

## ESTADOS Y TRANSICIONES DE LOS PASTIZALES DE *SORGHASTRUM PELLITUM* DEL ÁREA MEDANOSA CENTRAL DE SAN LUIS, ARGENTINA<sup>1</sup>

### STATE AND TRANSITIONS OF *SORGHASTRUM PELLITUM* GRASSLANDS OF THE CENTRAL SANDY AREA OF SAN LUIS, ARGENTINA.

*Manuel O. Aguilera, Diego F. Steinaker, Manuel R. Demaría y Anselmo O. Ávila*

*INTA-EEA San Luis, CC 17, 5730 Villa Mercedes, San Luis, Argentina.*

*E-mail: maguilera@inta.gov.ar*

#### RESUMEN

Los pastizales medanosos de San Luis, Argentina, constituyen la subdivisión más occidental de las Pampas. A pesar de que el modelo sucesional describía correctamente el proceso de deterioro por sobrepastoreo de estos pastizales, se habían comprobado situaciones donde las predicciones del modelo no se cumplían. En primer lugar, luego de traspasado un umbral en la reducción de la abundancia de su especie dominante, el pasto perenne *Sorghastrum pellitum*, no existía una recuperación sensible de la especie a pesar de reducciones en la presión de pastoreo. En segundo lugar, la especie no colonizaba áreas de sucesión secundaria, luego del abandono de tierras cultivadas. El presente estudio tuvo como objetivo la determinación de un modelo de estados y transiciones del pastizal pampeano capaz de explicar las desviaciones observadas en el modelo sucesional clásico. Se realizaron inventarios georeferenciados en 27 sitios identificados como contrastes de origen antrópico con historia de uso conocida. Estos inventarios de la vegetación fueron analizados por métodos de promedios recíprocos. Los estados y transiciones para la región bajo estudio pueden clasificarse en: a) Pastizales (estados A, B y C) con *Sorghastrum*: las transiciones que favorecen su presencia en los sitios son el pastoreo moderado con descansos estacionales estivales y quemas prescritas. b) Pajonales (estados D, N y M) de paja amarga (*Elyonurus*): los cambios entre estados determinan el reemplazo de la especie subdominante, las estivales *Sorghastrum* y *Schizachyrium* y la invernal *Piptochaetium*. *Sorghastrum* es favorecida por el fuego, y el pastoreo moderado con descansos, *Schizachyrium* no se ve favorecida por el fuego, y es resistente al pastoreo mientras que *Piptochaetium* es favorecida por el fuego, y disminuye con el pastoreo continuo, requiriendo descansos estacionales de otoño y primavera. c) Sitios disturbados (estados R, W e Y): sitios provenientes de disturbios por la acción del abandono de tierras de cultivo.

**Palabras clave:** Pampa, San Luis, pastizal, pastoreo, fuego, modelo.

#### ABSTRACT

In San Luis Province, Argentina, the grasslands of the sandy hills are the western extreme of the Pampas. Although the successional model describes correctly the process of range degradation due to overgrazing, some situations where model predictions did not fit were observed. First, after reaching a threshold in the reduction of the dominant perennial grass *Sorghastrum pellitum*, there was no significant recovery of this species with decreasing grazing pressure. Secondly, this species was not able to colonize sites where cultivation was abandoned. The objective of the present study was to determine a state and transition model for this pampean grassland able to cope with the limitations of the classical approach. Twenty seven sites were studied of known management history, selected due to observed patterns of contrasts between neighboring sites of undeniable anthropic origin. Vegetation was sampled and observations analyzed using reciprocal averaging. The states and transitions for the area under study were classified as: a) Pastizales (dominated by the palatable tallgrass *Sorghastrum*) (states A, B and C): transitions that favour their maintenance are moderate grazing with summer rests and prescribed fires. b) Pajonales (dominated by the unpalatable tallgrass *Elyonurus*) (states D, N and M): changes between states determine the replacement of the subdominant species, the warm-season *Sorghastrum* and *Schizachyrium* and the cool-season *Piptochaetium*. *Sorghastrum* is favoured by fire and moderate grazing with rest periods, *Schizachyrium* is not favoured by fire and resists grazing; whereas *Piptochaetium* is favoured by fire and decreases with continuous grazing, requiring seasonal rests in the fall and springtime. c) Disturbed sites (R, W and Y): sites are successional old-fields, disturbed by abandoned from cultivation.

**Key words:** Pampa, San Luis, grassland, grazing, fire, model.

<sup>1</sup> Este trabajo fue presentado en el Taller de la Red de Pastizales y Sabanas de CYTED, realizado en Cuba, julio 1997; ver ECOTROPICOS 10(2) 1997.

## INTRODUCCIÓN

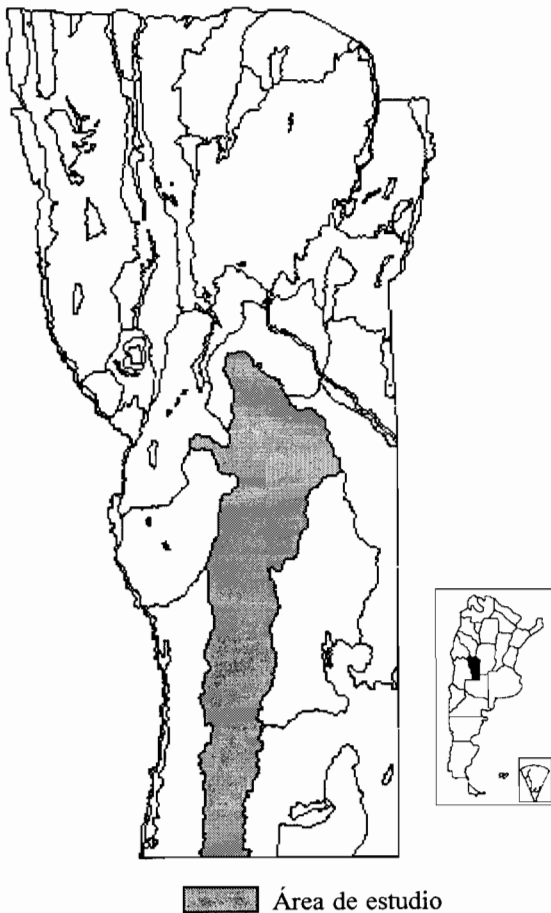
La dinámica del pastizal puede ser útilmente descrita como un conjunto de estados de la vegetación y de transiciones entre estados (Westoby *et al.* 1989). Las transiciones entre estados son desencadenadas por eventos que pueden ser naturales (fuego, sequía, etc.), o acciones de manejo (quemadas prescritas, fertilización, cambios en la presión de pastoreo, labranzas, etc.). Las transiciones pueden ocurrir muy rápidamente (ej. fuego natural) o en un período mucho mayor (ej. crecimiento de una cohorte de plantas leñosas). Cuando el sistema llega a un estado, alcanza un grado de estabilidad en donde sólo la ocurrencia de

un evento induce la transición hacia otro estado (Westoby *et al.* 1989).

El modelo de estados y transiciones no se contraponen, aunque es de una mayor amplitud, al modelo clásico de sucesión, donde un ecosistema dado tiene un solo estado persistente, el estado clímax (Clements 1916, 1936). La sucesión hacia este clímax es un proceso constante, donde todos los posibles estados de la vegetación pueden ser ordenados en un simple “*continuum*”. La integración de los conceptos de la teoría sucesional con el manejo de pastizales se materializa en la evaluación cuantitativa de la condición del pastizal en los trabajos iniciales de Dyksterhuis (1949, 1958). Condición es el término técnico que valoriza el potencial productivo del pastizal para su manejo. De acuerdo a la teoría clásica de la ciencia de pastizales, la presión de pastoreo provocaría cambios progresivos en dirección opuesta a la tendencia sucesional, produciendo un equilibrio en la vegetación a una determinada carga animal. El enfoque tradicional considera al cambio sucesional como una secuencia ordenada de tipos de vegetación desde el suelo desnudo hasta el clímax. En este contexto, los disturbios han sido vistos como eventos discretos que involucran la destrucción o remoción total o parcial de la biomasa vegetal, a lo que seguiría una sucesión secundaria también orientada hacia la comunidad clímax (Whalley 1994).

La idea de que existe solo un tipo estable de vegetación clímax para cada zona climática fue muy cuestionada desde mediados de este siglo (Whittaker 1953). Existen evidencias empíricas de casos donde el modelo de sucesión del pastizal no puede ser sostenido, ya que pueden existir múltiples estados estables y transiciones discontinuas (Westoby 1979/80). A pesar de ser criticados por la falta de principios que puedan generalizarse (Rodríguez Iglesias y Kothmann 1997), los modelos de estados y transiciones se imponen debido a su utilidad para el manejo (Whalley 1994). Los pastizales bajo estudio han sido históricamente analizados a través del tradicional modelo sucesional. Sin embargo, con la acumulación de información histórica, se han detectado cambios vegetacionales abruptos y aparentemente permanentes, generando comunidades de relativa estabilidad, independientes del estado prístino.

Los pastizales medanosos de San Luis constituyen la subdivisión más occidental de las Pampas (León y Anderson 1983, Soriano 1991). Estos pastizales se han mantenido con escaso impacto de uso agrícola debido a su régimen



Área de estudio

**Figura 1.** Mapa de la provincia de San Luis indicando el área de estudio: Llanura medanosa central muy pronunciada (Peña Zubiarte *et al.* 1998).

**Tabla 1.** Fisonomías representativas de la vegetación natural para la llanura medanosa central según la Carta de Suelos y Vegetación de la Provincia de San Luis, Argentina (Peña Zubiato *et al.* 1998).

- 
1. Pajonales de *Elyonurus muticus* con isletas de chañar en las crestas de los médanos fósiles.
  2. Pajonales de *Elyonurus muticus* con romerillares de *Senecio subulatus*.
  3. Pastizales mixtos (especies estivales e invernales).
  4. Olivillares (*Hyalis argentea*) con pastizales mixtos.
  5. Chañarales en isletas, generalmente en las crestas de los médanos fósiles.
  6. Pastizales de *Sorghastrum pellitum* y *Elyonurus muticus*.
- 

pluviométrico semiárido (León *et al.* 1984). En esta provincia, se consideró como comunidad climax a la dominada por *Sorghastrum pellitum* para el área medanosa central (Anderson *et al.* 1978). Esta especie domina estos pastizales naturales alcanzando muy altos niveles de abundancia y cobertura (Anderson *et al.* 1978, León y Marangón 1980). Las comunidades climácicas se encontraban en ambientes con baja presión de pastoreo, potreros excesivamente grandes y pocas aguadas (Anderson *et al.* 1978). La apertura de aguadas marca el desencadenamiento de cambios en la cobertura y densidad de *Sorghastrum*. Anderson (1979) realizó estudios de dinámica de pastizales donde encontró que en el lapso de una década de la apertura de aguadas, la especie pasó de dominante a poco frecuente, concluyéndose que el pastoreo del ganado vacuno produce una reducción notable en la importancia relativa de *Sorghastrum*.

A pesar de que el modelo sucesional describía correctamente el proceso de deterioro frente a la reducción de *Sorghastrum*, se observó que: a) luego de traspasado un umbral en la reducción de la abundancia de *Sorghastrum*, no existía una recuperación sensible en la especie, aún reduciendo la presión de pastoreo; b) la especie no colonizaba áreas de sucesión secundaria luego del abandono de tierras cultivadas. El presente estudio tuvo como objetivo establecer un modelo de estados y transiciones del pastizal pampeano capaz de explicar las desviaciones observadas en el modelo sucesional clásico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio pertenece a la unidad de suelo y vegetación "Llanura medanosa central muy pronunciada", según, Peña Zubiato *et al.* (1998), dentro del área medanosa con pastizales e isletas

de chañar (Anderson *et al.* 1970). Esta unidad abarca una amplia superficie, limitando al sur con la provincia de La Pampa a la cual se extiende, y al norte con la estación Chalanta (Figura 1). Se enmarca entre las isoyetas de los 400 a 500 mm y su altitud varía desde los 300 m en el sur hasta los 600 m en su porción norte. Esta unidad es una estepa gramínea, ondulada con relieve de origen eólico. Existen cordones de médanos vivos y fijos, longitudinales de dirección predominante N-S. En ondulaciones profundas aflora la napa dando lugar a la formación de lagunas de superficie variable, siendo el agua por lo general apta para el ganado.

En esta región los suelos son poco desarrollados, con un perfil del tipo A-AC-C o AC-C. Presentan textura arenosa y la composición mecánica registra valores de 2% para arcilla, 6% para limo total y el resto arenas, de las cuales la fina constituye el 70%. Son excesivamente drenados, de permeabilidad muy rápida, baja capacidad de retención de la humedad y poco provistos de materia orgánica (0,4 % en los primeros 25 cm). El suelo se clasifica como Torripsamment típico pronunciado (Peña Zubiato *et al.* 1998).

En lo que refiere a la vegetación esta unidad se caracteriza por la predominancia neta de las gramíneas. Entre las especies de gramíneas perennes de ciclo invernal se encuentran *Poa ligularis* (pasto poa), *Poa lanuginosa* (unquillo), *Piptochaetium napostense* (flechilla negra) y *Stipa tenuis* (flechilla de invierno) de alta preferencia animal; y *Stipa tenuissima* (paja blanca), *Stipa ichu* (*eriostachya*) (paja de las vizcacheras) de baja palatabilidad. Pero las gramíneas predominantes por su abundancia son las perennes de ciclo estival: *Bothriochloa springfieldii* (penacho blanco), *Eragrostis lugens* var. *lugens* (pasto ilusión), *Setaria leucopila* (cola de zorro), *Sorghastrum pellitum* (pasto de vaca), *Sporobolus cryptandrus* (esporobolo), *Schizachyrium condensatum*

(*plumigerum*) (pasto escoba), *Aristida mendocina* (saetilla negra), *Cynodon hirsutus* var. *hirsutus* (gramilla rastrera), *Digitaria californica* var. *californica* (pasto plateado), y *Eustachys (Chloris) retusa* (pata de gallo), todas de mediana a alta palatabilidad; y *Cenchrus pauciflorus* var. *pauciflorus* (roseta) de ciclo anual, que es muy palatable pero sólo durante su período vegetativo. Las especies estivales de baja preferencia animal son las perennes *Elyonurus muticus* (paja amarga), *Panicum urvilleanum* (tupe) y *Pappophorum pappiferum* (cortadera chica); y las anuales *Aristida adscensionis* (saetilla) y *Vulpia australis* var. *australis*. La nomenclatura está de acuerdo según Steibel *et al.* (1997).

La leñosa predominante es el chañar (*Geoffroea decorticans*). Su distribución se restringe a formaciones leñosas puras y en grupos aislados llamados isletas, ubicadas generalmente en las

crestas de los médanos fósiles. También se encuentran agrupaciones del arbusto *Senecio subulatus* (romerillo). Otras leñosas presentes en esta unidad son: *Prosopis alpataco*, generalmente como individuos aislados, y *Prosopis caldenia* tanto aislados como alineados como producto de la diseminación ocasionada por rastrilladas indígenas (León y Anderson 1983). En sitios de cultivos abandonados y en cortafuegos o picadas domina el olivillo (*Hyalis argentea*).

Desde el punto de vista pecuario, la actividad ganadera ocupa el lugar más importante para el desarrollo socio-económico de la región. La incorporación de pasturas perennes monofíticas como el pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y digitaria (*Digitaria eriantha*), esta última de reciente difusión, aumenta la producción forrajera y facilita el manejo de los sistemas de producción. Sin embargo, el pastizal natural sigue constituyendo el

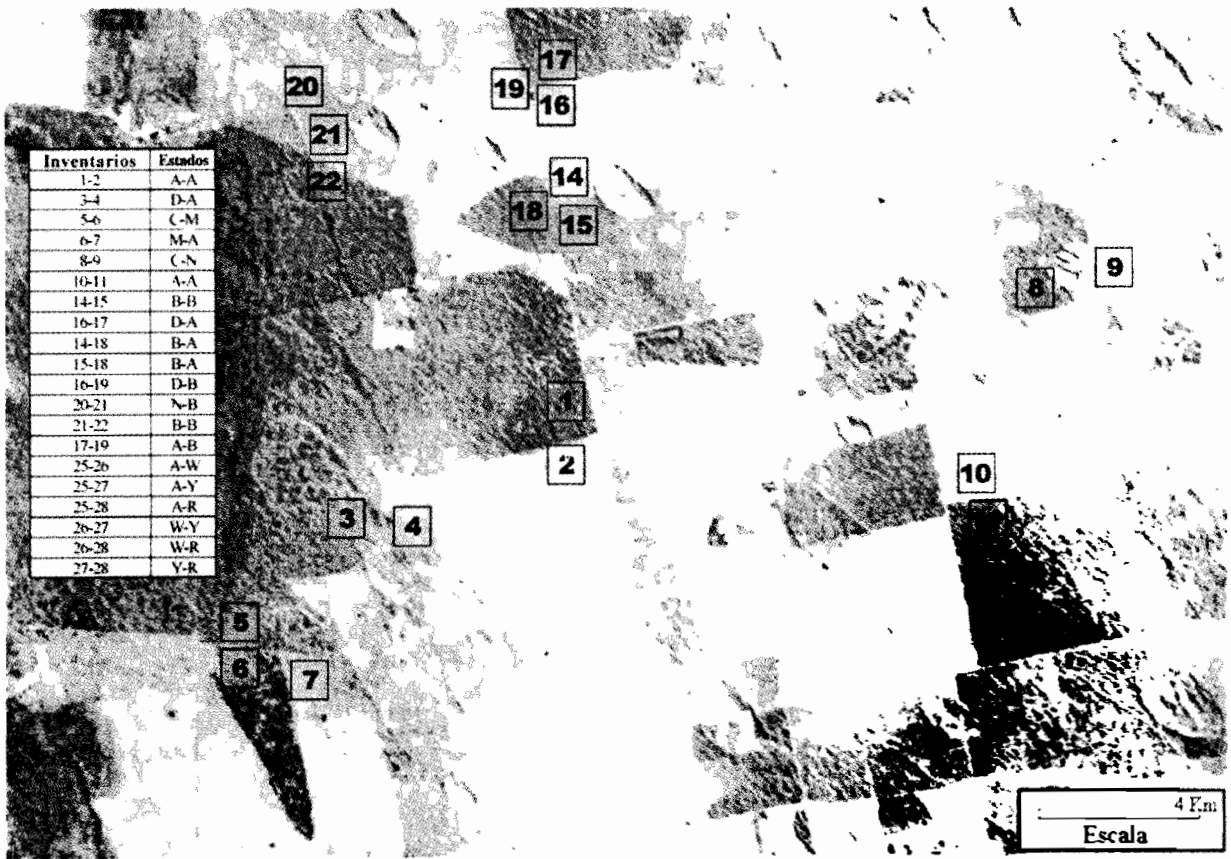


Figura 2. Imagen satelitaria Landsat Thematic Mapper, 1996. (rangos visible e infrarrojo cercano) correspondiente a un sector del área muestreada con la ubicación de los inventarios a ambos lados de contrastes de alambrado, caminos o cortafuegos. Se incluye el listado completo de los inventarios y su clasificación en los estados descritos.

Tabla 2. Porcentaje de cobertura aérea relativa de las especies identificadas para cada estado.

ESPECIES	A	B	C	D	N	M	R	W	Y	Total
<i>Acantholippia seriphioides</i>	0,12	0,66	0,05							0,83
<i>Aristida adscensionis</i>							3,48	2,78	1,38	7,63
<i>Aristida mendocina</i>		0,72	2,23	0,09	1,13	0,06		0,77	0,40	5,41
<i>Baccharis crispa</i>	0,09	0,09	0,53	0,50	0,08	0,06				1,35
<i>Bromus brevis</i>		0,06	0,05							0,11
<i>Bothriochloa springfieldii</i>	0,25	0,78	1,92	0,69	0,59	0,75		0,52	0,74	6,23
<b><i>Cenchrus pauciflorus</i></b>	0,82	0,09	0,43	1,94	0,63	2,75	<b>20,65</b>	4,42	<b>15,31</b>	47,02
<i>Conyza bonariensis</i>	0,28	0,08	1,49	1,00	0,41	2,25	5,28	0,77	0,17	11,73
<i>Cyperus cayenensis</i>	0,19	0,06	0,05	0,50	0,23	0,06	0,27	2,51		3,87
<i>Digitaria californica</i>		0,36	0,32	0,38						1,06
<b><i>Elyonurus muticus</i></b>	2,48	6,65	<b>14,02</b>	<b>21,11</b>	<b>14,68</b>	<b>27,01</b>			0,69	86,64
<i>Eragrostis lugens</i>	0,60	0,74	1,81	1,28	1,46	0,44	0,06	4,26	0,40	11,05
<i>Eustachys retusa</i>	0,60	1,05	0,61	2,65	1,65	0,06	0,41	0,36	0,06	7,44
<i>Heterotheca latifolia</i>	0,05	0,18		0,09	0,12					0,45
<b><i>Hyalis argentea</i></b>	0,30	2,01		0,28	2,07			<b>42,06</b>	<b>11,47</b>	58,19
<i>Oxalis cordobensis</i>							2,55	1,49	0,06	4,09
<b><i>Panicum urvilleanum</i></b>	0,21	0,29	0,43	0,25	2,24	1,88	<b>23,59</b>	4,26	0,69	33,83
<i>Pappophorum pappiferum</i>					0,47					0,47
<b><i>Piptochaetium napostense</i></b>	0,82	1,01	4,28	0,31	1,55	<b>13,97</b>	0,60	0,46	1,55	24,56
<i>Plantago patagonica</i>	0,12						0,06	0,00		0,18
<i>Poa lanuginosa</i>	0,12	0,28	0,29	0,54	0,99	0,88	0,06	0,05	0,51	3,72
<i>Poa ligularis</i>	0,26	0,82	1,33	1,27	1,38	4,49	0,06		0,81	10,42
<b><i>Schizachyrium condensatum</i></b>	2,47	7,71	5,99	<b>10,02</b>	<b>14,46</b>	1,44	0,06	0,11	1,83	44,09
<b><i>Sorghastrum pellitum</i></b>	<b>50,24</b>	<b>28,84</b>	<b>14,55</b>	6,16	2,34	1,31		0,77	3,90	108,10
<i>Sporobolus cryptandrus</i>	0,26	1,05	0,72	1,38	2,24	2,13		0,82	1,43	10,02
<b><i>Stipa tenuissima</i></b>	0,29	2,02	6,97	7,26	5,80	4,05			<b>15,71</b>	42,11
<i>Thelesperma megapotamica</i>	0,22	0,30	0,72	0,88	0,52	0,06	6,35	1,18		10,23
<b>Mantillo</b>	<b>23,82</b>	<b>16,11</b>	<b>29,38</b>	<b>17,39</b>	<b>27,37</b>	<b>14,84</b>	<b>6,89</b>	<b>13,92</b>	<b>14,73</b>	164,44
<b>Suelo desnudo</b>	<b>15,42</b>	<b>28,06</b>	<b>11,84</b>	<b>24,06</b>	<b>17,57</b>	<b>21,52</b>	<b>29,61</b>	<b>18,49</b>	<b>28,15</b>	194,73
<b>Total general</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

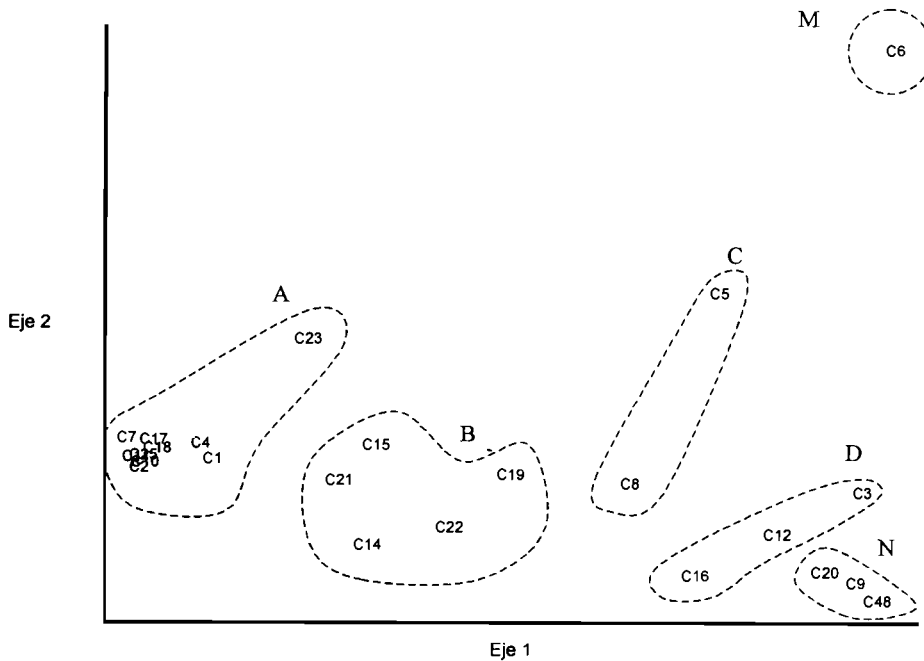
recurso básico para la producción ganadera.

**Inventario de la vegetación**

Peña Zubiata *et al.* (1998) mencionan cuatro fisonomías representativas de la vegetación natural y especies dominantes de cada una (Tabla 1), excluyendo las comunidades que se ubican en las crestas de los médanos fósiles, las que constituyen un tipo de vegetación particular de esa posición topográfica. De las restantes, la presente caracterización de estados corresponde a los pastizales de *Sorghastrum pellitum* y *Elyonurus muticus*.

Con el fin de identificar los estados más representativos de la unidad de estudio, se realizaron los inventarios de la vegetación natural durante los meses de febrero y marzo de 1998. Se censaron 27 puntos pertenecientes a contrastes (separaciones

de alambrados, caminos o cortafuegos), con un claro patrón de disturbio de origen antrópico de acuerdo a teledetección (Figura 2). Las imágenes satelitarias utilizadas fueron LANDSAT TM, pertenecientes al año 1996. La línea del contraste indica en forma relativamente confiable que las diferencias observadas entre los sitios se deben a la historia del sitio en cuanto a su utilización y manejo. Por ejemplo, la carga animal de pastoreo, la labranza y abandono de tierras, o el impedimento de un fuego debido a cortafuegos, son causas que pueden determinar diferencias entre estados. Los atributos de la vegetación que separan estados están representados por diferencias entre evaluaciones pareadas en un contraste determinado. Los inventarios pareados permiten disminuir las posibilidades de error, en comparación con



**Figura 3.** Ordenamiento por RA (Promedios recíprocos; Hill, 1973) de las unidades muestrales pertenecientes a los estados A, B, C, D, N y M. (El eje 1 explica el 50 % y el eje 2 el 13 % de la variabilidad total).

observaciones individuales. Los 27 puntos de muestreo, correspondieron a grupos de contrastes de 2 ó 3 inventarios cada uno. En total se analizaron 20 contrastes. Cada inventario consistió en una transecta de cuarenta marcos de un décimo de metro cuadrado, donde se contabilizó la densidad y cobertura de todas las especies presentes utilizando el método de Daubenmire (1959). Los marcos fueron espaciados aproximadamente cada quince metros, ubicados al azar en una franja de unos cien metros de ancho. Existen evaluaciones que indican que muchas especies del pastizal medanoso presentan estructura espacial a una escala de 5 a 10 m para densidad y cobertura (Echeverría y Giulietti 1991), por lo que observaciones espaciadas a más de diez metros pueden considerarse como independientes. También se evaluó la cobertura de mantillo y el porcentaje de suelo desnudo.

### Análisis estadístico

Los estados fueron definidos a través del análisis multivariado de las unidades muestrales. Se realizó un ordenamiento utilizando promedios recíprocos, también llamado análisis de correspondencia (Hill 1973). No se incluyeron en el ordenamiento los inventarios asociados con

comunidades provenientes de labranza y abandono de tierras. La inclusión de estos inventarios, muy diferentes al resto de las observaciones, aumentaría la diversidad  $\beta$ , favoreciendo un efecto de arco (Hill y Gauch 1980), produciendo un mayor agrupamiento de las unidades muestrales remanentes con probable pérdida de información (Digby y Kempton 1987, Greig-Smith 1983). Cuando el gradiente de variación es pequeño, las unidades muestrales son relativamente homogéneas (Orlóci 1978) no haciendo necesaria una técnica como DECORANA (Hill y Gauch 1980).

El ordenamiento por promedios recíprocos utiliza la distancia  $\chi^2$  (chi-cuadrado) como medida de disimilitud entre unidades muestrales, y estas últimas son ponderadas por sus totales (Chardy *et al.* 1976). Debido a que esta medida de distancia tiene el efecto de incrementar la valoración de las especies raras, antes del ordenamiento se optó por quitar peso en proporción a su frecuencia a las especies con frecuencias menores al 20 % de la mayor (McCune y Mefford 1997). Las diferencias entre los estados (con número de inventarios > 2) no asociados a disturbios de labranza fueron evaluados utilizando metodologías no paramétricas (MRPP-multiple response permutation procedures)

basadas en permutaciones (Mielke *et al.* 1976).

Se presenta un modelo preliminar de posibles transiciones entre estados basándose en los inventarios pareados, correspondientes a estados contrastantes, y en función de la información obtenida por medio de la observación *in situ*, de la consulta a los productores sobre la historia de uso de los potreros inventariados y de experiencias documentadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de las observaciones pareadas consideradas contienen un sorghastral en un lado del alambrado, cortafuego o camino y un estado diferente adyacente (Figura 2). En consecuencia, las observaciones correspondientes a sorghastrales poseen una mayor representación (37% de las unidades muestrales). Si bien esto constituye una limitación, ya que los estados no están igualmente representados, sugiere que todos constituyen, a través de transiciones, estados asociados a los pastizales de *Sorghastrum*.

El ordenamiento por promedios recíprocos establece una separación en seis estados característicos (Figura 3), explicando los tres primeros ejes un 75% de la variabilidad total (eje 1=50%, eje 2=13% y eje 3=12%). Las diferencias entre los estados según MRPP (A-B-C-D y N, con número de inventarios=10, 3, 2, 3 y 5 respectivamente) fue significativa ( $R=0,58$ ;  $P<0,001$ ).

Se observa que existe un patrón que permite ordenar la importancia de *Sorghastrum*, *Elyonurus*, *Stipa* y *Schizachyrium* siguiendo una trayectoria de cambio en la vegetación para los sorghastrales inventariados (Figura 4). A lo largo de esta trayectoria se ordenan cinco estados característicos, que poseen proporciones decrecientes de *Sorghastrum* ( $r=-0,97$ ) y crecientes del resto de las especies: *Elyonurus* ( $r=0,89$ ), *Schizachyrium* ( $r=0,57$ ) y *Stipa* ( $r=0,63$ ) (Figura 4). Estas tendencias positivas o negativas confirman la clasificación clásica de especies (*Sorghastrum*, decreciente; *Schizachyrium* y *Elyonurus*, crecientes y *Stipa*, invasora) dada originariamente para estos pastizales en un proceso de degradación por sobrepastoreo (Anderson 1982).

León y Marangón (1980) encontraron que en función del grado de deterioro, una comunidad A, dominada ya sea por *Sorghastrum* ( $A_1$ ) o *Elyonurus* ( $A_2$ ) podía transformarse en una comunidad B dominada por *Stipa* y *Elyonurus*. Los

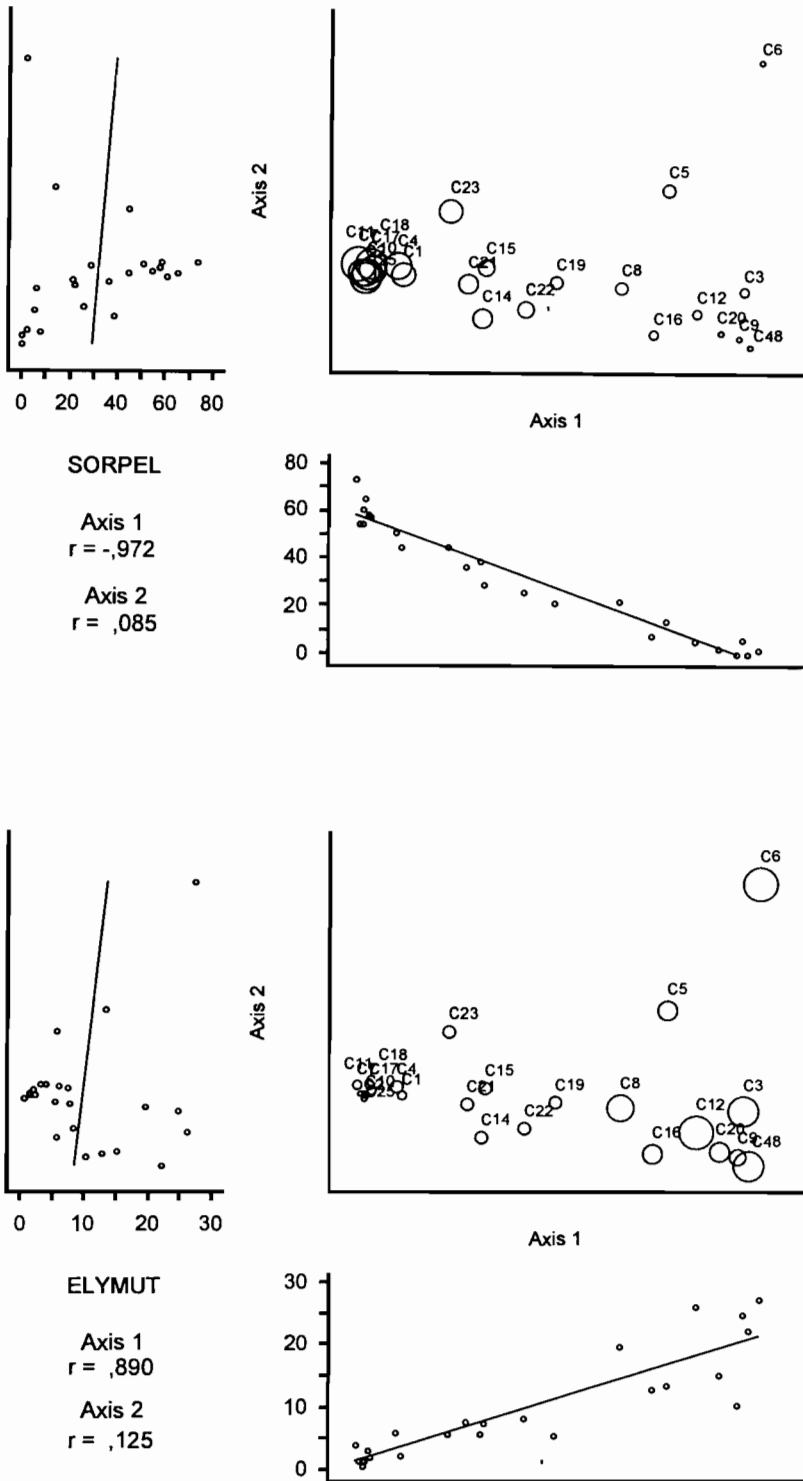
estados identificados en el presente trabajo (A, B, C, D, N y M), poseen un diferente potencial productivo para la ganadería. En consecuencia, su clasificación en entidades diferenciadas puede ser de utilidad para caracterizar su receptividad y los esquemas de manejo necesarios para favorecer transiciones deseables. Los patrones encontrados son altamente significativos para estas tendencias de cambio de especies y permiten una gran fiabilidad en la descripción de estos estados.

Los estados fueron caracterizados por especies indicadoras. Las especies que por su cobertura relativa alcanzaron el rango de dominantes de los distintos estados fueron: *Sorghastrum pellitum*, *Elyonurus muticus*, *Schizachyrium condensatum*, *Stipa tenuissima*, *Hyalis argentea*, *Panicum urvilleanum* y *Cenchrus pauciflorus* (Tabla 2).

A pesar que se plantean discontinuidades en algunas transiciones del modelo (Figura 5), en líneas generales los estados son similares a los que se podría predecir a partir del modelo clásico sucesional. En los pastizales con presencia de *Sorghastrum* (estados A, B, C y D), a partir de la extinción local de *Sorghastrum* su retorno a la comunidad es altamente improbable. Los pastos perennes con limitaciones en la dispersión de sus propágulos poseen tendencia a la extinción local porque no generan bancos de semillas significativos y demuestran escasa capacidad para reponerse a disturbios (O'Connor 1991). Este parece ser el caso de *Sorghastrum*, el cual no se encontró presente en los bancos de semillas de pastizales sin su presencia vegetativa (Aguilera y Marchi no publicado). La siembra de esta especie en sitios cultivados se ha logrado con éxito, existiendo la tecnología para la implantación de pasturas de *Sorghastrum* (Oriente, E.L., *informes internos EEA San Luis*). Sin embargo, no se han realizado experiencias de intersiembras de esta especie en los estados de pajonal.

El presente estudio confirma plenamente la existencia de estados intermedios que indican una trayectoria de deterioro del pastizal pampeano a partir del estado dominado por *Sorghastrum*, con el incremento de *Elyonurus* en su reemplazo (Anderson *et al.* 1978). En este estudio, a partir del análisis de las historias de manejo, se encuentran evidencias que señalan que los estados de máxima densidad de *Sorghastrum* (A) están asociados con manejos ganaderos de baja presión de pastoreo (Anderson *et al.* 1978, Anderson 1979), fundamentalmente relacionados con la escasa capacidad demostrada por *Sorghastrum* para soportar defoliaciones

ESTADOS Y TRANSICIONES DE LOS PASTIZALES DE *SORGHASTRUM PELLITUM*



**Figura 4.** Cobertura relativa (%) de cuatro especies indicadoras, según el ordenamiento por promedios recíprocos (FIGURA 3). El tamaño de los círculos es proporcional a la abundancia de: *Sorghastrum pellitum* (SORPEL), *Elyonurus muticus* (ELYMUT), *Stipa tenuissima* (STITSS) y *Schizachyrium condensatum* (SCHCON). Se indican las correspondientes rectas de regresión lineal simple y correlaciones de Pearson y Kendall ( $r$ ) entre la abundancia de la especie y el eje de ordenamiento correspondiente.



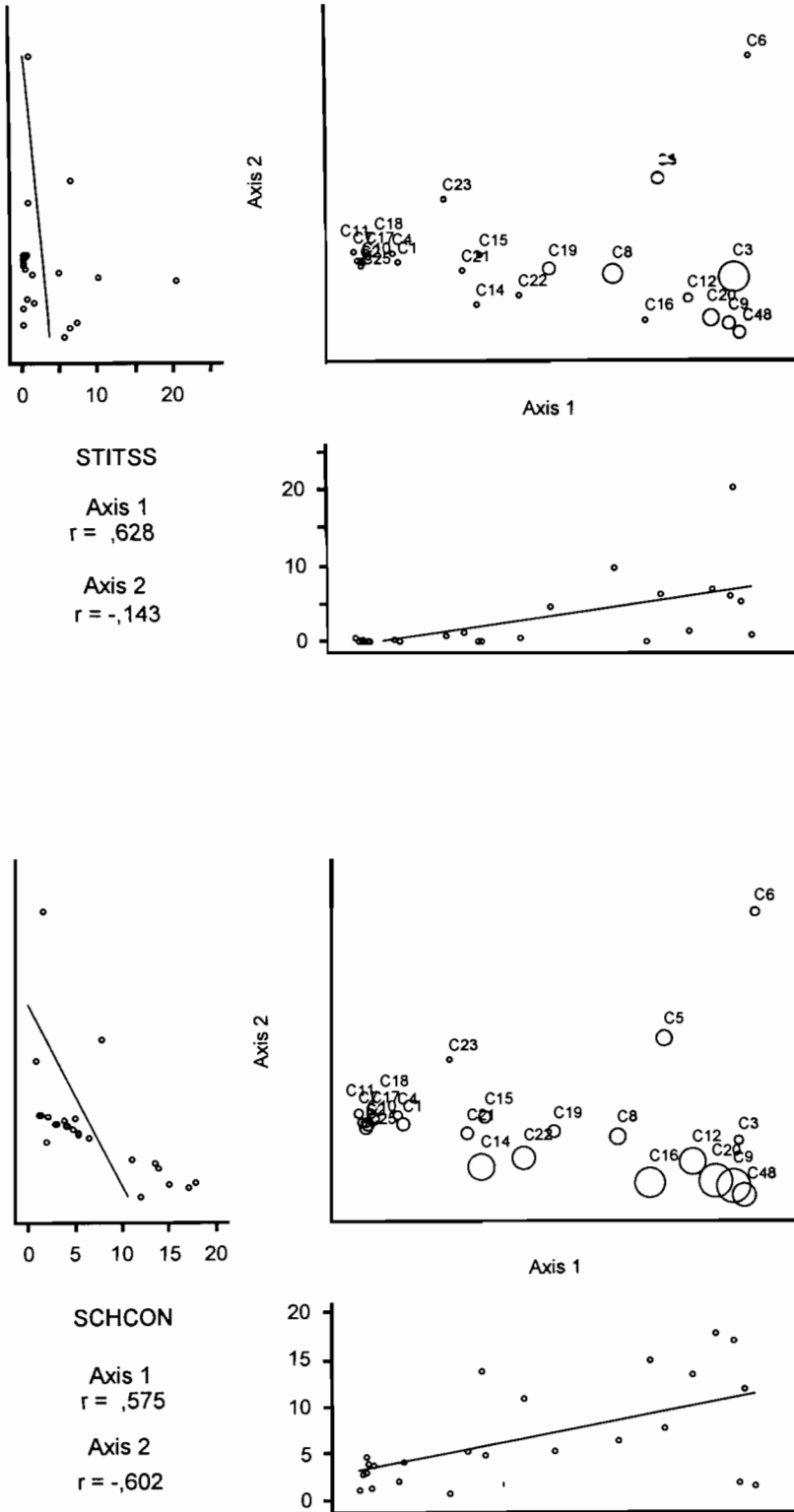


Figura 4. Continuación.

ESTADOS Y TRANSICIONES DE LOS PASTIZALES DE *SORGHASTRUM PELLITUM*

frecuentes que reduzcan su capacidad de crecimiento (Veneciano y Terenti 1996), produciendo un detrimento de su productividad futura (Aguilera y Ávila 1997).

Los sorghastrales correspondientes al estado A, a menudo estuvieron positivamente asociados a un uso relativamente reciente del fuego (menos de 1 ciclo de crecimiento de antigüedad: inventarios 1, 10, 17, 18 y 25). Esto confirma la información disponible sobre las respuestas positivas de esta especie a las quemas. Oriente y Anderson (1978) encontraron que, luego de un fuego accidental, aumentó la densidad y frecuencia de *Sorghastrum* en comparación con áreas no quemadas. En consecuencia, la utilización de cortafuegos disminuyen la frecuencia de fuegos accidentales, así como la no utilización de esta herramienta de manejo, también podrían ser causas del retroceso de esta especie. Existen observaciones puntuales sobre una importante mortalidad de *Sorghastrum*, en potreros no quemados ni pastoreados, con gran acumulación de mantillo y material senescente, en particular en años con precipitaciones mayores al

promedio (Aguilera datos no publicados).

Los estados N y M pueden ser generados a partir del manejo ganadero de pastizales que han transpasado el umbral de extinción local para *Sorghastrum*. La subdominancia de una especie estival (*Schizachyrium*) o una invernal (*Piptochaetium*), ambas palatables para el ganado, depende de la elección de la estación de pastoreo. Si bien existen observaciones puntuales de transiciones de N a M en lo que hace a extinción local de especies invernales palatables (*Piptochaetium*), y de M a N con descansos de pastoreo durante el período que va de otoño a primavera, éstas no están suficientemente documentadas.

Los inventarios en sitios que provienen de una sucesión secundaria, luego de la labranza y abandono de tierras, fueron clasificados en función de la información existente. De acuerdo a la historia de uso (tiempo de abandono del cultivo), se encontró que existen tres estados asociados al abandono (Figura 5). El estado inicial (R) con dominancia de *Cenchrus* (anual), *Panicum* (perenne-colonizadora) y otras malezas anuales posee una importante

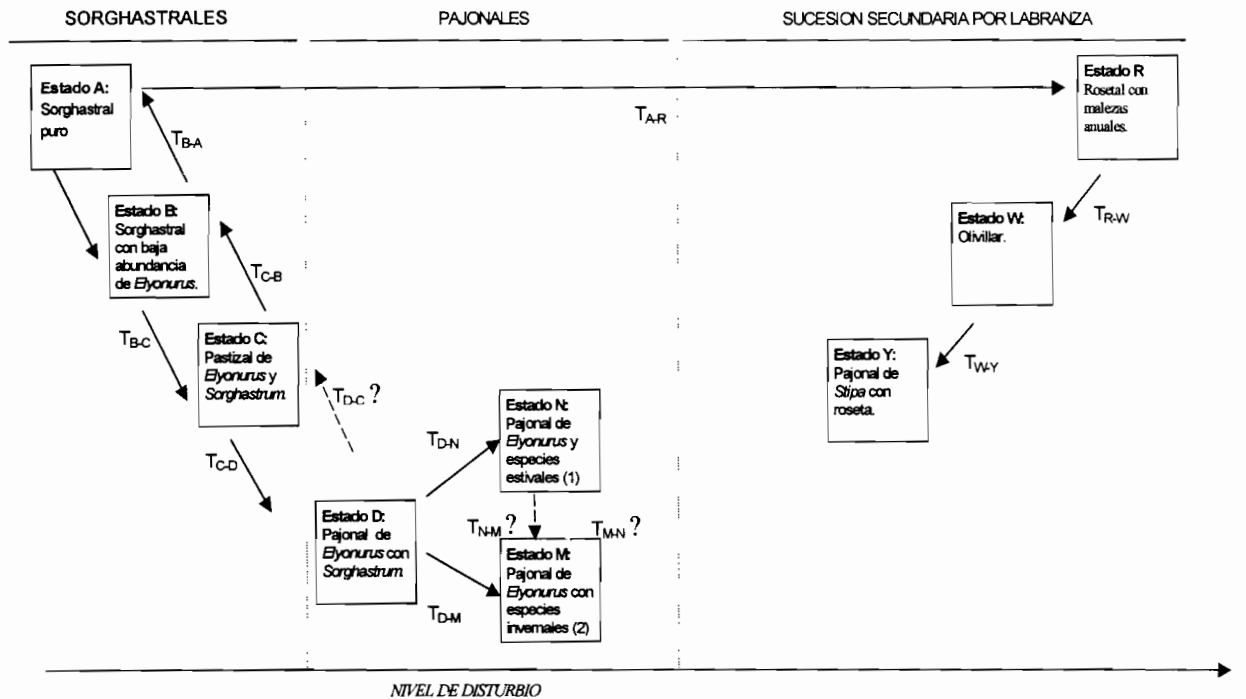


Figura 5. Estados y transiciones de los pastizales de *Sorghastrum pellitum* en la unidad "Llanura medanosa central muy pronunciada" (Peña Zubiarte *et al.* 1998) correspondiente al área medanosa con pastizales e isletas de chañar (Anderson *et al.* 1970). Ver apéndice con el catálogo correspondiente de estados y transiciones.

(1) *Schizachyrium condensatum*. (2) *Piptochaetium napostaense*

**Tabla 3.** Catálogo de estados para los pastizales de *Sorghastrum* del área medanosa central de San Luis. Datos entre paréntesis: cobertura aérea por especie.**Estado A. Sorghastral puro.**

Estado prístino. *Sorghastrum pellitum* es la especie dominante (>40 %). Otras especies presentes: *Schizachyrium condensatum* (<5%) y *Elyonurus muticus* (<5 %).

**Estado B. Sorghastral con baja abundancia de Elyonurus.**

Disminuye la importancia de *Sorghastrum*, la cual sigue siendo la especie dominante (30-20 %). Otras especies presentes: *Schizachyrium* (5-10 %) y *Elyonurus* (5-10 %).

**Estado C. Pastizal de Elyonurus y Sorghastrum.**

Aumenta la importancia de *Elyonurus* (10-15%) mientras decae la de *Sorghastrum* (10-15 %).

**Estado D. Pajonal de Elyonurus con presencia de Sorghastrum.**

*Elyonurus* alcanza a ser dominante (10-30 %) superando a *Sorghastrum* (5-10%). También incrementa su importancia *Schizachyrium* (>10%).

**Estado N. Pajonal de Elyonurus y especies estivales (Schizachyrium).**

*Elyonurus* continúa como dominante (10-30 %) pero con *Schizachyrium* (>10%) como especie asociada sobre *Sorghastrum* (< 5%).

**Estado M. Pajonal de Elyonurus y especies invernales (Piptochaetium napostaense).**

*Elyonurus* es dominante (10-30 %) pero con *Piptochaetium* como especie asociada (>10%). *Poa ligularis* alcanza una presencia significativa (< 5%).

**Estado R. Rosetal con malezas anuales.**

Estado que inicia la revegetación de pastizales arados. *Cenchrus pauciflorus* (15-20%) y *Panicum urvilleanum* (15-20%) son las especies dominantes acompañadas por malezas anuales. El mantillo es escaso (<10%) y existe una importante proporción de suelo desnudo (25-35%).

**Estado W. Olivillar.**

*Hyalis argentea* (olivillo) es la especie dominante (>35%).

**Estado Y. Pajonal de Stipa tenuissima con roseta.**

*Stipa tenuissima* es la especie dominante (15-20%), acompañada por *Cenchrus* (10-15%) e *Hyalis* (10-15%) como especies subdominantes.

proporción de suelo desnudo y bajo porcentaje de mantillo (Tabla 2). Luego de al menos dos ciclos de crecimiento, comienza la colonización por *Hyalis*, finalizando en un olivillar (W) con una cobertura promedio elevada (aproximadamente 42 % para la especie). Estos sitios disturbados pueden ser invadidos por paja blanca (*Stipa tenuissima*) llegando a un estado, el pajonal de *Stipa* (Y), en apariencia bastante estable.

Cano y Movia (1967) describen la misma secuencia para los pastizales arenosos de la Provincia de La Pampa. Luego del abandono de pastizales arados, observan que la primera etapa de sucesión está dominada por *Panicum* acompañado por malezas anuales. De inmediato se difunde rápidamente *Hyalis* formando colonias circulares. En el caso de los pajonales de paja blanca los encuentran en cubetas de mayor humedad (igual que en el área bajo estudio, pero en nuestro caso esta comunidad azonal no fue muestreada), y en pastizales luego de ser arados y

abandonados del cultivo. En este último caso, en una primera etapa ocupa sólo los bajos y luego va cubriendo toda la superficie hasta hacerse dominante. León y Marangón (1980) afirman que la comunidad X, dominada por *S. tenuissima* y *S. ichu (gynerioides)*, proviene de disturbios ocasionados por el manejo agrícola en forma similar que nuestro estado Y, mientras que la comunidad Z (rosetal de *Cenchrus*), semejante al estado R del presente trabajo, ocupa el mayor grado de disturbio que observaron. En los pastizales subhúmedos del centro de la Provincia de Buenos Aires, las primeras etapas son dominadas por especies ruderales de hoja ancha, que luego son reemplazadas por pastos perennes (D'angela *et al.* 1986).

La aradura de pastizales genera un disturbio que es imposible revertir en el tiempo. Como la productividad forrajera de estos pastizales (R, W e Y) es muy inferior a los originales, cualquier proyecto que incluya la roturación masiva de

**Tabla 4.** Catálogo de transiciones para los pastizales de *Sorghastrum* del área medanosa central de San Luis, Argentina.

---

<b>T A-B:</b> Pastoreo con carga animal superior a la receptividad del sitio. Ausencia de fuego durante un período prolongado. Muy probable.
<b>T B-A:</b> Quema prescrita de baja intensidad, pastoreo con descansos estacionales de carga moderada. Probabilidad moderada.
<b>T B-C:</b> Pastoreo con carga animal superior a la receptividad del sitio. Ausencia de fuego durante un período prolongado. Muy probable.
<b>T C-B:</b> Quema prescrita de baja intensidad, pastoreo con descansos estacionales de carga moderada. Probabilidad moderada.
<b>T C-D:</b> Pastoreo con carga animal superior a la receptividad del sitio. Ausencia de fuego durante un período prolongado. Muy probable.
<b>T D-C:</b> Quema prescrita, pastoreo con descansos estacionales de carga moderada. Poco probable, sólo posible si existe un remanente mínimo de <i>Sorghastrum</i> . Intersiembra de <i>Sorghastrum</i> .
<b>T D-N:</b> Pastoreo con carga animal superior a la receptividad del sitio. Muy probable.
<b>T D-M:</b> Descansos de pastoreo en otoño y primavera. Riesgo de enmalezamiento si existen potreros cercanos infestados con malezas latifoliadas. Probabilidad moderada a baja.
<b>T N-M:</b> Descansos de pastoreo en otoño y primavera. Solo o en combinación con fuego prescrito, según cobertura de <i>Elyonurus</i> . Riesgo de enmalezamiento si existen potreros cercanos infestados con malezas latifoliadas. Probabilidad moderada a baja.
<b>T M-N:</b> Pastoreo con carga animal superior a la receptividad del sitio. Muy probable.
<b>T A-R:</b> Disturbio por labranza. Agricultura y abandono de tierras. Estado de corta duración. Muy probable.
<b>T R-W:</b> Tiempo y pastoreo continuo. Muy probable.
<b>T W-Y:</b> Presencia de relieve ondulado eólico y <i>Stipa</i> presente en bajos en comunidades azonales. Colonización asociada a años húmedos. Probabilidad moderada.

---

pastizales debe ser obligatoriamente desalentado. La incorporación de pasturas cultivadas perennes debería encararse únicamente en áreas limitadas, probablemente circunscritas a pajonales improductivos (Y).

## CONCLUSIONES

Se plantea un catálogo de estados (Tabla 3) y transiciones (Tabla 4) para los pastizales de *Sorghastrum* de la Llanura Medanosa Central muy pronunciada (Peña Zubiarte *et al.* 1998) correspondiente al área medanosa de pastizales e Isletas de Chañar (Anderson *et al.* 1970). Los estados pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

a) Pastizales (A, B y C), con *Sorghastrum*. Las transiciones que favorecen su presencia en los sitios son el pastoreo moderado con descansos estacionales estivales y quemas prescritas.

b) Pajonales (D, N y M) de paja amarga (*Elyonurus*). Las transiciones que determinan los cambios entre estados determinan el reemplazo de la especie subdominante: las estivales *Sorghastrum*

y *Schizachyrium* y la invernal *Piptochaetium*. *Sorghastrum* es favorecida por el fuego y el pastoreo moderado con descansos, *Schizachyrium* no se ve favorecida por el fuego, y es resistente al pastoreo mientras que *Piptochaetium* es favorecida por el fuego, y disminuye con el pastoreo continuo, requiriendo descansos estacionales de otoño y primavera.

c) Sitios disturbados (R, W e Y). Sitios provenientes de disturbios por el abandono de tierras de cultivo.

El presente modelo reconoce a) la incapacidad de *Sorghastrum* para recolonizar sitios en donde se ha extinguido localmente, y b) la falta de colonización de sitios de sucesión secundaria. Por lo tanto, posee una mayor aplicación que el modelo teórico sucesional. En el presente modelo poseen fundamental importancia los disturbios como agentes de cambio, en particular el pastoreo y el fuego, los factores más importantes que promueven transiciones entre estados (Rodríguez Iglesias y Kothmann 1997). En los pastizales californianos se encontró que el efecto del pastoreo fue más marcado en los pastizales

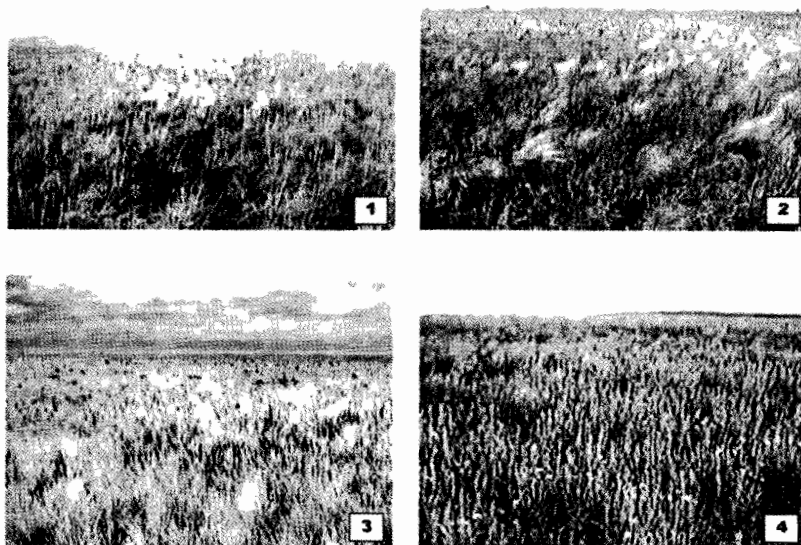


Figura 6. Fotografías representativas de los estados: 1. A (Sorghastral puro), 2. N (Pastizal de *Elyonurus* y *Schizachyrium*). 3. Y (Pajonal de *Stipa tenuissima*). 4. W (Olivillar).

provenientes de cultivos abandonados que en los pastizales prístinos, dominados por especies nativas de pastos perennes (Stromberg y Griffin, 1996). En nuestro caso, el factor pastoreo parece más importante en los pastizales y pajonales que no provienen de cultivo.

El manejo de un pastizal, basado en el modelo sucesional, recomienda aplicar una determinada carga en forma continua. Intentar establecer un equilibrio bajo una carga dada, puede resultar innecesariamente conservador gran parte del tiempo, pero llegaría a la sobreutilización en momentos críticos. En contraste, bajo el modelo de estados y transiciones, los encargados del manejo podrán, a partir de eventos naturales o planificados, decidir las acciones de manejo más adecuadas para favorecer transiciones deseables.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de los productores rurales del área de estudio, y a J.D. Giulietti y Marina Martín. El presente trabajo es un aporte del Proyecto Estratégico de Investigación: PEI-INTA 87-032, "Ecología y Manejo de Ecosistemas Ganaderos de Pastizal para la Región Semiárida y Árida Central" y del Proyecto Regional PR-INTA, 580-201, "Sustentabilidad de agroecosistemas en San Luis".

## LITERATURA CITADA

- AGUILERA, M.O. y A. ÁVILA. 1997. Efecto de defoliaciones sobre la productividad futura de dos gramíneas nativas perennes. *Revista Argentina de Producción Animal* 17(1):89.
- ANDERSON, D.L. 1979. La distribución de *Sorghastrum pellitum* (Poaceae) en la Provincia de San Luis y su significado ecológico. *Kurtziana* 12-13:37-45.
- ANDERSON, D.L. 1982. Determinación de la condición del pastizal natural en el área medanosa de pastizales e isletas de chañar. INTA-EEA San Luis, mimeógrafo, Villa Mercedes.
- ANDERSON, D.L., J.A. DEL AGUILA y A.E. BERNARDÓN. 1970. Las formaciones vegetales de la Provincia de San Luis. *RIA (INTA)* 7:153-183.
- ANDERSON, D.L., E.L. Oriente y J.C. Vera. 1978. Una reliquia del pastizal de San Luis. *Ecología* 3:139-151.
- CANO, E. y C. MOVIA. 1967. Utilidad de la fotointerpretación en la cartografía de comunidades vegetales del bosque de caldén (*Prosopis caldenia* Burk). INTA-CNIA, Serie Fitogeográfica No. 8, Buenos Aires.
- CHARDY, P., M. GLEMAREC y A. LAUREC. 1976. Application of inertia methods to benthic marine ecology: practical implications of the basic options. *Estuarine Coastal Maritimal Sciences* 4:179-205.
- CLEMENTS, F.E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. *Carnegie Institute Washington Publ.* 242:1-512.
- CLEMENTS, F.E. 1936. Nature and structure of the climax.

- Journal of Ecology 24:252-284.
- D'ANGELA, E., R.J.C. León y J.M. Facelli. 1986. Pioneer stages in a secondary succession of a pampean subhumid grassland. *Flora* 178:261-270.
- Daubenmire, R. 1959. A canopy coverage method for vegetational analysis. *Northwest Science* 33:43-64.
- DIGBY, P.G.N. y R.A. KEMPTON. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall, London.
- DYKSTERHUIS, E.J. 1949. Condition and management of range land based on quantitative ecology. *Journal of Range Management* 2:104-115.
- DYKSTERHUIS, E.J. 1958. Ecological principles in range evaluation. *Botanical Review* 24:253-272.
- ECHEVERRÍA, J.C. y J.D. GIULIETTI. 1991. Variabilidad espacial de las gramíneas en un pastizal natural de San Luis. *Revista Argentina de Producción Animal* 11:29-34.
- GREIG-SMITH, P. 1983. *Quantitative Plant Ecology*. 3ª edición. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- HILL, M.O. 1973. DECORANA: a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- HILL, M. y H. GAUCH. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 47:47-58.
- LEÓN, R.J.C. y D.L. ANDERSON. 1983. El límite occidental del pastizal pampeano. *Tuexenia* 3:67-83.
- LEÓN, R.J.C. y N. MARANGÓN. 1980. Delimitación de comunidades en el pastizal puntano: sus relaciones con el pastoreo. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 19:277-288.
- LEÓN, R.J.C., G.M. RUSCH y M. OESTERHELD. 1984. Pastizales pampeanos – impacto agropecuario. *Phytocoenologia* 12:201-218.
- McCUNE, B. y M.J. MEFFORD. 1997. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, Version 3.0. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- MIELKE, P.W., K.J. BERRY y E.S. JOHNSON. 1976. Multiresponse permutation procedures for a priori classifications. *Communications in Statistics-Theory and Methods* A5:1409-1424.
- O'CONNOR, T.G. 1991. Local extinction in perennial grasslands: a life-history approach. *The American Naturalist* 137:753-773.
- ORIONTE, E.L. y D.L. ANDERSON. 1978. Influencia del fuego en un área reliquia del Sorghastral. *Ecología* 3:111-116.
- ORLÓCI, L. 1978. *Multivariate analysis in vegetation research*. W. Junk, The Hague.
- PEÑA ZUBIATE, C.A., D.L. ANDERSON, M.A. DEMMI, J.L. SÁENZ y A. D'HIRIART. 1998. Carta de Suelos y Vegetación de la Provincia de San Luis. INTA-EEA San Luis y Gobierno de la Provincia de San Luis.
- RODRIGUEZ IGLESIAS, R. M. y M. M. KOTHMAN. 1997. Structure and causes of vegetation change in state and transition model applications. *Journal of Range Management* 50: 399-408.
- SORIANO, A. 1991. Río de la Plata grasslands. Pp. 367-407, in R.T. Coupland (ed.): *Natural Grasslands*. Elsevier, Amsterdam.
- STEIBEL, P.E., Z.E.R. DE AGRASAR, H.O. TROIANI y O. MARTÍNEZ. 1997. Sinopsis de las gramíneas (*Gramineae* Juss.) de la Provincia de La Pampa, República Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Pampa* 9:1-122.
- STROMBERG, M.R. y J.R. GRIFFIN. 1996. Long-term patterns in coastal California grasslands in relation to cultivation, gophers, and grazing. *Ecological Applications* 6:189-1211.
- VENECIANO, J.H. y O.A. TERENCE. 1996. Respuesta de la paja colorada (*Sorghastrum pellitum* (Hackel) L. Parodi) a distintas frecuencias de defoliación. I. Rendimiento de materia seca. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto* 16:69-78.
- WESTOBY, M. 1979/80. Elements of a theory of vegetation dynamics in arid rangelands. *Israel Journal of Botany* 28: 169-194.
- WESTOBY, M., B. WALKER y I. NOY-MEIR. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42:266-274.
- WHALLEY, R.D.B. 1994. State and transition models for rangelands. 1. Successional theory and vegetation change. *Tropical Grasslands* 28:195-205.
- WHITTAKER, R.H. 1953. A consideration of climax theory: The climax as a population and pattern. *Ecological Monographs* 23:41-78.

---

Recibido 23 noviembre 1998; revisado diciembre 1998; aceptado 14 diciembre 1998.