

Caracterización de dos suelos en distintas posiciones de paisaje e igual manejo en la cuenca del Río Quequén Salado



1. **Introducción**
2. **Materiales y métodos**
3. **Área de estudio**
4. **Trabajo de campo**
5. **Determinaciones de laboratorio**
6. **Determinación microbiológica**
7. **Suelo N° 1**
8. **Descripción morfológica del Suelo N° 1**
9. **Caracterización física - Suelo N° 1**
10. **Caracterización química del Suelo N° 1**
11. **Suelo N° 2**
12. **Caracterización física - Suelo N° 2**
13. **Caracterización química del Suelo N° 2**
14. **Descripción morfológica del Suelo N° 3**
15. **Clasificación por capacidad de uso**
16. **Comparación de suelos ubicados en diferentes geoformas (1 y 2)**
17. **Conclusiones**
18. **Apéndice**
19. **Bibliografía**

Introducción

El partido de Coronel Dorrego fue creado el 29 de diciembre de 1887. Se encuentra en la región sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Limita al norte con Coronel Pringles; al este con Tres Arroyos; al sur con el municipio urbano de Monte Hermoso y al oeste con Coronel de Marina L. Rosales. Sus límites naturales son al este el río Quequén Salado, al oeste el río Sauce Grande y al sur con el mar Argentino.

El partido posee una superficie total de 578.250 ha y cuenta con una población total de 17.700 habitantes aproximadamente. Debido a su gran extensión presenta diferentes tipos de paisajes: sistema serrano, llanuras, valles extraserranos y un litoral marítimo arenoso (González Uriarte y Navarro, 2005), asociados a diferentes usos de la tierra. Teniendo en cuenta las características productivas de cada sector del partido se encuentran explotaciones dedicadas únicamente a la agricultura, así como explotaciones mixtas con predominio de la ganadería donde los suelos presentan problemas de drenaje o presencia de sales (este del partido).

En el presente estudio se realiza la caracterización, comparación y análisis de dos suelos ubicados en diferentes relieves dentro del Establecimiento & uml; La Merced" (Irene, Pdo. de Cnel. Dorrego),

sometidos a similares usos y manejos durante los últimos 60 años. Por otro lado, se analizó un tercer perfil, a fin de evaluar qué diferencias edáficas presentan suelos ubicados en diferentes patrones topográficos de un mismo paisaje.

Materiales y métodos

Previamente al relevamiento de campo se analizaron 2 fotografías aéreas del establecimiento tomadas en el año 1967, de escala 1:20.000 aproximadamente (figura 1). En las mismas se pudieron observar el cauce del Arroyo Indio Rico, que pasa por el centro del establecimiento. En el sector sudoeste, se aprecia un afluente discontinuo del mismo arroyo, con formación de una laguna temporaria durante los ciclos de mayor precipitación. Por otro lado, en las cercanías del esquinero noreste se aprecia otro afluente temporario. Del análisis de esta imagen y de la información suministrada por el dueño del establecimiento se ubicaron los lugares de observación. El perfil 1 corresponde a un relieve de plano alto (lomada), mientras que el perfil 2 se ubica en un paisaje de relieve subnormal, próximo a la depresión que funciona como laguna temporal. El perfil 3 corresponde al mismo paisaje del perfil 1, diferenciándose ambos por un patrón fotográfico de distinta tonalidad.

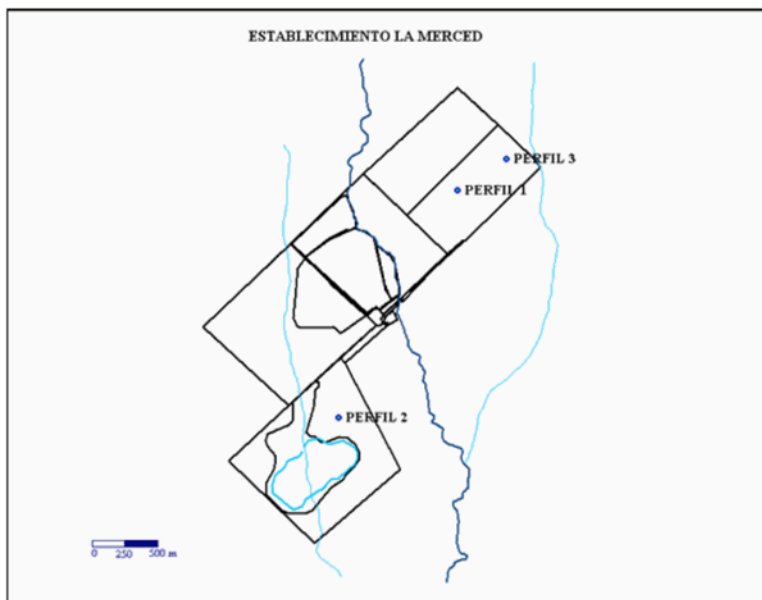


Figura 1. Fotografía aérea del establecimiento "La Merced", (escala 1:20.000, Empresa Sparta S.A.).

El predio se encuentra dividido en 5 potreros principales, subdivididos por alambrados eléctricos en función del riesgo de inundación (formas irregulares). En la figura 2 se presentan los potreros del predio sobre una imagen satelital, donde se pueden apreciar distintos usos y niveles de humedad edáfica para similares usos.



Figura 2. Establecimiento La Merced sobre Imagen LANDSAT 7 (Composición 7,5,2). Escala Aproximada 1:100.000 (Gentileza CONAE).



Croquis del Establecimiento (Archivo Original cedido por Ing. Leonardo Elgart).

Área de estudio

- **Ubicación:**

Los suelos analizados se ubican en el establecimiento "La Merced", propiedad de Arturo Righetti. La superficie es de 365 ha y se encuentra en el cuartel XIV de Coronel Dorrego, próximo a la estación Irene, a 60 km de la ciudad cabecera y a unos 5 km de la ruta Nacional N° 3 en el km 535.



Ubicación del establecimiento (mapa de la Argentina).

- **Clima**

De acuerdo a la clasificación de Thornthwaite, el clima de esta región pertenece al tipo sub-húmedo seco.

La temperatura media anual es de 14° C. La amplitud media anual es de 15.2° C, siendo el mes más caluroso enero y el más frío junio.

La distribución de lluvias es bastante uniforme a lo largo del año, salvo una disminución en los meses invernales. El trimestre otoñal resulta ser el más lluvioso, aportando el 31% de la precipitación anual. La precipitación media anual de la localidad de Coronel Dorrego es de 716 mm. En la tabla 1 se presenta la distribución mensual de las precipitaciones para el período 2003-2007.

Tabla 1: distribución mensual de precipitación (mm)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2003	57	18	45	8	28	5	37	24	17	220	63	62	584
2004	39	46	50	105	10	24	116	37	60	85	68	163	803
2005	25	97	36	19	12	25	18	34	53	33	88	84	524
2006	49	100	18	41	0	21	30	5	45	167	18	74	568
2007	50	133	142	90	-	-	-	-	-	-	-	-	415

Fuente: Sandro Traverso, vecino del establecimiento.

Según el mapa de regímenes de temperaturas y humedad del suelo según Van Wambeke y Scoppa (1976) el área de estudio se encuentra en una transición de régimen de humedad ústico a údico. Los inviernos son fríos, con neblinas matinales y heladas que alcanzan los -7°C. Estas se extienden desde fines de Marzo hasta principios de Noviembre, causando en algunos casos daños en los sembrados.

Los vientos son de moderada intensidad, aunque durante el período estival el aumento del mismo y su frecuencia pueden llegar a determinar períodos donde la erosión eólica puede alcanzar su mayor magnitud.

- **Vegetación**

El partido de Coronel Dorrego se encuentra dentro de la zona fitogeográfica llamada estepa pampeana; las especies predominantes son las de la estepa de gramíneas, pudiéndose encontrar también estepas psamofilas, halófitas y diferentes tipos de vegetación hidrófila. En las dunas litorales se encuentra junquillo y olivillo.

Las gramíneas cespitosas que podemos encontrar son de los géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Melica*, *Bromus* y *Poas*.

- **Red Hidrográfica**

La red hidrográfica está representada por los ríos Sauce Grande y Quequén Salado, representando los límites oeste y este respectivamente del partido y que constituyen los principales cursos de agua superficial. La zona entre ambas cuencas presenta cursos de menor importancia como son el Arroyo Las Cortaderas-Las Mostazas, Los Gauchos, El Perdido, Indio Rico y El Zanjón. En los valles de estos cuerpos de agua pueden presentarse procesos de erosión hídrica, asociados a gradientes marcados.

- **Geomorfología**

Debido a su gran extensión el partido presenta diferentes tipos de paisajes. En el sector NO, el piedemonte del Sistema serrano de Ventana presenta las mayores altitudes (alturas de 270 m sobre el nivel del mar). En esta posición se ubican las nacientes de los principales cursos de agua, con variaciones de relieve que limitan las prácticas agrícolas. Las serranías se continúan con la llanura subventánica occidental, que se extiende entre los 120 a 150 metros de altitud. El paisaje corresponde a lomadas amplias, con lagunas y vías de drenaje, con pendientes menores al 1%. En este sector se observan distintos valles de cursos de agua que recortan la planicie. Hacia el este la llanura pierde pendiente, siendo cercana al 0,1%. Esto da como resultado un drenaje deficiente y encharcamientos marcados. Al sur de la llanura se encuentra el litoral marítimo arenoso, que comprende el sector de dunas costeras y la playa actual (González Uriarte y Navarro, 2005).

- **Características generales de los suelos del área**

La distribución de los suelos y sus características están ligadas al paisaje. Los factores principales que actúan en la evolución de los suelos de la región son el relieve, los materiales originarios y el clima. En la llanura subventánica el relieve es muy suavemente ondulado, con suelos formados por sedimentos loésicos de espesor variable, depositados sobre un horizonte petrocálcico. Los suelos "zonales" son medianamente desarrollados. Su profundidad efectiva está limitada por la tosca que se encuentra normalmente entre 60 y 100 cm de profundidad, con texturas francas y aún más finas. En algunos casos se observa un marcado desarrollo del perfil, con presencia de horizonte Bt.

En el sector marítimo los suelos se generan sobre materiales eólicos de textura gruesa, con desarrollo incipiente, baja retención hídrica y alta susceptibilidad a la erosión eólica. Otros suelos de menor distribución son los que ocupan los cañadones, son más evolucionados, reciben aporte de agua desde los sectores laterales, con buen drenaje, y están totalmente lavados. Son profundos, en general no se encuentra la tosca, con un mayor desarrollo del horizonte A, y en algunos casos pueden tener un horizonte iluvial. Estos suelos no presentan limitaciones para su uso más allá de las climáticas.

Los suelos de las terrazas aluviales, carecen de desarrollo genético, se componen de materiales edáficos estratificados depositados por la dinámica fluvial.

La mayoría de los suelos se clasifican en Haplustoles (típicos, líticos-petrocálcicos, énticos, etc.) y Argiudoles (según el mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires).

Trabajo de campo

La ejecución del trabajo de campo consistió en la apertura de tres calicatas, ubicadas en áreas topográficas diferentes, dos de las cuales se encuentran en una misma área diferenciándose por un cambio de color que se observó en la foto aérea y la otra calicata se encuentra en un paisaje diferente con respecto a las dos primeras.

Se realizó la descripción de las características externas de los perfiles (factores de sitio), seguido de la descripción morfológica de cada perfil tomando en cada horizonte muestras disturbadas para las determinaciones de laboratorio.

En los horizontes superficiales se tomaron con pala muestras no disturbadas para determinaciones específicas (estabilidad estructural, actividad microbiológica).

Otro tipo de muestreo se llevó a cabo con el uso de cilindros extractores de acero, de volumen y peso conocido, para la determinación de densidad aparente y curvas de retención de humedad, procurando que el operador no altere la estructura del suelo. Para la evaluación de fertilidad se extrajeron muestras compuestas a lo largo de todo el potrero, con un muestreador de capa arable de 0 a 12 cm.

Para las determinaciones de calidad de agua se tomaron muestras de un arroyo (Arroyo Indio Rico) que pasa por el campo y de un molino ubicado dentro de la propiedad.

Determinaciones de laboratorio

Determinaciones físicas:

- **Densidad aparente:** se extraen muestras de suelo sin disturbar mediante el empleo de cilindros extractores, cuyo peso y volumen son conocidos, procurando no alterar la estructura del suelo. Se alisan bien los bordes, cortando los excesos con un cuchillo y se tapan. Se pesan y se llevan a estufa 105° C. Una vez seco el suelo se pesa y se calcula la densidad aparente (relación: **peso/volumen**).
- **Densidad real (método del picnómetro):** se calcula a partir de la masa y volumen de una muestra de suelo. La masa se determina por pesada y el volumen se calculó a partir de la masa y la densidad del agua desplazada por la muestra.
- **Análisis granulométrico:** método de la pipeta de Robinson, consta de los siguientes pasos:
 - Destrucción de la materia orgánica con agua oxigenada 130 volúmenes.
 - Destrucción de carbonatos con ácido clorhídrico 1N en los horizontes con presencia de calcáreo y se procede al lavado de cloruros con agua destilada.
 - Dispersión de la muestra con hexametáfosfato de sodio, agitación mecánica durante diez horas y separación de las fracciones. Limo más arcilla: pipeteo, secado a estufa 105° C y pesado de la fracción. Arcilla: pipeteo, secado a estufa 105° C y pesado de la fracción. Limo se calcula a partir de la diferencia de las determinaciones anteriores. Arenas: se tamizan y lavan con agua por un tamiz de 50 micrones, con la ayuda de hidróxido de sodio 0,5N para reducir la floculación. Se llevan a estufa y una vez secas se separan a través de tamices las distintas fracciones. Se pesa cada fracción y en base al peso de la muestra original, se calcula el porcentaje de las arenas.
- **Curva de retención hídrica y distribución del tamaño de poros:** mediante la mesa de tensión, se someten las muestras no alteradas de suelo saturado a diferentes succiones, en este caso a pF 2,5, 1,8, 1; y por el método de Richards con muestras disturbadas en anillos de goma a pF 4,2, para obtener el punto de marchitez permanente. Se determina volumétricamente el contenido de agua en las situaciones de equilibrio.
- **Estabilidad estructural:** Por el método de De Leenheer y De Boodt, se mide la diferencia en el Diámetro Medio Ponderado entre la distribución de los agregados en seco y los agregados en húmedo, luego de haber sometido el suelo a fuerzas destructivas (como el golpeteo de la gota de agua y dispersión por tamizado en agua).

Determinaciones químicas:

- **Conductividad eléctrica:** del extracto de saturación en dS/m.
- **pH:** en el extracto de saturación y en suspensión suelo: agua (1:2,5).
- **Calcio + Magnesio:** por valoración complexométrica con EDTA utilizando negro de eriocromo T como indicador y trietanolamina como agente enmascarante que permite el desarrollo de color.

- **Sodio y Potasio:** por fotometría de emisión a la llama, consiste en la introducción de la muestra en la llama en un estado finamente disperso y comparar el incremento de la intensidad luminosa que resulta, con aquel que produce una solución de concentración conocida.
- **Bicarbonatos:** valoración de la muestra con ácido sulfúrico usando anaranjado de metilo como indicador para el punto final de los bicarbonatos, y fenolftaleína para neutralizar el carbonato.
- **Cloruros (met. de Mohr):** se determina en solución ligeramente alcalina (ajustando el pH con hidróxido de sodio), utilizando cromato de potasio como indicador del punto final de la titulación con nitrato de plata.
- **Sulfatos (método turbidimétrico):** se basa en la precipitación del sulfato como sulfato de Ba. Para ello se agrega a la muestra solución estabilizadora (cloruro de sodio, ácido clorhídrico y glicerina) y cristales de cloruro de bario. Se mide la absorbancia de la suspensión con un fotocolorímetro y se determina la concentración de sulfatos por comparación de la lectura con una curva patrón.
- **Cationes intercambiables:** se desplazan los cationes del complejo de cambio con acetato de amonio 1N pH 7,0, y en el extracto obtenido se determinan sodio y potasio por fotometría de emisión a la llama y calcio + magnesio por titulación complexométrica.
- **Capacidad de intercambio catiónico:** se satura el complejo de cambio con acetato de sodio a pH 8,2, se lava con alcohol etílico el exceso de sodio (3 veces), luego se desplaza el sodio adsorbido con acetato de amonio 1N pH 7,0, y se mide por fotometría de emisión a la llama. Se expresa en cmol/kg.
- **Nitrógeno total (método de Kjeldahl):** consiste en la oxidación húmeda de la materia orgánica que permite la transformación del nitrógeno orgánico en amonio. No hay ni oxidación ni reducción del nitrógeno sino liberación de los distintos compuestos que lo contienen.

El método consta de dos pasos:

- a. Digestión de la muestra
 - b. Determinación del amonio por destilación y titulación del destilado.
- **Fósforo disponible (método de Bray y Kurtz):** como solución extractiva se utiliza fluoruro de amonio y ácido clorhídrico. Se desarrolla color con una mezcla de solución de molibdato, ácido sulfúrico, solución de tartrato de antimonio y potasio, más ácido ascórbico. Se mide el color desarrollado en el espectrofotómetro y se calcula la concentración de fósforo por comparación de lectura de la curva patrón.
 - **Fósforo total:** la extracción se realiza con una digestión del suelo a elevada temperatura con ácido nítrico y clorhídrico. Se determinó el fósforo presente mediante fotocolorimetría.
 - **Boro disponible:** se extrae el boro de las muestras de suelo con acetato de amonio 1N pH 4,8 y se le agrega carbón activado. Se desarrolla color con solución EDTA, buffer y azometina-H. Se mide el color en el fotocolorímetro y con la curva patrón se obtuvo la concentración de Boro.
 - **Materia Orgánica (método de Walkley-Black):** se basa en la oxidación del carbono con dicromato de potasio 1N, en presencia de ácido sulfúrico y posterior valoración del exceso de dicromato con sal de Mohr usando como indicador difelinamina.
 - **Determinación de calcáreo:** Se basa en la determinación del desprendimiento de dióxido de carbono de la muestra cuando es atacado con ácido clorhídrico mediante un calcímetro; comparándolo con un blanco de concentración conocida.
 - **Potasio asimilable:** Se utiliza como solución extractiva acetato de amonio 1N pH 7. La determinación del potasio en el extracto se realiza por fotometría de emisión a la llama.

Determinación microbiológica

Determinación de la actividad biológica por el método de valoración del dióxido de carbono desprendido (respiración edáfica). El método consiste en pesar 100 g de suelo, conservando previamente en heladera luego de la extracción, y colocarlo en un frasco con tapa hermética, en el cual se coloca un recipiente con 30 ml de hidróxido de sodio. Cerrar herméticamente e incubar 4 días a 28° - 30°C. Paralelamente se preparó un frasco testigo que contiene únicamente hidróxido de sodio.

Transcurridos los 4 días, se toma una alícuota se agrega cloruro de bario y fenolftaleína y se titula con ácido clorhídrico hasta viraje de color. El resultado reflejado por la diferencia con el blanco se expresa en mg CO₂/kg de suelo/día.

Suelo 1

Antecedentes del lote

La superficie en la cual se localiza el perfil 1 es de 100 ha, las cuales están divididas en dos cuadros (1a y 1b), el manejo del mismo es mixto. En el momento del muestreo el cuadro donde se realizaron las calicatas (1b) estaba arado y con un rastrojo de trigo, el otro cuadro tenía un cultivo de trigo. En la tabla 2 se presentan los distintos cultivos que se realizaron durante los últimos años.

Año	Cultivo	Rendimiento (kg. Ha-1)	Observaciones
91-92	trigo	1704	Siembra en surco profundo
93	girasol	941	-
93-94	trigo	2312	-
95	girasol	675	-
95-96	trigo	No hay datos	-
96-97	cebada	1984	-
2000-01	trigo	2690	Excelente disponibilidad hídrica
02	trigo	No hay datos	-
03	cebada	1498	L. convencional
05	trigo	No hay datos	L. convencional
06-07	trigo	1700	L. convencional

Tabla 2: Uso del lote correspondiente al suelo 1

Fuente: Arturo Righetti (propietario del establecimiento).

Descripción morfológica del suelo 1

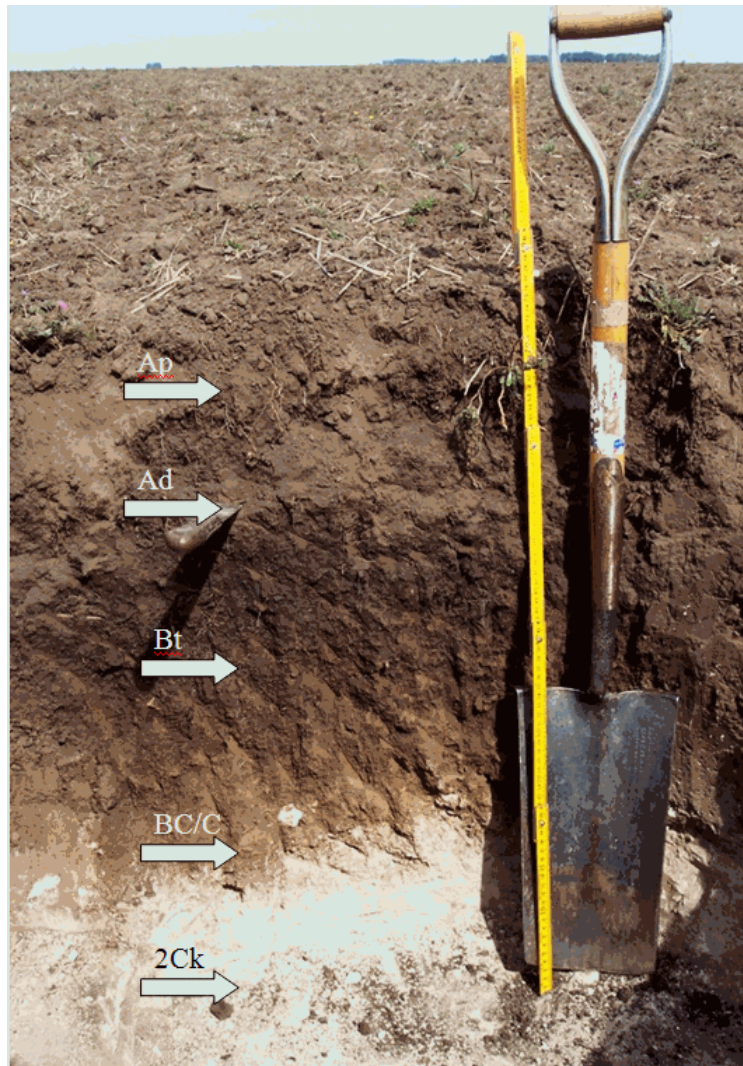
- **Fecha de observación:** 19 de septiembre del 2006
- **Ubicación del perfil:** 38° 33' 46.7" latitud Sur
60° 38' 59.9" longitud Oeste
83 msnm
- **Vegetación y uso de la tierra:**
 - Vegetación: rastrojo cultivo de trigo (año 2005). Barbecho. Cobertura 20%.
 - Uso de la tierra: agrícola ganadera.
- **Material parental:** Sedimentos loésicos.

- **Factores de sitio:**
 - Relieve: suavemente ondulado.
 - Geoforma: Loma recortada por acción hídrica.
 - Gradiente: < 1 %
 - Drenaje: normal.
 - Erosión: actual no se observa; moderada susceptibilidad a la erosión eólica.



Vista panorámica del Lote 1 en el momento del muestreo

Horizonte	Descripción
Ap 0-11 cm	Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco, y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, franco; bloques subangulares, finos y medios, moderados a débiles, consistencia en seco duro y en húmedo friable a firme, plástico adhesivo, seco a moderadamente húmedo, suelto, no hay reacción al HCl, escaso desarrollo de raíces, comunes pellets fecales, límite abrupto y plano.
Ad 11-21 cm	Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco, y pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo, franco arcilloso; masivo, consistencia en seco duro y en húmedo friable a firme, plástico adhesivo, moderadamente húmedo consolidado a muy consolidado, no hay reacción al HCl, nulo desarrollo de raíces, abundantes pellets fecales, límite claro y plano.
Bt 21-41 cm	Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en seco, y pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo, franco arcilloso, prismas, gruesos y medios, fuertes, consistencia en húmedo firme, muy plástico muy adhesivo, moderadamente húmedo, muy consolidado, no hay reacción al HCl, escaso a nulo desarrollo de raíces, comunes barnices húmicos arcillosos, límite claro y plano.
BC/C 41-59 cm	Pardo (10 YR 5/3) en seco, y pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo, franco arcilloso, bloques subangulares, medios, moderados, consistencia en húmedo friable, plástico adhesivo, escasos barnices húmicos arcillosos, moderadamente húmedo, muy consolidado, no hay reacción al HCl, nulo desarrollo de raíces, límite abrupto y plano.
2Ck 59-81 cm	Gris claro (10YR 7/2) en seco, y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo, franco arcilloso a arcilloso; bloques subangulares, finos moderados a débiles, moderadamente húmedo a seco; friable; muy consolidado, muy fuerte reacción al HCl, nulo desarrollo de raíces, abundantes concreciones de CaCO ₃ , límite abrupto y plano.
3Ckm + 81 cm	Horizonte petrocálcico



Perfil del suelo N° 1

Suelo N° 1

Caracterización física

Horizonte		Ap	Ad	Bt	BC/C	2Ck	
Profundidad		cm	0-11	11-21	21-41	41-59	59-81
Granulometría, fracciones y diámetro de partículas (mm)	Arcilla <0,002	g/kg	269	302	363	349	390
	Limo 0,002-0,05		437	404	352	317	270
	Arena muy fina 0,05-0,1		255	259	247	269	229
	Arena fina 0,1-0,25		38	35	38	65	110
	Arena media 0,25-0,5		1	0	0	0	0
	Arena gruesa 0,5-2		0	0	0	0	1
Clase textural			F/Fa	Fa	Fa	Fa	Fa/a
Densidad aparente		g/cm ³	1,14	-	-	-	-
Densidad real			2,67	-	-	-	-
Porosidad total *			%	57,3	-	-	-
Retención hídrica	Punto de marchitez	%	16,2	-	-	-	-
	Capacidad de campo	%	36,1	-	-	-	-
	Agua útil	%	19,9	-	-	-	-
	Humedad higroscópica	%	4,9	4,7	5,4	5,4	4,2

*estimada a partir de la densidad aparente y real.

Estabilidad Estructural

Suelo	Superficie en cm ²	Cambio del DMP (mm)	Estabilidad de los agregados (%)	Índice de estabilidad
1	15,08	1,508	33,2	Buena

----- Tamizado en húmedo

----- Tamizado en seco

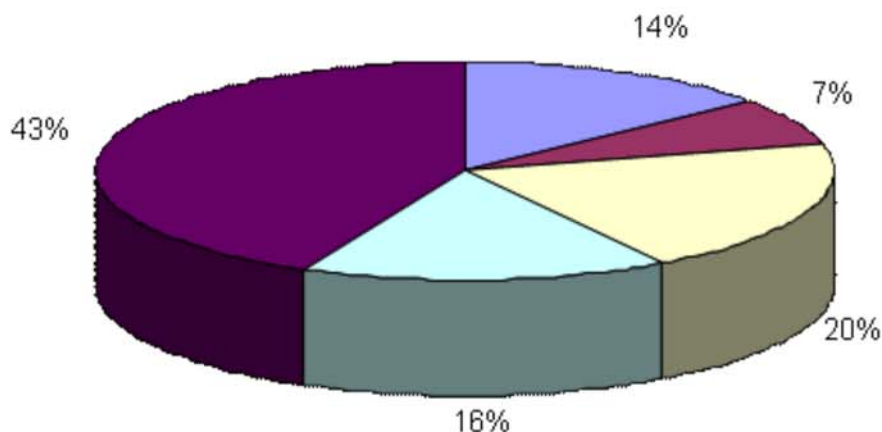
Retención hídrica suelo 1

Suelo	%H° sat.	%H° pF 1	%H° pF 1,8	%H° pF 2,5	%H° pF 4,2
1	57,2	48,9	43,3	36,1	16,2

Distribución del espacio poroso (%)

Suelo	Porosidad total %	Macroporos %	Mesoporos > %	Mesoporos < %	Microporos %	Sólidos %
1	57,2	13,9	7,2	19,9	16,2	42,8

Distribución de poros



■ Macroporos ■ Mesoporos > ■ Mesoporos < ■ Microporos ■ Sólidos

Caracterización química del suelo 1

Horizonte		Ap	Ad	Bt	BC/C	2Ck		
Profundidad del horizonte		cm	0-11	11-21	21-41	41-59	59-81	
Materia orgánica		g/kg	43	37	19	11	5	
Fósforo total		mg/kg	600	575	725	350	900	
Calcáreo		g/kg	0	0	0	0	318	
pH en suspensión (1 : 2,5)			6,1	6,1	6,5	7,2	8,3	
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca+++Mg++	me/100g	26,7	29,6	31,6	34,9	-
		Na+		0,9	1,1	1,1	1,1	1,3
		K+		2,1	1,4	1,3	0,8	0,5
	Suma de bases				29,7	32,1	34,0	36,8

CIC	cmol.kg-1	32,5	32,5	37,6	36,8	25,7
PSI		2,8	3,4	2,9	3,0	5,0

Composición de las sales solubles del suelo 1

Horizonte		Ap	Ad	Bt	BC/C	2Ck		
Profundidad del horizonte		cm	0-11	11-21	21-41	41-59	59-81	
Extracto de saturación	pH		7,3	7,3	7,7	7,7	8,1	
	Conductividad eléctrica		dS/m	0,55	0,44	0,20	0,19	0,36
	Cationes (me/l)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺		5,6	4,5	2,5	2,9	3,6
		Na ⁺		0,6	0,7	0,2	0,1	0,3
		K ⁺		0,8	0,3	0,1	0,1	0,1
		Suma		7,0	5,5	2,8	3,1	4,0
	Aniones (me/l)	SO ₄ ⁼		1,7	0,2	0,1	0,1	0,2
		Cl ⁻		1,9	1,4	0,9	0,6	1,2
		HCO ₃ ⁻		1,4	1,7	2,0	2,1	3,8
		CO ₃ ⁼		0	0	0	0	0
		Suma		5,0	3,3	3,0	2,8	5,2
RAS			0,3	0,5	0,2	0,1	0,2	

Suelo 2

Antecedentes del lote

El suelo n° 2 se ubica en un potrero donde se encuentra una laguna temporaria, en antiguas inundaciones pasaba un curso de agua que alimentaba a la misma, es un lote con poca profundidad efectiva, es por ello que se forma la laguna.

El área donde se muestreó es de 35 ha ubicadas en una loma, las únicas hectáreas que se siembran en todo el potrero, al igual que el lote donde se localiza el perfil 1, el manejo es mixto.

Al momento de la siembra, el productor fertilizó con urea y fosfato diamónico.

En el momento del muestreo se encontraba sembrado con trigo.

En la tabla 3 se presentan los distintos cultivos que se realizaron durante los últimos años

Tabla 3: Uso del lote correspondiente al suelo 2

Año	Cultivo	Rendimiento (kg.Ha-1)	Observaciones
90-91	trigo	2046	Siembra en surco profundo
92-93	trigo	2549	Siembra en surco profundo
94-95	trigo	no hay datos	Siembra en surco profundo
97-98	cebada	3410	-
2000-01	trigo	No hay datos	-
03	trigo	No hay datos	-
06-07	trigo	2500	-

Fuente: Arturo Righetti (propietario del establecimiento).

Descripción morfológica del suelo 2

- **Fecha de observación:** 19 de septiembre del 2006
- **Ubicación del perfil:** 38° 34` 47.6" latitud Sur; 60° 39` 37.7" longitud Oeste
79 msnm
- **Vegetación y uso de la tierra:**
- Vegetación: cultivo de trigo (año 2006) cobertura 60%
- Uso de la tierra: agrícola ganadera.
- **Material parental:** Sedimentos loésicos.
- **Factores de sitio:**
- Relieve: normal.
- Geoforma: loma recortada por acción hídrica, sector alto entre cursos de agua actual y temporario.
- Gradiente: < al 1%
- Drenaje: imperfectamente drenado.
- Erosión: actual no se observa.



Vista panorámica del Lote 2 en el momento del muestreo

Horizonte	Descripción
Ap 0-10 cm	Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco, y gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo; franco; bloques subangulares, medios y finos, moderados; seco a moderadamente húmedo, consistencia en seco duro y en húmedo friable, plástico adhesivo; poco consolidado; no hay reacción al HCl; abundante desarrollo de raíces; abundantes pellets fecales; límite abrupto y plano.
Ad 10-19 cm	Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 4/2) en seco, y pardo grisáceo oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arcillo arenoso; masivo; consistencia en seco duro y en húmedo friable, plástico adhesivo; seco a moderadamente húmedo; muy consolidado; no hay reacción al HCl; escaso desarrollo de raíces; abundantes pellets fecales; límite claro y plano.
Bt 19-36 cm	Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en seco, y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; comunes barnices húmico-arcillosos; franco arcillo arenoso; bloques subangulares, gruesos, medios y finos, moderados a fuertes; consistencia en seco duro y en húmedo friable, muy plástico y muy adhesivo; seco a moderadamente húmedo; consolidado; no hay reacción al HCl; escaso desarrollo de raíces; abundantes pellets fecales; límite abrupto y plano.
Ck 36-44 cm	Gris claro (10 YR 7/2) en seco, y pardo (10 YR 5/3) en húmedo; franco arcillo arenoso; bloques subangulares, finos, moderados a débiles; consistencia en húmedo friable, plástico y

	adhesivo, seco a moderadamente húmedo; muy consolidado; muy fuerte reacción al HCl; límite abrupto y ondulado.
2Ckm +44 cm	Horizonte petrocálcico.



Perfil del suelo N° 2

Suelo N° 2

Caracterización física

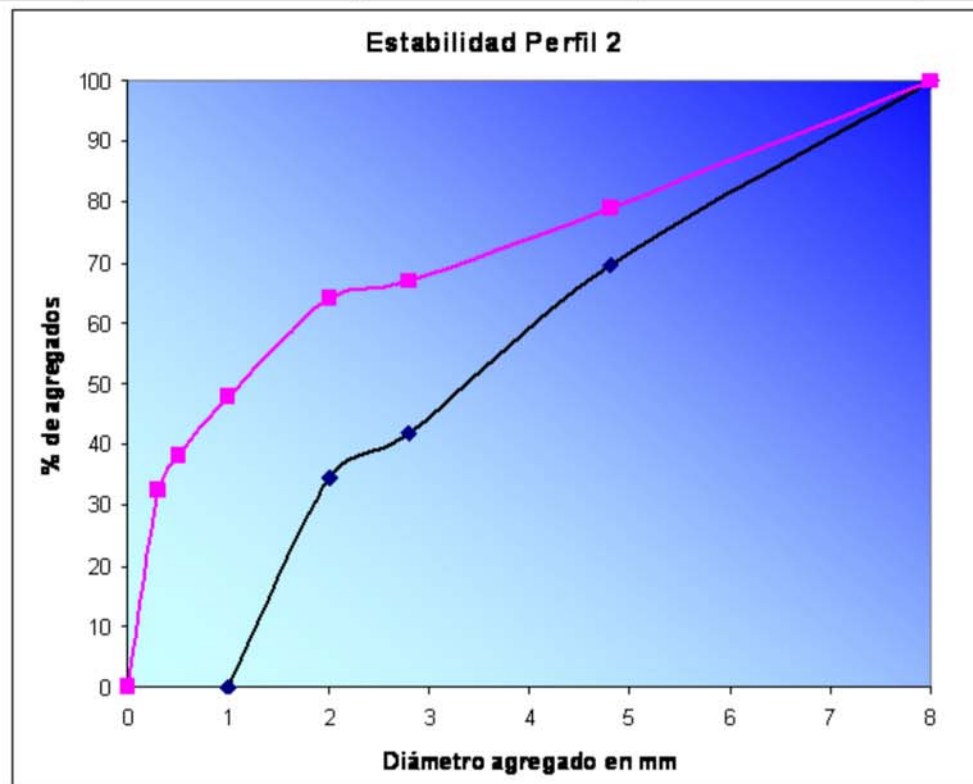
Horizonte		Ap	Ad	Bt	Ck
Profundidad		0-10	10-19	19-36	36-44
Granulometría, fracciones y diámetro de partículas (mm)	Arcilla <0,002	225	259	314	330
	Limo 0,002-0,05	262	247	226	216
	Arena muy fina 0,05-0,1	372	370	305	291
	Arena fina 0,1-0,25	137	122	154	112
	Arena media 0,25-0,5	4	2	0	10
	Arena gruesa 0,5-2	0	0	1	41
Clase textural		F	FaAr	FaAr/Fa	FaAr/Fa

Densidad aparente		g/cm ³	1,13	-	-	-
Densidad real			2,63	-	-	-
Porosidad total *		%	57,0	-	-	-
Retención hídrica	Punto de marchitez	%	10,9	-	-	-
	Capacidad de campo	%	27,5	-	-	-
	Agua útil	%	16,6	-	-	-
	Humedad higroscópica	%	3,6	4,0	4,9	4,6

*estimada a partir de la densidad aparente y real

Estabilidad Estructural

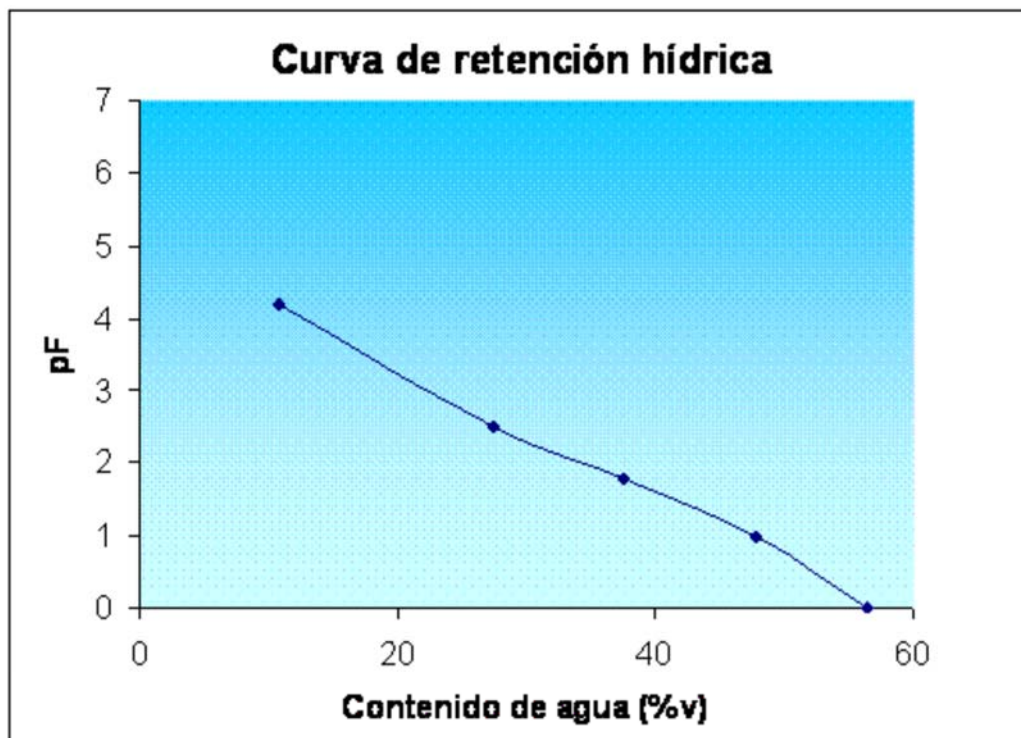
Suelo	Superficie en cm ²	Cambio del DMP (mm)	Estabilidad de los agregados (%)	Índice de estabilidad
1	14,81	1,481	33,8	Buena



——■—— Tamizado en húmedo
——■—— Tamizado en seco

Retención hídrica suelo 2

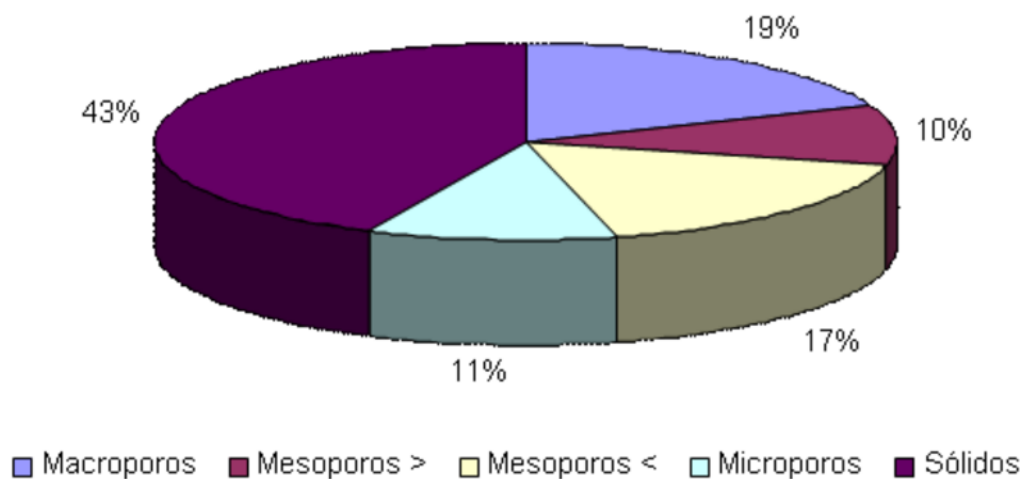
Suelo	%H° sat.	%H° pF 1	%H° pF 1,8	%H° pF 2,5	%H° pF 4,2
2	56,5	47,8	37,5	27,5	10,9



Distribución del espacio poroso (%)

Suelo	Porosidad total %	Macroporos %	Mesoporos > %	Mesoporos < %	Microporos %	Sólidos %
2	56,5	19,0	10,0	16,6	10,9	43,5

Distribución de poros



Caracterización química del suelo 2

Horizonte		Ap	Ad	Bt	Ck
Profundidad del horizonte	cm	0-10	10-19	19-36	36-44
Materia orgánica	g/kg	29	28	20	12
Fósforo total	mg/kg	288	425	525	612

Calcáreo		g/kg	0	0	0	264	
pH en suspensión (1 : 2,5)			6,8	6,8	7,2	8,3	
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca+++Mg++	me/100g	23,8	26,9	30,9	-
		Na+		0,9	1,0	1,0	0,9
		K+		1,5	1,2	1,0	0,4
	Suma de bases	26,2		29,1	32,9	-	
CIC		cmol.kg-1	26,4	29,7	33,2	26,4	
PSI			3,4	3,3	3,0	3,4	

Composición de las sales solubles del suelo 2

Horizonte		Ap	Ad	Bt	Ck		
Profundidad del horizonte		cm	0-10	10-19	19-36	36-44	
Extracto de saturación	pH		7,5	7,1	7,1	7,4	
	Conductividad eléctrica		dS/m	0,32	0,31	0,21	0,27
	Cationes (me/l)	Ca++ + Mg++	3,6	3,7	2,7	3,9	
		Na+	0,1	0,1	0,1	0,1	
		K+	0,4	0,1	0,1	0,1	
		Suma	4,1	3,9	2,9	4,1	
	Aniones (me/l)	SO4=	0,4	0,3	0,1	0,1	
		Cl-	0,8	1,1	0,8	0,9	
		HCO3-	1,5	2,0	2,2	3,2	
		CO3=	0	0	0	0	
		Suma	2,7	3,4	3,1	4,2	
RAS		0,1	0,1	0,1	0,1		

Descripción morfológica del suelo 3

- **Fecha de observación:** 19 de septiembre del 2006
- **Ubicación del perfil:** 38° 33' 38.1" latitud Sur, 60° 38' 44.2" longitud Oeste. 82 msnm
- **Vegetación y uso de la tierra:**
 - Vegetación: rastrojo cultivo de trigo (año 2005). Barbecho. Cobertura 20%.
 - Uso de la tierra: agrícola ganadera.
- **Material parental:** Sedimentos loésicos.
- **Factores de sitio:**
- **Relieve:** normal.
- **Geoforma:** Loma recortada por acción hídrica. El perfil se ubica sobre un sector de drenaje temporal levemente deprimido, de orientación E-O conectado a una vía de drenaje intermitente.
- **Gradiente:** < 0,5 %
- **Drenaje:** normal.
- **Erosión:** actual no se observa; moderada susceptibilidad a la erosión eólica.



Vista panorámica del Lote 1 en el momento del muestreo

Horizonte	Descripción
Ap 0-10 cm	Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco, y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, franco; bloques subangulares, finos y medios, moderados a débiles, consistencia en seco duro y en húmedo friable a firme, plástico adhesivo, seco a moderadamente húmedo, poco consolidado, no hay reacción al HCl, raíces comunes, comunes pellets fecales, límite abrupto y plano.
Ad 10-18 cm	Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco, y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, franco; masivo, consistencia en seco duro y en húmedo friable a firme, plástico y adhesivo, moderadamente húmedo consolidado a muy consolidado, no hay reacción al HCl, escaso desarrollo de raíces, abundantes pellets fecales, límite claro y plano.
Bt 18-32 cm	Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en seco, y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, arcilloso, prismas, gruesos y medios, fuertes, duro en seco, en húmedo firme; muy plástico y muy adhesivo, moderadamente húmedo, muy consolidado, no hay reacción al HCl, raíces comunes, límite abrupto y plano.
BC/Ck 32-50 cm	Pardo claro (10 YR 6/3) en seco, y pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en húmedo, franco arcilloso, bloques subangulares, finos, moderados a débiles, blando, consistencia en húmedo friable; plástico y adhesivo, moderadamente húmedo a seco, muy consolidado, no hay reacción al HCl, escaso desarrollo de raíces, límite abrupto y plano.
Ckm + 50 cm	Horizonte petrocálcico



Perfil del suelo N° 3
Suelo N° 3
Caracterización física

Horizonte		Ap	Ad	Bt	BC/Ck	
Profundidad		cm	cm	cm	cm	
Granulometría, fracciones y diámetro de partículas (mm)	Arcilla <0,002	g/kg	207	222	408	286
	Limo 0,002-0,05		406	392	306	368
	Arena muy fina 0,05-0,1		309	301	196	186
	Arena fina 0,1-0,25		78	85	90	150
	Arena media 0,25-0,5		0	0	0	4

	Arena gruesa 0,5-2		0	0	0	6
Clase textural			F	F	a	Fa
Densidad aparente		g/cm ³	1,13	-	-	-
Densidad real			2,57	-	-	-
Porosidad total *		%	56,0	-	-	-
Humedad higroscópica		%	3,1	3,1	6,7	5,6

*estimada a partir de la densidad aparente y real

Caracterización química

Horizonte				Ap	Ad	Bt	BC/Ck
Profundidad del horizonte		cm	0-10	10-18	18-32	32-50	
Materia orgánica		g/kg	24	26	12	2	
Fósforo total		mg/kg	550	750	675	500	
Calcáreo		g/kg	0	0	0	40	
pH en suspensión (1 : 2,5)				7,0	7,4	8,9	9,8
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca+++Mg++	me/100g	16,9	17,8	29,8	-
		Na+		0,4	1,1	3,0	4,1
		K+		2,2	2,0	4,8	5,7
	Suma de bases	19,5		20,9	37,6	-	
CIC		cmol.kg-1	19,7	21,4	39,8	25,8	
PSI				2,0	5,1	7,5	15,9

Composición de las sales solubles

Horizonte				Ap	Ad	Bt	BC/Ck
Profundidad del horizonte		cm	0-10	10-18	18-32	32-50	
pH				7,3	7,4	7,3	9,0
Conductividad eléctrica		dS/m	0,64	1,37	1,60	2,35	
Extracto de saturación	Cationes (me/l)	Ca++ + Mg++	5,2	10,1	7,1	6,4	
		Na+	1,2	2,6	9,5	17,0	
		K+	0,3	0,3	0,3	0,5	
		Suma	6,7	13,0	16,9	23,9	
	Aniones (me/l)	SO ₄ =	0,7	0,7	1,0	0,4	
		Cl-	3,5	9,6	11,4	11,2	
		HCO ₃ -	3,1	3,5	4,6	1,6	
		CO ₃ =	0	0	0	6,6	
	Suma		7,3	13,8	17,0	19,8	
	RAS				1,1	3,2	5,4

Determinación de fertilidad

Suelo	Nitrógeno total	Materia orgánica	Carbono orgánico	Relación C/N	Boro disponible	Fósforo disponible	Potasio asimilable
	g/kg				mg/kg		
1	1,8	34	20	11,1	0,4	12	774
2	1,8	29	17	9,4	0,4	22	475

En la mayoría de los resultados obtenidos en todas las determinaciones de fertilidad han sido mayores en la loma (perfil 1) que en el plano bajo (perfil 2).

En ambos suelos los contenidos de materia orgánica calificaron como medios a altos. Con respecto al fósforo disponible podemos decir que arrojan valores de medios a altos; en el suelo 2 es mayor, esto puede ser debido al agregado de fertilizante fosfatado.

La relación C/N oscila en alrededor de 10, siendo levemente menor en el suelo 2.

En cuanto a los niveles de potasio asimilable, si bien los dos suelos se encuentran dentro de los valores altos, el suelo 1 es más elevado que el suelo 2.

En el caso del boro los dos suelos arrojan resultados satisfactorios haciendo innecesaria la fertilización.

Actividad biológica

Suelo	mg CO ₂ / kg suelo / días
1	460
2	480

Como resultado de las determinaciones microbiológicas que se realizaron en ambos suelos, podemos comentar que existe poca diferencia en ambos suelos, siendo mayor en el suelo 2; esto puede deberse a una mínima diferencia existente en la relación C/N.

Calidad del agua

		Molino	Arroyo
pH		8,5	8,7
CE	dS/m	1,52	1,29
Cl ⁻	me/L	7,1	7,3
CO ₃ ⁼		1,6	1,8
HCO ₃ ⁼		14,8	10,6
SO ₄ ⁼		0,9	0,9
Suma		24,4	20,6
Na ⁺		20,2	16,2
K ⁺		0,2	0,3
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	3,6	3,6	
Suma	27,3	21,7	
Dureza	mg/L	180	180
As	mg/L	0,06	-
RAS		15,0	12,1

Según la clasificación de aguas para riego de Thorne y Thorne el agua del arroyo se clasifica como agua altamente salina y de sodicidad media (C₃-S₂). Por su conductividad no puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se puede necesitar prácticas especiales de control de salinidad, debiendo por lo tanto seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales. Esta agua solo puede usarse en suelos de texturas gruesas o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

El agua del molino se clasifica como agua altamente salina y alta en sodio (C₃-S₃). Es similar al agua del arroyo pero con un alto contenido de sodio, lo que puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitarán prácticas especiales de manejo-buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica.

Clasificación de los suelos (Soil Taxonomy. USDA, 1999)

El perfil 1 clasificó como **Paleudol petrocálcico, arcilloso fino, térmico**. Se identificó un epipedón mollico, espesor 27 cm, oscuro (10YR 3/2 en húmedo y 10YR 5/2 en seco), con un contenido de carbono orgánico de 2,5%, régimen de humedad údico, régimen de temperatura térmico, clase por tamaño de partícula arcilloso fino, un endopedón argílico y otro petrocálcico.

El perfil 2 clasificó como **Paleudol petrocálcico, franco fino, somero, térmico**. Se identificó un epipedón mollico, espesor 19 cm, oscuro (10YR 3/1 en húmedo y 10YR 5/2 en seco), con un contenido de carbono orgánico de 1,7%, régimen de humedad údico, régimen de temperatura térmico, clase por tamaño de partícula franco fino y un endopedón petrocálcico.

El perfil 3 clasificó como **Paleudol petrocálcico, arcilloso fino, somero, térmico, fase sódica**. Se identificó un epipedón mollico, espesor 18 cm, oscuro (10YR 3/2 en húmedo y 10YR 5/2 en seco), con un contenido de carbono orgánico de 1,4%, régimen de humedad údico, régimen de temperatura térmico, clase por tamaño de partícula franco fino, un endopedón argílico, con altos niveles de sodio en su base, y otro petrocálcico.

Clasificación por capacidad de uso

Perfil 1: IIes. Limitaciones: e: susceptibilidad a la erosión eólica; s: profundidad del horizonte petrocálcico.

Perfil 2: IVs. Limitaciones: s: profundidad del horizonte petrocálcico.

Evaluación de resultados

Después de la descripción morfológica de cada perfil y luego de haber concluido con las determinaciones realizadas en cada uno de los horizontes, podemos efectuar un análisis sobre los resultados obtenidos y marcar las diferentes características encontradas.

Comparación de suelos ubicados en diferentes geoformas (1 y 2)

La morfología de los dos perfiles es similar (Ap-A2-Bt-BC/Ck), presentando el perfil 1 una mayor profundidad al horizonte petrocálcico, mientras que el perfil 2 es una familia somera, por tener un espesor menor a 50 cm.

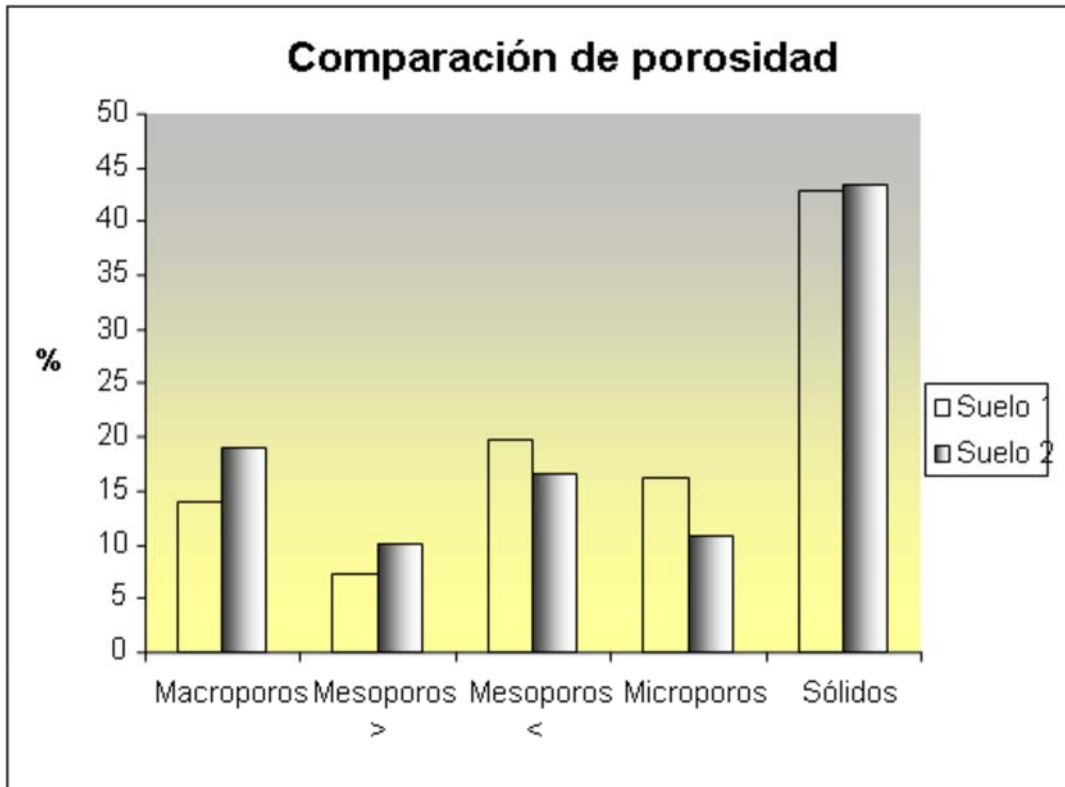
Con respecto a los procesos pedogenéticos detectados, de acuerdo a las observaciones de campo y en función de los datos analíticos se puede mencionar que se produce una marcada melanización en los horizontes superficiales, que se traduce en el desarrollo de un epipedón mollico. Por otra parte se observan procesos de eluviación - iluviación de arcilla indicada por la presencia de un horizonte argílico. En subsuperficie, y a partir de 59 cm se presenta un horizonte 2Ck desarrollado por un proceso de calcificación con disolución de carbonato de calcio de los horizontes Ap, Ad, Bt y BC/C los cuales no presentan reacción al HCl. La segunda fase se refiere a la concentración secundaria de carbonato de calcio que conlleva a la acumulación de CaCO₃ entre los 59 y 81 cm de profundidad presentando una fuerte reacción al HCl. A partir de los 81 cm de profundidad se observa un horizonte petrocálcico, heredado (muy antiguo).

Refiriéndonos al suelo 2, éste también presenta proceso de melanización marcada (en los horizontes Ap y Ad), eluviación de arcillas (Bt) y génesis de estructura. Por debajo de los 44 cm encontramos el horizonte petrocálcico heredado.

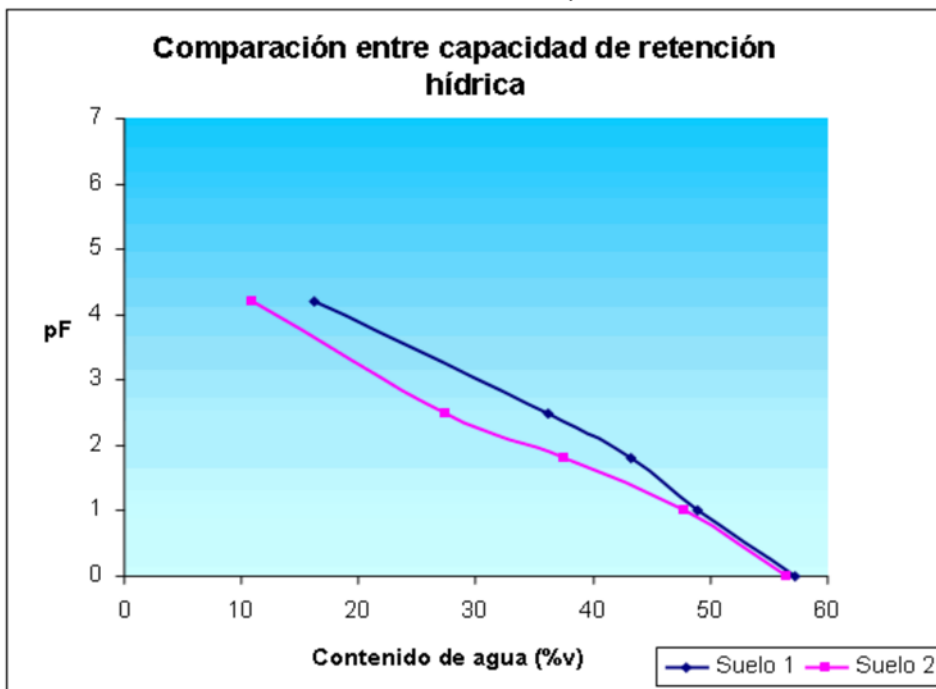
Una de las principales diferencias tiene que ver con el riesgo de inundación mayor en el suelo 2, relacionado a su posición de paisaje deprimido.

En cuanto al análisis granulométrico podemos decir que el suelo 1 presenta una textura arcillosa fina con dominio de las fracciones arcilla y limo, mientras que en el suelo 2 la textura es franco fina con mayor porcentaje en arenas muy finas y finas.

La porosidad total es buena en ambos suelos, presentando un menor valor en el suelo 2 a consecuencia de su bajo contenido de arcilla. La textura más fina y un mayor contenido de materia orgánica en el suelo 1 puede ser responsable del aumento de mesoporos menores y microporos.



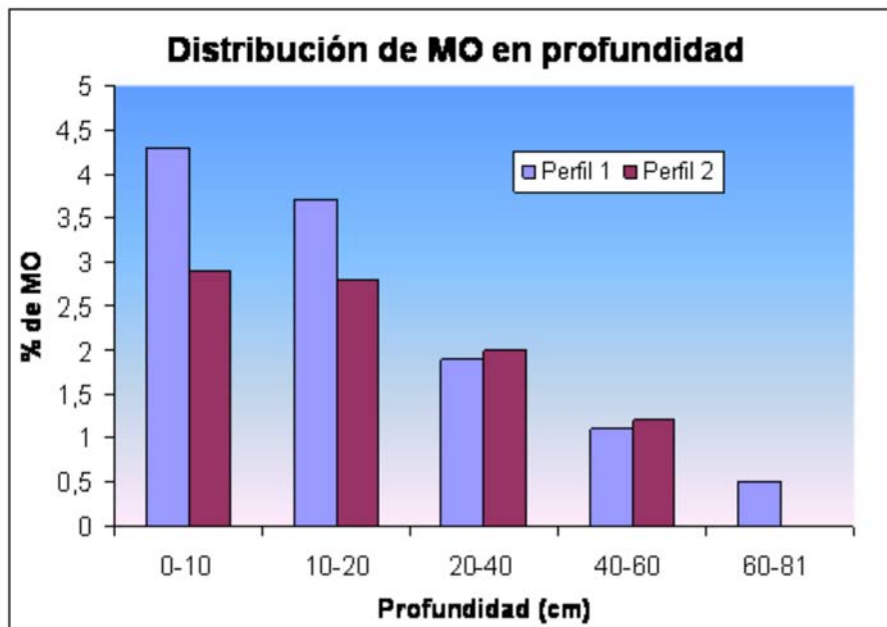
A continuación podemos observar la curva de retención hídrica en la cual podemos destacar las diferencias entre ambos suelos.



Con respecto al incremento de los valores en el suelo 1 se relaciona con la textura más fina por lo cual retiene más agua, también lo podemos relacionar con el mayor contenido de materia orgánica.

Caracterización química

Los valores de materia orgánica en los dos suelos son moderados a altos. En los horizontes superficiales (Ap y Ad) de ambos, el porcentaje de materia orgánica es más elevado en el perfil 1. Con respecto a la distribución en profundidad dentro del perfil, se observa que es más gradual en el suelo 2.



Los contenidos de fósforo total son medios en ambos suelos, resultando más elevado en el suelo 1. Se puede observar que en los dos perfiles el valor de fósforo es mayor en el horizonte Ck.

El CaCO_3 en el suelo 1 aparece entre los 59 y 81 cm de profundidad correspondiente al horizonte 2Ck, con una concentración 318 g/kg y en el suelo 2 aparece entre los 36 y 44 cm de profundidad, correspondiente al horizonte Ck, con una concentración 264 g/kg. Pudiendo ser estos valores limitantes para el desarrollo radicular de los cultivos.

El pH del suelo 1 es ligeramente ácido a neutro hasta los 59 cm de profundidad. En el horizonte 2Ck se incrementa el pH a causa de la presencia de CaCO_3 . En el suelo 2 la reacción es muy ligeramente ácida a neutra hasta los 36 cm de profundidad, a partir de allí se denota alcalinización a causa de la presencia de CaCO_3 .

Otra característica química importante es la capacidad de intercambio catiónico, que ha presentado mayores valores en el suelo 1 como consecuencia del alto contenido de arcilla y materia orgánica con respecto al suelo 2. En los casos estudiados la CIC clasifica como alta.

La saturación con bases es muy elevada en ambos perfiles, predominando en los mismos los cationes bivalentes ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$), seguido el K^+ y por último el Na^+ .

En cuanto al contenido de sales solubles es bajo en ambos suelos, lo que se ve reflejado en la conductividad eléctrica. No se detectan problemas por sales. Entre los cationes los que predominan es el $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, indicando que no existen riesgo de sodicidad, seguido del K^+ y por último el Na^+ . Los bicarbonatos son los que predominan en los dos perfiles, luego los cloruros y por último los sulfatos.

Comparación de suelos diferenciados por tonos de fotografía aérea en similar geoforma (1 y 3)

Anteriormente se realizó una comparación de dos perfiles ubicados en distintas posiciones de paisaje. A continuación se presentaran las principales diferencias existentes entre el perfil 1 y el perfil 3, los cuales se ubican en un sector de plano alto del predio con patrones fotográficos distintivos: sector de tonos oscuros para el perfil 1 y tonalidad más clara para el perfil 3, correspondiendo en el campo a posiciones de lomada y de vía temporaria suavemente marcada, respectivamente.

Una de las diferencias entre ambos perfiles es la profundidad a la que se encuentra el horizonte petrocálcico, siendo de 81 cm en el perfil 1 y 50 cm en el perfil 3.

Otra diferencia marcada es el menor contenido de MO en Ap, pese a tener similar historia que el perfil 1. Con respecto a la morfología los perfiles son similares, con presencia de un horizonte Bt con algo más de arcilla y menos contenido de MO, que por presencia de sodio se encuentra dispersa.

En cuánto al contenido de sales solubles se puede observar un marcado aumento en el perfil 3 en los valores de sodio, cloruros y bicarbonatos en todos los horizontes respecto al perfil 1. Otra diferencia importante es el elevado contenido de sodio intercambiable en el horizonte Bt, pudiendo manifestar problemas de toxicidad que se acentúa en el horizonte BC/Ck; esto se ve reflejado en el aumento de los valores de pH y PSI. El aumento de sales y de sodio en el perfil 3 respecto al perfil 1 se asocia a leves

diferencias en la posición de ambos perfiles en el paisaje. El perfil 1 se asocia a una posición "positiva", loma alta con cota de 83 m, mientras que el perfil 3 se asocia a una posición "negativa", vía de drenaje temporal hacia un curso de agua, cota de 82 m. El perfil 3 recibiría aporte de agua y sales de las zonas aledañas, de allí que incremente la CE y el PSI en subsuperficie.

Conclusiones

El establecimiento se encuentra ubicado en las adyacencias del valle del Río Quequén Salado, con afluentes importantes como el Arroyo Pillahuincó (nace en las serranías de Cnel Pringles) y el Arroyo Indio Rico. La influencia de los cursos de agua actuales o funcionales en época de mayor precipitación se ven claramente en los usos del suelo: las lomadas con mayor cota se utilizan para agricultura, los sectores bajos cercanos a los cursos de agua como campo natural, y los sectores en cauces intermitentes o inundables se cultivan en años secos.

El campo puede así dividirse en 2 sectores: "lomadas", ubicadas al NE del predio, potrero 1a, 1 b y parte del 2 al N del Arroyo Indio Rico. A ello se suma un sector al centro del campo, con cotas de 80 a 84 m. "Bajos", ubicados al SO del predio, con cotas de 80 a 76 m, son vías de agua temporarias bien definidas, con un sector que funciona como laguna en crecidas grandes.

Luego de evaluar los resultados de las determinaciones realizadas en este trabajo podemos concluir en: Los tres suelos analizados presentan características morfológicas similares, con profundidad efectiva variable entre 81 y 44 cm, textura fina, lavado en profundidad de carbonatos y niveles moderados de fertilidad química. El suelo 1 presenta un contenido mayor de materia orgánica y potasio asimilable que el suelo 2. En cuanto al fósforo disponible es más elevado en el suelo 2 por la incorporación de fertilizante (fosfato diamónico), al momento de la siembra.

Con respecto a las propiedades físicas:

Las limitantes para el cultivo en el suelo 1 pueden ser la presencia de un horizonte densificado (Ad), de estructura masiva, que reduce el desarrollo de las raíces de los cultivos y un horizonte petrocálcico que se encuentra a 81 cm de profundidad, no influyendo demasiado en el desarrollo radicular, lo que no podemos afirmar en otros sitios del lote. Teniendo en cuenta la profundidad del suelo podemos decir que tiene una capacidad media de almacenamiento de agua.

En cuanto al suelo 2 las limitantes que se presentan son un horizonte densificado (Ad) y un horizonte petrocálcico que se encuentra a una profundidad de 44 cm, pudiendo influir en el desarrollo radicular de algunos cultivos y limitar la capacidad de almacenaje de agua.

La presencia del horizonte Ad puede ser debido a las labranzas repetidas para la implantación de cultivos y pisoteo de animales. El productor para reducir este inconveniente debería hacer uso de cincel.

Respecto a las limitantes para el cultivo en el perfil 3 la principal es la presencia de sodio y sales a partir de los 30 cm, a los que se suma el piso de arado y la escasa profundidad efectiva, que reduce el desarrollo de las raíces y la capacidad de almacenamiento de agua.

Apéndice

A continuación se presentan datos complementarios de las determinaciones realizadas.

Determinaciones físicas Humedad higroscópica

Suelo	Horizonte	Pcv	Pc+ssa	Pc+sse	Psse	H.H (%)	Promedio (%)
1	Ap	21,59	34,61	34,01	12,42	4,83	4,9
		22,10	35,33	34,70	12,60	5,00	
	Ad	23,07	38,29	37,61	14,54	4,68	4,7
		22,71	36,18	35,57	12,86	4,74	
	Bt	21,70	33,17	32,58	10,88	5,42	5,4
		22,66	36,75	36,02	13,36	5,46	
	BC/C	22,96	39,40	38,55	15,59	5,45	5,4
		21,21	36,16	35,39	14,18	5,43	
	2Ck	21,89	37,32	36,70	14,81	4,19	4,2
		26,10	40,70	40,12	14,02	4,14	

2	Ap	22,55	37,68	37,16	14,61	3,56	3,6
		21,09	36,67	36,12	15,03	3,66	
	Ad	22,97	39,00	38,39	15,42	3,96	4,0
		22,94	39,12	38,49	15,55	4,05	
	Bt	24,73	42,98	42,12	17,39	4,95	4,9
		23,03	37,75	37,07	14,04	4,84	
Ck	24,94	40,48	39,80	14,86	4,58	4,6	
	23,01	40,03	39,27	16,26	4,67		
3	Ap	26,62	43,15	42,66	16,04	3,05	3,0
		27,05	43,88	43,39	16,34	3,00	
	Ad	23,78	37,97	37,55	13,77	3,05	3,1
		21,97	37,59	37,11	15,14	3,17	
	Bt	23,33	39,98	38,94	15,61	6,66	6,7
		20,84	38,97	37,83	16,99	6,71	
	BC/Ck	22,09	38,70	37,82	15,73	5,59	5,6
		23,03	37,62	36,85	13,82	5,57	

Pcv: peso de la cápsula vacía

Pc+ssa: peso cápsula más suelo seco al aire

Pc+sse: peso cápsula más suelo seco a estufa

Psse: paso suelo seco a estufa

Densidad Real

Suelo	Ps	Psh	Psw	Pw	D. real g/cm ³	Promedio g/cm ³
1	10,05	9,58	70,64	64,77	2,58	2,67
	10	9,53	73,98	67,84	2,80	
	10,01	9,54	70,44	64,49	2,65	
	10	9,53	70,71	64,61	2,77	
	10	9,53	71,83	65,99	2,57	
2	10	9,65	70,98	64,97	2,64	2,63
	10	9,65	71,88	65,85	2,66	
	10	9,65	69,91	63,90	2,64	
	10	9,65	73,23	67,31	2,58	
	10	9,65	58,02	52,06	2,61	
3	10	9,71	57,50	51,53	2,59	2,57
	10	9,71	55,82	49,92	2,54	
	10	9,71	58,44	52,51	2,56	
	10	9,71	58,64	52,67	2,59	

Ps: peso del suelo

Psh: peso del suelo sin humedad

Psw: peso del picnómetro lleno con agua y suelo

Pw: peso del picnómetro lleno con agua a temperatura observada

Densidad Aparente

Suelo	Cil. + sse	P cil	D aparente g/cm ³	Promedio g/cm ³
1	246,00	126,60	1,16	1,14
	247,58	131,02	1,16	
	241,31	130,56	1,11	
	242,92	131,22	1,12	
2	249,55	131,51	1,18	1,13

	237,87	130,99	1,07	
	249,62	130,38	1,19	
	237,72	130,22	1,08	

Curva de retención hídrica

Suelo	pF 0	pF 1	pF 1.8	pF 2.5
1	57,23	48,48	44,37	39,31
	57,11	49,83	43,46	35,53
	57,05	48,49	43,13	34,67
	57,21	48,88	43,28	36,11
Promedio	57,2	48,9	43,3	36,1
2	56,64	49,68	38,05	28,78
	56,25	44,33	34,96	26,50
	56,05	45,98	37,32	27,95
	56,90	51,09	39,76	26,68
Promedio	56,5	47,8	37,5	27,5

Punto de marchitez permanente

Suelo	Pcv	Pc + s	Pc + sse	Psse	% PMP	Promedio
1	33,90	55,64	52,80	18,90	15,03	16,2
	34,52	56,43	53,19	18,67	17,35	
2	34,33	55,93	53,81	19,48	10,88	10,9
	34,65	56,89	54,71	20,06	10,87	

Pcv: peso cápsula vacía

Pc + s: peso de la capsula más suelo 15 bares

Pc + sse: peso de la cápsula más suelo seco a estufa

Psse: peso suelo seco a estufa

Propiedades químicas

Materia orgánica

Suelo	Horizonte	g suelo	V1 (ml)	M.O. (%)	M.O. (g/kg)
1	Ap	0,1	1,33	4,31	43
	Ad	0,2	0,89	3,66	37
	Bt	0,2	1,40	1,91	19
	BC/C	0,2	1,65	1,06	11
	2Ck	0,2	1,83	0,46	5
2	Ap	0,1	1,54	2,91	29
	Ad	0,2	1,15	2,77	28
	Bt	0,2	1,38	2,00	20
	Ck	0,2	1,62	1,16	12
3	Ap	0,1	1,61	2,39	24
	Ad	0,2	1,21	2,58	26

Partes: 1, 2, 3, 4

Bt	0,2	1,63	1,15	12
BC/Ck	0,2	1,90	0,21	2

Blanco (ml gastado): 5,18

V1 : ml de Sal de Mohr gastados en la titulación

Fósforo total

Suelo1	Horizonte	Absorbancia	mg P/L	mg P/kg
1	Ap	0,325	0,48	600
	Ad	0,315	0,46	575
	Bt	0,395	0,58	725
	BC/C	0,190	0,28	350
	2Ckm	0,495	0,72	900
2	Ap	0,160	0,23	288
	Ad	0,230	0,34	425
	Bt	0,285	0,42	525
	Ck	0,335	0,49	612
3	Ap	0,300	0,44	550
	Ad	0,410	0,60	750
	Bt	0,370	0,54	675
	BC/Ck	0,275	0,40	500

**Cationes Intercambiables
Sodio**

Suelo	Horizonte	Lectura (ue)	ppm Na	me Na / L	me Na / 100g
1	Ap	34	8,82	0,38	1,0
	Ad	38	9,91	0,43	1,1
	Bt	38	9,91	0,43	1,1
	BC/C	40	10,45	0,45	1,1
	2Ck	46	12,10	0,53	1,3
2	Ap	32	8,28	0,36	0,9
	Ad	36	9,36	0,41	1,0
	Bt	36	9,36	0,41	1,0
	Ck	32	8,28	0,36	0,9
3	Ap	14	3,55	0,15	0,4
	Ad	40	10,45	0,45	1,1
	Bt	100	27,93	1,21	3,0
	BC/Ck	130	37,48	1,63	4,1

(*) dilución 1/5

Potasio

Suelo	Horizonte	Lectura (ue)	ppm K	me K / L	me K / 100g
1	Ap	80	32,11	0,82	2,1
	Ad	54	22,24	0,57	1,4
	Bt	50	20,67	0,53	1,3
	BC/C	28	11,82	0,30	0,8
	2Ck	20	8,51	0,22	0,5
2	Ap	58	23,79	0,61	1,5
	Ad	44	18,30	0,47	1,2
	Bt	38	15,89	0,41	1,0
	Ck	16	6,83	0,18	0,4
3	Ap	84	33,58	0,86	2,2
	Ad	78	31,37	0,80	2,0
	Bt	218	75,47	1,94	4,8
	BC/Ck	272	88,29	2,26	5,7

Calcio más Magnesio

Suelo	Horizonte	ml EDTA	me / L	me / 100 g
1	Ap	1,20	10,68	26,7
	Ad	1,33	11,84	29,6
	Bt	1,42	12,64	31,6
	BC/C	1,57	13,97	34,9
2	Ap	1,07	9,52	23,8
	Ad	1,21	10,77	26,9
	Bt	1,39	12,37	30,9
3	Ap	0,76	6,76	16,9
	Ad	0,80	7,12	17,8
	Bt	1,34	11,93	29,8

En los horizontes que faltan no se determinó Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ por presencia de carbonato de calcio.

Sales solubles**Sodio**

Suelo	Horizonte	Lectura (ue)	ppm Na	me Na / L
1	Ap	60	14,53	0,6
	Ad	65	15,84	0,7
	Bt	18	4,13	0,2
	BC/C	14	3,20	0,1
	2Ck	32	7,48	0,3
2	Ap	12	2,73	0,1
	Ad	14	3,20	0,1
	Bt	10	2,27	0,1

	Ck	11	2,50	0,1
3	Ap	110	28,29	1,2
	Ad	210	60,31	2,6
	Bt (*)	71	17,43	9,5
	BC/Ck (*)	120	31,22	17,0

(*): dilución 2/25

Potasio

Suelo	Horizonte	Lectura (ue)	ppm K	me K / L
1	Ap	62	30,80	0,8
	Ad	25	13,07	0,3
	Bt	6	3,22	0,1
	BC/C	4	2,15	0,1
	2Ck	4	2,15	0,1
2	Ap	32	16,57	0,4
	Ad	10	5,33	0,1
	Bt	4	2,15	0,1
	Ck	4	2,15	0,1
3	Ap	22	11,54	0,3
	Ad	24	12,56	0,3
	Bt	22	11,54	0,3
	BC/Ck	38	19,51	0,5

Calcio más Magnesio

Suelo	Horizonte	Alícuota	ml EDTA	me / L
1*	Ap	2 ml	0,94	5,6
	Ad	2 ml	0,75	4,5
	Bt	1 ml	0,21	2,5
	BC/C	2 ml	0,48	2,9
	2Ck	1 ml	0,30	3,6
2*	Ap	2 ml	0,61	3,6
	Ad	2 ml	0,62	3,7
	Bt	2 ml	0,46	2,7
	Ck	2 ml	0,65	3,9
3(*)	Ap	2 ml	0,58	5,2
	Ad	1 ml	0,57	10,1
	Bt	1 ml	0,40	7,1
	BC/Ck	1 ml	0,36	6,4

*: titulación con EDTA 0,0119 N

(*): titulación con EDTA 0,0178 N

Cloruros

Suelo	Horizonte	ml AgNO3	ml blanco	me Cl-/L
1	Ap	0,82	0,06	1,9
	Ad	0,63	0,06	1,4
	Bt	0,40	0,06	0,9
	BC/C	0,31	0,06	0,6
	2Ck	0,55	0,06	1,2
2	Ap	0,37	0,06	0,8
	Ad	0,51	0,06	1,1
	Bt	0,39	0,06	0,8
	Ck	0,42	0,06	0,9
3	Ap	1,45	0,06	3,5
	Ad	3,91	0,06	9,6
	*Bt	0,92	0,06	11,4
	*BC/Ck	0,90	0,06	11,2

Alícuota tomada 2 ml
 (*): Alícuota tomada 5 ml
 AgNO3: 0,005 N

Carbonatos y Bicarbonatos

Suelo	Horizonte	CO3 ml H2SO4	HCO3 ml H2SO4	me/L CO3	me/L HCO3
1	Ap	-	0,26	-	1,4
	Ad	-	0,32	-	1,7
	Bt	-	0,37	-	2,0
	BC/C	-	0,40	-	2,1
	2Ck	-	0,71	-	3,8
2	Ap	-	0,28	-	1,5
	Ad	-	0,37	-	2,0
	Bt	-	0,42	-	2,2
	Ck	-	0,59	-	3,2
3	Ap	-	0,58	-	3,1
	Ad	-	0,66	-	3,5
	Bt(*)	-	0,43	-	4,6
	BC/Ck(*)	0,31	0,77	6,6	1,6

H2SO4: 0.0107 N
 Alícuota: 2 ml
 (*) Alícuota: 1 ml

Sulfatos

Suelo	Horizonte	Absorbancia	me/L
1	Ap	0,344	1,7
	Ad	0,073	0,2

	Bt	0,052	0,1
	BC/C	0,054	0,1
	2Ck	0,090	0,2
2	Ap	0,119	0,4
	Ad	0,111	0,3
	Bt	0,058	0,1
	Ck	0,0515	0,1
3	Ap	0,1415	0,7
	Ad	0,1355	0,7
	Bt*	0,1941	1,0
	BC/Ck*	0.0702	0.4

Alícuota: 2 ml

* Alícuota: 1 ml (pH >8)

Calcáreo

El principio de la evaluación de los carbonatos está basado en el desprendimiento de CO₂ que se libera en forma violenta cuando los carbonatos son atacados con HCl.

Horizonte	Lectura inicial	Lectura final	Muestra	CaCO ₃
	ml		g	%
2Ck Suelo 1	19,6	62,3	0,5	31,8
Ck Suelo 2	20	55,4	0,5	26,36
BC/Ck Mancha	19,5	30,2	1	3,98
Blanco	19,9	73,6		

Fertilidad Fósforo disponible

Suelo	Absorbancia	mg P/kg suelo
1	0,343	12
2	0,628	22

Boro disponible

Suelo	Absorbancia	mg B/kg suelo
1	0,0525	0.4
2	0,059	0.4

Blanco: 0.264

Potasio asimilable

Suelo	Lectura	mg K/L	mg K/kg suelo
1	200	77,38	774

2	110	47,51	475
---	-----	-------	-----

Bibliografía

- _ Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires (1989). Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. INTA. Buenos Aires.
- _ Soil Survey Staff-USDA (1999). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for making and Interpreting Soil Survey.
- _ Juan Darío, Paoloni y Magdalena González, Uriarte; Geoambiente y evaluación de las aguas freáticas del partido de Coronel Dorrego (Provincia de Buenos Aires), (página 8)
- _ Thompson Louis M; El Suelo y su Fertilidad, 1982.
- _ Darwich Néstor; Manual de Fertilidad de Suelos, 1998.
- _ González Uriarte y Navarro, 2005.

Agradecimientos

Agradecemos a todas estas personas por la colaboración y el apoyo que nos brindaron para poder realizar el trabajo final:

- Ing. Agr. Oscar Bravo
- Dra. Nilda Amiotti
- Tec. Sup. Agr. en Suelos y Aguas Martín De Lucía
- Tec. Sup. Agr. en Suelos y Aguas Martín Sarti
- Tec. Sup. Agr. en Suelos y Aguas Juan Pedro Iribarne
- Propietario del establecimiento Arturo Righetti
- Ing. Agr. Leonardo Elgart

Autor:

Juliana Bellusci

Marcelo Fabián Ferreyra

Bahía Blanca, Argentina

2007