
Relaciones entre propiedades de suelo, comunidades vegetales y receptividad ganadera en ambientes salinos (Salinas Grandes, Catamarca, Argentina).

M. S. Karlin^{*}, E. V. Buffa, U. O. Karlin, A. M. Contreras, R. O. Coirini y E. J. Ruiz Posse

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Valparaíso S/N, Ciudad Universitaria, C.P. 5000, C.C. 509, Córdoba, Argentina. Tel: +54 (0351) 4334116 (Int. 505). Fax: +54 (0351) 4334118..

Soil properties, plant communities and carrying capacity relationships in saline areas (Salinas Grandes, Catamarca, Argentina).

Abstract

Saline areas are considered marginal for the development of agriculture due to high contents of soluble salts in the soils. However, they hold species of great productive potential. In this work the region of Salinas Grandes, Catamarca (Argentina) has been studied, where several communities of peasants are settled and make use of the local natural resources. Saline areas involve zones, where adapted plants form a physical barrier against wind and water, accumulating materials transported by these agents, modifying the edaphic conditions and allowing the settlement of plant species less adapted to high salt content. The decrease of salinity and the increase of the sandy topsoil thickness in the soils of Salinas Grandes would allow the settlement of new plant populations, increasing the plant diversity of communities and their productive potential. The main objective of this paper is to establish the relationships between main soil characteristics and plant cover, plant diversity and carrying capacity. Soil and vegetation were sampled defining five homogeneous zones. Key species were identified in order to define management units. Soil parameters are adequately related with those of vegetation (R^2 between 0.51 y 0.95). The decrease of electrical conductivity and pH, and the increase of sandy topsoil thickness, modify plant communities, increasing plant cover, biodiversity and carrying capacity. The latter also relates positively with biodiversity. Electrical conductivity can be used to predict carrying capacity. Biodiversity can be used as preliminary indicator for carrying capacity. The analysis of floristic composition has proven to be a good differentiator of the units of environmental management, that for the study area were three: Salinas, Plains and Highlands.

Key words: plant diversity, carrying capacity, plant cover, salinity, pH, topsoil.

Resumen

Las áreas salinas son consideradas marginales para el desarrollo de la producción agrícola debido a las altas concentraciones de sales solubles en el suelo. Sin embargo, albergan especies de gran potencial productivo. En este trabajo se estudia las Salinas Grandes, Catamarca (Argentina), región en la que se asientan numerosas comunidades de campesinos que utilizan los recursos naturales locales. Las áreas salinas presentan diferentes zonas en las cuales las plantas adaptadas forman barreras físicas frente al viento y al agua, acumulando materiales transportados por dichos agentes, modificando las condiciones edáficas y permitiendo la instalación de especies menos adaptadas a altos contenidos salinos. La disminución de la salinidad y el aumento en el espesor del horizonte arenoso superior en suelos de las Salinas Grandes permitiría la instalación de nuevas poblaciones vegetales, incrementando la diversidad de las comunidades vegetales y su potencial productivo. El objetivo propuesto es el de establecer las relaciones entre las características principales del suelo y la cobertura vegetal, la diversidad florística y la receptividad ganadera. Se muestrearon

*Autores de correspondencia
Email: mkarlin@agro.unc.edu.ar

suelo y vegetación definiendo cinco zonas homogéneas. Se identificaron especies clave para definir unidades de manejo. Los parámetros del suelo se relacionan adecuadamente con los de vegetación (R^2 entre 0,51 y 0,95). La disminución de la conductividad eléctrica y pH, y el incremento del espesor del horizonte arenoso superficial afectan las comunidades vegetales, incrementando la cobertura vegetal, la diversidad y la receptividad ganadera. La receptividad ganadera también se relaciona positivamente con la diversidad. La conductividad eléctrica y la diversidad florística pueden ser utilizadas como indicadores preliminares de la receptividad ganadera. El análisis de la composición florística se ha mostrado como buen diferenciador de las unidades de gestión ambiental, que para la zona de estudio fueron tres: Salinas, Llanos y Altos.

Palabras clave: diversidad florística, receptividad ganadera, cobertura vegetal, salinidad, pH, horizonte superficial.

Introducción

Las áreas salinas son consideradas marginales para el desarrollo de la producción agrícola debido a las altas concentraciones de sales solubles en el suelo, afectando la capacidad de las especies vegetales para aprovechar el agua del suelo y reduciendo la disponibilidad de algunos nutrientes. Sin embargo, estas áreas albergan especies de gran potencial productivo, siendo algunas de ellas endémicas. La presencia de parches de vegetación en estos ecosistemas genera microambientes con características particulares en las que las especies vegetales usan los recursos diferencialmente (Whitford, 2002).

En la República Argentina, las zonas salinas ocupan alrededor de 2,5 millones de hectáreas, de las cuales 20% corresponden a lagos salinos efímeros o permanentes (Cantero *et al.*, 1998). En Salinas Grandes, Catamarca (Argentina), la vegetación se desarrolla en zonas con diferentes características edáficas, formando parches donde se desarrollan distintas comunidades vegetales (Ruiz Posse *et al.*, 2007). En esta región se asientan numerosas comunidades de campesinos, quienes hacen uso de los recursos naturales. La vegetación local tiene una importancia fundamental desde el punto de vista ambiental, económico y cultural.

La información disponible sobre el área de estudio y sobre el comportamiento de este tipo de sistemas es escasa (Cantero *et al.*, 1998). Se han publicado algunos estudios sobre suelo y geomorfología (Dargám, 1995) donde se describen la taxonomía del suelo y las unidades geomorfológicas. Además, estudios de vegetación fueron hechos por Ragonese (1951) quien describe las comunidades, la riqueza florística, e identifica las especies endémicas. Sívori y Ragonese (1952) estudiaron los valores osmóticos

de las plantas locales, y evaluaron la capacidad de algunas plantas para absorber agua del suelo. Recientemente, una clasificación ambiental más detallada de la zona ha sido realizada por Ruiz Posse *et al.* (2007) a modo de caracterización de este ecosistema.

En Salinas Grandes, el uso de los recursos forrajeros consiste en un pastoreo extensivo rotativo a lo largo del año, a través de las diferentes zonas, de acuerdo con la cantidad y calidad de forraje (Cavanna *et al.*, 2010). La delimitación de las tierras con alambrado reduce el área de pastoreo y el número de especies disponibles para los animales, lo que provoca el aumento de la presión ganadera y degradación del medio, reduciendo la cobertura vegetal, la diversidad florística y la receptividad ganadera. En base a esto, el objetivo del presente trabajo es el de establecer las relaciones entre las características principales del suelo y las de las comunidades vegetales, a través del estudio de: i) la estructura del sistema, mediante la evaluación de parámetros edáficos (conductividad eléctrica, pH y profundidad del horizonte superficial arenoso) y de las comunidades vegetales (cobertura, diversidad florística y receptividad ganadera); ii) la relación entre las variables edáficas y topográficas sobre las de la vegetación en la región de las Salinas Grandes. Por otra parte se pretende, a partir de la composición florística, definir áreas homogéneas para el estudio, evaluación y manejo de los recursos naturales.

Materiales y método

El área de estudio se ubica en la porción más austral de la Provincia de Catamarca (Argentina). Las coordenadas geográficas extremas son 29°16'17" S – 65°03'25" W hacia el norte, 29°36'30" S –

65°31'47" W hacia el oeste, 29°36'24" S – 64°50'55" W hacia el este, y 30°07'14" S – 65°24'43" W hacia el sur. Cubre un área de 400 000 hectáreas, que incluyen geformas de playas, salinas y llanuras aluviales (Miró *et al.*, 2005), desarrollándose entre 150 y 210 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Ruiz Posse *et al.*, 2007) (Figura 1).

escala 1:100.000 y SIG-250 del IGM. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat 7 ETM + (path/row 230 80 y 230 81), correspondientes al 30 de enero de 2003. Mediante técnicas de análisis visual de la composición de color falso estándar (RGB 543) y el Índice de Vegetación Normalizado (IVN), y en base a la identificación del campo, se seleccionaron 42

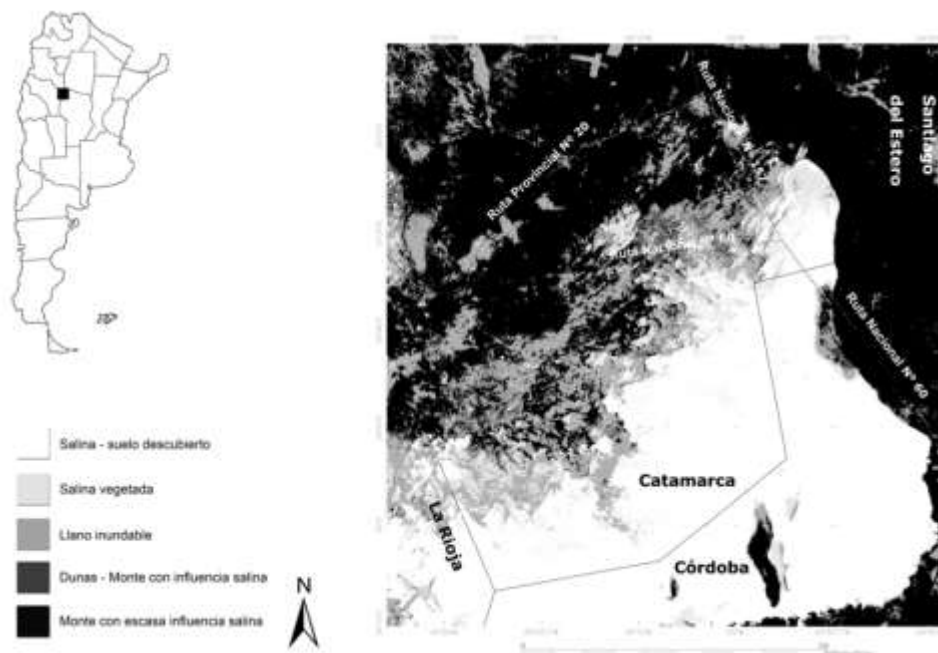


Figura 1. Mapa ambiental de las Salinas Grandes.

La región presenta un clima continental, mesotérmico, semi-árido, con inviernos secos, altos rangos térmicos, oscilación de lluvias importante, y altas tasas de evapotranspiración. La temperatura media anual es de 20,5°C (Dargám, 1995), mientras que los valores de precipitación anual varían entre 300 y 500 mm, y se concentran principalmente entre noviembre y marzo (Ruiz Posse *et al.*, 2007). La evapotranspiración potencial anual es de 950 mm, lo que resulta en déficit de agua durante todo el año. Los vientos son relativamente frecuentes, soplando de noreste a suroeste y de este a oeste (Ragonese, 1951) durante los meses más secos, responsables de la formación de dunas.

Varias zonas fueron identificadas de manera preliminar en el área de estudio a través de técnicas de teledetección, utilizando como base cartográfica cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) en

zonas de muestreo para ser utilizadas en la clasificación supervisada. Con el algoritmo de Mahalanobis se hizo una pre-clasificación con el fin de estimar las probabilidades, a priori, de cada clase para el clasificador de máxima similitud. La clasificación final se hizo con seis bandas de la imagen, además del IVN como grupo artificial. Finalmente, se obtuvo una imagen con cinco clases. Esta imagen permitió identificar unidades homogéneas y definir las zonas de muestreo. Se identificaron cinco unidades fisiográficas homogéneas.

En terreno, se hicieron observaciones visuales de cada unidad fisiográfica, apoyadas por la cartografía básica. A través de la cartografía básica y observaciones de campo, estas unidades fueron identificadas y clasificadas definitivamente. Algunas se describen en Ruiz Posse *et al.* (2007) y

fueron re-clasificadas para este trabajo.

En base a la clasificación realizada por Ruiz Posse et al. (2007) y, como resultado de nuevos análisis de teledetección, observaciones fisiográficas, estudio de la vegetación (Tabla 1) y determinación de la salinidad del suelo (Figura 2), las unidades fisiográficas identificadas (se denominarán “zonas” en adelante) fueron re-clasificadas (Figura 1) en:

1. Bajos: Estas áreas presentan pendientes inferiores a 0.1%, siendo atravesadas por dunas vegetadas. En la playa, los materiales son depositados por agua de escorrentía y por acción del viento, formando zonas de transición, debido a la variación espacial en la concentración salina del suelo, espesor del horizonte superficial arenoso y clases texturales. Es posible identificar las siguientes zonas: Salina Vegetada (SV), Llanos Inundables (LI), y Monte Con Influencia Salina (MCIS).

a. Salina Vegetada: Son llanuras con períodos prolongados de inundación (aproximadamente una semana después de una lluvia intensa), influenciadas por la presencia de una freática fluctuante a poca profundidad durante todo el año. La profundidad del agua subterránea varía entre 0.00 y 0.90 m (Dargám, 1995). En estas zonas se observan lodos arcillosos cubiertos por una fina costra de sal. Pueden observarse pequeños parches de vegetación en el centro de la cuenca, con especies de cierto valor forrajero (Cavanna et al., 2010). Los suelos dominantes (Soil Survey Staff, 2006) son Aquisalids cálcicos y Haplosalids gípsicos. Dominan en esta zona especies halófitas tales como *Heterostachys ritteriana* (Moq.) Ung.-Sternb. y *Allenrolfea patagonica* (Moq.) Kuntze. Ambas especies crecen juntas, formando comunidades arbustivas bajas y abiertas, con cobertura vegetal escasa. *H. ritteriana* es tolerante a muy altos contenidos de sal en el suelo y a inundaciones periódicas (Sívori y Ragonese, 1952), siendo la primera especie que aparece desde el centro de la cuenca. También es característica de estas zonas *Distichlis acerosa* (Griseb.) Speg., un importante pasto estolonífero consumido por el ganado vacuno, especialmente durante el invierno (Cavanna et al., 2010), cuando otras especies

forrajeras son escasas en los Altos. Esta especie aparece asociada a *A. patagonica* y *H. ritteriana*, como consecuencia de los materiales depositados por los procesos fluviales y eólicos, en forma de parches.

- b. Llanura Inundable: La profundidad del agua subterránea varía entre 1.30 y 3.36 m (Dargám, 1995). En esta zona se identificaron Haplosalids cálcicos, con contenidos salinos más bajos y con menor frecuencia de inundación que Salina Vegetada. Aparecen algunas especies forrajeras halófitas importantes, aumentando la receptividad ganadera. *Atriplex argentina* Speg., *Cyclolepis genistoides* D. Don y *Maytenus vitis-idaea* Griseb. son las especies dominantes.
- c. Monte Con Influencia Salina: Los suelos presentan una capa superficial franco-limosa a franco-arenosa debido a la acumulación de materiales provenientes de la cuenca, depositados sobre horizontes subsuperficiales de materiales más finos arcillo-limosos. La profundidad del agua subterránea varía entre 3.02 y 8.50 m (Dargám, 1995). Los suelos predominantes son, como en el caso anterior, Haplosalids cálcicos. Dominan *Mimozyanthus carinatus* (Griseb.) Burkart, *Stetsonia coryne* (Salm-Dyck) Britton y Rose, *M. vitis-idaea*, *A. argentina* y *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. y Arn.).
2. Altos: Incluye las Dunas (D) y Monte con Escasa Influencia Salina (MEIS). Estas zonas muestran pendientes superiores al 1% debido a la influencia de las Sierras de Ancasti. No hay poblaciones vegetales dominantes y la composición de las especies depende del grado de disturbio.
- d. Dunas: Formadas por deposiciones de arena fina por efecto eólico, debido a procesos de deflación de la cuenca, siendo fijadas por la vegetación. La profundidad del agua subterránea varía entre 3.02 y 3.70 m (Dargám, 1995). Estas dunas son longitudinales y muchas de ellas están situadas en paralelo a la costa salina, con un ancho que varía de 30 a 50 m y alturas de hasta 2 m, formando cadenas elongadas en dirección NE-SW, coincidiendo con los

Tabla 1. Tabla fitosociológica sintética de las Salinas Grandes. SV: Salina Vegetada, LI: Llano Inundable, MCIS: Monte con Influencia Salina, MEIS: Monte con Escasa Influencia Salina, D: Duna. Las áreas bordeadas indican las especies representativas de cada zona. † Especies clave definidas por test ANOVA (LSD Fisher, p<0,05); especies que muestran diferencias significativas en los valores de abundancia-cobertura entre zonas.

| Zonas | SV (n=7) | LI (n=7) | MCIS (n=4) | D (n=4) | MEIS (n=4) |
|--|---|--|-----------------------------|--|----------------------------------|
| Grandes Grupos y Sub-grupos de suelo (Soil Survey Staff, 2006) | <i>Aquisalids cálcicos y Haplosalids gípsicos</i> | <i>Haplosalids cálcicos y gípsicos</i> | <i>Haplosalids cálcicos</i> | <i>Torripsaments ústicos y típicos</i> | <i>Ustortents y Torriortents</i> |
| Elevación (m.s.n.m) | 177-191 | 185-191 | 190-206 | 190-192 | 197-245 |
| Profundidad freática (m) | 0.00-0.90 | 1.30-3.36 | 3.02-8.50 | 3.02-3.70 | 5.41-21.80 |
| Cobertura vegetal (%) | 18 - 45 | 81 | 88 | 83 | 95 |
| <i>Heterostachys ritteriana</i> (Moq.) Ung.-Sternb.† | 3 | 1 | | | |
| <i>Allenrolfea patagonica</i> (Moq.) Kuntze† | 3 | | | | |
| <i>Distichlis acerosa</i> (Griseb.) Speg.† | 1 | + | | | |
| <i>Lippia salsa</i> Griseb. | 1 | + | 1 | 1 | + |
| <i>Tephrocactus weberii</i> (Speg.) Backeb. | 1 | | 1 | | |
| <i>Alternanthera nodifera</i> (Moq.) Griseb. | 1 | 1 | | | |
| <i>Prosopis reptans</i> Benth. | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| <i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) Hitchc. | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| <i>Grahamia bracteata</i> Hook. y Arn. | 1 | 1 | 1 | 1 | + |
| <i>Plectrocarpa tetracantha</i> Gillies ex Hook. y Arn.† | + | 1 | 1 | + | |
| <i>Opuntia sulphurea</i> Gillies ex Salm-Dyck | + | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Trichloris crinita</i> (Lag.) Parodi | | 1 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Opuntia quimilo</i> K. Schum. | | 1 | + | | |
| <i>Suaeda divaricata</i> Moq.† | | | 1 | | 1 |
| <i>Ehretia cortesia</i> Gottschling | + | 1 | 1 | + | |
| <i>Cyclolepis genistoides</i> D. Don† | + | 2 | 1 | + | + |
| <i>Atriplex argentina</i> Speg.† | + | 4 | 3 | + | + |
| <i>Maytenus vitis-idaea</i> Griseb. † | + | 3 | 2 | 1 | 1 |
| <i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. y Arn.) Burkart | | 3 | 3 | 1 | 1 |
| <i>Stetsonia coryne</i> (Salm-Dyck) Britton y Rose† | | 3 | 3 | 2 | 1 |
| <i>Lycium spp.</i> | | | 1 | 2 | 1 |
| <i>Mimozyanthus carinatus</i> (Griseb.) Burkart† | | | 3 | 3 | 2 |
| <i>Gymnocalycium delaetii</i> (K. Schum.) Hosseus | | | 1 | | + |
| <i>Bromelia urbaniana</i> (Mez) L.B. Sm. | | + | 1 | 1 | + |
| <i>Larrea divaricata</i> Cav.† | | | + | 3 | 2 |
| <i>Aspidosperma quebracho blanco</i> Schldtl.† | | | + | 2 | 1 |
| <i>Cercidium praecox</i> (Ruiz y Pav. ex Hook.) Harms† | | | + | + | 2 |
| <i>Larrea cuneifolia</i> Cav. | | | | + | 2 |
| <i>Pappophorum subbulbosum</i> Arechav. | | 1 | | 1 | 1 |
| <i>Capparis atamisquea</i> Kuntze | | | + | 1 | 1 |

Continuación Tabla 1.

| | | | |
|---|---|---|---|
| <i>Prosopis torquata</i> (Cav. ex Lag.) DC | + | 1 | 1 |
| <i>Setaria leucopila</i> (Scribn. y Merr.) K. Schum. | + | + | 1 |
| <i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin y Barneby | + | + | 1 |
| <i>Prosopis nigra</i> (Griseb.) Hieron.† | | + | 1 |
| <i>Castela coccinea</i> Griseb. | | + | 1 |
| <i>Cordobia argentea</i> (Griseb.) Nied. | | + | 1 |
| <i>Cleistocactus baumani</i> (Lem.) Lem. | + | 1 | + |
| <i>Ximenia americana</i> L. | | 1 | + |
| <i>Tricomaria usillo</i> Hook. y Arn. | + | 1 | |
| <i>Harrisia pomanensis</i> F.A.C. Weber ex K. Schum. Britton y Rose | + | 1 | |

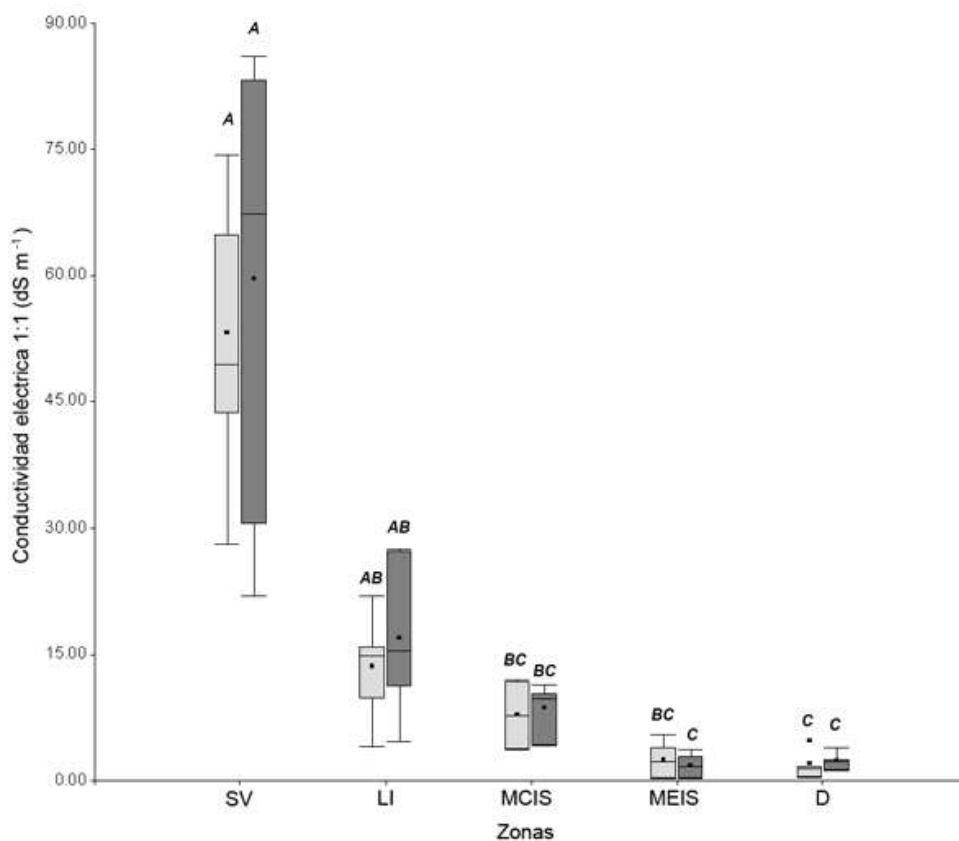


Figura 2. Gráfico box plot para CE en relación suelo:agua 1:1, 0-20 cm de profundidad (dS m^{-1}) por zona (datos obtenidos a través de promedios ponderados). En gris claro, época húmeda (CE_h); en gris oscuro, época seca (CE_s). Test de Kruskal-Wallis. Letras diferentes indican diferencias significativas ($n=26$; comparación de pares; $p=0,0002$; $gl=47$; $H(\text{CE}_h)=22,4$ H; (CE_s)=22,1) entre zonas dentro de cada estación. SV: Salina Vegetada, LI: Llano Inundable, MCIS: Monte Con Influencia Salina, MEIS: Monte con Escasa Influencia Salina, D: Dunas.

vientos predominantes y formando barreras de escorrentía. Los suelos predominantes son Torripsaments ústicos y típicos, de

textura franco-arenosa fina. En las partes altas de las dunas presentan la vegetación típica de la Provincia Fitogeográfica del

Chaco árido, pero mezclada con otros elementos de regiones aledañas. La especie leñosa principal es *M. carinatus*; *Larrea divaricata* Cav. indica sitios degradados. *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl., *Lycium spp.* y *S. coryne* también son especies frecuentes.

- e. Monte con Escasa Influencia Salina: Las especies vegetales y los suelos presentes son típicos de la región del Chaco Árido (Ragonese, 1951). La profundidad de las aguas subterráneas varía entre 5.41 y 21,8 m (Dargám, 1995). Las llanuras aluviales son las geoformas predominantes (Miró et al., 2005). La textura del suelo varía en función a la distancia respecto a la Sierra de Ancasti, pero predomina la textura franco-arenosa gruesa. Los grandes grupos de suelo observados en esta zona son Ustortents y Torriortents. En el estrato arbóreo domina *A. quebracho blanco*. En el estrato arbustivo es posible encontrar *Cercidium praecox* (Ruiz y Pav. ex Hook.) Harms, *L. divaricata*, *Larrea cuneifolia* Cav., *M. carinatus* y *S. coryne*. La poácea *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi domina en el estrato herbáceo.

El ganado vacuno en la región es de biotipo "criollo", cruza de biotipos españoles con británicos y cebuinos, cuyos requerimientos forrajeros son de 3600 kg de materia seca por año. El ganado caprino también es criollo, en muchos casos de descendencia del biotipo Anglonubian o Saanen, con requerimientos de 600 kg de materia seca al año.

El pastoreo se hace sobre grandes superficies, abarcando diferentes zonas. La oferta diferencial de forraje de cada zona permite contar con buena disponibilidad de pastos y arbustos forrajeros durante gran parte del año. Sin embargo, en invierno y primavera, la forrajimasa herbácea prácticamente desaparece, mientras que los arbustos forrajeros se hacen menos palatables.

En invierno y primavera el ganado extiende al máximo su zona de pastoreo por la escasez forrajera, especialmente a zonas salinas donde no hay delimitación de alambrados y donde cobra gran importancia el pasto guanaco (*D. acerosa*). Las cargas animales son muy variables en la región debido a la regulación natural por mortandad y por la falta de límites definidos en las áreas de pastoreo.

La vegetación nativa y el régimen de pastoreo se describen en detalle en Ragonese (1951) y Cavanna et al. (2010).

En base a observaciones realizadas por Ragonese (1951) y estudios de campo, fueron identificadas en toda la región 250 especies vegetales durante el período 2005-2008. Se realizaron 70 censos florísticos, aplicando el método de Muestreo Aleatorio Estratificado (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) según las zonas, definiendo sitios de seguimiento (en adelante sitio) de aproximadamente 1 ha cada uno e identificando en ellos 99 de las 250 especies encontradas. Los relevamientos se basan en el método fitosociológico de Braun Blanquet (Braun Blanquet, 1979). De los 70 sitios relevados, 50 sitios corresponden a Bajos (10 para SV, 20 para LI y 20 para MCIS) y 20 a Altos (10 para D y 10 para MEIS). Sobre el total de los sitios, 26 sitios representativos de las cinco zonas descritas fueron seleccionados para el relevamiento de suelos y la caracterización de la vegetación. En los sitios seleccionados, se estimaron los valores de dominancia-abundancia y de cubierta vegetal, tanto para estación seca como lluviosa. La superficie mínima de muestreo en cada sitio se definió por la aparición del 95% de todas las especies reconocidas para cada zona, sobre la base de los relevamientos florísticos previos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), y esta superficie correspondió, dependiendo de la zona, entre 0.25 (para SV, de baja cobertura vegetal) y 1 ha (para zonas como MCIS y MEIS). Los valores de abundancia-dominancia se transformaron en valores de porcentaje de cobertura basado en el punto medio de cada valor de la escala de abundancia-cobertura (Wikum y Shanholtzer, 1978):

+: Individuos raros o poco frecuentes con cobertura insignificante: 0.5%

1: Individuos abundantes, cobertura insignificante: 2.5%

2: Individuos en número variable, cobertura de hasta ¼ de la superficie total: 15%

3: Individuos en número variable, cobertura entre ¼ a ½ de la superficie total: 37.5%

4: Individuos en número variable, cobertura entre ½ a ¾ de la superficie total: 62.5%

5: Individuos en número variable, cobertura superior a ¾ de la superficie total: 87.5%

Para cada sitio de muestreo se evaluó la vegetación, utilizando el método de Point Quadrat modificado (Daget y Poissonet, 1971; Passera et al., 1986),

identificando cada especie muestreada. Siguiendo a Passera *et al.* (1986), se estimó la cobertura vegetal (Cob) y la receptividad ganadera (RG). La Cob se calculó mediante la cantidad de puntos contactados cada 30 cm sobre un transecto de 30 m (independientemente de la cantidad de contactos en cada uno de los puntos). La cobertura se calcula como porcentaje de puntos que tuvieron al menos un contacto en relación al total de los puntos (100) del transecto. La RG se determinó mediante el cálculo de la contribución específica por contacto (CEC), la cual se define como el cociente entre el número de contactos (C_i) de una especie y la suma de los contactos de todas las especies relevadas sobre 100 puntos del transecto de 30 m, habiendo realizado 7 transectos para SV, 7 para LI, 4 para MCIS, 3 para D y 4 para MEIS. Posteriormente se determinó el valor pastoral (VP) como una expresión sintética de la capacidad forrajera de las plantas, expresado en Unidades de Valor Pastoral (UVP/ha). VP se determina atribuyendo a cada especie un Índice de Calidad Específica (ICE_i), el cual varía entre 1 para las especies de baja calidad forrajera, y 10 para especies de alta calidad forrajera. Este índice se basa en el valor nutritivo, palatabilidad, forma de vida y época del año en que es consumida (Passera y Borsetto, 1986). Las siguientes fórmulas muestran el cálculo de RG:

$$CEC_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \times 100$$

$$VP = 0,100 \times \left(\sum_{i=1}^n CEC_i \times ICE_i \right) \times Cob$$

expresado como UVP/ha

$$RG = \frac{100}{VP}$$

expresado como ha/EV,

donde EV es un Equivalente Vaca, definido como la cantidad de forraje necesario para mantener una vaca de 400 kg con un ternero al pie de 120 kg. Un EV es mantenido con 100 UVP (Passera y Borsetto, 1986).

Se excavaron calicatas de 1 m de profundidad en los 26 sitios previamente seleccionados identificando los horizontes de cada perfil de suelo y definiendo la textura al tacto de cada uno (Yolcubal *et al.*, 2004). Se midió la profundidad del horizonte

superior del suelo (Prof) en el momento de la excavación de las calicatas. En cada sitio se realizaron muestreos de suelo en época seca y época húmeda, extrayendo 12 a 15 sub-muestras por sitio de forma aleatoria de la capa superficial del suelo y cinco sub-muestras para horizontes subsuperficiales. Las sub-muestras fueron compuestas en una muestra por sitio y por horizonte. Se midió la conductividad eléctrica (CE) y pH mediante un conductímetro/potenciómetro sobre la suspensión de suelo/agua 1:1 de cada muestra compuesta (Richards, 1973) para la estación seca (CE_s , pH_s) y húmeda (CE_h , pH_h). Se obtuvieron los valores de altitud en cada sitio mediante GPS.

Se calcularon los promedios ponderados de CE y pH para cada sitio en base a los valores de cada horizonte, obteniendo valores correspondientes a 0-20 cm de profundidad. Estos cálculos fueron necesarios a fin de estandarizar los datos y hacerlos comparativos, debido al hecho de que cada sitio presenta diferentes espesores de horizontes.

Los análisis estadísticos se realizaron con datos cuantitativos sobre la vegetación y el suelo utilizando el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2007), definiendo diferencias significativas entre zonas a través de análisis de la varianza (ANOVA) y para comparar las medias se utilizó el test LSD Fisher ($p < 0.05$). Las variables de CE, Prof y RG no presentaron una distribución normal, por lo que se aplicó análisis de la varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis, obteniendo diferencias significativas a través de la comparación de pares ($p < 0.05$) (Conover, 1999).

Se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H) (Wikum y Shanholtzer, 1978; Begon *et al.*, 2006) para cada sitio en base a los datos de dominancia y abundancia de la vegetación:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

$$p_i = N_i / \sum_{i=1}^n N_i$$

donde, n es el número de especies en la comunidad y N_i es el tamaño de la población, definida por su frecuencia relativa o cobertura de acuerdo a Wikum y Shanholtzer (1978).

Los valores de CE, pH y Prof fueron correlacionados con los de Cob, H y RG. Las relaciones entre las variables de suelo y vegetación

medidas fueron determinadas por medio de regresiones lineales, no lineales y múltiples, por medio de análisis “backward” (Di Rienzo *et al.*, 2007). A través de análisis “stepwise”, utilizando el estadístico Cp de Mallows para cada variable, se seleccionaron para las regresiones de Cobertura, Biodiversidad y Receptividad Ganadera, las variables regresoras más robustas, permitiendo así la selección del modelo de mejor capacidad de predicción (bias) (Di Rienzo *et al.*, 2007), utilizando p-valores menores a 0.05.

Para todas las determinaciones, el número de muestras fue de 26, a excepción de Cob y RG, donde el número de sitios relevados fue de 25 debido a dificultades en el acceso durante la estación lluviosa.

Para cada zona, se identificaron especies indicadoras a través de un ANOVA (LSD Fisher, $p < 0.05$), considerando la abundancia relativa obtenida en cada sitio. Se realizó un análisis discriminante con los valores de abundancia-dominancia de las especies indicadoras para la definición de tres unidades de manejo.

Resultados

En relación a los parámetros edáficos, la salinidad total, representada por la CE (Figura 2) muestra una clara diferencia para la zona SV con suelos que presentan, de acuerdo a la clasificación de Dahnke y Whitney (1988) contenidos salinos muy altos y grandes desviaciones estándar, tanto en temporada húmeda ($53.2 \pm 15.6 \text{ dS m}^{-1}$) como en la seca ($59.6 \pm 26.5 \text{ dS m}^{-1}$) (Prueba de Kruskal Wallis; $n=26$; comparación de pares; $p=0.0002$; $gl=47$; $H(CE_h)=22.4$; $H(CE_s)=22.1$). En las zonas de SV y LI, la CE se incrementa durante la estación seca. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas entre estaciones (Prueba de Kruskal Wallis; $n=52$; comparación de pares; $p=0.826$; $gl=51$; $H=0.05$).

El pH del suelo (Figura 3) muestra una distribución similar a la obtenida para la CE. SV muestra los mayores valores medios (8.04 ± 0.21 y 7.84 ± 0.32 para la temporada húmeda y seca, respectivamente) (LSD Fisher; $n=26$; $p(pH_h)=0.0009$; $p(pH_s)=0.0261$; $gl\ pH_h=20$; $gl\ pH_s=21$; $F\ pH_h=7.24$, $F\ pH_s=3.44$). SV tiende a presentar mayores valores de pH durante la temporada de lluvias, pero no se encontraron diferencias significativas con la estación seca (LSD Fisher; $n=52$; $p < 0.288$; $gl=51$; $F=1.16$).

La figura 4 muestra un aumento de la Prof a medida que se incrementa la elevación desde el centro de la cuenca (SV) hasta el monte (MEIS), mostrando diferencias significativas de SV con MCIS, MEIS y D, y de LI con MEIS y D (Kruskal Wallis; $n=26$; comparación de pares; $p=0.0002$; $gl=47$; $H=22.8$). El horizonte superficial constituye una discontinuidad textural abrupta en comparación con la capa subyacente con mayor contenido de limo y arcilla. Para MEIS y D, la capa superior del suelo supera los 100 cm. La especie cactácea *S. coryne* aparece en aquellas zonas que presentan al menos 6 cm de espesor de arena suelo (Prueba de Kruskal Wallis; $n=26$; $p < 0.0052$; $gl=4$; $H=13.8$).

La Tabla 1 recoge el estudio fitosociológico de las cinco zonas identificadas. Para cada una de ellas, se describe la comunidad vegetal, tipo de suelo, altitud y profundidad freática. Se muestran las principales especies vegetales de Salinas Grandes para cada zona, agrupadas por comunidades: i) de *H. ritteriana-A. patagonica* (SV); ii) de *A. argentina*, co-dominada por *M. vitis-idaea*, *S. coryne* y *G. decorticans* (LI); iii) de *M. carinatus* (MCIS), co-dominado por *A. argentina*, *G. decorticans* y *S. coryne*; iv) comunidades de *L. divaricata* y *M. carinatus* (D y MEIS).

Debido a la presencia de especies generalistas, es decir aquellas que pueden encontrarse en diferentes zonas (Roig, 1973), se realizó un análisis de varianza para identificar especies indicadoras. Esto permitió la identificación de especies dominantes (definidas por Roig, 1973, como aquellas especies que presentan altos valores de abundancia-dominancia) como posibles especies clave para la identificación de diferentes zonas (Tabla 1).

Para cada zona, los valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para Cob, H y RG fueron tabulados. La tabla 2 muestra la cobertura vegetal para cada zona, observándose una clara diferencia entre SV y el resto de las zonas en estrecha relación con la salinidad del suelo (LSD Fisher, $n=25$; $p < 0.0001$; $gl=20$; $F=13.0$). En este ecosistema, Cob no varió estadísticamente ($p < 0.05$) a lo largo del año debido a que dominan especies perennes, la mayoría de ellas de hoja caduca, las cuales recuperan rápidamente sus hojas. Las variaciones estacionales más importantes sobre la cubierta fueron dadas por las especies herbáceas anuales, que presentan bajos valores de CEC posiblemente debido al efecto del pastoreo excesivo. Por lo tanto, los datos de cobertura

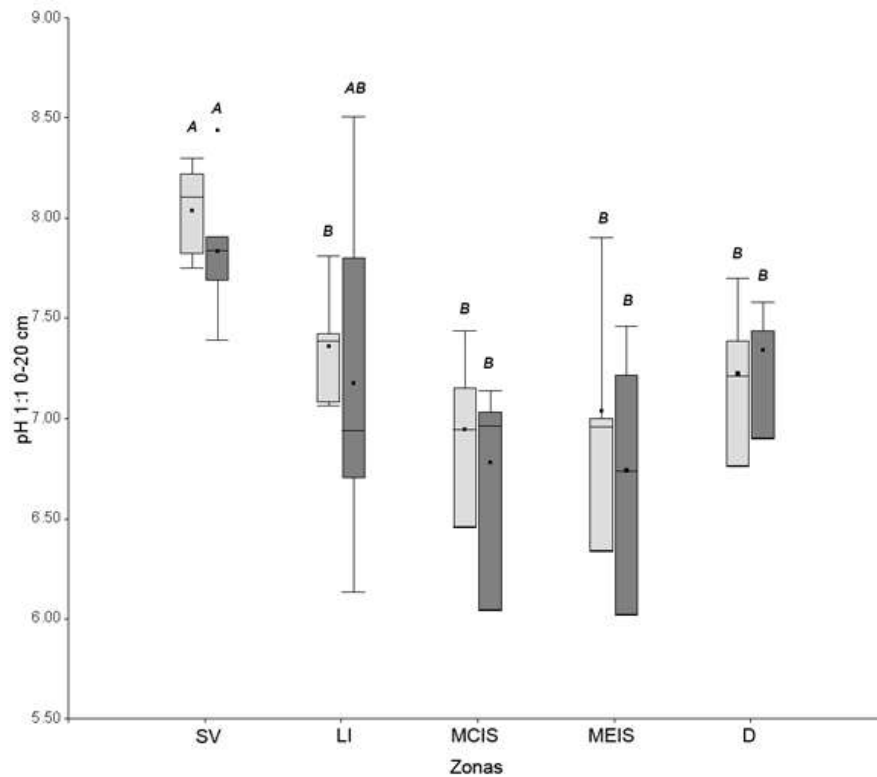


Figura 3. Gráfico box plot para pH en relación suelo:agua 1:1, 0-20 cm de profundidad por zona (datos obtenidos a través de promedios ponderados). En gris claro, época húmeda (pH_h); en gris oscuro, época seca (pH_s). Test de ANOVA. Letras diferentes indican diferencias significativas (n=26; LSD Fisher; p (pH_h)=0,0009; p (pH_s)=0,0261; gl pH_h=20; gl pH_s=21; F pH_h=7.24, F pH_s=3.44) entre zonas dentro de cada estación. SV: Salina Vegetada, LI: Llano Inundable, MCIS: Monte con Influencia Salina, MEIS: Monte con Escasa Influencia Salina, D: Dunas.

utilizados son valores promedio para todo el año. Sin embargo, la cobertura vegetal no individualiza las especies vegetales, por lo que se analizaron los índices de biodiversidad. Para ello se utilizó el Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H) (Wikum y Shanholtzer, 1978). La tabla 2 muestra un gradiente positivo para H, directamente relacionados con la posición topográfica de cada zona, desde el más bajo (SV) al más alto (D) (LSD Fisher; n=26; p=0.0019; gl=21; F=6.15). De acuerdo con la tabla 2, LI, MCIS, MEIS presentan, de manera significativa, mayor receptividad ganadera en comparación con SV, con valores menores de 15 ha/EV (n=25; comparación de pares; p<0.001; gl=20; F=18.6). D presenta valores intermedios, probablemente debido al pastoreo moderado. Las dunas se encuentran en la costa salina, lo que constituye parches de considerable oferta forrajera insertos en áreas donde

la receptividad ganadera es baja. En las zonas SV, al presentar bajos valores de cobertura vegetal debido a los altos niveles de salinidad, RG se reduce a un valor medio de 40 ha/EV. Para este último valor, significa que para mantener un equivalente vaca, es necesario contar con al menos un área de pastoreo de 40 has para cubrir sus requerimientos nutricionales anuales. Los datos disponibles de palatabilidad de las especies forrajeras corresponden en la mayoría de los casos a valores medios anuales (Martín *et al.*, 1993), por lo tanto no fue posible determinar las diferencias entre las estaciones. Las especies más adecuadas para la alimentación del ganado, de acuerdo con los valores nutricionales obtenidos por Martín *et al.* (1993), fueron *G. decorticans*, *M. carinatus*, *Prosopis aff. Nigra* (Griseb.) Hieron., *Capparis atamisquea* Kuntze y *C. praecox*. Las variables edáficas (CE_s, CE_h, pH_s, pH_h, Prof)

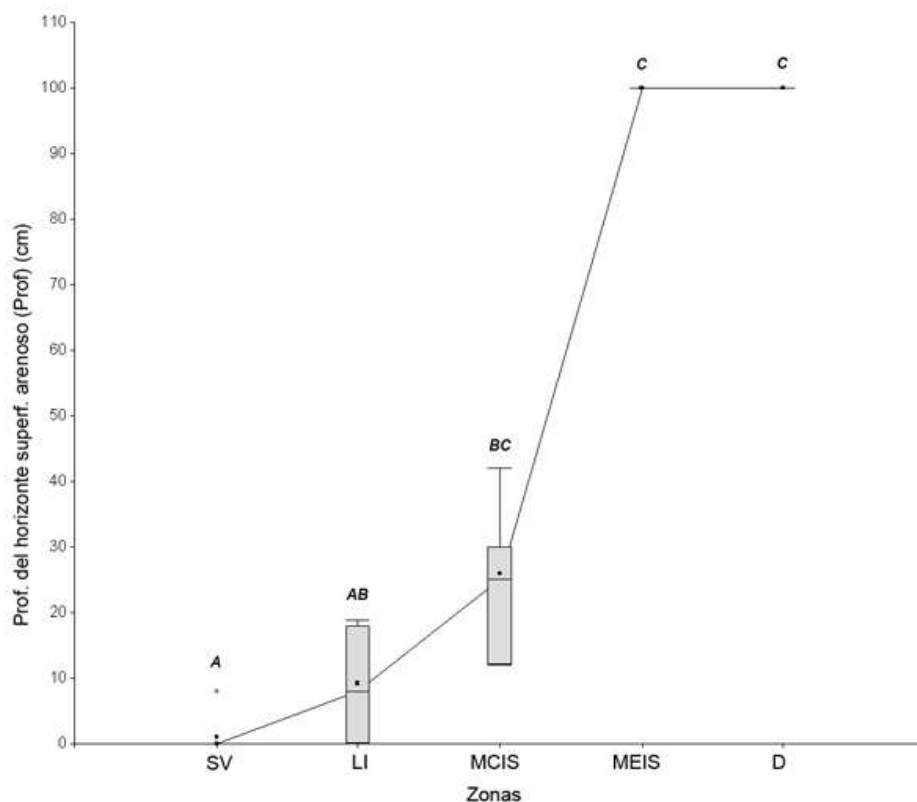


Figura 4. Gráfico box plot para profundidad del horizonte superficial arenoso (Prof) en cm, por zona. Test de Kruskal-Wallis. Letras diferentes indican diferencias significativas (n=26; comparación de pares; p=0.0002; gl=47; H=22.8) entre zonas. SV: Salina Vegetada, LI: Llano Inundable, MCIS: Monte Con Influencia Salina, MEIS: Monte con Escasa Influencia Salina, D: Dunas.

permiten explicar las variaciones de cobertura vegetal que se muestran en la tabla 2. Tras el análisis de regresión “backward” (Di Rienzo *et al.*, 2007) fue posible la construcción de varios modelos para estimar Cob (n = 26, p<0.05):

a) $Cob = -9 * \exp(-4) * Prof - 0.01 * CE_h - 0.01 * CE_s + 0.18 * pH_h - 0.04 * pH_s$ ($R^2 = 0.95$)

b) $Cob = -0.01 * CE_h$ (o CE_s) + $0.13 * pH_h$ (o pH_s) ($R^2 = 0.93$ -o 0.92 -)

c) $Cob = 1.04 * \exp(-0.025 * CE_{pr})$ ($R^2 = 0.81$)
donde CE_{pr} es la CE promedio entre las estaciones húmeda y seca.

Sin embargo, de acuerdo al análisis “stepwise” (Di Rienzo *et al.*, 2007) el modelo más robusto fue

d) $Cob = 0.92 - 0.01 * CE_s - 0.005 * Ar$ ($R^2 = 0.65$; Cp Mallows=39.4)

También, se determinaron las relaciones entre H y los parámetros de suelo. Cob y H muestran una estrecha relación ($H = 2.97 * Cob^{(0.759)}$; n = 25; $R^2 =$

0.62); en consecuencia, fue posible establecer relaciones entre ellas (n = 26, p<0.05):

e) $H = 3.30 * \exp(-3) * Prof - 0.03 * CE_h - 0.01 * CE_s + 0.68 * pH_h - 0.27 * pH_s$ ($R^2 = 0.91$)

f) $H = -0.04 * CE_h + 0.44 * pH_h$ ($R^2 = 0.90$)

g) $H = -0.03 * CE_s + 0.41 * pH_s$ ($R^2 = 0.86$)

h) $H = 3.22 * \exp(-0.021 * CE_{pr})$ ($R^2 = 0.66$)

De acuerdo al método “stepwise” el modelo más robusto es

i) $H = 3.13 - 0.04 * CE_h$ ($R^2 = 0.51$; Cp Mallows=23.0)

Como sucede con Cob, H tampoco varía estadísticamente (p<0.05) a lo largo del año, probablemente debido a la dominancia de las especies perennes.

Debido a que RG se calcula en base a Cob es evidente que RG mostrará regresiones con ajustes similares a los de Cob (n=26, p<0.05) y, al igual que Cob, se relacionará también con H (n=24,

p<0.05):

$$j) \text{ RG} = 0.13 * \text{Prof} + 0.35 * \text{CE}_h + 0.62 * \text{CE}_s - 4.25 * \text{pH}_h + 2.72 * \text{pH}_s \quad (R^2 = 0.94)$$

$$k) \text{ RG} = 0.76 * \text{CE}_h - 0.13 * \text{pH}_h \quad (R^2 = 0.79)$$

$$l) \text{ RG} = 0.70 * \text{CE}_s - 0.19 * \text{pH}_s \quad (R^2 = 0.90)$$

$$m) \text{ RG} = 2.23 * \exp(0.047 * \text{CE}_{pr}) \quad (R^2 = 0.89)$$

$$n) \text{ RG} = 18.6 * H \exp(-1.53) \quad (R^2 = 0.66)$$

El mejor modelo para predecir la Receptividad Ganadera de acuerdo al método “stepwise” es

$$o) \text{ RG} = - 1.86 + 0.70 * \text{CE}_s \quad (R^2 = 0.83; \text{ Cp Mallows}=102.7)$$

Con los valores de abundancia-dominancia de las especies clave se realizó un análisis discriminante, clasificando los diferentes sitios de acuerdo a tres unidades de manejo: “Salinas” (se incluye SV), “Llanos” (se incluyen LI y MCIS) y “Altos” (corresponde a D y MSIS). Las tablas de referencia cruzada no mostraron errores de clasificación. Las agrupaciones pueden observarse en la Figura 5. Puede observarse que “salinas” están definidas por una alta abundancia de especies clave como *H. ritteriana*, *A. patagonica* y *D. acerosa*, observándose los puntos correspondientes a SV paralelos a las correspondientes líneas. En cuanto a los “llanos” se observan relaciones con especies clave como *M. vitis-idaea*, *P. tetracantha*, *C. genistoides* y *A. argentina*, aunque sólo algunos sitios se relacionaron con *S. divaricata*. Los “altos” están relacionados particularmente con *A. quebracho blanco*, aunque existen buenas correlaciones con otras especies clave como *L. divaricata*, *S. coryne*, *M. carinatus*, *P. nigra* y *C. praecox*.

Discusión

SV y LI tienden a presentar mayor contenido salino promedio en la estación seca (Figura 2) (aunque sin diferencias significativas respecto a la temporada húmeda), debido a la escasa o nula lixiviación de las sales y al ascenso capilar (Richards, 1973), favorecido por las altas tasas de evaporación y a la cercanía de las napas respecto a la superficie. No se encontraron diferencias significativas en la CE (Figura 2) entre MCIS, MEIS y D, debido a la presencia de una capa superficial arenosa más profunda (Figura 4), rompiendo la capilaridad del suelo y facilitando el lavado de sales más solubles que el yeso. A pesar de la ausencia de diferencias significativas, LI muestra un mayor contenido salino que MCIS y MEIS, debido a la presencia de

una capa superficial arenosa menos profunda (Figura 4).

La moderada alcalinidad en SV (Figura 3) es causada por la presencia de carbonatos alcalino-térreos (datos no publicados). Los carbonatos alcalino-térreos dominan sobre los carbonatos de sodio debido a que grandes proporciones de carbonatos de sodio elevan el pH por encima de 8,5 (Richards, 1973), como ocurre con los suelos salinos sódicos en la Depresión del Salado en Argentina (Vázquez *et al.*, 2001). El incremento de los valores promedios de pH durante la temporada húmeda está relacionada, al menos en SV y LI, a un mayor efecto de hidrólisis de los minerales de arcilla (Reitemeier, 1946) y a las bajas tasas de actividad biológica. Los valores de pH más bajos, corresponden a los ambientes de zonas altas, donde se favorece la mayor lixiviación de sales solubles y supuestamente se producen mayores tasas de actividad biológica por mayor contenido de materia orgánica. La respiración de la microbiota y las raíces liberan importantes cantidades de dióxido de carbono, formando ácido carbónico (Mengel y Kirkby, 1987), y reducirían los valores de pH.

La acumulación de arenas (Figura 4) se produce en las zonas de SV sólo alrededor de los parches de *H. ritteriana* y *A. patagonica*, construyendo barreras que frenan las arenas arrastradas por el viento y el agua, al igual que ocurre por ejemplo en áreas salinas de Australia (McTainsh y Strong, 2007; Harper y Gilkes, 2004) o del suroeste de España (García *et al.*, 1993) con otras especies halófitas.

Esta acumulación y la consiguiente macroporosidad dominante romperían el ascenso capilar de agua, disminuyendo la tasa de evaporación y manteniendo el perfil con mayor cantidad de agua sub-superficial. El agua migra a través de la arena en forma de vapor durante el día, seguida de la condensación nocturna, lo que genera un ambiente más húmedo, con menos concentración de sal, debido a un proceso de destilación natural (Ruiz Posse *et al.*, 2007). Este proceso permite el crecimiento de especies menos halófitas, aumentando Cob, H y RG (Tabla 1 y Tabla 2).

Utilizando las cinco variables edáficas (CE_h , CE_s , pH_h , pH_s , Prof) es posible obtener ecuaciones de regresión con R^2 altos, como se muestra en el primer modelo (a). En este caso, es necesario tomar muestras, tanto en estación húmeda y seca, aunque es más costoso de alcanzar. Sin lugar a dudas, las variaciones de Cob se explican mejor utilizando al

menos una variable de salinidad y de pH, ya sea para la temporada húmeda o seca (modelo b). También es posible obtener relaciones entre los parámetros estudiados para Cob sólo con la CE promedio (modelo c), eliminando las variables de pH y Prof, lo que indica que ambas tienen menor impacto sobre el desarrollo de la vegetación. Sin embargo, con la aplicación del análisis "stepwise" (Di Rienzo *et al.*, 2007), fue posible encontrar la regresión más robusta, que requiere sólo la variable de CE de época seca para modelar el comportamiento de la cobertura vegetal.

La variable CE tiene signo negativo en todos los modelos obtenidos para Cob, lo que indica que esta tiene un efecto negativo sobre la vegetación. La salinidad es la variable más importante y explica al menos el 65% de las variaciones de Cob de las distintas zonas. El pH varía con la cobertura como consecuencia de variaciones en la salinidad (como se refleja en SV, figura 2 y 3), además los valores de pH nunca llegan a valores extremos tales (varía entre 6.34 y 8.30 en temporada de lluvias y entre 6.02 y 8.51 en la estación seca) que pudieran afectar drásticamente las funciones fisiológicas de las plantas. Esta es la causa por la cual los valores de pH son positivos en el modelo (a y b). La variable Prof no presenta demasiada relevancia estadística en los modelos, sino que constituye una variable importante cuando se analiza junto a la salinidad, afectando a las plantas que puedan ser moderadamente sensibles a la salinidad y a la freática, como ocurre con las Cactáceas. Considerando la especie cactácea, *S. coryne*, ésta aparece en aquellas zonas que presentan al menos 6 cm de espesor de arena suelo, lo que permite a estas plantas desarrollar sus raíces superficiales (Pavón y Briones, 2001), y por lo tanto, modificar la cobertura vegetal.

De acuerdo a los valores de H (Tabla 2), a pesar de que sólo SV se diferencia estadísticamente del resto de las zonas, los mayores valores se observan en las dunas, posiblemente porque dichas zonas aparecen como parches dentro de la cuenca salina, con fisonomía de bosque, y mayores valores de riqueza florística, siendo en este caso muy importante la variable Prof en relación a la ubicación de la vegetación respecto la base de las dunas, donde las sales solubles tienen mayor influencia. Esta mayor diversidad permite no sólo un mayor potencial forrajero, sino también un alto potencial forestal, lo que las hace muy importantes para el uso

silvopastoril (Karlin *et al.* 2009). Las cinco variables edáficas analizadas juegan un papel importante al explicar las variaciones de H, como se muestra en el modelo (e). Sin embargo, como en la Cob, es posible eliminar la variable Prof, obteniendo modelos (f y g) con R^2 altos, y también para H la variable de mayor peso fue la CE, siempre negativa, tal como ocurre con Cob. Sin embargo, a diferencia de Cob, en el modelo (h) CE sólo explica el 66% de la biodiversidad.

El modelo más robusto (i) sólo implica una variable de conductividad eléctrica (época húmeda), aunque sólo explica el 51% de las variaciones de la biodiversidad y la variable utilizada presenta un Cp de Mallows relativamente bajo.

Debido a la relación matemática existente entre Cob y RG descrita en la sección Materiales y Métodos, las regresiones obtenidas para RG poseen una fiabilidad similar a las obtenidas para Cob. Las ecuaciones que relacionan los parámetros del suelo con RG ((j) - (k) - (l) - (m) - (n)) son de gran importancia, si tenemos en cuenta que pocas variables edáficas explican la mayor parte de las variaciones en la RG de la región. Las variables CE y pH presentan signos opuestos a los obtenidos para los modelos de Cob y H, simplemente por hecho de que los valores de RG son inversos a los de estas variables, es decir, un aumento en la cobertura y la biodiversidad indican una reducción en la cantidad de hectáreas necesarias por equivalente vaca y viceversa.

El modelo (n) es el más robusto e implica, como para Cob y H, sólo la aplicación de una variable de conductividad eléctrica (época seca), permitiendo buena fiabilidad del modelado de RG con un R^2 y un Cp de Mallows altos.

En base a las diferencias de Cob, H, RG y a la presencia de diferentes especies indicadoras que poseen diferentes aptitudes forrajeras, es posible agrupar zonas para la aplicación de estrategias de pastoreo diferencial (Figura 5). Las "salinas", donde la cobertura vegetal y la receptividad ganadera son reducidas (ver Tabla 2), resultan de gran interés como áreas de amortiguamiento para el pastoreo, especialmente durante el invierno, cuando *D. acerosa* rebrota, siendo las otras especies presentes poco valor forrajero. En los "llanos" es posible encontrar las áreas de pastoreo más importantes debido a que, en contraste con las zonas altas, estas áreas ofrecen buen forraje durante todo el año por la presencia de arbustos forrajeros (*A. argentina*,

M. vitis-idaea, *C. genistoides*, *P. tetraacantha*). Los "altos" (D y MSIS) presentan forraje de calidad regular y una buena potencialidad forestal, siendo estos de buena aptitud silvopastoril (Karlin et al., 2009). La ventaja que ofrecen las dunas es que también presentan especies halófitas en las partes bajas que colindan con áreas salinas (*A. argentina*, *M. vitis-idaea* y *C. genistoides*), aumentando la biodiversidad y la receptividad ganadera.

El análisis discriminante, sin errores de clasificación, demuestra que la vegetación es un buen indicador de las condiciones ambientales, no sólo por su mera presencia, sino por su abundancia-dominancia específica.

La degradación antrópica de estas zonas, a través del fuego, la deforestación y el pastoreo excesivo, puede producir un retroceso de las sucesiones

primarias o secundarias a través de los procesos de erosión (McTainsh y Strong, 2007) y salinización (Baoshan et al., 2008), a nuevas situaciones de equilibrio dinámico (metaestable) (Karlin et al., 2011), alterando la cobertura, la biodiversidad, la receptividad y la contribución específica de especies indicadoras.

Conclusiones

Para las cinco comunidades vegetales estudiadas, las características edáficas, microtopográficas (CE_h , CE_s , pH_h , pH_s , Prof) muestran una buena relación con los parámetros de cobertura, diversidad florística y receptividad ganadera, por lo que los consideramos adecuados para definir la fisonomía de los ambientes o zonas seleccionadas. Entre todas

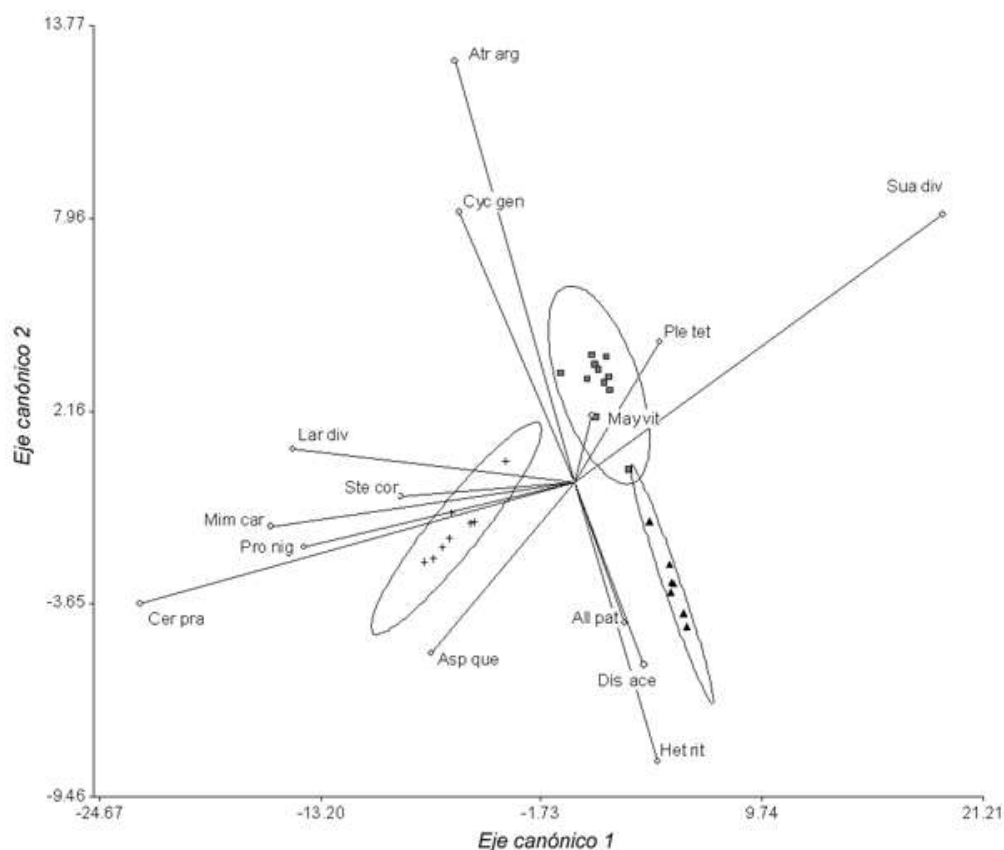


Figura 5. Análisis discriminante de las variables de abundancia-dominancia de la vegetación. Triángulos negros: "Salinas"; cuadrados grises: "Llanos"; cruces: "Altos". Het rit: *H. ritteriana*; All pat: *A. patagonica*; Dis ace: *D. acerosa*; May vit: *M. vitis-idaea*; Ple tet: *P. tetraacantha*; Sua div: *S. divaricata*; Cyc gen: *C. genistoides*; Atr arg: *A. argentina*; Lar div: *L. divaricata*; Ste cor: *S. coryne*; Mim car: *M. carinatus*; Cer pra: *C. praecox*; Asp que: *A. quebracho blanco* (n=26).

ellas, la conductividad eléctrica es la mejor correlacionada.

El análisis de la composición florística ha permitido clasificar las zonas de estudio en unidades de manejo ambiental, diferenciando tres: "salinas", "llanos" y "altos" Las zonas de estudio pueden ser agrupadas por especies indicadoras o clave y clasificadas en unidades de manejo ambiental. Las "salinas", "llanos" y "altos" presentan diferentes potenciales desde el punto de vista productivo ganadero, por lo que es posible establecer diferentes estrategias de manejo y de conservación para cada unidad.

Las especies clave permiten establecer límites precisos entre zonas y unidades de manejo, lo cual hace que la zonificación en la región sea sencilla.

Cambios en la salinidad del suelo, pH o profundidad del horizonte superficial arenoso por efecto natural o antrópico pueden ser monitoreados periódicamente para evaluar cambios en el sistema y estimar potenciales cambios en la receptividad ganadera de diferentes áreas de pastoreo.

Bibliografía

- Baoshan, C., Qiang, H. y Xinsheng, Z., 2008. Ecological thresholds of *Suaeda salsa* to the environmental gradients of water table depth and soil salinity. *Acta Ecologica Sinica*, 28 (4): 1408-1418.
- Begon, M., Townsend, C. R. y Harper, J. L., 2006. *Ecology. From individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Braun-Blanquet, J., 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume, Madrid.
- Cantero, J. J., León, R., Cisneros, J. M. y Cantero, A., 1998. Habitat structure and vegetation relationships in central Argentina salt marsh landscapes. *Plant Ecology*, 137: 79-100.
- Cavanna, J., Castro, G., Karlin, U. y Karlin, M., 2010. Ciclo ganadero y especies forrajeras en Salinas Grandes, Catamarca, Argentina. *Zonas Áridas*, 14: 173-184.
- Conover, W. J., 1999. *Practical nonparametric statistics*. John Wiley y Sons, New York.
- Daget, P. y Poissonet, J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Annales Agronomiques*, 22: 5-41.
- Dahnke, W. C. y Whitney, D. A., 1988. Measurement of Soil Salinity. En: W. C. Dahnke (ed.), *Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region*, North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull, pp. 32-34.
- Dargám, R. M., 1995. Geochemistry of waters and brines from the Salinas Grandes basin, Córdoba, Argentina. I. Geomorphology and hydrochemical characteristics. *International Journal of Salt Lake Research*, 3: 137-158.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., González, L., Tablada, M., Robledo, C. y Balzarini, M., 2007. Infostat. Software estadístico. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- García, L. V., Marañón, T., Moreno, A. y Clemente, L. 1993. Above ground biomass and species richness in a Mediterranean saltmarsh. *Journal of Vegetation Science*, 4: 417-424.
- Harper, R. J. y Gilkes, R. J., 2004. Aeolian influences on the soils and landforms of the southern Yilgarn Craton of semi-arid, southwestern Australia. *Geomorphology*, 54: 215-235.
- Karlin, M. S., Bachmeier, O., Dalmasso, A., Sayago, J. M. y Sereno, R., 2011. Environmental dynamics in Salinas Grandes, Catamarca (Argentina). *Arid Land Research and Management*, 25(4): 328-350.
- Karlin, M. S., Coirini, R., Contreras, A. y Buffa, E., 2009. Biodiversidad y potencialidad silvopastoril de cerramientos en diferentes ambientes en las Salinas Grandes, Provincia de Catamarca (Argentina). *Actas del I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones, pp. 85-92.
- Martín, G. O., Nicosia, M. G. y Lagomarsino, E. D., 1993. Rol forrajero y ecológico de leñosas nativas del NOA. XIV Reunión del grupo técnico regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical. Santiago del Estero, Argentina, pp. 93-98.
- McTainsh, G. y Strong, C., 2007. The role of aeolian dust in ecosystems. *Geomorphology*, 89: 39-54.
- Mengel, K. y Kirkby, E. A., 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Miró, R. C., Gaido, M. F., Candiani, J. C. y Aimar, C., 2005. Hoja geológica de Recreo (2966-IV). Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Naturales. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H., 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley y Sons, New York.
- Passera, C. B., Dalmasso, A. D. y Borsetto, O., 1986. Método de Point Quadrat modificado. En: Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino (ed.), *Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas*. Orientación Gráfica, Buenos Aires, pp. 71-79.
- Passera, C. B. y Borsetto, O., 1986. Determinación "Índice de Calidad Específico". En: Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino (ed.), *Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas*. Orientación Gráfica, Buenos Aires, pp. 80-88.
- Pavón, N. P. y Briones, O., 2001. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal of Arid Environments*, 49: 265-277.
- Ragonese, A. E., 1951. La vegetación de la República Argentina. II. - Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, 5 (1-2): 1-233.
- Reitemeier, R. F., 1946. Effect of moisture content on the dissolved and exchangeable ions of soils of arid regions. *Soil Science*, 61 (3): 195-214.
- Richards, L. A., 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa, México.
- Roig, F. A., 1973. El cuadro fitosociológico en el estudio de la vegetación. *Contribuciones del Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. Deserta*, 4: 45- 67.
- Ruiz Posse, E., Karlin, U. O., Buffa, E., Karlin, M., Giai Levra, C. y Castro, G., 2007. Ambientes de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina. *Multequina*, 16: 123-137.
- Sívori, E. M. y Ragonese, A. E., 1952. Valores osmóticos en plantas de las Salinas Grandes. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, 6 (2): 275-280.
- Soil Survey Staff, 2006. *Keys to soil taxonomy*. USDA-NRCS.

- 10th ed. Washington D.C.
- Vázquez, P., Costa, J., Monterubbianesi, G. y Godz, P., 2001. Predicción de la productividad primaria de pastizales naturales de la Pampa Deprimida utilizando propiedades del horizonte. *Asociación de la Ciencia del Suelo (Argentina)*, 19 (2): 136-143.
- Whitford, W. G., 2002. *Ecology of desert systems*. Academic Press, New York. 343 p.
- Wikum, D. A. y Shanholtzer, G. F., 1978. Application of the Braun-Blanquet Cover-Abundance Scale for vegetation analysis in land development studies. *Environmental Management*, 2 (4): 323-329.
- Yolcubal, I., Brusseau, M. L., Artiola, J. F., Wierenga, P. y Wilson, L. G., 2004. Environmental physical properties and processes. En: J. Artiola, I. Pepper y M. Brusseau (eds.), *Environmental monitoring and characterization*. Academic Press, pp. 207-239.