



# ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS COMUNIDADES EN EL BOSQUE DE *PROSOPIS FLEXUOSA* DC. DEL NE DE MENDOZA, ARGENTINA

COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO COMMUNITIES IN THE *PROSOPIS FLEXUOSA* DC. FOREST IN NORTHEASTERN MENDOZA, ARGENTINA

MARGARITA GONZÁLEZ LOYARTE\*, A.G. RODEGHIERO\*, E. BUK\*\*  
Y S. TRIONE\*

\*Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA), C.C. 507, 5500 Mendoza, Argentina.

\*\*Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), C.C. 131, 5500 Mendoza, Argentina.

## RESUMEN

Los bosques nativos de algarrobo de la llanura de Lavelle, Mendoza, son considerados bosques protectores del suelo en una zona de alto riesgo de desertificación y han sido explotados con distinta intensidad. Este trabajo aporta conocimientos sobre el estado actual y la posible recuperación de estos bosques.

El objetivo fue analizar el bosque abierto *Prosopis flexuosa* en la llanura suavemente ondulada del NE de Mendoza. Dentro del bosque abierto se distinguieron la comunidad de *P. flexuosa* con *Suaeda divaricata* y la de *P. flexuosa* con *Tricomaria usillo*. La primera se encuentra en suelos con más de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad eléctrica actual y presenta mayor cobertura de especies anuales y de especies indicadoras de remoción de suelos; la segunda, más relacionada con los médanos, se encuentra en suelos con menos de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El impacto de la

tala y la recuperación del bosque fue semejante en ambas comunidades. No fue posible comprobar si la salinización del perfil de los suelos se debió a un aumento del nivel de la capa freática por efecto de la tala.

**Palabras clave:** *P. flexuosa*, conductividad eléctrica, composición florística

## SUMMARY

*Native forest of Prosopis flexuosa in the Lavelle plain of Mendoza were logged with different intensity. This plain is a high desertification risk area where forest protects soils, therefore, sustainable management become indispensable. This paper contributes to the knowledge of the status and reclamation of these forests.*

*The aim was to study the open forest of P. flexuosa in the smooth wavy plain of*

NE Mendoza. Within the open forest two communities were distinguished: *P. flexuosa* with *Suaeda divaricata* and *P. flexuosa* with *Tricomaria usillo*. The first community was found on soils with more than 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  of actual electric conductivity, and presented higher cover of annual plants and of soil erosion indicator species; the second one, more related to dunes, was found on soils with less than 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Impact of logging and forest recovery was similar in both communities. It was impossible to verify if soil salinization was due to an increase in phreatic level owing to clear cutting.

**Key words:** *P. flexuosa*, electrical conductivity, floristic composition

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de algarrobo en Argentina, comprendidos entre 29° y 33° de Latitud S, podrían agruparse según la disponibilidad de lluvias en aquéllos que reciben más de 300-350 mm de precipitación anual y aquéllos que viven con precipitaciones menores a estos valores (Morello, 1958). Los primeros son bosques zonales y los segundos se comportan como azonales ya que viven en zonas con lluvias insuficientes, pero disponen de una reserva hídrica subterránea al alcance de sus raíces. *Prosopis flexuosa* constituye la principal especie de los bosques azonales de la Provincia del Monte junto con *Prosopis chilensis* y puede comportarse como freatófita o vadosófita según la región donde se encuentre (Roig, 1993).

En el caso de los bosques de algarrobo del NE de Mendoza, con sólo 160,9 mm de lluvia por año (Estación Encón)

*P. flexuosa* se comporta como freatófita obligado. Su distribución está condicionada por la profundidad de la capa freática que varía entre 5 y 20 m (Centro Regional de Aguas Subterráneas, 1982). En consecuencia, estos bosques se localizan en los valles intermédanos y en llanuras suavemente onduladas donde la altura de los médanos no impide la llegada de las raíces a la zona húmeda (Roig *et al.*, 1992a; González Loyarte *et al.*, 1990, 1996, 2000; Peralta de Galmarini y Martínez Carretero, 1995) (Figura 1). La mayoría del agua freática es altamente salina, exhibiendo valores de Conductividad Eléctrica Actual (C.E.A.) de 2.600 a 16.900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Centro Regional de Aguas Subterráneas, 1979).

Donde la freática es imprescindible, la sobrevivencia de los algarrobos está supeditada a los descensos y ascensos del nivel freático (Roig, 1993). Con respecto a la profundidad límite de aprovechamiento de la freática, Morello (1958) observó que en todos los lugares de la Provincia Fitogeográfica del Monte donde crece el bosque la fuente de agua no excede los 20 m de profundidad; Roig y Ruiz Leal (1959) atribuyeron la existencia de algarrobos muertos en pie en la localidad riojana de Guandacol (probablemente *P. flexuosa*) al descenso de la freática a profundidades de 30 y 35 m. El ascenso del nivel freático también puede provocar muerte de plantas por asfixia radical. Esto puede ocurrir, entre otras causas, por lluvias excepcionales (Jozami y Muñoz, 1983) y por eliminación del bosque (tala rasa) como observó Morello (1958) en la provincia de La Rioja (Catinzaco) donde la capa freática ascendió 3 m cuando su oscilación estacional era de 1 m.



Figura 1. Esquema de distribución del bosque de *P. flexuosa* y su relación con la profundidad de la freática en el NE de Mendoza (Extraído de González Loyarte *et al.*, 2000)

Figure 1. Schematic distribution of *P. flexuosa* forest and its relation with preatic deepness in northeastern Mendoza (From González Loyarte *et al.*, 2000)

Los bosques freatófitos de algarrobo (*P. flexuosa*) en la llanura de Lavalle han sido explotados con diverso grado de intensidad; las talas más recientes se habrían realizado hace 16-17 años. Estos bosques, por encontrarse en una llanura de médanos susceptible a erosión eólica (Rodríguez y Barton, 1993), constituyen una valiosa protección del suelo y de las actividades humanas que allí se realizan, por ello deberían conservarse. González Loyarte *et al.* (1996, 2000) detectaron, bosques semicerrados a cerrados en pequeños valles intermedanos y bosques abiertos en la llanura suavemente ondulada del NE de Mendoza. En éste último ambiente coexisten dos comunidades del bosque explotado de *P. flexuosa*: una con *Tricomaria usillo* y otra con *Suaeda divaricata*. Esta última especie es muy frecuente en suelos salinos (Ragonese, 1951; González Loyarte *et al.*, 1990; Méndez, 1992; Roig *et al.*, 1992a; Therburg, 1997) incluso constituye una clase (*Suaedetea divaricatae*) característica de desiertos salino templados y cálidos

de Argentina (Martínez Carretero, en prensa). Surgió entonces el interés de estudiarlas con mayor detalle para lograr una mejor comprensión del estado dinámico de estos bosques, de sus condiciones ecológicas y, así, generar conocimientos que puedan ser aplicados a su manejo sustentable, pues la zona presenta el mayor riesgo de desertificación de la provincia (Roig *et al.*, 1992b).

A tal efecto, se plantearon los siguientes interrogantes en relación a un posible proceso de salinización que hubiera conducido a la instalación de estas dos comunidades: ¿Existen diferencias significativas en el contenido de sales de los suelos de ambas comunidades?; ¿La recuperación del bosque está condicionada por la salinidad del suelo?; ¿Si se produjo un proceso de salinización del perfil del suelo, ello se debió a un ascenso del nivel de la capa freática por la tala del bosque?

Se estudia el bosque abierto de *Prosopis flexuosa* en la llanura suavemente ondulada del NE de Mendoza (Lavalle). Se ana-

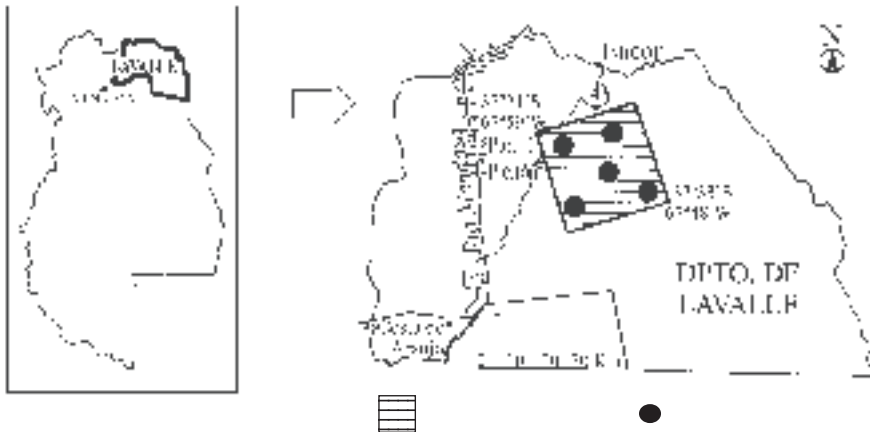


Figura 2. Ubicación de la zona estudiada en el Departamento de Lavalle, Mendoza y áreas de muestreo.  
 Figure 2. Localization of the study area in Lavalle Department of Mendoza, and sampled areas.

lizan sus aspectos fisonómico-florísticos y de factores del suelo (profundidad freática, salinidad, textura, etc.).

En la llanura suavemente ondulada el bosque abierto presenta un estrato arbustivo alternativamente dominado por *Suaeda divaricata* o por *Tricomaria usillo*. Entre estas dos comunidades las diferencias significativas se encontraron a nivel de la salinidad del suelo, la cobertura de especies indicadoras de remoción de suelos y la cobertura total de especies anuales.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Área de estudio

La zona estudiada se localiza en el NE de la provincia de Mendoza, en el Departamento de Lavalle a una altitud de 500 a 550 msm y abarca una superficie aproximada de 900 km<sup>2</sup> (Figura 2) con unas 27.000 has de llanura suavemente ondulada, según cartografía pre-existente (Menenti *et al.*, 1994, González Loyarte *et al.*, 1996; 2000).

Esta unidad geomorfológica presenta en general procesos de remoción eólica, con acumulación de arena formando montículos al quedar ésta progresivamente retenida por los arbustos. Localmente hay erosión hídrica con escurrimiento mantiforme que en algunos casos promueve el descalzamiento de raíces de arbustos. Gaviola de Heras (1981) clasifica los suelos del sector analizado (depósitos eólicos) como una consociación de Typic Torripsamment y que presenta en los valles intermedanos inclusiones de Salic Camborthid y Typic Salorthid.

El muestreo se realizó en cinco áreas representativas de la llanura suavemente ondulada (Figura 2); en cada área se eligieron dos sitios de muestreo, uno donde el bosque de *P. flexuosa* presentaba un estrato arbustivo con predominio de *Suaeda divaricata* y otro con predominio de *Tricomaria usillo* (10 sitios en total). En cada sitio se realizó un relevamiento florístico-ecológico, un perfil geoelectrico, se tomaron muestras de suelo y se efectuó

una transecta de recuento de árboles. Los relevamientos se realizaron en enero de 2000. Cada sitio de muestreo debía cumplir la condición de presentar homogeneidad desde el punto de vista fisonómico, florístico y ecológico en un espacio mínimo de 80 x 20m.

El promedio anual de lluvia en la zona es de 160,9 mm y se obtuvo de la serie Encón 1971-1988 del Programa Regional de Meteorología – CRICYT.

### **Vegetación**

#### **Relevamiento fisonómico, florístico-ecológico**

Se realizó siguiendo el método de Braun-Blanquet (1979) que consiste en hacer un listado completo de las diferentes especies y asignar a cada una de ellas el grado de abundancia-dominancia y sociabilidad (Roig,1973). Estos relevamientos se ordenaron luego en un cuadro comparativo (Tabla 1).

#### **Análisis de formas biológicas**

Se analizó la forma de vida de cada especie según criterios de Raunkiaer (1937). Este autor clasifica las plantas según la ubicación y protección de los órganos de perpetuación (yemas o semillas) durante la estación desfavorable (inviernos fríos o veranos cálidos y secos). Las formas biológicas encontradas fueron: microfanerófitas (árboles de 2 a 8m), nanofanerófitas (arbustos), caméfitas (arbustos que se desarrollan muy próximos al suelo), hemicriptófitas (herbáceas y pastos perennes) y terófitas (plantas anuales). Se calculó el espectro biológico para cada comunidad (% de cada forma biológica según cobertura).

#### **Transecta de recuento de distintas categorías de árboles de *P. flexuosa*.**

Se realizó con el objeto de determinar el estado del bosque. En una superficie de 20 m de ancho (10 m a cada lado de la línea de perfilaje geoelectrico) y 80 m de largo se contaron los ejemplares de *P. flexuosa* de las siguientes categorías (según diámetro tomado a altura de pecho en árboles de fuste único o a nivel de la base de árboles con varios fustes):

- renovales: < 5 cm diámetro
- jóvenes: 5-20 cm diámetro
- adultos: > 20 cm diámetro
- tocones: tocón de árbol talado
- mueritos en pie: árbol seco en pie

### **Suelo**

#### **Perfil geoelectrico**

El sondeo eléctrico vertical (S.E.V.) se realizó para determinar la profundidad de la capa freática. Se trata de un perfil vertical de resistividad (prospección eléctrica con corriente continua) que consiste en una sucesión de mediciones de resistividad aparente hechas con una separación creciente de electrodos; el centro de la configuración y sus orientaciones permanecen fijas. Por cada S.E.V. se obtiene un perfil de resistividad localizado en el centro de la configuración. El dispositivo utilizado es el de cuatro electrodos simétricos correspondiente a la configuración de Schlumberger (Kunetz,1966) por requerir menos movimientos de electrodos y ser menos sensible a las variaciones laterales.

Se obtiene de este modo un corte vertical del terreno formado por capas de

Tabla 1. Cuadro comparativo de dos comunidades del bosque explotado de *P. flexuosa* DC. del NE de Mendoza

Table 1. Comparative table of two communities of the logged forest of *P. flexuosa* DC. in NE of Mendoza

Grado de salinidad del suelo Relevamiento N°	Mayor de 500 uS/cm					Menor de 500 uS/cm					Forma biológica
	12	6	10	3	7	5	4	8	9	11	
Suelo, C.E.A. (uS/cm.):											
0-20cm de profundidad	36.500	1.623	527	419	388	401	305	300	251	304	
20-50cm de profundidad	26.500	11.400	1.210	1.113	530	300	474	439	481	245	
Profundidad freática (en m)	8	8.3	6,3	4,6	8,5	8.45	4,95	4.35	5,55	—	
Vegetación, cobertura total (%)	47	62	85	65	70	60	60	65	72	60	

**Especies preferentes de suelos salinos con remoción**

<i>Suaeda divaricata</i>	4.3	3.3	4.2	3.1	3.3	(+)	.	+	+	+	N
<i>Allionia incarnata</i>	+	+	1.2	2.2	4.4	+	+	+	.	.	H
<i>Sporobolus phleoides</i>	.	+	1.2	+	1.3	+	+	+	.	.	H
<i>Sclerophylax amottii</i>	.	1.2	.	+	2.3	1.2	.	+	.	.	T
<i>Grahamia bracteata</i>	(+)	+	+	+	+	+	.	+	+	.	N
<i>Gomphrena aff. mendocina</i>	.	.	+2	+	(+)	.	.	+	.	.	T
<i>Digitaria californica</i>	.	.	+	+	+	.	.	+	.	.	H
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	.	+	+	+	.	.	+	.	.	.	H
<i>Euphorbia cfr. ovalifolia var. argentina</i>	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	T
<i>Tribulus terrestris</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	T
<i>Prosopis strombulifera</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C
<i>Solanum euacanthum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	T

**Especies preferentes de suelos no salinos**

<i>Tricomaria usillo</i>	+	+	.	(+)	+	2.1	3.4	3.2	4.3	4.3	N
<i>Tweedia brunonis</i>	.	+	.	.	.	+	+	+	+	+	H
<i>Senna aphylla</i>	+	.	.	.	.	.	.	+	1.1	+	N
<i>Panicum urvilleanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	H
<i>Sporobolus rigens var. rigens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	H
<i>Ephedra boelckeii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	N

**Especies de mayor amplitud ecológica**

<i>Prosopis flexuosa</i>	2.2	1.1	3.2	1.1	1.1	2.2	2.1	2.2	2.1	3.2	M
<i>Capparis atamisquea</i>	+	+1	+	1.1	+	+	+	+	(+)	+	N
<i>Lycium tenuispinosum</i>	4.3	2.3	.	2.3	2.3	2.2	.	+	2.2	+	N
<i>Atriplex lampa</i>	1.1	2.2	3.2	1.1	2.2	3.2	2.1	2.1	3.2	2.2	N
<i>Bulnesia retama</i>	1.1	2.1	1.1	3.2	+	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2	M
<i>Geoffroea decorticans</i>	.	+	+	.	1.2	+2	+	.	.	.	M
<i>Heliotropium mendocinum</i>	+	1.2	+	2.2	+	+	1.2	+	+	+	H
<i>Tricycla spinosa</i>	1.1	+	+	.	+	+	1.1	1.1	2.1	+	N
<i>Trichloris crinita</i>	1.1	+	2.2	.	3.2	1.2	1.2	2.2	.	+	H
<i>Setaria leucopila</i>	+	2.2	1.2	3.3	+	1.2	3.3	.	1.2	+	H
<i>Aristida mendocina</i>	(+)	+	.	.	+	.	1.2	(+)	.	3.2	H
<i>Chondrosium aristidoides</i>	.	+	3.4	2.2	+	+	2.3	+	+	.	T
<i>Chondrosium barbata</i>	.	1.2	1.2	2.2	+	+	1.2	.	1.3	.	T
<i>Pappophorum philippianum</i>	1.2	.	.	.	(+)	.	+	1.2	+	.	H
<i>Lycium tenuispinosum forma</i>	(+)	.	2.2	.	.	1.2	2.2	.	.	.	N
<i>Euphorbia catamarcensis</i>	.	+	+	+	+	.	+	+	+	.	T
<i>Amaranthus standleyanus</i>	.	+	.	1.2	.	.	+	+	.	.	T
<i>Boerhavia diffusa var. diffusa</i>	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.	H
<i>Cottea pappophoroides</i>	+	.	.	.	+	.	.	+	+	.	H
<i>Lycium chilense var. petiolatum</i>	.	+	.	+	.	.	+	.	+	.	N

**Además:** *Larrea divaricata* + (R5,R10) N, 1.1 (R11); *Portulaca echinosperma* + (R6,R7,R8) T; *P. grandiflora* fma. *depressa* + (R6) T; *Junellia aspera* + (R7,R12) N; *Chloris castilloniana* + (R7,R8,R9) H; *P. oleracea* + (R6) T; *Lycium chilense* + (R11) N; *P. grandiflora* fma. *granulata* + (R3,R8) T; *Eragrostis cilianensis* + (R3) T; *Prosopanche americana* + (R4,R12); *Mimosa ephedroides* + (R6) N; *Ibicella parodii* + (R6,R9) T; *Commelina erecta* var. *hamifila* + (R7) H; *Aristida adscensionis* + (R10) T.

Escala de abundancia-dominancia (primer número): + = cobertura menor a 1%; 1 = 1-5%; 2 = 5-25%; 3 = 25-50 %; 4 = 50-75 % y 5 = mayor de 75%.

distinta resistividad, que en nuestro caso corresponden, en su mayor parte, a un mismo nivel estratigráfico (arena). La distinta resistividad, depende así, sólo del grado de saturación de agua de la arena y de la mineralización de las aguas que la impregnan. El nivel de la freática está indicado por la baja resistividad que aparece en el perfil.

### **Análisis de suelos**

Se extrajeron muestras a las profundidades de 0 a 0,20 m y de 0,20 a 0,50 m para determinar textura (por volumen de sedimentación (V.S.) en ml% gr y organolépticamente), salinidad (por Conductividad Eléctrica Actual (C.E.A.) del extracto a saturación, en  $\mu$ Siemens/cm a 25°C°), Relación de Absorción de Sodio (R.A.S.) y acidez (pH pasta saturada: método potenciométrico).

Debido a que los suelos son arenosos e inestructurados, la extracción de muestras se realizó utilizando un cilindro protector para evitar o limitar el desmoronamiento al extraer la pala barreno.

### **Análisis de los datos**

Los relevamientos de vegetación se analizaron mediante el cuadro comparativo de relevamientos (Tabla 1), mientras que los datos de suelo, vegetación y de transectas correspondientes a las dos comunidades se analizaron estadísticamente aplicando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para un  $\alpha=0,05$ . Los datos utilizados para el análisis estadístico se presentan en la Tabla 2. Los espectros biológicos por cobertura se expresan gráficamente.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Comunidades vegetales**

Dentro de la llanura suavemente ondulada se han identificado dos comunidades del bosque explotado de *Prosopis flexuosa*: comunidad de *P. flexuosa* con *Suaeda divaricata* que se desarrolla en suelos con más de 500  $\mu$ S/cm y la de *P. flexuosa* con *Tricomaria usillo* en suelos con menos de 500  $\mu$ S/cm (Tabla 1).

Estos bosques se presentan con una cobertura total que varía entre 50 y 85% y constituidos por tres o cuatro estratos: arbóreo, arbustivo (1 ó 2) y herbáceo. El estrato arbóreo está compuesto por *Prosopis flexuosa* (algarrobo dulce) acompañado por *Bulnesia retama* (retamo) y *Geoffroea decorticans* (chañar), presenta una altura de 3,5 a 8 m para el algarrobo y 2 a 4 m para el retamo y el chañar. El estrato arbustivo, está representado por las especies comunes a ambas comunidades como *Capparis atamisquea* (atamisque), *Lycium tenuispinosum* (llaullín) y *Atriplex lampa* (zampa) y las especies particulares de cada condición de suelo *Suaeda divaricata* (vidriera) y *Tricomaria usillo* (usillo). Estos arbustos alcanzan alturas de 0,5 a 2,5 m. El estrato herbáceo es abundante y está constituido básicamente por pastos como *Trichloris crinita* (pasto de hoja), *Setaria leucopila*, *Chondrosium barbata* y *Chondrosium aristoides* y por plantas herbáceas como *Heliotropium mendocinum*, *Sclerophylax arnotii*; su altura es de 0,10 a 0,80 m. El estrato herbáceo se presentó particularmente rico debido a las abundantes lluvias que facilitaron el desarrollo de especies anuales como *C. barbata*, *C. aristoides*, *S.*



*arnotii* y varias especies del género *Portulaca*.

El conjunto de especies de mayor amplitud ecológica (Tabla 1) constituye el bosque característico de la llanura suavemente ondulada. Cuando los suelos presentan mayor contenido de sales (más de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) desarrollan especies preferentes de suelos salinos. Cuando el contenido de sales es menor a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y la dinámica eólica es mayor desarrollan especies psamófilas frecuentes en los médanos.

Entre las especies que se presentan como preferentes de la primera comunidad, en suelos de mayor contenido de sales, se encuentran además de *S. divaricata*, *Allionia incarnata*, *Prosopis strombulifera* (retortuño). La comunidad de *P. flexuosa* con *T. usillo* evidencia como especies preferentes además de *T. usillo*, a *Tweedia brunonis* y las especies que muestran una mayor afinidad por las acumulaciones de arena (psammófilas) como *Panicum urvilleanum* (tupe), *Sporobolus rigens* var. *rigens* (junquillo) y *Ephedra boelckei*.

## Suelos

Los datos de C.E.A. de la pasta saturada de los suelos muestran dos grupos característicos, en consonancia con las dos comunidades, con más o menos de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de salinidad (Tabla 2).

Según la RAS los suelos, en su mayoría, son no sódicos, sólo el suelo que presenta la mayor C.E.A. es sódico (R.A.S.= 49,36 y 31,51, R12, según el criterio agronómico de USDA, 1954). En los perfiles restantes, se constata lixiviación de sales desde los primeros

0,20 m hacia la capa más profunda de 0,20 a 0,50 m. En los primeros 0,20 m la C.E.A. media fue de 739 mS/cm para los suelos de la comunidad con *S. divaricata* y 312 mS/cm para aquellos con *T. usillo*. De 0,20 a 0,50 m los valores de salinidad son mayores por acumulación de las sales lixiviadas (C.E.A. promedio de 3.563  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente). En el relevamiento número 12, donde la textura es más fina (franca a franco arenosa), los valores más altos de salinidad (36.500 mS/cm) se encuentran en los primeros 0,20 m debido a un proceso de ascensión por capilaridad y acumulación de sales por evaporación. Por lo tanto entre 0,20-0,50 m la salinidad disminuye (26.500 mS/cm).

Respecto del pH, en la mayoría de los casos, los suelos acusan valores entre 6,72 y 7,94 (Tabla 2), muy próximos a los encontrados por Gaviola de Heras (1981).

Los resultados del sondeo eléctrico vertical revelan una profundidad de freática que varía de 4,35 a 8,50 m (Tabla 2). Dos perfiles geoelectrónicos contrastados se presentan a modo de ejemplo en la Figura 3 donde puede apreciarse que la disminución brusca de la resistividad se produce al llegar al techo de la freática (V), allí la alta disponibilidad de agua salina hace máxima la conductividad.

El perfil en suelo con más de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (R6) muestra una resistividad de 19 ohm/cm en la primera capa (1,30 m) que se incrementa a 180 ohm/cm en la segunda capa y se mantiene durante un espesor de 7m reflejando un sedimento uniforme hasta llegar a la capa freática (8,30 m) donde la resistividad desciende abruptamente a sólo 1 ohm/cm (Figura 3A).



Tabla 2. Resultados de las observaciones y mediciones en dos comunidades del bosque explotado de *Prosopis flexuosa* DC. en el NE de Mendoza

Table 2. Results of the observations and measurements made in two communities of the logged forest of *P. flexuosa* DC. in NE of Mendoza

COMUNIDAD	<i>P. flexuosa</i> con <i>S. divaricata</i>					<i>P. flexuosa</i> con <i>T. usillo</i>				
GRADO DE SALINIDAD	Mayor de 500 C.E.A. uS/cm					Menor de 500 C.E.A. uS/cm				
Nº relevamiento	12	6	10	3	7	5	4	8	9	11
<b>SUELO</b>										
Profundidad de freática (m)	8	8,3	6,3	4,6	8,5	8,45	4,95	4,35	5,55	(*)
Salinidad (C.E.A. uS/cm.)										
0-20 cm	36.500	1.623	527	419	388	401	305	300	251	304
20-50 cm	26.500	11.400	1.210	1.113	530	712	474	439	481	245
Textura ( V.S. ml%g-1)**										
0-20 cm	102	78	67	72	71	68,5	63	64	64	70
20-50 cm	80,8	78,4	66,4	64	70	70,4	67,2	68	66	70,4
R.A.S.										
0-20 cm	49,36	2,18	1,84	1,87	1,66	2,18	1,57	1,03	1,5	1,08
20-50 cm	31,51	15,01	2,64	1,85	1,32	1,73	1,72	1,91	2,75	1,35
pH										
0-20 cm	7,13	7,14	7,76	7,17	7,34	7,16	7,1	7,62	7,9	6,72
20-50 cm	6,79	7,35	7,94	7,12	7,34	7,23	7,44	7,3	7,16	6,92
<b>VEGETACIÓN</b>										
Cobertura total %	47	62	85	65	70	60	60	65	72	60
Cobertura específica % de:										
<i>Tricomaria usillo</i>	2	2	0	0	2	17	37	37	62	62
<i>Suaeda divaricata</i>	62	37	62	37	37	0	0	2	2	2
Estratos (m)										
Arbóreo	6-7	3,5-5	5-6	5-6	5-6	6-8	6-7	5-7	5-8	6-8
Arbustivo	1,5-2	2,5	1,7	0,5-2,5	0,5-2	2	2	1,5-2	2,5	2,5
Herbáceo	0,1-0,5	0,5-0,8	0,2-1	0,1-1	0,2-0,8	0,5-1	0,1-0,8	0,1-0,8	0,8	0,3-1,5
Transecta, nº de:										
Renovales	32	24	35	9	12	17	4	30	44	18
Jóvenes	5	8	20	21	7	33	10	7	12	49
Adultos	3	1	10	11	2	9	13	5	3	8
Tocones	0	16	3	3	7	12	3	2	1	3
Muertos en pie	14	6	1	3	3	4	3	2	0	15
Total	54	55	69	47	31	75	33	46	60	93

El perfil correspondiente al suelo con menor salinidad (menos de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (R9) muestra que la naturaleza de la sedimentación es muy variable (Figura 3B). Los primeros 0,90 m presentan una resistividad de 190 ohm/cm, que desciende bruscamente a 1,5 ohm/cm en los siguientes 0,05 m. Esto se debe posiblemente a una capa de sedimento arcilloso o limoso ya que las capas de arcilla son muy

conductivas. A continuación, entre 0,95 y 1,15 m la resistividad aumenta hasta 500 ohm/cm; esto pone en evidencia una capa de arena muy gruesa y/o gravas que son poco conductivas. Luego, el perfil muestra la uniformidad de una capa de arena de 3,20 m de espesor con una resistividad de 250 ohm/cm, para finalmente alcanzar el techo de la freática a 4,35 m con una resistividad de 11 ohm/cm.

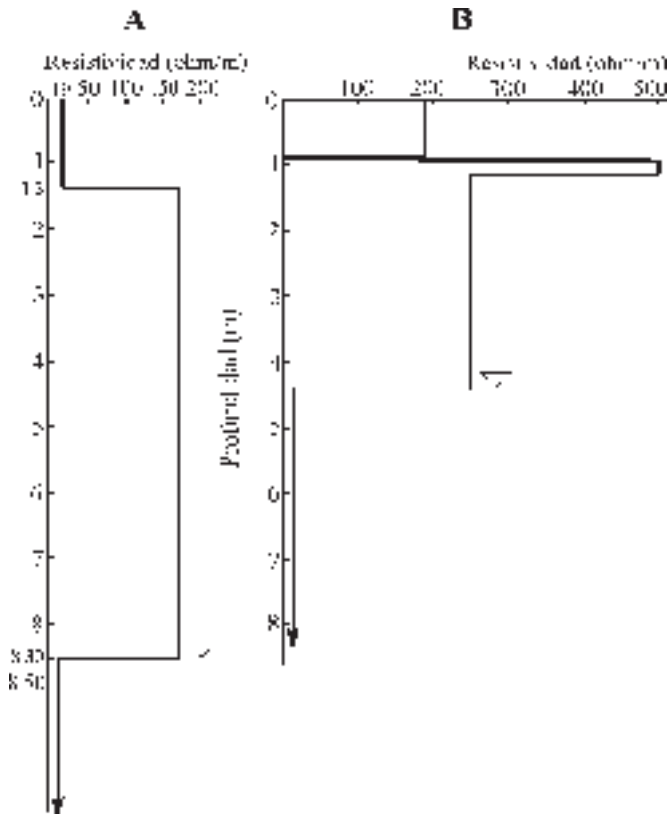


Figura 3. Ejemplo de perfiles geoeléctricos realizados en el área Telteca, Lavalle: A) suelo con CEA mayor a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (relev. 6) y B) suelo con CEA menor a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (relev. 9). El nivel freático señalado ( $\nabla$ ) corresponde al techo de la capa freática.

Figure 3. Example of geoelectric profiles done in Telteca area, Lavalle: A) soil with CEA above 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (relevée 6) and B) soil with CEA below 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (relevée 9). Phreatic level symbol ( $\nabla$ ) corresponds to the phreatic layer roof.

Tabla 3. Análisis estadístico mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney ( $\alpha=0,05$ ) de varios atributos medidos en las dos comunidades de *P. flexuosa*.

Table 3. Statistical analysis, by means of the non-parametric test of Mann-Whitney ( $\alpha=0,05$ ), of the attributes measured in the communities of *P. flexuosa*.

VEGETACIÓN				FREÁTICA	SUELO				
Cob. total (%)	Cob. <i>S.divaricata</i> (%)	Cob. <i>T.usillo</i> (%)	Transecta	Profundidad (m)	Prof. Perfil (m)	Salinidad (C.E.A)	Textura (V.S.)	pH	R.A.S.
NS	*	*	NS.#	NS	0- 0,20	*	*	N S	NS
					0,20-0,50	*	NS	N S	NS

### Análisis comparativo entre las dos comunidades

La Tabla 3 sintetiza los resultados del análisis estadístico. Las comunidades no mostraron diferencias significativas en la cobertura vegetal total ni en las distintas categorías de árboles de las transectas. Se trata en ambos casos de bosques con predominio de renovales y árboles jóvenes que reflejan la recuperación de la explotación a que fueron sometidos. Los renovales son equivalentes debido a la capacidad de *P. flexuosa* de germinar en condiciones de estrés salino (Cory y Trione, 1998) y de crecer bajo este estrés. La diferencia se encontró en la composición florística y en la cobertura de *S. divaricata* y de *T. usillo*. La especie halófila *Suaeda divaricata* desarrolla aquí en suelos de variada CEA.

Si bien la comparación de las transectas no muestra diferencias estadísticamente significativas, el análisis fitosociológico muestra diferencias fisonómico-florísticas. La comunidad con *S. divaricata* presenta mayor cobertura de especies indicadoras de remoción de suelos como *Lycium tenuispinosum* (Roig, 1982; González

Loyarte, 1983; Martínez Carretero, 1985), *Digitaria californica* asociada a procesos de remoción hídrica (Roig, 1976; Méndez, 1987; Martínez Carretero, 1993), *Sporobolus phleoides* en suelos limosos con remoción superficial y *Gomphrena* aff. *mendocina* en suelos arenosos. Por otra parte, el espectro biológico (Figura 4) refleja una mayor frecuencia y cobertura de especies anuales (terófitos) con 20% para la comunidad con *S. divaricata* y sólo 3,6% para la de *T. usillo*. La mayor cobertura de especies indicadoras de remoción de suelos y de terófitos evidencian la mayor inestabilidad (remoción superficial) de los suelos de la comunidad de *P. flexuosa* con *S. divaricata*.

Respecto de los parámetros del suelo, la profundidad de la freática, el pH y la R.A.S. no mostraron diferencias significativas, sólo hubo diferencias significativas en la salinidad. La textura se mostró estadísticamente diferente sólo en los primeros 0,20 m, con textura arenosa para la comunidad con *T. usillo* y arenosa a franca para la de *S. divaricata*. A la profundidad de 0,20 a 0,50 m ambas condiciones presentaron suelos arenosos. Las caracte-

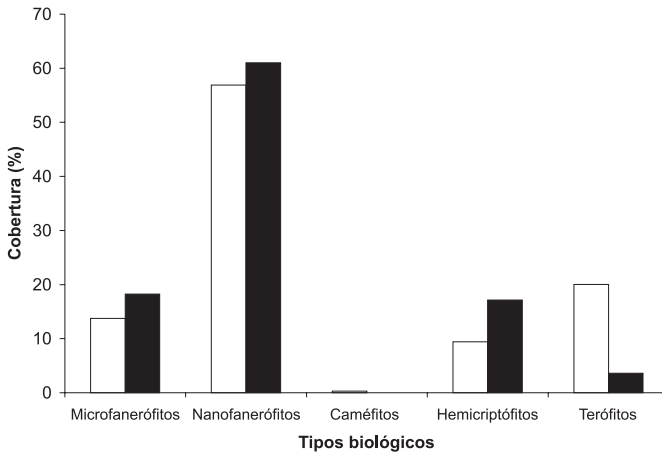


Figura 4. Espectros biológicos de cobertura para las comunidades de *P. flexuosa* con *S. divaricata* (□) y *P. flexuosa* con *T. usillo* (■)

Figure 4. Life-form cover spectra of the communities *P. flexuosa* with *S. divaricata* (□) and *P. flexuosa* with *T. usillo* (■)

rísticas texturales y los valores de salinidad muestran que sólo en un relevamiento (R 12), en zona deprimida, se produce una salinización de los primeros centímetros por ascenso capilar y evaporación y corresponderían a los suelos Typic Salorthid descriptos por Gaviola de Heras (1981); en el resto de los relevamientos hay lixiviación de sales en el perfil del suelo.

Con los datos disponibles no se pudo comprobar que la salinización del perfil se haya debido a un ascenso de la freática como consecuencia de la explotación del bosque pues no hemos encontrado datos relativos a la profundidad de la freática al momento de la tala.

Se considera que la precisión del sondeo eléctrico vertical ha sido alta, debido a que el perfil está constituido por arena de origen eólico (tamaño de partícula uniforme con escaso material fino), por lo que la

capilaridad es mínima o nula, de modo que la menor resistividad eléctrica detecta directamente la zona saturada, es decir la freática. A propósito, este procedimiento ha resultado muy conveniente por la rapidez y economía (ya que se evita realizar perforaciones) para determinar la profundidad de la freática en la llanura de médanos de Lavalle. Ha sido de gran valor trabajar en forma interdisciplinaria con un especialista en Geofísica e incorporar este método como un valioso complemento del estudio de la vegetación en zonas áridas.

## CONCLUSIONES

Se detectaron diferencias entre las dos comunidades del bosque de algarrobo en cuanto a nivel de la salinidad del suelo, cobertura de las especies arbustivas *S. divaricata* y *T. usillo* y cobertura de especies anuales y de especies

indicadoras de remoción de suelo. La primera especie arbustiva predomina en suelos con más de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y la segunda en suelos con menos de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de CEA. Ambas comunidades se presentan en suelos arenosos dominantes con coberturas totales semejantes.

Los suelos dominantes son arenosos en todo el perfil y presentan una mayor concentración de sales en profundidad por lixiviación. En los suelos francos, en cambio, hay una salinización del horizonte superior por evaporación a través del ascenso capilar.

El impacto de tala es semejante con un número equivalente de tocones. Lo mismo ocurre con la recuperación del bosque aunque la comunidad de *P. flexuosa* con *S. divaricata* evidencia una mayor remoción superficial del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica Proyecto Tipo A, N° 01-1448/97. A Eduardo Méndez y a Silvia Gaviola de Heras por la lectura crítica del texto. Al Guardaparque Rolando Rico por su hospitalidad y valiosa ayuda en el campo, a la Prof. Ma. Cecilia Scoones por sus dibujos, al Técnico Mario Medero por su apoyo en el análisis de los suelos y al Sr. Andrés Pérez por su apoyo como baqueano.

## BIBLIOGRAFÍA

BRAUN-BLANQUET, J., 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume, Madrid. 820 pp.

CENTROREGIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, 1979. Investigación inicial del recurso hídrico subterráneo de la Zona Nororiental de la Provincia de Mendoza. Serie Técnica N° P-222, Mendoza, 69 pp.

CENTROREGIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, 1982. Aspectos hidrológicos en la zona nororiental, Informe 2, Proyecto Investigación Inicial del Recurso Hídrico Subterráneo en la Zona Nororiental- Año 1981. Serie Técnica N° P-246, Reimpresión Octubre 1982, Mendoza, 55 pp.

CONY, M.A. y S.O. TRIONE, 1998. Inter- and intraspecific variability in *Prosopis flexuosa* and *P. chilensis*: seed germination under salt and moisture stress. Journal of Arid Environments, 40: 307-317.

GAVIOLA de HERAS, S., 1981. Caracterización eco-edafológica del área Nordeste (Depto. Lavalle), Pcia Mendoza. Informe inédito, 57 pp., 2 mapas.

GONZÁLEZ LOYARTE, M.M., 1983. Estudios sobre la erosión en la Formación El Zampal. Serie Científica 29: 13-15. Mendoza.

GONZÁLEZ LOYARTE, M. M., E. MARTINEZ CARRETERO y F.A. ROIG, 1990. Forests of *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa* (Leguminosae) in the NE of Mendoza, Argentina. I. Structure and dynamics in the area of Telteca Natural Reserve. Documents Phytosociologiques, Nouvelle Série. XII: 285-288.

GONZÁLEZ LOYARTE, M. M., P. WEIDEMA, M. BARTON, F.A. ROIG y M. MENENTI, 1996. Análisis espacial y dinámico de la vegetación del NE de Mendoza. I: Los bosques freatófitos. En Actas XXV Jornadas Argentinas de Botánica, Mendoza.

- GONZÁLEZ LOYARTE, M. M., M. MENENTI, P. WEIDEMA, F.A. ROIG & M. BARTON, 2000. *en prensa*. Mapping vegetation degradation applying remotely sensed data in the arid zones of Argentina. The north-eastern plain of Mendoza. In: Proceedings of United Nations / International Astronautical Federation Workshop on "Operational Strategy for Sustainable Development using Space". Sao José dos Campos, Brazil, 28-30 September 2000. 17 pp.
- JOAMI, J.M. y J. MUÑOZ, 1983. Árboles y arbustos indígenas de la provincia de Entre Ríos. IPNAYS, Santa Fe.
- KUNETZ, G., 1966. Principles of direct current resistivity prospecting. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Nikolassee, 103 pp.
- MARTINEZ CARRETERO, E, 1985. La vegetación de la Reserva Natural Divisadero Largo (Mendoza, Argentina). Documents phytosociologiques, N.S., Vol. IX: 25-45, Camerino.
- MARTINEZ CARRETERO, E, 1993. Carta de vegetación del sector Cerro Casa de Piedra-San Isidro (Hoja Mendoza 230-21). Multequina 2: 89-140. Mendoza, Argentina.
- MARTINEZ CARRETERO, E, en prensa. Esquema sintaxonómico de la vegetación de regiones salinas de Argentina.
- MÉNDEZ, E., 1987. La vegetación de las terrazas y embanques del río Mendoza y su dinamismo. Parodiana, 5: 101-119. Buenos Aires, Argentina.
- MÉNDEZ, E., 1992. Dinamismo de la vegetación en la Pampa Amarilla, San Rafael, Mendoza. Multequina 1: 73-81.
- MENENTI, M., F.A. ROIG, M.M. GONZÁLEZ LOYARTE, E.M. ABRAHAM, P. WEIDEMA, N.D. SORIA, S.SAGUI, M.BARTON y L.MIRANDA, 1994. Ambiente y asentamientos humanos del NE de Mendoza a través del análisis digital de imágenes Thematic Mapper: Método para la evaluación de la degradación de los recursos forestales. Informe Final Académico PID N° 3-074100/88. 60pp.
- MORELLO, J., 1958. La Provincia Fito geográfica del Monte. Ópera Lilloana II: 1-155.
- NIJENSHON, L. y H. PILASI, 1962. Correlación entre contenido de agua a pF<sub>0</sub>, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. Resúmenes de Trabajos y Comunicaciones, 2da Reunión Argentina y 1er Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mendoza.
- PERALTA de GALMARINI, I. y E. MARTINEZ CARRETERO, 1995. Guías Botánicas para la Provincia de Mendoza. II. Reserva Natural Telteca. Boletín de Extensión Científica IADIZA. Mendoza. 59pp.
- RAGONESE, A. E., 1951. La Vegetación de la República Argentina. II – Estudio Fitosociológico de las Salinas Grandes. Revista de Investigaciones Agrícolas V(1-2):1-251.
- RAUNKIAER, C., 1937. Plant life form, Clarendon Press, Oxford, 104 pp.
- RODRÍGUEZ, E.J. y M. BARTON, 1993. El cuaternario en la llanura. In: XIII Congreso Geológico Argentino. V.A. Ramos (Ed.), Relatorio, I(14):173-194.



- ROIG, F.A. y A. RUIZLEAL, 1959. El bosque muerto de Guandacol (La Rioja). *Revista Agronómica Noroeste Argentino*, 3(1-2): 139-145.
- ROIG, F.A., 1973. El cuadro fitosociológico en el estudio de la vegetación. *Deserta* 4: 45-67.
- ROIG, F.A., 1976. Las comunidades vegetales del piedemonte de la Precordillera de Mendoza. *Ecosur* 3: 1-45. Argentina.
- ROIG, F.A., 1982. La consevación de la vegetación natural en Cuyo. Nota IV. *Serie Científica*, N° 26: 12-19. Mendoza.
- ROIG, F.A., M.M. GONZÁLEZ LOYARTE, E. MARTINEZ CARRETERO, A. BERRA y C. WUILLOUD, 1992a. La Travesía de Guanacache, Tierra Forestal. *Multequina* 1: 83-91. Mendoza, Argentina.
- ROIG, F.A., M.M. GONZÁLEZ LOYARTE, E.M. ABRAHAM de VÁZQUEZ, E. MARTINEZ CARRETERO, E. MÉNDEZ & V.G. ROIG, 1992b. Maps of Desertification Hazards of Central-Western Argentina (Mendoza province: study case). In: UNEP (Ed.), 1992. *World Atlas of Desertification*, pp. 50-53. Ed. Arnold.
- ROIG, F.A., 1993. Informe Nacional para la selección de germoplasma en especies de *Prosopis* de la República Argentina. En: IADIZA-CRICYT-C.I.I.D. (Ed.), 1993. *Contribuciones Mendoquinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del C.I.I.D. Conservación y mejoramiento de especies del género Prosopis*, pp.1-71. Mendoza, Argentina.
- THERBURG, A., 1997. *Ökologie der Halophytenvegetation in der Provinz Mendoza, Argentinien (Monte-Formation)*. *Dissertationes Botanicae*, Band 273: 1-181.
- USDA, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Handbook N° 60, RICHARDS, L.A. (Ed). U.S. Laboratory Staff.

Recibido: 05/2000  
Aceptado: 12/2000