



Tecnicatura Superior Agraria en
Suelos y Aguas

Departamento de Agronomía

Universidad Nacional del Sur



Caracterización de dos suelos Molisoles en el Campo Napostá, DA-UNS



Borel, Mauricio
Buss, Agustín

Bahía Blanca - 2022

ÍNDICE

Agradecimientos.....	2
Objetivos	3
Introducción.....	4
Área de estudio	5
Ubicación.....	5
Clima	7
Vegetación.....	8
Suelos	9
Historia del lote	10
Materiales y Métodos	11
Trabajo de campo.....	11
Determinaciones.....	12
Suelo 1: Resultados	18
Factores de sitio	18
Morfología del Suelo 1	20
Características físicas del Suelo 1	21
Características químicas del Suelo 1	25
Clasificación del Suelo 1	27
Interpretación de los resultados del Suelo 1	29
Suelo 2: Resultados	30
Factores de sitio	30
Morfología del Suelo 2.....	31
Características físicas del Suelo 2	33
Características químicas del Suelo 2.....	37
Clasificación del Suelo 2.....	39
Interpretación de resultados del Suelo 2.....	41
Calidad de aguas	42
Conclusiones.....	43
Bibliografía	45
Apéndice	46
Tablas de resultados de determinaciones físicas.....	47
Tablas de resultados de determinaciones químicas.....	55
Gráficos	64
Índice de tablas y figuras	67

AGRADECIMIENTOS

Habiendo llegado a la realización de nuestro trabajo final de la carrera de Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas, queremos agradecer a quienes nos han ayudado desde sus lugares a que hayamos cursado nuestros estudios y llegado a este momento importante.

A los directores y orientadores de nuestro trabajo, Pablo Zalba y Oscar Bravo.

A los técnicos encargados de los laboratorios de Física y Química de suelos, Luciano Rodríguez y Martín Sarti.

A los docentes Mariana Bouza, Matías Duval, Martín Espósito, Maximiliano Garay, Leandro Goñi, Julio Iglesias, Roberto Kiessling, Gabriela Laurent, Fernando López, Carlos Lorenzetti, Juan Manuel Martínez, Gabriela Minoldo, Edgardo Navarro, Carmen Salerno, Érica Schmidt y Liliana Suñer, por lo que nos enseñaron durante el cursado de las materias, y por las consultas que nos brindaron durante la elaboración del presente trabajo final.

A los técnicos ayudantes Verónica Misler, Ramiro García, Martín de Lucía y Mauro Bartolomé.

Al personal de la Biblioteca de Agronomía.

A nuestras familias y seres queridos.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente documento son:

- Presentar el área de estudio de los suelos: la región del partido de Bahía Blanca en general, y el campo Napostá DA-UNS en particular.
- Mostrar la información obtenida en el trabajo de campo y en las determinaciones y análisis de laboratorio.
- Exponer evaluaciones cualitativas de los suelos estudiados a partir de los datos obtenidos por nuestro trabajo.

INTRODUCCIÓN

El campo Napostá, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y cedido al Departamento de Agronomía, es uno de los establecimientos rurales con los que cuenta la Universidad Nacional del Sur para actividades de investigación y docencia.

Se encuentra ubicado en el kilómetro 35 de la ruta nacional 33, y su área comprende 710 hectáreas.

El campo comprende una serie de ambientes productivos diferenciados, condicionados mayormente por el relieve y la hidrografía. Así encontramos sectores de lomas, de laderas con diferentes pendientes, llanuras de inundación junto a los cursos de agua que recorren el campo, y cañadones formados sobre antiguos cursos de agua.

Esta variabilidad geomorfológica se traduce en diferentes tipos de suelo en toda el área del establecimiento. Un conocimiento detallado de los distintos suelos y de sus potenciales productivos son fundamentales para un adecuado manejo de los recursos naturales del establecimiento.

A lo largo del tiempo, alumnos de la carrera Tecnicatura Superior Agraria en Suelos y Aguas del Departamento de Agronomía han realizado sus trabajos finales mediante el estudio detallado de los diferentes tipos de suelos que se encuentran en el campo Napostá, aportando un importante caudal de información acerca las características del recurso suelo del lugar.

ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación

Los suelos estudiados en el presente trabajo se ubican en el campo Napostá, que se encuentra en la Ruta Nacional 33, kilómetro 35, en el partido de Bahía Blanca. Dentro del establecimiento, se ubican en el lote 18.

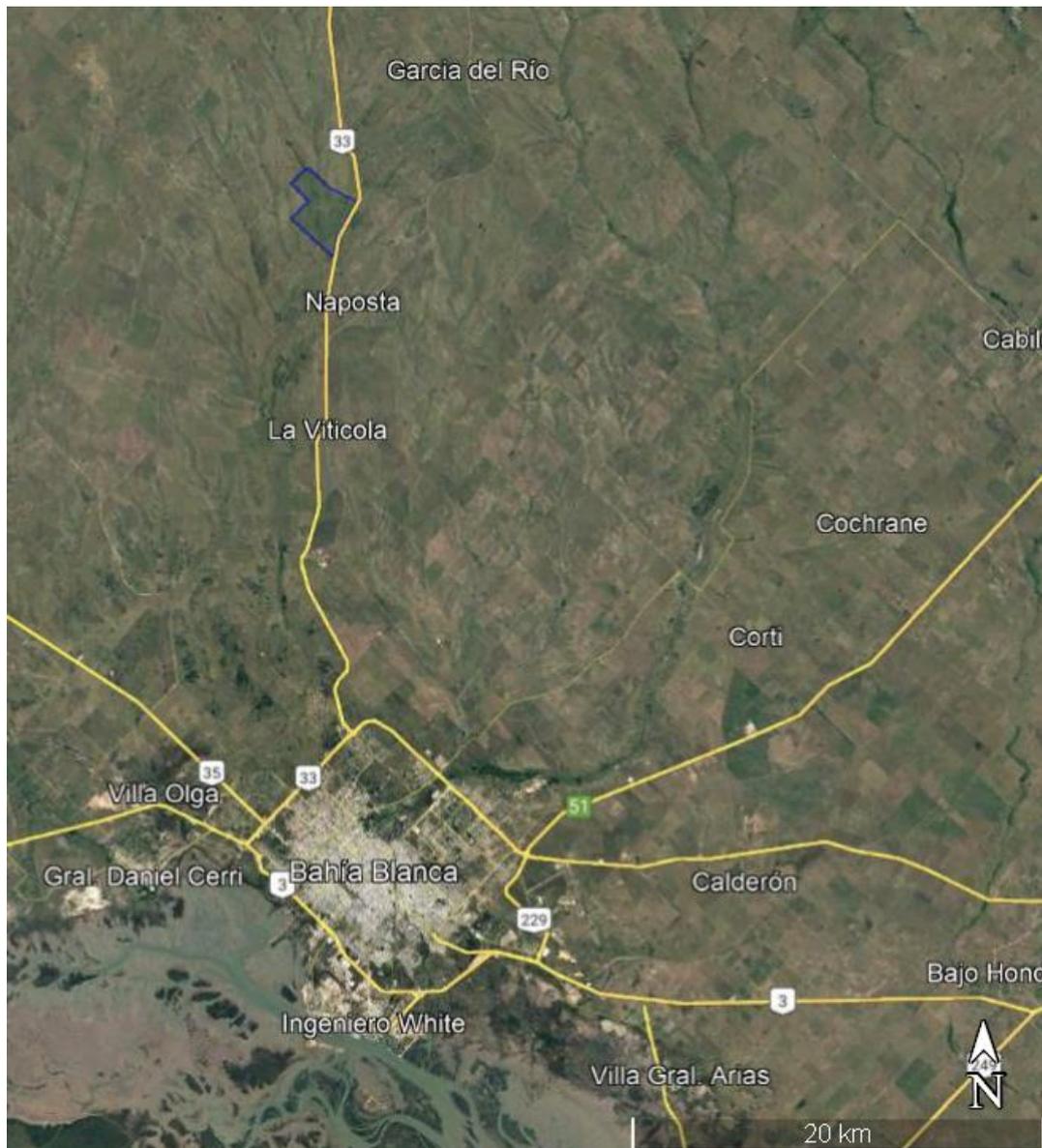


Figura 1. Ubicación del Campo Napostá.



Figura 2. Ubicación del lote 18 dentro del Establecimiento Napostá-UNS.



Figura 3. Posición de los perfiles dentro del lote 18.

Clima

El partido de Bahía Blanca se encuentra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. El clima de la región es templado con estaciones térmicas bien diferenciadas.

En cuanto a las precipitaciones, la zona tiene un carácter subhúmedo o de transición. Las lluvias se caracterizan por su erraticidad, alternando períodos de sequía con otros de exceso de precipitaciones. El valor medio anual para Bahía Blanca y su zona es cercano a los 600 mm, siendo el invierno la estación más seca del año y las estaciones cálidas más húmedas. El índice de aridez es de 0,48.¹

La temperatura media anual es 15 °C, siendo enero el mes más cálido (23,2 °C) y julio el más frío (7,5 °C). El número medio de días con heladas es de 35, y se concentran sobre todo en junio, julio y agosto, con excepcionales pero peligrosas heladas tardías en primavera. Los meses de verano están libres de heladas.

Los vientos dominantes en la región provienen desde el cuadrante norte-noroeste, siendo más intensivos, en frecuencia y velocidad, en primavera y verano, ocasionando mayores riesgos de erosión durante ese período. La velocidad media anual es de 24 km/h.

Siguiendo la clasificación climática de Thornwaite, Bahía Blanca se ubica dentro del grupo subhúmedo seco, con nulo o poco exceso de agua. Según la clasificación de Köppen, la región queda comprendida dentro del tipo BS, semiárido (Mormeneo, 2002).

Respecto al edafoclima de la región, el régimen de temperatura es térmico, y el régimen de humedad es ústico, determinado por la cantidad de precipitaciones y por su distribución a lo largo del año.



Figura 4. Climograma de Bahía Blanca (www.climate-data.org)

¹ Índice de aridez (FAO) = P (mm)/ETP (mm). En Scian, Beatriz (2010), pp. 32-33.

Vegetación

Entre las especies vegetales que se encontraban en el lote 18, se destaca la vicia (*Vicia villosa*), cultivada sobre un rastrojo de sorgo (*Sorghum spp.*). Dentro de las pocas especies silvestres en superficie, dado que en el lote se han realizado sucesivas labranzas en los últimos años, se encontraban presentes la flor amarilla (*Diptotaxis tenuifolia*) y el pasto liebre (*Distichlis scoparia*).



Figura 5. Vegetación presente en el lote 18. Se destacan la vicia (*Vicia villosa*) y la flor amarilla (*Diptotaxis tenuifolia*).

Suelos

El partido del partido de Bahía Blanca se ubica en el extremo sur de la llanura chaco-pampeana, en la llanura que emerge desde el sistema serrano de Ventania, por lo que la planicie que se extiende entre las sierras y el mar se denomina llanura ventánica meridional (González Uriarte, 2010).

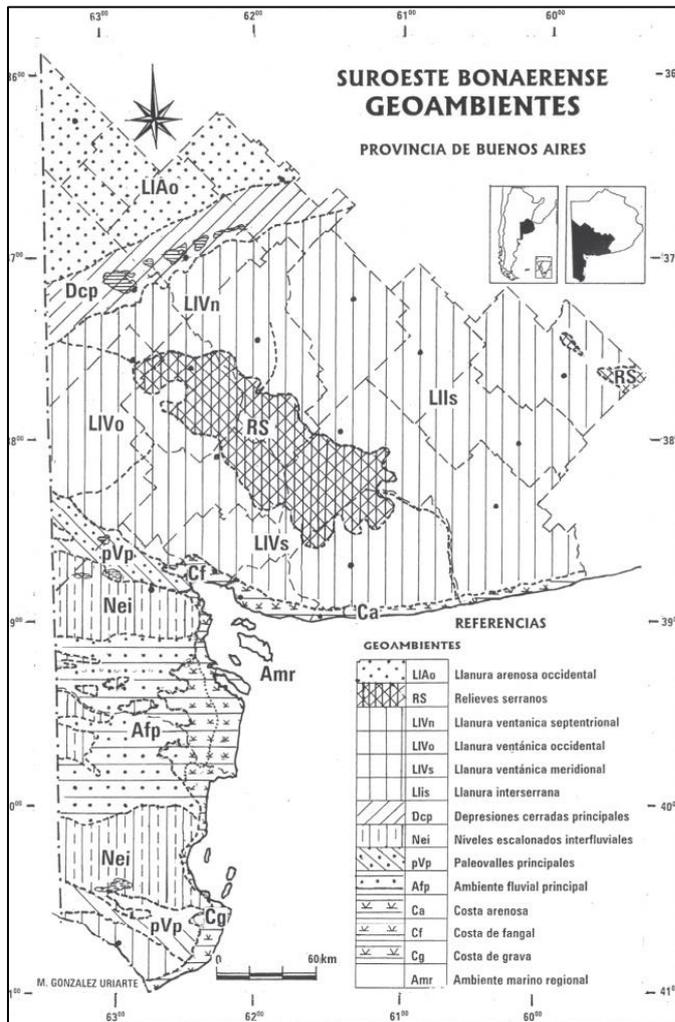


Figura 6. Geoambientes del suroeste bonaerense, donde se observa la ubicación de la llanura ventánica meridional entre el sistema serrano y el mar. (Paoloni, 2010)

Con excepción de la zona más cercana al mar, que incluye la ciudad de Bahía Blanca, la región del partido, y el campo Napostá, se encuentran dentro del dominio edáfico 3 (Figura 7), cuyos suelos más representativos son los Haplustoles típicos y los Paelustoles petrocálcicos, en su mayor parte formados por materiales parentales loésicos, depositados sobre horizontes petrocálcicos o sobre la roca.

Dentro del campo Napostá, la complejidad del relieve da lugar a una serie de diferentes geoformas, cada una asociada a distintos tipos de suelos, que se agrupan en unidades cartográficas diferenciadas, como lomas crestas, lomas, laderas, cañadones y llanuras de inundación (Bravo, 2017).

En el lote 18, el perfil N° 1 se realizó sobre una ladera alta, que nace en un lote contiguo y termina en el brazo oriental del arroyo Saladillo Dulce. La pendiente es compleja, con ondulaciones suaves y paleocauces. El perfil N° 2 se ubica al final de un cañadón, en contacto con la terraza aluvial del arroyo.

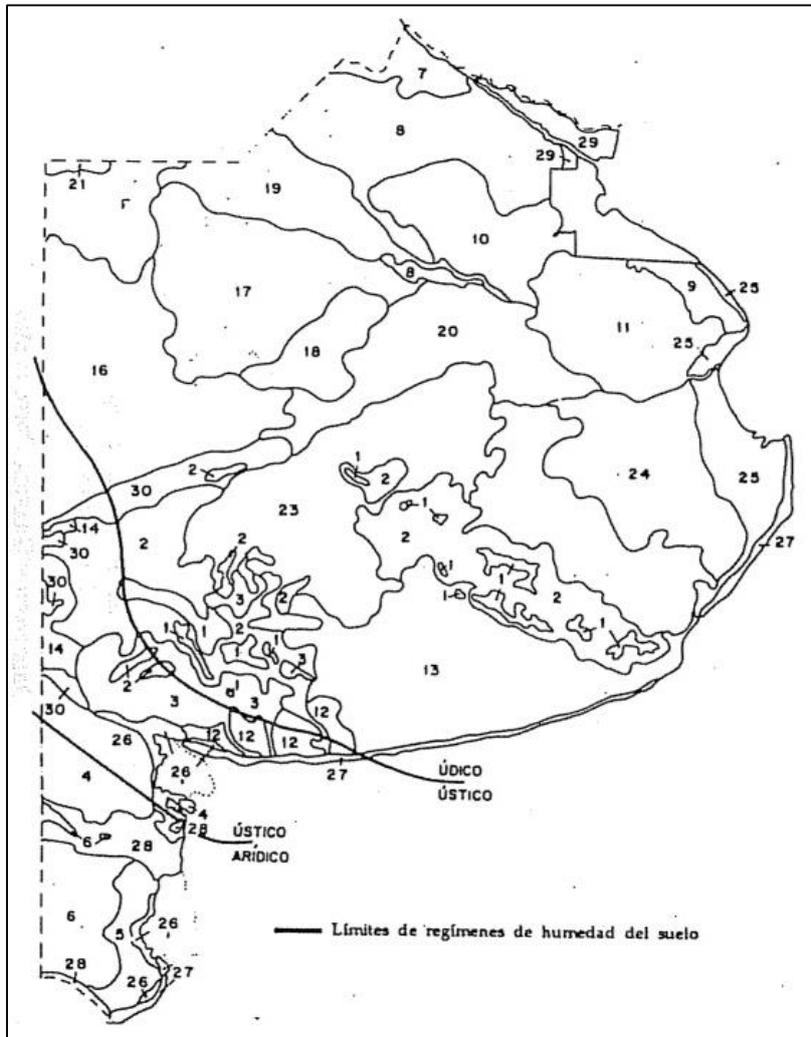


Figura 7. Mapa de los dominios edáficos de provincia de Buenos Aires. El dominio 3 (Haplustol típico + Paleustol petrocálcico) abarca gran parte del partido de Bahía Blanca (INTA, 1989).

Historia del lote

En los últimos años, el lote ha sido sembrado con diferentes cultivos para uso ganadero.

2019: avena-vicia

2020: sorgo

2021: avena-vicia

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Se eligieron dos puntos del paisaje representativos del lote 18 con el fin de establecer dos perfiles de suelos diferenciados, uno en un alto topográfico, en la loma, y otro en un cañadón, aproximadamente en la parte media de la ladera.

Se describieron los factores de sitio, y se abrieron las calicatas. Una vez abiertos los perfiles, se tomó nota de toda la información posible que se podía inferir de su observación.

Luego se procedió a la toma de muestras. Se guardó material de cada uno de los horizontes identificados, y se tomaron muestras del horizonte superficial para determinar fertilidad (con muestreador de capa arable, hasta los 12 cm), estabilidad estructural y actividad biológica.

Se tomaron muestras de suelo no disturbadas en cilindros metálicos, para realizar las determinaciones de distribución por tamaño de poros, densidad aparente y para la curva de retención hídrica.

Para evaluar la calidad de aguas, se tomaron muestras del arroyo Saladillo Dulce y del molino cercano al casco del campo.

Las muestras de suelo se secaron al aire durante unos días, y las que requerían tamizado para su análisis fueron tamizadas a 2 mm.

Determinaciones

Determinaciones físicas: metodologías

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 1 M en los horizontes que presentaron reacción positiva ante el agregado de este mismo ácido.
- Eliminación de cloruros (Cl⁻) por lavado con agua destilada por medio de filtración realizada con bomba de vacío en kitasato y embudo Büchner.
- Dispersión de la muestra utilizando una solución dispersante de hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio, agitación mecánica durante diez horas y separación de las fracciones como se detalla a continuación:
 - Limo más arcilla: pipeteado a 10 cm de profundidad en un tiempo determinado de acuerdo a la temperatura de la muestra, secado a estufa a 105°C y pesado de la fracción.
 - Arcilla: pipeteado de arcilla, luego de 4 horas de reposo, a profundidad determinada por la temperatura de la muestra, secado a estufa a 105°C y pesado de la fracción.
 - Limo: se calcula a partir de la diferencia de las determinaciones anteriores.
 - Arenas: se tamizan y se lavan con agua por un tamiz de 50 micrones. Se llevan a estufa y una vez secas se separan a través de tamices de distintas mallas. Se pesan las sub fracciones correspondientes a cada tamaño de partícula y en base a la muestra original se calcula su porcentaje.

Humedad equivalente: Se coloca una muestra de suelo en las celdillas de la centrífuga hasta que ocupa aproximadamente la mitad de su volumen. Se llevan a una bandeja y se saturan con agua. Las muestras se centrifugan durante 20 minutos a una velocidad de 2400 rpm. Luego se traspasan las muestras a capsulas de aluminio y se secan en estufa a 105°C hasta peso constante. Por último, se calcula el porcentaje gravimétrico de humedad en base al peso del suelo seco a estufa.

Humedad higroscópica: Se colocan las muestras de suelo seco al aire en capsulas de aluminio, se pesan y se llevan a estufa a 105°C, hasta peso constante. La pérdida de peso experimentada representa la humedad higroscópica del suelo, eliminada por evaporación, y el resultado se expresa en porcentaje.

Densidad Real – Método del picnómetro: La densidad real de un suelo es la relación que existe entre la masa total de las partículas sólidas y el volumen ocupado por las mismas, sin tener en cuenta el espacio poroso. La masa de las partículas sólidas se

determina por pesada y su volumen se calcula a partir del volumen del agua que es desplazada por las muestras del suelo.

Se utiliza la siguiente fórmula

$$\delta r = \frac{(P2 - P1)}{[(P4 - P1) - [(P3 - P1) - P2 - P1]]} * \delta w$$

Dónde:

- δr : densidad real.
- δw : densidad del agua corregida por temperatura.
- P2: peso del picnómetro con el suelo corregido por humedad higroscópica.
- P1: peso del picnómetro vacío.
- P3: peso del picnómetro lleno con suelo y agua.
- P4: peso del picnómetro lleno de agua a la temperatura observada.

Densidad aparente – Método del cilindro: Se extraen muestras de suelo sin disturbar mediante el empleo de cilindros de acero, con peso y volumen conocidos (100 cm³), procurando no alterar la estructura del suelo. Se emparejan bien los bordes, cortando el exceso con un cuchillo y se tapan. Se pesan y se llevan a estufa a 105°C. Una vez seco el suelo se pesa y se calcula la densidad aparente (relación: peso/volumen).

$$\delta_{ap} = \frac{\text{suelo seco a estufa}}{\text{volumen del cilindro}}$$

Curva de retención hídrica y distribución por tamaño de poros – Método de la mesa de tensión, olla y membrana de presión: Se toman muestras de suelo sin disturbar (en cilindros), se saturan con agua (pF= 0) y se las somete a diferentes tensiones de succión para obtener los datos de humedad volumétrica en diferentes puntos y poder de esta forma construir una curva de retención hídrica y así poder determinar la distribución del espacio poroso de dichas muestras.

Los valores de pF calculados fueron: 1 y 1,8 (mesa de tensión); 2,5 (olla) y 4,2 (membrana). En éste último valor de pF (punto de marchitez permanente) se utilizan muestras disturbadas, las cuales se colocan en anillos sobre una placa saturada con agua y se les aplica una presión de 15 atm hasta peso constante obteniéndose el dato de humedad gravimétrica y al multiplicarlo por la densidad aparente del suelo se calcula la humedad volumétrica en el punto de marchitez permanente.

Estabilidad estructural – método de De Leenheer y De Boodt: En este método se determina el cambio en el Diámetro Medio Ponderado (DMP) de los agregados del suelo, teniendo en cuenta la comparación del estado inicial con el estado final.

Después de haber sometido al suelo a una fuerza definida se mide dicho cambio y se obtiene gráficamente midiendo el área entre la curva acumulativa de la distribución por tamaño de agregados en húmedo.

Estado inicial:

- Tamizado en seco (batería de tamices de 8 – 4,8 – 2,8 – 2 y 1 mm).
- Se obtiene el porcentaje de cada fracción y se ubican sus valores en la curva acumulativa.
- Golpeteo (simulación del impacto de la gota de lluvia).
- Incubación 24 hs a 20°C y una humedad de 98 a 100%.

Estado final:

- Tamizado en húmedo (batería de tamices de 8 – 4,8 – 2,8 – 2 – 1 y 0,5 mm).
- Se colocan las muestras en estufa a 60°C hasta peso constante.
- Se obtiene el porcentaje de cada fracción y se ubican sus valores en la curva acumulativa

Se obtiene el cambio en el diámetro medio ponderado a partir de la comparación de las curvas de tamizado en seco y en húmedo. Con el planímetro se mide el área comprendida entre ambas curvas. Este valor se divide por 10 y se obtiene el índice de estabilidad estructural.

Índice	Clasificación
Mayor de 50	Excelente
40 – 50	Muy buena
33 – 40	Buena
25 – 33	Insatisfactoria
< 25	Estabilidad mala

Análisis químicos: metodologías

Conductividad eléctrica (método conductimétrico): Determinada en el extracto de saturación y en las muestras de agua expresado en dS/m.

pH (método potenciométrico): Se determina por el método potenciométrico sobre una suspensión suelo y agua en una relación 1:2,5, y de manera directa en los extractos de saturación y en las muestras de agua.

Calcio + Magnesio (valoración complexométrica con EDTA): Titulación complexométrica con EDTA. Durante la valoración, el EDTA añadido reacciona primero con los iones metálicos que quedan libres en solución y luego desplaza al colorante del complejo metal-indicador. Se produce entonces una variación progresiva del color. Esto ocurre según la siguiente reacción:



Sodio y Potasio (fotometría de llama): Se determinó en los extractos de saturación y en las muestras de agua. Consiste en la introducción de la muestra, en un estado finamente disperso, sobre una llama y se compara el incremento de la intensidad luminosa, con aquel que produce una solución de concentración conocida. Previamente se construyó una curva de calibrado para luego calcular la concentración de sodio y potasio en cada muestra.

Carbonatos y Bicarbonatos: Valoración de la muestra con ácido sulfúrico usando anaranjado de metilo como indicador para el punto final de los bicarbonatos, y fenolftaleína para determinar la presencia de carbonatos.

Cloruros (método argentométrico): 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 bario. 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 1 M pH 7,0 previo lavado de cationes solubles con alcohol, y en el

extracto obtenido se determinan sodio y potasio por fotometría de emisión de llama y calcio + magnesio por titulación complexométrica de acuerdo a lo descripto.

Capacidad de intercambio catiónico: Se satura el complejo de intercambio con acetato de amonio a pH 7, se lava con alcohol etílico el exceso de amonio hasta obtener una conductividad eléctrica menor a 20 microS cm^{-1} . Luego se desplaza el amonio adsorbido con cloruro de potasio, y el amonio desplazado se determina mediante destilación por arrastre de vapor con óxido de magnesio. El extracto se titula con H_2SO_4 0,005N. Se expresa en $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Materia orgánica: Se estimó a partir del resultado de carbono orgánico obtenido a través del analizador automático de carbono marca LECO por combustión seca.

Fósforo extraíble (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 con una curva patrón.

Fósforo total: La extracción se realiza con una digestión del suelo en ácido nítrico y clorhídrico en relación (10:3), previo calcinado de la muestra a 550°C durante 4 h. Se determina el fósforo presente mediante espectrometría (Jackson).

Fósforo orgánico e inorgánico (método de Saunders y Williams): Se estima el fósforo orgánico (P_o), a partir de la diferencia entre el P extraído con H_2SO_4 1M de una muestra calcinada a 550°C (P_o+P_i) y de otra sin calcinar.

Potasio asimilable: Se utiliza como solución extractiva acetato de amonio 1 M a pH 7. La determinación del potasio en el extracto se realiza por fotometría de emisión a la llama.

Determinación de calcáreo: Se basa en la medición del desprendimiento de dióxido de carbono de la muestra cuando ésta se pone en contacto con ácido clorhídrico al 10% en volumen, mediante un calcímetro; comparándolo con un patrón de carbonato de calcio puro.

Determinación de nitrógeno orgánico (método de Kjeldahl): consiste en la oxidación húmeda de la materia orgánica, que permite transformar el N orgánico en

NH₄⁺. Luego se destila el digesto en un destilador por arrastre de vapor y se cuantifican los amonios desplazados en una titulación con H₂SO₄ 0,01N.

Determinación de la actividad biológica del suelo

La actividad respiratoria del suelo se determinó por el método de valoración de dióxido de carbono desprendido por la biomasa del suelo.

El método consiste en pesar 20 g de suelo seco al aire colocados en un recipiente con tapa hermética, se llevó la muestra a capacidad de campo con agua destilada libre de dióxido de carbono. Luego se colocó dentro del mismo recipiente un vial con 20 mL de NaOH 0,1 M. Se cerró herméticamente y se llevó a incubar a 30 °C durante 7 días en una cámara de crecimiento.

Paralelamente se preparó un blanco sin muestra de suelo, solamente con un vial 20 mL de NaOH dentro de un recipiente hermético.

Luego de 7 días se tomó una alícuota de 5 mL, se agregaron cristales de cloruro de bario y dos gotas de solución alcohólica de fenolftaleína (color rosado).

Se tituló con HCl 0,1 M hasta viraje de rosado débil a incoloro.

Por último, se calcularon los mg de CO₂ desprendidos cada 100 g de suelo por día aplicando la siguiente fórmula:

$$(\text{Blanco} - \text{Muestra}) \times 0,393 = x \text{ mg de CO}_2/100\text{g/día}$$

Muestra= mg de NaOH sin reaccionar en la muestra de suelo

Blanco= mg de NaOH sin reaccionar en el blanco sin muestra de suelo.

Nota: el factor 0,393 surge de la reacción química donde 44 mg de CO₂ reaccionan con 80 mg de NaOH (44/80), luego multiplicando por 5 (para llevar a 100 g de suelo) y dividiendo por 7 (número de días de incubación).

Tabla 1. Rango de valores de actividad biológica (respiración)

Valores suministrados por el laboratorio de Suelos Salinos y Sódicos del Departamento de Agronomía – UNS

mg CO₂ 100g⁻¹ día⁻¹	Clasificación
<5	Muy baja
5-10	Baja
10-15	Moderadamente baja
15-20	Moderada
20-25	Óptima
>25	Elevada

SUELO 1: RESULTADOS

Factores de sitio

Ubicación: Campo Napostá, Lote 18, Ruta Nacional 33, kilómetro 35

Latitud: 38°25'25,61" Sur

Longitud: 62°16'51,56" Oeste

Elevación sobre el nivel del mar: 164 metros

Paisaje: Dominio positivo de Ventania. Porción media de la Llanura Ventánica Meridional. Valle superior del arroyo Saladillo Dulce

Relieve: Normal

Geoforma: Ladera

Posición: Ladera alta

Pendiente: 1-3%

Drenaje: Algo excesivamente drenado

Erosión: alta susceptibilidad a la erosión eólica por la escasa cobertura vegetal, moderada susceptibilidad a la erosión hídrica, signos leves de encostramiento superficial

Vegetación: flor amarilla (*Diplotaxis tenuifolia*) y rastrojo de sorgo. Cobertura superficial de 20-30 %

Uso de la tierra: ganadero-agrícola

Material parental: sedimento loessoides, con presencia de carbonatos en horizontes Ap y C, sobre horizonte petrocálcio relíctico.

Edafoclima: ústico, térmico



Figura 8. Paisaje del Suelo 1.

Morfología del Suelo 1

Tabla 2: Descripción morfológica del Suelo 1

Horizonte	Descripción
Ap 0-12	Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo, pardo claro (10 YR 5/3) en seco; franco; bloques subangulares, medios y finos, moderado a débil; poco consolidado; muy friable en húmedo; ligera reacción a HCl 10%; escasas raíces; presencia de fragmentos gruesos de CaCO ₃ ; escasos pellets fecales; límite claro y plano.
AC 12-65 cm	Gris oscuro (10 YR 4/1) en húmedo, gris claro (10 YR 7/1) en seco; franco; grano simple; poco consolidado; ligera a moderada reacción al HCl 10%; muy escasas raíces; concreciones alóctonas de CaCO ₃ ; límite claro y ondulado
2Ckm +65 cm	Horizonte petrocálcico

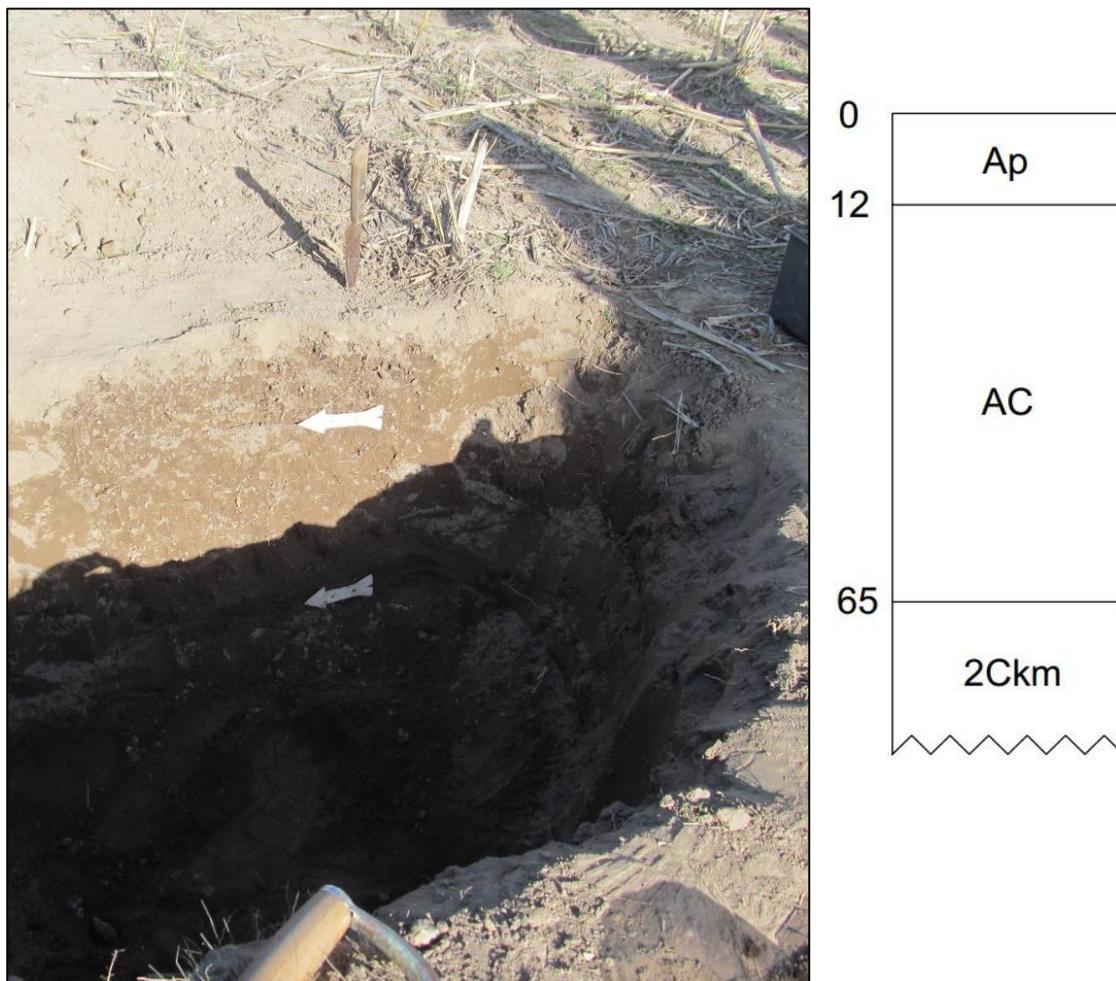


Figura 9. A la izquierda, fotografía de la calicata del Suelo 1. La flecha de abajo indica el comienzo del horizonte petrocálcico. A la derecha, esquema del perfil.

Características físicas del Suelo 1

Tabla 3: Caracterización física del Suelo 1

Horizonte		Ap	AC
Profundidad	cm	0-12	12-65
Textura	Arcilla <0,002 mm	150	154
	Limo 0,002-0,05 mm	338	366
	Arena muy fina 0,05-0,1 mm	310	307
	Arena fina 0,1-0,25 mm	157	138
	Arena media 0,25-0,5 mm	40	29
	Arena gruesa 0,5-1 mm	4	4
	Arena muy gruesa 1-2 mm	0	0
	Arenas totales 0,05-2 mm	511	478
Clase textural		Franca	Franca
Densidad aparente	Mg m ⁻³	1,23	
Densidad real		2,63	
Porosidad total *	%	53,23	
Punto de marchitez permanente (PMP)	% vol	13,8	
Humedad equivalente		27,49	29,28
Humedad higroscópica		3,8	3,9

* Calculada por fórmula $(1 - \{\delta_{ap}/\delta_{real}\} * 100)$

Tabla 4: Estabilidad Estructural del Suelo 1

Área	Cambio del DMP (mm)	Estabilidad de los agregados (%)	Índice de estabilidad
16,61	1,66	30,12	Insatisfactoria

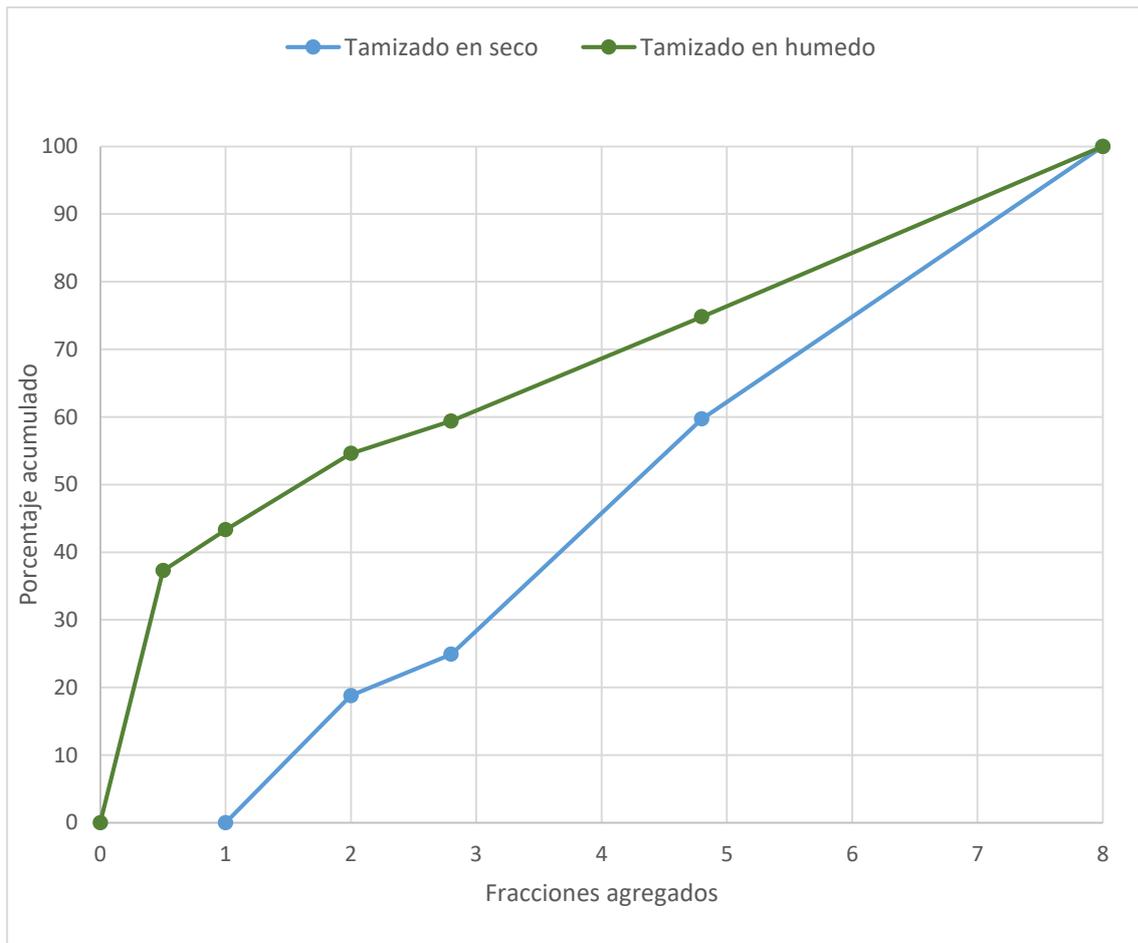


Figura 10. Estabilidad estructural del Suelo 1

Tabla 5: Curva de retención hídrica del Suelo 1

pF	0	1	1,8	2,5	4,2	4,7	7	Agua útil
% v. agua	49,1	46,3	34,9	29,2	13,8	3,8	0	15,4

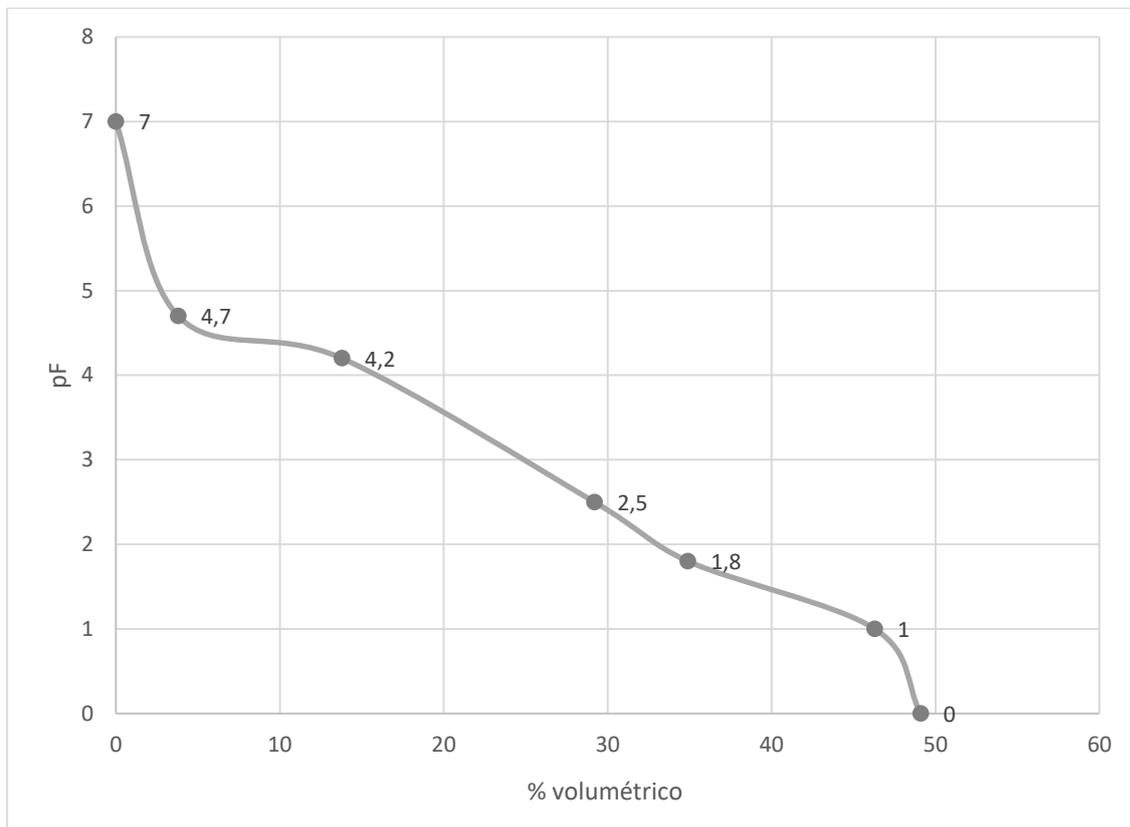


Figura 11. Curva de retención hídrica del Suelo 1

Tabla 6: Distribución del espacio poroso del Suelo 1

Porosidad total	Macroporos	Mesoporos grandes	Mesoporos chicos	Microporos	Ultra microporos	Sólidos
49,1	14,2	5,7	15,4	10	3,8	50,9

Macro poros > 50 μm

Meso poros grandes 50 – 9 μm

Meso poros chicos 9 – 0,2 μm

Micro poros 0,2 – 0,1 μm

Ultra micro poros < 0,1 μm

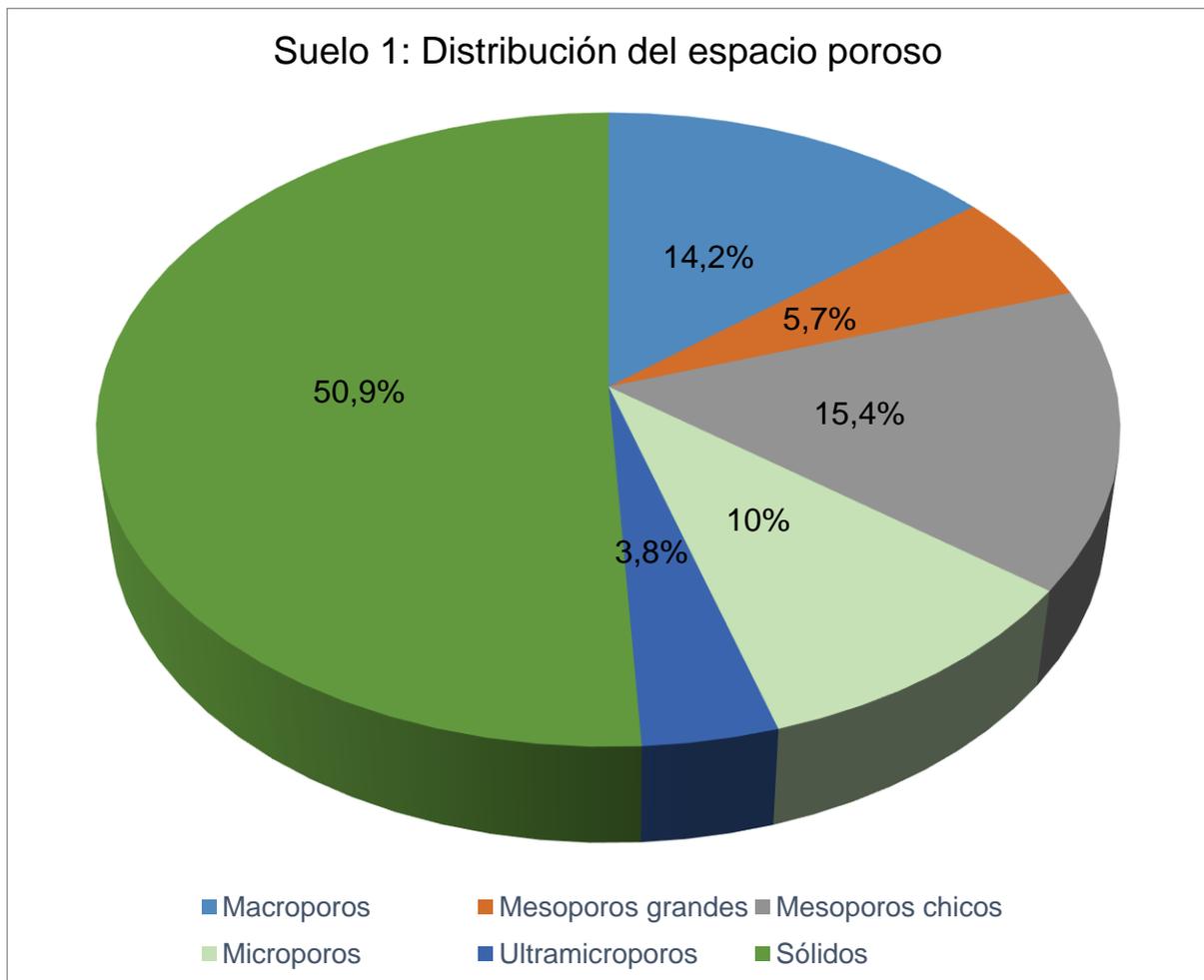


Figura 12: Gráfico de la distribución por tamaño de poros.

Características químicas del Suelo 1

Tabla 7: Datos químicos del Suelo 1

Horizonte			Ap	AC	
Profundidad		cm	0-12	12-65	
Materia orgánica		g kg ⁻¹	33	23	
Fósforo total		mg kg ⁻¹	506	596	
Fósforo orgánico			296	309	
Fósforo inorgánico			195	220	
Calcáreo		g kg ⁻¹	9,64	59,5	
pH en suspensión (1:2,5)			8,2	8,5	
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	cmol kg ⁻¹	-	-
		Na ⁺		0,5	0,5
		K ⁺		1,6	1,3
	Suma de bases	-		-	
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)		cmol kg ⁻¹	10,6	10,4	
Saturación con bases		%	-	-	
Porcentaje de sodio intercambiable			4,8	5,3	

Tabla 8: Sales solubles en extracto de saturación del Suelo 1

Horizonte			Ap	AC	
Profundidad		cm	0-12	12-65	
Extracto de saturación	pH		8	7,9	
	Conductividad eléctrica		dS m ⁻¹	0,44	0,42
	Cationes (meq L ⁻¹)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺		3,14	4,1
		Na ⁺		0,65	0,71
		K ⁺		0,84	0,42
		Suma		4,63	5,22
	Aniones (meq L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻		0,77	1,33
		Cl ⁻		0,72	1,27
		HCO ₃ ⁻		2,27	1,87
		CO ₃ ²⁻		0	0
Suma		3,76	4,47		
Relación de adsorción de sodio			0,5	0,5	

Tabla 9: Valores de fertilidad química del Suelo 1

pH (1:2,5)		8,1
Materia orgánica	g kg ⁻¹	34
Carbono orgánico		20
Nitrógeno total		1,6
Fósforo extraíble	mg kg ⁻¹	5
Potasio asimilable		759
Relación C/N		12,2

Índice de calidad MO (materia orgánica en relación a la textura)²

MO: 3,4%

Limo+arcilla: 48% (0,48)

IMO = $3,4/0,48 = 7$

Actividad Biológica:

Horizonte Ap: 11,1 mg de CO₂ 100 g suelo⁻¹ día⁻¹

Actividad: moderada/baja

Horizonte AC: 7,6 mg de CO₂ 100 g suelo⁻¹ día⁻¹

Actividad: baja

² Índice de calidad de MO: cociente de la división del % de MO por el porcentaje de limo + arcilla expresado de manera decimal. Un valor superior a 8 indica un buen manejo del suelo. Un valor inferior a 5 muestra un mal manejo y pérdidas de materia orgánica. Para una descripción de la aplicación del índice como indicador de la calidad del suelo, ver Quiroga y Bono (2012).

Clasificación del Suelo 1

Clasificación por Soil Taxonomy (2014)

Las características diagnósticas que presenta el suelo son un epipedón mólico, y un endopedón petrocálcico. Se observa poca evolución pedológica a lo largo del perfil, con escaso desarrollo de estructura por debajo del horizonte superficial.

Clasificación: **Calciustol petrocálcico, franco grueso, térmico**

Epipedón: mólico

Endopedón: horizonte petrocálcico

Régimen de humedad: ústico

Régimen de temperatura: térmico

Tamaño medio ponderado de partículas de sección de control (25-75 cm): franco grueso

Orden: Molisol (epipedón mólico).

Suborden: Ustol

Gran grupo: Calciustol (régimen de humedad ústico; horizonte petrocálcico dentro de los 150 cm de suelo).

Subgrupo: Calciustol petrocálcico (horizonte petrocálcico dentro de los 100 cm de suelo).

Familia: Calciustol petrocálcico, franco grueso, térmico

De acuerdo al levantamiento de suelos 1:20.000 del campo Napostá, el Suelo 1 queda incluido en la unidad cartográfica Complejo Lomas (Bravo, 2017, p. 23).

Clasificación por Capacidad de uso (Klingebiel & Montgomery, 1962)

Clasificación: **IVes**

Limitante principal: profundidad (65 cm en zona semiárida)

Otras limitaciones: clima, susceptibilidad a la erosión (abundancia de arenas erodibles, estructura moderada a débil)

Clasificación por Índice de productividad (INTA, 1989)

$$IP = H * D * Pe * Ta * Tb * Sa * Na * Mo * T * E$$

H (condición climática): 0,75

D (Drenaje): 0,9

Pe (Profundidad efectiva): 0,6

Ta (Textura horizonte superficial): 1

Ta (Textura horizonte subsuperficial): 1

Sa (Salinidad): 1

Na (Alcalinidad): 1

Mo (Materia orgánica): 1

T (CIC): 0,95

E (Erosión): 0,9

Cálculo: $0,75 * 0,9 * 0,6 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 0,95 * 0,9 = 0,35$ (35%)

Índice: productividad regular

Valores del índice:

100 a 70	Muy buena productividad
69 a 40	Buena productividad
39 a 20	Productividad regular
19 a 1	Productividad baja

Interpretación de los resultados del Suelo 1

El Suelo 1 se forma a partir de sedimentos éolicos recientes depositados sobre un horizonte petrocálcico, dando lugar a un perfil poco profundo, con una profundidad de 65 cm.

La textura del suelo, en ambos horizontes, es franca, próxima a franca-arenosa, y la fracción granulométrica preponderante es la arena, y dentro de ésta, la arena muy fina (310 g/kg en el horizonte Ap). La arcilla representa un 15%, y el limo un 33%.

La estabilidad estructural es insatisfactoria en el horizonte superficial, y en el subsuperficial la estructura es de grano simple.

La densidad aparente es de $1,23 \text{ Mg/m}^3$, el cual es un valor esperable para la textura del suelo. La porosidad total es de 49,1 % y la porosidad de aireación es de 19,9%.

En cuanto a la curva de retención hídrica, el rango de agua útil es de 15,4% (v/v) y hay un predominio de los mesoporos.

El contenido de materia orgánica del horizonte Ap es de 33 g/kg suelo. El valor de nitrógeno total es de 1,64 g/kg y la relación C/N es de 12,2.

Los valores de CIC son moderados a bajos, con 10,6 cmol/kg (Ap) y 10,3 cmol/kg (AC).

El fósforo disponible arrojó un resultado de 5 mg/kg, un valor bajo.

Los valores de pH del extracto de saturación son similares en ambos horizontes, siendo moderadamente alcalinos (8,2 en Ap, 8,5 en AC).

Los valores de CE y RAS indican que el suelo no presenta problemas de sodicidad ni salinidad. Los valores de sodio intercambiables también son bajos (4,8% el horizonte Ap, 5,4% el AC).

Con respecto al calcáreo, no hay valores altos, pero en el horizonte AC (59,5 g/kg) aumenta considerablemente respecto al Ap (9,6 g/kg).

La actividad biológica del suelo fue moderada a baja en el horizonte Ap (11,1 mg $\text{CO}_2/100 \text{ g suelo/día}$) y baja en el AC (7,6 mg $\text{CO}_2/100 \text{ g suelo/día}$).

SUELO 2: RESULTADOS

Factores de sitio

Ubicación: Campo Napostá, Lote 18, Ruta Nacional 33, kilómetro 35

Latitud: 38°25'40,08" Sur

Longitud: 62°16'53,29" Oeste

Elevación sobre el nivel del mar: 153m

Paisaje: Dominio positivo de Ventania. Porción media de la Llanura Ventánica Meridional. Valle superior del arroyo Saladillo Dulce

Relieve: Plano inclinado

Geoforma: Paleocauce

Posición: Baja, en contacto con la terraza aluvial

Pendiente: Compleja; 3% (sentido cañadón, NO-SE); 4-5% (sentido casa-arroyo)

Drenaje: Sin problemas de drenaje

Erosión: No se observa erosión actual

Vegetación: Rastrojo de sorgo (*Sorghum spp.*), vicia (*Vicia villosa*) implantada, flor amarilla (*Diploaxis tenuifolia*) y pasto liebre (*Distichlis scoparia*) como vegetación natural. Cobertura vegetal de 70-80%

Uso de la tierra: cultivo de sorgo (*Sorghum spp.*) y vicia (*Vicia villosa*)

Material parental: sedimentos loésicos depositado sobre antiguo cauce; sedimento loessoide sobre horizonte cálcico

Edafoclima: Ústico, térmico

Morfología del Suelo 2

Tabla 10: Descripción morfológica del Suelo 2

Horizonte	Descripción
Ap 0-10 cm	Negro (10 YR 2/1) en húmedo, pardo amarillento (10 YR 5/2) en seco; franco arenoso; bloques subangulares, medios y finos, moderado; poco consolidado; blando en seco, friable en húmedo; sin reacción al HCl 10%; abundantes raíces; límite claro y plano.
A2 10-29 cm	Negro (10 YR 2/2) en húmedo, pardo grisáceo claro (10 YR 6/2) en seco; franco arenoso; bloques subangulares, medios y finos, moderado; poco consolidado a algo consolidado; blando en seco, friable en húmedo; sin reacción al HCl 10%; comunes raíces; límite claro y plano.
AC 29-64 cm	Gris muy oscuro (10 YR 3/1), pardo grisáceo claro (10 YR 6/2) en seco; franco arenoso; bloques subangulares, gruesos a medios, moderado; poco consolidado a algo consolidado; blando en seco, friable en húmedo; sin reacción al HCl 10%; escasas raíces; límite claro y plano.
2Ck 64-+200 cm	Pardo claro (10 YR 5/3) en húmedo, pardo amarillento claro (10 YR 7/3) en seco; franco arenoso; bloques subangulares, gruesos a medios, moderado; poco consolidado a algo consolidado; blando en seco, friable en húmedo; moderada a fuerte reacción al HCl 10%; muy escasas raíces.



Figura 13. Paisaje del perfil 2.

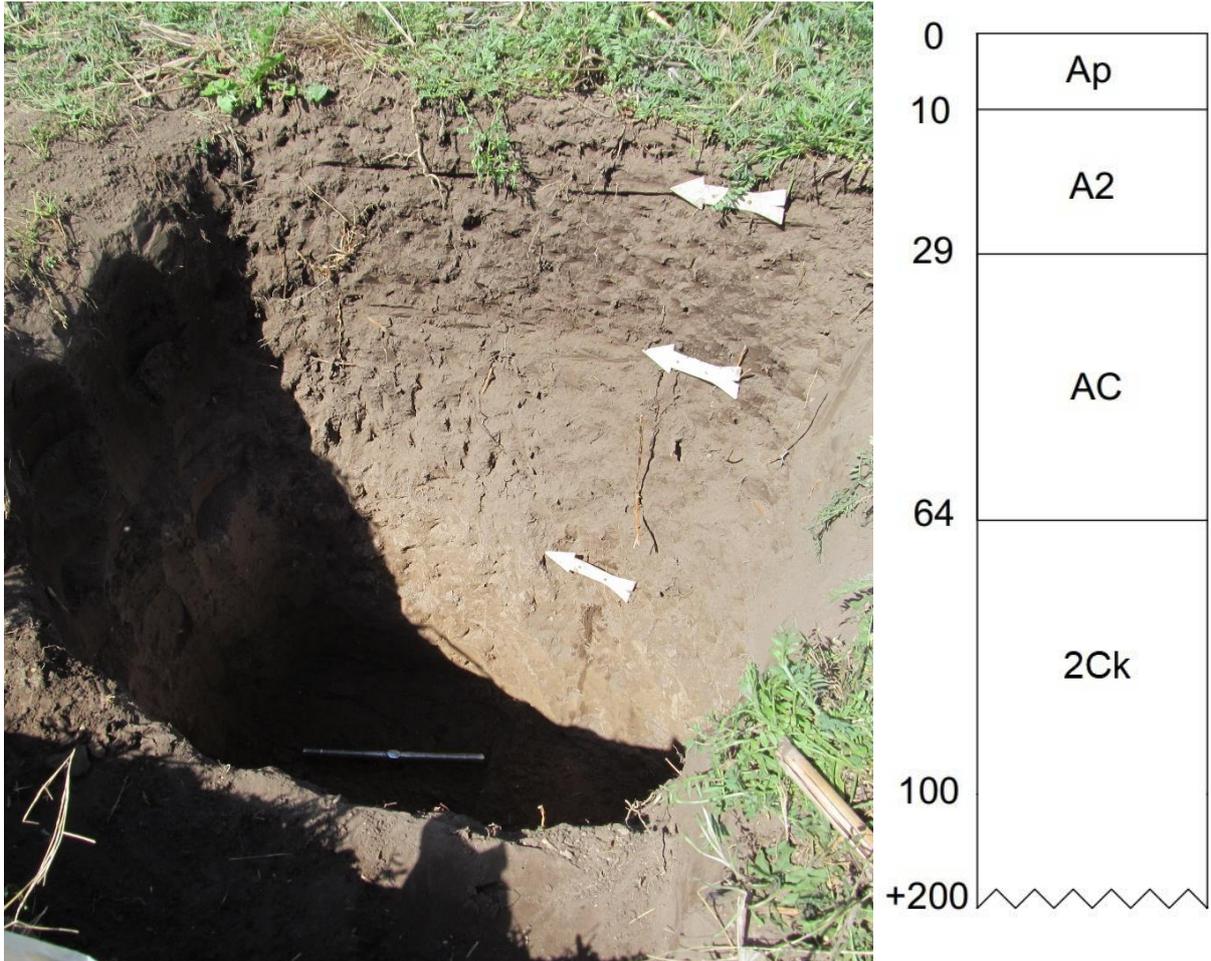


Figura 14. A la izquierda, fotografía de la calicata del Suelo 2. La excavación se hizo hasta el metro y se profundizó con el barreno hasta los 2 m. A la derecha, esquema del perfil 2.

Características físicas del Suelo 2

Tabla 11: Características físicas del Suelo 2

Horizonte		Ap	A2	AC	2Ck	
Profundidad		cm	0-10	10-29	29-64	64-200
Textura	Arcilla <0,002 mm	g kg ⁻¹	135	149	132	94
	Limo 0,002-0,05 mm		298	289	281	260
	Arena muy fina 0,05-0,1 mm		299	324	334	375
	Arena fina 0,1-0,25 mm		196	184	193	209
	Arena media 0,25-0,5 mm		66	51	57	58
	Arena gruesa 0,5-1 mm		5	4	3	3
	Arena muy gruesa 1-2 mm		0	0	0	1
	Arenas totales 0,05-2 mm		566	563	587	646
Clase textural		Franco arenosa	Franco arenosa	Franco arenosa	Franco arenosa	
Densidad aparente	Mg m ⁻³	1,23				
Densidad real		2,59				
Porosidad total*	%	52,5				
Punto de marchitez permanente (PMP)	% vol.	12,4				
Humedad equivalente		23,62	23,6	22,01	19,55	
Humedad higroscópica		3,3	3,6	3,34	2,55	

* Calculada por fórmula $(1 - \{\delta_{ap}/\delta_{real}\} * 100)$

Tabla 12: Estabilidad Estructural del Suelo 2

Área	Cambio del DMP (mm)	Estabilidad de los agregados (%)	Índice de estabilidad
15,28	1,52	33	Buena

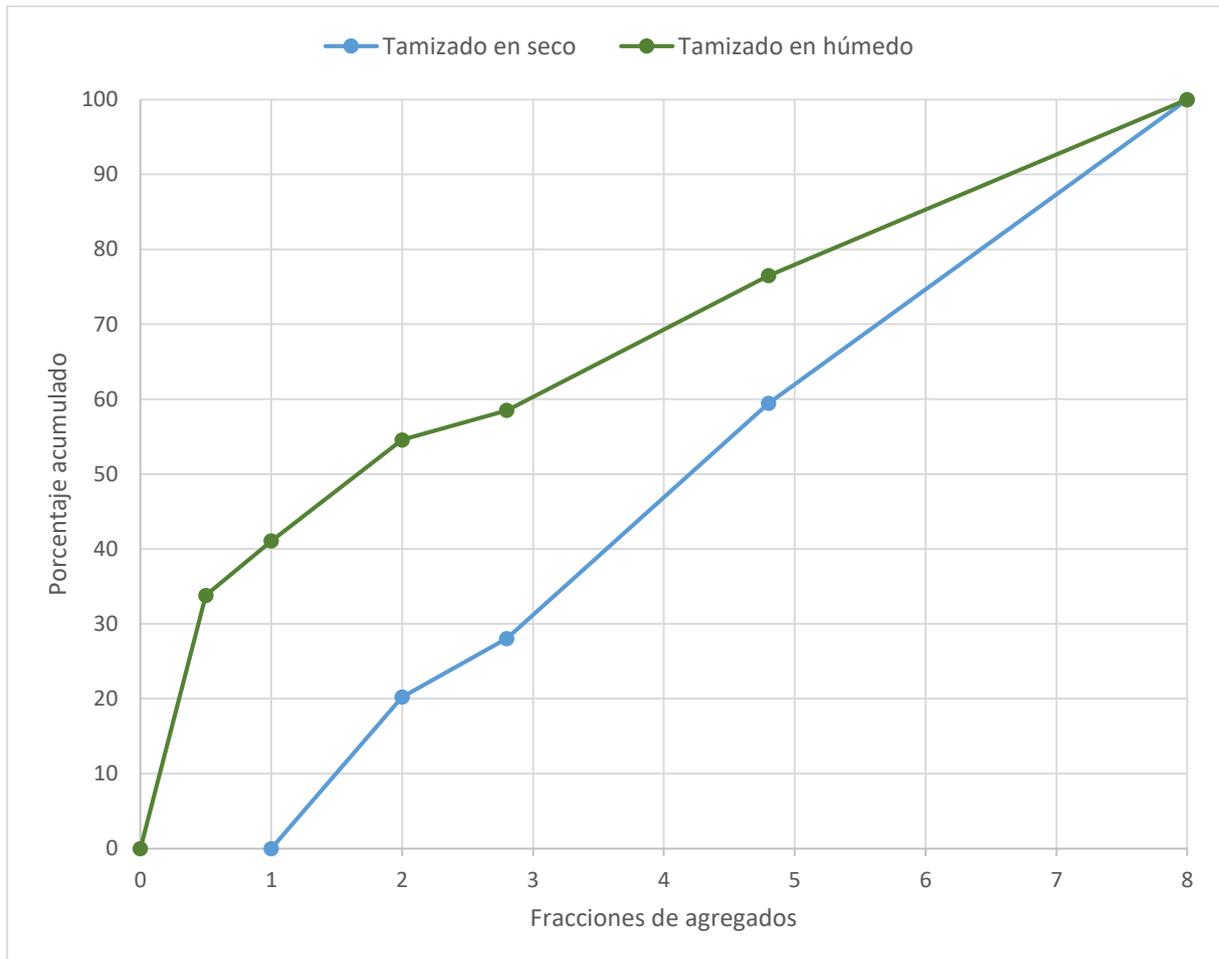


Figura 15. Gráfico de estabilidad estructural del Suelo 2.

Tabla 13: Curva de retención hídrica del Suelo 2

pF	0	1	1,8	2,5	4,2	4,7	7	Agua útil
% agua	49,7	47,9	35,61	26,5	12,4	3,3	0	14,1

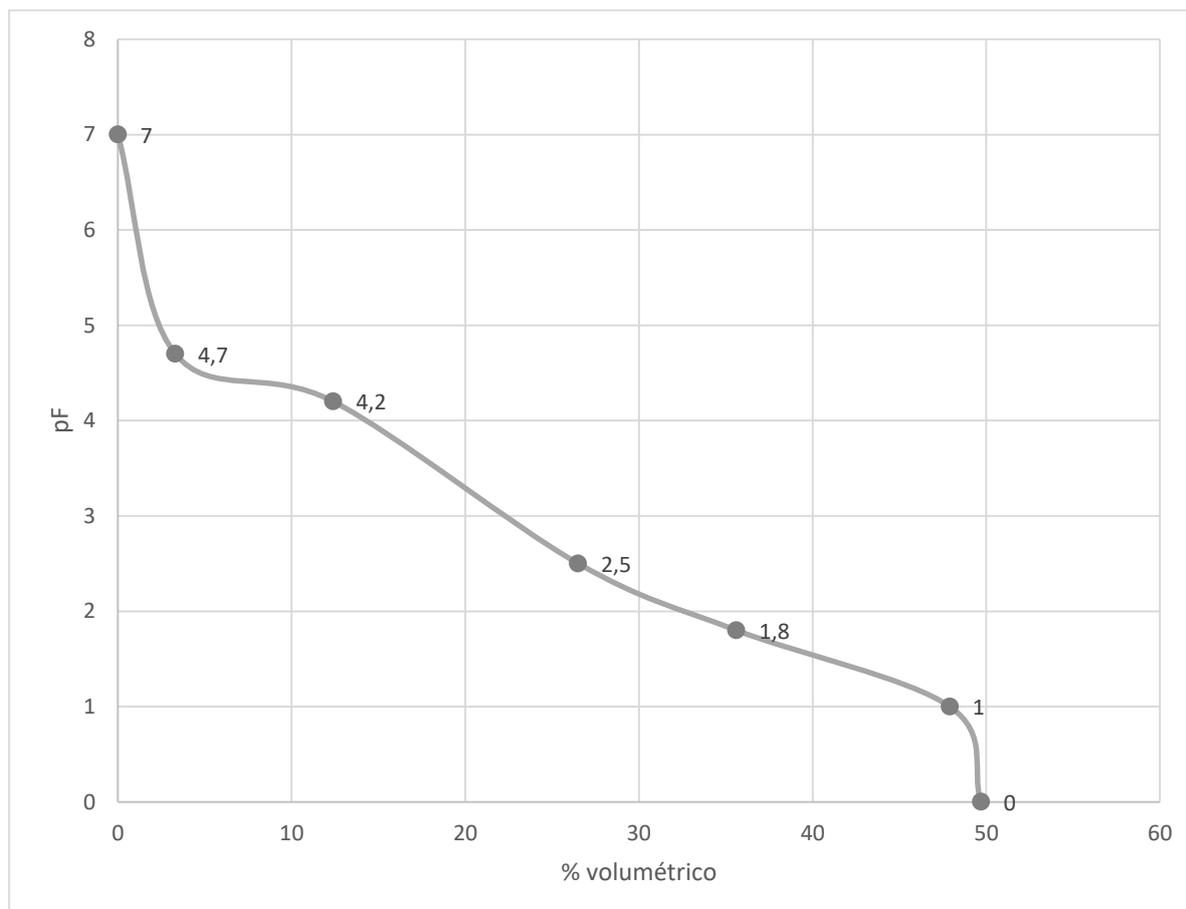


Figura 16. Gráfico de la curva de retención hídrica del Suelo 2.

Tabla 14: Distribución del espacio poroso del Suelo 2

Porosidad total	Macroporos	Mesoporos grandes	Mesoporos chicos	Microporos	Ultra microporos	Sólidos
49,7	14,09	9,11	14,1	9,1	3,3	50,3

Macro poros > 50 μm
 Meso poros grandes 50 – 9 μm
 Meso poros chicos 9 – 0,2 μm
 Micro poros 0,2 – 0,1 μm
 Ultra micro poros < 0,1 μm

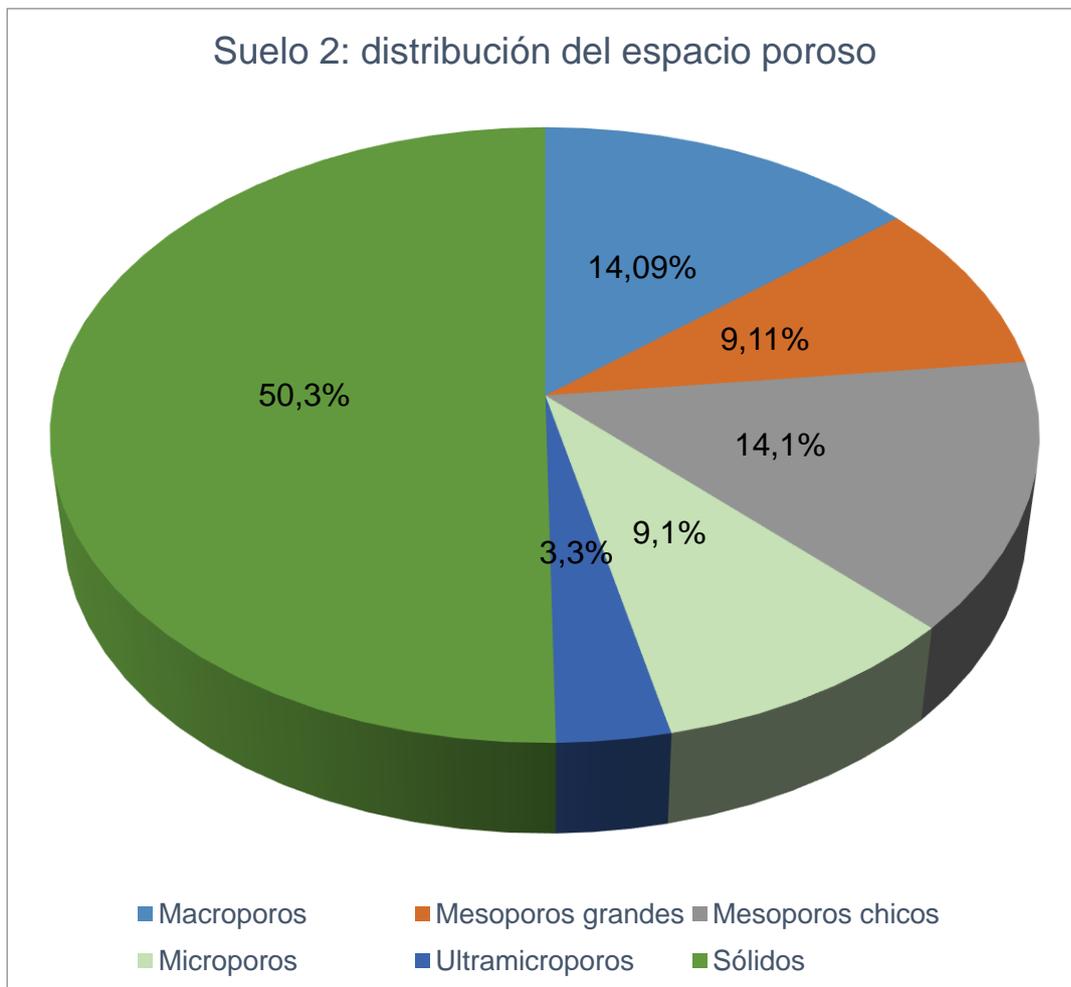


Figura 17. Gráfico de la distribución de espacio poroso del Suelo 2

Características químicas del Suelo 2

Tabla 15: Datos químicos del Suelo 2

Horizonte			Ap	A2	AC	2Ck	
Profundidad		cm	0-10	10-29	29-64	64-200	
Materia orgánica		g kg ⁻¹	39	29	16	5	
Fósforo total		mg kg ⁻¹	508	459	434	463	
Fósforo orgánico			201	206	193	42	
Fósforo inorgánico			160	171	157	256	
Calcáreo		g kg ⁻¹	-	-	-	52,06	
pH en suspensión (1:2,5)			6,9	7,5	7,3	10,0	
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	cmol kg ⁻¹	7,5	7,9	8,0	-
		Na ⁺		0,6	0,5	0,6	4,0
		K ⁺		1,8	1,7	1,7	2,5
	Suma de bases	9,9		10,1	10,2	-	
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)		cmol kg ⁻¹	10,8	10,7	10,3	7,9	
Saturación con bases		%	91,2	94,7	99,1	-	
Porcentaje de sodio intercambiable			5,6	4,7	5,4	50,2	

Tabla 16: Sales solubles en extracto de saturación del Suelo 2

Horizonte		Ap	A2	AC	2Ck		
Profundidad		cm	0-10	10-29	29-64	64-200	
Extracto de saturación	pH		7,7	7,7	7,6	9,1	
	Conductividad eléctrica		dS m ⁻¹	0,45	0,43	0,66	1,31
	Cationes (meq L ⁻¹)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	3,34	2,91	3,54	3,05	
		Na ⁺	0,80	1,24	1,86	9,49	
		K ⁺	1,56	1,12	1,20	0,98	
		Suma	5,71	5,27	6,6	13,52	
	Aniones (meq L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻	1,67	1,27	0,9	2,86	
		Cl ⁻	1,22	2,2	4,57	4,45	
		CO ₃ ⁻	-	-	-	1,22	
		HCO ₃ ⁻	1,4	1,42	1,47	5,32	
Suma		4,29	4,89	6,95	13,85		
Relación de adsorción de Sodio			0,62	1,03	1,39	7,7	

Tabla 17: Valores de fertilidad química del Suelo 2

pH (1:2,5)		6,9
Materia orgánica	g kg ⁻¹	39
Carbono orgánico		22
Nitrógeno total		2
Fósforo extraíble	mg kg ⁻¹	11
Potasio asimilable		951
Relación C/N		11,17

Índice de calidad MO (materia orgánica en relación a la textura)

MO: 3,9%

Limo+arcilla: 43% (0,43)

IMO = $3,9/0,43 = 9$

Actividad biológica:

Horizonte Ap: 16,82 mg de CO₂ 100 g suelo⁻¹ día⁻¹

Actividad: moderada

Horizonte A2: 7,42 mg de CO₂ 100 g suelo⁻¹ día⁻¹

Actividad: baja

Clasificación del Suelo 2

Como características diagnósticas, el suelo presenta un epipedón mólico, y no se observa un endopedón.

Desde los 64 de profundidad, el horizonte 2Ck presenta colores más claros que los horizontes superiores, y menor desarrollo de estructura. Se observan pequeñas concreciones alóctonas de carbonato de calcio.

El proceso pedogenético más destacable es la paquización o acumulación de sedimentos que engrosan el horizonte superficial.

Clasificación por Soil Taxonomy (2014)

Clasificación: Haplustol páquico, franco-fino, térmico, fase subsuperficial fuertemente sódica

Epipedón: mólico

El epipedón cumple con los requisitos de color, indicador de melanización, de carbono orgánico y de saturación de bases.

Endopedón: no se observa

Régimen humedad: ústico

Régimen temperatura: térmico

Tamaño medio ponderado de partículas de sección de control: franco fino

Orden: Molisol (epipedón mólico; melanización del horizonte superficial; saturación de bases mayor al 50% hasta más del metro de profundidad)

Suborden: Ustol (Molisol de régimen ústico)

Gran grupo: Haplustol

Subgrupo: Haplustol páquico

Familia: Haplustol páquico, franco-fino, térmico, fase subsuperficial fuertemente sódica

El suelo se incluye en la consociación Cañadones dentro del levantamiento de suelos 1:20.000 del campo Napostá (Bravo, 2017).

Clasificación por Capacidad de uso (Klingebiel & Montgomery, 1962)

Clasificación: **III_s**

Limitantes: alto contenido de sodio en el complejo de intercambio a menos del metro de profundidad.

Otras limitantes: clima (precipitaciones anuales)

Clasificación por Índice de productividad (INTA, 1989)

$$IP = H * D * Pe * Ta * Tb * Sa * Na * Mo * T * E$$

H (condición climática): 0,75

D (Drenaje): 0,85

Pe (Profundidad efectiva): 1

Ta (Textura hzte superficial): 0,85

Ta (Textura hzte subsuperficial): 1

Sa (Salinidad): 1

Na (Alcalinidad): 0,7

Mo (Materia orgánica): 1

T (CIC): 0,95

E (Erosión): 1

Cálculo: $0,75 * 0,85 * 1 * 0,85 * 1 * 1 * 0,7 * 1 * 0,95 * 0,95 = 0,36$ (36%)

Índice: productividad regular

Valores del índice:

100 a 70	Muy buena productividad
69 a 40	Buena productividad
39 a 20	Productividad regular
19 a 1	Productividad baja

Interpretación de resultados del Suelo 2

El Suelo 2 evoluciona a partir de material parental compuesto por sedimentos loessoides, que se depositaron sobre antiguos cauces de agua, dando lugar a un suelo profundo. Los sedimentos que forman el suelo se depositaron sobre un material anterior de textura más gruesa.

La textura de todo el perfil es franca arenosa, con creciente predominio de la fracción arena a medida que se desciende en profundidad. La mayor proporción la ocupa la arena muy fina, con valores de 300 g/kg en superficie a 375 g/kg en el horizonte 2Ck. El porcentaje de arcilla ronda el 13-14% hasta los 65 cm, cuando empieza a disminuir. La proporción de limo también desciende en profundidad.

La estabilidad estructural es moderadamente buena, y la densidad aparente es de 1,23 Mg/m³. La porosidad total es de 49,7%

En cuanto a la curva de retención hídrica, el rango de agua útil es de 14,1% (v/v) y se observa un predominio de los mesoporos en la distribución del espacio poroso.

En lo relativo al pH, los valores se mantienen similares en los horizontes Ap, A2 y AC (6,9, 7,5 y 7,3, respectivamente), pero en el horizonte 2Ck, desde los 65 cm de profundidad, el valor de pH es de 10,0.

El importante aumento del pH en el horizonte 2Ck está relacionado con la participación del sodio en el complejo de intercambio, lo que arroja un resultado muy alto de PSI, de 50% (4,0 cmol/kg de Na⁺ en 7,9 cmol/kg de CIC).

El contenido de materia orgánica es de 39 g/kg, y el de nitrógeno total de 2,02 g/kg, siendo la relación C/N de 11,17.

El contenido de fósforo extraíble es moderado, de 11 mg/kg, y el de fósforo total es de 508 mg/kg en el horizonte Ap.

CALIDAD DE AGUAS

Tabla 18. Datos analíticos de las muestras de aguas

Determinación	Unidades	Arroyo	Molino
pH		8,8	8,6
CE	dS m ⁻¹	1,97	1,18
Cl ⁻	meq L ⁻¹	6,33	3,93
CO ₃ ²⁻		1,55	1,7
HCO ₃ ⁻		5,77	3,32
SO ₄ ²⁻		6,15	3,4
Suma aniones		19,8	12,35
Na ⁺		11,21	9,42
K ⁺		0,12	0,03
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	5,64	3,78	
Suma cationes	16,9	13,24	
Dureza	mg CaCO ₃ L ⁻¹	282	189
Relación de Adsorción de Sodio		6,67	6,84

Clasificación del agua para riego de acuerdo a las normas de Riverside

Para advertir posibles riesgos de salinización o sodificación del suelo, se observan determinados parámetros químicos del agua de riego. En el sistema propuesto por Richards (1954) para el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Riverside, California)³, esos parámetros son la conductividad eléctrica, para la salinización, y la relación de adsorción de sodio o RAS, para la sodificación.

La clasificación establece 16 clases de aguas (ver diagrama en apéndice, figura 28). Las muestras de agua analizadas fueron clasificadas de esta manera:

Arroyo: C3-S2

Molino: C3-S2

Interpretación: C3-S2 corresponde a valores altos de salinidad y valores medios de sodio. Se clasifica como agua utilizable para riego pero con precauciones.

³ RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook 60, 160 pp., 1954.

CONCLUSIONES

Los suelos estudiados se ubican en posiciones diferentes dentro del paisaje. El Suelo 1 se ubica en una ladera alta, mientras que el Suelo 2 está en una ladera baja, sobre un paleocauce, por lo cual una las primeras diferencias entre ambos radica en la profundidad efectiva. En la ladera alta, la tosca se sitúa relativamente cerca de la superficie, incluso se observan afloramientos en la cercanía, dando lugar a un perfil poco profundo, mientras que en la ladera baja la profundidad efectiva es mayor a los 2 metros, con ausencia de horizonte petrocálcico.

Ambos suelos tienen materiales parentales de textura muy parecida, sedimentos loessoides con predominio de arenas muy finas y limo.

Las texturas de ambos suelos resultaron similares. Si bien la del Suelo 1 es franca, es próxima a franco arenosa, que es la textura del Suelo 2 (ver figura 29 en apéndice). Además del gran porcentaje de limo y de arenas muy finas en ambos suelos, el contenido de arcilla es similar (entre los 13 a 15 g/kg), pero en el caso del Suelo 2 decrece considerablemente en profundidad, a partir de los 65 cm (menos de 10 g/kg).

En el Suelo 2, el horizonte superficial presenta una mayor melanización, y se observa allí mayor actividad biológica y presencia de raíces. Presenta una mejor estructura, coincidente con el mayor contenido de materia orgánica.

En cuanto a las características químicas, los valores de pH son de 8,2 y 8,5 en los horizontes Ap y AC del Suelo 1, mientras que en el Suelo 2, los horizontes Ap, A2 y AC tienen valores de 6,9, 7,5 y 7,3, pero a partir de los 64 cm, en el horizonte 2Ck, el pH se eleva considerablemente a 10,0. En el mismo horizonte son más altos los valores de conductividad eléctrica, RAS y PSI con respecto al resto del suelo.

Los contenidos de materia orgánica de los horizontes superficiales son moderadamente diferentes, siendo mayores en el Suelo 2 (38 g/kg, frente a 33 g/kg). El Suelo 1 presenta un índice de calidad (materia orgánica en relación con la textura) de 7, y en el Suelo 2 el valor es 9, indicador de un buen manejo.

Los valores de capacidad de intercambio catiónico son similares en ambos suelos, y disminuye en el horizonte 2Ck del Suelo 2, que no sólo tiene menor capacidad de intercambio, sino que la mitad está ocupada por el sodio, dando un valor de PSI de 50%. En el horizonte mencionado, el sodio también muestra valores altos en el extracto de saturación. La concentración de ese catión en las muestras de este horizonte tiene relación con el mayor pH respecto al resto del perfil, cuyo valor es 10,0.

El índice de productividad de ambos suelos es similar. A pesar de ser suelos con gran diferencia en la profundidad efectiva, y con contrastes menores en cuanto a materia orgánica y fertilidad, los índices dieron valores similares porque ambos tienen una limitante notoria. En el Suelo 1, la limitación más evidente es la profundidad efectiva y es la variable que más castiga en el cálculo del índice. En el Suelo 2, la principal limitante es el alto porcentaje del sodio intercambiable (50%) dentro del primer metro de perfil, a partir de los 65 cm. Este aspecto negativo del Suelo 2 puede ser relativizado en el caso de que los cultivos implantados en ese lugar no requieran de demasiada profundidad para el desarrollo de sus raíces, sumado al hecho de que los

horizontes superiores no presentan un alto valor de sodio intercambiable. Aún así, el valor de sodio del 2Ck impacta en el cálculo del índice de productividad más allá de estas consideraciones.

En cuanto a la capacidad de uso, hay un margen de diferencia favorable al Suelo 2, que fue clasificado como IIIs, siendo su principal limitante el sodio del horizonte 2Ck.

El Suelo 1 fue clasificado como IVes, con las limitaciones de profundidad efectiva y riesgo potencial de erosión, debido al porcentaje de arenas erodibles.

Ambos suelos comparten limitaciones ligadas al clima y las precipitaciones anuales propias de un clima subhúmedo-semiárido.

Existe una diferencia importante entre ambos suelos con respecto a la susceptibilidad a la erosión. En el Suelo 1, la baja cobertura vegetal es un factor a considerar para el riesgo de erosión, pero tiene a favor un contenido moderado de materia orgánica y una textura franca. También hay que tener en cuenta que la exposición a los vientos dominantes de la región puede generar riesgos de erosión en el corto o mediano plazo. En cambio, el Suelo 2 no se observaron indicios de erosión actual ni se advierten riesgos de erosión eólica e hídrica. Por el contrario, dada la posición que ocupa en el paisaje, recibe aportes de sedimentos que lo engrosan (proceso de paquización o cumulización).

BIBLIOGRAFÍA

BRAVO, Oscar (2017), Levantamiento de suelos a escala detallada (1:20.000) del predio Napostá, Dpto. Agronomía-UNS, edición digital del autor.

BUOL, S.W., F.D. HOLE y R.J. McCracken (1998), Génesis y clasificación de suelos, Editorial Trillas, México D.F.

CONTI, Marta y Lidia GIUFFRÉ (eds.) (2014), Edafología. Bases y aplicaciones ambientales argentinas, Editorial Facultad de Agronomía (UBA), Buenos Aires.

GONZÁLEZ URIARTE, M. (2010), Geomorfología aplicada a la gestión ambiental, en PAOLONI, Juan Darío (comp.), Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Clima, geomorfología, suelos y aguas, EdiUNS, Bahía Blanca.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (1989), Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires, escala 1:50000, Buenos Aires.

KLINGEBIEL, A.A. y P.H. MONTGOMERY (1961), Land capability classification, USDA Agricultural Handbook 210, Washington DC. Disponible en formato digital en: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT10310193/pdf>

MORMENEO, Inés (2002), Caracterización climática de Bahía Blanca, disponible en: <https://agrometeorologia.criba.edu.ar/Downloads/Climatic.pdf>

PANIGATTI, José Luis (2010), Argentina 200 años, 200 suelos, Ediciones INTA Buenos Aires. Disponible en formato digital en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-200-suelos.pdf>

PORTA, Jaime, Marta LÓPEZ-ACEVEDO y Carlos ROQUERO (1999), Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Mundi Pesa, Bilbao (España).

QUIROGA, Alberto y Alfredo BONO (eds.) (2012), Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Edición 2012, Ediciones INTA, EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", La Pampa. Disponible en formato digital en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pt_89_manual_de_fertilidad_1_1.pdf

RON, María de las Mercedes y otros (2017), Guía para actividades sobre fertilidad de suelos y fertilizantes, EdiUNS, Bahía Blanca.

SALERNO, Carmen, Gabriela LAURENT y Miguel ALVARADO (2016), Calidad de aguas. Aspectos microbiológicos, fisicoquímicos y medioambientales, EdiUNS, Bahía Blanca.

SCIÁN, Beatriz (2010), Clima – Bahía Blanca y Sudoeste bonaerense, en PAOLONI, Juan Darío (comp.), Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Clima, geomorfología, suelos y aguas, EdiUNS, Bahía Blanca.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) (2014), Claves para la taxonomía de suelos, Décima segunda edición, disponible en formato digital en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf

APÉNDICE

Tablas de resultados de determinaciones físicas

Tabla 19: Humedad higroscópica

Muestra	Nro Cápsula	Peso Cápsula	Cáp. + SSA	Cáp + SSE	SSE	SSA	Hum. Higr. (%)	Prom. H. Higr. (%)
P1 Ap	123	24,75	53,16	52,3	27,55	28,41	3,12	3,11
P1 Ap	124	22,45	50,69	49,84	27,39	28,24	3,10	
P1 AC	132	23,73	54,99	54,02	30,29	31,26	3,20	3,19
P1 AC	133	23,15	55,59	54,59	31,44	32,44	3,18	
P2 Ap	140	23,48	57,37	56,49	33,01	33,89	2,67	2,70
P2 Ap	141	22,93	55,62	54,75	31,82	32,69	2,73	
P2 A2	144	23,36	59,80	58,76	35,40	36,44	2,94	2,95
P2 A2	145	22,74	58,09	57,07	34,33	35,35	2,97	
P2 AC	146	24,30	57,78	56,9	32,60	33,48	2,70	2,72
P2 AC	147	24,60	56,16	55,32	30,72	31,56	2,73	
P2 2Ck	148	24,06	61,82	61,05	36,99	37,76	2,08	2,08
P2 2Ck	149	23,35	59,58	58,84	35,49	36,23	2,09	

Tabla 20: Humedad equivalente

Muestra	Nro Cáp.	Peso Cápsula	Cáp. + SC	SC	Cáp + SSE	SSE	Hum. equiv. (%)	Prom. H. eq. (%)	Est. CC
P1 Ap	105	24,03	50,24	26,21	45,46	21,43	22,31	22,35	21,91
P1 Ap	106	23,68	45,70	22,02	41,67	17,99	22,40		22,00
P1 AC	107	23,18	50,73	27,55	45,40	22,22	23,99	23,81	23,37
P1 AC	108	23,87	50,23	26,36	45,19	21,32	23,64		23,07
P2 Ap	109	22,75	54,83	32,08	49,66	26,91	19,21	19,21	19,24
P2 Ap	125	23,28	54,44	31,16	49,42	26,14	19,20		19,23
P2 A2	126	23,86	63,73	39,87	57,35	33,49	19,05	19,19	19,10
P2 A2	131	22,30	59,76	37,46	53,69	31,39	19,34		19,35
P2 AC	137	23,32	59,28	35,96	53,80	30,48	17,98	17,90	18,17
P2 AC	138	23,72	57,37	33,65	52,28	28,56	17,82		18,04
P2 2Ck	142	23,32	57,12	33,80	52,49	29,17	15,87	15,97	16,35
P2 2Ck	143	24,30	62,15	37,85	56,91	32,61	16,07		16,52

Tabla 21: Densidad aparente

	N° cil.	pF 0	pF 1	pF 1,8	pF 2,5	Peso cil + SSE	Peso Cil.	Peso SSE	Dens. Ap.	
Suelo 1	20	285,11	279,6	269,5	264,71	233,69	111,57	120,69	1,21	1,23
	355	289,47	287,5	274,15	268,82	237,44	116,51	119,67	1,20	
	318	289,35	286,61	275,12	269,08	238,7	113,27	124,04	1,24	
	102	286,06	282,33	269,8	263,97	234,35	113,67	119,37	1,19	
	397	295,77	295,46	284,27	277,87	246,11	115,8	129,1	1,29	
	179	290,79	287,99	278,56	272,75	243,41	115,42	126,48	1,26	
Suelo 2	101	287,85	287,2	274,59	264,3	237,01	114,06	121,2	1,21	1,23
	200	291,32	289,16	277,49	269,72	242,03	115,58	125,02	1,25	
	521	291,23	289,35	276,97	267,99	240,1	115,21	123,69	1,24	
	556	290,84	288,66	275,75	266,79	237,38	114,26	121,69	1,22	
	197	287,38	285,41	272,69	263,05	235,99	115,38	119,35	1,19	
	354	294,22	292,39	280,78	271,78	243,7	116,06	126,31	1,26	

Tabla 22: Porcentaje volumétrico a diferentes pF

	pF 0		pF 1		pF 1,8		pF 2,5	
Suelo 1	49,99	49,12	44,48	46,28	34,38	34,93	29,59	29,23
	50,77		48,8		35,45		30,12	
	49,26		46,52		35,03		28,99	
	50,4		46,67		34,14		28,31	
	48,45		48,14		36,95		30,55	
	45,87		43,07		33,64		27,83	
Suelo 2	49,09	49,71	48,44	47,93	35,83	35,61	25,54	26,50
	47,86		45,7		34,03		26,26	
	49,93		48,05		35,67		26,69	
	52,03		49,85		36,94		27,98	
	50,13		48,16		35,44		25,8	
	49,19		47,36		35,75		26,75	

Tabla 23: Punto de Marchitez Permanente

Muestra	P. cápsula	P. cáp + SH	P. cáp + SSE	P. SSE	P. agua	PMP (%grav)	PMP (%vol)	
P1 1	24,52	50,54	47,96	23,44	2,58	11,01	13,65	13,77
P1 2	24,08	50,21	47,62	23,54	2,59	11,00	13,64	
P1 3	24,79	51,96	49,2	24,41	2,76	11,31	14,02	
P2 1	21,69	49,23	46,72	25,03	2,51	10,03	12,43	12,43
P2 2	23,33	50,2	47,75	24,42	2,45	10,03	12,44	
P2 3	22,93	51,38	48,79	25,86	2,59	10,02	12,42	

Tabla 24: Densidad real

Perfil/ Hzte.	Rep.	Peso matraz	P. Matraz + Suelo	P. Matraz + Agua	Matraz + suelo + agua	Masa suelo	Suelo x H°H	δ agua	δ real	Prom.
1 Ap	1	16,0317	28,0189	40,9402	48,1386	11,9872	11,6144	0,99694	2,6220	2,6361
1 Ap	2	15,9166	27,9202	40,7998	48,0987	12,0036	11,6303	0,99694	2,6769	
1 Ap	3	14,2638	26,2372	39,0737	46,1993	11,9734	11,6010	0,99694	2,5842	
1 Ap	4	17,2007	29,1852	42,0645	49,3176	11,9845	11,6118	0,99694	2,6559	
1 Ap	5	12,9244	24,9179	37,7028	44,9099	11,9935	11,6205	0,99694	2,6249	
2 Ap	1	17,0472	29,0179	41,9640	49,2344	11,9707	11,6475	0,99694	2,6529	2,5904
2 Ap	2	14,0773	26,0619	38,8933	45,9759	11,9846	11,6610	0,99694	2,5392	
2 Ap	3	16,7520	28,7568	41,7072	48,8788	12,0048	11,6807	0,99694	2,5826	
2 Ap	4	13,8480	25,8478	38,5657	45,7159	11,9998	11,6758	0,99694	2,5720	
2 Ap	5	13,4595	25,4803	38,3995	45,6206	12,0208	11,6962	0,99694	2,6056	

Densidad del agua: establecida por tabla a 25,5 °C de temperatura.

Tabla 25: Datos de la determinación de estabilidad estructural Suelo 1

Tamizado en seco Perfil 1				
Fracción	Peso Cápsula	Peso Cáp + Suelo	Peso Suelo	Porcentaje acumulado (%)
8 a 4,8 mm	-	-	40,3	100
4,8 a 2,8 mm	-	-	34,8	59,7
2,8 a 2 mm	-	-	6,1	24,9
2 a 1 mm	-	-	18,8	18,8
Tamizado en húmedo (Perfil 1 Repetición 1)				
Fracción	Peso Cápsula	Peso Cáp + Suelo	Peso Suelo	Porcentaje acumulado (%)
8 a 4,8 mm	44,13	66,52	22,39	100
4,8 a 2,8 mm	45,22	60,03	14,81	77,61
2,8 a 2 mm	46,9	51,22	4,32	62,8
2 a 1 mm	44,39	56,09	11,7	58,48
1 a 0,5 mm	51,36	57,17	5,81	46,78
<0,5 mm			40,97	40,97
Tamizado en húmedo (Perfil 1 Repetición 2)				
Fracción	Peso Cápsula	Peso Cáp + Suelo	Peso Suelo	Porcentaje acumulado (%)
8 a 4,8 mm	45,87	73,87	28	100
4,8 a 2,8 mm	47,22	63,22	16	72
2,8 a 2 mm	47,45	52,71	5,26	56
2 a 1 mm	42,93	53,79	10,86	50,74
1 a 0,5 mm	45,63	51,94	6,31	39,88
<0,5 mm			33,57	33,57

Tabla 26: Datos de estabilidad estructural Suelo 1 para cálculo de índice.

Tamizado en seco			Fracción	Diámetro Medio	Seco	Húmedo
Agregados mm	% fracción	% acumulado				
8	40,3	100	8-4,8	6,40	2,579	1,613
4,8	34,8	59,7	4,8-2,8	3,8	1,322	0,586
2,8	6,1	24,9	2,8-2	2,4	0,146	0,115
2	18,8	18,8	2-1	1,5	0,282	0,169
1		0	1-0,5	0,75		0,093
			0,5-0	0,25		0,093
					4,330	2,669
					Cambio	1,661
Tamizado en húmedo						
Agregados mm	% fracción	% acumulado				
8	25,20	100,00				
4,8	15,41	74,81				
2,8	4,79	59,40				
2	11,28	54,61				
1	6,06	43,33				
0,5	37,27	37,27				
0	0	0				

Tabla 27: Datos de la determinación de estabilidad estructural Suelo 2

Tamizado en seco Perfil 2				
Fracción	Peso Cápsula	Peso Cáp + Suelo	Peso Suelo	Porcentaje acumulado (%)
8 a 4,8 mm	-	-	40,57	100
4,8 a 2,8 mm	-	-	31,4	59,43
2,8 a 2 mm	-	-	7,81	28,03
2 a 1 mm	-	-	20,22	20,22
Tamizado en húmedo (Perfil 2 Repetición 1)				
Fracción	Peso Cápsula	Peso Cáp + Suelo	Peso Suelo	Porcentaje acumulado (%)
8 a 4,8 mm	45,34	69,15	23,81	100
4,8 a 2,8 mm	44,27	61,9	17,63	76,19
2,8 a 2 mm	45,13	49,29	4,16	58,56
2 a 1 mm	44,8	58,02	13,22	54,4
1 a 0,5 mm	44,37	51,33	6,96	41,18
<0,5 mm			34,22	34,22
Tamizado en húmedo (Perfil 2 Repetición 2)				
Fracción	Peso Cápsula	Peso Cáp + Suelo	Peso Suelo	Porcentaje acumulado (%)
8 a 4,8 mm	50,8	74,04	23,24	100
4,8 a 2,8 mm	50,51	68,82	18,31	76,76
2,8 a 2 mm	52,77	56,51	3,74	58,45
2 a 1 mm	45,93	59,71	13,78	54,71
1 a 0,5 mm	40,76	48,33	7,57	40,93
<0,5 mm			33,36	33,36

Tabla 28: Datos de estabilidad estructural Suelo 2 para cálculo de índice.

Tamizado en seco			Fracción	Diámetro Medio	Seco	Húmedo
Agregados mm	% fracción	% acumulado				
8	40,57	100	8-4,8	6,40	2,596	1,506
4,8	31,4	59,43	4,8-2,8	3,8	1,193	0,683
2,8	7,81	28,03	2,8-2	2,4	0,187	0,095
2	20,22	20,22	2-1	1,5	0,303	0,203
1		0	1-0,5	0,75		0,182
			0,5-0	0,25		0,084
					4,280	2,752
					Cambio	1,528

Tamizado en húmedo		
Agregados mm	%	% acumulado
8	23,53	100,00
4,8	17,97	76,48
2,8	3,95	58,51
2	13,50	54,56
1	7,27	41,06
0,5	33,79	33,79
0	0	0

Tabla 29: Textura. Porcentajes por fracción granulométrica

Perfil/Hzte	Arena	% del total	Limo	% del total	Arcilla	% del total	Total suelo	Clasificación textural
P1 Ap	13,4200	51,18	8,8600	33,79	3,9400	15,03	26,220	Franca
P1 AC	13,0700	47,94	9,9950	36,66	4,2000	15,40	27,265	Franca
P2 Ap	15,6800	56,66	8,2600	29,85	3,7350	13,50	27,675	Franco arenosa
P2 A2	15,2700	56,18	7,8500	28,88	4,0625	14,95	27,183	Franco arenosa
P2 AC	16,1100	58,67	7,7150	28,10	3,6350	13,24	27,460	Franco arenosa
P2 2Ck	16,9400	64,64	6,8075	25,98	2,4575	9,38	26,205	Franco arenosa

Tabla 30: Pipeteo de Limo+Arcilla

Muestra	Vaso	Peso vaso	Vaso + muestra	Muestra	Muestra s/b	Promedio	Total fracción
Blanco	Ba	28,2945	28,3261	0,0316	-	0,0314	
Blanco	Bb	23,9734	24,0047	0,0313	-		
P1 Ap	1a	29,7539	30,0435	0,2896	0,2582	0,2561	12,8050
P1 Ap	1b	25,6314	25,9169	0,2855	0,2540		
P1 AC	2a	31,3871	31,6981	0,3110	0,2796	0,2839	14,1950
P1 AC	2b	29,4172	29,7369	0,3197	0,2882		
P2 Ap	3a	24,2536	24,5394	0,2858	0,2544	0,2399	11,9950
P2 Ap	4a	34,1394	34,3963	0,2569	0,2254		
P2 A2	3b	27,7994	28,0656	0,2662	0,2348	0,2383	11,9125
P2 A2	4b	34,3604	34,6336	0,2732	0,2418		
P2 AC	5a	33,8872	34,1421	0,2549	0,2235	0,2270	11,3500
P2 AC	5b	25,2331	25,4951	0,2620	0,2306		
P2 2Ck	6a	35,6463	35,8583	0,2120	0,1806	0,1853	9,2650
P2 2Ck	6b	33,5997	33,8212	0,2215	0,1900		

Temperatura agua: 26°C (28/10/2021)

Profundidad muestreo: 10 cm

Tiempo pipeteo: 38 s

Alícuota: 25 mL

Volumen botellón: 1.250 mL

Tabla 31: Pipeteo de Arcilla

Muestra	Vaso	Peso vaso	Vaso + muestra	Muestra	Muestra s/b	Promedio	Total fracción
Blanco	Ba	28,2945	28,3261	0,0316	-	0,0314	
Blanco	Bb	23,9734	24,0047	0,0313	-		
P1 Ap	1a*	34,7019	34,8095	0,1076	0,0761	0,0789	3,9450
P1 Ap	1b*	33,8456	33,9587	0,1131	0,0817		
P1 AC	2a*	37,2130	37,3275	0,1145	0,0831	0,0840	4,2000
P1 AC	2b*	30,7079	30,8243	0,1164	0,0850		
P2 Ap	3a*	34,1896	34,2947	0,1051	0,0737	0,0747	3,7350
P2 Ap	3b*	33,2208	33,3280	0,1072	0,0758		
P2 A2	4a*	32,5775	32,6892	0,1117	0,0802	0,0813	4,0625
P2 A2	4b*	27,3178	27,4315	0,1137	0,0823		
P2 AC	5a*	35,8975	36,0012	0,1037	0,0722	0,0727	3,6350
P2 AC	5b*	31,9655	32,0701	0,1046	0,0731		
P2 2Ck	6a*	26,6154	26,6969	0,0815	0,0500	0,0491	2,4575
P2 2Ck	6b*	35,6884	35,7681	0,0797	0,0482		

Temperatura agua: 26,5°C (29/10/2021)

Profundidad muestreo: 6 cm

Tiempo pipeteo: 4 hs

Alícuota: 25 mL

Volumen botellón: 1.250 mL

Tabla 32: Fraccionamiento de arenas

Muestra	P1 Ap	P1 AC	P2 Ap	P2 A2	P2 AC	P2 2Ck
Botellón	1	2	7	9	10	11
N° Vaso	1	2	3	4	5	6
P. vaso	86,69	101,35	96,23	100,01	128,1	90,15
Vaso+a	100,11	114,42	111,91	115,28	144,21	107,09
Total arena	13,42	13,07	15,68	15,27	16,11	16,94
Amg vaso	36,9232	36,9232	36,9232	36,9232	36,9232	36,9232
Vaso + a	0	36,9971	36,9317	0	36,9278	36,9450
Amg	0	0,0739	0,0085	0	0,0046	0,0218
Ag vaso	32,5746	32,5746	32,5746	32,5746	32,5746	32,5746
Vaso + a	32,6923	32,6734	32,7215	32,6699	32,6619	32,6591
Ag	0,1177	0,0988	0,1469	0,0953	0,0873	0,0845
Am vaso	28,0511	28,0511	28,0511	28,0511	28,0511	28,0511
Vaso + a	29,0964	28,8320	29,8708	29,4275	29,6113	29,5785
Am	1,0453	0,7809	1,8197	1,3764	1,5602	1,5274
Af vaso	37,7315	37,7315	37,7315	37,7315	37,7315	37,7315
Vaso + a	41,8408	41,4897	43,1507	42,7193	43,0307	43,2120
Af	4,1093	3,7582	5,4192	4,9878	5,2992	5,4805
Amf vaso	28,3043	28,3043	28,3043	28,3043	28,3043	28,3043
Vaso + a	36,4298	36,6687	36,5838	37,1004	37,4811	38,1368
Amf	8,1255	8,3644	8,2795	8,7961	9,1768	9,8325

Abreviaturas: Amg (arena muy gruesa); Ag (arena gruesa); Am (arena media); Af (arena fina); Amf (arena muy fina)

Tabla 33: Porcentajes por fracción de arena

Muestra	Amg	Ag	Am	Af	Amf
P1 Ap	0,00	0,88	7,79	30,62	60,55
P1 AC	0,57	0,76	5,97	28,75	64,00
P2 Ap	0,05	0,94	11,61	34,56	52,80
P2 A2	0,00	0,62	9,01	32,66	57,60
P2 AC	0,03	0,54	9,68	32,89	56,96
P2 2Ck	0,13	0,50	9,02	32,35	58,04

Tabla 34: Fracciones granulométricas expresadas en g/kg, Suelo 1

Fracciones granulométricas	P1 Ap			P1 AC		
	P. fracción	P. muestra	g/Kg	P. fracción	P. muestra	g/kg
Arcilla	3,94	26,22	150	4,2	27,265	154
Limo	8,86	26,22	338	9,99	27,265	366
Arenas totales	13,396	26,22	511	13	27,265	477
Arena muy fina	8,125	26,22	310	8,364	27,265	307
Arena fina	4,109	26,22	157	3,758	27,265	138
Arena media	1,045	26,22	40	0,78	27,265	29
Arena gruesa	0,117	26,22	4	0,098	27,265	4
Arena muy gruesa	0	26,22	0	0	27,265	0

Tabla 35: Fracciones granulométricas expresadas en g/kg, Suelo 2

Fracciones granulométricas	P2 Ap			P2 A2		
	P. fracción	P. muestra	g/Kg	P. fracción	P. muestra	g/kg
Arcilla	3,735	27,675	135	4,0625	27,18	149
Limo	8,26	27,675	298	7,85	27,18	289
Arenas totales	15,6738	27,675	566	15,2556	27,18	561
Arena muy fina	8,2795	27,675	299	8,7961	27,18	324
Arena fina	5,4192	27,675	196	4,9878	27,18	184
Arena media	1,8197	27,675	66	1,3764	27,18	51
Arena gruesa	0,1469	27,675	5	0,0953	27,18	4
Arena muy gruesa	0,0085	27,675	0	0	27,18	0
Fracciones granulométricas	P2 AC			P2 2Ck		
	P. fracción	P. muestra	g/Kg	P. fracción	P. muestra	g/kg
Arcilla	3,635	27,46	132	2,4575	26,2	94
Limo	7,715	27,46	281	6,8075	26,2	260
Arenas totales	16,1281	27,46	587	16,9467	26,2	647
Arena muy fina	9,1768	27,46	334	9,8325	26,2	375
Arena fina	5,2992	27,46	193	5,4805	26,2	209
Arena media	1,5602	27,46	57	1,5274	26,2	58
Arena gruesa	0,0873	27,46	3	0,0845	26,2	3
Arena muy gruesa	0,0046	27,46	0	0,0218	26,2	1

Tablas de resultados de determinaciones químicas

Tabla 36: Calcio + Magnesio (Extracto de saturación)

Muestra	R1 mL EDTA	R2 mL EDTA	Promedio R1/R2	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (me/L)
P1 Ap	0,66	0,72	0,69	3,140
P1 AC	0,88	0,92	0,9	4,095
P2 Ap	0,75	0,72	0,735	3,344
P2 A2	0,66	0,62	0,64	2,912
P2 AC	0,76	0,8	0,78	3,549
P2 2Ck	0,68	0,66	0,67	3,049
Agua arroyo	1,22	1,26	1,24	5,642
Agua molino	0,825	0,84	0,8325	3,788

N EDTA: 0,0091

Alícuota: 2mL

Cálculo de dureza de agua: Agua arroyo: 5,64 me/L * 50 = 282 mg CO₃Ca

Agua arroyo: 3,78 me/L * 50 = 189 mg CO₃Ca

Tabla 37: Cloruros (Extracto de saturación)

Muestra	R1 mL AgNO ₃	R2 mL AgNO ₃	Promedio R1/R2	Cloruros (me/L)
P1 Ap	0,28	0,3	0,29	0,73
P1 AC	0,54	0,48	0,51	1,28
P2 Ap	0,52	0,46	0,49	1,23
P2 A2	0,84	0,92	0,88	2,20
P2 AC	1,8	1,86	1,83	4,58
P2 2Ck	1,8	1,76	1,78	4,45
Agua arroyo	2,56	2,5	2,53	6,33
Agua molino	1,6	1,54	1,57	3,93

N AgNO₃: 0,005

Alícuota: 2 mL

Tabla 38: Carbonatos y bicarbonatos (Extracto de saturación)

Muestra	R1 CO ₃ ²⁻	R2 CO ₃ ²⁻	Prom.	R1 HCO ₃ ²⁻	R1 HCO ₃ ²⁻	Prom.	CO ₃ ²⁻ (me/L)	HCO ₃ ²⁻ (me/L)
P1 Ap	-	-	-	0,88	0,94	0,91	-	2,275
P1 AC	-	-	-	0,74	0,76	0,75	-	1,875
P2 Ap	-	-	-	0,56	0,56	0,56	-	1,4
P2 A2	-	-	-	0,58	0,56	0,57	-	1,425
P2 AC	-	-	-	0,6	0,58	0,59	-	1,475
P2 2Ck	0,25	0,24	0,245	2,62	2,62	2,62	1,225	5,325
Agua arroyo	0,32	0,3	0,31	2,94	2,92	2,93	1,55	5,775
Agua molino	0,36	0,32	0,34	2,04	1,98	2,01	1,7	3,325

N HSO₄: 0,005

Alícuota: 2 mL

Tabla 39: Sulfatos (Extracto de saturación)

Muestra	Absorbancia	Sulfatos (me/L)	me/L extracto
P1 Ap	0,116	0,384	0,767
P1 AC	0,201	0,665	1,329
P2 Ap	0,253	0,837	1,673
P2 A2	0,192	0,635	1,270
P2 AC	0,137	0,453	0,906
P2 2Ck	0,173	0,572	2,860
Agua arroyo	0,372	1,230	6,151
Agua molino	0,206	0,681	3,406

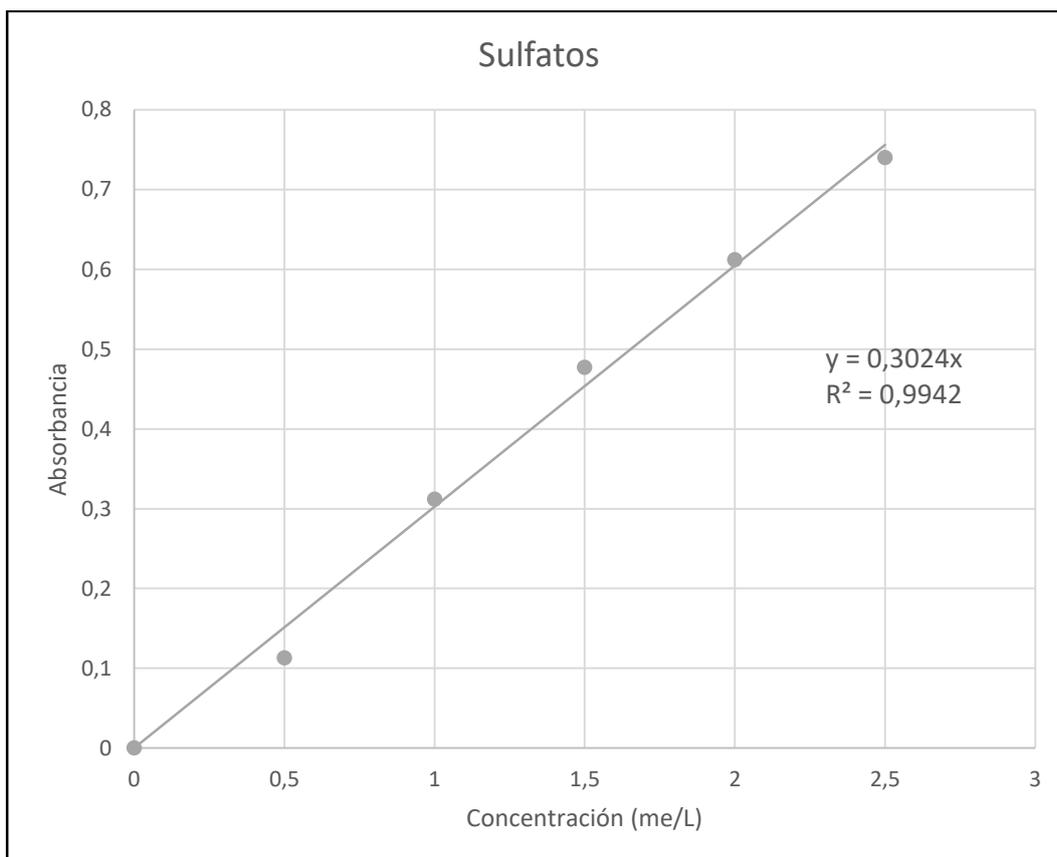


Figura 18. Curva de calibrado para sulfatos.

Tabla 40: Sodio y Potasio (Extracto de saturación)

Muestra	Sodio			Potasio		
	ue	ppm	me/L	ue	ppm	me/L
P1 Ap	49	15,09	0,66	174	32,70	0,84
P1 AC	53	16,32	0,71	88	16,54	0,42
P2 Ap	60	18,47	0,80	325	61,07	1,56
P2 A2	93	28,63	1,25	233	43,78	1,12
P2 AC	139	42,79	1,86	250	46,98	1,20
P2 2Ck	-	-	-	205	38,52	0,99
Agua arroyo	-	-	-	25	4,70	0,12
Agua molino	-	-	-	8	1,50	0,04

Muestra	ue	ppm	me/L
P2 2Ck	510	218,34	9,497
Agua arroyo	602	257,73	11,210
Agua molino	506	216,63	9,423

Nueva medición de sodio, los valores anteriores fueron descartados (resultados provenientes de diluciones, con mayor margen de error). Los nuevos valores fueron calculados con la curva de calibración de Sodio para cationes intercambiables (ver figura 19).

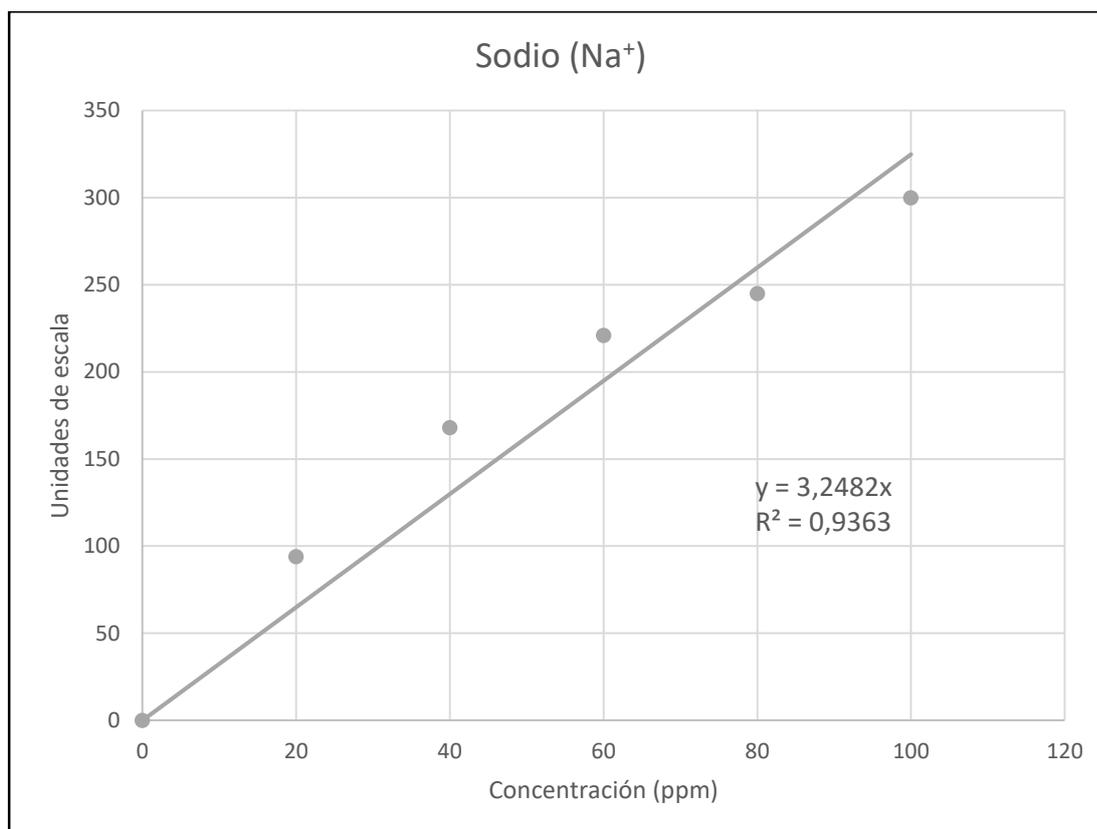


Figura 19. Curva de calibración de Sodio

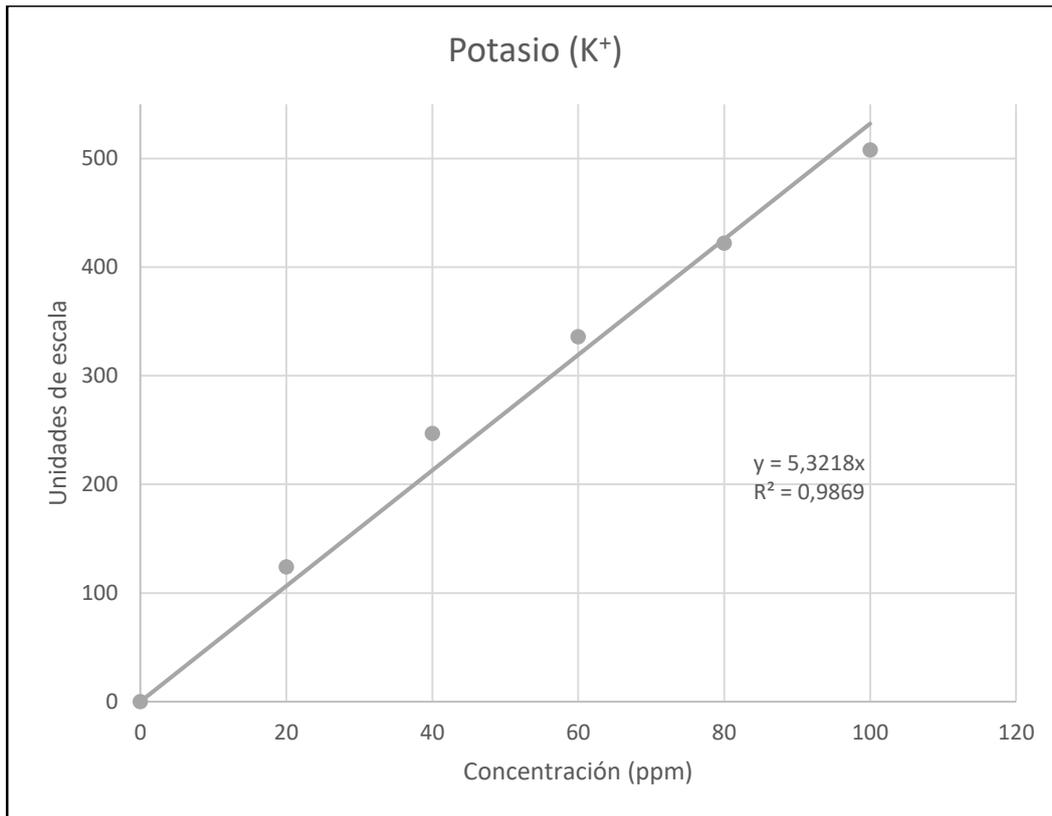


Figura 20. Curva de calibración para potasio.

Tabla 41: Calcáreo

Muestra	Rep.	g CaCO ₃	Lectura inicial	Lectura final	Promedio L. i.	Promedio L. f.	
Blanco	1	0,2	24	72,6	24,1	74,3	
Blanco	2	0,2	24,2	76			
Muestra	Rep.	g suelo	Lectura inicial	Lectura final	Diferencia	g CaCO ₃ /kg suelo	Promedio
P1 Ap	1	10	24,6	51,2	26,6	10,60	9,64
P1 Ap	2	10	25,2	47	21,8	8,69	
P1 AC	1	3	25,2	66	40,8	54,18	59,50
P1 AC	2	3	25,2	74	48,8	64,81	
P2 Ap							
P2 Ap							
P2 A2							
P2 A2							
P2 AC							
P2 AC							
P2 2Ck	1	3	24,6	64,6	40	53,12	52,06
P2 2Ck	2	3	24,6	63	38,4	51,00	

Tabla 42: Calcio + Magnesio (Cationes intercambiables)

Muestra	R1 mL EDTA	R2 mL EDTA	Promedio	me/L Ca+Mg	me/100 g suelo
P1 Ap Cationes					
P1 AC Cationes					
P2 Ap Cationes	1,6	1,68	1,64	2,98	7,46
P2 A2 Cationes	1,72	1,76	1,74	3,17	7,92
P2 AC Cationes	1,72	1,79	1,755	3,19	7,99
P2 2Ck Cationes					

N EDTA: 0,0091

Alícuota: 2 mL

En las muestras en que no se realizaron titulaciones es porque contienen calcáreo (reaccionan ante HCl 10%)

Tabla 43: Sodio y Potasio (Cationes intercambiables)

Muestra	Sodio			Potasio		
	ue	ppm	me/L	ue	ppm	me/L
P1 Ap	11	4,71	0,205	140	25,61	0,655
P1 AC	12	5,14	0,223	107	19,57	0,501
P2 Ap	13	5,57	0,242	154	28,17	0,720
P2 A2	11	4,71	0,205	150	27,44	0,702
P2 AC	12	5,14	0,223	145	26,52	0,678
P2 2Ck	86	36,82	1,601	218	39,87	1,020

Tabla 44: Potasio asimilable

Muestra	ue	ppm	me/L	mg/kg
P1 Fertilidad	415	75,91	1,941	759
P2 Fertilidad	520	95,11	2,433	951

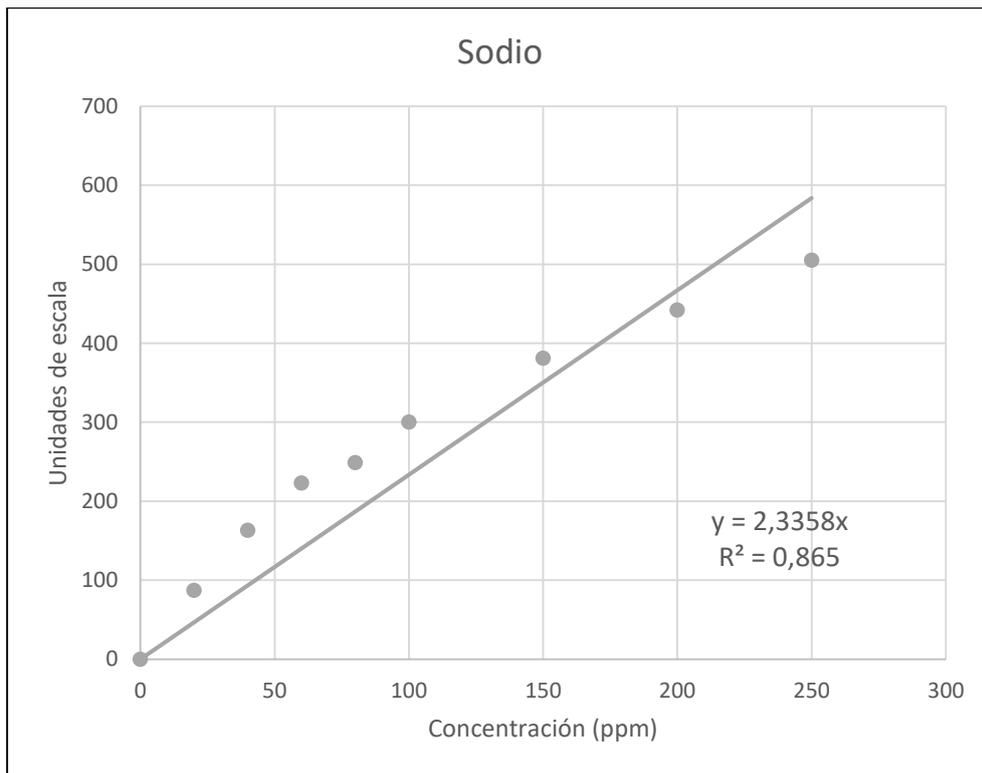


Figura 21. Curva de calibrado de Sodio

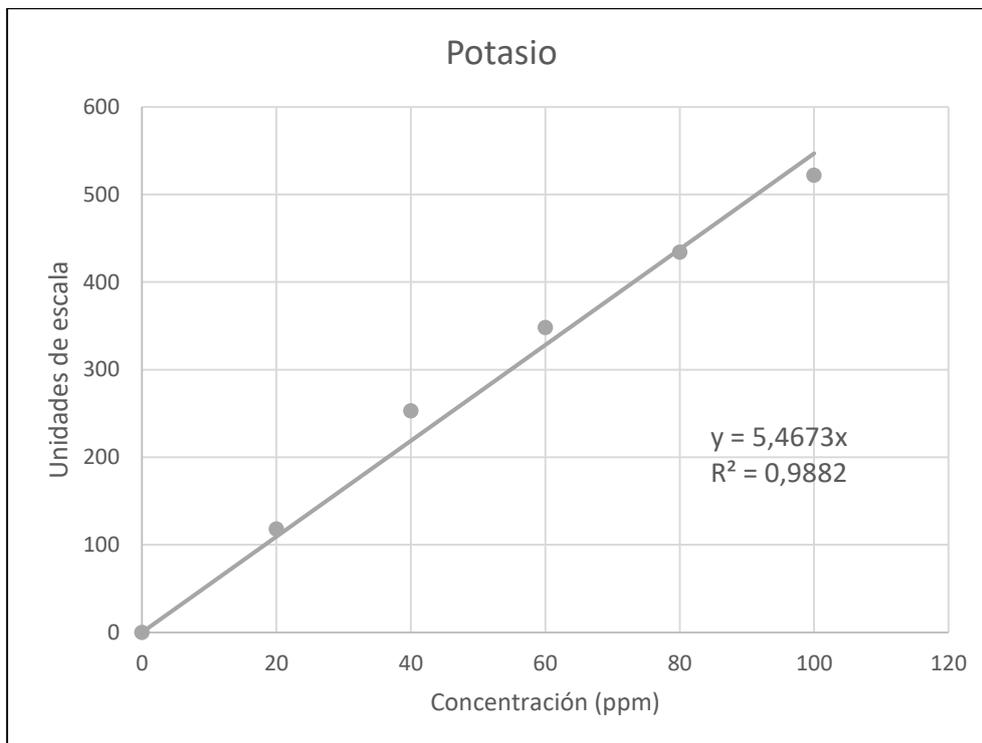


Figura 22. Curva de calibrado de Potasio

Tabla 45: Capacidad de intercambio catiónico (Cuantificación de amonios)

Muestra	R1 (mL HSO ₄)	R2 (mL HSO ₄)	Promedio	me/100 g suelo
Blanco	0,18	0,32	0,25	
P1 Ap CIC	8,7	8,82	8,76	10,638
P1 AC CIC	8,54	8,62	8,58	10,413
P2 Ap CIC	8,9	8,9	8,9	10,813
P2 A2 CIC	8,9	8,8	8,85	10,750
P2 AC CIC	8,42	8,6	8,51	10,325
P2 2Ck CIC	6,6	6,66	6,63	7,975

N HSO₄: 0,005

Alícuota: 10 mL

Tabla 46: Nitrógeno orgánico

Muestra	mL H ₂ SO ₄ R1	mL H ₂ SO ₄ R2	Promedio	g N/kg suelo
Blanco	0,58	0,48	0,53	
P1 Fertilidad	2,86	2,88	2,87	1,64
P2 Fertilidad	3,38	3,46	3,42	2,02

N HSO₄: 0,01**Tabla 47: Fósforo total y fósforo asimilable**

Muestra	Absorbancia R1	Absorbancia R2	Promedio	ppm	mg P/kg suelo
P1 Ap	0,249	0,260	0,255	0,405	506
P1 AC	0,303	0,296	0,300	0,477	596
P2 Ap	0,262	0,249	0,256	0,407	508
P2 A2	0,230	0,231	0,231	0,367	459
P2 AC	0,217	0,219	0,218	0,347	434
P2 2Ck	0,236	0,229	0,233	0,370	463

Muestra	Absorbancia R1	Absorbancia R2	Promedio	ppm	mg P/kg suelo
P1 Fertilidad	0,084	0,082	0,083	0,132	4,6
P2 Fertilidad	0,191	0,192	0,192	0,305	10,7

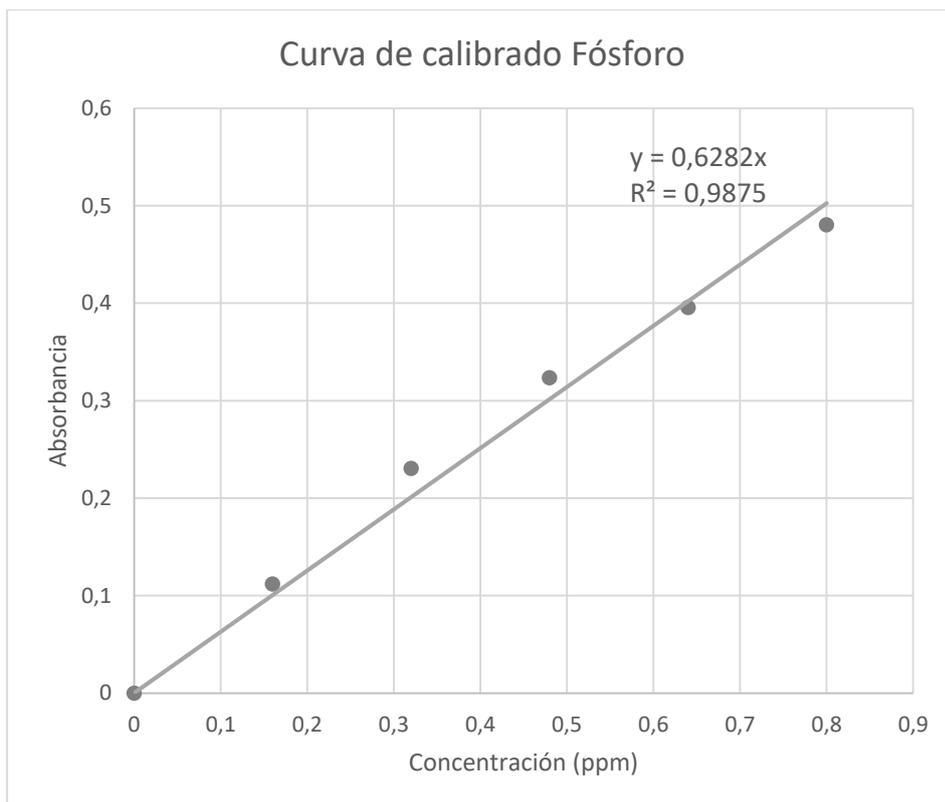


Figura 23. Curva de calibrado para fósforo total.

Tabla 48: Fósforo orgánico e inorgánico (Saunders & Williams)

Muestra	Absorbancia R1	Absorbancia R2	Promedio	ppm	mg P inorg/kg suelo
P1 Ap	0,119	0,114	0,117	0,195	195
P1 AC	0,132	0,131	0,132	0,220	220
P2 Ap	0,099	0,092	0,096	0,160	160
P2 A2	0,096	0,108	0,102	0,171	171
P2 AC	0,107	0,081	0,094	0,157	157
P2 2Ck	0,151	0,155	0,153	0,256	256

Muestra	Absorbancia R1	Absorbancia R2	Promedio	ppm	mg P org + inorg/kg suelo
P1 Ap SC	0,292	0,295	0,294	0,491	491
P1 AC SC	0,317	0,315	0,316	0,529	529
P2 Ap SC	0,215	0,216	0,216	0,361	361
P2 A2 SC	0,222	0,228	0,225	0,376	376
P2 AC SC	0,205	0,214	0,210	0,351	351
P2 2Ck SC	0,180	0,176	0,178	0,298	298

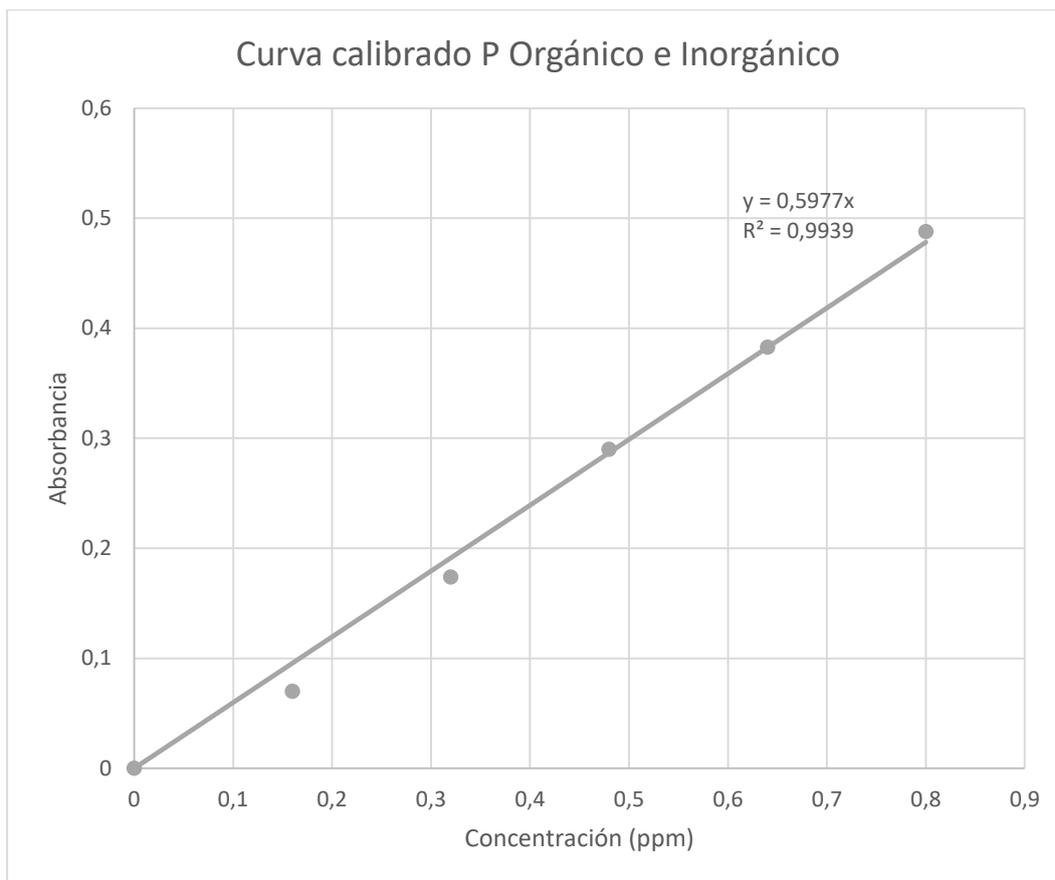


Figura 24. Curva de calibrado para fósforo orgánico e inorgánico.

Tabla 49: Actividad biológica

Muestra	g suelo	mL HCl	mL netos	mg CO ₂ /100 g suelo/día	Actividad
Blanco	-	4,17	-	-	-
P1 Ap (Act. Bio.)	20,01	2,4	1,77	11,13	Moderada/baja
P1 AC	20,01	2,95	1,22	7,67	Baja
P2 Ap (Act. Bio.)	20,05	1,495	2,675	16,82	Moderada
P2 A2	20,01	2,99	1,18	7,42	Baja

mL netos: mL Blanco – mL muestra

Gráficos

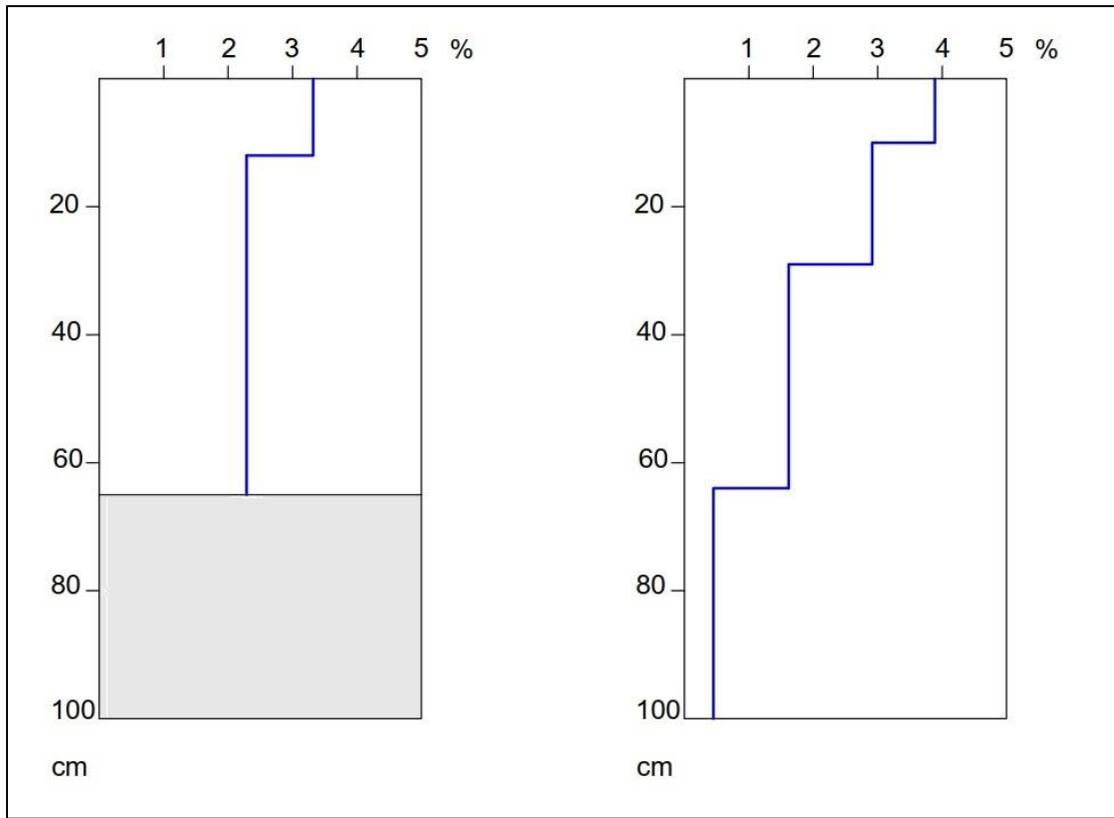


Figura 25. Contenido de materia orgánica en profundidad (Izq., Suelo 1; der., Suelo 2).

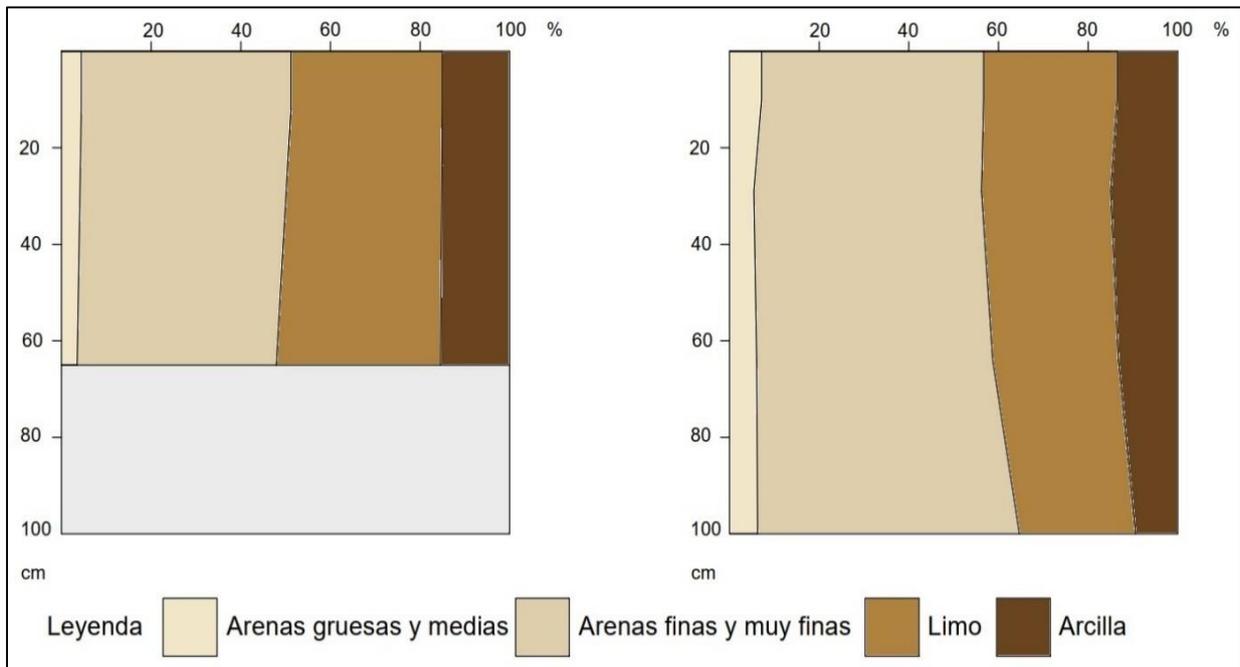


Figura 26. Proporción de fracciones granulométricas a lo largo del perfil (Izquierda, Suelo 1; derecha, Suelo 2).

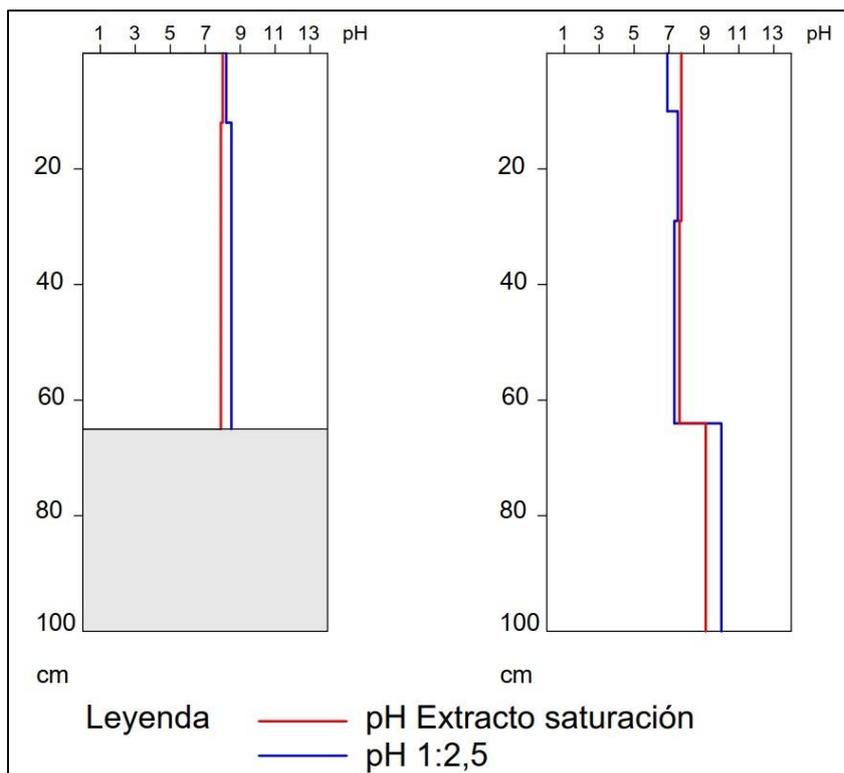


Figura 27. pH (Izquierda, Suelo 1; derecha, Suelo 2).

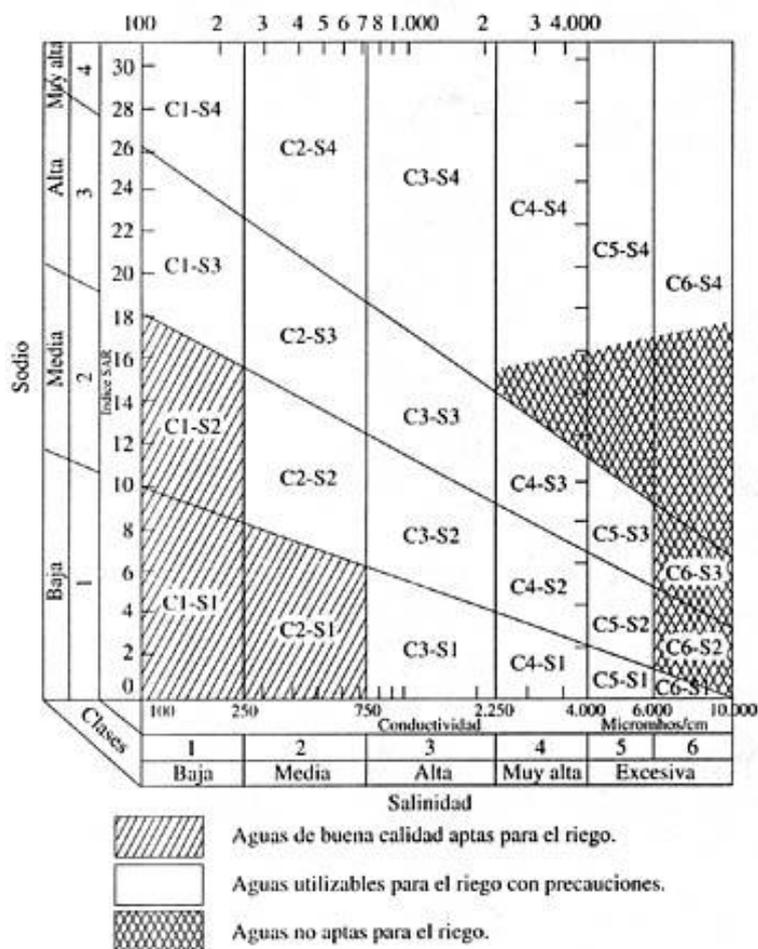


Figura 28. Diagrama de la clasificación de las aguas de riego (Normas de Riverside).

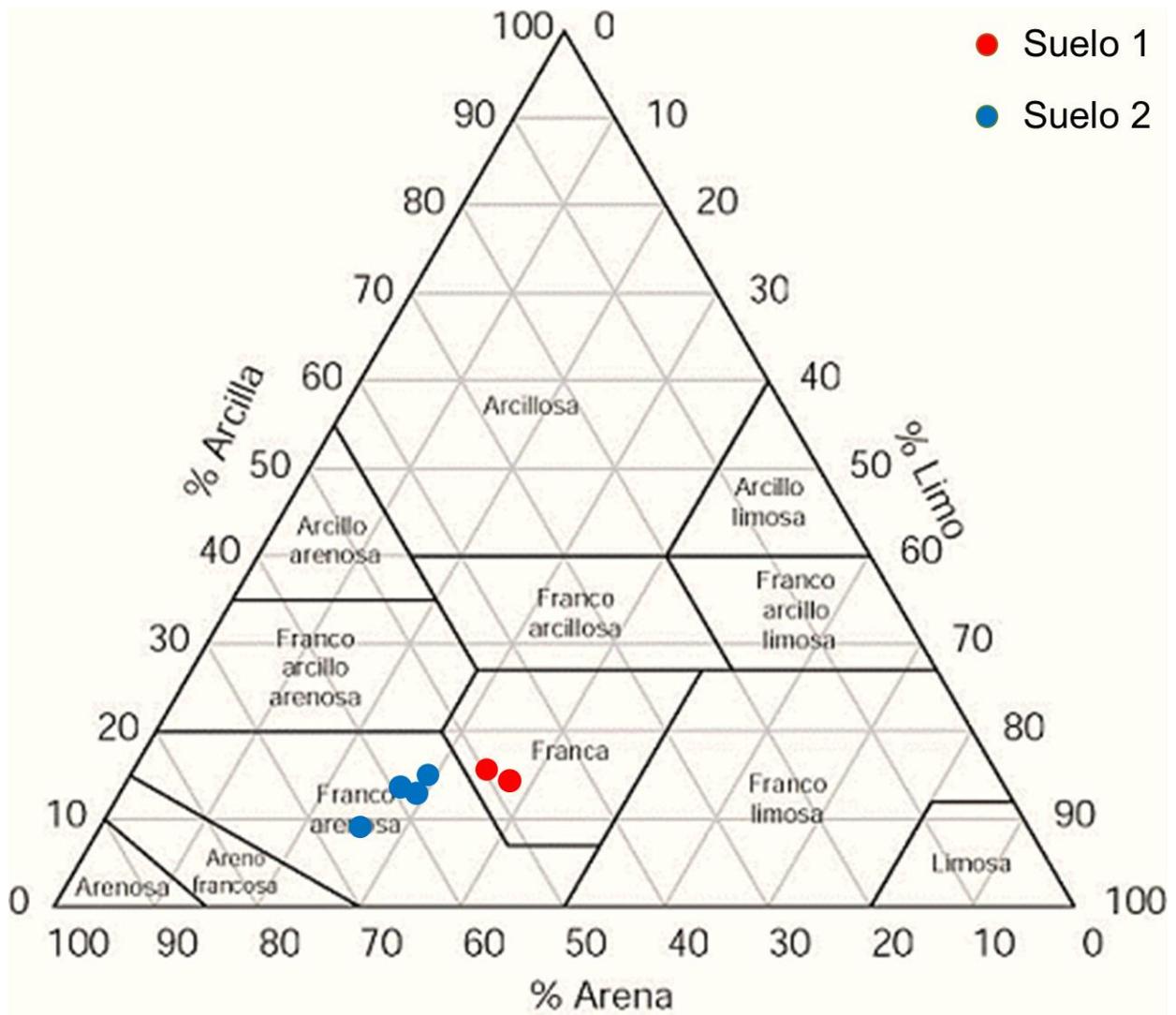


Figura 29. Textura de los horizontes de los Suelos 1 y 2.

Índice de tablas y figuras

Figura 1. Ubicación del Campo Napostá.....	5
Figura 2. Ubicación del lote 18 dentro del Establecimiento Napostá-UNS.....	6
Figura 3. Posición de los perfiles dentro del lote 18.	6
Figura 4. Climograma de Bahía Blanca	7
Figura 5. Vegetación presente en el lote 18.	8
Figura 6. Geoambientes del suroeste bonaerense	9
Figura 7. Mapa de los dominios edáficos de provincia de Buenos Aires.....	10
Tabla 1. Rango de valores de actividad biológica (respiración).....	17
Figura 8. Paisaje del Suelo 1.	19
Tabla 2: Descripción morfológica del Suelo 1	20
Figura 9. Fotografía de la calicata del Suelo 1.Esquema del perfil.....	20
Tabla 3: Caracterización física del Suelo 1	21
Tabla 4: Estabilidad Estructural del Suelo 1.....	22
Figura 10. Estabilidad estructural del Suelo 1	22
Tabla 5: Curva de retención hídrica del Suelo 1	23
Figura 11. Curva de retención hídrica del Suelo 1	23
Tabla 6: Distribución del espacio poroso del Suelo 1	24
Figura 12: Gráfico de la distribución por tamaño de poros.	24
Tabla 7: Datos químicos del Suelo 1	25
Tabla 8: Sales solubles en extracto de saturación del Suelo 1.....	25
Tabla 9: Valores de fertilidad química del Suelo 1	26
Tabla 10: Descripción morfológica del Suelo 2	31
Figura 13. Paisaje del perfil 2.	31
Figura 14. Fotografía de la calicata del Suelo 2. Esquema del perfil.....	32
Tabla 11: Características físicas del Suelo 2	33
Tabla 12: Estabilidad Estructural del Suelo 2.....	34
Figura 15. Gráfico de estabilidad estructural del Suelo 2.	34
Tabla 13: Curva de retención hídrica del Suelo 2	35
Figura 16. Gráfico de la curva de retención hídrica del Suelo 2.	35
Tabla 14: Distribución del espacio poroso del Suelo 2	36
Figura 17. Gráfico de la distribución de espacio poroso del Suelo 2	36
Tabla 15: Datos químicos del Suelo 2.....	37
Tabla 16: Sales solubles en extracto de saturación del Suelo 2.....	37
Tabla 17: Valores de fertilidad química del Suelo 2.....	38
Tabla 18. Datos analíticos de las muestras de aguas	42
Tabla 19: Humedad higroscópica.....	47
Tabla 20: Humedad equivalente	47
Tabla 21: Densidad aparente	48
Tabla 22: Porcentaje volumétrico a diferentes pF.....	48
Tabla 23: Punto de Marchitez Permanente.....	48
Tabla 24: Densidad real	49
Tabla 25: Datos de la determinación de estabilidad estructural Suelo 1	49

Tabla 26: Datos de estabilidad estructural Suelo 1 para cálculo de índice.	50
Tabla 27: Datos de la determinación de estabilidad estructural Suelo 2	50
Tabla 28: Datos de estabilidad estructural Suelo 2 para cálculo de índice.	51
Tabla 29: Textura. Porcentajes por fracción granulométrica	51
Tabla 30: Pipeteo de Limo+Arcilla.....	52
Tabla 31: Pipeteo de Arcilla.....	52
Tabla 32: Fraccionamiento de arenas	53
Tabla 33: Porcentajes por fracción de arena	53
Tabla 34: Fracciones granulométricas expresadas en g/kg, Suelo 1	54
Tabla 35: Fracciones granulométricas expresadas en g/kg, Suelo 2	54
Tabla 36: Calcio + Magnesio (Extracto de saturación)	55
Tabla 37: Cloruros (Extracto de saturación).....	55
Tabla 38: Carbonatos y bicarbonatos (Extracto de saturación)	55
Tabla 39: Sulfatos (Extracto de saturación)	56
Figura 18. Curva de calibrado para sulfatos.	56
Tabla 40: Sodio y Potasio (Extracto de saturación)	57
Figura 19. Curva de calibración de Sodio	57
Figura 20. Curva de calibración para potasio.....	58
Tabla 41: Calcáreo	58
Tabla 42: Calcio + Magnesio (Cationes intercambiables).....	59
Tabla 43: Sodio y Potasio (Cationes intercambiables)	59
Tabla 44: Potasio asimilable.....	59
Figura 21. Curva de calibrado de Sodio	60
Figura 22. Curva de calibrado de Potasio	60
Tabla 45: Capacidad de intercambio catiónico (Cuantificación de amonios)	61
Tabla 46: Nitrógeno orgánico	61
Tabla 47: Fósforo total y fósforo asimilable.....	61
Figura 23. Curva de calibrado para fósforo total.	62
Tabla 48: Fósforo orgánico e inorgánico (Saunders & Williams)	62
Figura 24. Curva de calibrado para fósforo orgánico e inorgánico.	63
Tabla 49: Actividad biológica.....	63
Figura 25. Contenido de materia orgánica en profundidad.....	64
Figura 26. Proporción de fracciones granulométricas a lo largo del perfil	64
Figura 27. pH	65
Figura 28. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego	65
Figura 29. Textura de los horizontes de los Suelos 1 y 2.	66