

Universidad Nacional del Sur – Bahía Blanca - 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TÉCNICO SUPERIOR AGRARIO EN SUELOS Y AGUAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

TRABAJO FINAL

**Caracterización de dos suelos del partido de Saavedra en el
establecimiento Santa Leonor, Dufaur.**



Charzewski, Nicolás

Scheopf, Aldana

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS:	1
INTRODUCCIÓN:.....	2
OBJETIVOS:	3
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
UBICACIÓN	4
CLIMA.....	4
CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SUELO	6
CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA ZONA	8
VEGETACIÓN	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
TRABAJO DE CAMPO	9
TRABAJO DE LABORATORIO.....	10
Análisis físicos	10
Análisis químicos.....	13
Análisis microbiológicos	17
RESULTADOS	18
SUELO 1 (PLANO)	18
Factores de sitio	18
DATOS ANALITICOS DEL SUELO 1 (PLANO).....	21
Características físicas	21
Características químicas	25
Fertilidad química	27
Actividad biológica.....	28
Clasificación del Suelo 1	29
Interpretación de los resultados obtenidos:.....	30
Procesos pedogenéticos:	32

SUELO 2 (CAÑADÓN).....	33
Factores de sitio	33
DATOS ANALÍTICOS DEL SUELO 2 (CAÑADÓN)	36
Características físicas	36
Características químicas	40
Fertilidad química	42
Actividad biológica.....	43
Clasificación del Suelo 2	44
Interpretación de los resultados obtenidos:.....	45
Procesos pedogenéticos:	47
CALIDAD DE AGUAS	48
Clasificación del agua del molino casa:.....	49
Clasificación del agua del tanque corral:.....	50
COMENTARIOS FINALES:.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	54
APÉNDICE:	55

AGRADECIMIENTOS:

Al Departamento de Agronomía y a la Universidad Nacional del Sur por formarnos.

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 suelo, Luciano Rodríguez y Martín Sarti.

A los docentes que nos formaron durante el cursado de las materias, Erica Schmidt, Fernando López, Liliana Suñer, Carmen Salerno, Gabriela Minoldo, Julio Iglesias, Mariana Bouza, Matías Duval, Emiliano Rodríguez, Martín Espósito, Leandro Goñi, Maximiliano Garay, Roberto Kiessling, Juan Manuel Martínez, Edgardo Navarro, Micaela Comezana, Guillermina Shultz, Marita Policano.

A los técnicos ayudantes Martín de Lucía, Muricio Borel, Verónica Misler.

A nuestros amigos.

A nuestras familias por darnos la posibilidad de estudiar.

INTRODUCCIÓN:

El partido de Saavedra posee 3.491 kilómetros cuadrados de superficie y se halla ubicado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y su cabecera es Pigüé. Limita con los partidos de Guaminí al norte, Adolfo Alsina al noroeste, Coronel Suarez al noreste, Púan al oeste y Tornquist al sur. Su territorio está cruzado en la dirección sudeste-noreste, por las sierras de Curamalal, tramo occidental del gran sistema de Ventania.

En el relieve del distrito predominan, planicies utilizadas para la agricultura y la ganadería, además de las numerosas sierras completan el paisaje numerosos arroyos y lagunas.

El objetivo general del presente trabajo fue la determinación de propiedades químicas, físicas y biológicas, con el propósito de establecer comparaciones en dos suelos situados en el establecimiento “Santa Leonor” propiedad de la familia Scheopf, ubicado en el kilómetro 91,5 de la Ruta Nacional N°33 en cercanías al pueblo de Dufaur (fundado el 27 de diciembre de 1907), comprendiendo un área de 100 hectáreas destinadas a producción mixta (agrícola-ganadera).

En el mismo se pueden observar una serie de ambientes que se diferencian en: planicies, cañadones y laderas con diferentes pendientes.

Esta variabilidad nos indica la presencia de diferentes suelos, los cuales al llevar a la práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas nos permitirá identificarlos y determinar un manejo más eficiente de los recursos.

OBJETIVOS:

Los objetivos de este documento son:

- ❖ Evaluar y caracterizar el área de estudio.
- ❖ Muestrear y analizar los perfiles de suelo en el establecimiento.
- ❖ Representar y explicar los datos obtenidos y métodos utilizados en el laboratorio.
- ❖ Analizar las propiedades de dos fuentes de agua para consumo de ganado y del hogar.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

UBICACIÓN

Dufaur es una localidad del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, perteneciente al partido de Saavedra. Se encuentra ubicada a 39 kilómetros al sur de la ciudad de Saavedra y a 51 kilómetros de Pigüé. Hacia el sur está a 28 kilómetros de Tornquist y a 91 kilómetros de Bahía Blanca.

Se encuentra a -37.95° de latitud sur y -62.3° de longitud oeste, a 319 msnm.



Figura 1: Ubicación del área de estudio en imagen satelital de Google Earth.

CLIMA

La región estudiada presenta un clima templado continental con temperaturas variables. La temperatura media anual es de 14°C , con mínimas de hasta -7°C y máximas de $35,5^\circ\text{C}$.

Durante el año las lluvias alcanzan un promedio de 720 mm.

El clima predominante en el área es semiárido templado, de régimen térmico.

Thorntwaite lo define como sub-húmedo seco, mesotermal, con nulo o pequeño exceso de agua.

Respecto al régimen de heladas, en el sector de las sierras, el periodo libre de heladas va desde los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. De acuerdo con

el balance hídrico el **déficit medio anual** se produce en **mayo, junio, julio y agosto**.

· Los meses más lluviosos van desde octubre hasta marzo.

Durante el invierno las precipitaciones disminuyen notoriamente y aumentan los coeficientes de variación de los promedios mensuales. Es así que se puede concluir que la distribución de las lluvias es predominantemente primavera-verano, entre **octubre y marzo** se registra el **63%** de la **precipitación total anual**.

En cuanto al régimen de humedad del suelo, esta zona es transicional entre los regímenes údico y ústico. El área en la que se encuentran los suelos analizados posee régimen údico.

Con respecto al régimen de temperatura, el área posee régimen térmico.

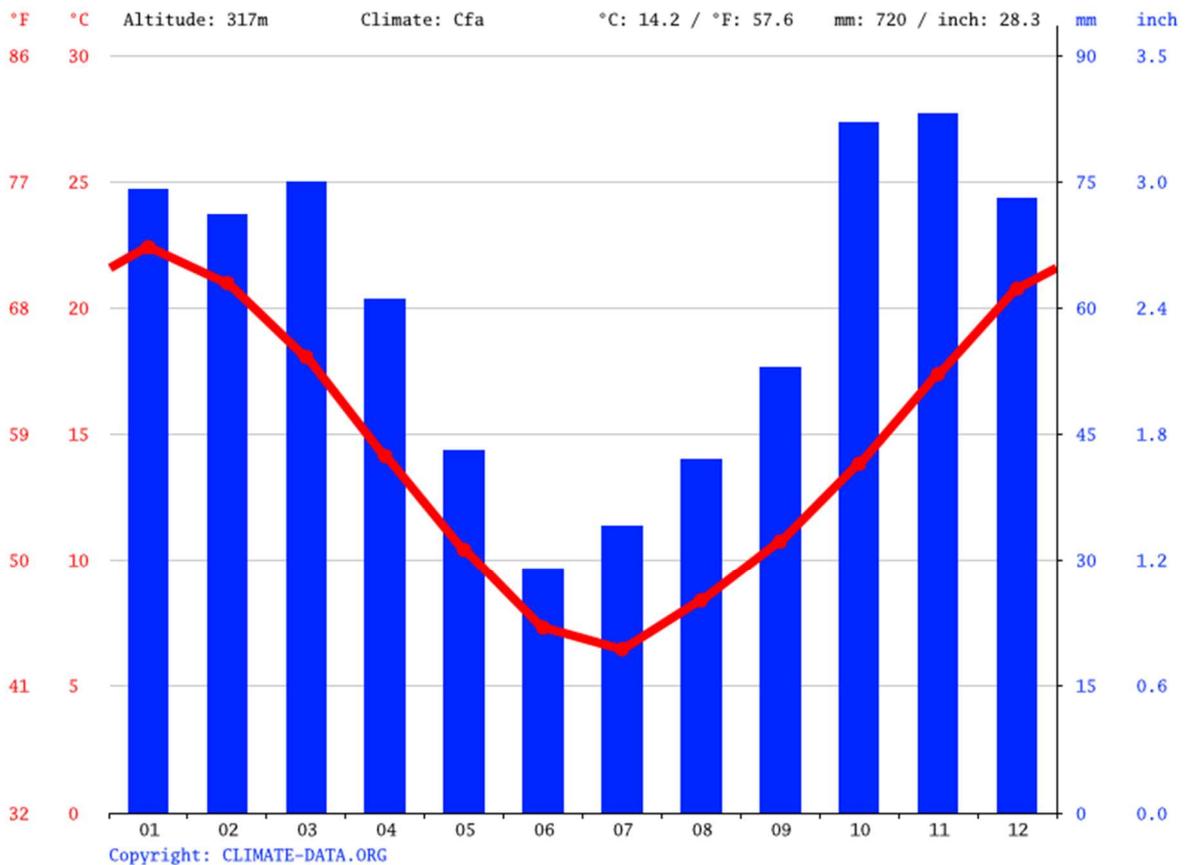


Figura 2: Climograma de Dufaur. Fuente: (Climate-data.org).

CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SUELO

En la carta de Suelos de la República Argentina, nuestro establecimiento corresponde a la serie Dufaur HOJA 3763-35-3 (escala de 1:50.000) y se pueden observar las diferentes unidades cartográficas sobre las cuales se encuentra el establecimiento.

Delimitado dentro del recuadro rojo, podemos observar el establecimiento Santa Leonor.



Figura 3: Carta de suelos Dufaur.

El establecimiento se encuentra representado por tres unidades cartográficas:

- A. Duf
- B. EOA4
- C. ELM1

A. Unidad cartográfica Duf:

Consociación series Dufaur (80%), Estancia Ojo de Agua (10%) y Saavedra (10%).

SERIE DUFAUR:

Es un suelo muy oscuro, moderadamente profundo, de aptitud agrícola ganadero, se encuentra en un paisaje de planicies extendidas, de la "Subregión Sierras y Pedemonte de La Ventania", en posición de loma, bien drenado, escurrimiento medio, desarrollado en sedimentos loésicos pampeanos, no salino, no alcalino, con pendientes de 0,5 a 1%.

B. Unidad cartográfica EOA4:

Complejo series Estancia Ojo de Agua (70%) y Dufaur (30%)

ESTANCIA OJO DE AGUA:

Suelo desarrollado a partir de un material de origen loessico sobre tosca, somero, de textura franco arcillosa, cuyo horizonte superficial puede variar de franco arcillosa a franco arcillo limosa o franco limosa. Se encuentra en pendientes del 1 %, dentro de un paisaje ondulado próximo a la sierra de Ventania. Es un suelo bien drenado, de escurrimiento medio a rápido y permeabilidad moderada. Es no alcalino y no salino. Sus limitaciones para el uso corresponden a la poca profundidad y la susceptibilidad a la erosión hídrica.

C. Unidad cartográfica ELM1:

Consociación series Estancia Los Manantiales (75%) y Estancia Los Manantiales, fase moderadamente profunda (25%)

ESTANCIA LOS MANANTIALES:

Es un suelo oscuro y profundo, de aptitud agrícola que se encuentra en las planicies suavemente onduladas, con ligeras depresiones y ocupando los sitios de bajos en la "Subregión Geomorfológica, Pedemontes y Sierras de la Ventania", bien drenado, desarrollado sobre sedimentos loésicos pampeanos, franco arcillo arenoso no alcalino, no salino con pendientes del 0 a 1 %.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA ZONA

En la zona predominan los sistemas productivos ganadero-agrícola y se ha podido determinar que la principal actividad es la de ciclo completo y en menor grado la invernada y la cría.

Entre los cultivos principales se destacan el trigo, la avena y en menor medida la cebada cervecera.

Los cultivos de verano son de escasa significación, sobresaliendo el girasol y el sorgo forrajero. Como forrajeras se utilizan los verdeos invernales y pasturas perennes consociadas, base alfalfa.

VEGETACIÓN

En la región del sudoeste de Buenos Aires (Pampa Austral) se puede observar gran biodiversidad de especies, con un predominio absoluto del biotipo herbáceo (92%) sobre el arbustivo (4%) y el arbóreo (4%). Un 54% corresponde a especies nativas, mientras que el 46% a introducidas.

Las familias *Poaceae* y *Asteraceae* son las que mayor representatividad registran dentro del área de estudio, seguidas por la familia *Brassicaceae*.

Dentro de la familia *Poaceae* se reconocen gran variedad de pastizales, como: pasto puna (*Stipa ambigua*), gramilla (*Cynodon dactylon*), raigrás (*Lolium multiflorum*), cola de zorro (*Steraria parviflora*).

Dentro de la familia *Asteraceae* se registró el diente de león (*Taraxacum officinale*), abrepuño (*Centaurea solstitialis*), cardo negro (*Carduus acanthoides*).

Dentro de la familia *Brassicaceae* se reconocen: flor amarilla (*Diplotaxis tenuifolia*), mostacilla (*Rapistrum rugosum*).

En cuanto a los cultivos introducidos los mas comunes en la región son: trigo (*Triticum aestivum*), cebada cervecera (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*) como verdeo de invierno. La oleaginosa más implantada es el girasol (*Heliantus annus*) y en menor medida la soja (*Glycine max*). El maíz (*Zea maiz*) se utiliza en ocasiones donde la humedad de los lotes es favorable. El verdeo de verano más común es el sorgo forrajero (*Sorghum spp*).

MATERIALES Y MÉTODOS

TRABAJO DE CAMPO

La ejecución consistió en el reconocimiento del área de estudio y posterior apertura de dos calicatas, en 2 áreas diferentes de muestreo.

La descripción del Suelo 1 se realizó sobre el plano en el valle superior del arroyo Cochenleufú, y la descripción del Suelo 2 está localizada en la parte media de un cañadón.

Se describieron los factores de sitio y la morfología de los dos perfiles llevándose a cabo la toma de muestras de la siguiente manera:

- Muestras disturbadas de todos los horizontes reconocidos para realizar análisis convencionales de caracterización.
- Muestras compuestas en el área adyacente a las calicatas con muestreador de profundidad 0-15 cm, para la determinación de las propiedades edáficas relacionadas con la fertilidad química.
- Muestras sin disturbar de los horizontes superficiales de ambos suelos para la determinación de estabilidad estructural, densidad aparente y curva de retención hídrica.

Por otro lado, se tomaron muestras del horizonte superficial para posterior análisis de actividad biológica (respiración), las cuales se mantuvieron refrigeradas hasta el momento de las determinaciones.

Asimismo, se tomaron para su caracterización, dos muestras de agua, las cuales una de ellas se muestreó del molino correspondiente a la casa destinado a consumo humano y la segunda muestra de agua se tomó del molino del establecimiento destinado para consumo animal.

TRABAJO DE LABORATORIO

Análisis físicos

- **Análisis granulométricos 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 hexa meta fosfato 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 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.

- **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.

- **Humedad equivalente**

Se coloca suelo en las celdillas de la centrifuga aproximadamente hasta 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 cápsulas de aluminio y se secan en estufa a 105°C hasta peso constante, por último, calcular 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. El resultado se expresa en porcentaje.

- **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 y olla 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.

Las tensiones aplicadas en esta oportunidad fueron 0; 1; 1,8; 2,5 y 4,2 pF.

Para obtener el valor de humedad volumétrica en el punto de marchitez permanente se utilizan muestras disturbadas, las cuales se colocan en anillos sobre una placa saturada con agua y se les aplican 4,2 pF de tensión 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**

Se mide la diferencia en el cambio del diámetro medio ponderado entre la distribución de los agregados en seco y los agregados en húmedo, luego de haber sometido al suelo a fuerzas destructivas (golpeteo de la gota de agua simulando la lluvia) y dispersión (tamizado en agua).

Tabla 1. Clasificación del índice de estabilidad estructural de los agregados.

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

Análisis químicos

- Conductividad eléctrica método conductimétrico

Determinada en el extracto de saturación y en las muestras de agua expresadas en dS m^{-1} .

- pH método potenciométrico

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

- Calcio + Magnesio método complexométrico

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, de rojo vinoso a verde, dando así el punto final de la titulación.

- **Sodio y Potasio método Fotometría de llama**

Se determinó en los extractos de saturación y en las muestras de agua. Consiste en la introducción de la muestra en la llama en un estado finamente disperso. Se compara el incremento de la intensidad luminosa, que resulta, 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 argento-métrico**

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 complejo-métrica 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 H₂SO₄ 0,01 N. Se expresa en cmol_c 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 fotolorimetría como en procedimiento de fósforo extraíble.

- **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.

- **Fósforo orgánico e inorgánico (método de Saunders y Williams):**

Se estima el fósforo orgánico (Po), a partir de la diferencia entre el P extraído con H₂SO₄ 1 M de una muestra calcinada a 550°C (Po+Pi) y de otra sin calcinar.

- **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%, mediante un calcímetro; comparándolo con un patrón de carbonato de calcio puro.

- **Determinación de nitrógeno total (método de Kjeldahl):**

Consiste en la oxidación húmeda de la materia orgánica, que permite transformar el N orgánico en NH_4^+ . Luego se destila el digesto en un destilador por arrastre de vapor y se cuantifican los amonios desplazados en una titulación con H_2SO_4 0,01N.

Análisis microbiológicos

- Determinación de la actividad respiratoria de la biomasa 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, es decir, un solo vial con 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:

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

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 2. Rango de valores de actividad biológica.

mg CO ₂ 100g ⁻¹ dia ⁻¹	Clasificación
<5	Muy baja
5-10	Baja
10-15	Moderadamente baja
15-20	Moderada
20-25	Óptima
>25	Elevada

RESULTADOS

SUELO 1 (PLANO)

Tabla 3. Antecedentes del lote.

Año	Cultivo
2018	Avena con vicia
2019	Avena con vicia
2020	Avena con vicia
2021	Trigo

Factores de sitio

Fecha de observación: 10 de junio de 2022

Ubicación: Establecimiento Santa Leonor (Dufaur)

Latitud: 37° 55' 49.1" S

Longitud: 62° 20' 06.8" O

Altitud: 298-301 m.s.n.m

Paisaje: Dominio morfoestructural Positivo de Ventania

Vegetación: Barbecho

Material parental: Sedimentos loessicos

Edad: Holoceno

Régimen de humedad del suelo: Údico

Régimen de temperatura del suelo: Térmico

Geomorfología: Llanura subventánica occidental. Sector proximal.

Posición: Plano

Relieve: Normal - Plano alto

Gradiente: <1%

Drenaje: Bien drenado

Erosión: Actual no se observa, baja susceptibilidad a la erosión eólica.

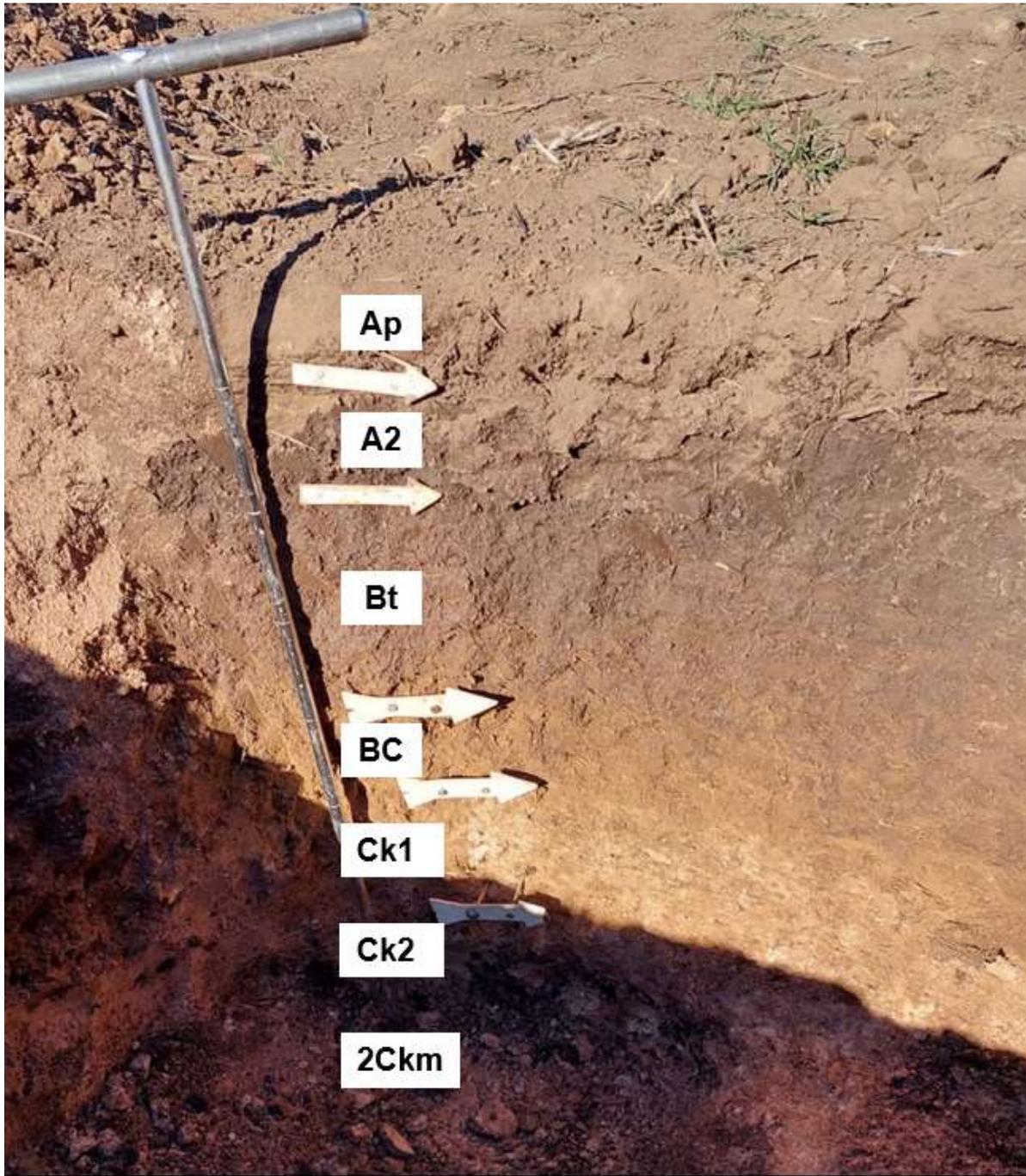


Figura 4: Perfil del Suelo 1 (Plano).

Tabla 4. Descripción morfológica del Suelo 1

Horizonte	Descripción
Ap 0-6 cm	Negro en húmedo (10 YR 2/1); pardo en seco (10 YR 5/3); franco arcilloso; bloques subangulares medios y finos, moderados; friable a firme; muy plástico, muy adhesivo; muy húmedo; poco consolidado; escasas raíces; abundantes pellets fecales; no presenta reacción al HCl; límite claro y plano.
A2 6-19 cm	Pardo grisáceo en húmedo (10 YR 2/2); pardo muy oscuro en seco (10 YR 5/2); franco arcilloso; bloques subangulares, medios y finos, moderados; friable a firme; muy plástico, muy adhesivo; muy húmedo, poco consolidado/consolidado; escasas raíces; abundantes pellets fecales; no presenta reacción al HCl; límite claro y plano.
Bt 19-43 cm	Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10 YR 3/2); pardo grisáceo oscuro en seco (10 YR 4/2); franco arcilloso; prismas medios moderados, fuertes; friable a firme; muy plástico, muy adhesivo; húmedo, consolidado; barnices muy abundantes; escasas raíces; comunes pellets; no presenta reacción al HCl; límite claro y plano.
BC 43-60 cm	Pardo amarillento oscuro en húmedo (10 YR 4/4); pardo muy pálido en seco (10 YR 7/3); franco arcilloso; bloques, medios, moderados, débil; friable a firme; muy plástico, muy adhesivo; húmedo, consolidado/poco consolidado; escasas raíces; comunes calcitanes; no presenta reacción al HCl; límite abrupto plano.
Ck1 60-76 cm	Pardo amarillento en húmedo (10 YR 5/6); pardo muy pálido en seco (10 YR 8/3); franco arcilloso; bloques finos, débiles, friable; muy plástico, muy adhesivo; húmedo, consolidado; no hay presencia de raíces; comunes calcitanes; moderada reacción al HCl; límite claro plano.
Ck2 76-100 cm	Pardo muy pálido en húmedo (10 YR 8/3); amarillo en seco (10 YR 8/6); franco arcillo arenoso; masiva; muy friable; muy plástico, muy adhesivo; húmedo, muy consolidado; no hay presencia de raíces; alta reacción al HCl; límite abrupto ondulado.
2Ckm +100 cm	Horizonte petrocálcico.

DATOS ANALITICOS DEL SUELO 1 (PLANO)

Características físicas

Tabla 5. Determinaciones físicas del Suelo 1 (Plano).

Horizonte		Ap	A2	Bt	BC	Ck1	Ck2
Profundidad	cm	0-6	6-19	19-43	43-60	60-76	76-100
Análisis granulométrico	Arcilla	290	312	396	318	321	296
	Limo	419	402	340	324	380	215
	Arena muy fina	232	242	224	297	227	461
	Arena fina	43	34	-	44	56	21
	Arena media	8	6	5	9	8	4
	Arena gruesa	5	3	3	6	5	2
	Arena muy gruesa	1	1	0	2	2	1
	Arena total	291	286	232	314	298	489
Clase textural		Fa	Fa	Fa	Fa	Fa	FaA
Densidad aparente	Mg m ⁻³	1,18					
Densidad real		2,61	-	-	-	-	-
Porosidad total	%	53,6					
Humedad equivalente		22,65	23,22	26,47	26,98	31,23	32,18
Humedad higroscópica		3,87	3,90	4,76	5,10	4,42	4,27
Punto de marchitez permanente (PMP)		15,9					

Estabilidad estructural

Tabla 6. Estabilidad estructural del Suelo 1.

Superficie (cm ²)	CDMP (mm)	EE (%)	Clasificación
25,6	2,56	19,52	Mala

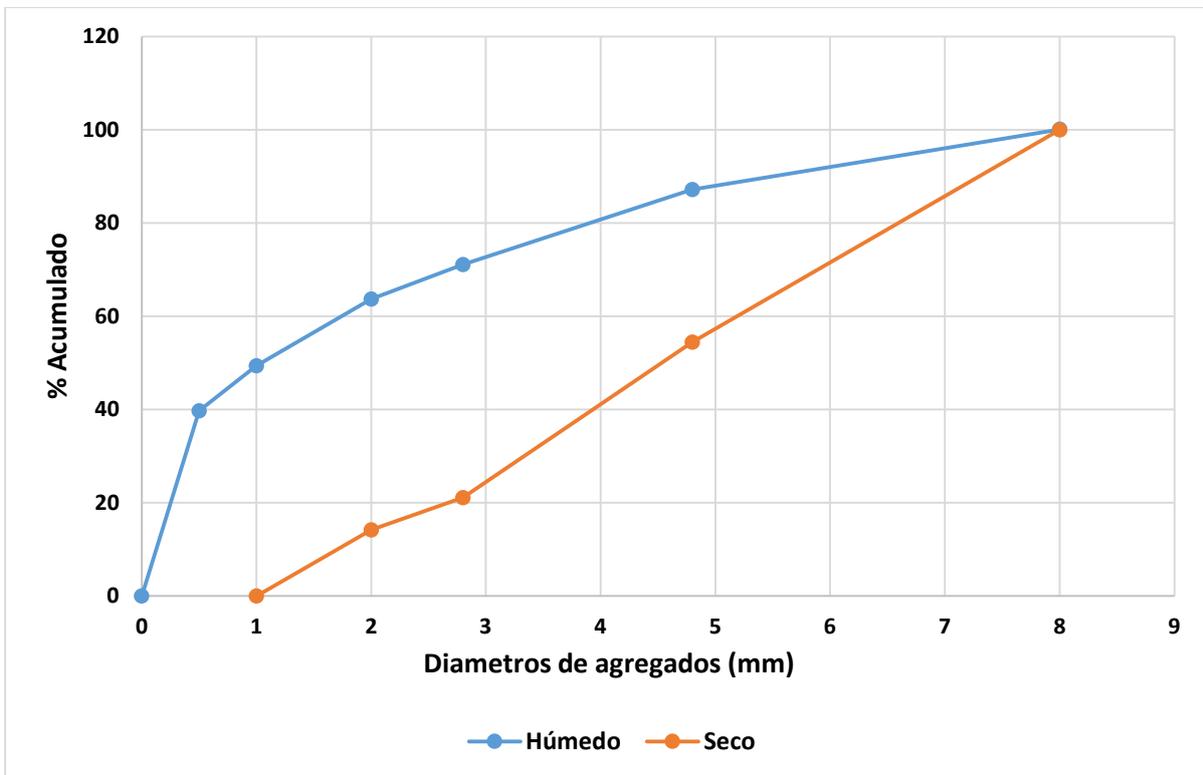


Figura 5: Estabilidad estructural del Suelo 1.

Curva de retención hídrica

Tabla 7. Curva de retención hídrica del Suelo 1.

%pF 0	%pF 1	%pF 1.8	%pF 2.5	%pF 4.2	%pF 4.5	%pF 7
53.6	46.6	37.5	32.8	15.9	4.57	0

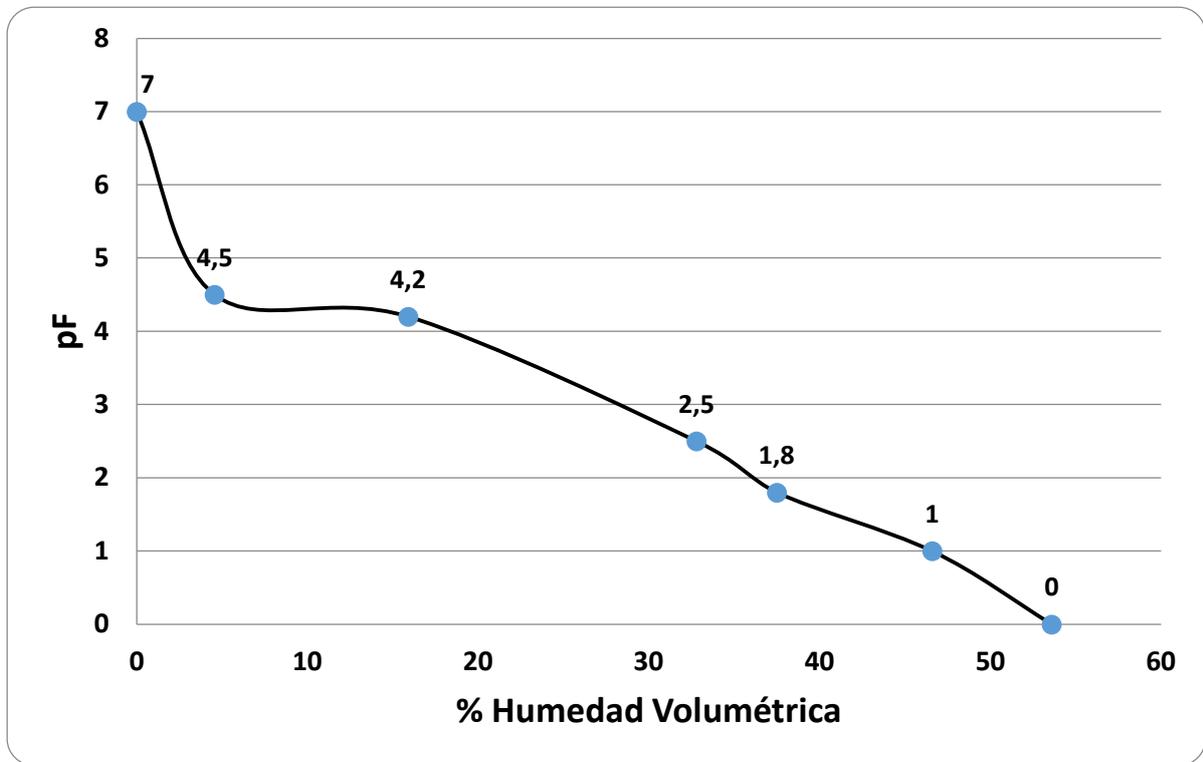


Figura 6: Curva de retención hídrica del Suelo 1.

Distribución del espacio poroso

Tabla 8. Distribución del espacio poroso del Suelo 1.

Macroporos	Mesoporos grandes	Mesoporos chicos	Microporos	Ultra microporos	Sólidos	Porosidad total
16.1	4.7	16.9	11.3	4.6	46.4	53,6

Los valores presentados están expresados en % y fueron obtenidos a partir de la curva de retención hídrica, en muestras no disturbadas, conservando así la estructura del suelo analizado. Estas muestras fueron sometidas luego a distintas tensiones.

Macroporos > 50 µm

Mesoporos grandes 50 – 9 µm

Mesoporos chicos 9 – 0,2 µm

Microporos 0,2 – 0,1 µm

Ultramicroporos < 0,1 µm

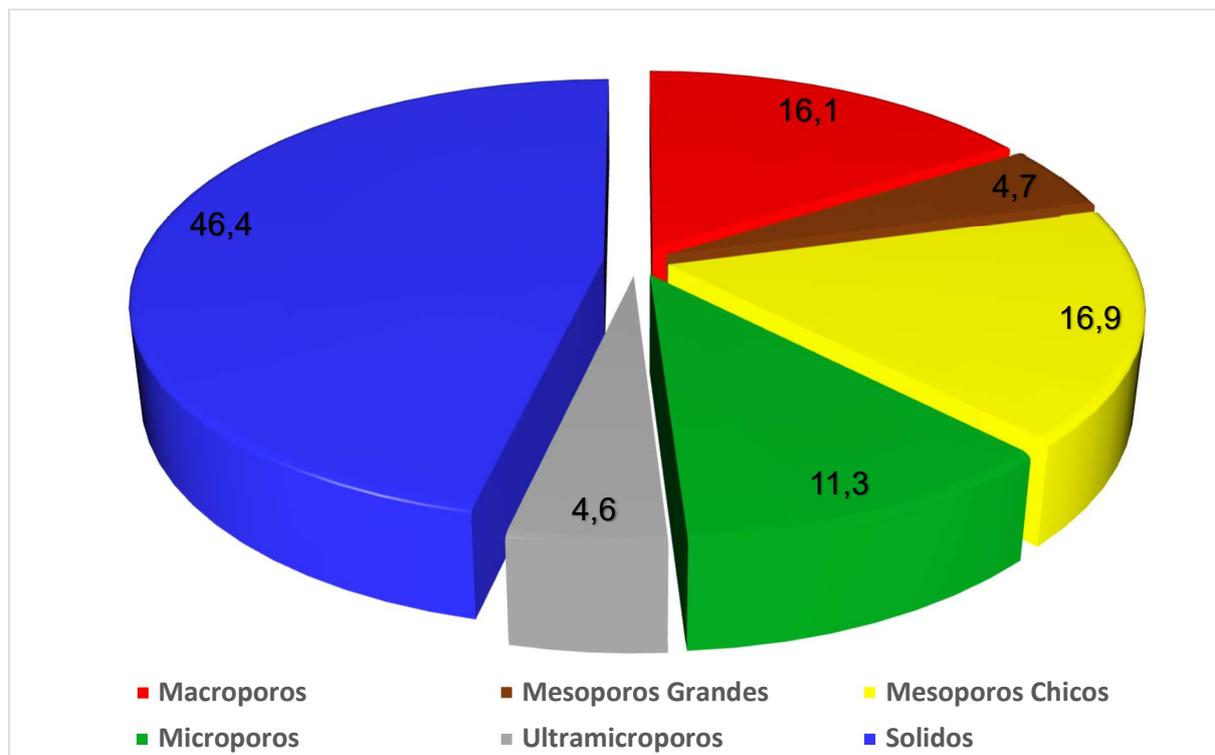


Figura 7: Distribución por tamaño de poros del Suelo 1.

Características químicas

Tabla 9. Determinaciones químicas del Suelo 1.

Horizonte		Ap	A2	Bt	BC	Ck1	Ck2		
Profundidad	cm	0-6	6-19	19-43	43-60	60-76	76-100		
Materia orgánica	g kg ⁻¹	34	25	17	8	8	7		
Carbono orgánico		20	14	10	5	5	4		
Fósforo total	mg kg ⁻¹	498	486	404	396	497	272		
Fósforo orgánico		369	317	284	217	-	-		
Fósforo inorgánico		265	209	189	285	-	-		
Relación C/P	CO/PO	54	44	35	23	-	-		
Calcáreo	g kg ⁻¹	-	-	-	-	120	121		
pH (en suspensión 1:2,5)		6,4	6,6	6,8	7,6	8,3	8,3		
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	cmol _c kg ⁻¹	8,7	9,9	15,3	15,6	*	*
		Na ⁺		0,6	0,6	1,1	1,3	1,2	1,1
		K ⁺		2,6	2,7	2,2	2,3	2,4	2,4
	Suma de bases	11,9		13,2	18,6	19,2	*	*	
	CIC	14,8		15,9	21,4	19,3	21,4	20,5	
Saturación de bases	%	80	83	87	99	*	*		
PSI		4,0	3,8	5,1	6,7	5,6	5,4		

* No se determina por presencia de calcáreo

Composición de las sales solubles

Tabla 10. Composición de las sales solubles del Suelo 1.

Horizonte		Ap	A2	Bt	BC	Ck1	Ck2		
Espesor	cm	0-6	6-19	19-43	43-60	60-76	76-100		
Extracto de saturación	pH		7,8	7,9	7,8	8,4	8,1	8,2	
	Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	0,46	0,45	0,34	0,37	0,29	0,36	
	Cationes	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	me L ⁻¹	3,2	3,1	2,8	3,3	3,2	4,0
		Na ⁺		0,8	0,8	1,3	1,0	1,4	0,9
		K ⁺		1,1	0,8	0,3	0,2	0,2	0,3
		Suma		5,1	4,7	4,4	4,5	4,8	5,2
	Aniones	SO ₄ ⁼	me L ⁻¹	0,4	0,5	1,5	0,7	0,4	0,7
		Cl ⁻		4,3	3,0	1,8	2,0	2,9	2,9
		CO ₃ ⁼		-	-	-	-	-	-
		HCO ₃ ⁼		1,1	1,2	1,0	1,3	1,3	1,3
		Suma		5,8	4,7	4,3	4	4,6	4,9
RAS		0,6	0,7	1,1	0,8	1,1	0,6		

Fertilidad química

Tabla 11. Determinaciones de fertilidad en la capa arable del Suelo 1.

pH (suspensión 1:2,5)		6,9
Materia orgánica	g kg⁻¹	33
Carbono orgánico		19
Nitrógeno total		1.70
Relación C/N		11.2
Fósforo extraíble	mg kg⁻¹	21
Potasio asimilable		753

Actividad biológica

Tabla 12. Respiración microbiana del Suelo 1

Horizonte	mg CO ₂ /g/día	Clasificación
Ap	23.6	Óptima
A2	9.1	Baja

Valores de actividad biológica suministrados por el laboratorio de Suelos Salinos y Sódicos (313) del Departamento de Agronomía – UNS

Tabla 13. Rango de valores de actividad biológica.

mg CO ₂ 100g ⁻¹ día ⁻¹	Clasificación
<5	Muy baja
5-10	Baja
10-15	Moderadamente baja
15-20	Moderada
20-25	Óptima
>25	Elevada

Clasificación del Suelo 1

Clasificación del suelo por Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010).

Como características diagnósticas el Suelo 1 presenta Epipedón Mólico.

Endopedones: argílico y petrocálcico.

El edafoclima es de régimen údico-térmico. Clasificado como:

Paleudol petrocálcico, franca fina, térmica (Soil Taxonomy, 2014)

Clasificación de suelo por capacidad de uso CU:

El suelo clasifica como (**IIIe**), siendo sus principales limitantes:

- e:** No presenta susceptibilidad a la erosión hídrica ni eólica (I/II)
Grado de estructura (III)
- w:** Drenaje: Bien drenado (I)
- s:** Profundidad: 100 cm (petrocálcico), zona subhúmeda (II)
CRAD (mm/m) estimada: Buena (I)

Determinación del Índice de Productividad (SAGyP-INTA,1989).

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

H	Condición climática	0,6
D	Drenaje	1
Pe	Profundidad efectiva	0,8
Ta	Textura del horizonte superficial	0,9
Tb	Textura del horizonte subsuperficial	1
Sa	Contenido de sales solubles dentro de los primeros 75 cm	1
Na	Alcalinidad sódica, considerada hasta un metro	1
MO	Contenido de materia orgánica	1
T	Capacidad de intercambio catiónico	0,95
E	Erosión	1
IP	Índice de productividad de la unidad taxonómica	0,41

IP= 41% → Buena productividad

Interpretación de los resultados obtenidos:

El perfil 1, posicionado en un plano alto, bien drenado, evoluciona a partir de sedimentos loessicos, con una profundidad efectiva de 100 cm. Posee una secuencia Ap-A2-Bt-BC-Ck1-Ck2-2Ckm. Según el análisis granulométrico, la textura es franco arcillosa a excepción del último horizonte que resulta franco arcillo-arenoso, observándose una disminución en la fracción de limo (215 g kg^{-1}). La fracción arcilla presenta valores entre 290 y 396 g kg^{-1} . El rango de la fracción arena es de 232 a 489 g kg^{-1} , con marcado predominio de arena muy fina.

La estabilidad estructural del horizonte superficial Ap fue clasificada como mala. Esto podría atribuirse a las prácticas agronómicas realizadas sobre este suelo, durante gran parte del año se destina a la agricultura y un corto periodo a ganadería.

La densidad aparente definida como la masa de suelo por unidad de volumen, fue de $1,18 \text{ Mg m}^{-3}$ el cual es un valor esperable para la textura del suelo. La porosidad total de 53,6 % correspondiente a un valor característico de suelos de textura fina.

Con respecto a la curva de retención hídrica el contenido de agua útil para los cultivos es de 16,9 % (v/v); indicando una buena capacidad de almacenamiento de agua ya que en la distribución del espacio poroso predominan los Mesoporos.

La determinación de los parámetros de fertilidad en la capa arable muestra una disponibilidad media de materia orgánica (33 g kg^{-1}) con tendencia a la disminución en profundidad. Con respecto al nitrógeno total se encontraron valores moderados ($1,7 \text{ g kg}^{-1}$) y el contenido de fósforo extraíble es de 21 mg kg^{-1} el cual se considera bien provisto. El valor de carbono orgánico es de 19 g kg^{-1} , y la relación C/N es de 11,2.

Los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) están dentro del rango ($14,8 - 21,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) lo cual nos indica que es un valor normal, acorde a la textura franca arcillosa y al contenido de materia orgánica. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se mantiene con valores estables en todo el perfil rondando entre (3,8 – 6,7 %) los cuales no resultan problemáticos para los cultivos.

Los valores de CE y RAS del extracto de saturación indican que el suelo no presenta problemas de sodicidad y salinidad.

El pH del extracto de saturación es similar en todos los horizontes con un valor promedio de 8.

La actividad biológica del suelo fue optima en el horizonte superficial (23,6 mg CO₂ g⁻¹día⁻¹).

Procesos pedogenéticos:

- ❖ Melanización: se evidencia en el horizonte Ap, A2 (oscurecimiento por la incorporación de materia orgánica por actividad de lombrices).
- ❖ Eluviación e iluviación de arcillas: se observa del A2 al Bt, por lo que este último posee una mayor concentración de arcilla (presencia de barnices).
- ❖ Calcificación (Lavado y concentración secundaria de CaCO_3): se observa lavado en los horizontes Ap, A2, Bt; y concentración de carbonato de calcio en el Ck1 y Ck2 (reacción al HCl). En el horizonte 2Ckm podemos observar una capa cementada que evidencia una concentración de CaCO_3 .
- ❖ Cementación: es el resultado de la precipitación y cristalización de un compuesto, siendo el CaCO_3 el agente cementante más importante.
- ❖ Génesis de estructura: se evidencia en Ap, A2, Bt.

SUELO 2 (CAÑADÓN)

Antecedentes del lote: 10 años de pastura de alfalfa consociada con pasto ovilla.

Factores de sitio

Fecha de observación: 10 de junio de 2022

Ubicación: Establecimiento Santa Leonor (Dufaur)

Latitud: 37° 55' 16" S

Longitud: 62° 19' 35" O

Altitud: 304 m.s.n.m

Paisaje: Dominio morfoestructural Positivo de Ventania

Vegetación: Pastura de alfalfa consociada con pasto ovilla, labranza convencional.

Cobertura: 100%

Material parental: Sedimentos loessicos de textura franco arenosa

Edad: Holoceno

Régimen de humedad del suelo: Údico

Régimen de temperatura del suelo: Térmico

Geomorfología: Llanura subventánica occidental. Sector proximal

Posición: Paleocauce, antigua vía de drenaje

Relieve: Normal

Gradiente: 1%

Drenaje: Bien drenado

Erosión actual: No se observa



Figura 8: Perfil del Suelo 2.

Tabla 14. Descripción morfológica del Suelo 2.

Horizonte	Descripción
<p>Ap 0-8 cm</p>	<p>Pardo muy oscuro en húmedo (10 YR 2/2); pardo grisáceo en seco (10 YR 5/2); franco arcilloso; grano, medio y fino, moderado a fuerte; firme, plástico adhesivo; muy húmedo; poco consolidado/consolidado; abundante desarrollo de raíces; abundantes pellets fecales; sin reacción al HCl; limite claro plano.</p>
<p>A2 8-21 cm</p>	<p>Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10 YR 3/2); pardo en seco (10 YR 5/3); franco arcilloso; bloques, finos y medios, moderados a fuertes; firme, muy plástico, muy adhesivo; muy húmedo; consolidado; moderado desarrollo de raíces; abundantes pellets fecales; sin reacción al HCl; limite claro plano.</p>
<p>A3 21-39 cm</p>	<p>Pardo oscuro en húmedo (10 YR 3/3); pardo/pardo oscuro en seco (10 YR 4/3); franco arcilloso; bloques, finos y medios, moderados a fuertes; firme a friable, plástico, adhesivo; húmedo; consolidado; escasas raíces; abundantes pellets fecales; sin reacción al HCl; limite claro plano.</p>
<p>AC 39-70 cm</p>	<p>Pardo oscuro en húmedo (10 YR 3/3); pardo amarillento en seco (10 YR 5/4); franco arcillo arenoso; bloques, finos y medios, moderado a fuerte; friable, muy plástico, muy adhesivo; húmedo; consolidado/poco consolidado; escasas raíces; comunes pellets fecales; limite gradual y plano.</p>
<p>2C 70-123</p>	<p>Pardo amarillento en húmedo (10 YR 5/6); pardo amarillento claro en seco (10 YR 6/4); franco arenoso; grano simple; suelto, ligeramente adhesivo; húmedo; poco consolidado; escasas raíces.</p>

DATOS ANALÍTICOS DEL SUELO 2 (CAÑADÓN)

Características físicas

Tabla 15. Características físicas del Suelo 2.

Horizonte		Ap	A2	A3	AC	2C
Profundidad	cm	0-8	8-21	21-39	39-70	70-123
Análisis granulométrico	Arcilla	271	292	296	248	129
	Limo	394	364	295	197	199
	Arena muy fina	270	293	348	476	531
	Arena fina	56	48	58	77	140
	Arena media	7	2	3	1	2
	Arena gruesa	2	0	0	0	0
	Arena muy gruesa	1	0	0	0	0
	Arena total	336	343	409	554	673
Clase textural		Fa	Fa	Fa	FaA	FA
Densidad aparente	Mg m ⁻³	1,10				
Densidad real		2,60	-	-	-	-
Porosidad total	%	54,7				
Humedad equivalente		25,76	24,38	21,28	17,10	13,77
Humedad higroscópica		4,49	3,93	3,87	3,47	2,84
Punto de marchitez permanente (PMP)		16,3				

Estabilidad estructural

Tabla 16. Estabilidad estructural del Suelo 2.

Superficie (cm ²)	CDMP (mm)	EE (%)	Clasificación
7,4	0,74	67,44	Excelente

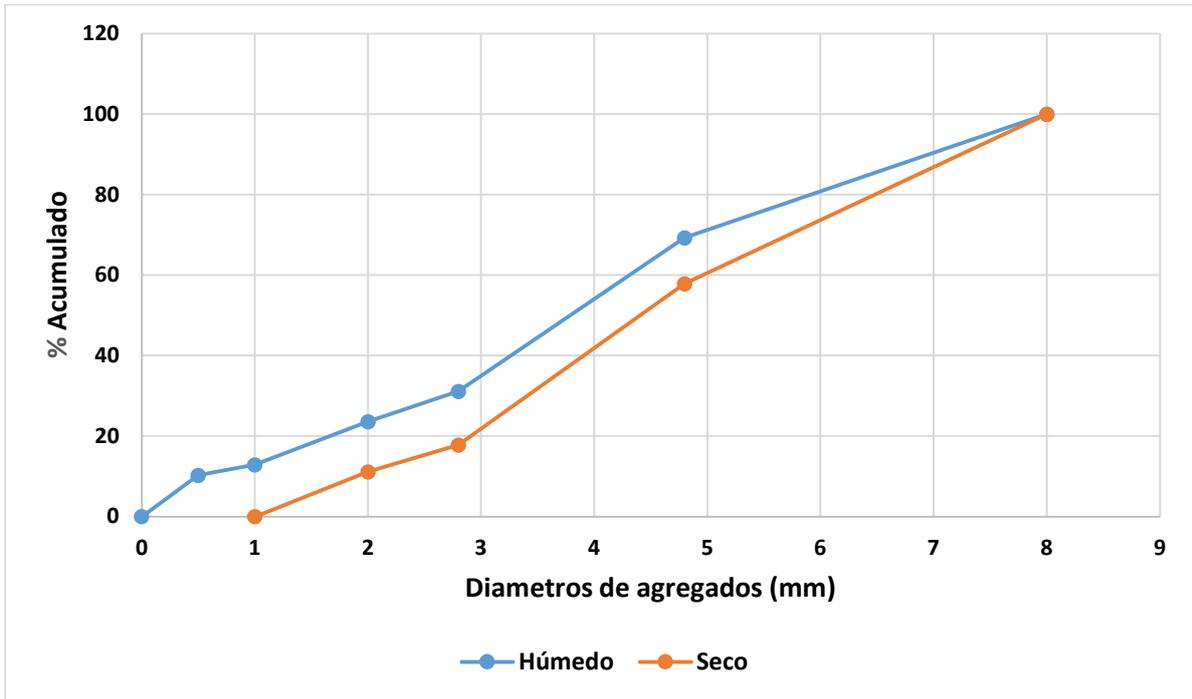


Figura 9: Estabilidad estructural del Suelo 2.

Curva de retención hídrica

Tabla 17. Curva de retención hídrica del Suelo 2.

%pF 0	%pF 1	%pF 1.8	%pF 2.5	%pF 4.2	%pF 4.5	%pF 7
54.7	45.8	39.3	34.1	16.3	4.94	0

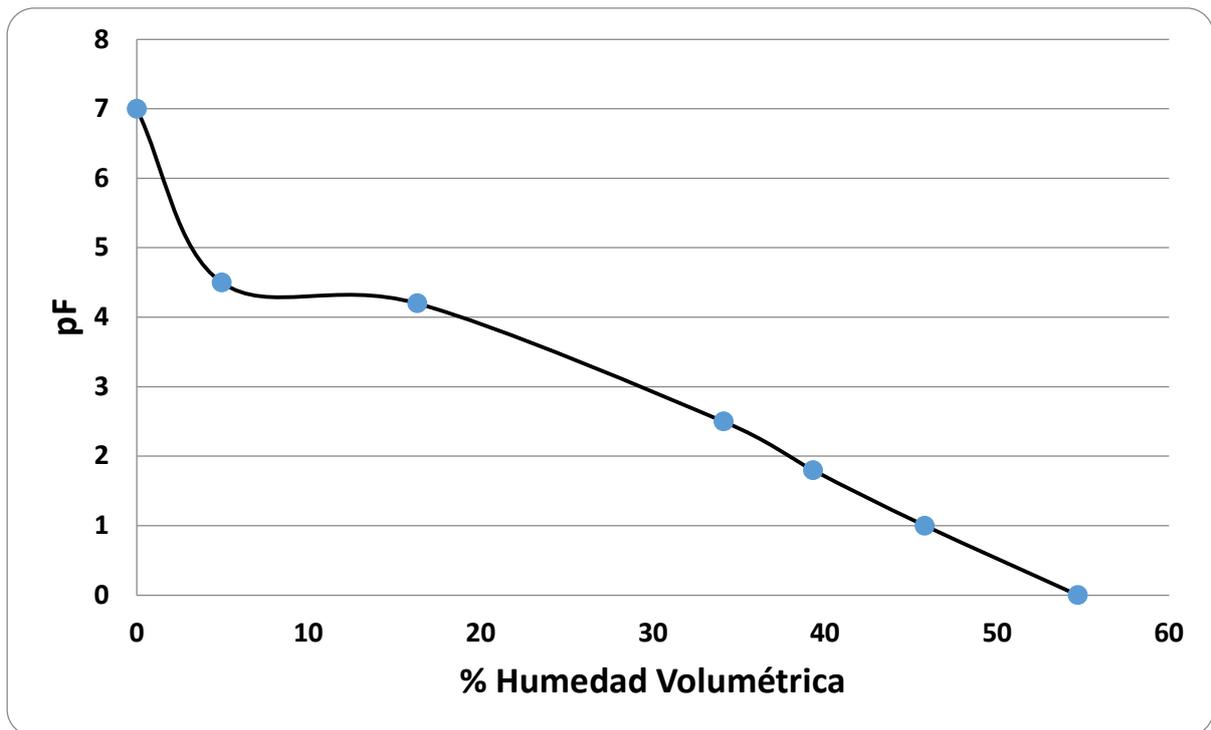


Figura 10: Curva de retención hídrica del Suelo 2.

Distribución del espacio poroso

Tabla 18. Distribución del espacio poroso del Suelo 2.

Macroporos	Mesoporos grandes	Mesoporos chicos	Microporos	Ultra microporos	Sólidos	Porosidad total
15.4	5.3	17.8	11.4	4.94	45.3	54,7

Los valores presentados están expresados en % y fueron obtenidos a partir de la curva de retención hídrica, en muestras no disturbadas, conservando así la estructura del suelo analizado. Estas muestras fueron sometidas luego a distintas tensiones.

Macroporos > 50 µm

Mesoporos grandes 50 – 9 µm

Mesoporos chicos 9 – 0,2 µm

Microporos 0,2 – 0,1 µm

Ultramicroporos < 0,1 µm

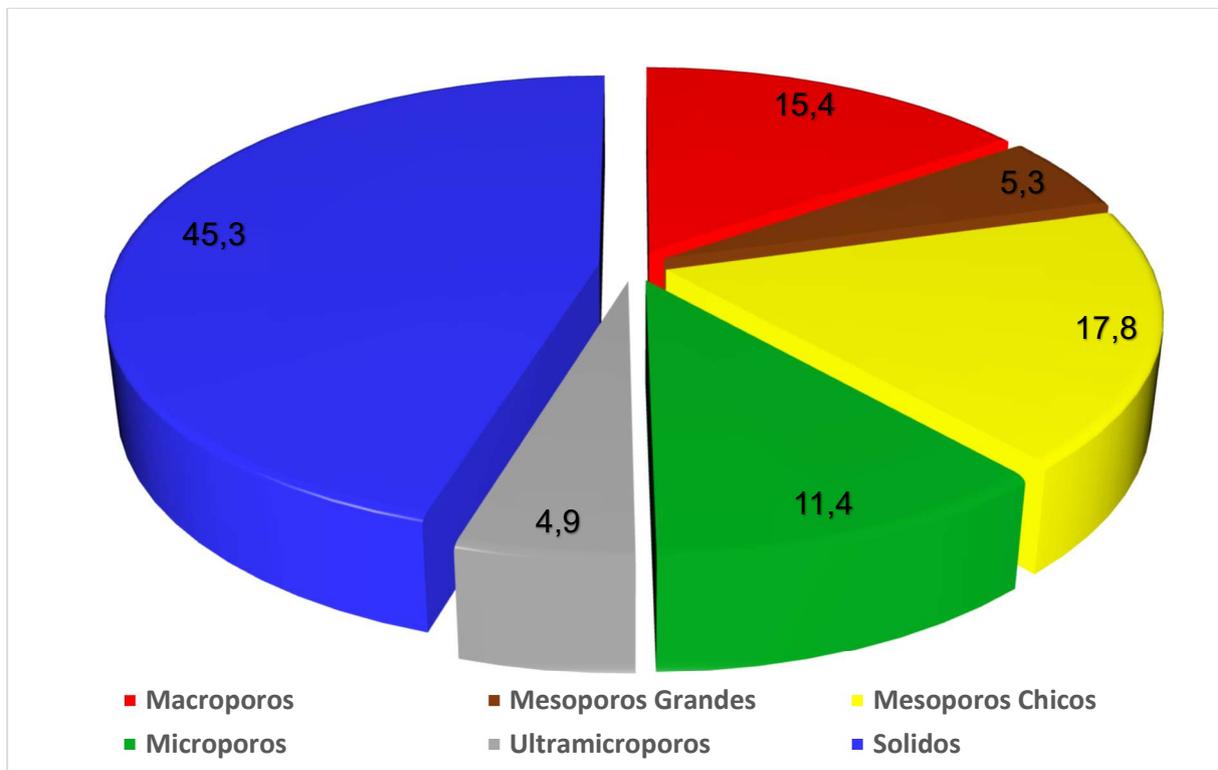


Figura 11: Distribución del espacio poroso del Suelo 2.

Características químicas

Tabla 19. Características químicas del Suelo 2.

Horizonte		Ap	A2	A3	AC	2C		
Profundidad	cm	0-8	8-21	21-39	39-70	70-123		
Materia orgánica	g kg ⁻¹	53	35	17	6	2		
Carbono orgánico		31	20	10	4	1		
Fósforo total	mg kg ⁻¹	687	625	519	447	339		
Fósforo orgánico		274	239	178	80	26		
Fósforo inorgánico		365	322	319	325	357		
Relación C/P	CO/PO	113	84	56	50	38		
Calcáreo	g kg ⁻¹	-	-	-	-	-		
pH (en suspensión 1:2,5)		6,8	6,8	6,5	6,8	7,5		
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	cmol _c kg ⁻¹	8,4	13,8	12,4	10,3	8,8
		Na ⁺		1,2	1,0	0,9	1,3	1,3
		K ⁺		3,7	2,4	2,1	1,6	1,7
	Suma de bases		13,3	17,2	15,4	13,3	11,8	
CIC	cmol _c kg ⁻¹	15,8	18,8	16,0	13,6	12,2		
Saturación de bases	%	84	91	96	98	97		
PSI		7,6	5,3	5,6	9,5	10,6		

Composición de las sales solubles

Tabla 20. Composición de las sales solubles del Suelo 2.

Horizonte		Ap	A2	A3	AC	2C		
Espesor		cm	0-8	8-21	21-39	39-70	70-123	
Extracto de saturación	pH		7,8	8,0	7,9	7,9	7,7	
	Conductividad eléctrica		dS m ⁻¹	0,58	0,42	0,24	0,25	0,27
	Cationes	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	me L ⁻¹	2,9	2,5	1,1	1,5	1,7
		Na ⁺		1,6	1,5	0,8	1,1	0,9
		K ⁺		1,7	0,7	0,3	0,1	0,2
		Suma		6,2	4,7	2,2	2,7	2,8
	Aniones	SO ₄ ⁼	me L ⁻¹	1,1	0,9	0,8	0,3	0,4
		Cl ⁻		3,1	1,5	0,9	1,1	1,3
		CO ₃ ⁼		-	-	-	-	-
		HCO ₃ ⁼		1,2	1,5	1,3	1,3	1,0
Suma		5,4		3,9	3	2,7	2,7	
RAS			1,3	1,4	1,1	1,3	1	

Fertilidad química

Tabla 21. Determinaciones de fertilidad de la capa arable del Suelo 2.

pH (suspensión 1:2,5)		6,7
Materia orgánica	g kg⁻¹	38
Carbono orgánico		22
Nitrógeno total		1.75
Relación C / N		12.6
Fósforo extraíble	mg kg⁻¹	22
Potasio asimilable		967

Actividad biológica

Tabla 22. Respiración microbiana del Suelo 2.

Horizonte	mg CO ₂ /g/día	Clasificación
Ap	17.1	Moderada
A2	6.1	Baja

Valores de actividad biológica suministrados por el laboratorio de Suelos Salinos y Sódicos (313) del Departamento de Agronomía – UNS

Tabla 23. Rango de valores de actividad biológica.

mg CO ₂ 100g ⁻¹ día ⁻¹	Clasificación
<5	Muy baja
5-10	Baja
10-15	Moderadamente baja
15-20	Moderada
20-25	Óptima
>25	Elevada

Clasificación del Suelo 2

- **Clasificación taxonómica del suelo por Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010).**

Como características diagnósticas el Suelo 1 presenta Epipedón Mólico.

Endopedones: No presenta.

El edafoclima es de régimen údico-térmico. Clasificado como:

Hapludol paquico, franca fina, térmica (Soil Taxonomy, 2014).

Clasificación de suelo por capacidad de uso CU:

El suelo clasifica como (**Ile**), siendo sus principales limitantes:

- e:** No presenta susceptibilidad a la erosión hídrica ni eólica (I/II)
Grado de estructura (II)
- w:** Drenaje: Bien drenado (I)
- s:** Profundidad: 123 cm, zona subhúmeda (I)
CRAD (mm/m) estimada: buena (I)

- **Determinación del Índice de productividad (SAGyP-INTA,1989).**

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

H	Condición climática	0,6
D	Drenaje	1
Pe	Profundidad efectiva	1
Ta	Textura del horizonte superficial	0,9
Tb	Textura del horizonte subsuperficial	1
Sa	Contenido de sales solubles dentro de los primeros 75 cm	1
Na	Alcalinidad sódica, considerada hasta un metro	1
MO	Contenido de materia orgánica	1
T	Capacidad de intercambio catiónico	0,95
E	Erosión	1
IP	Índice de productividad de la unidad taxonómica	0,51

IP= 51% → Buena productividad

Interpretación de los resultados obtenidos:

El perfil 2, posicionado en un plano alto, bien drenado, evoluciona a partir de sedimentos loessicos. El perfil posee una secuencia Ap-A2-A3-AC-2C. Según el análisis granulométrico, la textura es franco arcillosa a excepción de los dos últimos horizontes AC (franco arcillo arenoso) y 2C (franco arenoso).

En la fracción limo se observa una disminución a partir del cambio textural en el horizonte AC variando desde 394 g kg⁻¹ hasta 197 g kg⁻¹. La fracción arcilla presenta valores entre 248 y 296 g kg⁻¹ decreciendo a 129 g kg⁻¹ en el último horizonte (2C) debido a la textura más arenosa. El rango de la fracción arena oscila entre 336 y 409 g kg⁻¹ en los horizontes Ap, A2 y A3, a partir del horizonte AC y 2C se observa un incremento notable correspondiente al cambio de las clases texturales con valores de 554 y 673 g kg⁻¹ respectivamente, hay un marcado predominio de arena muy fina. La estabilidad estructural del horizonte superficial Ap fue clasificada como excelente. Esto podría atribuirse a un valor alto de materia orgánica, y al reducido laboreo realizado sobre este suelo.

La densidad aparente definida como la masa de suelo por unidad de volumen, fue de 1,10 Mg m⁻³ el cual es un valor esperable para la textura del suelo. Y la porosidad total de 54,7 % correspondiente a un valor característico de suelos más finos.

Con respecto a la curva de retención hídrica el contenido de agua útil para los cultivos es de 17,8 % (v/v). Indicando una buena capacidad de almacenamiento de agua. En la distribución de espacio poroso predominan los Mesoporos.

La determinación de los parámetros de fertilidad en la capa arable muestra una disponibilidad media de materia orgánica (38 g kg⁻¹) con tendencia a la disminución en profundidad. El contenido de fósforo extraíble fue de 22 mg kg⁻¹ (bien provisto). Con respecto al nitrógeno total se encontraron valores moderados (1,7 g kg⁻¹). El valor de carbono orgánico es de 22 g kg⁻¹, y la relación C/N es de 12,6.

Los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) están dentro del rango (12,2 – 18,8 cmol_c kg⁻¹) lo cual nos indica que es un valor normal, acorde a la textura franca arcillosa y al contenido de materia orgánica. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se mantiene con valores estables en todo el perfil rondando entre (5,3 – 10,6 %) los cuales no resultan problemáticos para los cultivos.

Los valores de CE y RAS del extracto de saturación indican que el suelo no presenta problemas de sodicidad ni salinidad.

El pH del extracto de saturación es similar en todos los horizontes con un valor promedio de 7.

La actividad biológica del suelo fue moderada en el horizonte superficial (17,1 mg CO₂ kg⁻¹día⁻¹).

Procesos pedogenéticos:

- ❖ Melanización: se evidencia en los horizontes Ap, A2, A3, AC (oscurecimiento por la incorporación de materia orgánica).
- ❖ Lavado de carbonato de calcio: se evidencia en los horizontes Ap, A2 y A3.
- ❖ Cumulización: proceso de adición lenta de materiales en la superficie del suelo que da origen a epipedones mólicos engrosados (40 – 60 cm) (Subgrupos cumúlicos).
- ❖ Génesis de estructura: presente en los horizontes Ap, A2, A3, AC.

CALIDAD DE AGUAS

Tabla 24: Determinaciones analíticas en dos muestras de aguas.

Determinación	Unidades	Tanque casa	Tanque corrales
pH		7,6	7,7
CE	dS m ⁻¹	0,54	0,45
Cl ⁻	meq L ⁻¹	1,8	1,0
Bicarbonato		5,2	4,8
SO ₄ ⁼		0,4	0,6
Suma de aniones		7,4	6,4
Na ⁺		4,2	3,0
K ⁺		0,1	0,1
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺		3,7	3,8
Suma de cationes		8	6,9
Dureza		mg CaCO ₃ L ⁻¹	185
Clasificación de dureza		Dura	Dura
Relación de adsorción de sodio		3.1	2.2

Clasificación del agua del molino casa:

- Clasificación para riego:

RAS: 3.1

CE: 542 dS m⁻¹

La muestra de agua clasifica como C2:S1, es un agua de buena calidad y apta para riego.

Agua de salinidad media (C2), puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Agua baja en sodio (S1), en suelo de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, específicamente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Esta agua sólo puede usarse en suelos de textura gruesa ó en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

- Clasificación para consumo animal:

Sales totales (g L⁻¹) = CE (dS m⁻¹) * 0,64

Sales totales tanque de la casa: 0,542 * 0,64 = **0,35 g L⁻¹**

0,0004 g L⁻¹ (Sulfatos) * 48 = 0,0192 g L⁻¹ (Sulfatos)

Sales beneficiosas = Sales totales (g L⁻¹) - Sulfatos (g L⁻¹)

Sales beneficiosas = 0,35 g L⁻¹ - 0,0192 g L⁻¹ = **0,33 g L⁻¹**

Según los valores obtenidos al analizar la muestra de agua para consumo ganadero, clasifica como “**buena**” (de acuerdo a la tabla 25).

Clasificación del agua del tanque corral:

- Clasificación para riego:

RAS: 2,2

CE: 454 dS m⁻¹

La muestra de agua clasifica como C2:S1, es un agua de buena calidad y apta para riego.

Agua de salinidad media (C2), puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Agua baja en sodio (S1), en suelo de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, específicamente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Esta agua sólo puede usarse en suelos de textura gruesa ó en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

- Clasificación para consumo animal:

Sales totales (g L⁻¹) = CE (dS m⁻¹) * 0,64

Sales totales tanque corral: 0,454 * 0,64 = **0,29 g L⁻¹**

0,0006 g L⁻¹ (Sulfatos) * 48 = 0,029 g L⁻¹

Sales beneficiosas = Sales totales (g L⁻¹) - Sulfatos (g L⁻¹)

Sales beneficiosas = 0,29 g L⁻¹ - 0,029 g L⁻¹ = **0,26 g L⁻¹**

Según los valores obtenidos al analizar la muestra de agua para consumo ganadero, clasifica como “**buena**” (de acuerdo a la tabla 25).

Tabla 25: Clasificación de acuerdo a la relación entre Sales Beneficiosas y Sales Perjudiciales.

Sales Totales	Muy buena	Buena	Regular	Mala	No apta
1		1:0	0:1		
2	2:0		1:1 – 0:2		
3	3:0 – 2:1		1:2	0:3	
4		4:0 – 3:1	2:2	1:3	0:4
5		5:0 – 4:1 – 3:2		2:3	1:4 – 0:5
6				6:0 – 5:1 4:2 – 3:3	2:4 – 1:5 0:6
7					7:0 – 6:1 – 5:2 4:3 – 3:4 – 2:5 1:6 – 0:7
8					8:0 – 7:1 – 6:2 5:3 – 4:4 – 3:5 2:6 – 1:7 – 0:8

COMENTARIOS FINALES:

Los suelos estudiados se encuentran en diferentes lotes dentro del establecimiento “*Santa Leonor*” del partido de Saavedra. El Suelo 1 corresponde a la geoforma plano y el Suelo 2 a un cañadón. Este último se ha destacado por su alta productividad y mayores rendimientos.

Ambos suelos poseen sedimentos loessicos con predominio de limo y arenas muy finas, con una textura franco arcillosa en la mayoría de los horizontes.

En cuanto al contenido de arcilla son similares (250 a 300 g.kg⁻¹) en el caso del suelo 2 decrece en cantidad a partir de los 70 cm de profundidad en el horizonte 2C (129 g.kg⁻¹).

En el Suelo 2, el horizonte superficial presenta una mayor melanización y abundante presencia de raíces. Este tiene una mejor estructura, debido al mayor contenido de materia orgánica.

En cuanto a las características químicas del Suelo 1, los valores de pH van desde 6,4 hasta 6,8 en los primeros 43cm, a partir del horizonte BC aumenta desde 7,6 hasta 8,3. En el Suelo 2 los valores van desde 6,5 y 6,8 en los primeros horizontes, y aumenta a 7,5 a partir de los 70 cm en el horizonte 2C debido al efecto del agua de lluvia.

Con respecto a la Conductividad eléctrica, presentan valores bajos siendo 0,38 en el Suelo 1, y 0,35 en el Suelo 2.

El Suelo 2 presenta valores de RAS con un rango que va de 1 hasta 1,4 similares al Suelo 1, que presenta valores desde 0,6 hasta 1,1.

En el Suelo 1 el PSI refleja valores desde 3,8 hasta 6,7. En el Suelo 2 el PSI se mantiene entre valores de 5,3 y 7,6 en los primeros 39 cm de profundidad, donde los valores aumentan notablemente a 9,5 y 10,6 en los últimos dos horizontes.

El contenido de materia orgánica de los horizontes superficiales de ambos suelos difiere en cantidad, siendo el horizonte A (Ap-A2-A3) muy desarrollado en el Suelo 2 (53 g kg⁻¹) y menores en el Suelo 1 (34 g kg⁻¹).

Los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) en el Suelo 1 son más elevados a partir de los 19 cm de profundidad, en cambio el Suelo 2 arroja valores más bajos en los últimos dos horizontes.

El índice de productividad (IP) en ambos suelos es de buena productividad con valores de 37% en el Suelo 1 y 51% en el Suelo 2. Cabe destacar que la principal limitante para el cálculo de ambos suelos es la condición climática de la región.

En cuanto a la capacidad de uso (CU) clasificamos al Suelo 1 como (IIIe) debido al grado de estructura. El Suelo 2 clasifica como (IIe) debido al grado de estructura y la sumatoria de arenas erodibles.

En resumen, el Suelo 2 presenta mejores propiedades físicas, químicas y biológicas que el Suelo 1. Estas diferencias se traducen en un mayor rendimiento y un entorno más propicio para el crecimiento de los cultivos.

El Suelo 2 presenta un mayor desarrollo del horizonte A (Ap-A2-A3) y por dicho motivo los rendimientos de los cultivos son superiores. Además, por su posición topográfica puede almacenar mayor contenido de agua útil para los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- González, A. M. (2015, noviembre 26). *Relaciones catiónicas y su interpretación en los análisis de suelos*. AQM Laboratorios.
- Barrales-Brito, E., Paz-Pellat, F., Etchevers-Barra, J. D., Hidalgo-Moreno, C., & Velázquez-Rodríguez, A. (2020). Dinámica de carbono en agregados del suelo con diferentes tipos de usos de suelo en el monte Tlálloc, Estado de México. *Terra Latinoamericana: órgano científico de la sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C*, 38(2), 275-288.
- Carmen Salerno, Gabriela Laurent, Miguel Alvarado (2016). CALIDAD DE AGUAS. Aspectos microbiológicos, fisicoquímicos y medioambientales. Universidad Nacional Del Sur, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
- Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory). Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA,1973).
- Rivero, E & G Cruzate. 2008. Materia orgánica, nitrógeno y fósforo: Mapas de contenido y disponibilidad en distintos suelos de la República Argentina. XXI CACS. Potrero de los Funes, San Luís, Argentina. En CD 6 pág.
- Schoeneberger, P J; D Wysocki; E Benham & W Broderson (Eds). 2002. Field Book for describing and sampling soils. Version 2.0. NRCS, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Soil Survey Division Staff – USDA. 1993. Soil Survey Manual, Handbook N° 18, Washington DC.

Páginas web consultadas:

- *Carta de suelo del partido de Saavedra disponible en:*
<http://anterior.inta.gob.ar/suelos/cartas/3763/Saavedra/index.htm>
- *Dufaur climate: Temperature Dufaur & weather by month disponible en:*
<https://en.climate-data.org/south-america/argentina/buenos-aires/dufaur-145670/>
- *Clasificación taxonómica de suelos, Base referencia mundial del recurso suelo 2014. Fao.org; Disponible en:*
<https://www.fao.org/3/i3794es/l3794es.pdf>
- <https://turismo.saavedra.gov.ar/aspectos-geograficos/>

APÉNDICE:

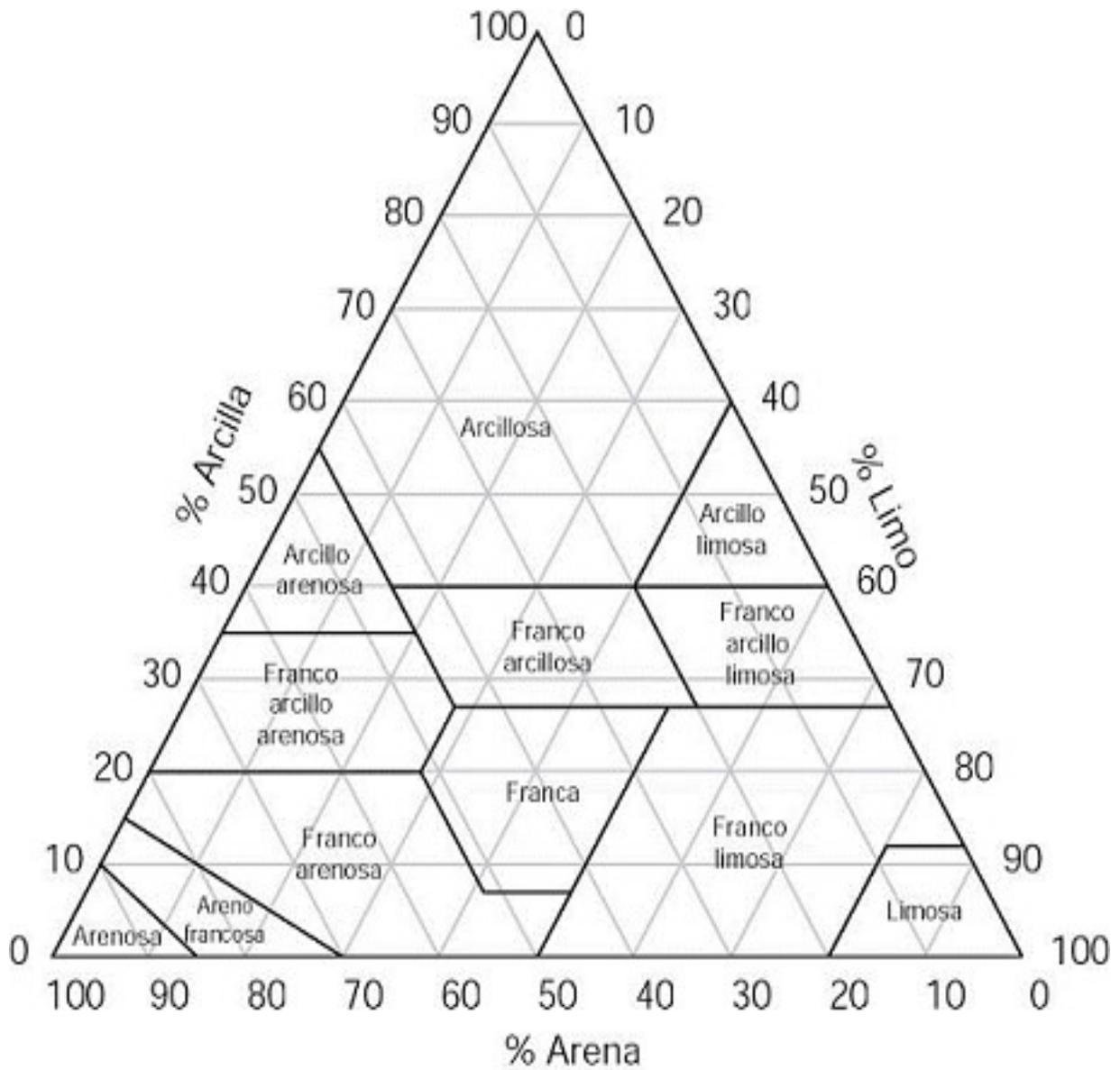


Figura: triángulo textural del suelo con los porcentajes de arcilla, limo y arena de las clases texturales.

Características físicas

Densidad real:

Zona	Repetición	P suelo	Psw	Pw	δ real mg.m ⁻³	Promedio mg.m ⁻³
Plano	1	11,99	49,21	42,06	2,62	2,61
	2	12,00	48,46	41,27	2,64	
	3	11,98	48,99	41,87	2,61	
	4	12,01	48,67	41,58	2,57	
	5	11,99	47,74	40,61	2,61	
Cañadón	6	11,99	50,29	43,19	2,62	2,60
	7	12,00	46,09	39,06	2,57	
	8	12,00	48,99	41,81	2,66	
	9	12,01	48,44	41,35	2,60	
	10	11,99	46,32	39,30	2,57	

Psw: peso del picnómetro con suelo y agua

Pw: peso del picnómetro con agua

Densidad del agua: 0,9972

P suelo: peso del suelo expresado en gramos, corregido con la humedad higroscópica.

Densidad aparente:

Zona	PCIL+SSE	PCIL	PSSE	δ aparente mg/m ³	Promedio mg/m ³
Plano	228,49	115,19	113,30	1,13	1,18
	231,25	114,65	116,60	1,17	
	230,50	113,65	116,85	1,17	
	235,98	115,75	120,23	1,20	
	230,29	113,67	116,62	1,17	
	239,12	114,73	124,39	1,24	
Cañadón	202,20	104,36	97,84	0,98	1,10
	213,15	114,63	99,13	0,99	
	217,34	114,02	101,76	1,02	
	238,54	115,58	124,86	1,25	
	233,73	113,68	119,20	1,19	
	230,15	114,53	115,62	1,16	

PCIL+SSE: peso del cilindro más el suelo seco a estufa

PCIL: peso del cilindro vacío

PSSE: peso del suelo seco a estufa (105°)

Retención Hídrica (datos volumétricos):

Zona	%H pF 0	%H pF 1	%H pF 1,8	%H pF 2,5	%H pF 4,2
Plano	54.59	45.5	36.26	32.6	15.81
	53.52	48.1	39.39	35.39	15.96
	54.83	49.1	36.74	33.09	15.97
	53.41	46	37.51	32.12	-
	55.7	45	35.99	30.65	-
	49.43	46.2	38.95	32.81	-
Promedio	53.6	46.6	37.5	32.8	15.91
Cañadón	60.19	45	38.17	33.51	16.11
	60.3	45.8	38.3	33.41	16.65
	57.03	44.9	38.92	34.41	16.10
	51	47.3	41.1	35.78	-
	49.58	46.3	40.56	34.77	-
	50.293	45.6	39.03	32.5	-
Promedio	54.7	45.8	39.1	34.1	16.29

Humedad higroscópica:

Zona	Hzte	Peso Cápsula (g)	Peso SSA	Cápsula + SSA	Cápsula + SSE	Peso SSE	H° Higroscópica	Promedio (%)
Plano	Ap	23,49	20,39	43,88	43,13	19,64	3,82	3,87
		24,03	20,18	44,21	43,45	19,42	3,91	
	A2	23,65	20,19	43,84	43,08	19,43	3,91	3,90
		23,17	20,3	43,47	42,71	19,54	3,89	
	Bt	23,81	20,23	44,04	43,12	19,31	4,76	4,76
		22,73	20,23	42,96	42,04	19,31	4,76	
	BC	23,47	20,6	44,07	43,07	19,6	5,10	5,10
		24,5	20,58	45,08	44,08	19,58	5,11	
	Ck1	24,07	20,15	44,22	43,34	19,27	4,57	4,42
		24,75	20,5	45,25	44,41	19,66	4,27	
	Ck2	21,66	20,75	42,41	41,54	19,88	4,38	4,27
		23,28	20,5	43,78	42,96	19,68	4,17	
Cañadón	Ap	22,92	20,58	43,5	42,58	19,66	4,68	4,49
		23,42	20,63	44,05	43,2	19,78	4,30	
	A2	24,35	20,27	44,62	43,82	19,47	4,11	3,93
		23,55	20,14	43,69	42,96	19,41	3,76	
	A3	23,2	20,12	43,32	42,59	19,39	3,76	3,87
		23,48	20,45	43,93	43,15	19,67	3,97	
	AC	23,74	20,01	43,75	43,07	19,33	3,52	3,47
		24,74	20,8	45,54	44,85	20,11	3,43	
	2C	25,19	20,48	45,67	45,13	19,94	2,71	2,84
		23,5	20,16	43,66	43,08	19,58	2,96	

Características químicas

Fósforo total:

Zona	Horizonte	Promedio	mg.L ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Plano	Ap	0,20	0,34	426
	A2	0,17	0,28	354
	Bt	0,19	0,32	404
	BC	0,19	0,32	396
	Ck1	0,23	0,40	497
	Ck2	0,13	0,22	272
Cañadón	Ap	0,28	0,47	592
	A2	0,14	0,23	290
	A3	0,24	0,42	519
	AC	0,21	0,36	447
	2C	0,16	0,27	339

Cationes intercambiables

Sodio:

Zona	Horizonte	Na ⁺	mg.L ⁻¹	me.L ⁻¹	me.100g ⁻¹
Plano	Ap	50	5,23	0,23	0,6
	A2	55	5,76	0,25	0,6
	Bt	100	10,46	0,46	1,1
	BC	110	11,51	0,50	1,3
	Ck1	104	10,88	0,47	1,2
	Ck2	100	10,46	0,46	1,1
Cañadón	Ap	105	10,99	0,48	1,2
	A2	84	8,79	0,38	1,0
	A3	82	8,58	0,37	0,9
	AC	118	12,35	0,54	1,3
	2C	117	12,24	0,53	1,3

Potasio:

Zona	Horizonte	K ⁺	mg.L ⁻¹	me.L ⁻¹	me.100 ⁻¹
Plano	Ap	258	39,87	1,02	2,6
	A2	277	42,81	1,10	2,7
	Bt	222	34,31	0,88	2,2
	BC	230	35,54	0,91	2,3
	Ck1	246	38,02	0,97	2,4
	Ck2	242	37,40	0,96	2,4
Cañadón	Ap	369	57,02	1,46	3,7
	A2	241	37,24	0,95	2,4
	A3	211	32,61	0,84	2,1
	AC	164	25,34	0,65	1,6
	2C	170	26,27	0,67	1,7

Calcio + Magnesio (Ca²⁺ + Mg²⁺):

Zona	Horizonte	Titulación 1	Titulación 2	Promedio	me.L-1	me. 100 g
Plano	Ap	1,74	1,72	1,73	3,46	8,65
	A2	2	1,96	1,98	3,96	9,9
	Bt	3,1	3,02	3,06	6,12	15,3
	BC	3,12	3,12	3,12	6,24	15,6
	Ck1	-	-	-	-	-
	Ck2	-	-	-	-	-
Cañadón	Ap	1,7	1,64	1,67	3,34	8,35
	A2	2,76	2,74	2,75	5,5	13,75
	A3	2,46	2,48	2,47	4,94	12,35
	AC	2,1	2,02	2,06	4,12	10,3
	2C	1,78	1,72	1,75	3,5	8,75

Extracto de saturación

Sodio:

Zona	Horizonte	UE (Lectura)	Na ⁺ mg.L ⁻¹	Na ⁺ me.L ⁻¹
Plano	Ap	125	18,29	0,8
	A2	119	17,41	0,8
	Bt	211	30,87	1,3
	BC	157	22,97	1,0
	Ck1	218	31,90	1,4
	Ck2	139	20,34	0,9
Cañadón	Ap	253	37,02	1,6
	A2	236	34,53	1,5
	A3	132	19,31	0,8
	AC	179	26,19	1,1
	2C	142	20,78	0,9

Potasio:

Zona	Horizonte	UE (Lectura)	K ⁺ mg.L ⁻¹	K ⁺ me.L ⁻¹
Plano	Ap	363	42,37	1,1
	A2	275	32,10	0,8
	Bt	87	10,15	0,3
	BC	68	7,94	0,2
	Ck1	63	7,35	0,2
	Ck2	106	12,37	0,3
Cañadón	Ap	575	67,12	1,7
	A2	244	28,48	0,7
	A3	92	10,74	0,3
	AC	50	5,84	0,1
	2C	69	8,05	0,2

Calcio + Magnesio (Ca²⁺ + Mg²⁺):

Zona	Horizonte	Titulación 1	Titulación 2	Promedios	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ me.L ⁻¹
Plano	Ap	0,76	0,74	0,75	3,2
	A2	0,72	0,74	0,73	3,1
	Bt	0,7	0,62	0,66	2,8
	BC	0,78	0,76	0,77	3,3
	Ck1	0,72	0,78	0,75	3,2
	Ck2	0,94	0,92	0,93	4,0
Cañadón	Ap	0,68	0,69	0,685	2,9
	A2	0,58	0,6	0,59	2,5
	A3	0,28	0,26	0,27	1,1
	AC	0,38	0,34	0,36	1,5
	2C	0,4	0,4	0,4	1,7

Cloruros:

Zona	Horizonte	Titulación 1	Titulación 2	Promedios	Cl⁻ me.L⁻¹
Plano	Ap	1,74	1,72	1,73	4,3
	A2	1,18	1,22	1,2	3,0
	Bt	0,7	0,7	0,7	1,8
	BC	0,8	0,76	0,78	2,0
	Ck1	1,12	1,2	1,16	2,9
	Ck2	1,14	1,18	1,16	2,9
Cañadón	Ap	1,22	1,28	1,25	3,1
	A2	0,6	0,6	0,6	1,5
	A3	0,38	0,36	0,37	0,9
	AC	0,42	0,42	0,42	1,1
	2C	0,5	0,56	0,53	1,3

Bicarbonatos:

Zona	Horizonte	Titulación 1	Titulación 2	Promedio	me.L ⁻¹ HCO ₃ ⁻²
Plano	Ap	0,2	0,22	0,21	1,1
	A2	0,24	0,24	0,24	1,2
	Bt	0,2	0,2	0,2	1,0
	BC	0,26	0,26	0,26	1,3
	Ck1	0,24	0,26	0,25	1,3
	Ck2	0,24	0,26	0,25	1,3
Cañadón	Ap	0,24	0,24	0,24	1,2
	A2	0,3	0,3	0,3	1,5
	A3	0,26	0,24	0,25	1,3
	AC	0,24	0,26	0,25	1,3
	2C	0,2	0,2	0,2	1,0

Sulfatos:

Zona	Horizonte	Absorbancia	me.L⁻¹ Sulfatos
Plano	Ap	0,074	0,4
	A2	0,105	0,5
	Bt	0,315	1,5
	BC	0,150	0,7
	Ck1	0,075	0,4
	Ck2	0,136	0,7
Cañadón	Ap	0,225	1,1
	A2	0,195	0,9
	A3	0,160	0,8
	AC	0,061	0,3
	2C	0,090	0,4

Determinaciones de fertilidad

Fósforo disponible:

Zona	Absorbancia 1	Absorbancia 2	Absorbancia Promedio	mg.L ⁻¹	mg P. kg ⁻¹ suelo
Plano	0.404	0.409	0.4065	0.61	21
Cañadón	0.426	0.42	0.423	0.64	22

Potasio asimilable:

Zona	K ⁺	mg.L ⁻¹	me.L ⁻¹	mg.kg suelo
Plano	487	75,26	1,93	753
Cañadón	626	96,74	2,48	967

Nitrógeno total:

Zona	Titulación 1	Titulación 2	Promedio	g/kg N
Plano	2,42	2,46	2,44	1,70
Cañadón	2,3	2,7	2,5	1,75

Materia orgánica:

Zona	%C	%MO	g kg ⁻¹ MO	g MO kg ⁻¹ C
Plano	1,93	3,32	33,21	19,31
Cañadón	2,21	3,81	38,06	22,13