



Propuesta metodológica para la evaluación de tierras periféricas al oasis irrigado de Lavelle, Mendoza (Argentina).¹

Methodological proposal for assessing peripheral lands to the Lavelle irrigated oasis, Mendoza (Argentina).

M^a Margarita González Loyarte²

Silvia Gaviola³

Enrique Buk⁴

Alfio G. Rodeghiero⁵

Massimo Menenti⁶

Originales

Recepción: 15/04/2007

Aceptación: 24/10/2007

RESUMEN

La factibilidad de obtener productos agrícolas de calidad, irrigados con agua salina, hace necesario evaluar áreas periféricas al oasis irrigado para determinar su aptitud para el cultivo. El objetivo es articular diversas metodologías para cartografiar y evaluar unidades ecológicamente homogéneas en tierras marginales de Mendoza utilizando las comunidades vegetales como indicador. Se relevó un área piloto mediante procesamiento de imagen LANDSAT/TM y se analizó la vegetación, suelo y freática. Las unidades evaluadas y sus respectivos rangos de salinidad, en $dS\ m^{-1}$, hasta 50 cm fueron: estepa de *Heterostachys ritteriana*, 91-83; matorral de *Allenrolfea vaginata* con *H. ritteriana*, 83-48; matorral abierto de *A. vaginata* con *Prosopis strombulifera*, 62-55; estepa abierta de *Suaeda divaricata* con *Atriplex argentina*, 52-83; matorral de *S. divaricata* con *Lycium tenuispinosum*, 40-43; bosquecillo abierto de *Prosopis flexuosa*, 37-26; matorral denso de *Prosopis alpataco*, 7-6. La concentración de

ABSTRACT

The feasibility to obtain quality agricultural products, irrigated with saline water, makes it necessary to assess areas peripheral to the irrigated oasis in order to determine their suitability for cropping. The goal is to combine diverse methodologies for mapping and assessing ecologically homogeneous units in marginal lands of Mendoza, using plant communities as an indicator of these units. A pilot area was surveyed using LANDSAT/TM image processing, and vegetation, soil and water table were analysed. Assessed vegetation units and their respective salinity ranges ($dS\ m^{-1}$), up to 50 cm depth, were: steppe of *Heterostachys ritteriana*, 91-83; shrubland of *Allenrolfea vaginata* with *H. ritteriana*, 83-48; open shrubland of *A. vaginata* with *Prosopis strombulifera*, 62-55; open steppe of *Suaeda divaricata* with *Atriplex argentina*, 52-83; shrubland of *S. divaricata* with *Lycium tenuispinosum*, 40-43; open woodland of *Prosopis flexuosa*, 37-26; dense shrubland of *Prosopis alpataco*, 7-6. The concentration of soluble

- 1 Trabajo realizado en el marco del Proyecto "Le produzioni agrarie di qualità: i processi fisiologici e le tecniche colturali che le valorizzano", financiado por el Programma di collaborazione scientifica e tecnologica tra Italia e Argentina per il 2004-2005. Ministero degli Affari Esteri, CNR/ISAFOM (Italia)-INTA (Argentina).
- 2 Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA/CONICET). Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT). Av. Adrián Ruiz Leal s/n. Parque Gral. San Martín. Mendoza. Argentina. C. C. 507. M5502BPB. gloyarte@lab.cricyt.edu.ar
- 3 Dpto. de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB.
- 4 Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA-CONICET-CRICYT).
- 5 Dpto. de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo.
- 6 Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo (ISAFOM-CNR). Via Patacca, 85. 80056 Ercolano. Nápoles. Italia.

sales solubles sobrepasa los niveles críticos tolerados por las plantas cultivadas. No se detectaron niveles freáticos en los primeros 15 m de profundidad. Se considera que los suelos tienen buen drenaje interno, por lo que pueden ser recuperados sin inversiones elevadas. Este enfoque metodológico mostró una buena correspondencia entre las comunidades vegetales, su expresión espectral y las condiciones de salinidad y drenaje del suelo.

salts exceeds the critical levels tolerated by cultivated plants. No water tables were detected within 15 m from the surface. It is considered that soils have good drainage conditions, so they can be recovered without high investment. This methodological approach showed good correspondence among plant communities, their spectral expression, and soil salinity and drainage conditions.

Palabras clave

salinidad • vegetación • teledetección
• perfil geoelectrico

Keywords

salinity • vegetation • teledetection •
geoelectric profile

INTRODUCCIÓN

El cultivo intensivo en la provincia de Mendoza se realiza bajo riego debido a la aridez de su clima. Los oasis irrigados constituyen sólo el 3% de la superficie total de la provincia (13). Si bien actualmente hay una expansión de la zona cultivada hacia zonas de piedemonte -como en Valle de Uco-, es necesario vislumbrar otras alternativas de expansión agrícola que permitan completar y consolidar las áreas ya cultivadas.

Ante la posibilidad de cultivar con técnicas de riego muy dosificado como el riego por goteo y la disponibilidad de variedades más adaptadas al riego con agua salina es necesario determinar cuáles son las zonas de secano periféricas a los oasis susceptibles de ser cultivadas. Para ello se resolvió articular varias metodologías con el objeto de evaluar las condiciones ecológicas del secano para determinar su potencial agrícola y tratar de encontrar una metodología expeditiva a través de las comunidades vegetales. La distribución espacial y características espectrales de la vegetación actual, como síntesis de las condiciones ecológicas, pueden estudiarse mediante el procesamiento de imágenes satelitarias (5, 12) así como la salinidad del suelo (3, 16) y los cambios en la cobertura vegetal (17). El análisis de las condiciones del subsuelo permite determinar la existencia y profundidad de la capa freática (6), dato necesario para planificar un eventual lavado del suelo. Este análisis es imprescindible ya que valiosos estudios de 30 años del acuífero libre en el oasis norte de Mendoza (10) no cubren la periferia norte del oasis de Lavalle. El análisis físico y físico-químico del suelo es un primer paso para relacionar la calidad del suelo con un futuro manejo sustentable del mismo (4, 7).

En este artículo se plantea como objetivo combinar el análisis espacial, con apoyo de imágenes satelitarias, con el trabajo integral de relevamiento de suelo, vegetación natural y perfiles geoelectricos como metodología de análisis de evaluación de tierras en un área periférica del oasis de Lavalle, Mendoza (figura 1, pág. 111). Las comunidades vegetales funcionarían como un conjunto de indicadores biológicos de las condiciones ecológicas permitiendo identificar áreas homogéneas y guiar más eficientemente estudios detallados en grandes extensiones para la toma de decisiones de cultivar.

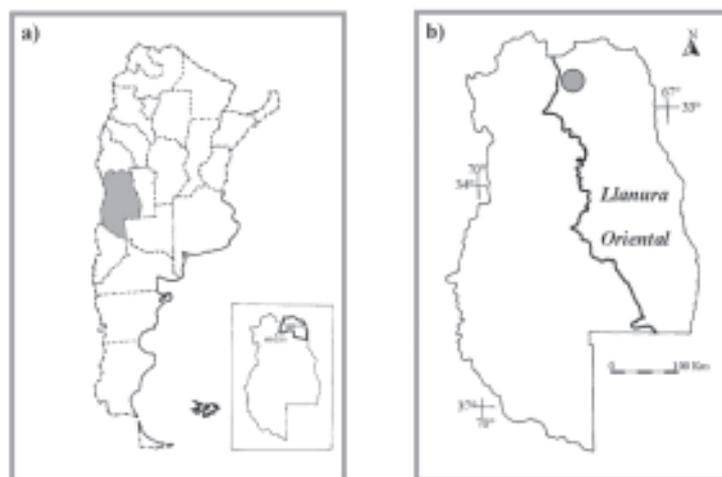


Figura 1. a) Provincia de Mendoza y Departamento de Lavalle.
b) Ubicación del área de estudio en la llanura oriental de Mendoza.

METODOLOGÍA

Consiste en la articulación de cuatro metodologías de trabajo conocidas: 1) procesamiento digital de imagen satelitaria y cartografía de unidades de vegetación; 2) caracterización de unidades de vegetación por el método fitosociológico; 3) análisis físico y físico-químico de suelos y su factibilidad para cultivo; 4) realización de perfiles geoelectrónicos para detectar la presencia y profundidad de freática.

Procesamiento de la imagen satelitaria

Se seleccionó un sector del secano periférico al oasis de Lavalle que cubre aproximadamente 24749 ha de las cuales 71% corresponden al secano y el resto a cultivos. Se trabajó con una imagen LANDSAT/TM (20-XI-2003), resultante del falso color compuesto por las bandas TM3 (rojo), TM4 (verde) y TM5 (azul). Los colores observados dependen de los valores de reflectancia en dichas bandas: el verde corresponde a los cultivos con alta reflectancia en banda TM4; en el secano dominan los tonos violetas y rojizos debido a la menor cobertura vegetal que pone en evidencia la mayor reflectancia del suelo desnudo en el rojo y azul (figura 2, pág. 113). El procesamiento de la imagen se hizo con el software ERDAS 7.5.

Se realizaron varias clasificaciones no supervisadas (técnica de auto-organización iterativa). Después de evaluar la homogeneidad espectral de las clases (mediante las firmas espectrales y forma de los histogramas) y su distribución geográfica, se conservó la clasificación de 15 agrupamientos (clases) de los cuales 5 correspondieron a la zona cultivada y 10 al secano. Se elaboraron hipótesis de las condiciones del secano y se seleccionaron 7 clases para ser controladas en el campo: éstas cubren el 82% del secano analizado. Para el control de campo, luego de una recorrida exploratoria, se seleccionó un sitio representativo, en cada una de las 7 clases, donde se relevó la vegetación actual, el suelo tanto en el primer metro como en profundidad

para prospectar la existencia de niveles freáticos. Las clases fueron confirmadas visualmente en distintos lugares visitados. Queda para una segunda etapa extender la zona de estudio y validar, con análisis completos, que las comunidades vegetales pueden orientar acerca de las condiciones ecológicas del suelo y subsuelo.

Caracterización de las unidades de vegetación

Para el relevamiento a campo y análisis de los datos de vegetación se siguió el método fitosociológico (1, 18). Los relevamientos fisonómico-florístico-ecológicos se realizaron en sitios homogéneos y representativos de cada clase. Los resultados fueron ordenados en el cuadro comparativo de relevamientos según la salinidad decreciente de los primeros 50 cm de suelo. Se realizaron pequeñas excavaciones para extraer algunas plantas características con todo su sistema radical y verificar la profundidad de exploración de sus raíces (figura 3, pág. 113).

Caracterización de los suelos

Descripción y muestreo de las diferentes capas del perfil en los sitios seleccionados.

Se procedió a la apertura de calicatas (en "L") para observar detalladamente las raíces y realizar una buena descripción del perfil (figura 4, pág. 113). Se obtuvieron 22 muestras de suelo para su posterior análisis físico y físico-químico en el Laboratorio de Suelos de la Cátedra de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo).

Determinación de la humedad y densidad aparente.

En cada una de las capas detectadas en las calicatas se determinó la densidad aparente por el método del cilindro (figura 5, pág. 113) y la humedad de suelo por el método gravimétrico.

Estudio de los perfiles presiométricos.

En lugares adyacentes a cada calicata se midió la resistencia a la penetración y obtención de los perfiles presiométricos cada 5 cm de profundidad. El instrumento utilizado fue el penetrómetro de cono Eijkelkamp (figura 6 a, pág. 113). En general se considera que las raíces de las plantas cultivadas pueden vencer una resistencia a la penetración de hasta 3 MPa (Megapascal) (figura 6 b, pág. 113).

Análisis físico-químico en laboratorio.

En cada una de las 22 muestras de suelo se determinó la textura por el volumen de sedimentación (14) y contenido de carbonato de calcio. En una pasta saturada de suelo se determinó el pH y la humedad a saturación y en el extracto, la conductividad eléctrica específica y la valoración de iones (19). Se calculó la relación de adsorción de sodio (RAS). También se determinaron los contenidos de materia orgánica con el método de Walkley-Black (19), N total con el método de Kjeldahl (2), K intercambiable con acetato de amonio pH: 7 (8) y P disponible con extracción carbónica (11).

En estos suelos aluviales, pobres en materia orgánica, se estimaron los valores aproximados de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) según la textura (15). Además se calcularon las relaciones volumétricas entre las fases variables y el perfil hídrico evaluados en condiciones de humedad de campo.

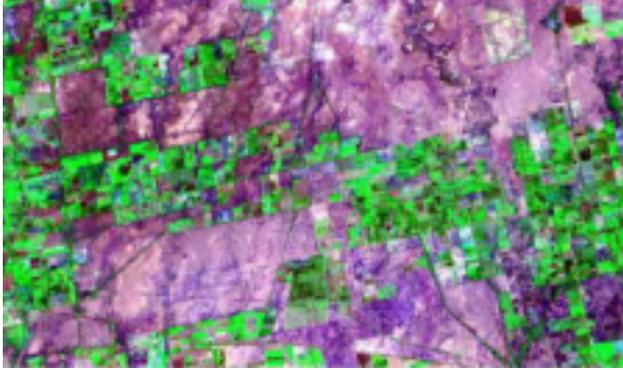


Figura 2. Sector de la imagen satelitaria LANDSAT-TM correspondiente al área de estudio.



Figura 3. Detalle de las raíces de a) *Heterostachys ritteriana*; b) jóvenes plantas de *Allenrolfea vaginata*; c) *Cortesia cuneifolia*; d) *Prosopis strombulifera*.



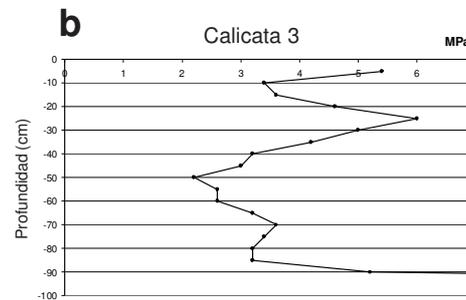
Figura 4. Apertura de calicata en "L" mostrando raíces en los primeros 0,20 m.



Figura 5. Extracción de una muestra con el método del cilindro para determinar densidad aparente.



Figura 6. a) Aplicación del penetrómetro de cono Eijkelkamp para determinar la resistencia a la penetración; b) Perfil presiométrico.



Sondeo eléctrico vertical

La aplicación del método de Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.) para la detección de niveles freáticos resulta novedosa en estudios ecológicos (6). El S.E.V. es 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 donde el centro de la configuración y sus orientaciones (cables a ambos lados del centro) permanecen fijas (figura 7a, pág. 115). Por cada S.E.V. se obtiene un perfil de resistividad localizado en el centro de la configuración (figura 7b, pág. 115).

El dispositivo utilizado es el de cuatro electrodos simétricos correspondiente a la configuración de Schlumberger (9) 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 distinta resistividad. 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 estaría indicado por la baja resistividad que aparecería en el perfil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los relevamientos de vegetación, unidades que organizan la descripción de los resultados, fueron ordenados en función de la salinidad decreciente. Del total de las 24749 ha de la imagen, 7130 ha (29%) corresponden al área cultivada y 17619 ha (71%) al secano. Se controlaron en el campo 7 clases correspondientes al secano que cubren 14471 ha, constituyendo el 82% del secano periférico analizado. En el mapa de vegetación se observa la distribución espacial de las clases (figura 8, pág. 115).

En los suelos del área de estudio no existen impedancias a la exploración radical del tipo de rocas consolidadas, calizas, esqueleto grueso y niveles freáticos elevados dentro de las profundidades de posibilidad de arraigue. Se trata de suelos profundos en donde si bien la característica general del área es la heterogeneidad textural predominan los suelos de textura media. Presentan cantidades variables de carbonato de calcio en todo el perfil que oscilan entre 4 a 5%. El yeso también es abundante y se encuentra desde la superficie, constatado visualmente a partir de la presencia de abundantes eflorescencias. La reacción del suelo está dentro del rango alcalino y varía entre 7,8 y 8,5. Los suelos están floculados debido a la alta proporción de calcio y a la gran cantidad de electrolitos presentes.

La salinidad y sodicidad, presentes en general en estos suelos, están vinculadas a razones climáticas e hidrogeológicas. Las sales solubles existen en mayor o menor grado en todos los suelos bajo estudio y su concentración sobrepasa los niveles críticos tolerados por las plantas cultivadas. Los cationes predominantes son calcio, sodio y magnesio y entre los aniones cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Se considera que los suelos tienen buen drenaje interno, por lo que pueden ser recuperados sin inversiones elevadas. Se identificaron las siguientes comunidades vegetales:

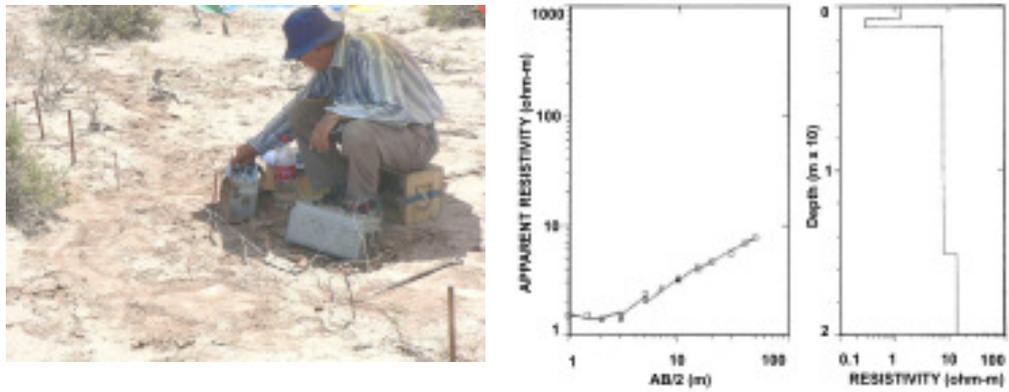


Figura 7. Sondeo eléctrico vertical. a) Instación de los electrodos correspondientes a la configuración de Schlumberger; b) Perfil de resistividad elaborado con datos de campo y luego de su ajuste con un modelo.



- Área cultivada
- Estepa de *Heterostachys ritteriana* (clase 9)
- Maternal de *Allenroffea vaginata* con *Heterostachys ritteriana* (clase 13)
- Maternal abierto de *Allenroffea vaginata* con *P. strombulifera* (clase 6)
- Estepa abierta de *Suaeda divaricata* con *Atriplex argentina* (clase 14)
- Maternal de *Suaeda divaricata* con *Lycium tenuispinosum* (clase 10)
- Bosque abierto de *Prosopis flexuosa* con *A. argentina* y *C. genivoides* (clase 11)
- Maternal denso de *Prosopis alpatoco* y *Psala spartocoles* (clase 8)

Figura 8. Mapa de unidades de vegetación en el seco periférico al oasis de Lavalle, Mendoza, Argentina. Se referencian sólo las clases controladas.



Figura 9.
Estepa de *Heterostachys ritteriana*.

Estepa de *Heterostachys ritteriana*

Ocupa pequeñas zonas diseminadas que alcanzan a cubrir 7,39% de la superficie total. Esta comunidad (tabla 1, clase 9, relevamiento 2) caracterizada por el bajo porte de la vegetación y la baja cobertura total (45%), es una estepa con un estrato arbustivo bajo (0,25 m) y sin especies herbáceas (figura 9, pág. 115). La especie dominante es el pequeño arbusto *H. ritteriana* y presenta un sistema radical desarrollado en los primeros 20 cm; en cambio la especie acompañante *Prosopis strombulifera* es una hemicriptófita de raíz profunda (figura 3, pág. 113).

Tabla 1. Relevamientos del secano periférico al oasis de Lavalle, Mendoza.

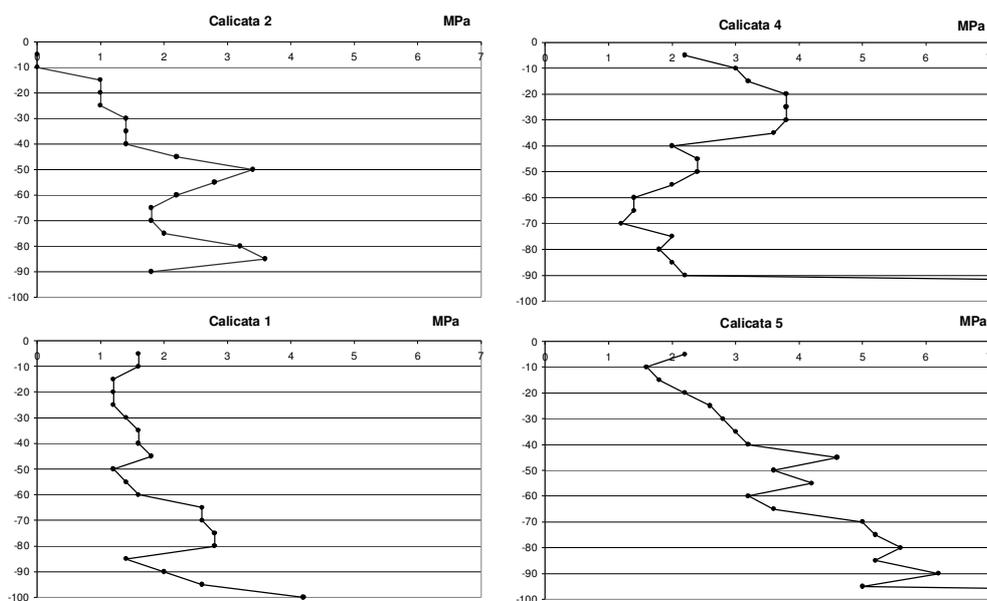
Comunidades vegetales	Estepa de <i>Heterostachys ritteriana</i>	Matorral de <i>Allenrolfea vaginata</i> con <i>Heterostachys ritteriana</i>	Matorral abierto de <i>Allenrolfea vaginata</i> con <i>Prosopis strombulifera</i>	Estepa abierta de <i>Suaeda divaricata</i> con <i>Atriplex argentina</i>	Matorral de <i>Suaeda divaricata</i> con <i>Lycium tenuispinosum</i>	Bosquecillo abierto de <i>Prosopis flexuosa</i> con <i>A. argentina</i> y <i>C. genistoides</i>	Matorral denso de <i>Prosopis alpataco</i> y <i>Psila spartioides</i>
Rango de salinidad (0-50 cm de profundidad) dS/m	91-83	83-48	62-55	52-83	40-43	37-26	7-6
N° clase en mapa	9	13	6	14	10	11	8
N° relevamiento	2	4	1	5	6	7	3
Cobertura total (%)	45	60-65	50	30-35	60-65	65-70	85
Estrato arbóreo (m)	no	no	no	no	no	3	4,5-5
Estrato arbustivo alto (m)	no	2,5	2	1	2,5	2	3
Estrato arbustivo bajo (m)	0,25-0,35	1,5	0,6	0,15	1,5	0,8	1,5
Estrato herbáceo (m)	no	0,4	no	no	0,60-0,70	0,8	0,5
Latitud S	32°40,62'	32°42,62'	32°40,94'	32°40,98'	32°43,22'	32°39,59'	32°42,52'
Longitud W	68°33,05'	68°31,20'	68°33,66'	68°25,76'	68°31,36'	68°28,39'	68°32,16'
Especies							
<i>Prosopis strombulifera</i>	1,2	+	2,3	+	+	+	3,2
<i>Cortesia cuneifolia</i>	+	2,2	+	+	+	2,3	1,2
<i>Heterostachys ritteriana</i>	3,3	3,2	1,2	1,1	.	1,3	.
<i>Cyclolepis genistoides</i>	.	1,1	1,1	.	.	3,1	+
<i>Allenrolfea vaginata</i>	+	4,3	3,1	.	+	2,1	.
<i>Suaeda divaricata</i>	.	1,1	.	2,2	4,3	.	.
<i>Lycium tenuispinosum</i>	.	2,1	.	.	2,2	+	1,1
<i>Trichloris crinita</i>	.	1,2	.	.	1,2	+	1,2
<i>Plectocarpa tetraacantha</i>	.	(+)	.	1,2	.	1,1	.
<i>Atriplex argentina</i>	.	(+)	.	1,1	.	3,2	.
<i>Prosopis flexuosa</i>	.	.	.	.	.	4,2	.
<i>Psila spartioides</i>	.	.	.	.	.	2,2	3,3
<i>Prosopis alpataco</i>	.	.	.	.	+	.	4,3
<i>Geoffroea decorticans</i>	.	.	.	.	+	.	+
<i>Hoffmanseggia falcaria</i>	.	.	.	.	.	.	+
<i>Schinus</i> sp.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Echinopsis leucantha</i>	.	.	.	.	.	R<	.

El suelo es profundo, franco limoso en superficie y franco a franco arenoso hasta el metro de profundidad (tabla 2, calicata 2, pág. 117). El perfil presiométrico muestra valores menores a 4 MPa hasta el metro (figura 10, págs. 117-118). Las características hídricas evaluadas revelan que en el momento de muestreo el perfil estaba casi en humedad cercana a capacidad de campo en todas las capas. El alto contenido de humedad disminuye la resistencia a la penetración de las raíces y en estas condiciones el suelo sería fácilmente penetrado por raíces de cultivos (límite 3 MPa).

Tabla 2. Caracterización físico-química de las calicatas 2 y 4.

	Calicata 2			Calicata 4		
	I	II	III	I	II	III
Capas						
Profundidad (cm)	0-30	30-60	60-100	0-15	15-58	58-100
Espesor (cm)	30	30	40	15	43	42
VS (cm ³ %g)	110	94	88	106	156	100
Textura	Fl	F	Far	Fl	Ac	F
Densidad aparente (mg m ⁻³)	1,29	1,39	1,5	1,24	1,05	1,14
Carbonato calcio (g kg ⁻¹)	56,6	53	43,6	5,6	54	45
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	15	12	10	16	30	10
Salinidad						
CEs (dS m ⁻¹)	90,9	83,3	62,5	83,3	47,6	58,82
CEP (dS m ⁻¹)	310	303	230	238	126	179
pH en pasta	7,93	8,07	8,1	8,08	8,12	8,03
Wsaturación (g%g)	39,55	32,9	28,98	32,4	60,5	33,3
Sales probables (mmol _c L ⁻¹)	2542	2484	1886	1952	1033	1467
RAS	147	146	127	161	127	177
Sales solubles						
Sodio mmol _c (L ⁻¹)	2126	2077	1577	1724	927	1351
Calcio+Magnesio (mmol _c L ⁻¹)	417	407	309	228	106	116
Cloruros (mmol _c L ⁻¹)	1179	1152	875	1325	588	795
Carbonatos (mmol _c L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mmol _c L ⁻¹)	12	14	13	13	10	11
Sulfatos (mmol _c L ⁻¹)	1347	1316	999	614	435	661
Fertilidad						
Nitrógeno total (mg kg ⁻¹)	196	140	182	588	378	322
Fósforo disponible P-CO ₂ 1:10 (mg kg ⁻¹)	2,6	3,5	3,9	1,5	3,0	4,4
Potasio intercambiable (mg kg ⁻¹)	562	593	406	718	702	655
Materia orgánica (g kg ⁻¹)	3,1	1,6	2,2	13,2	7,1	4,1
C/N	9	6,8	7,1	13,1	10,9	7,3
Relaciones volumétricas de las fases variables y perfil hídrico en humedad de campo al momento del relevamiento						
Porosidad total (cm ³ % cm ⁻³)	51	47	44	53	60	57
Contenido hídrico campo (g%g)	26	28	16	6	20	25
Porosidad con agua (cm ³ % cm ⁻³)	34	39	25	8	21	29
Porosidad con aire (cm ³ % cm ⁻³)	18	9	19	46	40	28

Fl: Franco limoso; F: Franco; Far: Franco arenoso; Ac: Arcilloso



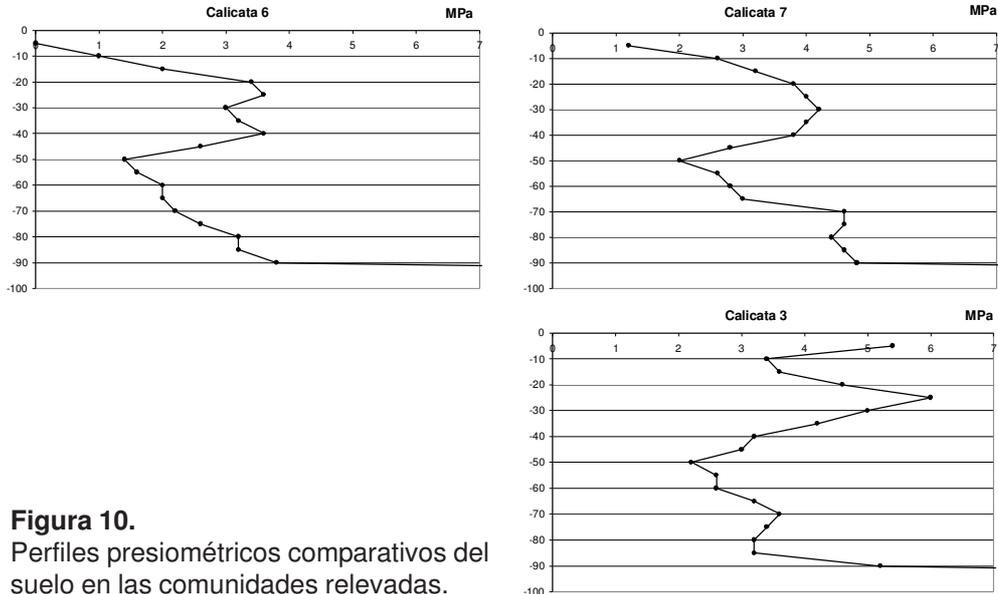


Figura 10.
Perfiles presiográficos comparativos del suelo en las comunidades relevadas.

Este suelo presenta una fuerte salinidad, incompatible con la producción agrícola (CEs en la capa superficial de 90 dS m^{-1}) la que está asociada a sodicidad (RAS = 147). Fuerte reacción al CIH en todas las capas y abundantes eflorescencias salinas. Estas características de salinidad-sodicidad están asociadas a una buena permeabilidad hasta el metro de profundidad. La escasa cobertura del estrato arbustivo sumado a la ausencia de especies herbáceas ocasiona muy bajo contenido de materia orgánica en superficie y profundidad (menor a 0,3%).

Según el perfil geoelectrónico no hay registro de una capa freática hasta los 15 m de profundidad (figura 11, pág. 119). En esta área es imperativa la corrección de salinidad-sodicidad a través de láminas de lavado sin necesidad de corrector para sodicidad debido a que estos suelos tienen suficiente yeso de reserva. Con respecto a la fertilidad los contenidos de nitrógeno total son muy pobres y se espera una probable respuesta a la fertilización con fósforo siendo alto el potasio intercambiable.

Matorral abierto de *Allenrolfea vaginata* con *H.ritteriana*

Corresponde a la clase 13 (relevamiento y calicata 4) y cubre 11% de la superficie total localizada principalmente al SO del área. Es un matorral de 65% de cobertura con dos estratos arbustivos (de 2,5 m y de 1,5 m) y uno herbáceo (0,40 m) constituido por la gramínea *Trichloris crinita* (figura 12, pág. 121). Las raíces de las diversas especies de este matorral exploran todos los horizontes del suelo.

Suelo de textura franco limosa en superficie y la presencia de una capa arcillosa de 45 cm de espesor a partir de los 15 cm profundidad, que se pone en evidencia en el perfil presiográfico, incrementando la resistencia (figura 10). Las características hídricas evaluadas muestran que en el momento de muestreo el perfil estaba seco en la capa I y II con la porosidad en un 85 y 65%, respectivamente, ocupada con aire mientras que en la III capa la humedad estaba en capacidad de campo (tabla 2, calicata 4, pág. 117).

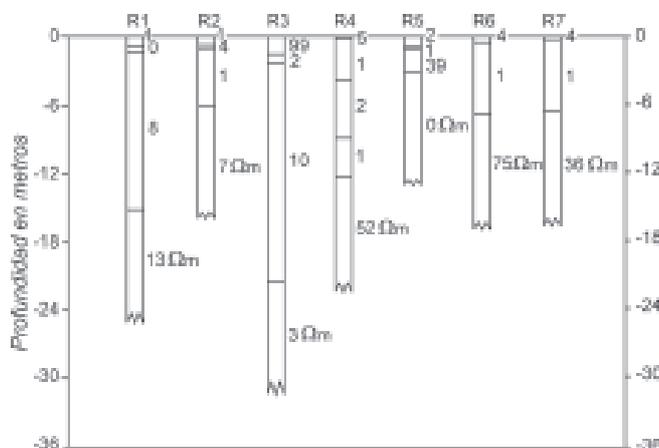


Figura 11. Perfiles verticales de resistividad. Los relevamientos se denominan R1, R2...R7. La resistividad se indica a la derecha de cada columna (Ωm), la profundidad se indica en ordenadas.

Este suelo también presenta una fuerte salinidad, incompatible con las producción agrícola (CEs promedio del perfil 58 dS m^{-1}) y asociada a sodicidad. La capa de mayor acumulación salina es la superficial como consecuencia del ascenso capilar de sales desde los estratos de suelo más profundos y más húmedos. Presenta una fuerte reacción al CIH en todas las capas y abundantes eflorescencias salinas. Estas características de salinidad-sodicidad están asociadas a una deficiente permeabilidad dada por la capa de textura arcillosa.

El perfil geoelectrónico determinó que hasta 20 m de profundidad no hay evidencias de capa freática (figura 11). En esta área es imperativa la corrección de salinidad-sodicidad a través de láminas de lavado y sería conveniente realizar una evaluación de la conductividad hidráulica saturada para diagnosticar la facilidad de la práctica de corrección mencionada. La presencia de una cobertura del 65% del estrato arbustivo y de herbáceas contribuyen a un buen contenido de materia orgánica para la zona (1,3%) en la capa superficial. Se estima, en esta área, una respuesta probable a la fertilización con nitrógeno y fósforo en caso de cultivarla.

Matorral abierto de *A.vaginata* con *Prosopis strombulifera*

Es un matorral de 50% de cobertura y baja riqueza florística, con dos estratos arbustivos (2 y 0,6 m) (figura 13, pág. 121). Cubre el 7,8% del área total y presenta una distribución concentrada en el noroeste lo que facilitaría su sistematización para la producción (clase 6, relevamiento 1); en el sector alterna en mosaico con la estepa de *H. ritteriana*.

Suelo profundo de textura franco arenosa a arenosa hasta el metro de profundidad. A partir del metro aparece una capa de textura franco limosa compactada (tabla 3, calicata 1, pág. 120). Esta compactación se pone en evidencia en el perfil presiométrico (figura 10, pág. 117-118) y altos valores de densidad aparente. Las características hídricas evaluadas revelan que en el momento de muestreo el perfil estaba hasta los 65 cm de profundidad en capacidad de campo y a partir de allí hasta

Tabla 3. Caracterización físico-química de las calicatas 1 y 5.

	Calicata 1				Calicata 5		
	I	II	III	IV	I	II	III
Capas							
Profundidad (cm)	0 - 65	65 -75	75 -100	100 - 150	0 -35	35-45	45-100
Espesor (cm)	65	10	25	50	35	10	55
VS (cm ³ %g)	82	84	78	108	92	116	80
Textura	Far	Far	Ar	Fl	Far	Fac	Far
Densidad aparente (mg m ⁻³)	1,34	1,42	1,4	1,43	1,21	1,24	1,36
Carbonato calcio (g kg ⁻¹)	56	54	46	45	54	52	36
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	10	10	5	15	10	20	9
Salinidad							
CEs (dS m ⁻¹)	62,5	55,5	62,5	62,5	52,6	83,3	23,8
CEP (dS m ⁻¹)	230	170	230	230	165	303	65
pH en pasta	8,2	8,3	8,2	8,2	8,4	8,2	8,5
W saturación (g%g)	35,7	40,5	36,6	40,9	37,7	40,2	32,9
Sales probables (mmol _c L ⁻¹)	1886	1394	1886	1886	1353	2485	533
RAS	127	108	126	127	87	141	97
Sales solubles							
Sodio mmol _c (L ⁻¹)	1577	1157	1570	1576	1057	2057	483
Calcio+Magnesio (mmol _c L ⁻¹)	309	228	309	308	296	427,6	50
Cloruros (mmol _c L ⁻¹)	875	647	870	873	650	1150	187
Carbonatos (mmol _c L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mmol _c L ⁻¹)	12	8	11	12	7	14	5
Sulfatos (mmol _c L ⁻¹)	999	738	985	1000	696	1320,6	341
Fertilidad							
Nitrógeno total (mg kg ⁻¹)	224	154	84	182	196	168	126
Fósforo disponible P-CO ₂ 1:10 (mg kg ⁻¹)	2,4	2,8	2,4	2,0	2,0	2,4	3,7
Potasio intercambiable (mg kg ⁻¹)	460	429	406	476	562	858	445
Materia orgánica (g kg ⁻¹)	3,1	1,8	1	2,6	2,4	1,8	1,4
C/N	7,9	6,9	7	8,4	7,2	6,3	6,6
Relaciones volumétricas de las fases variables y perfil hídrico en humedad de campo al momento del relevamiento							
Porosidad total (cm ³ % cm ⁻³)	49	46	47	46	54	53	49
Contenido hídrico campo (g%g)	18	27	30	32	12	25	7
Porosidad con agua (cm ³ % cm ⁻³)	24	38	43	46	14	31	9
Porosidad con aire (cm ³ % cm ⁻³)	26	8	5	0	40	23	40

Far: Franco arenoso; Ar: Arenoso; Fl: Franco limoso; Fac: Franco arcilloso

1,50 m de profundidad casi saturado con el 82 y 99% de su porosidad ocupada con agua. Este suelo presenta alta salinidad (CEs mayor a 62 dS m⁻¹), la cual está asociada a sodicidad (RAS > 100), fuerte reacción al CIH en todas las capas y abundantes eflorescencias salinas. Estas características de salinidad-sodicidad están vinculadas a una buena permeabilidad hasta el metro de profundidad dadas por la textura franco arenosa que puede verse restringida por la capa franco limosa en profundidad.

El perfil geoelectrico determinó que hasta 24 m de profundidad no hay evidencias de capa freática (figura 11, pág. 119). Debido a la baja cobertura vegetal y a la ausencia de especies herbáceas, los contenidos de nitrógeno total y materia orgánica son muy pobres y se espera una alta respuesta a la fertilización con fósforo en caso de cultivos en el área.

Estepa arbustiva de *Suaeda divaricata* con *Atriplex argentina*

Presenta evidencias de sobrepastoreo con sólo 30-35% de cobertura en dos estratos arbustivos (de 1 y 0,15 m). Esta comunidad (clase 14, relevamiento 5) cubre el 10,2% del área total (figura 14, pag. 121; tabla 1, pág. 116).



Figura 12.
Matorral de *Allenrolfea vaginata* con
Heterostachys ritteriana.



Figura 13.
Matorral abierto de *Allenrolfea vaginata*
con *Prosopis strombulifera*.



Figura 14.
Estepa abierta de *Suaeda divaricata* con
Atriplex argentina.



Figura 15.
Matorral de *Suaeda divaricata* con *Lycium*
tenuispinosum.



Figura 16.
Bosque abierto de *Prosopis flexuosa* con
Atriplex argentina y *Cyclolepis genistoides*.



Figura 17.
Matorral denso de *Prosopis alpataco* y
Psila spartioides.

Suelo profundo de textura franco arenosa hasta los 35 cm de profundidad y la presencia de una capa franco arcillosa de 10 cm de espesor a los 35 cm profundidad con abundantes eflorescencias salinas (83 CE dS m^{-1}), y luego hasta el metro textura franco arenosa a arenosa. Las características hídricas evaluadas muestran en general un perfil seco; en el momento de muestreo las capas I, II y III presentaban el 74, 42 y 82% de su porosidad ocupada con aire (tabla 3, calicata 5, pág. 120). Tiene altos valores de presiometría a partir de los 35 cm de profundidad probablemente dados por la textura franco arcillosa de la capa II y por las condiciones de baja humedad y compactación de la última capa (figura 10, pág. 117-118).

Este suelo evidencia una fuerte salinidad (CEs promedio del perfil 40 dS m^{-1}) que está asociada a sodicidad. La capa de mayor acumulación de humedad y sales es la capa franco arcillosa. Se advierte fuerte reacción al CIH en todas las capas y abundantes eflorescencias salinas. El perfil geoelectrico determinó que hasta 12 m de profundidad no hay evidencias de capa freática (figura 11, pág. 119). En esta área es imperativa la corrección de salinidad-sodicidad con estudios sobre conductividad hidráulica saturada. Hay suelo con contenidos muy bajos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo y muy alto en potasio.

Matorral de *Suaeda divaricata* con *Lycium tenuispinosum*

Es una comunidad distribuida en toda el área de secano que ocupa 6,2% de la superficie total (clase 10). La vegetación presenta 60-65% de cobertura en tres estratos: arbustivo alto (2,5 m), arbustivo bajo (1,5 m) y herbáceo (0,60-0,70 m) (figura 15, pág. 121; tabla 1, pág. 116). Suelo profundo de textura franco arenosa hasta los 80 cm de profundidad y luego una capa de suelo franco hasta el metro de profundidad.

Las características hídricas evaluadas revelan que en el momento de muestreo el perfil estaba seco hasta los 80 cm con la porosidad al 80% ocupada con aire (tabla 4, calicata 6, pág. 123). Presenta valores de presiometría menores a 4 MPa en todo el perfil a pesar de su baja humedad (figura 10, pág. 117-118).

Este suelo tiene una fuerte salinidad (CEs promedio del perfil 47 dS m^{-1}) la cual está asociada a sodicidad, fuerte reacción al CIH en todas las capas y abundantes eflorescencias salinas. Estas características de salinidad-sodicidad están vinculadas a una buena permeabilidad en el primer metro de profundidad. El perfil geoelectrico determinó que hasta 16 m de profundidad no hay evidencias de capa freática (figura 11, pág. 119). En esta área es necesaria la corrección de salinidad-sodicidad a través de prácticas de lavado. Tiene un contenido muy bajo en nitrógeno y materia orgánica y alto en fósforo y potasio.

Bosque abierto de *Prosopis flexuosa* con *Atriplex argentina* y *Cyclolepis genistoides*

Comunidad localizada en la zona norte del secano (cubre 9,4% del área) donde hay procesos de acumulación de sedimentos finos por escurrimiento mantiforme evidenciado por la abundancia de *Cortesia cuneifolia* y *Plectocarpa tetracantha* (clase 11, relevamiento 7). La cobertura total es de 65-70% en cuatro estratos: arbóreo (3 m), arbustivo alto (2 m), arbustivo bajo (0,8 m) y herbáceo (0,80 m) de escasa cobertura (figura 16, pág. 121).

Tabla 4. Caracterización físico-química de las calicatas 6 y 7.

	Calicata 6			Calicata 7		
	I	II	III	I	II	III
Capas						
Profundidad (cm)	0-38	38-78	78-100	0-38	38-78	78-100
Espesor (cm)	38	40	22	38	40	22
VS (cm ³ %g)	84	88	104	116	100	144
Textura	Far	Far	F	Fac	F	Ac
Densidad aparente (mg m ⁻³)	1,5	1,37	1,3	1,25	1,25	1,18
Carbonato calcio (g kg ⁻¹)	46	43	43	46	43	45
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	10	10	12	20	12	30
Salinidad						
CEs (dS m ⁻¹)	40	43,47	66,66	37	25,6	45,45
CEP (dS m ⁻¹)	120	130	240	86	67	128
pH en pasta	8,48	8,46	8,25	7,95	8,49	8,24
Wsatración (g%g)	26,3	26,3	36,8			
Sales probables (mmol _c L ⁻¹)	984	1066	1968	705	549	1050
RAS	121	129	187	73	46	116
Sales solubles						
Sodio (mmol _c L ⁻¹)	878	956	1785	579	400	923
Calcio+Magnesio (mmol _c L ⁻¹)	106	110	183	126	149	127
Cloruros (mmol _c L ⁻¹)	450	470	693	475	250	588
Carbonatos (mmol _c L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos (mmol _c L ⁻¹)	6	7	12	5	3	10
Sulfatos (mmol _c L ⁻¹)	528	589	1264	225	296	452
Fertilidad						
Nitrógeno total (mg kg ⁻¹)	266	182	126	98	98	182
Fósforo disponible P-CO ₂ 1:10 (mg kg ⁻¹)	7,6	5,4	3,5	3,1	4,0	2,6
Potasio intercambiable (mg kg ⁻¹)	413	374	484	468	390	436,8
Materia orgánica (g kg ⁻¹)	3,3	2,6	1,6	1,6	1,2	2,8
C/N	7,1	8,4	7,5	9,64	7,23	9,08
Relaciones volumétricas de las fases variables y perfil hídrico en humedad de campo al momento del relevamiento						
Porosidad total (cm ³ % cm ⁻³)	44	48	51	53	53	56
Contenido hídrico campo (g%g)	6	7	19	16	8	20
Porosidad con agua (cm ³ % cm ⁻³)	8	9	25	20	10	23
Porosidad con aire (cm ³ % cm ⁻³)	35	39	26	34	43	32

Far: Franco arenoso; F: Franco; Fac: Franco arcilloso; Ac: Arcilloso

Esta comunidad está vegetando en un suelo con muy bajo contenido hídrico donde entre el 75 y 85% de su porosidad está ocupada por aire (tabla 4, calicata 7). Presenta valores de presiometría mayores a 3 MPa entre los 15 y 40 cm y también entre 70 y 100 cm en correspondencia con texturas franco arcillosa y arcillosa, respectivamente. El perfil geoelectrico determinó que hasta 16 m de profundidad no hay evidencias de capa freática.

Presenta una salinidad promedio en el perfil de 36 dS m⁻¹ y un RAS de 78 lo que indica que en el caso de ser cultivado requeriría lavado de suelo. El carácter aluvial y la deposición de sedimentos nuevos en superficie, características de los suelos torrifluventes, se ponen en evidencia a través de los contenidos alternados en materia orgánica en el perfil.

Matorral alto de *Prosopis alpataco* y *Psila spartioides*

Es una comunidad de alta cobertura total (85%) constituida por cuatro estratos: arbóreo (4,5 m), arbustivo alto (3 m), arbustivo bajo (1,5 m) y herbáceo (0,5 m). Comunidad distribuida linealmente en zonas con disponibilidad hídrica (clase 8, relevamiento 3) y que ocupa el 6,5% de la superficie total (figura 17, pág. 121).

Suelo profundo de textura franco y franco arenosa hasta el metro de profundidad. Las características hídricas evaluadas muestran que en el momento de muestreo el perfil estaba seco con la porosidad entre el 94 y 70%, según profundidad, ocupada con aire (tabla 5, calicata 3).

Este suelo tiene una moderada salinidad ($CE\ 7\ dS\ m^{-1}$) y es no sódico. Presenta altos valores de presiometría hasta los 40 cm probablemente dados por las condiciones de baja humedad.

El perfil geoelectrónico determinó que hasta 30 m de profundidad no hay evidencias de capa freática. La alta cobertura de vegetación de esta comunidad provoca alto contenido de materia orgánica (2%) y de nitrógeno total ($980\ mg\ kg^{-1}$) en la capa superficial. Tiene un alto contenido de fósforo hasta los 40 cm y un contenido medio a alto de potasio en todo el perfil.

Tabla 5. Caracterización físico-química de la calicata 3.

Capas	Calicata 3		
	I	II	III
Profundidad (cm)	0-18	18-38	38-100
Espesor (cm)	18	28	62
VS (cm^3/g)	100	88	80
Textura	F	Far	Far
Densidad aparente ($mg\ m^{-3}$)	1,16	1,16	1,31
Carbonato calcio ($g\ kg^{-1}$)	35	32	34
CIC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	12	10	9
Salinidad			
CEs ($dS\ m^{-1}$)	7,5	6,4	7,19
CEP ($dS\ m^{-1}$)	14,4	12	12,8
pH en pasta	7,93	7,98	7,83
Wsaturation ($g\ %g$)	35	23	23
Sales probables ($mmol_c\ L^{-1}$)	118	98	104
RAS	12	12	11
Sales solubles			
Sodio ($mmol_c\ L^{-1}$)	63	55	56
Calcio+Magnesio ($mmol_c\ L^{-1}$)	55	43	48
Cloruros ($mmol_c\ L^{-1}$)	53	50	51
Carbonatos ($mmol_c\ L^{-1}$)	0	0	0
Bicarbonatos ($mmol_c\ L^{-1}$)	2	2	2
Sulfatos ($mmol_c\ L^{-1}$)	63	46	51
Fertilidad			
Nitrógeno total ($mg\ kg^{-1}$)	980	322	182
Fósforo disponible P-CO ₂ 1:10 ($mg\ kg^{-1}$)	13	6	2
Potasio intercambiable ($mg\ kg^{-1}$)	289	289	156
Materia orgánica ($g\ kg^{-1}$)	21,4	3,3	1,6
C/N	12,7	5,9	5,2
Relaciones volumétricas de las fases variables y perfil hídrico en humedad de campo al momento del relevamiento			
Porosidad total ($cm^3\ %\ cm^{-3}$)	56	56	50
Contenido hídrico campo ($g\ %g$)	3	6	8
Porosidad con agua ($cm^3\ %\ cm^{-3}$)	3	7	11
Porosidad con aire ($cm^3\ %\ cm^{-3}$)	53	49	40

F: Franco; Far: Franco arenoso

CONCLUSIONES

- ❖ La propuesta metodológica muestra en esta primera evaluación una buena correspondencia entre las comunidades vegetales y su expresión espectral en la imagen satelitaria y con las condiciones de salinidad y drenaje de los suelos. Hay comunidades muy claras que pudieron ser identificadas en el control de campo pero hay otras que presentaron una cierta confusión, particularmente en muy altas y muy bajas coberturas vegetales, por lo que esta aproximación metodológica debería profundizarse. Plantear una segunda etapa de ajuste metodológico sería de gran utilidad ya que la extrapolación de las condiciones de potencialidad productiva a través del análisis de las comunidades vegetales constituiría una herramienta muy expeditiva para evaluar y planificar las actividades de nuevas zonas agrícolas.
- ❖ Las comunidades vegetales estudiadas desarrollan en suelos con diferente contenido de sales solubles donde *Heterostachys ritteriana* se considera indicadora del grado de salinidad. La identificación de las comunidades en el campo constituyen una valiosa guía para profundizar los estudios de suelo. Se confirma la utilidad del sondeo eléctrico vertical para determinar la existencia de freática porque es un método rápido y no destructivo. La determinación de los perfiles presiométricos, a pesar de variar según las condiciones de humedad, resulta de gran utilidad para interpretar más ajustadamente las variaciones texturales y su eventual limitación para el desarrollo de cultivos.
- ❖ La mayoría de las comunidades relevadas en el secano presentan suelos con salinidad incompatible con la actividad agrícola de modo que deben ser lavados; a pesar de su sodicidad estos suelos no requieren una corrección ya que poseen suficiente yeso en el perfil. No se ha detectado ninguna capa freática en los primeros 15 a 32 m de modo que las restricciones al lavado corresponderían a la permeabilidad de los mismos ya que presentan en algunas comunidades horizontes más finos que podrían limitar el drenaje en profundidad. En esos casos son necesarios estudios de conductividad hidráulica saturada.
- ❖ Con respecto a la fertilidad, en general, son suelos pobres a muy pobres en nitrógeno total y materia orgánica, con una probable respuesta a la fertilización con fósforo y alto contenido de potasio intercambiable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume, Madrid. 820 pp.
2. Bremner, J.; Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen-Total. In: A. L. Page (Ed). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. ASA and SSSA, 2nd ed. Madison. Wisconsin. p. 595-624.

3. Fernández-Buces, N.; Siebe, C.; Cram, S.; Palacio, J. L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico. *Journal of Arid Environment*. 65(4): 644-667.
4. Gaviola de Heras, S. 1981. Caracterización eco-edafológica del área Nordeste (Dpto. Lavalle), Provincia Mendoza. Informe inédito. 57 p. (2 mapas).
5. González Loyarte, M. M.; Menenti, M.; Weidema P.; Roig, F. A.; Barton M. 2000. Mapping vegetation degradation applying remotely sensed data in the arid zones of Argentina. The Northeastern 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. 17 p.
6. _____; Rodeghiero A. G.; Buk, E.; Trione, S. 2000. Análisis comparativo de dos comunidades en el bosque de *Prosopis flexuosa* DC. del NE de Mendoza, Argentina. *Multequina* 9: 75-89.
7. Heredia, O. S.; Giufré, L.; Gorleri, F. J.; Conti, M. E. 2006. Calidad de los suelos del norte de Santa Fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. *Revista Ciencia del Suelo (Argentina)*. 24(2): 109-114.
8. Jackson, M. L. 1976. Análisis químico de suelos. 3ª ed. Ed. Omega S. A. Barcelona. España. 662 p.
9. Kunetz, G. 1966. *Principles of direct current resistivity prospecting*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Nikolassee. 103 p.
10. Martinis, N.; Robles, J. 2001. Oasis norte de Mendoza (Argentina). Acuífero libre: período 1969-1999. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*. 33(1): 65-74.
11. Mc George, W. T. 1939. Factors influencing the availability of native soil phosphate fertilizers in Arizona soils. *Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul.* 40. 57 p.
12. Menenti, M.; González Loyarte, M. M.; Abraham de Vázquez, E. M. 1989. Análisis digital de imágenes satelitarias en el estudio de procesos de desertificación en Mendoza. In: Roig, F. A. (Ed.) 1989. *Detección y control de la desertificación*. UNEP-CONICET/IADIZA-CRICYT. Mendoza, Argentina. p. 77-85.
13. Morábito, J.; Salatino, S.; Medina, R.; Zimmermann, M.; Filippini, M.; Bermejillo, A.; Nacif, N.; Campos, S.; Dediol, C.; Genovese, D.; Pizzuolo, P.; Mastrantonio, L. 2005. Calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*. 37(1): 1-23.
14. Nijensohn, L. 1962. El volumen de sedimentación, método indirecto para la determinación de la capacidad hídrica a 15 bares. En: *Actas 5ª Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Santa Fe*. p 64-67.
15. _____. 1970. Clasificación y estudio de suelos en el área del Proyecto del Río Dulce. Informe final. Corporación del río Dulce. Santiago del Estero. Argentina. 188 p.
16. Perez Valenzuela, B. R.; Salcedo, C. E.; De Cara, D. E.; Capuccino, S. N. 2000. Áreas de peligrosidad salina, Guaymallén-Mendoza (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*. 32(1): 95-103.
17. _____. 2001. Vegetación de San Martín (Mendoza). Cambios en su distribución cuantitativa. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo*. 33(2): 63-71.
18. Roig, F. A. 1973. El cuadro fitosociológico en el estudio de la vegetación. *Deserta*. 4: 45-67.
19. USDA. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Laboratory Staff. L. A. Richards (Ed). Handbook N° 60. 172 p.

Agradecimientos

La dos primeras autoras rinden un homenaje a la memoria de su colega y amiga Soledad María Cuccia.

Agradecen a Cecilia Scoones por los dibujos, a Nelly Horak por la traducción del resumen al inglés, a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE-Mendoza) por facilitar la imagen satelitaria y a Manuel Mamaní, jefe de la Unidad de Geofísica del IANIGLA-CONICET, por permitirles el uso del equipamiento para el sondeo eléctrico vertical.



Publicación diagramada en el Centro de Ediciones Académicas, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Diciembre 2007.



Tirada: 500 ejemplares

Printed in Mendoza, Argentina
Impreso en Mendoza, Argentina