



ESTUDIO DE SUELOS Y AGUA PROYECTO “CANNABIS MEDICINAL SAN JUAN”

FRACCION D

Ubicación de la propiedad: Campo “El Acequion”. Dpto Sarmiento. San Juan

Solicitante de estudio:

CANNABIS MEDICINAL SAN JUAN

Autores

- Germán Claudio Babelis. Ing. Agr. (M. Sc.) - Área Recursos Naturales - INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan. Cátedra de “Manejo y Conservación de suelos”, Dpto. Agronomía – Facultad de Ingeniería- UNSJ.
- Mario Liotta Tec. Hidráulico. Área Recursos Naturales - INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan.

Colaboradores

- Romina Batistella. Ing. Agr. Área de investigación de INA-CRAS Deleg. San Juan.
- Instituto de Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y ambiental. Dpto. de Ingeniería Civil- Facultad de Ingeniería- UNSJ.
- Lisandro Bustos. Tec. Enólogo. Laboratorio de suelos y Riego - INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan.
- Sergio Mundaca. Tec. Laboratorista. Laboratorio de suelos y Riego - INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan.
- Pedro Gil Tec. Químico – Laboratorio AGRO-ANÁLISIS. Ciudad de San Juan
- Laboratorio de control de calidad “Dr. Alberto Graffigna”. Univ. Católica de Cuyo – San Juan.

JUNIO 2021

1. INTRODUCCION

La obtención de información de los suelos en terrenos sin cultivar constituye el primer paso de un proyecto que tiene por objetivo la puesta en marcha de alguna actividad agrícola, industrial, turística o de cualquier otro tipo. Dicha información permite, por un lado, planificar actividades e inversiones de manera más segura tanto desde la mirada de la rentabilidad del proyecto a desarrollar como así también priorizar las áreas a evaluar en base a sus problemáticas ambientales, presión de uso de los suelos y recursos disponibles.

Para un correcto manejo del recurso suelo es necesario conocer propiedades físico-químicas del mismo como ser la textura, niveles de salinidad, materia orgánica, contenido de macronutrientes, entre otros. En la zona bajo estudio, de clima árido, se presentan suelos formados a partir de depósitos fluvio-eólicos recientes, pobres de materia orgánica y espacialmente, muy heterogéneos, en ocasiones acompañados de abundantes materiales gruesos en las zonas pedemontanas. Hacer agricultura en estas tierras implica el uso de agua en cantidad y calidad acorde al proyecto objetivo, por lo que resulta necesario conocer las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la fuente de agua utilizada si se pretende producir con trazabilidad.

El presente estudio tuvo por finalidad estimar la potencialidad productiva de un campo inculto con una superficie de 73,4 hectáreas ubicado en la zona Campogrande del Acequión, Dpto Sarmiento, provincia de San Juan. Mediante la apertura de calicatas, se realizó un relevamiento descriptivo de los suelos a escala de detalle y se determinaron las propiedades físico-químicas del perfil edáfico en los distintos sectores del campo. Los resultados permitieron obtener la información suficiente para la toma de decisiones en relación al suelo-planta-agua y además, medidas a aplicar para hacer operaciones de sistematización del terreno (desmonte y nivelación), que minimicen la erosión de los mismos.

2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1. Descripción de lugar y gira de reconocimiento

Como primer paso, con fecha 12/4/21 se realizó una recorrida general del campo en compañía del Ing. Marcos Roldán y posteriormente, en gabinete se determinó el perímetro de la propiedad, accesos y la ubicación de los sitios de observación. En la **Fig. 1** se presenta una imagen de Google Earth Pro, de la parcela y los sitios de observación.

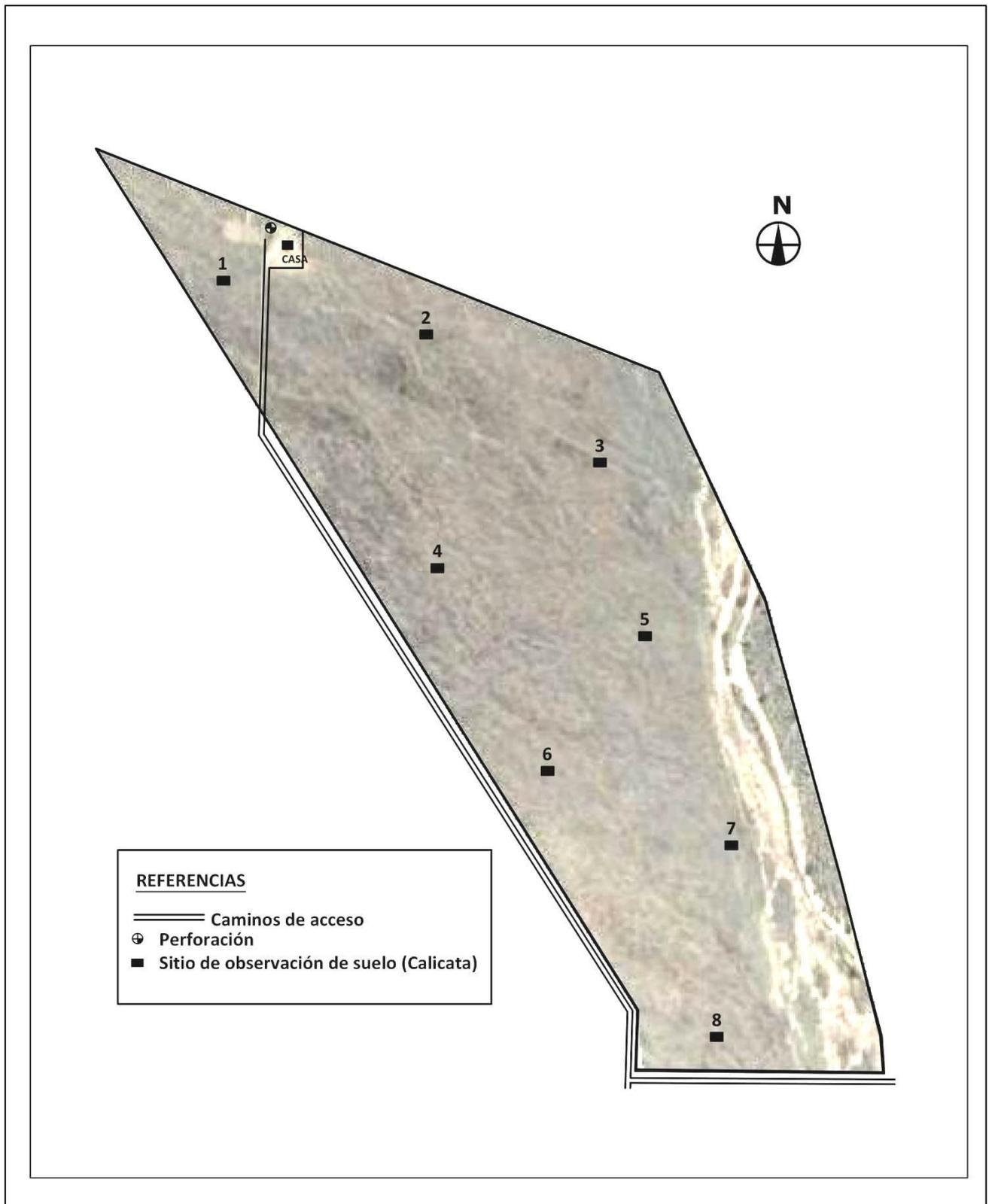


Fig. 1. Imagen satelital del campo con los sitios de observación definidos

2.2 Trabajos de campo

Relevamiento de suelos

Los trabajos de campo se realizaron los días 27 de abril y 4 de mayo de 2021. En la primera salida se hizo la apertura de las calicatas 1, 2, 3 y 5 y en la segunda las restantes (4, 6, 7 y 8). Las calicatas son pozos de 1,30 x 0,80 x 1 m de profundidad hasta alcanzar el subsuelo con alta pedregosidad (tipo esquelético con abundantes gravas, gravillas y rodados). En la **Fig.2** se muestra la realización de calicata en el Sitio 6.

En las calicatas se identificaron las diferentes capas, diferenciadas por su composición textural (**Fig. 3**). Además, se registraron otras características tales como estructura, consistencia (Dureza), plasticidad, adhesividad, color del suelo, pedregosidad en superficie y en profundidad, exploración de raíces, presencia de carbonatos evidenciados mediante la reacción efervescente que se logra con la aplicación de ácido clorhídrico diluido al 10% y pH de campo mediante colorimetría con reactivo universal. Además, en cada sitio se describió el relieve, la vegetación natural, grado de cobertura, pedregosidad en superficie, erosión y otras apreciaciones de interés. Todos los sitios fueron georeferenciados con GPS en coordenadas geográficas y se tomaron fotos del perfil y el paisaje circundante.

En todos los lugares se extrajeron muestras de suelo para determinar Conductividad Eléctrica en extracto de pasta saturada (CEe), pH, fertilidad química (NPK) y materia orgánica (MO) hasta una profundidad de 0,50 m. En general, la textura se definió in situ por apreciación al tacto, pero en algunas capas, se tomaron muestras para validar la composición textural mediante análisis por volumen de sedimentación de partículas en laboratorio (NIJENSOHN y PILASI 1962). De las capas que contenían abundante material con gravas, gravillas y rodados, se extrajeron muestras para análisis de contenido total (%) de gravas y el tamizado por tamaño (entre 25,4 y 2 mm).



Fig.2. Apertura de calicata en el sitio de observación N° 6.



Fig.3. Descripción del perfil de suelo en Calicata 6.

Muestreo de agua de perforación

En este aspecto se tomó una muestra en la perforación con un medidor multiparamétrico digital, modelo HQ30d, marca HACH y sus sondas selectivas (**Fig. 4**). El instrumento mide temperatura del agua, concentración (mg/L) y nivel de saturación (%) de oxígeno disuelto y el pH. (**Fig. 5 y 6**). Además, con un electrodo combinado de estado sólido selectivo para nitratos, se pudo determinar la concentración de Nitratos ($N-NO_3$). También, se extrajeron muestras para análisis químicos y bacteriológicos que fueron enviadas a los laboratorios respectivos por separado.



Fig.4. Muestreo de agua de perforación en recipiente estéril para análisis microbiológico.



Fig.5. Medición in situ de parámetros químicos del agua de perforación.



Fig.6. Medición de oxígeno disuelto in situ con electrodo selectivo (oxímetro).

2.3 Análisis de laboratorio

El detalle de las muestras de suelo remitidas a laboratorio se presenta en el **Cuadro 1**. Las determinaciones de textura y % de gravas se realizaron en el laboratorio de suelos del INTA San Juan (**Fig. 7**) y las restantes en laboratorio privado (**Fig. 8 y 9**). Como se puede ver la profundidad varía en cada sitio en función del análisis solicitado, los sitios para análisis de Cationes, Aniones y Boro, (**Obs. 1, 5 y 8**), fueron definidos una vez conocidos los valores de C_{Ee} y pH. El **Cuadro 2**, presenta detalles de los análisis realizados, tanto para suelo como para agua, en los laboratorios intervinientes.

Cuadro 1. Detalle de determinaciones realizadas en muestras de suelo.

Obs.	Prof (m)	Textura	Gravas	CEe y pH	N-P-K	MO	Boro	Aniones y Cationes
		I	II	III	IV	V	VI	VII
1	0,00-0,26	X						
	0,26-0,80		X					
	0,00-0,50			X	X	X	X	X
2	0,00-0,37	X						
	0,16-0,37		X					
	0,37-0,80		X					
	0,00-0,50			X	X	X		
3	0,00-0,15	X						
	0,15-0,40		X					
	0,00-0,50			X	X	X		
4	0,00-0,28	X						
	0,28-0,53	X						
	0,53-1,00		X					
	0,00-0,50			X	X	X		
5	0,00-0,17	X						
	0,17-0,41	X						
	0,17-0,41							
	0,41-0,65		X					
	0,00-0,50			X	X	X	X	X
6	0,00-0,45	X						
	0,45-1,00		X					
	0,00-0,50			X	X	X		
7	0,00-0,28	X						
	0,28-0,38	X						
	0,38-1,00		X					
	0,00-0,50			X	X	X		
8	0,70-1,10		X					
	0,00-0,50			X	X	X	X	X
Nº determinaciones		10	9	8	8	8	3	3

I-Textura por volumen de sedimentación (NIJENSOHN y PILASI 1962).

II- Contenido de gravas (% en peso fracciones mayores 2 mm)

III- Conductividad Eléctrica del extracto de saturación.

IV- Macronutrientes (Nitrógeno-Fósforo y Potasio).

V- Materia orgánica disponible (Método *Walkley-Black*).

VI- Boro en extracto de saturación.

VII-Aniones y Cationes en extracto de saturación.

Cuadro 2. Detalle de determinaciones analíticas realizadas y laboratorios contratados.

Elemento	Análisis	Interviniente
Agua de perforación	CE, pH, Cationes, RAS, dureza	Lab. Agro análisis. San Juan
	Arsénico, Boro, Turbidez	Lab. Univ. Católica de Cuyo
	Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, saturación y Nitratos	Babelis-Liotta (in situ)
	Arsénico($\mu\text{g/l}$), Boro (ppm), Turbidez (NTU)	Lab. Univ. Católica de Cuyo
	Bacterias aerobias y anaerobias, Mesófilas (MRP), Coliformes totales (Recuento por número más probable), Coliformes fecales (Ausencia en 100 ml), Escherichia Coli (Ausencia en 100 ml) y Pseudomonas Aeruginosa (Ausencia en 100 ml)	Lab. Univ. Católica de Cuyo
Suelo	Textura y contenido de fracciones mayor 2 mm	Lab.de Suelos, aguas de riego y tejidos vegetales INTA San Juan
	CEe, pH, NPK, MO, Aniones, Cationes y Boro	Lab. Agro análisis. San Juan



Fig.7. Separación de piedras y gravas gruesas (>25,4mm); gravas intermedias (>12,7mm); gravas finas (>6,3 mm); gravillas (> 2mm) y tierra fina seca al aire (< 2 mm).



Fig.8. Preparación de pastas de suelo en extracto de saturación para medición de CEe



Fig.9. Determinaciones químicas por espectrofotometría de absorción atómica.

3 RESULTADOS

3.1 Descripción general

El campo se encuentra ubicado en la zona de “El Acequión” en el Dpto. Sarmiento, San Juan a 100 km aproximadamente al sur de la ciudad Capital. Se accede desde Ruta 40 a unos 800 m antes del límite provincial y luego hacia el oeste por un camino consolidado (unos 35 km), donde terminan las estribaciones del cerro Salinas.

Desde el punto de vista geomorfológico corresponde a una planicie pedemontana formada por depósitos cuaternarios de origen coluvial originado por arrastre de materiales desde la precordillera oriental (Sierra de pedernal y Cerro bola).

El relieve corresponde a una zona suavemente ondulada, débilmente erosionado con una altitud que varía de desde 682 msnm en la esquina noroeste hasta 655 msnm en la esquina sureste. La pendiente media es de 1,4 % (1,40 m cada 100 m) en el sentido noroeste-sureste. Hacia el límite este del campo se presenta una bajada de creciente que atraviesa la parcela en el sentido norte-sur bordeando la zona serrana y el límite de la zona relevada.

La parcela se encuentra en la actualidad inculta y en las inmediaciones se han desarrollado varios emprendimientos productivos con base en la producción de frutales como olivo, vid, pistacho y granada.

La vegetación natural es típica de zonas áridas con escasas precipitaciones y especies tolerantes a sequía. Predomina (*Larrea divaricata*), Retamo (*Bulnesia retama*), brea (*Cercidium preacox*), pinchagua (*Condalia microphilia*) y cactáceas del genero *Opuntia*. Se observó además cobertura herbácea principalmente tricoloris (*Tricoloris crinita*) y porotillo (*Hoffmann seggia glauca*). La cobertura varía entre el 30 y el 60%, según lugar (**Fig. 10 y 11**).



Fig.10. Panorámica en las inmediaciones de **Cal. 1** con predominio de retamo, brea y cactáceas. Relieve suavemente ondulado (30% de pedregosidad en superficie).



Fig.11. Panorámica en las inmediaciones de **Cal. 6** con predominio de retamo, brea y cactáceas. Relieve suavemente ondulado (20% de pedregosidad en superficie).

3.2 Descripción de los suelos

Los suelos, al igual que en gran parte del Valle del Tulum, son de origen aluvio-coluvial. Son suelos jóvenes, inmaduros constituidos por capas sin desarrollo de horizontes. La variación en la disposición de estas capas es la resultante de los distintos procesos coluviales.

Si bien la zona relevada ha sido estudiada someramente por el INTA en sitios puntuales, pertenecen a la Serie “El Chilote” en su fase moderadamente erosionada y por pendiente (**CH1**). Taxonómicamente se clasifican, en el Orden: Entisoles, Suborden Fluvent; Gran Grupo Torrifluvent y subgrupo típico. Predomina la familia arenosa, mixta, térmica, sobre subsuelo esquelético arenoso y substrato generalmente arenoso.

En el **Cuadro 3** se presentan los valores obtenidos de los análisis texturales y % de gravas (fracciones >2mm) en los análisis realizados. Como complemento, se realizó una clasificación por tamaño del material grueso extraído en distintos estratos de los perfiles.

Cuadro 3. Resultados de análisis textural por el método de volumen de sedimentación y contenido de gravas (Fracciones mayores a 2 mm), en porcentaje.

Obs.	Prof (m)	Valor	Clasificación	% gravas fracciones mayores a 2 mm
1	0,00-0,26	68	Arenoso	
	0,26-0,80			65,3
2	0,00-0,37	68	Arenoso	
	0,16-0,37			26,2
	0,37-0,80			36,9
3	0,00-0,15	80	Arenoso franco	
	0,15-0,40			30,5
4	0,00-0,28	74	Arenoso	
	0,28-0,53	72	Arenoso	
	0,53-1,00			48,0
5	0,00-0,17	68	Arenoso	
	0,17-0,41	70	Arenoso	
	0,41-0,65			71,5
6	0,00-0,45	68	Arenoso	
	0,45-1,00			71,4
7	0,00-0,28	70	Arenoso	
	0,28-0,38	72	Arenoso	
	0,38-1,00			59,8
8	0,70-1,00			53,0

Nota: Escala de interpretación Textura por Volumen de sedimentación. **Cuadro A-ANEXO II**

Como puede verse, la textura que predomina es arenosa y eventualmente Arenosa franca con inclusiones de gravas y gravillas en el estrato superficial y un aumento de la pedregosidad en profundidad por debajo de 0,50 m como promedio. Los detalles de los perfiles de suelo para cada sitio figuran en el **ANEXO I** al final.

Con los datos de textura y nivel de pedregosidad estimados y determinados, se confeccionó el mapa de suelos el cual se presenta en la **Fig. 12**. En el mismo se señalan los sitios de observación y el perfil de suelo puntual en cada lugar. Para cada sitio, se calculó un promedio ponderado en función del contenido de materiales gruesos (gravas, gravillas y cantos rodados) que se presentan en las diferentes capas del perfil de suelo hasta una profundidad de 0,80 m. Las áreas con diferentes rangos se presentan en distintas tonalidades de sombreado desde beige hasta marrón. Figuran, además, las superficies correspondientes a cada sector.

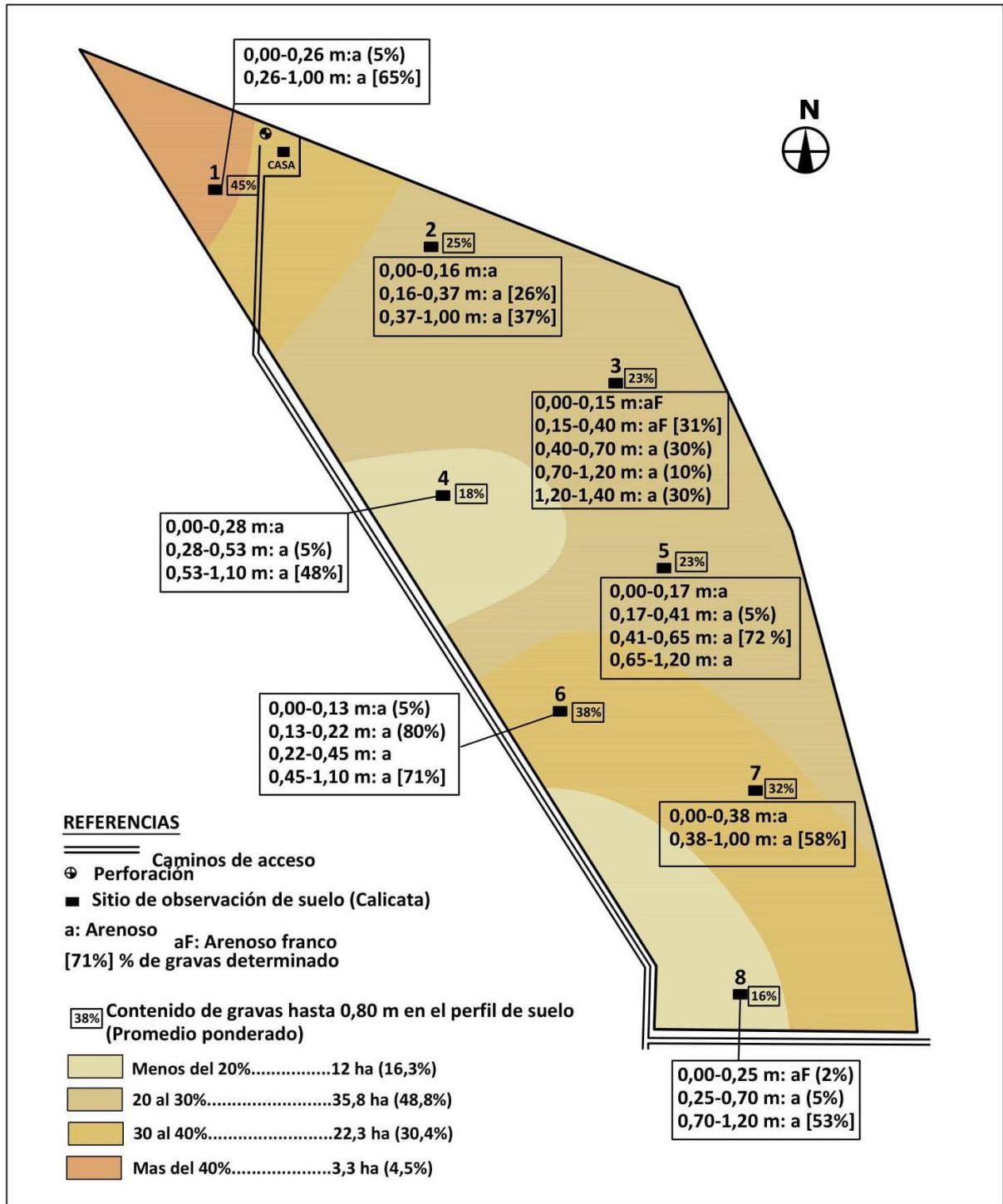


Fig.12. Perfiles de suelo en cada en cada sitio y mapa de pedregosidad.

La zona con mayor pedregosidad corresponde al noroeste donde se realizó la calicata 1 cuyo perfil presenta más del 40% de gravas como promedio hasta 0,80 m de profundidad (**Fig. 13**). En el resto del área la pedregosidad disminuye dentro de los niveles que figuran en el mapa. Los sectores con más suelo se presentan en las inmediaciones de las Obs. 4 y 8, que varían entre el 18 y 16% hasta 0,80 m de profundidad, respectivamente. (**Fig. 14**). En el **Cuadro 4** se presentan las superficies y porcentajes en función de los rangos clasificados por pedregosidad.



Fig.13. Perfil de suelo en Cal. 1. Suelo arenoso con 5% de gravillas en capa superficial (hasta 0,25 m) sobre subsuelo esquelético. Cada banda de la cinta roja/blanca tiene 0,1 m de largo.



Fig.14. Perfil de suelo en Cal. 4. Suelo arenoso hasta 0,50 m sobre subsuelo esquelético.

Cuadro 4. Superficie y % para distintos rangos de pedregosidad (Hasta 0,80 m)

Contenido de materiales gruesos (>2mm) hasta 0,80 m de profundidad	Superficie (ha)	%
Menos del 20%	12	16,3
20-30%	35,8	48,8
30-40%	22,3	30,4
Más del 40%	3,3	4,5
Total	73,4	100

3.3 Salinidad, pH, Aniones, Cationes y Boro.

Los valores de los análisis efectuados en suelo en lo que respecta a estos parámetros se presentan en el **Cuadro 5**. En todos los casos corresponde hasta una profundidad de 0,50 m. En la **Fig. 15**, se presentan el detalle de los valores puntuales para cada sitio de observación.

Cuadro 5. Valores de salinidad, pH, Aniones, Cationes, RAS, PSI y Boro en los sitios muestreados. Profundidad: 0,00-0,50 m

Obs.	CEe μS/cm	pH	Cationes (me/l)			Aniones (me/l)			RAS	PSI	Boro (ppm)
			Ca ²	Mg ²⁺	Na ⁺	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼			
1	289	8,4	1,37	0,02	0,90	2,08	0,20	0,02	1,1	0,3	0,4
2	270	8,6									
3	355	8,7									
4	247	8,6									
5	1.834	8,5	5,50	0,03	11,62	3,61	9,83	3,71	7,0	8,3	0,6
6	218	8,6									
7	277	8,5									
8	300	8,5	0,76	0,01	1,77	2,27	0,20	0,07	2,9	2,9	0,2
Promedio	473	8,55	2,54	0,02	4,76	2,65	3,41	1,27	3,67	3,83	0,40

Nota: Escalas de interpretación CEe, pH, Cationes, Aniones y Boro. Ver **Cuadros B, C, D, E -ANEXO II**

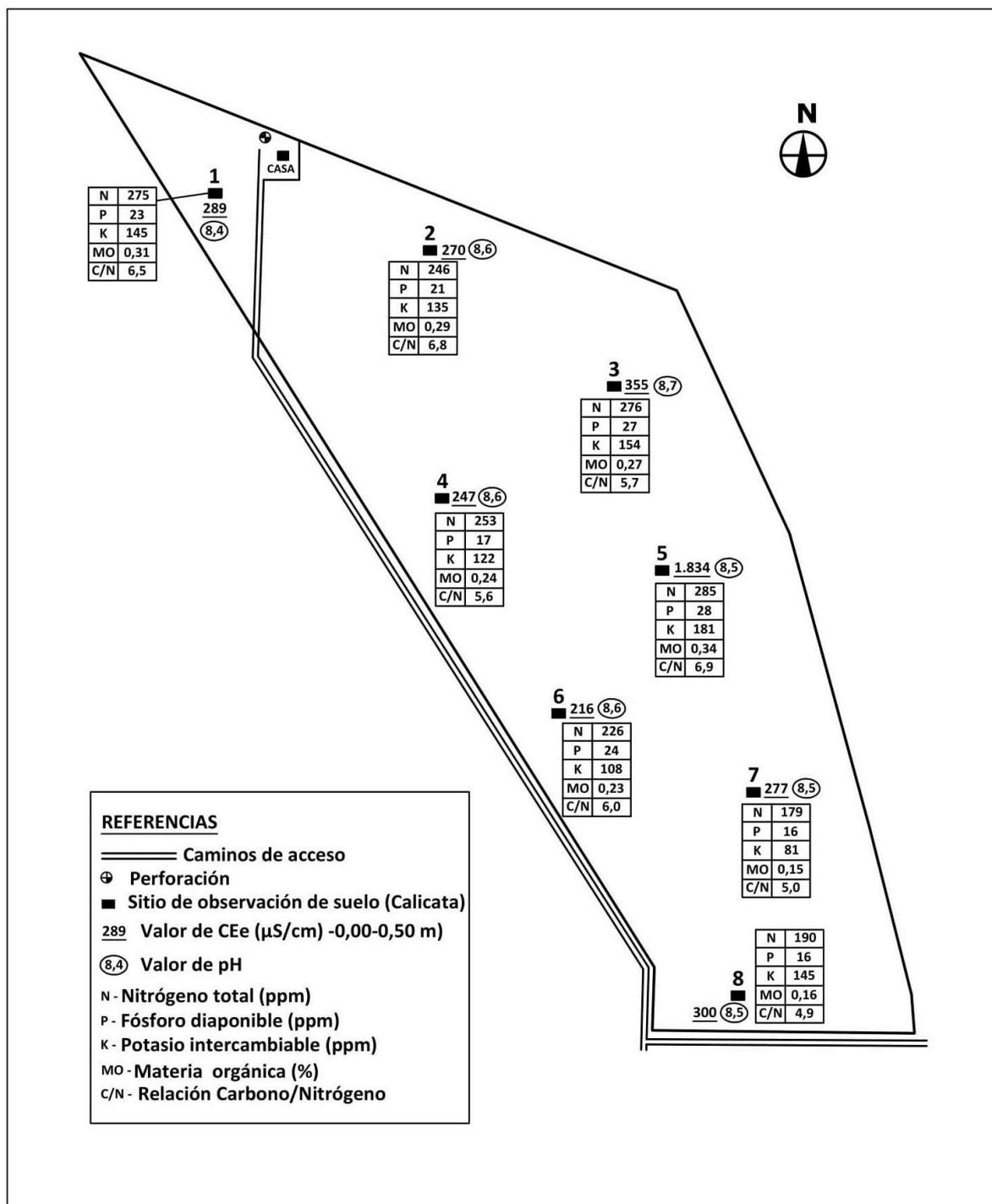


Fig. 15. Valores puntuales de salinidad y fertilidad en los sitios muestreados

Los valores de CEe resultan bajos en todos los casos analizados. Varían entre 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Obs. 6**), hasta 1.834 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Obs. 5**) y en promedio resulta de 473 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se encuentran por debajo del umbral a partir del cual se los considera salinos (4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o más). De acuerdo a clasificación de FAO son no salinos, no sódicos. En relación a pH, resultan valores muy similares en todas las muestras analizadas, entre 8,4 y 8,7 con un promedio de 8,5 el cual se clasifica como muy alcalino. Estos terrenos, poco intervenidos, contienen principalmente sales de calcio lo que se puede evidenciar con la moderada a alta reacción efervescente cuando se aplica ácido clorhídrico sobre los terrones. Los valores determinados de aniones y cationes validan también

lo mencionado, donde se agrega la posibilidad de formar sales de cloruro de sodio como en el caso en la Obs 5. La relación de absorción de Sodio (RAS) y el Porcentaje de Sodio de intercambio (PSI), son valores muy bajos en general. Un suelo es considerado sódico cuando el PSI es mayor al 15% o la RAS (relación entre el catión monovalente Na^+ y los cationes bivalentes Ca^{2+} y Mg^{2+}) de la solución del suelo es mayor al 13%. En cuanto a la presencia de Boro en el suelo, los valores determinados resultaron bajos (0,4 ppm como promedio).

3.4 Fertilidad y materia orgánica.

Los valores determinados en los principales macronutrientes (N-P-K), contenidos de materia orgánica y relación Carbono/Nitrógeno), figuran en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Valores de Nitrógeno, Fósforo, Potasio (N-P-K), y materia orgánica en los sitios muestreados. Profundidad: 0,00-0,50 m

Obs.	N total (ppm)	P disponible (ppm)	K intercambiable (ppm)	MO (%)	C/N
1	275 (MP)	23(A)	145(M)	0,31(P)	6,5
2	246 (MP)	21 (A)	135 (M)	0,29 (P)	6,8
3	276 (MP)	27 (A)	154(B)	0,27(P)	5,7
4	253 (MP)	17 (A)	122(M)	0,24(P)	5,6
5	285 (MP)	28 (A)	181(A)	0,34 (P)	6,9
6	226 (MP)	24 (A)	108(M)	0,23(P)	6,0
7	179 (MP)	16 (A)	81(P)	0,15 (MP)	5,0
8	190 (MP)	16 (A)	145(M)	0,16(MP)	4,9
Promedio	241	22	134	0,25	5,93

(MP) Muy pobre, (P) Pobre, (M) Medio, (B) Bueno, (A) Alto

Nota: Escalas de interpretación NPK y MO **Cuadro F y G ANEXO II**

Los resultados obtenidos indican muy bajos contenidos tanto de Nitrógeno como de carbono orgánico en todos los sitios relevados. Los valores oscilan entre 179 ppm (Sitio 7) hasta 285 ppm (Sitio 5) y el promedio resulta de 241 ppm. Esta situación es común en ambientes de clima árido y suelos con predominio de suelos arenosos con baja retención de humedad baja acumulación de materia orgánica proveniente de restos vegetales. En relación al Fósforo, los valores encontrados resultaron altos en general con una variación de 16 ppm (Obs. 7,8) hasta 28 ppm (Obs. 5) y como promedio 22 ppm. Finalmente, el Potasio se presenta con concentraciones en suelo dispares según el sitio. Varía entre 81 ppm (Obs. 7) hasta 181 ppm (Obs. 5) y como promedio 134 ppm.

Como se menciona en el párrafo anterior, los valores de materia orgánica resultaron muy bajos variando entre 0,15 % (Obs. 7) hasta 0,34% (Obs. 5) y un promedio de 0,25 %. En la relación C/N media fue de casi 6 lo que significa que hay seis unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno en la matriz de suelo evaluada. En un suelo agrícola esa relación debería acercarse a 10, que evidencia una baja fertilidad biológica del suelo es decir ausencia de condiciones favorables de clima edáfico para que los microorganismos prosperen y se favorezca la mineralización.

3.5 Calidad del agua para riego.

El agua de riego en la actualidad se extrae de una perforación existente en la zona del casco y cuyo acuífero es libre y pertenece a la cuenca Los Berros Sur. Además del muestreo y posterior análisis físico-químico del agua, se realizó también un análisis comparativo con resultados anteriores de la misma perforación, realizado por CONSULTAGUA con fecha julio de 2012. También, se consultaron antecedentes del INA-CRAS sobre las cualidades generales de la zona. Los resultados obtenidos “in situ” con el equipo portátil se presentan a continuación.

Cuadro 7. Resultados de las determinaciones efectuadas en campo sobre el agua.

Muestra	T(°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Saturación de oxígeno (%)	pH	N-NO ₃ (mg/L)
Agua de pozo	22,6	7,6	93	7,72	35,7

Los valores de temperatura son normales para una perforación. Según información tomada del ensayo de bombeo a caudal variable (2012), el nivel estático del acuífero se encuentra a 100 +/- 2 m. El pH determinado resultó levemente alcalino con un valor prácticamente igual al obtenido en el referido análisis (7,7). Respecto al oxígeno disuelto, la concentración es normal (7,6 mg/l) para acuíferos libres con buen estado de oxigenación. La concentración de nitrato (N-NO₃), resultó de 35,7 mg/l. Cualquier aumento en dichas concentraciones representa influencia de actividad antrópica. Sin embargo, en éste caso, no supera los 45 mg/l que son el límite inferior propuesto por el Código Alimentario Argentino y la Organización Mundial de la Salud para consumo humano.

Respecto a los parámetros químicos determinados en laboratorio, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 8-1. Determinaciones químicas realizadas en agua de perforación.

CE (1) (μScm^{-1})	pH	Cationes (me/l) (2)			RAS	Aniones (me/l) (3)		
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
1.953	7.3	3,49	0,58	15,16	10,6	3,09	5,62	10,52

Notas: (1) Conductividad eléctrica del agua. Expresada como CE en μScm^{-1} . (2) Cationes en agua. Expresados en me/l. (3) Aniones en agua. Expresados en me/l (Sulfatos por diferencia respecto a la suma de cationes).

En función de los valores obtenidos se clasifica como **Clase III-C3S2** según el diagrama de clasificación de calidad de aguas (Hand Book Nº 60, 1954). Desglosando la clasificación “C3” indica que puede aplicarse en suelos bien drenados y usar para riego en cultivos moderadamente tolerantes a salinidad, mientras que “S2” indica riesgo de sodicidad medio a bajo y que puede usarse para riego en terrenos cuya la textura predominante del suelo sea franco arenosa a más gruesa o en su defecto para suelos orgánicos. El pH es óptimo, con poca diferencia entre medidas de campo y de laboratorio. Con los datos de aniones y cationes se calculó el índice de Carbonato de Sodio Residual (CSR), el cual evalúa el potencial del agua de riego para inducir un suelo alcalino. El valor resultante resulta menor a 1,25 me/l, por lo que corrobora que la fuente de agua es segura para su uso en irrigación de cultivos.

$$\text{CSR} = (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) - (\text{CO}_3^{-} + \text{CO}_3\text{H}^{-}) = 0,98 \text{ me/l}$$

Respecto a la presencia de elementos que pueden provocar toxicidades específicas en el vegetal, podemos indicar que presenta contenidos aceptables y permisibles para cloruros y sulfatos, respectivamente. En el **Cuadro 8-2**, se presentan otros resultados referidos a Arsénico, Boro y turbidez del agua del pozo. No se presentó Arsénico y el contenido de boro se posiciona en la clase 2 para cultivos sensibles y en la clase 3 para tolerantes (Hand Book N° 60, 1954). Los valores de turbidez son elevados, sin embargo, esto podría deberse a que el pozo es relativamente nuevo y todavía no está limpio en su totalidad, por el tiempo de funcionamiento del mismo.

Cuadro 8-2. Resultados de las determinaciones Físico Químicas realizadas en el agua (cont.).

Detalles	Arsénico (1) ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro (2) ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Turbidez (NTU)
Agua de perforación	0,00	0,38	56,1

Notas: (1) Límites permitidos de Arsénico para agua potable según C.A.A. Art. 982: Máximo 0,01mg/L.(2) Límite permitido según C.A.A. Art. 982: Máximo 0,5mg/L.(3).Criterios de aceptación para consumo humano. Seg. Art 982 CAA: Máximo 3,00 NT.

Respecto a los parámetros microbiológicos del agua evaluada en el **Cuadro 9**, se presentan los resultados de laboratorio.

Cuadro 9. Resultados de las determinaciones microbiológicas realizadas en agua.

Detalles	Bacterias aerobias y anaerobias facultativas, mesofilas ($\text{ufc}\cdot\text{ml}^{-1}$)	Coliformes totales (2) ($\text{nmp}/100 \text{ ml}$)	Coliformes fecales - escherichiacoli - pseudomonasaeruginosa
Agua de perforación	52×10^2	< 2	AUSENCIA
Niveles de tolerancia (según Código Alimentario Argentino)	Valor límite para agua potable seg. CAA Art.982: menor de 500 ufc/mL.	Valores límites para agua potable seg. CAA art. 982: igual ó menor 3 NMP/100mL.	Valor límite para agua potable seg. CAA art 982: Ausencia en 100mL.

Los resultados muestran una carga bacteriana que supera, en su concentración, 10 veces el umbral aceptado para aguas destinadas a consumo humano pero para riego agrícola no se presentan problemas para su uso. Sobre Coliformes totales la presencia determinada resulta aceptable incluso para consumo humano y de las especies no encuadradas dentro de las llamadas indicadores de contaminación fecal. Respecto a estos últimos no fueron detectados.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los suelos que se presentan en la zona estudiada constituyen depósitos fluvio-eólicos de material moderadamente grueso que formaron perfiles de suelo poco profundos apoyados sobre manto rocoso o esquelético en profundidad. Predomina la textura arenosa con inclusiones de gravas y gravillas y subsuelo con gran contenido de gravas, gravillas y rodados (más del 50%)

desde 0,50 m en adelante. Son suelos bien drenados y no se presentan limitantes al drenaje en profundidad. Por el tipo de textura, poseen baja capacidad de retención de humedad (no más de 100 mm de lámina/m de profundidad) y pobre contenido de materia orgánica. Tal condición es la apropiada para ser utilizada con riego tecnificado de alta eficiencia (Goteo).

Debido a los bajos niveles de salinidad que se presentan, el establecimiento del cultivo se puede iniciar sin inconvenientes desde el inicio sin necesidad de lavado de suelos previo. No obstante, como la calidad del agua es regular (CE: 1.953 $\mu\text{S}/\text{cm}$), serán necesario un control de la evolución de la salinidad en el tiempo. Por el tipo de textura y muy buenas condiciones de drenaje en profundidad, resulta poco probable la acumulación de sales en el perfil, con el manejo del riego adecuado.

En relación a fertilidad es de esperar alta respuesta a fertilizaciones nitrogenadas y potásicas y en menor grado a fósforo. Respecto al pH del suelo y en relación con los intereses productivos de este emprendimiento, la bibliografía consultada presenta a *Canabbis sp.* como una especie vegetal que prefiere suelos levemente ácidos propios de sus zonas de origen (clima lluvioso y caluroso). El predio presenta suelos muy alcalinos por lo que se deberán considerar prácticas de manejo de la fertilización que ayuden promuevan una paulatina acidificación del medio edáfico.

Los indicadores de la actividad biológica de este ambiente (rel C/N) indican poca actividad de mineralización de compuestos orgánicos. Conforme se implementen actividades como riego y siembra de cultivos que fijen carbono al suelo, se irá favoreciendo la multiplicación de hongos y bacterias, la mineralización se acelerará y con ello la relación C/N se irá aproximando a valores de 10, tal como se mencionara precedentemente.

En lo que respecta a calidad del agua, por su contenido de sales (1 g/l estimado por la CE determinada), se considera apta para agricultura principalmente por las condiciones de suelo que se presentan (textura gruesa y buen drenaje). La capacidad potencial de retener cationes (CIC), por parte del suelo es baja es decir pocas probabilidades de retener iones sodio más bien estos se mantendrían en solución. Además, los contenidos de Boro son bajos y no se detectó arsénico. Salvo por la turbidez determinada, que requerirá tomar recaudos en lo que se refiere a filtrado, el agua no presenta mayores restricciones de uso para riego ya que no se detectó Arsénico y los niveles de Boro son bajos (normales para la zona). El análisis de parámetros microbiológicos no presenta anomalías y se ajusta a la condición normal de una perforación que extrae en un acuífero libre sin influencia de actividad antrópica.

Se recomienda utilizar correctores de pH y/o secuestrantes de cationes si se va a emplear esta fuente de agua para diluir productos químicos en la preparación de caldos para pulverizaciones de cultivos. Es también probable que por la dureza del agua (contenidos de carbonatos), se puedan presentar problemas de obstrucción en goteros, por lo que se recomienda un diseño del sistema de riego con emisores autolimpiantes y con un mantenimiento acorde en función de lo que se observe en el tiempo. Un mantenimiento eficiente es por lo menos tres veces al año (Principios, mediados y fines de temporada), con soluciones ácidas para la limpieza y mantenimiento del sistema.

La necesidad de desmonte es baja debido a que la vegetación predominante es arbustiva. Asimismo, no es necesaria la nivelación ya que el relieve es suavemente ondulado y para su habilitación con sistema de riego tecnificado, es suficiente el emparejamiento del terreno.



Debido a que no hay experiencia del cultivo en la provincia y en la zona, se recomienda la realización de ensayos específicos relacionados a variedades, distancia de plantación y fechas de siembra. Los ensayos a pequeña escala (mini plots) y con validez estadística permitirán obtener resultados más ajustados y la toma de decisiones para conocer el óptimo manejo del cultivo.

5 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- Cisneros H., C. Costa y Carlos Giardini (2010) Análisis neotectónico del Área Cerro Salinas, Dpto. Sarmiento, Provincia de San Juan. Revista de la asociación geológica argentina 67(4): 439 - 449 (2010).
- Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils (1954). Agriculture Handbook No. 60. United States Salinity Laboratory Staff
- INTA., 1976. Estudios de Suelos y Drenaje de los valles de Tulum, Ullum y Zonda. San Juan. Argentina. Estación Experimental Agropecuaria. 1, 2, 210 p (inédito). San Juan
- JACKSON, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. 3ª edición, Omega. Barcelona.
- Liotta, M. 2000. Los suelos del valle de Tulum, Ullum y Zonda. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suelos_valle_del_tulum_ullum_y_zonda.pdf
- Lohn, p. 1969. Calidad del agua para riego. Su clasificación. Plan Agua Subterránea, Provincia de San Juan - CFI Argentina.
- Nelson, D. and Sommers, L. 1982. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph, 9, 539-579.
- Nijensohn, I. & Pilasi, H. 1962. Correlación entre el contenido de agua a pF0, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. Resúmenes de trabajos y comunicaciones. 2da Reunión Argentina y 1er Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.
- Suvires, G. 2004. Distribución de los suelos en función del relieve y de la neotectónica en la región sureste de la provincia de San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (3): 376-384
- USDA, 2003. Keys to soil taxonomy. Natural Resources Conservation Service. 9ed., 332 p.
- Ocaña, R; Suvires, G. 2014. Cartografía geomorfológica digital de la depresión tectónica de Matagusanos- Zonda - Acequión. San Juan. Argentina
- Victoria, J. A., Guimaraes, M. E. y Zambrano, J. J. 2009. Investigación Hidrogeológica del Área Cerro Valdivia – Ramblón, departamento de Sarmiento, provincia de San Juan. IT-279. Informe Técnico del Instituto Nacional del Agua. Centro Regional de Agua Subterránea.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA SAN JUAN
Área suelo, riego, drenaje y gestión ambiental

Calle 11 y Vidart. Villa Aberastain. Dpto. Pocito. (5427) San Juan. Tel: (0264) 4921079

ANEXO I

PERFILES DE SUELO EN SITIOS DE OBSERVACION

Calicata 1		Fecha:27/04/2021
Coordenadas: 3212 59,9 S – 68 4158,8 W.		Altitud: 676 msnm
Vegetación natural: Retamo, Jarilla, brea.		
Cobertura: 60 %		Relieve: Suavemente ondulado.
Observaciones: Pedregosidad en superficie: 30%. Raíces hasta 0,70 m		
Fotos:CAL 1(1), CAL 1(2)		
Descripción del perfil de suelo		
0,00	Arenoso con gravas y gravillas (5%)	Reacción a CIH Moderada
0,26 m	Arenoso con gravas, gravillas y rodados [65%]	Pedregosidad hasta 0,80 m: 45% (Prom. ponderado) Reacción a CIH Alta por presencia de Calcáreo
1,00 m		
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 289 μ S/cm pH: 8,4		
Fertilidad: Nitrógeno: 275 ppm; Fósforo: 23 ppm; Potasio: 145 ppm. MO: 0,31%		

Calicata 2		Fecha:27 /04/2021
Coordenadas: 32 13 02,7 S – 68 41 46,4 W.		Altitud: 675 msnm
Vegetación natural: Retamo, Brea, Jarilla, cactáceas		
Cobertura: 50 %		Relieve: Suavemente Ondulado.
Observaciones: Pedregosidad en superficie: 30%. Raíces hasta 0,30 m		
Fotos:CAL 2(1), CAL 2(2)		
Descripción del perfil de suelo		
0,00	Arenoso sin gravas	Reacción a CIH Moderada
0,16 m	Arenoso con gravas y gravillas [26%]	Reacción a CIH Moderada
0,37 m	Arenoso con gravas y gravillas [37%]	Pedregosidad hasta 0,70 m: 25% (Prom. ponderado) Reacción a CIH Débil
1,10 m		
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 270 μ S/cm , pH: 8,6		
Fertilidad: Nitrógeno:246 ppm ; Fósforo: 21ppm ; Potasio: 135 ppm. MO:0,29%		



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA SAN JUAN
Área suelo, riego, drenaje y gestión ambiental

Calle 11 y Vidart. Villa Aberastain. Dpto. Pocito. (5427) San Juan. Tel: (0264) 4921079

Calicata 3		Fecha: 14/04/2021
Coordenadas: 32 13 09,4 S – 68 41 35,7 W.		Altitud: 670 msnm
Vegetación natural: Retamo, Brea, Jarilla, cactáceas, cobertura herbácea.		
Cobertura: 40 %		Relieve: Suavemente ondulado, levemente erosionado
Observaciones: Pedregosidad en superficie: 40%. Raíces hasta 0,50 m		
Fotos: CAL 3(1), CAL 3(2)		
Descripción del perfil de suelo		
0,00	Arenoso franco sin gravas	
0,15 m	Arenoso franco con Gravas y rodados [30,5%]	
0,40 m	Arenoso con gravas Y rodados (30%)	
0,70 m	Arenoso con gravas Y gravillas (10%)	
1,20 m	Arenoso con gravas Y gravillas (30%)	
1,40 m		
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 355 μ S/cm , pH: 8,7		
Fertilidad: Nitrógeno: 276 ppm; Fósforo: 27ppm; Potasio: 154 ppm. MO: 0,27%		

Calicata 4		Fecha: 04 /05/2021
Coordenadas: 32 13 15,0 S – 68 41 45,6 W.		Altitud: 674 msnm
Vegetación natural: Retamo, Brea, Cactáceas, Cobertura herbácea		
Cobertura: 50 %		Relieve: Suavemente ondulado
Observaciones: Pedregosidad en superficie: 15% Raíces hasta 0,50 m		
Fotos: CAL 4(1)		
Descripción del perfil de suelo		
0,00	Arenoso sin gravas	
0,28 m	Arenoso franco Con gravas (5%)	
0,53 m	Arenoso con Gravas y gravillas [48%]	
1,10 m		
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 247 μ S/cm, pH: 8,6		
Fertilidad: Nitrógeno: 253ppm; Fósforo: 17ppm; Potasio: 122 ppm. MO: 0,24%		



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA SAN JUAN
Área suelo, riego, drenaje y gestión ambiental

Calle 11 y Vidart. Villa Aberastain. Dpto. Pocito. (5427) San Juan. Tel: (0264) 4921079

Calicata 5 Coordenadas: 32 13 18,5 S – 68 41 32,9 W. Vegetación natural: Retamo, Brea, Jarilla, cobertura herbácea. Cobertura: 60 % Relieve: Suavemente ondulado Observaciones: Pedregosidad en superficie: 10% Raíces hasta 0,60 m Fotos: CAL5(1), CAL5(2)	Fecha: 27/04/2021 Altitud: 665 msnm
Descripción del perfil de suelo	
0,00 Arenoso con gravas (15%) 0,17 m Arenoso con gravillas (5%) 0,41 m Arenoso con gravas y gravillas [72 %] 0,65 m Arenoso franco sin gravas Pedregosidad hasta 0,70 m: 23 % (media) 1,20 m	
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 1.834 μ S/cm , pH: 8,5 Fertilidad: Nitrógeno: 285ppm; Fósforo: 28ppm; Potasio: 181ppm. MO: 0,34%	

Calicata 6 Coordenadas: 32 13 25,6 S – 68 41 38,9 W. Vegetación natural: Retamo, Jarilla, Brea, Cactáceas Cobertura: 40 % Relieve: Suavemente ondulado Observaciones: Pedregosidad en superficie: 30% Raíces: Hasta 0,40 m Fotos: CAL 6(1), CAL 6(2), CAL 6(3)	Fecha: 04 /05/2021 Altitud: 664 msnm
Descripción del perfil de suelo	
0,00 Arenoso c/gravillas (5%) 0,13 m Arenoso c/gravas y gravillas (80%) 0,22 m Arenoso sin gravas Reacción a CIH débil en todo el perfil 0,45 m Pedregosidad hasta 0,70 m: 27 % (Prom. ponderado) Arenoso con gravas y gravillas [71%] 1,10 m	
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 218 μ S/cm, pH: 8,6 Fertilidad: Nitrógeno: 226ppm; Fósforo: 24ppm; Potasio: 108 ppm. MO: 0,23%	



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA SAN JUAN
Área suelo, riego, drenaje y gestión ambiental

Calle 11 y Vidart. Villa Aberastain. Dpto. Pocito. (5427) San Juan. Tel: (0264) 4921079

Calicata 7		Fecha: 04/05/2021
Coordenadas: 32 13 29,5 S – 68 41 27,6 W.		Altitud: 663 msnm
Vegetación natural: Retamo, Jarilla, brea		
Cobertura: 40 % Relieve: Ondulado con diferencias +- 60 cm. Levemente erosionado hacia el este con cárcavas de bajadas de creciente		
Observaciones: Pedregosidad en superficie: 10% Raíces: hasta 0,60 m		
Fotos: CAL 7(1), CAL 7(2)		
Descripción del perfil de suelo		
0,00		
Arenoso		
0,38	Reacción a ClH Débil en todo el perfil	
Arenoso		
Con gravas y		
Gravillas [58%]	Pedregosidad hasta 0,70 m: 32 % (Prom. ponderado)	
1,10 m		
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 277µS/cm, pH: 8,5		
Fertilidad: Nitrógeno: 179 ppm; Fósforo: 16ppm; Potasio: 81 ppm. MO:0,15%		

Calicata 8		Fecha: 04/05/2021
Coordenadas: 321329,5 S – 68 4127,6 W.		Altitud: 663 msnm
Vegetación natural: Retamo, Jarilla, Piquillin		
Cobertura: 30 % Relieve: Suavemente Ondulado		
Observaciones: Pedregosidad en superficie: 10% Raíces hasta 0,80 m		
Fotos: CAL8(1)		
Descripción del perfil de suelo		
0,00 m		
Arenoso franco con		
gravillas (2%)		
0,25 m		
Arenoso franco con		
gravillas (15%)		
0,70 m	Pedregosidad hasta 0,70 m: 16 % (Prom. ponderado)	
Arenoso con		
Gravas y gravillas [53%]		
1,10 m		
Salinidad: CEe 0,00-0,50 m: 300 µS/cm; Ph: 8,5		
Fertilidad: Nitrógeno: 190ppm; Fósforo: 16ppm; Potasio: 145 ppm. MO: 0,16%		

ANEXO II

ESCALAS DE INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELO

Cuadro A. Escala de interpretación textural por el método de volumen de sedimentación

Lectura	Textura	Abreviación
64 a 76	Arenoso	a
78 a 84	Arenoso franco	aF
86 a 90	Franco arenoso	Fa
92 a 98	Franco	F
100 a 104	Franco limoso	FL
106 a 114	Franco arcilloso	FA
116 a 128	Franco arcillo limoso	FAL
130 a 150	Arcilloso	A

Fuente: Laboratorio de Suelos y Tejidos vegetales. INTA San Juan

Cuadro B. Interpretación de salinidad en función de pasta saturada en extracto de saturación

Valor de C _{Ee} (μ S/cm)	Interpretación
Hasta 4.000	No salino
4.000 - 7.000	Salinidad leve
7.000 -15.000	Salinidad moderada
15.000-30.000	Salino
Más de 30.000	Muy salino

Fuente: Laboratorio de Suelos y Tejidos vegetales. INTA San Juan

C_{Ee}. Es una determinación indirecta de la salinidad en función de la Conductividad eléctrica medida en extracto de saturación en pasta de suelo.

Cuadro C. Escala de Interpretación de pH en suelo

Reacción	pH
Fuertemente ácido	Menor de 5
Moderadamente ácido	5,1 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Levemente alcalino	7,4 – 8,0
Moderadamente alcalino	8,1-8,5
Alcalino	Mayor de 8,5

Fuente: Laboratorio de Suelos y Tejidos vegetales. INTA San Juan

pH. Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución que indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. En solución, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que 7, neutras aquellas iguales a 7 y alcalinas las que presentan un pH mayor a 7. Las lecturas de pH medidas mediante la inserción de un electrodo selectivo en las pastas saturadas de suelo.

Cuadro .D Escala de interpretación en función de los niveles de CEe y PSI

Suelo	Parámetros de CEe y PSI
Normal	CEe < 4.000 μ S/cm a 25°C y PSI < 15%
Salino	CEe > 4.000 μ S/cm a 25°C y PSI < 15%
Sódico	CEe < 4.000 μ S/cm a 25°C y PSI > 15%
Salino-sódico	CEe > 4.000 μ S/cm a 25°C y PSI > 15%

Fuente: FAO (2001)

PSI(%): Los indicadores químicos de salinidad de carácter global utilizados para la caracterización y el diagnóstico de la afectación por la salinidad son la CEe, PSI (% Na⁺ intercambiable) y el pH; cuyos parámetros permiten separar a los suelos afectados por salinidad en 4 grupos: Normales, Salinos, Salino-sódicos y sódicos.

Cuadro E. Escala de interpretación de boro en suelo.

ppm	Menor de 0,30	0,30-0,65	0,66 – 1,00	1,10 – 3,50	Mas de 3,50
Interp.	Deficiencia	Posible deficiencia	Improbable deficiencia	Sin deficiencia	Posible toxicidad

Fuente: Proyecto fertilizar INTA Pergamino

Cuadro F. Escala de interpretación análisis de fertilidad en suelo.

TIPO DE ANALISIS	Técnica	Textura Cultivo	Unidad	CLASIFICACION				
				MUY POBRE	POBRE	MEDIO	BUENO	ALTO
NITROGENO Total	Método (Kjeldahl)	FINA	N ppm	<500	500-700	700-1.000	1.000-1.500	>1.500
		GRUESA	N ppm	<400	400-600	600-900	900-1.200	>1.200
FOSFORO Disponible	Técnica Arizona (1:10)	Cultivo Anual	P2O5 ppm	<5	5 – 8	8 - 10	10 - 15	>15
	Técnica Mendoza (1:50)	Cultivo Perenne	P2O5 ppm	<20	20 – 30	30 - 50	50 – 80	>80
POTASIO Intercambiable	Método (C2H7NO2)		K ppm	<50	50 - 100	100 - 150	150 - 200	>200

Fuente: Facultad de Agronomía – UN de Cuyo

Cuadro G. Escala de interpretación en contenido de materia orgánica en suelo.

Tipo de suelo	Muy pobre	Pobre	Medio	Bueno	Alto
Textura fina	<0,4	0,4-0,7	0,7-1,0	1,0-1,5	>1,5
Textura gruesa	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,7	0,7-1,0	>1,00

Fuente: Facultad de Agronomía. UNCuyo. Mendoza.

Materia Orgánica total (MO). La materia orgánica es una expresión ampliamente difundida que está directamente relacionada con la cantidad de carbono orgánico (CO) presente en el suelo ya sea en formas poco descompuestas como los restos vegetales (raíces principalmente), o como una combinación de CO estable más CO lábil, siendo este último el que se transforma a corto plazo en ácidos húmicos y fúlvicos.