

# ANÁLISIS DISCRIMINANTE DE UNA COMUNIDAD HALÓFILA CON DISTINTAS HISTORIAS DE FUEGO

Susana R. Feldman, Vilma Bisaro y Juan P. Lewis

## RESUMEN

Los espartillares de *Spartina argentinensis* (Provincia de Santa Fe, Argentina) se encuentran en suelos salinos pobremente drenados y con frecuencia sufren incendios. En estudios previos se observó que parcelas con distintas historias de fuego se agrupaban de acuerdo a este factor en función de la abundancia-cobertura de las especies presentes. El objeto de este trabajo fue analizar a qué especies respondían estos agrupamientos, para lo cual se usó análisis discriminante. Se utilizaron los datos de abundancia-cobertura de la Reserva Federico Wildermuth (Santa Fe), en parcelas quemadas y sin quemar, la mitad de las cuales se volvieron a quemar en agosto de 1999, con datos de tres años: 1998: A (quemada en 1996) y D (nunca quemada); 1999

y 2000: A; B (quemada en 1996 y 1999); C (quemada solo en 1999) y D. En 1998, la función discriminante incluyó a 13 de las 38 especies presentes, siendo *Melilotus alba*, *Iresine difusa*, *Distichlis spicata* y *S. argentinensis* las de mayor peso. Las variables que quedaron en la función en 1999, 16 sobre un total de 57, fueron *S. argentinensis*, *Heliotropium curassavicum*, *M. alba*, *Chloris ciliata*, *C. gayana*, *Apium leptophyllum*, y *Pluchea sagittalis*, mientras que en el 2000, 16 dentro de 68 especies incluyeron a *I. difusa*, *Salicornia ambigua*, *Phyla canescens*, *Pluchea sagittalis* y *M. alba*. A relativo corto plazo, el sistema tiende a igualarse al original sin perturbación por fuego.

## Introducción

Los pastizales de *Spartina argentinensis* (espartillares) tienen una distribución anfitrópica, alrededor del golfo de México y América del Sur. En Argentina se los encuentra en la región de los Bajos Submeridionales del Chaco santafesino (28-30°S y 60-61°30'O) cubriendo alrededor de 2 000 000ha y prolongándose hacia el sur a lo largo de cañadas, que son áreas deprimidas pobremente drenadas, algunas de las cuales pueden considerarse prolongaciones de los Bajos Submeridionales (D'Angelo *et al.*, 1987; Iriondo, 1987). Hacia al sur estos espartillares se encuentran hasta el paralelo 33°S, a partir de donde la especie dominante generalmente es reemplazada por *S. densiflora* (Lewis y Collantes, 1975), aunque recientemente *S. argentinensis* ha sido registrada aún más al sur, en

la provincia de Buenos Aires (Lewis y Pire, 2005).

Las comunidades halófilas de la región son distintos pajonales que fisonómicamente se caracterizan por tener matrices formadas por macollas de una especie dominante de gran tamaño y escasos individuos de especies acompañantes y praderas o céspedes cortos de distintas especies de gramíneas como *Distichlis spicata*. Se encuentran en áreas deprimidas con suelos halo-hidromórficos, pobremente drenados y pH >8 (Cabrera, 1974). Las macollas de la matriz miden más de 1m de altura y sus diámetros son muy variables (Feldman *et al.*, 2007). Pocas especies acompañan a la dominante y en general la comunidad tiene muy baja diversidad florística (Collantes y Lewis, 1980a, b; Lewis *et al.*, 1985, 1990a, b).

Según Lewis *et al.* (1990b) el fuego es un disturbio re-

currente que modelaría a los espartillares y pareciera ser el factor determinante de una variante del pajonal (Stofella, 1995). El fuego disminuye transitoriamente la abundancia-cobertura de *S. argentinensis*, con un aumento de especies acompañantes, determinando un aumento de la riqueza, equitabilidad y diversidad, que se mantiene durante los primeros dos años. Dado que los espartillares se recuperan rápidamente después de los incendios, se puede concluir que los incendios son un factor inherente a su ambiente (Feldman y Lewis, 2005). El objeto de este trabajo fue establecer qué especies determinan las diferencias en las primeras etapas de la recuperación de estos pastizales.

## Material y Métodos

Los estudios de campo se realizaron en un espartillar

de la Reserva de Usos Múltiples Federico Wildermuth, ubicada (Figura 1) en Colonia Bel Grano, Dto. San Martín, Santa Fe, Argentina (31°57'S; 61°23'O). Desde un punto de vista geomorfológico, la Reserva está ubicada en la pampa ondulada, entre el río Paraná y la fractura Tostado-Selva. Las presiones sufridas durante el período Platense fragmentaron al basamento cristalino en bloques con rumbo N-S, que sufrieron movimientos tectónicos y determinaron que las áreas sobre los bloques con mayores presiones presenten pendientes reducidas y sean receptáculos de aguas que escurren con lentitud, recibiendo el nombre de cañadas (Pasotti, 2000). La Reserva cuenta con una superficie de 13km<sup>2</sup>, de los cuales casi la mitad están ocupados por pastizales de *Spartina argentinensis* Parodi, o espartillares. El clima

## PALABRAS CLAVE / Disturbios / Fuego / Pastizales / *Spartina argentinensis* /

Recibido: 03/11/2008. Modificado: 13/06/2009. Aceptado: 16/06/2009.

**Susana Raquel Feldman.** Ingeniera agrónoma, Universidad Nacional de Rosario (UNR), Argentina. Doctora en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Profesora, UNR, Argentina. Dirección: Parque Experimental Villarino, s2125zaa, Zavalla, Argentina. e-mail: sfeldman@unr.edu.ar.

**Vilma Bisaro.** Licenciada en Estadística Matemática, UNR, Argentina. Profesora, UNR, Argentina.

**Juan Pablo Lewis.** Ingeniero Agrónomo, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Ph.D. en Botánica, Cambridge University, RU. Investigador CONICET, UNR, Argentina.

## DISCRIMINANT ANALYSIS OF A HALOPHYLOUS COMMUNITY WITH DIFFERENT FIRE HISTORIES

Susana R. Feldman, Vilma Bisaro and Juan P. Lewis

### SUMMARY

The “espartillares” of *Spartina argentinensis* (Santa Fe province, Argentina) thrive on saline poorly drained soils with frequent natural or man-made fires. Previous data showed that plots with different fire histories were clustered according to fire and the cover-abundance of the species of the community. Our aim was to analyze which species were responsible of the clustering using discriminant analysis of cover-abundance data of burnt and non burnt plots of the Federico Wildermuth Reserve: (A) burned in July 1996, (B) burned in July 1996 and August 1999, (C) burned in August 1999, and (D) never burned. In

1998, the discriminant function included 13 out of 38 species, being *Melilotus alba*, *Iresine difusa*, *Distichlis spicata* y *S. argentinensis* the most important. *S. argentinensis*, *Heliotropium curassavicum*, *M. alba*, *Chloris cycliata*, *C. gayana*, *Apium leptophyllum*, and *Pluchea sagittalis* were the most important variables (16 out of 57 species) in 1999 while in 2000 *I. difusa*, *Salicornia ambigua*, *Phyla canescens*, *Pluchea sagittalis* and *M. alba* were considered by the function (16 out of 68 species). The effect of fire on the “espartillar” was not long-lasting and burned and non-burned plots are much alike a few years after.

## ANÁLISE DISCRIMINANTE DE UMA COMUNIDADE HALÓFILA COM DISTINTAS HISTÓRIAS DE FOGO

Susana R. Feldman, Vilma Bisaro e Juan P. Lewis

### RESUMO

Os prados de capim marinho *Spartina argentinensis* (provincia de Santa Fe, Argentina) se encontram em solos salinos pobremente drenados e com frequência sofrem incêndios. Em estudos prévios foi observado que parcelas com distintas histórias de fogo se agrupavam de acordo a este fator em função da abundância-cobertura das espécies presentes. O objeto de este trabalho foi analisar quais as espécies a que respondiam estes agrupamentos, para o qual foi usada a análise discriminante. Utilizaram-se os dados de abundância-cobertura da Reserva Federico Wildermuth (Santa Fe), em parcelas queimadas e sem queimar, a metade das quais se voltaram a ser queimadas em agosto de 1999, com dados de três anos: 1998: A (queimada

em 1996) e D (nunca queimada); 1999 e 2000: A; B (queimada em 1996 e 1999); C (queimada somente em 1999) e D. Em 1998, a função discriminante incluiu 13 das 38 espécies presentes, sendo *Melilotus alba*, *Iresine difusa*, *Distichlis spicata* e *S. argentinensis* as de maior peso. As variáveis que ficaram na função em 1999, 16 de um total de 57, foram *S. argentinensis*, *Heliotropium curassavicum*, *M. alba*, *Chloris cycliata*, *C. gayana*, *Apium leptophyllum*, e *Pluchea sagittalis*, enquanto que em 2000, 16 de 68 espécies incluíram a *I. difusa*, *Salicornia ambigua*, *Phyla canescens*, *Pluchea sagittalis* e *M. alba*. Em relativo curto prazo, o sistema tende a se igualar ao original sem perturbação por fogo.

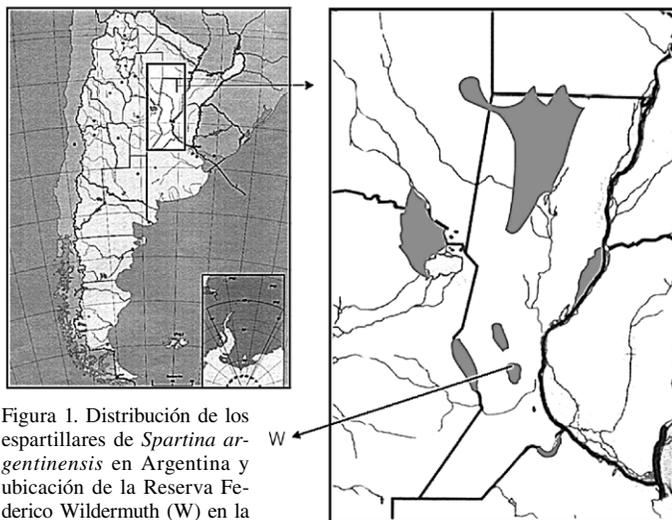


Figura 1. Distribución de los espartillares de *Spartina argentinensis* en Argentina y ubicación de la Reserva Federico Wildermuth (W) en la provincia de Santa Fe.

es templado húmedo, con una temperatura media anual de 17°C (24°C en enero y 10°C en julio). El promedio de precipitaciones en la Reserva durante el período 1971/2000 fue de 959,97 ±244,39mm (Heinz Oppliger, comunica-

ción personal), con ciclos variables de sequías invernales. Si bien la isolínea cero de déficit hídrico atraviesa a la Reserva (Cáceres, 1980), la elevada concentración de sales del suelo determina que hacia fines del invierno, o en

algunos veranos, las plantas sufran estrés hídrico (Fitter y Hay, 1987).

Jenny *et al.* (1993) determinaron que los suelos donde crecen los espartillares de la Reserva son Solonetz Gleycos, con un alto contenido de Na en superficie, en su complejo de intercambio (65%) y en el subsuelo, lo que en conjunto determina que los suelos tengan una fuerte reacción alcalina. El N<sub>2</sub> se encuentra principalmente como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (230kg·ha<sup>-1</sup>), con una relación C/N de 81 (INTA, 1988).

No existe un registro de incendios de larga data en el área. La Reserva fue creada en 1988 y a partir de 1991 se excluyó al ganado vacuno de las áreas cubiertas por espartillares y vegetación higrófila. Aunque el espartillar de la Reserva no fue roturado, debe considerarse que está en una región que ha sido intensamente transformada

por la actividad antrópica, principalmente ganadería para la producción de carne y leche, por lo cual hay fuentes cercanas de propágulos de especies exóticas (Boutin y Jobin, 1998).

En julio 1996 se desencadenó un incendio que, gracias a la construcción de contra-fuegos, afectó solo a la mitad de la reserva. En diciembre 1998 se realizaron censos de la vegetación en 10 parcelas de 4×4m ubicadas al azar (Lewis *et al.*, 1990a) en las áreas quemada y no quemada en 1996 (A y D, respectivamente), usando la escala de abundancia-cobertura de Braun Blanquet (1979). En agosto 1999 se hizo una quema controlada de porciones de las áreas colindantes A y D. En diciembre de 1999 y 2000 se realizaron censos de la vegetación de similares características a los de 1998, pero con 12 parcelas al azar

por área de historia de fuego, considerando los tratamientos A: quemada en 1996; B: quemada en 1996 y 1999; C: quemada en 1999 y D: nunca quemada (testigo).

Para cada combinación historia de fuego-año de censo, se determinó la constancia de las especies, en función del porcentaje del total de censos en los que estaban presentes y se los asignó a una clase de constancia utilizando una escala de I a V.

Se confeccionaron tres matrices de parcelas por especies, una por cada año, reemplazando los datos de abundancia-cobertura de Braun Blanquet, por la escala de van der Maarel (1979). Se utilizó el análisis discriminante canónico (ADC) para analizar los datos de las matrices correspondientes a cada año.

El ADC permite descubrir algebraicamente las relaciones entre dos o más grupos, de forma tal que las diferencias entre ellas se maximicen. El objetivo de este análisis es encontrar una combinación lineal de las variables originales (en este caso, las especies) que minimice la probabilidad de clasificar erróneamente a las parcelas en sus respectivos grupos y donde la suma de cuadrados de las diferencias entre grupos sobre la variancia dentro de los grupos sea máxima. Cuando hay dos grupos se genera una sola ecuación discriminante (eje canónico) y si hay k grupos, habrá k-1 funciones discriminantes no correlacionadas (ejes canónicos).

Para el análisis se utilizó el programa Statistica, versión 5.1, que ofrece la posibilidad, mediante el procedimiento *stepwise*, de construir un modelo con las variables que más contribuyen a la discriminación entre grupos. Dentro del *stepwise* se utilizó el método de selección *forward* donde a cada paso se evalúan las variables ya en el modelo para determinar cuales contribuirán mejor a la discriminación entre grupos y eliminar aquellas que

no contribuyen. Se asume que las variables tienen una distribución normal multivariante con una matriz de covariancias común.

La nomenclatura botánica empleada es acorde a Zuloaga *et al.* (1994) y Zuloaga y Morrone (1999), las vías metabólicas C3/C4 según Sánchez y Arriaga (1990) y los ciclos de vida, anuales/perennes, según Burkart (1969) y Cabrera (1970). Se conserva *S. argentinensis* como nombre válido de la especie dominante, según Lewis y Pire (2005).

### Resultados

En todas las situaciones o historias de fuego y en los tres años analizados, *S. argentinensis* fue la especie de mayor constancia. Las demás especies alcanzaron siempre valores muy bajos de abundancia-cobertura (Feldman y Lewis, 2005), aunque su constancia fuera alta y, en todas las situaciones, predominaron especies perennes con vías fotosintética C4 (Tabla I). La presencia de especies exóticas, tales como *Melilotus alba*, *Heliotropium curassavicum*, *Sarcocornia ambigua*, *Cirsium vulgare* y *Cynodon dactylon* aumentó como respuesta al fuego, persistiendo aún cuatro años después del mismo.

TABLA I  
ESPECIES PRESENTES DURANTE 1998, 1999 Y 2000 EN EL ESPARTILLAR DE LA RESERVA FEDERICO WILDERMUTH Y SU GRADO DE PERMANENCIA (CONSTANCIA) EN PARCELAS CON DIFERENTE HISTORIA DE FUEGO

| Especies                          | vf  | c | 1998 |     | 1999 |     |     |    | 2000 |     |     |     |     |
|-----------------------------------|-----|---|------|-----|------|-----|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|
|                                   |     |   | A    | D   | A    | B   | C   | D  | A    | B   | C   | D   |     |
| <i>Spartina argentinensis</i>     | C4  | p | V    | V   | V    | V   | V   | V  | V    | V   | V   | V   | V   |
| <i>Sarcocornia ambigua</i>        | C4  | p | II   | III | II   | II  | IV  | II | II   | III | IV  | III | III |
| <i>Distichlis spicata</i>         | C4  | p | III  | IV  | IV   | II  | IV  | II | I    | III | II  | I   | I   |
| <i>Heliotropium curassavicum</i>  | C3  | p | III  | II  | I    | V   | IV  | II | I    | III | II  | I   | I   |
| <i>Iresine diffusa</i>            | C3  | p | III  | II  | I    | I   | I   | I  | 0    | III | I   | 0   | 0   |
| <i>Agropyron scabrifolium</i>     | C3  | p | 0    | II  | 0    | 0   | V   | II | I    | 0   | III | III | III |
| <i>Nicotiana longiflora</i>       | C3  | p | II   | I   | I    | I   | I   | 0  | 0    | I   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Ambrosia tenuifolia</i>        | C3  | p | III  | II  | I    | III | II  | I  | I    | II  | I   | II  | II  |
| <i>Pluchea sagittalis</i>         | C3  | p | IV   | III | II   | IV  | I   | II | II   | III | II  | I   | I   |
| <i>Pappophorum mucromulatum</i>   | C4  | p | III  | II  | III  | II  | II  | I  | 0    | I   | II  | I   | I   |
| <i>Eringium coronatum</i>         | C3  | p | IV   | III | IV   | IV  | IV  | II | III  | II  | III | II  | II  |
| <i>Sesuvium portulacastrum</i>    | CAM | p | I    | II  | 0    | II  | II  | I  | II   | II  | III | I   | I   |
| <i>Chloris halophylla</i>         | C4  | p | II   | II  | 0    | I   | II  | I  | III  | II  | II  | I   | I   |
| <i>Cynodon sp.</i>                | C4  | p | II   | I   | I    | IV  | III | 0  | II   | II  | II  | II  | II  |
| <i>Cirsium vulgare</i>            | C3  | a | II   | I   | II   | IV  | II  | 0  | II   | II  | III | 0   | 0   |
| <i>Melilotus alba</i>             | C3  | a | IV   | I   | IV   | IV  | III | 0  | II   | III | III | 0   | 0   |
| <i>Phyla canescens</i>            | C3  | p | III  | III | II   | I   | II  | II | III  | II  | II  | 0   | 0   |
| <i>Chloris ciliata</i>            | C4  | p | II   | II  | I    | IV  | I   | I  | 0    | 0   | II  | I   | I   |
| <i>Spergularia villosa</i>        | C3  | p | II   | II  | II   | IV  | II  | II | 0    | I   | 0   | I   | I   |
| <i>Teucrium cubense</i>           | C3  | p | I    | II  | I    | I   | 0   | I  | II   | I   | I   | I   | I   |
| <i>Deyeuxia viridi-flavescens</i> | C3  | p | II   | II  | I    | II  | 0   | 0  | II   | 0   | II  | 0   | 0   |
| <i>Verbena litoralis</i>          | C3  | p | II   | 0   | I    | 0   | I   | I  | I    | I   | I   | 0   | 0   |
| <i>Hordeum stenostachis</i>       | C3  | p | II   | 0   | II   | III | II  | II | II   | II  | I   | I   | I   |
| <i>Chloris gayana</i>             | C4  | p | I    | 0   | I    | II  | I   | 0  | 0    | I   | II  | II  | II  |
| <i>Aster squamatus</i>            | C3  | p | I    | 0   | 0    | 0   | I   | 0  | 0    | 0   | I   | 0   | 0   |
| <i>Setaria geniculata</i>         | C4  | p | I    | 0   | I    | 0   | 0   | 0  | 0    | II  | 0   | I   | I   |
| <i>Apium leptophyllum</i>         | C3  | a | I    | 0   | 0    | I   | 0   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Juncus sp.</i>                 | C3  | p | I    | 0   | I    | I   | 0   | 0  | I    | I   | 0   | I   | I   |
| <i>Phalaris angusta</i>           | C3  | a | II   | 0   | 0    | I   | 0   | I  | I    | I   | I   | 0   | 0   |
| <i>Hordeum euclastum</i>          | C3  | p | II   | 0   | I    | I   | I   | 0  | 0    | I   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Panicum bergii</i>             | C3  | a | I    | 0   | 0    | II  | 0   | 0  | 0    | I   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Physalis viscosa</i>           | C3  | p | I    | 0   | I    | I   | II  | I  | II   | I   | II  | I   | I   |
| <i>Chaetotropis chilensis</i>     | C3  | p | II   | 0   | I    | II  | II  | I  | I    | II  | II  | 0   | 0   |
| <i>Pterocaulum subvirgatum</i>    | C3  | p | II   | 0   | I    | I   | I   | I  | II   | II  | II  | I   | I   |
| <i>Petunia parviflora</i>         | C3  | p | I    | 0   | I    | I   | I   | 0  | II   | II  | I   | II  | II  |
| <i>Holocheilus hieracoides</i>    | C3  | p | II   | 0   | I    | I   | I   | 0  | 0    | I   | I   | I   | I   |
| <i>Rumex crispus</i>              | C3  | p | II   | 0   | 0    | I   | 0   | 0  | II   | I   | I   | I   | I   |
| <i>Grindelia scorzonifolia</i>    | C3  | p | I    | 0   | I    | 0   | II  | I  | 0    | 0   | II  | 0   | 0   |
| <i>Sphaeralcea bonariensis</i>    | C3  | p | 0    | 0   | I    | I   | 0   | I  | 0    | I   | I   | 0   | 0   |
| <i>Cyperus sp.</i>                | C4  | p | 0    | 0   | I    | 0   | 0   | 0  | II   | II  | 0   | 0   | 0   |
| <i>Dichondra microcalix</i>       | C3  | p | 0    | 0   | I    | I   | 0   | 0  | I    | 0   | I   | II  | II  |
| <i>Conyza bonariensis</i>         | C3  | p | 0    | 0   | II   | I   | I   | I  | II   | II  | I   | II  | II  |
| <i>Carex sp.</i>                  | C3  | a | 0    | 0   | I    | I   | 0   | 0  | II   | II  | 0   | I   | I   |
| <i>Plantago myosurus</i>          | C3  | p | 0    | 0   | I    | 0   | 0   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Heimia salicifolia</i>         | C3  | p | 0    | 0   | I    | 0   | I   | I  | II   | II  | II  | 0   | 0   |
| <i>Oxipetalum solanoides</i>      | C3  | p | 0    | 0   | I    | 0   | I   | 0  | 0    | I   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Artemisia verlotorum</i>       | C3  | p | 0    | 0   | 0    | I   | I   | 0  | 0    | 0   | I   | 0   | 0   |
| <i>Cenchrus pasciflorus</i>       | C3  | p | 0    | 0   | 0    | I   | II  | 0  | I    | I   | I   | 0   | 0   |
| <i>Stipa hialina</i>              | C3  | p | 0    | 0   | 0    | I   | I   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Nierembergia sp.</i>           | C3  | p | 0    | 0   | 0    | I   | I   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Picrosia longifolia</i>        | C3  | p | 0    | 0   | 0    | I   | I   | 0  | I    | I   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Euphorbia serpens</i>          | C3  | a | 0    | 0   | 0    | II  | II  | 0  | 0    | 0   | II  | 0   | 0   |
| <i>Chenopodium sp.</i>            | C3  | p | 0    | 0   | 0    | I   | I   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Sysirinchium minutorum</i>     | C3  | a | 0    | 0   | 0    | I   | I   | 0  | I    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Spergularia sp.</i>            | C3  | a | 0    | 0   | 0    | 0   | I   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| <i>Modiolastrum gilesii</i>       | C3  | p | 0    | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | II   | 0   | I   | 0   | 0   |

(continúa)

TABLA I (continuación)

| Especies                      | vf | c | 1998 |    |    |    | 1999 |    |    |    | 2000 |    |   |   |
|-------------------------------|----|---|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|---|---|
|                               |    |   | A    | D  | A  | B  | C    | D  | A  | B  | C    | D  |   |   |
| <i>Briza subaristata</i>      | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Spilantes</i> sp.          | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Paspalum dilatatum</i>     | C4 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | II   | I  | 0 | 0 |
| <i>Bromus catharticus</i>     | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | 0    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Vernonia rubicaulis</i>    | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | I    | I  | I | 0 |
| <i>Hypochoeris</i> sp.        | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | I    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Bothriocloa laguroides</i> | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | 0    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Eupatorium</i> sp.         | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | 0    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Sonchus asper</i>          | C3 | a | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | 0    | 0  | 0 | 0 |
| <i>Verbena gracilescens</i>   | C3 | p | 0    | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | I  | I    | 0  | 0 | 0 |
| Nº especies                   |    |   | 37   | 21 | 38 | 45 | 42   | 27 | 39 | 47 | 43   | 29 |   |   |

vf: vía fotosintética, c: ciclo de vida, A: quemada en 1996; B: quemada en 1996 y 1999; C: quemada en 1999 y D: nunca quemada. n= 10 en 1998, n= 12 en 1999 y 2000.

En la Tabla II figuran las especies incluidas por las funciones discriminantes para cada

uno de los años analizados; es decir, aquellas que contribuían más a la discriminación o diferenciación entre áreas. En 1998, dado que no solo se disponía de dos grupos, se halló una sola función discriminante. Debido a que para los años 1999 y 2000 se disponía de cuatro matrices (datos de las áreas A, B, C y D), para esos años se obtuvieron tres funciones discriminantes.

En 1998, la función incluyó a 13 de las 38 especies presentes y en función que los errores de clasificación obtenidos (Tabla II), se puede aseverar que las muestras están correctamente clasificadas en las dos áreas.

Las tres funciones discriminantes canónicas obtenidas con los datos del año 1999 incluyeron 16 sobre un total de 57 especies; el primer eje canónico expli-

ca el 79,19% de la variabilidad entre grupos y el segundo, el 16,56%. El 4,17% de error en la clasificación, se debe a que en los grupos B y C había una muestra incorrectamente clasificada.

En 2000, las tres funciones discriminantes canónicas obtenidas incluyeron a 22 de las 68 especies presentes, con 67,42 y 19,88% de la variación explicada por el primer y segundo eje canónico, respectivamente. El error de clasificación fue nuevamente muy bajo (4,17%) debido a que en los grupos A y C hubo una muestra incorrectamente clasificada

En la Figura 2a y b se presentan los diagramas de dispersión de las parcelas en función de las dos primeras funciones discriminantes (raíces), para los años 1999 y 2000, evidenciando que en este último año la separación entre los grupos es menor.

### Discusión

Los espartillares tienen una matriz uniespecífica y si bien tanto las plantas de *S. argentinensis* no quemadas como las quemadas florecen, el establecimiento a campo de plántulas es un suceso prácticamente inexistente en una comunidad intacta debido al alto porcentaje de espiguillas vanas y el bajo poder germinativo de los cariopses (Feldman *et al.*, 2007). Esto determinó que en 1998, dos años después del fuego, no existieran casi diferen-

cias entre parcelas quemadas y no quemadas, y que las mismas no se pudieran atribuir a la especie dominante, sino a las especies de menor abundancia-cobertura.

No hubo mayores modificaciones en los valores de abundancia-cobertura de la mayoría de las especies presentes, por lo cual no fueron detectadas por el análisis como responsables de las diferencias iniciales observadas. Esto podría atribuirse a que *per se* aportan muy poca información sobre la comunidad, dada la fuerte dominancia de *S. argentinensis*.

Una de las especies exóticas que se establecieron después del fuego (*Cirsium vulgare*) y que persistió durante el período bajo estudio, es una maleza. Por ser una especie ruderal (*sensu* Grime, 1979), se podría esperar que a mediano plazo desaparezca, en la medida que el efecto del disturbio inicial se pierda, debido a la alta resiliencia de la comunidad (Feldman y Lewis, 2005). No obstante, la presencia de propágulos en el área como consecuencia de la

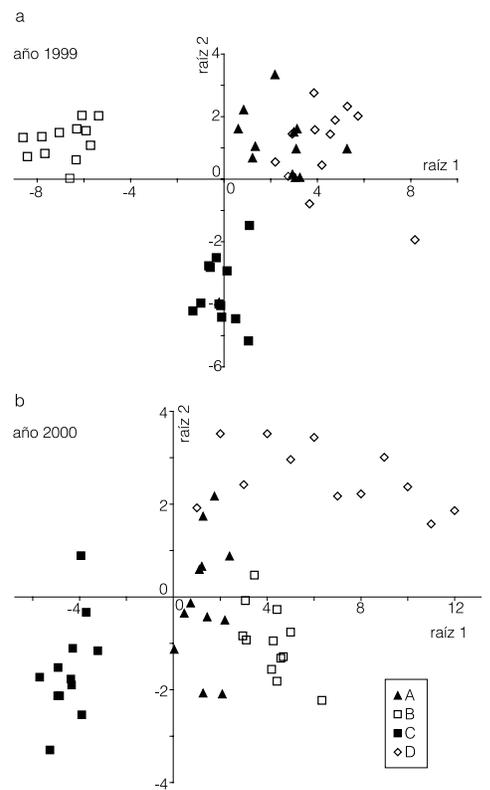


Figura 2. Diagrama de dispersión de las parcelas de las áreas A (quemadas en 1996), B (quemadas en 1996 y 1999), C (quemadas en 1999), y D (nunca quemadas), en función de las primeras funciones discriminantes (raíces).

TABLA II  
ESPECIES CONSIDERADAS POR EL ANÁLISIS DISCRIMINANTE AL COMPARAR HISTORIAS DE FUEGO DE LOS AÑOS EN ESTUDIO Y % DE ERROR EN LA CLASIFICACIÓN

| Especie                           | Año  |      |      |
|-----------------------------------|------|------|------|
|                                   | 1998 | 1999 | 2000 |
| <i>Spartina argentinensis</i>     | X    | X    | X    |
| <i>Melilotus alba</i>             | X    | X    | X    |
| <i>Heliotropium curassavicum</i>  | X    | X    | X    |
| <i>Sarcocornia ambigua</i>        | X    |      |      |
| <i>Teucrium cubense</i>           | X    | X    |      |
| <i>Verbena litoralis</i>          | X    | X    |      |
| <i>Chloris halophylla</i>         | X    |      | X    |
| <i>Deyeuxia viridi-flavescens</i> | X    |      |      |
| <i>Distichlis spicata</i>         | X    |      |      |
| <i>Ambrosia tenuifolia</i>        | X    | X    |      |
| <i>Agropyron scabrifolium</i>     | X    |      | X    |
| <i>Chloris ciliata</i>            | X    | X    |      |
| <i>Cirsium vulgare</i>            | X    |      | X    |
| <i>Pluchea sagittalis</i>         |      | X    | X    |
| <i>Chloris gayana</i>             |      | X    |      |
| <i>Apium leptophyllum</i>         |      | X    |      |
| <i>Spergularia villosa</i>        |      | X    |      |
| <i>Hordeum euclastum</i>          |      | X    |      |
| <i>Iresine diffusa</i>            |      | X    | X    |
| <i>Hordeum stenostachis</i>       |      | X    |      |
| <i>Plantago myosurus</i>          |      | X    |      |
| <i>Plantago myosurus</i>          |      | X    |      |
| <i>Chenopodium</i> sp.            |      |      | X    |
| <i>Phyla canescens</i>            |      |      | X    |
| <i>Picosia longifolia</i>         |      |      | X    |
| <i>Cynodon</i> sp.                |      |      | X    |
| <i>Heimia salicifolia</i>         |      |      | X    |
| <i>Artemisia verlotorum</i>       |      |      | X    |
| <i>Juncus</i> sp.                 |      |      | X    |
| <i>Distichlis spicata</i>         |      |      | X    |
| % error                           | 0    | 4,17 | 4,17 |

antropización de la región debe tenerse en cuenta en el momento de implementar prácticas de manejo de pastizales usando al fuego como herramienta, con el objeto de aprovechar el rebrote de *S. argentinensis* como recurso forrajero. Un fenómeno similar se verifica en los pajonales de *Paspalum quadrifarium*, donde las condiciones post fuego permiten el establecimiento de una maleza perteneciente a la misma familia (Compositae) que *Cirsium*, el *Carduus acanthoides* (Ortega y Littera, 2003).

Varias de las especies que comienzan a estar presentes con posterioridad al fuego son consideradas forrajeras. *Cynodon dactylon*, una Poaceae C4, es una maleza en sistemas agrícolas que por tener estolones puede poseer mayor capacidad competitiva que *Cirsium vulgare*, persistiendo por más tiempo en la comunidad. No existe información sobre el comportamiento de esta especie bajo estas condiciones, de espartillares sometidos a fuego, por lo cual debería estudiarse su evolución a mediano y largo plazo. No obstante, en este acaso su incorporación a la comunidad sería aceptable desde un punto de vista de disponibilidad forrajera para el ganado vacuno. Dos especies del género *Chloris* fueron seleccionadas por aportar información a las funciones discriminantes: *C. halophylla*, una especie nativa, y *C. gayana*, una especie africana naturalizada y ampliamente difundida en la región. *Melilotus alba* es también importante puesto que por ser una Fabaceae desarrolla en sus raíces nódulos con rhizobias fijadoras de N<sub>2</sub>. Cada una de estas especies con características forrajeras debería ser objeto de estudios más detallados a los efectos de establecer pautas de manejo ganadero sustentable.

Al analizar la relación entre la composición florística de los dos compartimentos de la comunidad, el banco de semillas y la comunidad aérea, Feldman *et al.* (2007) hallaron que el banco era el reservorio de las especies poco abundantes,

mientras que en la comunidad aérea estaba representada mayoritariamente la especie dominante de los espartillares. Los resultados aquí expuestos son coincidentes: los cambios producidos por el fuego no se deben a variaciones en la vegetación, sino a una pérdida transitoria de la dominancia.

Asimismo, estos resultados pueden ser un paso inicial para estudiar el manejo de espartillares con recurso forrajero de la producción ganadera y analizar hasta que punto el fuego podría considerarse una herramienta que favorece el establecimiento de especies con mejores palatabilidad y digestibilidad que *S. argentinensis*.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Federico Wildermuth por permitir trabajar en su Reserva, a Heinz Oppliger (administrador de la Reserva) su amabilidad y buena predisposición, y a Ignacio Barberis la lectura crítica del manuscrito.

#### REFERENCIAS

Boutin C, Jobin B (1998) Intensity of agricultural practices and effects on adjacent habitats. *Ecol. Applic.* 8: 544-557

Braun-Blanquet J (1979) *Fitosociología*. Blume. Madrid, España. 820 pp.

Burkart A (1969) *Flora Ilustrada de la Provincia de Entre Ríos (Argentina)*. Vol V. INTA. Buenos Aires, Argentina. 551 pp.

Cabrera AL (1970) *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. INTA. Buenos Aires, Argentina. 624 pp.

Cabrera AL (1971) Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 15: 1-42.

Cabrera AL, Willink A (1980) *Biogeografía de América Latina*. Serie Biología 13. OEA. Washington DC, EEUU. 122 pp.

Cáceres LM (1980) *Caracterización Climática de la Provincia de Santa Fe*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Provincia de Santa Fe, Argentina. 35 pp.

Collantes MB, Lewis JP (1980a) La vegetación de la provincia de Santa Fe. IV. Análisis de las comunidades herbáceas del departamento de Rosario. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 19: 115-138.

Collantes MB, Lewis JP (1980b) Ordenamiento de las comunidades vegetales herbáceas del departamento Rosario (prov. Santa Fe, Argentina). *Ecosur* 7: 171-184.

D'Angelo CH, Prado DE, Stofella SL, Lewis JP (1987) The subchaqueñian vegetation of the province of Santa Fe. *Phytocoenologia* 15: 329-352.

Feldman SR, Lewis JP (2005) Effect of fire on the structure and diversity of a *Spartina argentinensis* tall grassland. *Appl. Veg. Sci.* 8: 77-84.

Feldman SR, Lewis JP (2007) Effect of fire on *Spartina argentinensis* Parodi demographic characteristics. *Wetlands* 27: 785-793

Feldman SR, Alzugaray C, Lewis JP (2007) Relación entre la vegetación y el banco de semillas de un espartillar de *Spartina argentinensis* Parodi. *Cien. Inv. Agr.* 34: 39-46.

Feldman SR, Gattuso SJ, Lewis JP (2007) The development of the tussock of a clonal grass. *Inter ciencia* 32: 339-343.

Fitter AH, Hay RKM (1987) *Environmental Physiology of Plants*. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. Oxford, RU. 423 pp.

Ghermandi L, Guthmann N, Bran D (2004) Early post-fire succession in northwestern Patagonian grasslands. *J. Veg. Sci.* 15: 67-76.

Gibson DJ (1988) Regeneration and fluctuation of tallgrass prairie vegetation in response to burning frequency. *Bull. Torrey Bot. Club* 115: 1-12.

Grime JP (1979) *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Wiley. Chichester, RU. 222 pp.

INTA (1988) *Carta de Suelos de la República Argentina*. Hoja 3360-13 y 14, Cañada de Gómez-Rosario. Argentina.

Iriondo MH (1987) Geomorfología y cuaternario de la provincia Santa Fe (Argentina). *D'Orbignyana* 4: 1-54.

Jenny M, Smettan U, Jenny J (1993) Ökologische Grundlagen für ein neues Naturschutzgebiet in der nördlichen Pamparegion Argentiniens. *Verh. Gesellsch. Ökol.* 22: 319-322.

Kunst C, Bravo S, Moscovich F, Herrera J, Godoy J, Vélez S (2003) Fecha de aplicación de fuego y diversidad de herbáceas en una sabana de *Elionorus muticus* (Spreng.). Kuntze. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 105-115.

Littera P, Vignolio OR, Linares MP, Giaquinta A, Maceira N (2003) Cumulative effects of fire on a tussock pampa grassland. *J. Veg. Sci.* 14: 43-54.

Lewis JP, Collantes MB (1975) La vegetación de la provincia de Santa Fe. II Las comunidades vegetales del departamento Rosario. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 16: 151-179.

Lewis JP, Pire EF (2005) Nótula sobre *Spartina argentinensis* Parodi (Poaceae) en la flora bonaerense. *Rev. Inv. Fac. Cs. Agr.* 5: 67-68.

Lewis JP, Pire EF, Prado DE, Stofella SL, Franceschi EA, Carnevale NJ (1990a) Plant communities and phytogeographical position of a large depression in the Great Chaco, Argentina. *Vegetatio* 86: 25-38.

Lewis JP, Stopella SL, Prado DE, Pire EF, Franceschi EA, Carnevale NJ (1990b) Dynamics and development of floristic richness in the vegetation of a large depressed area of the Great Chaco. *Flora* 184: 63-77.

Lewis JP, Collantes MB, Pire EF, Carnevale NJ, Bocanelli SI, Stofella SL, Prado DE (1985) Floristic groups and plant communities of southeastern Santa Fe, Argentina. *Vegetatio* 60: 67-90.

Mueller-Dumbois D, Ellemberg H (1974) *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley. Nueva York, EEUU. 547 pp.

Ortega E, Littera P (2003) Fire-induced colonization of a flooding Pampa grassland by thistles: remnant litter and interfering effects. *Appl. Veg. Sci.* 6: 35-44

Pasotti P (2000) La geomorfología de la llanura pampeana en territorio santafesino. *Bol. Inst. Fisiogr. Geol.* 70: 11-13.

Sánchez E, Arriaga MO (1990) El síndrome de Kranz en Poaceae de la Flora Argentina. *Parodianna* 6: 73-102.

Stofella SL (1995) La heterogeneidad florística del pajonal de *Spartina argentinensis* (Poaceae) en los bajos submeridionales de la provincia de Santa Fe (Argentina). *Bol. Soc. Arg. Bot.* 31: 95-101.

van der Maarel E (1979) Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39: 97-114.

Zuloaga FO, Nicora BG, Rugolo de Agrasar ZE, Morrone O, Pensiero J, Cialdella AM (1994) *Catálogo de la Flora de Poáceas de la República Argentina*. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis. EEUU. 178 pp.

Zuloaga FO, Morrone O (Eds., 1999) *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina*. Vol I y II. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, EEUU. 1269 pp.