% en la región del basalto superficial frente a un 20% en la región de la Pampa Deprimida (MGAP, 2000) (Baldi, 2002). Si bien escapa a los objetivos de este estudio la dilucidación de las causas de la invasión de especies así como los impactos de éstas, este resultado constituye una señal de alerta sobre la importancia de la evaluación de impactos originados por cambios en el uso de la tierra. Más aún en una coyuntura en que se están expandiendo los mejoramientos extensivos en la región Basáltica, específicamente la siembra de cobertura de leguminosas exóticas.

### 4.3 CONSIDERACIONES FINALES

En esta tesis se presenta la primera descripción de la variación en composición de especies de la vegetación herbácea de una importante porción del territorio uruguayo usando un conjunto de observaciones sistemáticas y de amplia cobertura y empleando métodos numéricos para su análisis.

De la interpretación en términos ambientales de los patrones de vegetación identificados surgen diferentes hipótesis de trabajo para futuros estudios sobre los pastizales naturales de la región basáltica. La disponibilidad de agua asociada a características edáficas y topográficas aparece como el principal control ambiental de los gradientes de vegetación tanto florísticos como funcionales. La estrecha relación de la estructura florística y el funcionamiento subraya el potencial de uso de la clasificación con fines agronómicos.

Si bien el uso actual de ganadería extensiva es relativamente uniforme a escala regional (entre establecimientos ganaderos), a escala de potrero la acción del ganado parece ser preferencial con respecto a tipos macrotopográficos y comunidades vegetales. Los resultados de este estudio sugieren que el régimen de perturbación asociado al ganado actúa como un control importante de la heterogeneidad florística en interacción con factores ambientales como la macro-topografía. Específicamente, sugiere la hipótesis de que en este rango de situaciones de manejo y a estas escalas espaciales el ganado promueve el incremento de la heterogeneidad florística incrementando la divergencia entre las comunidades.

Las perspectivas inmediatas del presente trabajo son la realización de la cartografía de las unidades de vegetación determinadas y la continuación de los relevamientos fitosociológicos en la región.

Con relación a lo primero, la combinación del estudio fitosociológico de la región del Basalto Superficial con técnicas de teledetección han arrojado resultados preliminares promisorios (Lezama et al. 2004). En el mapa obtenido las unidades de pastizal natural dan cuenta del 87% del área de estudio, lo cual concuerda con los datos del Censo Agropecuario (2000). Estos resultados resaltan la utilidad del trabajo combinado de fitosociología y teledetección en la clasificación y mapeo de pastizales, sobre todo cuando la adquisición de información confiable de vegetación es requerida en forma rápida. La inclusión en el análisis de imágenes satelitales de alta resolución temporal y mediana resolución espacial permitiría incorporar a la caracterización estructural información sobre el funcionamiento ecosistémico, como la productividad primaria neta aérea. La continuación de los relevamientos fitosociológicos en la región permitirá evaluar la

robustez y consistencia del esquema clasificatorio propuesto y además ampliar la extensión del estudio en términos geográficos y en tipos de hábitat (por ejemplo, paredones rocosos y peñascos).

El presente estudio comprende la descripción de la heterogeneidad de la vegetación de un área importante de pastizales naturales sobre la cual se sustenta la ganadería. El conocimiento acerca de la composición específica y estructura de las comunidades puede constituir un valioso auxiliar en la planificación de establecimientos agropecuarios. La posibilidad de cuantificar la diversidad biológica también tiene implicancias para el diseño de políticas de conservación tanto del recurso vegetación como de fauna silvestre y establecimiento de áreas protegidas.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

Allen, T. F. H. & Hoekstra, T. W. 1993. *Toward a Unified Ecology*. Columbia University Press, New York.

Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echeverría, A., Panario, D. & Puentes, R. 1976. *Clasificación de Suelos*. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de Agricultura y Pesca. Tomo I. Montevideo.

Altesor, A., Pezzani, F., Grun, S. & Rodríguez, C. 1999. *Relationship between spatial strategies and life-history attributes in a Uruguayan grassland: a functional approach*. *Journal of Vegetation Science* 10: 457-462

Alvarez, C., Cayssials, R. & Molfino, J.H. 1990. *Estimación del almacenaje de agua en las tierras del Uruguay (Primera Aproximación)*. II Seminario Nacional de Campo Natural.

Baeza, S., Paruelo, J.M. & Altesor, A. *Caracterización Funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de Sensores Remotos*. Enviado a INTERCIENCIA.

Baldi, G. 2002. *Fragmentación del paisaje en la región de los Pastizales del Río de la Plata: una cuantificación espacial mediante el uso de imágenes LANDSAT TM*. Tesis de Licenciatura en Biología, UBA.

Batista, W. B., León, R. J. C. & Perelman, S. B. 1988. *Las comunidades vegetales de un pastizal natural de la Región de Laprida, Prov. de Buenos Aires, Argentina*. *Phytocoenologia* 16: 465-480.

Berreta, E. J. 1998. *Principales características climáticas y edáficas de la región de Basalto en Uruguay*. INIA Tacuarembó. Seminario de actualización en tecnologías para Basalto. Serie técnica nº102: pp. 3 10.

Bonifacino, M., Cattaneo, M. & Profumo, L. 1998. *Caracterización Fitosociológica de un Bosque de Quebrada sobre el Aº del Potrero, Cuchilla Negra, Dpto. de Rivera*. Tesis Ing. Ag. Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

Bouyoucos, G. J. 1936. *Directions for making mechanical analysis of soils by the*

*hydrometer method*. Soil Science.42 (3)

Bossi, J. & Navarro, R.1988. *Geología del Uruguay*. Universidad de la República. Montevideo.

Bossi, J. & Schipilov, A. 1998. *Rocas Igneas Básicas del Uruguay*. Facultad de Agronomía. Montevideo.

Brussa, C., Majo, B., Sans, C. & Sorrentino A. 1993. *Estudio fitosociológico del monte nativo en las nacientes del Arroyo Lunarejo, Departamento de Rivera*. Boletín de Investigaciones N°38. Universidad de la República. Montevideo.

Burkart, A. 1975. *Evolution of grasses and grasslands in South America*. Taxon 24: 53-66

Burkart, S. E. , León, R. J. C. & Movia C. P.1990. *Inventario fitosociológico del Pastizal de la Depresión del Salado ( Prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes*. Darwiniana 30: 27-69.

Burkart, S. E, León, R.J.C. , Perelman, S. B. & Agnusdei, M. 1998. *The Grasslands of the Flooding Pampa (Argentina): floristic heterogeneity of natural communities of the southern rio salado basin*. COENOSIS.13(1):17-27.

California Native Plant Society Vegetation Comitee. 2000. *California native plant society relevé protocol*. [www.cnps.org/archives/forms/releve.pdf](http://www.cnps.org/archives/forms/releve.pdf)

Cabrera, A. L. & Willink, A. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía 13, Serie de Biología, OEA, Washington, D. C.

Cantero, J. J., Cabido, M., Núñez, C., Petryna, L., Zak, M. & Zobel, M. 2001. *Clasificación de los pastizales de suelos sobre rocas metamórficas de las Sierras de Córdoba, Argentina*. Kurtziana 29 (1): 27 – 77.

Castellanos, A. & Pérez Moreau, R. 1944. *Los tipos de vegetación de la República Argentina*. Universidad de Buenos Aires.

Chaneton, E. 1995. *Heterogeneidad de los pastizales de la Pampa Deprimida en varias*

*escalas de percepción*. Tesis MSc, Fac. Agr., Univ. Buenos Aires.

Chaneton, E, Perelman, S., Omacini, M. & León, R. 2002. *Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands*. Biological Invasions. 4:7-24.

Chebataroff, J. 1969. *Relieve y costas*. Nuestra Tierra, Montevideo.

Crawley, M. J. 1987. *The structure of plant communities*. En: Crawley, M. J. (ed), Plant Ecology. Blackwell, Oxford.

Dufrene, M. & Legendre P. 1997. *Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach*. Ecological monographs. 67(3): 345-366.

Ecological Society of America, 2002. *An initiative for a standardized classification of vegetation*. [www.esa.org/vegweb/vegstds\\_v1.pdf](http://www.esa.org/vegweb/vegstds_v1.pdf)

Ewald, J. 2003. *A critique for phytosociology*. Journal of Vegetation Science 14: 291-296.

Figuerola, J., Castro, S., Marquet, P. & Jaksic, F. 2004. *Exotic plant invasions to the mediterranean region of Chile: causes, history and impacts*. Revista Chilena de Historia Natural. 77:465-483.

Formoso, D & Platero, H. 2001. *Instalación y persistencia de Lotus Rincón en campos de Basalto*. Utilización y manejo de mejoramientos extensivos con ovinos. SUL. pp:72-80.

Gallo, K. P., Daughtry, C. S. T. & Bauer, M. E. 1985. *Spectral estimation of absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies*. Remote Sensing of Environment, 22:209-203.

Gauch, H. G. Jr. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge Univ. Press, New York.

Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications. London.

- Golluscio, R., Deregibus, A. & Paruelo, P. 1998. *Sustainability and range management in the Patagonian steppes*. *Ecología Austral*. 8:265-284.
- Goso, H., Oyhantcabal, P., Behak, L. & Umpiérrez, V. 1998. *Diferentes Tipos de Materiales Basálticos y sus características para Obras Viales*. Memorias del Segundo Congreso de Vialidad Uruguaya. 144-154. Montevideo.
- Gudynas, E & Evia, G. 2000. *Ecología del Paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la Diversidad Biológica*. Sevilla.
- Hoagland, B. W. & Collins S. L. 1997. *Gradient models, gradient analysis, and hierarchical structure in plant communities*. *OIKOS*. 78:23-30.
- Izaguirre, P. & Beyhaut R. 1998. *Las leguminosas en Uruguay y regiones vecinas*. Parte 1. Montevideo.
- Jackson, D. A. 1995. *PROTEST: A PROcrustean Randomization TEST of community environment concordance*. *Ecoscience* 2: 297-303.
- Jobbagy E.G., J.M. Paruelo & León, R.J.C. 1996. *Vegetation Heterogeneity and diversity in flat and mountain landscapes of Patagonia (Argentina)*. *Journal of Vegetation Science* 7:599-608
- Jongman, R. H. G., ter Braak, C. J. G. & Van Tongeren, O. F. R. 1987. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Pudoc, Wageningen.
- Kent, M. & Coker., P. 1992. *Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach*. Belhaven Press. London.
- Kimmins, J. P. 1997. *Forest Ecology: A foundation for Sustainable Management*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- León, R. J. C., Burkart, S. E. & Movia, C. P. 1979. *Relevamiento fitosociológico del pastizal del norte de la Depresión del Salado (Partidos de Magdalena y Brandsen, Pcia. de Bs. As.)*. *Vegetación de la República Argentina, Serie Fitogeográfica* 17, pp 1-90. INTA, Buenos Aires.

León, R. J. C. & Facelli, J. M. 1981. *Descripción de una coenoclina en el SW del Chubut*. Revista de la Facultad de Agronomía. 2:163-171.

Lezama, F.; Baeza, S.; Altesor A.; Paruelo, J. M.; Piñeiro, G. y León R. 2004. Distribución Espacial de las Comunidades de Pastizal en la Región Basáltica (Uruguay). En: XX Reunión Del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical – Grupo Campos. Salto, Uruguay.

McCune, B. & Mefford M. J. 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.0*. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.

McGeoch, M. A., Van Rensburg, B. J. & Botes, A. 2002. *The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem*. Journal of Applied Ecology 39:661-672.

Millot, J.C., Risso, D. & Methol, R. 1987. *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay*. Informe Técnico, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo.

Ministerio de Ganadería , Agricultura y Pesca. 2000. *Censo General Agropecuario 2000*. Dirección de Censos y Encuestas. Montevideo.

Mucina, L. 1997. *Classification of vegetation: Past, present and Future*. Journal of Vegetation Science 8: 751-760.

Mueller - Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley & Sons, New York

Noy- Meir, I. & van der Maarel, E. 1987. *Relations between community theory and community analysis in vegetation science: some historical perspectives*. Vegetatio 69: 5-15.

Palmer, M. 2004. Hypothesis - Driven and Exploratory Data Analysis.  
<http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate/motivate.htm>

Panario, D. 1988. Geomorfología del Uruguay. Publicación de la Facultad de Humanidades

y Ciencias. Montevideo, Uruguay.

Panario, D. & May, H. 1994. *Estudio comparativo de la sucesión ecológica de la flora pratense en dos sitios de la Región Basáltica, suelo superficial y suelo profundo, en condiciones de exclusión y pastoreo*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Boletín N° 13: 55-77 . Montevideo.

Paruelo J.M. y Aguiar, M.R. 2003 *El impacto humano sobre los ecosistemas: el caso de la desertificación en Patagonia*. Ciencia Hoy 13: 48-59.

Paruelo J. M., Golluscio, R. A., Guerschman, J. P., Cesa, A., Jouve, V. V. Y Garbulsky, M. F. 2004. *Regional scale relationships between ecosystem structure and functioning: the case of the Patagonian steppes*. Global Ecology and Biogeography. 13: 385-395.

Perelman, S. B. 1996. *Análisis multivariado descriptivo aplicado al estudio de las comunidades de pastizal de la Pampa Deprimida*. Tesis MSc, Fac. Agr., Univ. Buenos Aires.

Perelman, S. B., León R. J. C. & Oesterheld M. 2001. *Cross-scale vegetation patterns of Flooding Pampa. grasslands*. Journal of Ecology.89: 562-577.

Peres-Neto, P. R. & Jackson, D. A. 2001. *How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test*. Oecologia 129:169-178.

Reed, R. A., Peet, R. K., Palmer, M. W. & White, P. S. 1993. *Scale dependence of vegetation-environment correlations: A case study of a North Carolina piedmont woodland*. Journal of Vegetation Science 4: 329-340.

Rodríguez, C., Leoni, E., Lezama, F. & Altesor, A. 2001. *Efecto de la exclusión del ganado sobre la frecuencia de especies de pradera natural*. 1º Reunión Binacional de Ecología, Bariloche.

Rosengurtt, B. 1944. *Las formaciones campestres y herbáceas del Uruguay*. Cuarta Contribución, Agros N°134. Montevideo.

Rosengurtt, B. 1979. *Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay*. Facultad de Agronomía, Montevideo.

Rosengurtt, B. 1994. *Especies campestres generales*. En: Contribución de los estudios edafológicos al conocimientos de la vegetación en la República Oriental del Uruguay.

Boletín Técnico N°13, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo

Rosengurtt, B., Arrillaga de Maffei B. R. & Izaguirre de Artucio, P. 1970. *Gramíneas Uruguayas*. Montevideo.

Sganga, J. C. 1994. *Caracterización de la Vegetación de la R.O.U.* En: Contribución de los estudios edafológicos al conocimientos de la vegetación en la República Oriental del Uruguay. Boletín Técnico N°13, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Sober, E. 1993. *Filosofía de la Biología*. Alianza, Madrid.

Soriano, A. 1992. *Río de la Plata grasslands*. In: Coupland RT (ed) *Natural Grasslands: Introduction and Western Hemisphere*. *Ecosystems of the World – 8ª*: 367-407. Elsevier, Amsterdam.

Sturm, M. 2001. *Pampas Deer (Ozotoceros bezoarticus ) Habitat Vegetation Analysis and Deer Habitat Utilization, Salto Uruguay*. Thesis Msc, Faculty of Environmental and Forest Biology, Stae University of New York.

Ter Braak, C. J. F. & Prentice, I. C. 1988. *A theory of gradient analysis*. In: *Advances in Ecological Research* 18:271 –317.

Wiens, J.A. 1989. *Spatial scaling in ecology*. *Functional Ecology*. 3:385-397.

Zuloaga, F. O., Nicora E. G., Rúgolo de Agrasar Z. E., Morrone O., Pensiero J. & Cieldella A. M. 1994. *Catálogo de la Familia Poaceae en la República Argentina*. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. 47: 1-178.

Zuloaga, F. O. & Morrone O. 1996a. *Catálogo de la Plantas Vasculares de la República Argentina*. I. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. 60: 1-1323.

Zuloaga, F. O. & Morrone O. 1996b. *Catálogo de la Plantas Vasculares de la República Argentina*. II. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 74: 1-1269.