



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TRABAJO FINAL TÉCNICO SUPERIOR AGRARIO EN SUELOS Y AGUAS



ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS SUELOS CON DISTINTOS MANEJOS PRODUCTIVOS EN EL ESTABLECIMIENTO “EL CORAJE”

ACUÑA GASTON
SCHROEDER FACUNDO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
2.1. UBICACIÓN	3
2.2. CLIMA	4
2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DEL ÁREA	6
2.4. VEGETACIÓN	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. TRABAJO DE CAMPO	10
3.2. TRABAJO DE LABORATORIO	11
3.2.1. Análisis físicos	11
Análisis granulométrico	11
Densidad real	11
Humedad equivalente	12
Humedad higroscópica	12
Densidad aparente	12
Curva de retención hídrica y distribución por tamaño de poros	13
Estabilidad estructural	13
3.2.2. Análisis Químicos	15
Conductividad eléctrica	15
pH	15
Calcio + Magnesio	15
Sodio y Potasio	15
Cloruros	15
Sulfatos	15
Capacidad de intercambio catiónico	16



Carbono Orgánico Total (COT)	16
Fósforo extraíble	16
Fósforo total (orgánico e inorgánico)	17
Potasio asimilable	17
Nitrógeno total	17
3.2.3. Análisis microbiológicos.....	17
Determinación de la actividad respiratoria de la biomasa del suelo	17
3.2.4. Análisis químicos en agua	19
pH	19
Conductividad eléctrica	19
Calcio más Magnesio	19
Sodio y Potasio.....	19
Cloruros	19
Carbonatos y bicarbonatos	20
Sulfatos	20
3.2.5. Análisis químicos en efluente (Martinez, y otros, 2021).....	20
Sólidos totales	20
Sólidos volátiles	21
Fósforo total.....	21
Carbono Orgánico	21
4. RESULTADOS	22
4.1 SUELO 1.....	22
4.	22
4.1.1. Factores de sitio y descripción morfológica	22
4.1.2. Características Físicas	25
Propiedades físicas	25
Estabilidad estructural	26



Curva de retención hídrica y agua útil del suelo.....	27
Distribución del espacio poroso	27
4.1.3. Características químicas.....	28
Determinaciones químicas.	28
Sales solubles.....	29
Fertilidad Química	30
4.1.4. Características microbiológicas	31
Actividad Biológica	31
4.1.5. Interpretación de resultados de campo y laboratorio	32
Procesos pedogenéticos	33
4.1.6. Clasificación del suelo	34
Clasificación taxonómica del suelo por Soil Taxonomy	34
Determinación del Índice de productividad	35
4.2. SUELO 2.....	36
4.2.1. Factores de sitio y descripción morfológica	36
4.2.2. Características físicas	39
Propiedades físicas	39
Estabilidad estructural	40
Curva de retención hídrica y agua útil del suelo	41
Distribución del espacio poroso	41
4.2.3. Características químicas.....	42
Determinaciones químicas	42
Sales solubles.....	43
Fertilidad química.....	44
4.2.4. Características microbiológicas	45
Actividad biológica.....	45
4.2.5. Interpretación de resultados de campo y laboratorio	46



Procesos pedogenéticos	47
4.2.6. Clasificación del suelo	48
Clasificación taxonómica del suelo por Soil Taxonomy	48
Determinación del Índice de Productividad	48
4.3. CALIDAD DE AGUAS	49
Clasificación del agua	50
4.4. EFLUENTE	51
Determinaciones químicas en muestra de efluente.	51
5. CONCLUSIONES	52
6. BIBLIOGRAFÍA	54
APÉNDICE	59



1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la carrera de “Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas” aprendimos que el suelo no solo es tierra bajo nuestros pies, es un recurso vivo que nos brinda alimentos, el poder construir en él, entre tantos otros servicios. Por eso para nosotros es muy importante conocerlo y cuidarlo, decimos que “cuidar el suelo es cuidar la vida”. Es muy importante protegerlo ya que se forma muy lentamente, pero lo podemos degradar muy rápido. Sin suelos sanos no hay cultivos ni futuro posible, ya que es la base de nuestra alimentación y cada vez somos más personas.

Atreucó es un departamento de la provincia de La Pampa en Argentina. Su cabecera es la localidad de Macachín. Tiene una extensión de 3.580 km² y limita al este con la provincia de Buenos Aires, al norte con los departamentos Catriló y Capital, al oeste con los departamentos Utracán y Toay y al sur con el departamento Guatraché. Se accede al departamento por Ruta Provincial N°1, Ruta Provincial N°3 y Ruta Provincial N°18. Cuenta con 11.138 habitantes, (INDEC, Censo Nacional de Poblacion , Hogares y Viviendas , 2022) lo que representó un incremento del 9,7% frente a los 10.153 habitantes (INDEC, Censo Nacional de Poblacion, Hogares y Viviendas, 2010) del censo anterior.

El departamento Atreucó (Fig. 1) forma parte de la Microrregión 7, uno de los sectores en los cuales el Ministerio de la Producción de La Pampa subdividió virtualmente a la provincia. Esta microrregión se caracteriza por una estructura productiva vinculada a la agricultura, la ganadería y la explotación de sal. La producción agrícola se centra en el cultivo de oleaginosas, principalmente girasol y soja. En menor medida se produce trigo y avena. La ganadería se basa en la cría de bovinos y ovinos.

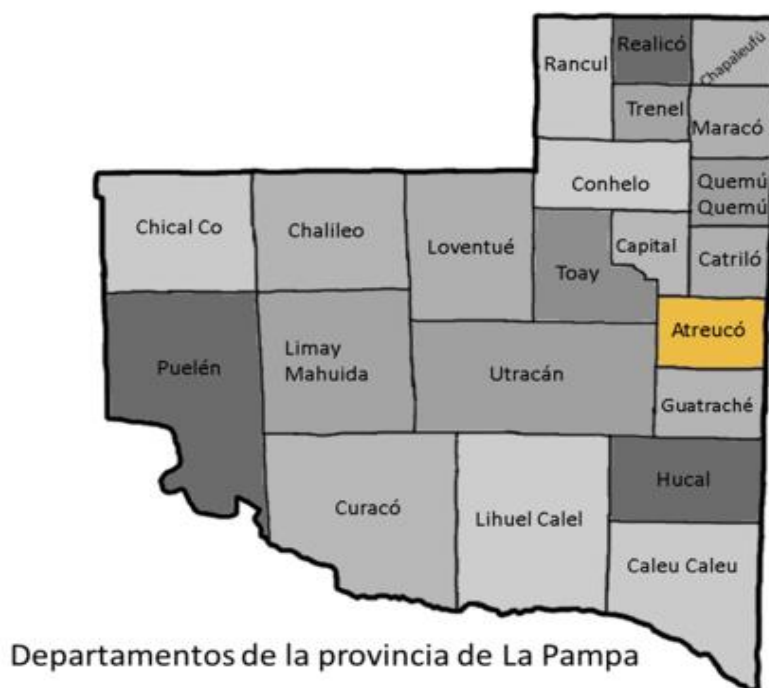


Figura 1. Ubicación del departamento Atreucó en la Provincia de La Pampa.

El objetivo general del presente trabajo consistió en aplicar e integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas para la determinación de propiedades físicas, químicas y biológicas en muestras de suelo y agua del establecimiento “El Coraje”, evaluando el impacto de la aplicación de efluentes líquidos de tambo en el suelo 1, comparándolo con el suelo 2 al cual no se le aplica dicho efluente. .

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN

La localidad de Miguel Riglos se encuentra en la confluencia de las rutas provinciales N°1 y N°14 ($36^{\circ}51'22,69''$ S, $63^{\circ}41'15,59''$ O). Allí, en el establecimiento “El Coraje”, ubicado en la localidad de Miguel Riglos en el kilómetro 240 de la Ruta Provincial N°1 se procedió a muestrear dos perfiles de suelos: el primero ubicado en $36^{\circ}53'48,7''$ S, $63^{\circ}40'43,0''$ O y el segundo en $36^{\circ}53'50,2''$ S, $63^{\circ}40'52,7''$ O.

El establecimiento es ganadero – agrícola dedicado principalmente a la producción lechera.

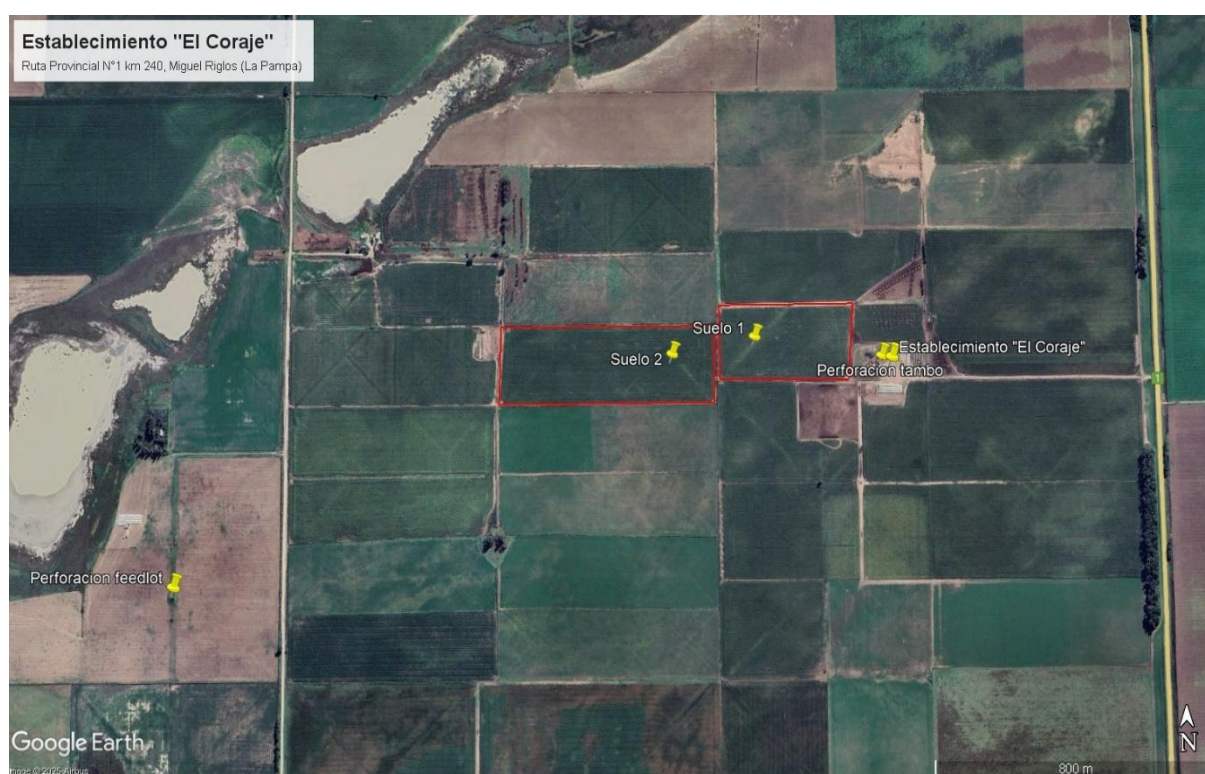


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo para suelo y agua.

2.2. CLIMA

El Departamento de Atreucó se encuentra en el este de la provincia de La Pampa (Fig. 1). El clima de la región es templado con estaciones térmicas bien diferenciadas. La temperatura media anual es de 16°C, con mínimas de hasta -10°C y máximas de hasta 42°C.

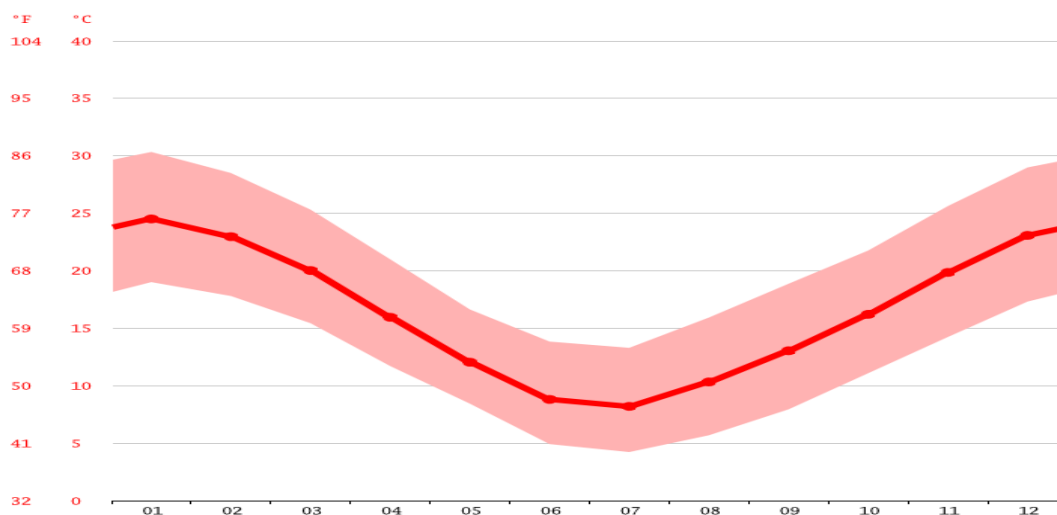


Figura 3. Valores medios mensuales de temperaturas. (Climate Data , 2025)

El régimen de precipitaciones en la zona corresponde a un clima subhúmedo seco, con una media anual aproximada de 700 mm. El invierno es la estación más seca (90,4 mm), mientras que las estaciones cálidas, concentran la mayor parte de las lluvias (primavera: 238,9 mm y verano: 261,6 mm) (Fig. 4).

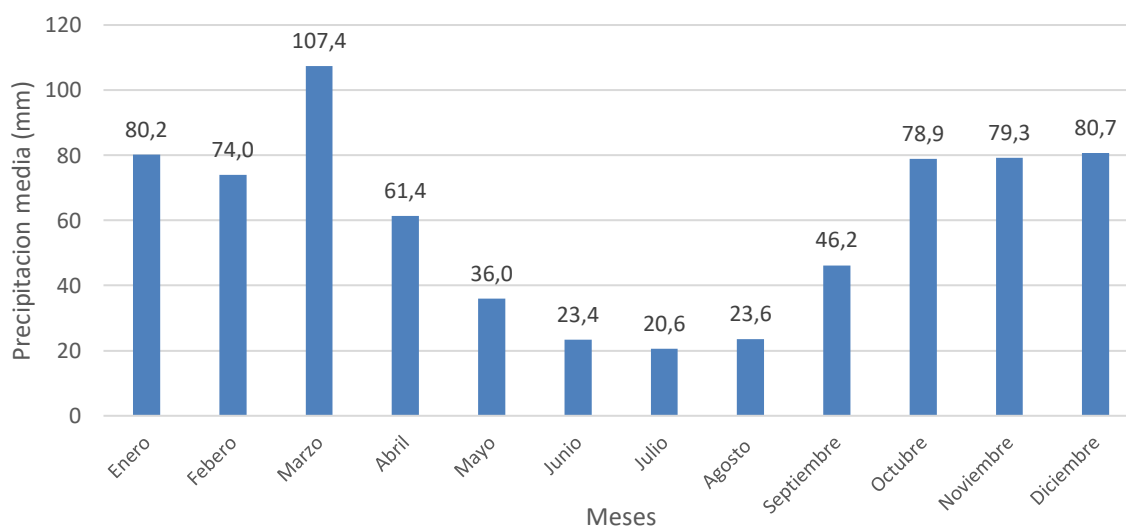


Figura 4. Promedio mensual de precipitaciones. (APA, 2025)

Los vientos más importantes son el pampero frío y seco que sopla del sudoeste, el zonda cálido y seco del noroeste y los vientos húmedos del noreste, que son los más beneficiosos. La época más ventosa del año, se da entre julio y marzo, con velocidades promedio del viento de más de 13,7 km/h. El mes más ventoso del año es septiembre, con vientos a una velocidad promedio alrededor de 15 km/h (Fig. 5.)

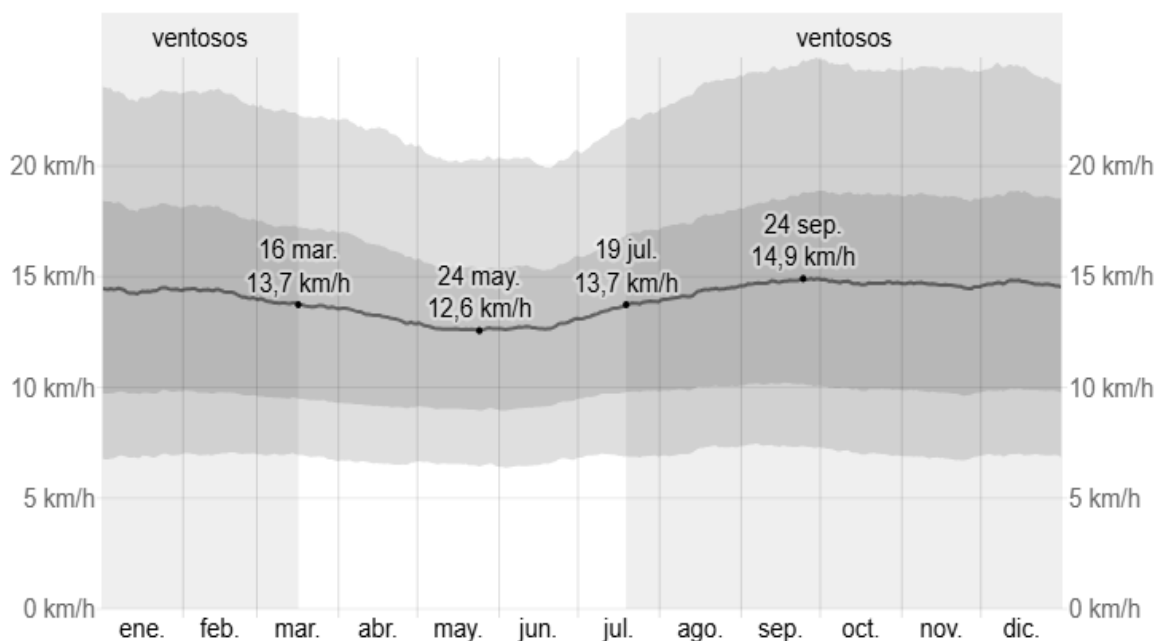


Figura 5. Velocidad promedio del viento. (Weather Spark , 2025)

2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DEL ÁREA

Los procesos morfogenéticos que actuaron en esta región fueron fundamentalmente hídricos (de escurrimiento difuso) y eólicos (de acumulación – deflación). Los primeros elaboraron una superficie calcárea con pendiente regional oeste-este, sobre ella el viento acumuló un manto arenoso de espesor variable.

El relieve de la zona presenta ondulaciones arenosas con sentido norte a sur y médanos aislados. Intercaladas entre estas ondulaciones existen planicies medanosas, también hay frecuentes áreas deprimidas con lagunas temporarias.

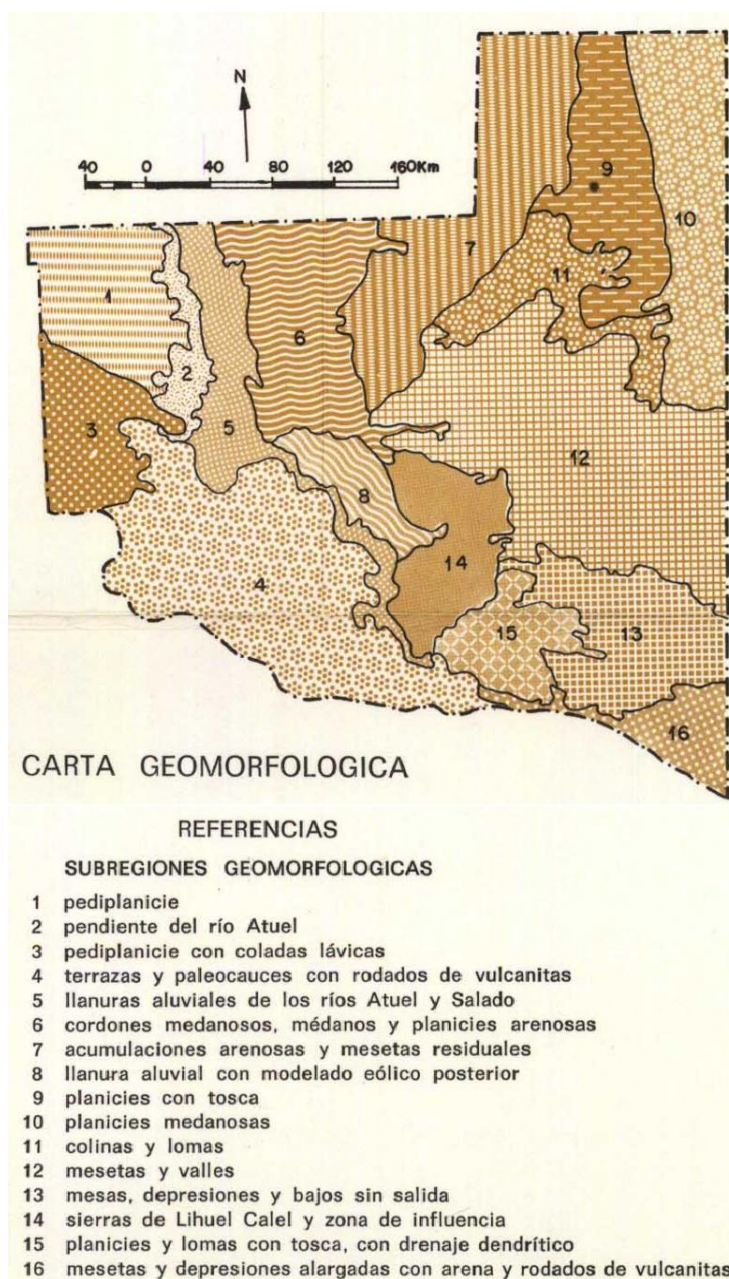


Figura 6. Mapa de las distintas subregiones geomorfológicas. (Instituto de Tecnología Agropecuaria, 2004)

Los lotes estudiados se encuentran dentro de la unidad geomorfológica de la planicie medanosa (Fig.6). Los suelos de esta unidad integran una asociación. Tienen poca evolución genética, presentando un sencillo perfil del tipo A – AC – C. Los suelos de esta asociación se clasifican como: Haplustol éntico, familia arenosa, mixta térmica abarcando un 80% de la superficie de la unidad y Ustipsamment típico, familia silíceo, térmica, abarcando el 20% restante. (Fig.7).

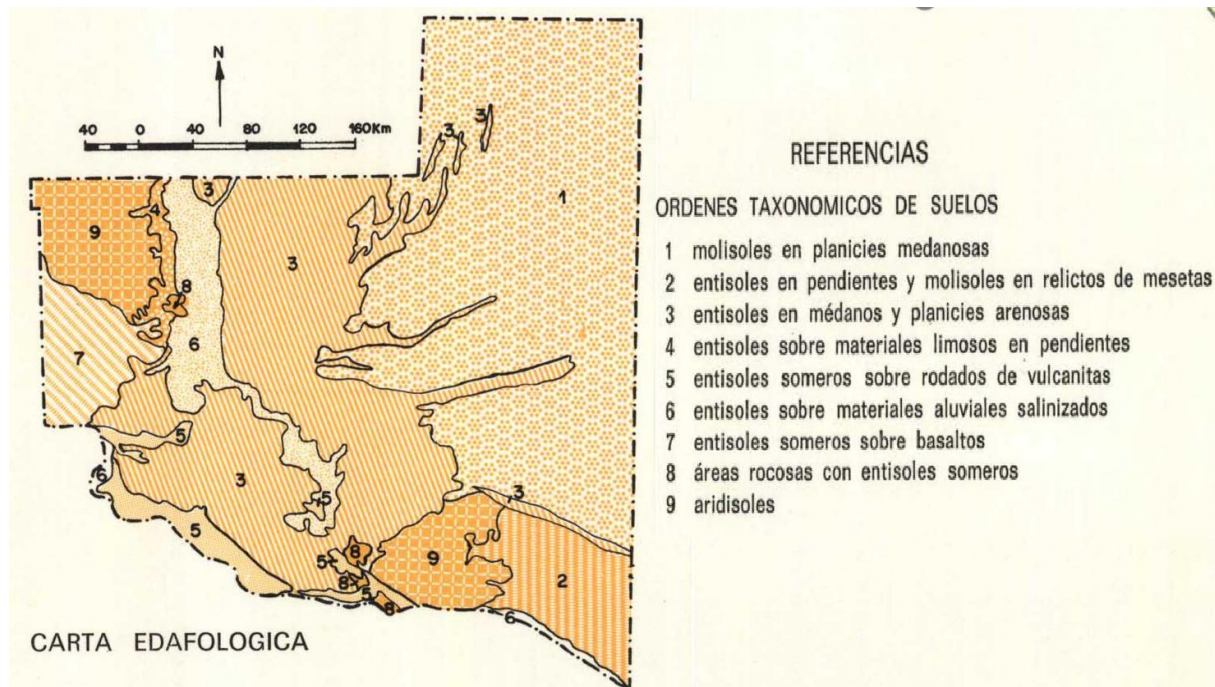


Figura 7. Mapa de los diferentes ordenes taxonómicos de suelos. (Instituto de Tecnología Agropecuaria, 2004)

2.4. VEGETACIÓN

La vegetación de la región está compuesta de cultivos, pastizales, bosques abiertos caducifolios, pastizales psammófilos y pastizales halófilos en zonas de elevado contenido de sales (Fig.8). (Peña Zubiate & Maldonado Pinedo, 1990)

La actividad principal es la ganadería, es por eso que está muy difundida la implantación de forrajeras, como, por ejemplo, la alfalfa (*Medicago sativa*) que a pesar de la baja fertilidad de los suelos es uno de los cultivos más importante de la región.

En áreas medanosas, muy suavemente onduladas, se puede encontrar pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y en las depresiones salinas agropiro (*Thinopyrum ponticum*) y trébol de olor (*Melilotus albus*).

Los cultivos anuales invernales más frecuentes son centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Cuando las condiciones ambientales son buenas, también se pueden obtener buenos rindes para otros cultivos de cosecha de invierno y verano (trigo (*Triticum*), maíz (*Zea mays*) y girasol (*Helianthus annuus*).



Figura 8. Mapa de vegetación de la provincia de La Pampa. (Instituto de Tecnología Agropecuaria, 2004)

En ambos lotes estudiados la única especie vegetal encontrada fue alfalfa (Fig.9), ambas implantadas en los primeros días de abril de 2024 sobre un rastrojo de maíz el cual fue previamente picado. La cobertura del suelo el día del muestreo rondaba en torno al 40%.



Figura 9. Estado del cultivo de alfalfa en los lotes estudiados.

Porcentaje de cobertura: 19,67%
Superficie cubierta: 484,50cm²
Fecha de proceso: 2/7/2025 13:00:53

Imagen original



Imagen resultado

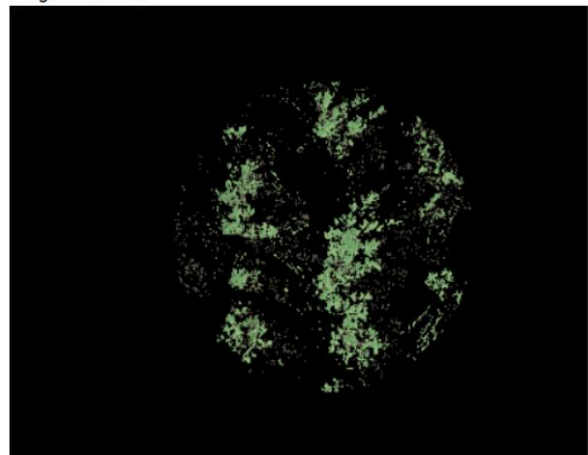


Figura 10. Porcentaje de cobertura viva (obtenido a través del programa CobCal).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TRABAJO DE CAMPO

La ejecución del trabajo de campo consistió en el reconocimiento del área de estudio y la posterior apertura de dos calicatas, en los sitios anteriormente mencionados. Ambos lotes se encontraban contiguos y con cultivo de alfalfa (Fig. 2 y 9). El lote 1 (suelo 1) se encontraba bajo una aplicación intermitente de efluentes líquidos del tambo adyacente, mientras que el lote 2 (suelo 2) no recibía la aplicación de dicho efluente.

Primero se describieron los factores de sitio, y luego se abrieron las calicatas. Una vez abiertos los perfiles, se realizó una descripción morfológica completando una ficha edafológica por sitio y se tomó nota de toda información pertinente.

Luego se procedió a 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 balde (0-12 cm) para la determinación de las propiedades edáficas relacionadas con la fertilidad química y actividad biológica (para esta última, las muestras se mantuvieron refrigeradas hasta el momento de la determinación).

Muestras sin disturbar de los horizontes superficiales para la determinación de variables físicas: densidad aparente, distribución por tamaños de poros, curva de retención hídrica y estabilidad estructural.

Para evaluar la calidad de aguas, se tomaron muestras de dos perforaciones, una correspondiente al feedlot la cual es usada para consumo animal. La otra muestra de agua se tomó de la perforación del tambo, usada para higiene y consumo animal.

Por último, se tomó una muestra del efluente aplicado en el lote 1 para la evaluación de pH, sólidos totales, sólidos volátiles, nitrógeno orgánico y fósforo total.



3.2. TRABAJO DE LABORATORIO

3.2.1. Análisis físicos

Análisis granulométrico (Robinson, 1922)

1. Destrucción de la materia orgánica con agua oxigenada 130 volúmenes (diluida al 50%).
2. Dispersión de la muestra utilizando como solución dispersante hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio y luego 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 las fracciones.
 - 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, a este último, se le aplica hidróxido de sodio 0,5 N para reducir la floculación. Se llevan a estufa y una vez secas se separan a través de tamices de distintas mallas. Se pesan las subfracciones correspondientes a cada tamaño de partícula de arena 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:

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

Donde:

δr = densidad real.

δw = densidad del agua corregida por temperatura.

P1= peso del picnómetro vacío.



P2 = peso del picnómetro con el suelo corregido por humedad higroscópica.

P3= peso del picnómetro lleno con suelo y agua.

P4= peso del picnómetro lleno de agua a la temperatura observada.

Humedad equivalente (Henin y otros , 1972)

Se coloca una muestra de suelo en las celdillas de la centrifuga aproximadamente hasta la mitad de su volumen. Se colocan en 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, 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 cápsulas 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 (Agostini y otros, 2014)

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 y se llevan a estufa a 105°C. Una vez seco el suelo se pesa y se calcula la densidad aparente (relación: peso/volumen), empleando la siguiente fórmula:

$$\delta_{ap} = \frac{\text{Suelo seco a estufa (g)}}{\text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

Donde:

δ_{ap} : densidad aparente (g cm⁻³)



Curva de retención hídrica y distribución por tamaño de poros - (Richards L. , 1931)

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, 4,5 y 7.

En este 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 - (De Leenheer & De Boodt, 1958)

En este método se determina el cambio en el Diámetro Medio Ponderado (DMP) de los agregados 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). La gota de lluvia puede ser obtenida incrementando la superficie de flujo en el extremo de una bureta.
- 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 un planímetro se mide el área comprendida entre ambas curvas. Este valor se divide por 10 y se obtiene el índice de estabilidad estructural.

Cambio en la relación (mm): $\frac{\text{superficie}}{10}$

Índice de estabilidad: $\frac{(0,5 \cdot 100)}{\text{Cambio}}$

Clasificación del índice de estabilidad estructural de los agregados.

Tabla 1. Clasificación del índice de estabilidad estructural.

Índice de estabilidad	
Mayor de 50	Estabilidad excelente
40 – 50	Estabilidad muy buena
33 – 40	Estabilidad buena
25 - 33	Estabilidad insatisfactoria
< 25	Estabilidad mala



3.2.2. Análisis Químicos

Conductividad eléctrica – método conductímetro (Rhoades, 1996)

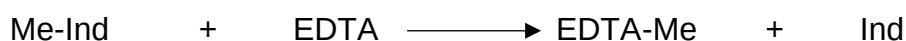
Determinada en el extracto de saturación con conductímetro, expresado en dS m^{-1} .

pH – método potenciométrico (Thomas, 1996)

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

Calcio + Magnesio – método volumétrico (Suarez, 1996)

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 (Minoldo y otros, 2023)

Se determinó en los extractos de saturación realizados con agua destilada. Consistió 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.

Cloruros – método argentométrico (Minoldo y otros, 2022)

Se determinó en los extractos de saturación 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 (Minoldo y otros, 2022)

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 (Minoldo y otros, 2023)

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 (Minoldo y otros, 2023)

Se satura el complejo de intercambio de una muestra de suelo con acetato de amonio 1M pH 7, se lava con alcohol etílico el exceso de amonio hasta obtener una conductividad eléctrica menor a $20 \mu\text{S cm}^{-1}$. 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 0,01N. Se expresa en cmolc kg^{-1} .

Carbono Orgánico Total (COT)

El COT se determinó a través de un analizador elemental Leco Truspec C (Leco Corporation, St Joseph, MI). Para convertir el COT a MO, se utilizó el factor propuesto por Van Bemmelen de 1,724, el cual asume que el 58% de la MO está compuesta por C (Tabatabai, 1996).

Fósforo extraíble (Bray & Kurtz, 1945)

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 (orgánico e inorgánico) (Saunders & Williams, 1955)

Se estima el fósforo orgánico (Po), a partir de la diferencia entre el P extraído con H_2SO_4 1N y cuantificado por colorimetría en espectrofotómetro de una muestra de suelo calcinada a 550°C (Po+Pi) y sin calcinar (Pi). Se estima el fósforo total a partir de la suma del fósforo orgánico e inorgánico obtenidos mediante el método de Saunders y Williams.

Potasio asimilable (Minoldo y otros, 2023)

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.

Nitrógeno total – método de Kjeldahl (Bremner, 1996)

Consiste en la oxidación húmeda de la materia orgánica de una muestra de suelo, 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.

3.2.3. Análisis microbiológicos

Determinación de la actividad respiratoria de la biomasa del suelo. (Zibilske, 1994)

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 100 g de suelo seco al aire colocados en un recipiente con tapa hermética, se lleva la muestra a capacidad de campo con agua destilada libre de dióxido de carbono. Luego se coloca dentro del mismo recipiente un vial con 20 mL de NaOH 0,25N. Se cierra herméticamente y se lleva a incubar a 30°C durante 7 días en una cámara de crecimiento.

Paralelamente se prepara un frasco testigo sin suelo y que contiene únicamente hidróxido de sodio. Luego de 7 días se toma una alícuota de 5 mL se agregan cristales de cloruro de bario y dos gotas de solución alcohólica de fenolftaleína (color rosado). Se titula con HCl 0,25N hasta viraje de rosado débil a incoloro.



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

$$\text{mg CO}_2 \text{ 100 g suelo}^{-1} \text{ día}^{-1} = \frac{(B-V) \cdot (N \cdot E) \cdot (T/A)}{D \cdot P} \cdot 100$$

Donde:

B: volumen en mL del HCl necesario para titular el blanco.

V: volumen en mL del HCl necesario para titular la muestra

N: normalidad del ácido

E: peso equivalente del C (22)

T: volumen del NaOH (mL) usado en la incubación

A: alícuota de NaOH (mL) utilizada para la titulación

D: días de incubación

P: peso del suelo (g)



3.2.4. Análisis químicos en agua

pH - Método potenciométrico

Se toma una muestra del agua recolectada, posteriormente se procede a medir el pH utilizando un peachímetro con electrodo combinado de vidrio.

Conductividad eléctrica - método potenciométrico

Se toma una muestra del agua recolectada, posteriormente se procede a medir la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro.

Calcio más Magnesio - método volumétrico

Se procede inicialmente pipeteando con precisión 2 mL de la alícuota de la muestra de agua y transfiriéndolos al Erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente, se añaden con cuidado 2 mL de Trietanolamina (TEA) y se agita la mezcla para garantizar una distribución homogénea. Luego, se incorporan 5 mL del reactivo buffer, seguidos de 6 gotas de rojo de metilo y 3 gotas de indicador negro eriocromo T (NET), para obtener una indicación visual precisa de los cambios en la solución. Finalmente, se procede a titular con EDTA.

Sodio y Potasio – fotometría de llama

Por fotometría de emisión a la llama, se somete la muestra a la llama provocando su dispersión y se compara el incremento de la intensidad luminosa que resulta con aquel que producen distintas concentraciones conocidas de una solución patrón.

Cloruros

Se basa en la titulación argentométrica de 2 mL de la muestra de agua, donde se utiliza cromato de potasio (K_2CrO_4) como indicador. Con hidróxido de sodio se ajusta el pH. Se titula con nitrato de plata ($AgNO_3$) para precipitar los iones cloruro presentes en la muestra.

Carbonatos y bicarbonatos - método titulométrico.

Se toman 2 mL de alícuota de la muestra del agua que se valoran con ácido sulfúrico, utilizando fenolftaleína para neutralizar los carbonatos y anaranjado de metilo para el punto final de los bicarbonatos.

Sulfatos - método turbidimétrico

Se basa en la precipitación del sulfato como sulfato de bario. Consiste en agregar 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 espectrofotómetro y se determina la concentración de sulfatos por comparación de la lectura con curva patrón.

3.2.5. Análisis químicos en efluente (Martinez, y otros, 2021)**Sólidos totales**

Los sólidos totales se refieren al residuo que queda en el recipiente después de la evaporación y secado de la muestra en estufa a 105 ± 2 °C. El aumento de masa sobre el recipiente vacío representa los sólidos totales. Estos incluyen los sólidos suspendidos totales, o porción de sólidos totales retenida por un filtro, y los sólidos disueltos totales, o porción que atraviesa el filtro.

Los sólidos totales (ST) de una muestra pueden ser expresados como porcentaje o como concentración en $g L^{-1}$ según:

$$ST(\%) = \frac{(A - B) * 100}{C - B}$$

$$ST(g L^{-1}) = \frac{(A - B) * 1000}{D}$$

Donde:

A= masa de la cápsula + muestra seca a $105^\circ \pm 2$ °C (g).

B= masa de la cápsula (g).

C= masa de la cápsula + muestra húmeda (g)

D= volumen de muestra (mL)

Sólidos volátiles

La pérdida de peso por ignición representa los sólidos volátiles. El material remanente proveniente de la determinación de sólidos totales, secado a 105 ± 2 °C se incinera a 550 ± 50 °C hasta masa constante.

Los sólidos volátiles (SV) se expresan en porcentaje en base seca (bs) o como concentración en $g L^{-1}$ según:

$$SV(\%_{bs}) = \frac{(A - B) * 100}{A - C}$$

$$SV(g L^{-1}) = \frac{(A - B) * 1000}{D}$$

Donde:

A= masa de la cápsula + muestra seca (g).

B= masa de la cápsula + muestra calcinada (g).

C= masa de la cápsula (g).

D= volumen de la muestra inicial (mL).

pH método potenciométrico

Nitrógeno total – método de Kjeldahl (Bremner, 1996)

Fósforo total

Se estima el fósforo total a partir de la suma del fósforo orgánico e inorgánico obtenidos mediante el método de Saunders y Williams sobre el residuo sólido secado en estufa a 105 °C.

Carbono Orgánico

Obtenido a través del analizador automático de carbono marca LECO por combustión seca sobre el residuo sólido secado en estufa a 105 °C.



4. RESULTADOS

4.1 SUELO 1

4.1.1. Factores de sitio y descripción morfológica

Fecha de observación: 10 de octubre de 2024

Ubicación: Establecimiento “El Coraje” (Miguel Riglos, La Pampa) Ruta Provincial N° 1 km 240 (36°53'48,7" S, 63°40'43,0" O)

Altitud: 139 msnm.

Material parental: Sedimentos eólicos arenosos

Paisaje: Planicie medanosa

Geoforma: Planicie

Relieve: Normal, plano – muy suavemente ondulado

Pendiente: Gradiente < 0,5%

Vegetación: Pastura de 6 meses (Alfalfa) cobertura $\approx$ 40%

Erosión: Signos de erosión eólica, alambrados con acumulación de sedimentos. Muy alta susceptibilidad a la erosión eólica. No presenta signos de erosión hídrica, baja susceptibilidad a la erosión hídrica.

Uso de la tierra: ganadero intensivo – tambo.

Drenaje: Algo excesivamente drenado.

Historia del lote: Centeno – maíz (marzo 2019 – abril 2024), alfalfa (abril 2024 – actualidad).



Figura 11. Imagen del paisaje del lote 1.



Figura 12. Perfil del suelo 1.

Tabla 2. Descripción morfológica del suelo 1

Horizonte	Descripción
Ap 0-8 cm	Marrón oscuro, (10YR 3/3) en húmedo, marrón (10YR 4/3 en seco; arenoso franco; seco; no consolidado; bloques subangulares que rompen a grano suelto; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; escasas raíces; sin reacción a HCl 10%; limite abrupto y plano.
A2 8-20 cm	Marrón grisáceo muy oscuro, (10YR 3/2) en húmedo, marrón grisáceo, (10YR 5/3) en seco; arenoso franco; moderadamente húmedo; muy consolidado; bloques subangulares, medios a finos, moderados; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; escasas raíces; sin reacción a HCl 10%; limite gradual y plano.
AC 20-42 cm	Pardo oscuro, (10YR 3/3) en húmedo, pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco; arenoso franco; moderadamente húmedo; consolidado; grano simple; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; muy escasas raíces; sin reacción a HCl 10%; limite difuso y plano.
C1 42-66 cm	Pardo amarillento oscuro, (10YR 3/4) en húmedo, pardo amarillento oscuro (10YR 3/6) en seco, arenoso; húmedo; consolidado a poco consolidado; grano simple; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; sin reacción a HCl 10%; limite difuso y plano.
C2 66+ cm	Pardo oscuro, (10YR 3/3) en húmedo, pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco; arenoso; húmedo; consolidado a poco consolidado; grano simple; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; sin reacción al HCl 10%

4.1.2. Características Físicas

Propiedades físicas

Tabla 3. Resultado de las determinaciones físicas del suelo 1.

Horizontes			Ap	A2	AC	C1	C2
Profundidad		cm	0-8	8-20	20-42	42-66	66+
Análisis granulométrico (mm)	Arcilla (<0,002)	g kg ⁻¹	53	57	48	36	31
	Limo (0,002 - 0,05)		86	91	89	95	61
	Arena muy fina (0,05 – 0,1)		165	147	142	143	152
	Arena fina (0,1 – 0,25)		508	517	562	561	600
	Arena media (0,25 – 0,5)		141	149	126	131	121
	Arena gruesa (0,5 – 1)		47	42	34	35	35
	Arena muy gruesa (1 – 2)		5	3	3	3	4
Clase textural			AF	AF	AF	A	A
Densidad aparente		Mg m ⁻³	1,42	-	-	-	-
Densidad real			2,61	-	-	-	-
Porosidad total		% v/v	46,9	-	-	-	-
Humedad equivalente			11,4	10,2	10,4	9,2	7,4
Humedad higroscópica			1,3	1,3	1,6	1,6	1,3
Punto de marchitez permanente (PMP)			5,5	-	-	-	-

Estabilidad estructural suelo 1.

Tabla 4. Estabilidad estructural suelo 1.

Superficie (cm ²)	CDMP (mm)	EE %	Clasificación
27,60	2,76	18,10	Mala

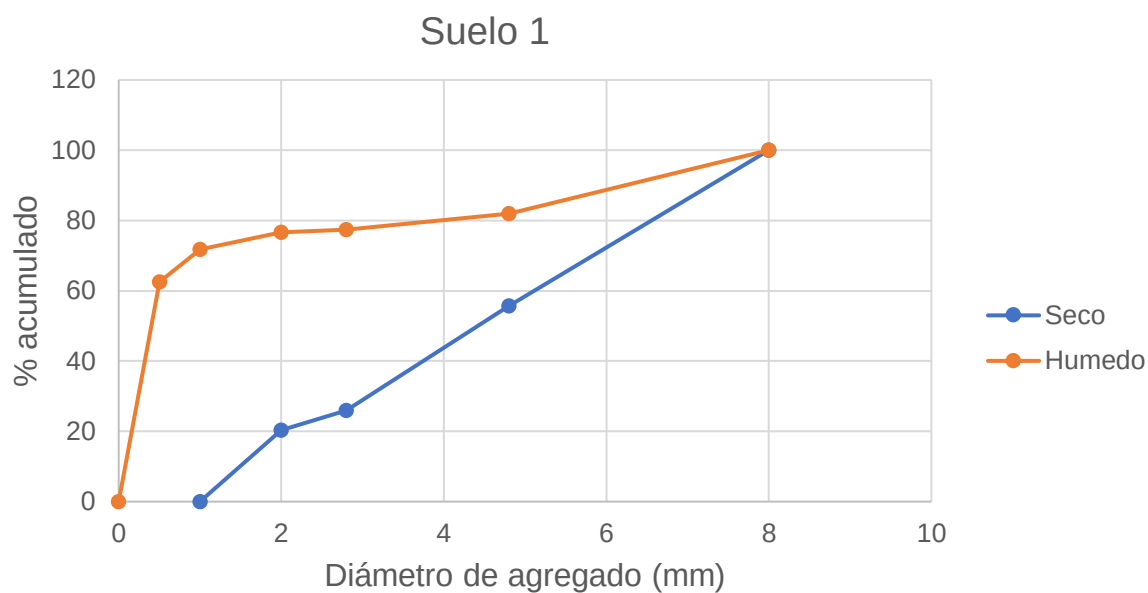


Figura 13. Curva de estabilidad estructural del suelo 1.

Curva de retención hídrica y agua útil del suelo.

Tabla 5. Retención hídrica y agua útil del suelo 1.

pF	0	1,8	2,5	4,2	4,5	7	Agua útil
% Vol	46,9	28,2	12,7	5,5	1,3	0	72 mm/m

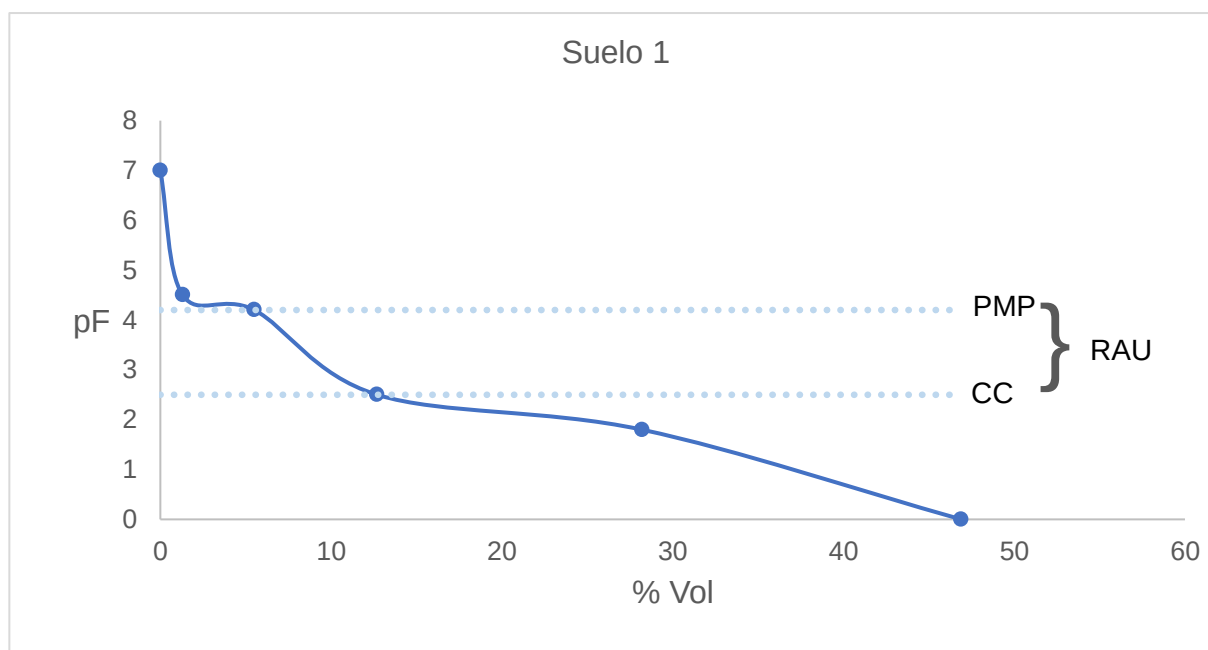


Figura 14. Curva de retención hídrica del suelo 1.

Distribución del espacio poroso

Tabla 6. Distribución del tamaño de los poros (%) en el suelo 1.

Clasificación	Tamaño	%
Macroporos	> 50 μm	18,8
Mesoporos grandes	50 – 9 μm	15,5
Mesoporos chicos	9 – 0,2 μm	7,1
Microporos	0,2 – 0,1 μm	4,2
Ultramicroporos	< 0,1 μm	1,3
Sólidos		53,1

4.1.3. Características químicas

Determinaciones químicas.

Tabla 7. Resultado de las determinaciones químicas del suelo 1.

Horizonte			Ap	A2	AC	C1	C2
Profundidad		cm	0-8	8-20	20-42	42-66	66+
pH (1:2,5)			6,6	6,2	6,4	6,5	6,8
Calcáreo		g kg ⁻¹	-	-	-	-	-
Materia orgánica			11,4	7,9	4,8	2,8	1,0
Carbono Orgánico			6,6	4,6	2,8	1,6	0,6
Fósforo Orgánico		mg kg ⁻¹	133	85	109	82	38
Fósforo Inorgánico			327	314	246	254	318
Fósforo Total			461	334	355	336	356
Relación C/Po			50	54	26	19	16
Cationes Intercambiables	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	3,4	3,8	3,9	3,9	3,8
	Na ⁺		0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
	K ⁺		2,4	2,1	1,2	0,8	1,0
	Sumatoria		6,1	6,2	5,1	4,9	5,0
CIC			6,3	6,3	5,4	5,3	5,0
Saturación Bases		%	97	98	94	92	100
PSI			4,8	4,8	3,7	3,8	4,0

Sales solubles

Tabla 8. Composición de las sales solubles del suelo 1.

Horizonte		Ap	A2	AC	C1	C2
Profundidad	cm	0-8	8-20	20-42	42-66	66+
pH (extracto)		7,7	7,7	7,8	7,8	7,7
Conductividad Eléctrica	dS m ⁻¹	0,37	0,25	0,26	0,26	0,33
Cationes	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	1,6	1,8	1,1	1,1	1,1
	Na ⁺	1,4	1,1	0,8	0,8	1,4
	K ⁺	0,8	0,9	0,5	0,3	0,5
	Sumatoria	3,8	3,8	2,4	2,2	3,0
Aniones	Cl ⁻	1,7	1,5	0,8	0,9	1,1
	SO ₄ ⁼	0,8	0,8	1,5	0,9	2,0
	CO ₃ ⁼	-	-	-	-	-
	HCO ₃ ⁻	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Sumatoria	3,1	2,9	2,9	2,4	3,7
RAS		1,5	1,2	1,1	1,1	1,9



Fertilidad Química

Tabla 9. Fertilidad química de la capa arable (0-12 cm) del suelo 1.

pH (en suspensión)		6,3
Materia orgánica	g kg ⁻¹	9,7
Carbono Orgánico		5,6
Nitrógeno Total		0,6
Relación C/N		9,3
Fósforo extraíble	mg kg ⁻¹	38
Potasio disponible		558

4.1.4. Características microbiológicas

Actividad Biológica

Tabla 10. Respiración microbiana del suelo 1.

Horizonte	mg CO ₂ 100g ⁻¹ día ⁻¹	Promedio	Clasificación
Ap	0,6	0,6	Muy Baja
Ap	0,6		

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

Tabla 11. Clasificación de la 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	Optima
>25	Elevada

4.1.5. Interpretación de resultados de campo y laboratorio

El suelo 1, se encuentra posicionado en un plano normal y evoluciona a partir de sedimentos eólicos arenosos, con una profundidad efectiva de más de 150cm.

Posee una secuencia de horizontes Ap – A2 – AC – C1 – C2. Según el análisis granulométrico la textura clasifica como arenosa franca en los primeros tres horizontes y arenosa en los dos restantes, observándose una disminución en la fracción arcilla en los horizontes C1 y C2.

La estabilidad estructural del horizonte superficial fue clasificada como mala, esto podría atribuirse a la textura gruesa y a los bajos niveles de materia orgánica (Tabla 3 y 8).

La densidad aparente, definida como la masa de suelo por unidad de volumen, fue de $1,42 \text{ Mg m}^{-3}$ valor normal para suelos de textura AF. La porosidad total fue de 46,9% (volumétrico), un valor también acorde a las características texturales del suelo analizado.

Respecto a la curva de retención hídrica el contenido de agua útil para los cultivos es de 72 mm/m con un predominio de macroporos (18,8%) y mesoporos grandes (15,5%).

La determinación de los parámetros de fertilidad en la capa arable (0-12 cm) muestra una concentración de materia orgánica de $9,7 \text{ g kg}^{-1}$, la cual disminuye en profundidad, observándose un fuerte descenso a partir del horizonte AC ($4,8 \text{ g kg}^{-1}$) el cual disminuye hasta el valor de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$. Con respecto al nitrógeno total, se registró un valor de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$, considerado esperable para este tipo de suelo, con una relación C/N de 9,3. El contenido de fósforo extraíble fue de 38 mg kg^{-1} , lo que representa un valor elevado.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) varió entre 6,3 a $5,0 \text{ cmol}_c \text{ kg suelo}^{-1}$, valores que se consideran bajos y que reflejan una limitada capacidad del suelo para retener y suministrar cationes. Los valores de pH (1:2,5) variaron entre 6,2 y 6,8.

Las variables relacionadas con el sodio en el suelo, como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de adsorción de sodio (RAS), se mantuvieron en niveles no restrictivos para los cultivos. El PSI se mantuvo relativamente estable a lo largo del perfil, con valores entre 4,8 % y 3,7 %, valores inferiores a 15% (valor crítico a partir del cual se pueden observar deterioro en las propiedades del suelo). La conductividad eléctrica (CE) fue inferior a 4 dS m^{-1} , valor que define el umbral para



considerar un suelo salino. En conjunto, estos parámetros indican que el suelo no presenta riesgos de salinidad ni sodicidad para el desarrollo de cultivos."

El pH del extracto de saturación es estable en todos los horizontes con un valor promedio de 7,8 resultando ligeramente alcalino.

La actividad biológica en el horizonte superficial fue muy baja con un valor de 0,6 mg CO₂ 100 g⁻¹ día⁻¹.

Procesos pedogenéticos

Melanización: incipiente en horizonte superficial.

Génesis de estructura: horizontes superficial y subsuperficial.



4.1.6. Clasificación del suelo

Clasificación taxonómica del suelo por Soil Taxonomy. (Staff, 2022)

Como características diagnosticas el suelo presenta:

Epipedón: Ócrico

Endopedón: Sin endopedón

Edafoclima: régimen de humedad Ústico, régimen de temperatura Térmico

Clasifica como:

Ustipsamment típico, arenoso, térmico.

Clasificación del suelo por capacidad de uso. (Klingebiel & Montgomery, 1961)

El suelo clasifica como Vle, siendo su principal limitante:

e: alta susceptibilidad a la erosión eólica, 81% de arenas erodibles (VI). Grado de estructura débil (IV).

w: bien drenado (I)

s: profundidad +100 cm, zona subhúmeda. (I). CRAD (mm m^{-1}) estimada: 53 mm m^{-1} (IV)

c: precipitaciones PE índice: 43,5 (II).



Determinación del Índice de productividad (INTA, 1990)

$$IP = (H \cdot D \cdot Pe \cdot Ta \cdot Tb \cdot T \cdot MO \cdot Sa \cdot Na \cdot E) \cdot 100$$

IP= Índice de productividad

H= condición climática

D= drenaje

Pe= profundidad efectiva

Ta= textura del horizonte superficial

Tb= textura del horizonte subsuperficial

T= capacidad de intercambio catiónico

MO= contenido de materia orgánica

Sa= contenido de sales solubles dentro de los primeros 75 cm

Na= alcalinidad sódica, considerada hasta un metro

E= erosión

Sobre la base de estos datos, el sistema RIQUIER/FAO propone cinco clases de productividad:

Tabla 12. Valores de referencia del índice de productividad.

Muy buena productividad	65 – 100 %
Buena productividad	35 – 64 %
Media o regular productividad	20 – 34 %
Pobre productividad	8 – 19 %
Muy pobre productividad	0 – 7 %

$$IP = (0,75 \times 0,70 \times 1 \times 0,60 \times 0,60 \times 0,90 \times 0,95 \times 1 \times 1 \times 0,80) \times 100 = \mathbf{12,9\%}$$

Resultado: **Pobre productividad.**



4.2. SUELO 2

4.2.1. Factores de sitio y descripción morfológica

Fecha observación: 10 de octubre de 2024.

Ubicación: Establecimiento “El Coraje” (Miguel Riglos, La Pampa) Ruta Provincial N° 1 km 240 (36°53'50,2” S 63°40'52,7” O).

Altitud: 138 msnm.

Material parental: sedimentos eólicos arenosos.

Paisaje: Planicie medanosa.

Geoforma: Planicie.

Relieve: Normal plano – muy suavemente ondulado.

Pendiente: Gradiente < 0,5%.

Vegetación: Pastura de 6 meses (Alfalfa).

Erosión: Signos de erosión eólica, alambrados con acumulación de sedimentos. Muy alta susceptibilidad a la erosión eólica. No presenta signos de erosión hídrica, baja susceptibilidad a la erosión hídrica.

Uso de la tierra: ganadero intensivo - tambo.

Drenaje: Algo excesivamente drenado.

Historia del lote: Centeno – maíz (marzo 2019 – abril 2024), alfalfa (abril 2024 – actualidad).



Figura 15. Paisaje lote 2.



Figura 16. Perfil lote 2.

Tabla 13. Descripción morfológica del suelo 2.

Horizonte	Descripción
Ap 0-8 cm	Pardo oscuro, (10YR 3/3) en húmedo, pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; arenoso franco; seco; no consolidado; bloques subangulares medios, débiles que rompen grano simple; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; escasas a comunes raíces; sin reacción a HCl 10%; limite claro y plano.
A2 8-20 cm	Pardo oscuro, (10YR 3/3) en húmedo, pardo (10YR 4/3); arenoso franco; moderadamente húmedo; consolidado a muy consolidado; bloques subangulares medios y gruesos, débiles; blando, friable; no plástico, no adhesivo; escasas a comunes raíces, sin reacción a HCl 10%; limite claro y plano.
AC 20-40 cm	Pardo oscuro, (10YR 3/3) en húmedo, marrón grisáceo (10YR 5/3) en seco; arenoso franco; moderadamente húmedo; consolidado; bloques subangulares medios y finos, débiles; blando, friable; no plástico, no adhesivo; escasas raíces; sin reacción a HCl 10%; limite gradual y plano.
C1 42-67 cm	Pardo amarillento oscuro, (10YR 3/4) en húmedo, marrón grisáceo (10 YR 5/3) en seco; arenoso franco; húmedo; poco consolidado; grano simple; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; muy escasas raíces; sin reacción a HCl 10%; limite difuso y plano.
C2 +67 cm	Pardo amarillento oscuro, (10YR 4/4) en húmedo, marrón claro (10YR 6/3), en seco; arenoso franco; húmedo; poco consolidado; grano simple; blando, suelto; no plástico, no adhesivo; sin reacción a HCl 10%.

4.2.2. Características físicas

Propiedades físicas

Tabla 14. Resultado de las determinaciones físicas del suelo 2.

Horizontes			Ap	A2	AC	C1	C2
Profundidad		cm	0-8	8-20	20-40	40-67	67+
Análisis granulométrico (mm)	Arcilla (<0,002)	g kg ⁻¹	56	55	74	55	35
	Limo (0,002 - 0,05)		101	94	127	114	111
	Arena muy fina (0,05 – 0,1)		196	208	196	182	198
	Arena fina (0,1 – 0,25)		461	474	451	480	490
	Arena media (0,25 – 0,5)		144	127	123	140	135
	Arena gruesa (0,5 – 1)		44	44	34	35	33
	Arena muy gruesa (1 – 2)		3	2	2	1	2
Clase textural			AF	AF	AF	AF	AF
Densidad aparente		Mg m ⁻³	1,28	-	-	-	-
Densidad real			2,56	-	-	-	-
Porosidad total		% vol	48,2	-	-	-	-
Humedad equivalente			12,3	11,0	12,3	10,9	10,0
Humedad higroscópica			1,1	1,0	1,5	1,5	1,4
Punto de marchitez permanente (PMP)			5,8	-	-	-	-

Estabilidad estructural

Tabla 15. Estabilidad estructural del suelo 2.

Superficie (cm ²)	CDMP (mm)	EE %	Clasificación
29,30	2,93	17,04	Mala

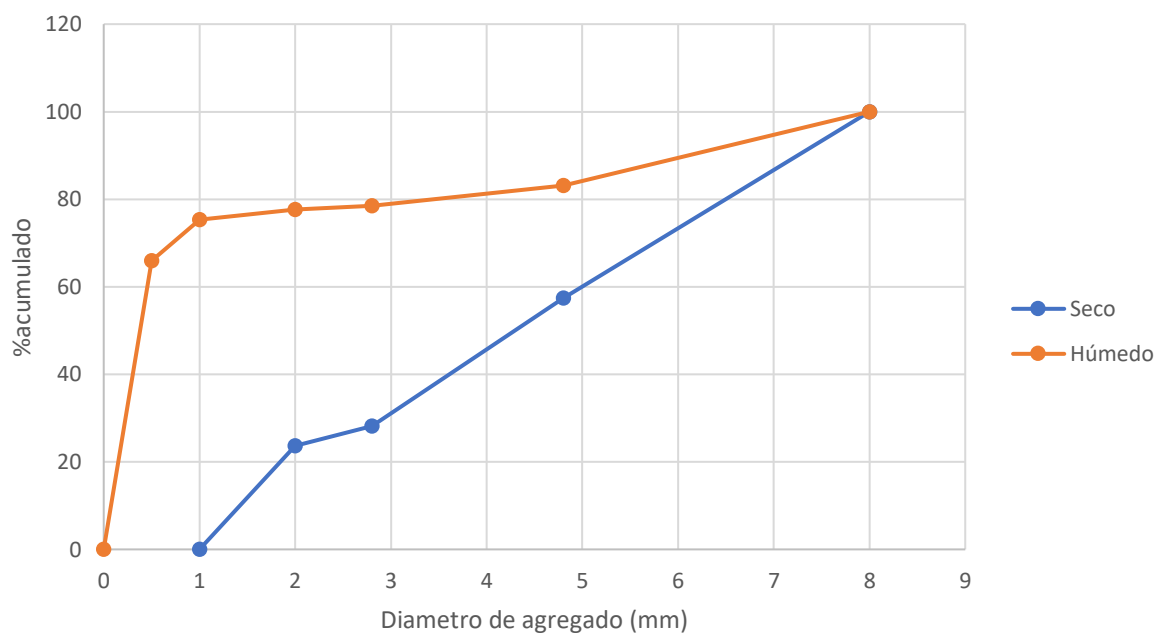


Figura 17. Curva de estabilidad estructural suelo 2.

Curva de retención hídrica y agua útil del suelo

Tabla 16. Retención hídrica y agua útil del suelo 2.

pF	0	1,8	2,5	4,2	4,5	7	Agua útil
% Vol	48,2	27,9	12,5	5,8	1,3	0	67 mm/m

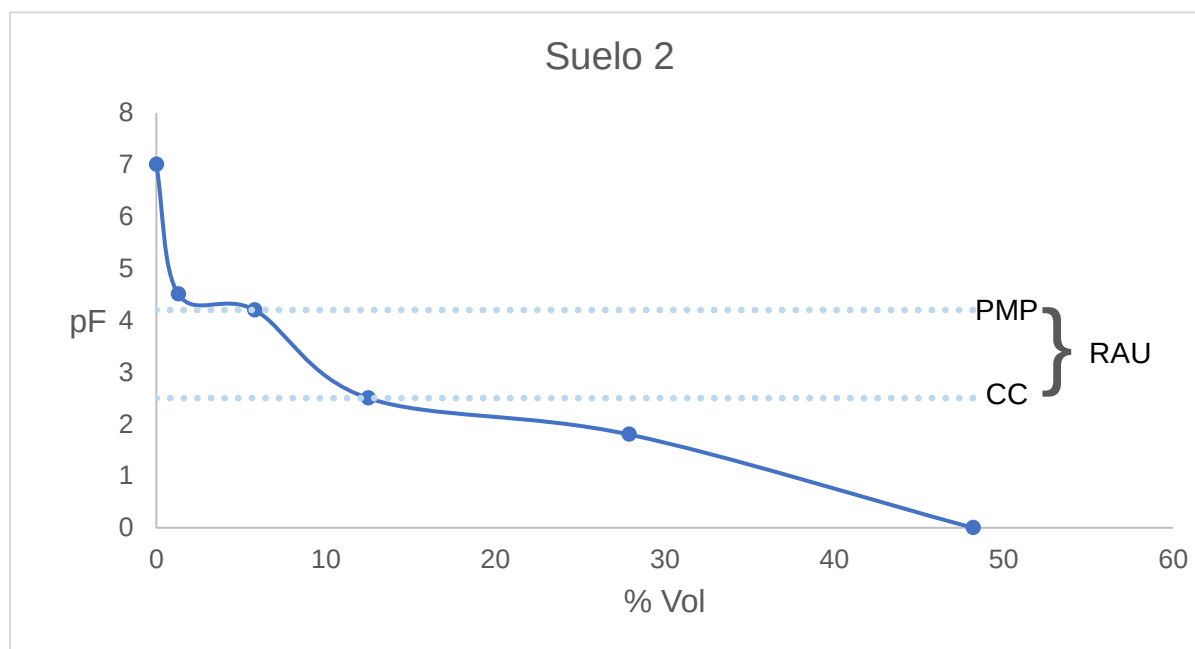


Figura 18. Curva de retención hídrica del suelo 2.

Distribución del espacio poroso

Tabla 17. Distribución del tamaño de los poros.

Clasificación	Tamaño	%
Macroporos	> 50 μm	20,3
Mesoporos grandes	50 – 9 μm	15,4
Mesoporos chicos	9 – 0,2 μm	6,7
Microporos	0,2 – 0,1 μm	4,5
Ultramicroporos	< 0,1 μm	1,3
Sólidos		51,8

4.2.3. Características químicas

Determinaciones químicas

Tabla 18. Resultado de las determinaciones químicas del suelo 2.

Horizonte			Ap	A2	AC	C1	C2
Profundidad		cm	0-8	8-20	20-40	40-67	67+
pH (1:2,5)			5,6	6,1	6,2	6,5	6,9
Calcáreo		g kg ⁻¹	-	-	-	-	-
Materia orgánica			18,3	10,5	10,6	6,4	2,9
Carbono Orgánico			10,6	6,1	5,9	3,7	1,7
Fósforo orgánico		mg kg ⁻¹	196	86	66	262	276
Fósforo inorgánico			436	317	305	247	263
Fósforo total			632	403	371	509	539
Relación C/P			54	71	89	14	6
Cationes Intercambiables	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	3,7	3,8	4,3	4,1	3,4
	Na ⁺		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	K ⁺		2,4	2,0	2,6	1,9	1,7
	Sumatoria		6,3	6,0	7,1	6,3	5,4
CIC			7,8	6,4	7,6	7,0	5,4
Saturación bases		%	81	94	93	90	99
PSI			2,6	3,1	2,6	4,3	5,5

Sales solubles

Tabla 19. Composición de las sales solubles del suelo 2.

Horizonte		Ap	A2	AC	C1	C2
Profundidad	cm	0-8	8-20	20-40	40-67	67+
pH (extracto)		7,5	7,6	7,6	7,6	7,6
Conductividad Eléctrica	dS m ⁻¹	0,23	0,21	0,21	0,21	0,22
Cationes	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	me L ⁻¹	1,4	1,3	1,0	0,9
	Na ⁺		0,6	0,5	0,5	1,0
	K ⁺		0,9	0,9	1,0	0,6
	Sumatoria		2,9	2,7	2,5	2,5
Aniones	Cl ⁻		0,6	0,4	0,4	1,1
	SO ₄ ⁼		1,3	1,2	0,8	0,9
	CO ₃ ⁼		-	-	-	-
	HCO ₃ ⁻		0,5	0,6	0,7	0,5
	Sumatoria		2,4	2,2	1,9	2,5
RAS			0,7	0,6	0,7	1,0
					1,0	1,5



Fertilidad química

Tabla 20. Fertilidad química de la capa arable del suelo 2.

pH (en suspensión)		5,8
Materia orgánica	g kg ⁻¹	12,1
Carbono Orgánico		7,0
Nitrógeno Total		0,7
Relación C/N		10,0
Fósforo extraíble	mg kg ⁻¹	47
Potasio disponible		470



4.2.4. Características microbiológicas

Actividad biológica

Tabla 21. Respiración microbiana del suelo 2.

Horizonte	mg CO ₂ 100g ⁻¹ día ⁻¹	Promedio	Clasificación
Ap	1,0	1,0	Muy Baja
Ap	1,0		

Ver Valores de actividad biológica suministrados por el laboratorio de Suelos Salinos y Sódicos (313 del Departamento de Agronomía - UNS) (Tabla 11.)

4.2.5. Interpretación de resultados de campo y laboratorio

El suelo 2, se encuentra posicionado en un plano normal y evoluciona a partir de sedimentos eólicos arenosos, con una profundidad efectiva de más de 150 cm.

Posee una secuencia de horizontes Ap – A2 – AC – C1 – C2. Según el análisis granulométrico la textura clasifica como arenosa franca en todos los horizontes observándose una disminución en la fracción arcilla en los horizontes C1 y C2 (Tabla 15).

La estabilidad estructural del horizonte superficial fue clasificada como mala, esto podría atribuirse a la textura gruesa y a los bajos niveles de materia orgánica. (Tabla 3 y 8).

La densidad aparente, definida como la masa de suelo por unidad de volumen, fue de $1,28 \text{ Mg m}^{-3}$, un valor relativamente bajo para suelos de textura AF. La porosidad total fue de 48,2% (volumétrico), valor acorde a las características texturales del suelo analizado.

Respecto a la curva de retención hídrica el contenido de agua útil para los cultivos es de 67 mm/m, con un predominio de macroporos (20,3%) y mesoporos grandes (15,4%).

La determinación de los parámetros de fertilidad en la capa arable (0-12 cm) muestra una concentración de materia orgánica de 12 g kg^{-1} , la cual disminuye en profundidad, observándose un fuerte descenso a partir del horizonte C1 ($6,4 \text{ g kg}^{-1}$) y C2 ($2,9 \text{ g kg}^{-1}$). Con respecto al nitrógeno total se obtuvieron valores de $0,7 \text{ g kg}^{-1}$, considerado esperable para este tipo de suelo, con una relación C/N es de 10. El contenido de fósforo disponible fue de 47 mg kg^{-1} , lo que representa un valor elevado.

Los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) varió entre 7,8 a $5,4 \text{ cmol}_c \text{ kg suelo}^{-1}$, valores que se consideran bajos y que reflejan una limitada capacidad del suelo para retener y suministrar cationes. Los valores de pH (1:2,5) variaron entre 5,6 y 6,9.

Las variables relacionadas con el sodio en el suelo, como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de adsorción de sodio (RAS), se mantuvieron en niveles no restrictivos para los cultivos. El PSI se mantuvo relativamente estable a lo largo del perfil, con valores entre 5,5% y 2,6, valores inferiores a 15% (valor crítico a partir del cual se pueden observar deterioro en las propiedades del suelo). La conductividad eléctrica (CE) fue inferior a 4 dS m^{-1} , valor que define el umbral para



considerar un suelo salino. En conjunto, estos parámetros indican que el suelo no presenta riesgos de salinidad ni sodicidad para el desarrollo de cultivos.

El pH del extracto de saturación es estable en todos los horizontes con un valor promedio de 7,5 resultando ligeramente alcalino.

La actividad biológica en el horizonte superficial fue muy baja con un valor de 1 mg CO₂ 100g⁻¹ día⁻¹.

Procesos pedogenéticos

Melanización: en horizonte superficial

Génesis de estructura: en horizontes superficial y subsuperficial.



4.2.6. Clasificación del suelo

Clasificación taxonómica del suelo por Soil Taxonomy. (Staff, 2022)

Como características diagnósticas el suelo presenta:

Epipedón: Mólico

Endopedón: Sin endopedón

Edafoclima: régimen de humedad Ústico, régimen de temperatura Térmico

Clasifica como:

Haplustol éntico, arenoso, térmico.

Clasificación del suelo por capacidad de uso (Klingebiel & Montgomery, 1961)

El suelo clasifica como VIe, siendo su principal limitante:

e: alta susceptibilidad a la erosión eólica, 80,1% de arenas erodibles (VI). Grado de estructura débil (IV).

w: bien drenado (I)

s: profundidad +100 cm, zona subhúmeda. (I). CRAD (mm m^{-1}) estimada: 70 mm m^{-1} (IV)

c: precipitaciones PE índice: 43,5 (II).

Determinación del Índice de Productividad (INTA, 1990)

$IP = (0,75 \times 0,70 \times 1 \times 0,60 \times 0,60 \times 0,90 \times 0,95 \times 1 \times 1 \times 0,80) \times 100 = \mathbf{12,9\%}$

Resultado: **Pobre productividad. (Tabla.)**

4.3. CALIDAD DE AGUAS

Tabla 22. Determinaciones químicas de las muestras de agua.

Muestra de Agua			Feedlot	Tambo
pH			7,7	7,6
Conductividad eléctrica		dS m ⁻¹	2,05	0,75
Cationes	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	me L ⁻¹	4,56	3,15
	Na ⁺		16,5	7,3
	K ⁺		0,3	0,1
	Sumatoria		21,4	13,5
Aniones	Cl ⁻		8,3	1,15
	SO ₄ ⁼		6,31	4,78
	CO ₃ ⁼		-	-
	HCO ₃ ⁻		4,4	3,2
	Sumatoria		19,0	9,1
RAS			10,9	5,8
Dureza		mg L ⁻¹	228	157
		Clasificación	Dura	Dura

Clasificación del agua

Para advertir posibles riesgos de salinización o sodificación del suelo, como así también efectos secundarios en los animales, se observan determinados parámetros químicos del agua. Tanto para Riverside (Richards L. , 1954) como para FAO (Ayers & Westcot, 1985) estos parámetros son la conductividad eléctrica, y la relación de adsorción de sodio o RAS.

Para riego:

Según FAO, el agua del Feedlot con una conductividad eléctrica de (2,05 dS m⁻¹) y un RAS de (10,9) no presenta ningún grado de restricción de uso, mientras que la muestra correspondiente a el tambo (CE 0,75 dS m⁻¹) y RAS de (5,8) presenta un ligero a moderado grado de restricción de uso.

Según Riverside y de acuerdo a la conductividad eléctrica las muestras de agua clasifican como:

- Feedlot: Clasifica como (C3 - S2)

C3: Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.

S2: Agua con contenido medio de sodio y, por tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco – arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en casos necesarios

- Tambo: Clasifica como (C2 - S1)

C2: agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

S1: agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.



Para consumo animal: (Salerno y otros, 2017)

- Feedlot: Clasificación muy satisfactoria, agua apta para todas las clases de ganado y aves de corral. Provoca diarrea temporal al ganado no acostumbrado y excremento acuosos en aves.
- Tambo: Clasificación excelente, agua apta para todas las clases de ganado y aves de corral.

4.4. EFLUENTE

Determinaciones químicas en muestra de efluente.

Tabla 23. Resultados de determinaciones químicas en efluente.

Determinaciones		Resultados
Sólidos totales	g L ⁻¹	32,4
Sólidos volátiles		21,2
Fósforo total	mg kg ⁻¹	5900
Carbono orgánico	g C kg efluente ⁻¹	395,9
Nitrógeno total	g N kg efluente ⁻¹	18,1

5. CONCLUSIONES

Los suelos estudiados se encuentran en un mismo paisaje, sobre un relieve plano normal en dos lotes los cuales están separados por un alambrado, dentro del establecimiento “El Coraje” del departamento Atreucó, provincia de La Pampa. Ambos suelos presentan como material parental sedimentos eólicos de textura gruesa sobre una geoforma de planicies medanosas, bajo un clima edáfico ústico – térmico.

El suelo 1 recibe la aplicación de un efluente líquido proveniente del tambo propio al establecimiento. Esta aplicación se realiza aproximadamente dos veces por semana. Ambos suelos presentan la misma secuencia de horizontes (Ap – A2 – AC – C1 – C2). El suelo 1 clasifica como Ustipsamment típico, arenoso, térmico, mientras que el suelo 2 como Haplustol éntico, arenoso, térmico. Esta diferencia se debe a que el suelo 2 presentó epipedón mólico a diferencia del ócrico que se halló en el suelo 1.

El contenido de materia orgánica de las capas superficiales fue mayor en el suelo 2 (12,1 g kg⁻¹ frente a 9,7 g kg⁻¹).

Ambos suelos presentan valores bajos de CIC y en cuanto al PSI los resultados son bajos y no representarían un riesgo para los cultivos.

La capacidad de uso de los dos suelos clasifica como VIe siendo su mayor limitante la alta susceptibilidad a la erosión eólica (asociado a un alto porcentaje de arenas erodibles (>80%).

En cuanto al IP, ambos suelos reflejan una pobre productividad. En los dos casos el valor fue de 12,9%.

Aunque estas clasificaciones nos limitan el suelo a un uso exclusivamente ganadero (no arable), se podría realizar un manejo conservacionista utilizando estrategias que no disturben el suelo como la siembra directa y producir forraje para los animales.

Teniendo en cuenta lo analizado, se podría decir que los valores obtenidos fueron razonables para un suelo de estas características.

Si bien el suelo 1 recibía la aplicación de efluente líquido, las diferencias encontradas no fueron significativas con respecto al suelo 2, pero algunos parámetros (materia orgánica, epipedón, densidad aparente) nos dieron un indicio de que el suelo 2 presenta mejores condiciones (Tablas 3, 7, 9, 14, 18 y 20), esto puede deberse a que, si bien ambos tienen un mismo manejo e historia de lote reciente, el lote 1 fue adquirido hace aproximadamente 6 años, en cambio el lote 2 está bajo el mismo manejo hace más de 15.



Sería de interés evaluar nuevamente los sitios en forma periódica a fin de monitorear los efectos de la práctica de aplicación de efluentes sobre el suelo 1 a más largo plazo dado que hasta el momento no se advierten consecuencias medibles.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, M. d., Monterubbianesi, M., Studdert, G., & Maurette, S. (2014). *Un metodo simple y practico para la determinacion de Densidad Aparente*.
- APA. (27 de Mayo de 2025). Obtenido de <https://apa.lapampa.gob.ar/datos-de-lluvia.html>
- Ayers, R., & Westcot, D. (1985). *Water quality for agriculture*. FAO. Irrigation and Drainage . Roma.
- Bray, R., & Kurtz, L. (1945). *Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils*.
- Bremner, J. (1996). Nitrogen - Total. En J. Bremner, *Methods of soil analysis. Part 3 - Chemical Methods*. Madison, WI, USA.
- Climate Data . (27 de Mayo de 2025). Obtenido de Climate Data : <https://es.climate-data.org/>
- Day, P. (1965). *Methods of soil analysis*.
- De Leenheer, L., & De Boodt, M. (1958). *Determination of Aggregate Stability by Change in Mean Weight Diame* .
- Green, A. (1981). *Manual on Soil Sampling and Methods of Analysis* . Ottawa .
- Henin, S., Gras, R., & Monnier, G. (1972). *El Perfil Cultural: el estado fisico del suelo y sus consecuencias agronomicas*. Mundi - Prensa.
- INDEC. (2010). *Censo Nacional de Poblacion, Hogares y Viviendas*. Buenos Aires .
- INDEC. (2022). *Censo Nacional de Poblacion, Hogares y Viviendas* . Buenos Aires .
- Instituto de Tecnología Agropecuaria. (2004). *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*. Buenos Aires.
- INTA, S. . (1990). *Atlas de suelos de la Republica Argentina. SAGyP Proyecto PNUD ARG 85/019*.
- Jackson, M. (1964). *Analisis quimicos de suelos*. Barcelona: Omega .
- Klingebiel, A., & Montgomery, P. (1961). *Land Capability Classification. Soil Conservation Service. U.S Departament of Agriculture*.
- Martinez, L. E., Rizzo, P. F., Bres, P. A., Riera, N. I., Beily, M. E., & Young, B. J. (2021). *Compendio de metodos analiticos para la caracterizacion de residuos, compost y efluentes de origen agropecuario y agroindustriales*. Buenos Aires: INTA - Ediciones .



- Minoldo, G., Laurent, G., Iglesias, J. O., Miglierina, A., & Garcia, R. (2022). *Manual de Metodos Basicos de laboratorio para analisis para suelos y aguas*. Bahia Blanca.
- Minoldo, G., Iglesias, J. O., & Comezaña, M. (2023). *Guia de trabajos practicos. Tecnico Superior Agrario en Suelos y Aguas. Propiedades quimicas de suelos*. Bahia Blanca.
- Peña Zubiate, C. A., & Maldonado Pinedo, D. (1990). *Atlas de Suelos de la Republica Argentina Tomo II*. La Paz.
- Rhoades, J. D. (1996). Electrical conductivity and total dissolved solids. En J. D. Rhoades, *Methods of soils analysis* (Vol. 3). Madison, WI, USA.
- Richards, L. (1931). *Capillary Conduction of Liquids Through Porous Mediums*.
- Richards, L. (1954). *Suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura N° 60. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de America*.
- Robinson, G. (1922). *A New Method For the Mechanical Analysis of Soils other dispersions*.
- Salerno, C. M., Laurent, G., & Alvarado, M. (2017). *Calidad de Aguas. Aspectos microbilogicos, fisicoquimicos y medioambientales*. Bahia Blanca: EDIUNS.
- Saunders, W., & Williams, E. (1955). *Observations on the determination of total organic phosphorus in soil*.
- Staff, S. S. (2022). *Keys to Soil Taxonomy*.
- Suarez, D. L. (1996). Berilium, Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. En D. L. Suarez, *Methods of soils analysis*. Madison, WI, USA.
- Tabatabai, M. (1996). Soil organic matter testing: An overview. En M. Tabatabai, F Magdoff et al. (eds), *Soil Organic Matter. Analysis and Interpretation*. (Vol. 46, págs. 1-10). Madison, WI, USA.
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. En G. W. Thomas, *Methods of soils analysis*. Madison, WI, USA.
- Weather Spark . (27 de Mayo de 2025). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/28271/Clima-promedio-en-Miguel-Riglos-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Zibilske, L. (1994). *Methods of Soils Analysis. Part 2: Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America.

APÉNDICE

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Humedad higroscópica

Suelo 1						
Rep	N° Cáp	Peso Cáp (g)	SSA + Cáp (g)	SSE + Cáp (g)	HH%	Promedio
Ap (a)	130	25,28	40,32	40,21	0,74	0,89
Ap (b)	131	22,37	37,99	37,83	1,03	
A2 (a)	132	23,72	39,19	39,07	0,78	0,86
A2 (b)	133	23,14	39,15	39,00	0,95	
AC (a)	134	24,13	40,00	39,83	1,08	1,09
AC (b)	135	22,87	38,53	38,36	1,10	
C1 (a)	136	22,94	38,27	38,10	1,12	1,06
C1 (b)	137	23,32	38,44	38,29	1,00	
C2 (a)	138	23,71	39,15	39,02	0,85	0,87
C2 (b)	139	25,21	41,07	40,93	0,89	
Suelo 2						
Ap (a)	140	23,50	38,72	38,61	0,73	0,93
Ap (b)	141	22,93	38,25	38,08	1,12	
A2 (a)	142	23,29	38,55	38,47	0,53	0,85
A2 (b)	143	25,06	40,65	40,47	1,17	
AC (a)	144	23,35	39,34	39,15	1,20	1,21
AC (b)	145	22,73	38,57	38,38	1,21	
C1 (a)	146	24,32	40,11	39,92	1,22	1,24
C1 (b)	147	24,62	39,83	39,64	1,26	
C2 (a)	148	24,06	39,49	39,31	1,18	1,06
C2 (b)	149	23,35	39,30	39,15	0,95	

Cáp: Cápsula.

SSA: Suelo seco al aire.

SSE: Suelo seco a estufa.

%HH: Porcentaje de humedad higroscópica.

Rep: Repetición.

**Humedad equivalente**

Suelo 1							
Muestra	Celda	Cáp	Cáp vacía (g)	Cáp+SH (g)	Cáp+SSE(g)	He%	Promedio %
Ap (a)	1	130	25,30	55,25	53,05	7,93	8,0
Ap (b)	2	131	22,37	51,77	49,57	8,09	
A2 (a)	4	132	23,72	60,25	57,78	7,25	7,2
A2 (b)	5	133	23,14	61,28	58,73	7,16	
AC (a)	6	134	24,12	57,11	54,87	7,28	7,3
AC (b)	15	135	22,88	55,01	52,82	7,31	
C1 (a)	11	136	22,96	54,56	52,62	6,54	6,5
C1 (b)	9	137	23,31	53,77	51,91	6,50	
C2 (a)	10	138	23,71	57,86	56,19	5,14	5,2
C2 (b)	13	139	25,21	60,95	59,15	5,30	
Suelo 2							
Ap (a)	1	140	23,50	54,95	52,16	9,73	9,6
Ap (b)	2	141	22,92	54,43	51,73	9,37	
A2 (a)	4	142	25,07	52,74	50,51	8,77	8,6
A2 (b)	5	143	25,06	55,93	53,53	8,43	
AC (a)	6	144	23,34	53,25	50,66	9,48	9,6
AC (b)	15	145	22,73	54,90	52,05	9,72	
C1 (a)	11	146	24,29	54,61	52,16	8,79	8,5
C1 (b)	9	147	24,63	53,68	51,48	8,19	
C2 (a)	10	148	24,04	57,49	55,04	7,90	7,8
C2 (b)	13	149	23,37	53,99	51,82	7,63	

Cáp: Cápsula

SH: Suelo húmedo

SSE: Suelo seco a estufa

%HH: Porcentaje de humedad equivalente.

Densidad aparente

Suelo 1	Cil vacío (g)	SH+cil (g)	SSE + cil (g)	Vol cil (cm ³)	δap	Promedio
8b	17,25	162,32	156,48	100	1,39	1,42
9b	17,59	161,52	154,80	100	1,37	



10b	18,11	171,13	166,92	100	1,49	
Suelo 2						
11b	17,33	153,67	147,83	100	1,31	1,28
12b	16,69	150,07	144,40	100	1,28	
13b	18,08	149,72	144,59	100	1,27	

Cil: Cilindro

Vol: Volumen

SH: Suelo húmedo

SSE: Suelo seco a estufa

δ_{ap} : Densidad aparente

Densidad real

N° Muestra	Pic vacío (g)	Pic + s (g)	Pic+s+AD (g)	Pic + AD (g)	Densidad Real (g cm ⁻³)
Suelo 1					
1	17,2626	32,5398	51,4500	42,0998	2,61
2	16,3098	31,4349	50,4512	41,2172	2,60
3	17,1178	32,1463	51,1121	41,8473	2,64
4	16,5794	31,8203	50,6945	41,4742	2,56
5	15,8732	31,1516	49,9844	40,6812	2,59
				Promedio	2,60
Suelo 2					
6	18,3748	33,6262	52,2538	43,1890	2,49
7	14,2100	29,2794	48,2777	39,1859	2,55
8	16,5797	31,6781	50,7048	41,5146	2,59
9	16,5127	31,7990	50,4863	41,2290	2,56
10	14,5871	29,7036	48,4444	39,3175	2,55
				Promedio	2,55

Pic: Picnómetro.

Pic + s: Picnómetro más suelo.

Pic + s + AD: Picnómetro más suelo más agua destilada.

Pic + AD: Picnómetro más agua destilada.



Estabilidad estructural

Diámetro (mm)	Tamizado en seco	Tamizado en húmedo
Suelo 1		
8,0	100	100
4,8	55,71	81,91
2,8	25,88	77,39
2,0	20,38	76,61
1,0	0	71,84
0,5		62,49
0,0		0
Diámetro (mm)	Tamizado en seco	Tamizado en húmedo
Suelo 2		
8,0	100	100
4,8	57,39	84,57
2,8	28,18	79,67
2,0	23,71	78,83
1,0	0	75,33
0,5		65,94
0,0		0

Retención hídrica (datos volumétricos)

pF	0	1,8	2,5	4,2	4,5
Suelo 1	49,49	27,06	11,36	5,44	1,3
	47,16	28,36	12,6		
	46,37	26,77	12,76	5,54	
	47,71	28,8	12,43		
	43,91	29,51	13,14	5,63	
	47,03	28,63	13,65		
Promedio	46,9	28,2	12,7	5,5	1,3
Suelo 2	47,43	27,34	11,72	5,76	1,3
	47,06	28,08	11,97		
	50,69	30,56	15,53	5,78	
	50,25	32,58	14,28		
	48,77	25,54	11,46	5,87	
	45,24	23,41	10,15		
Promedio	48,2	27,9	12,5	5,8	1,3

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS****Fósforo total**

Suelo 1				
Muestra y rep	Absorbancia	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹	Promedio
Ap (a)	0,262	0,466	466,19	461
Ap (b)	0,256	0,456	455,52	
A2 (a)	0,182	0,324	323,84	334
A2 (b)	0,193	0,343	343,42	
AC (a)	0,212	0,377	377,22	355
AC (b)	0,187	0,333	332,74	
C1 (a)	0,193	0,343	343,42	336
C1 (b)	0,185	0,329	329,18	
C2 (a)	0,202	0,359	359,43	356
C2 (b)	0,198	0,352	352,31	
Suelo 2				
Ap (a)	0,349	0,621	621,00	632
Ap (b)	0,361	0,642	642,35	
A2 (a)	0,230	0,409	409,25	403
A2 (b)	0,223	0,397	396,80	
AC (a)	0,232	0,413	412,81	371
AC (b)	0,185	0,329	329,18	
C1 (a)	0,179	0,319	318,51	509
C1 (b)	0,393	0,699	699,29	
C2 (a)	0,340	0,605	604,98	539
C2 (b)	0,266	0,473	473,31	
Efluente 1	0,523	0,931	5919,58	5900
Efluente 2	0,550	0,979	5880,69	

**Fósforo Inorgánico**

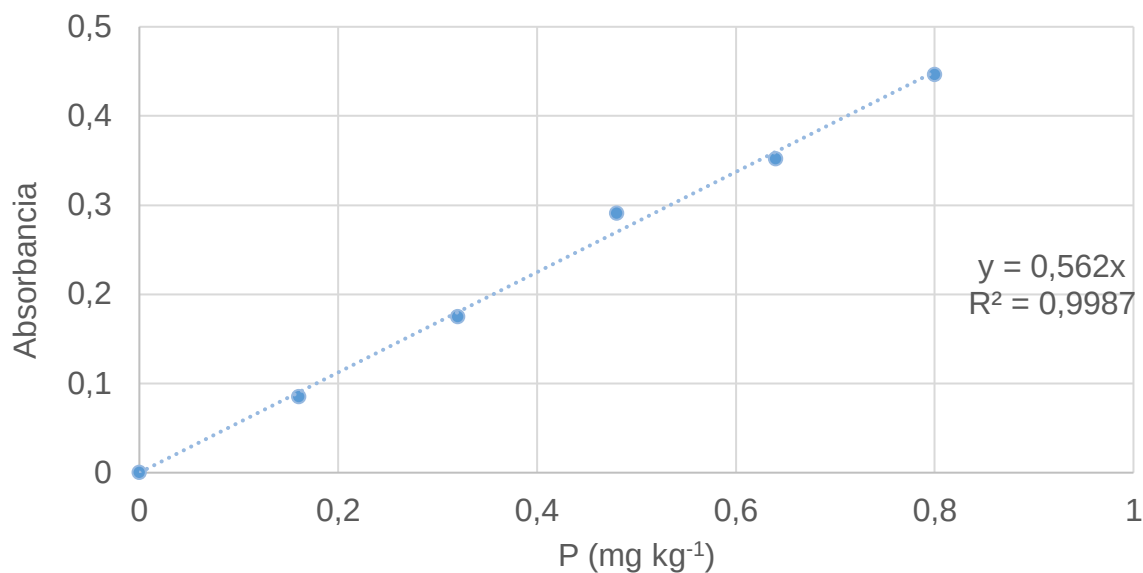
Suelo 1				
Nº Muestra	Absorbancia	mg L ⁻¹	mg kg suelo ⁻¹	Promedio
Ap (a)	0,182	0,324	323,84	327,4
Ap (b)	0,186	0,331	330,96	
A2 (a)	0,140	0,249	249,11	249.1
A2 (b)				
AC (a)	0,130	0,231	231,32	245,6
AC (b)	0,146	0,260	259,79	
C1 (a)	0,144	0,256	256,23	254,4
C1 (b)	0,142	0,253	252,67	
C2 (a)	0,175	0,311	311,39	317,6
C2 (b)	0,182	0,324	323,84	
Suelo 2				
Ap (a)	0,280	0,498	498,22	435,9
Ap (b)	0,210	0,374	373,67	
A2 (a)	0,174	0,310	309,61	316,7
A2 (b)	0,182	0,324	323,84	
AC (a)	0,188	0,335	334,52	305,2
AC (b)	0,155	0,276	275,80	
C1 (a)	0,148	0,263	263,35	247,3
C1 (b)	0,130	0,231	231,32	
C2 (a)	0,152	0,270	270,46	263,3
C2 (b)	0,144	0,256	256,23	

Fósforo orgánico

Suelo 1	
Nº muestra	mg kg de suelo ⁻¹
Ap	133,45
A2	85,52
AC	109,43
C1	81,85
C2	38,26
Suelo 2	
Ap	195,73
A2	86,30
AC	65,84
C1	261,57
C2	275,80



Curva de calibrado fósforo



Capacidad de intercambio catiónico

Suelo 1	mL1	mL2	Promedio	N ácido	CIC cmol _c kg ⁻¹
Ap	2,84	2,85	2,845	0,01	6,3
A2	2,87	2,82	2,845	0,01	6,3
AC	2,48	2,54	2,510	0,01	5,5
C1	2,46	2,45	2,455	0,01	5,3
C2	2,30	2,32	2,310	0,01	5,0
Suelo 2					
Ap	3,50	3,44	3,470	0,01	7,9
A2	2,90	2,91	2,905	0,01	6,4
AC	3,36	3,34	3,350	0,01	7,6
C1	3,14	3,12	3,130	0,01	7,0
C2	2,51	2,48	2,495	0,01	5,4
			mL	Promedio	
Blanco 1			0,30	0,33	
Blanco 2			0,36		

CATIONES INTERCAMBIABLES

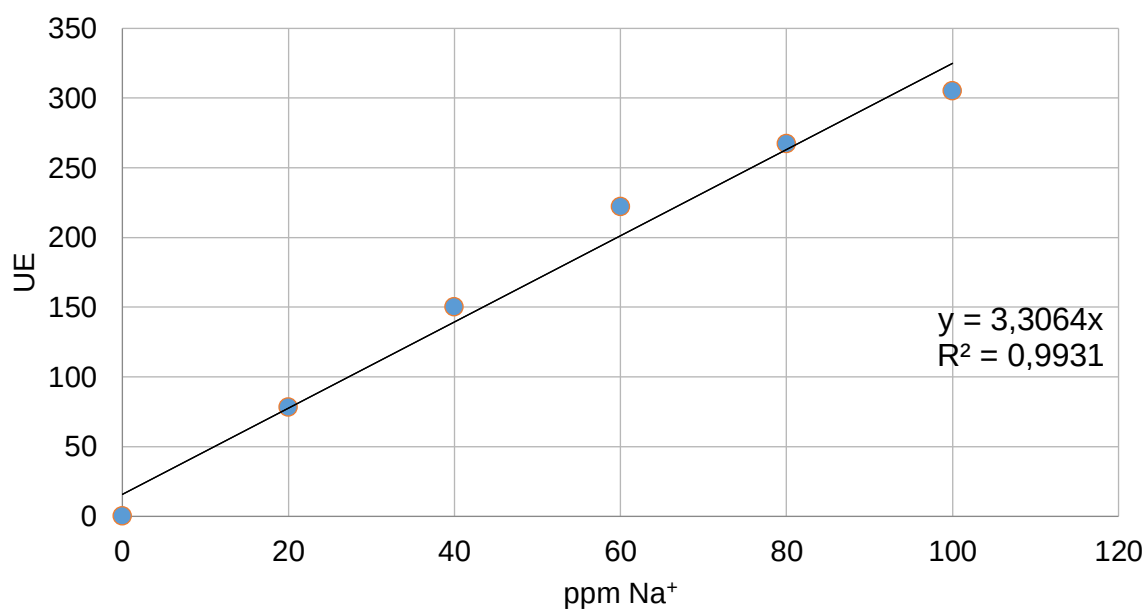
Sodio

Suelo 1	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹
Ap	10	3,024437	0,13	0,3
A2	10	3,024437	0,13	0,3
AC	7	2,117106	0,09	0,2
C1	23	6,956206	0,30	0,8
C2	23	6,956206	0,30	0,8

Suelo 2	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹
Ap	7	2,11711	0,09	0,2
A2	7	2,11711	0,09	0,2
AC	6	1,81466	0,08	0,2
C1	11	3,32688	0,14	0,3
C2	10	3,02444	0,13	0,3

UE: Unidad de escala

Curva de calibrado sodio



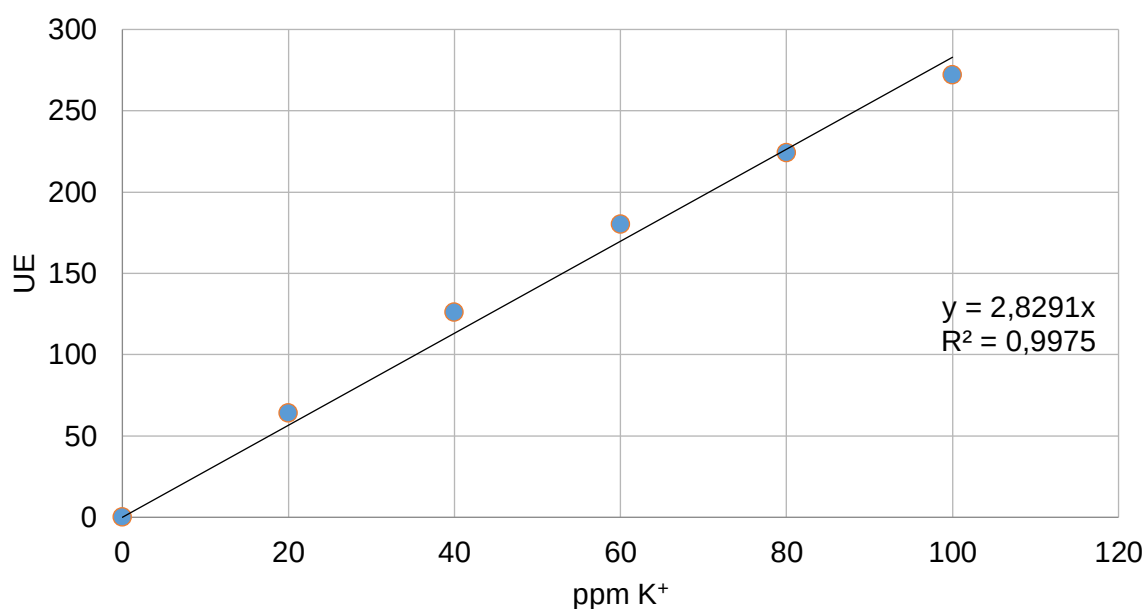


Potasio

Suelo 1	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹
Ap	106	37,4677459	1,0	2,3
A2	102	36,0538687	0,9	2,1
AC	54	19,0873423	0,5	1,2
C1	37	13,0783641	0,3	0,8
C2	40	14,138772	0,4	1,0

Suelo 2	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹
Ap	106	37,4677459	1,0	2,4
A2	90	31,8122371	0,8	2,0
AC	115	40,6489696	1,0	2,6
C1	90	31,8122371	0,8	1,9
C2	80	28,2775441	0,7	1,7

Curva de calibrado potasio





Calcio + Magnesio

Suelo 1						
Muestra	mL1	mL2	Promedio	me 5mL ⁻¹	me 2g ⁻¹ 50mL ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹
Ap	0,74	0,76	0,75	0,00675	0,0675	3,4
A2	0,84	0,84	0,84	0,00756	0,0756	3,8
AC	0,9	0,82	0,86	0,00774	0,0774	3,9
C1	0,88	0,86	0,87	0,00783	0,0783	3,9
C2	0,86	0,84	0,85	0,00765	0,0765	3,8
Suelo 2						
Ap	0,82	0,83	0,825	0,007425	0,07425	3,7
A2	0,82	0,86	0,84	0,00756	0,0756	3,8
AC	0,94	0,96	0,95	0,00855	0,0855	4,3
C1	0,91	0,92	0,915	0,008235	0,08235	4,1
C2	0,74	0,78	0,76	0,00684	0,0684	3,4



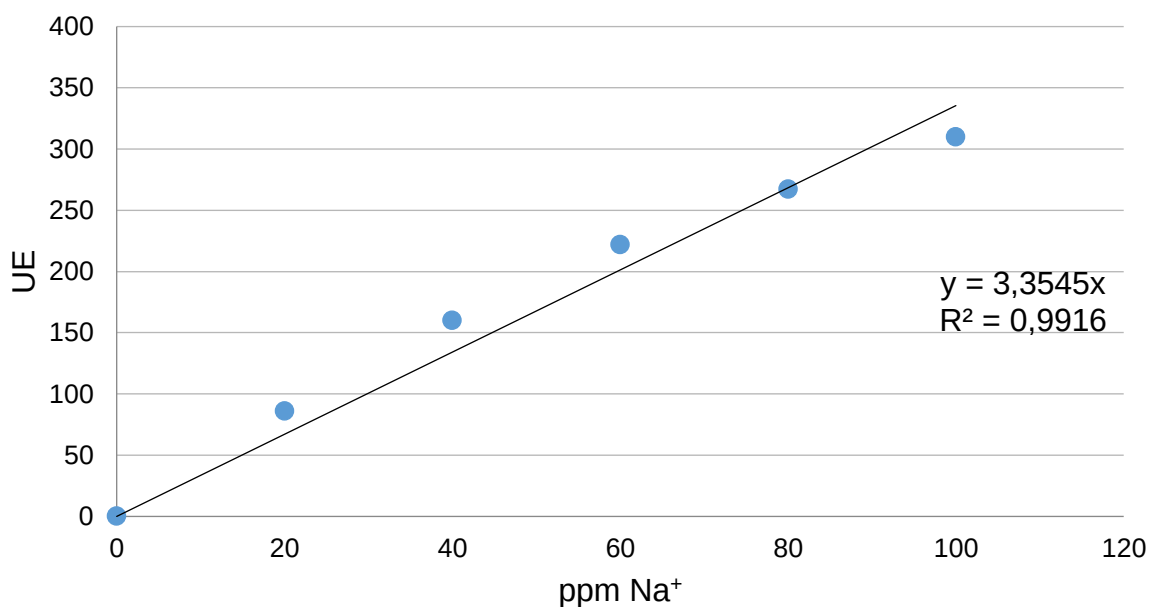
DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES

Sodio – Extracto de saturación

Suelo 1	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹
Ap	107	31,8975	1,4
A2	85	25,3391	1,1
AC	60	17,8864	0,8
C1	65	19,377	0,8
C2	105	31,3012	1,4

Suelo 2	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹
Ap	48	14,3091	0,6
A2	40	11,9243	0,5
AC	37	11,03	0,5
C1	51	15,2035	0,7
C2	75	22,358	1,0

Curva de calibrado sodio

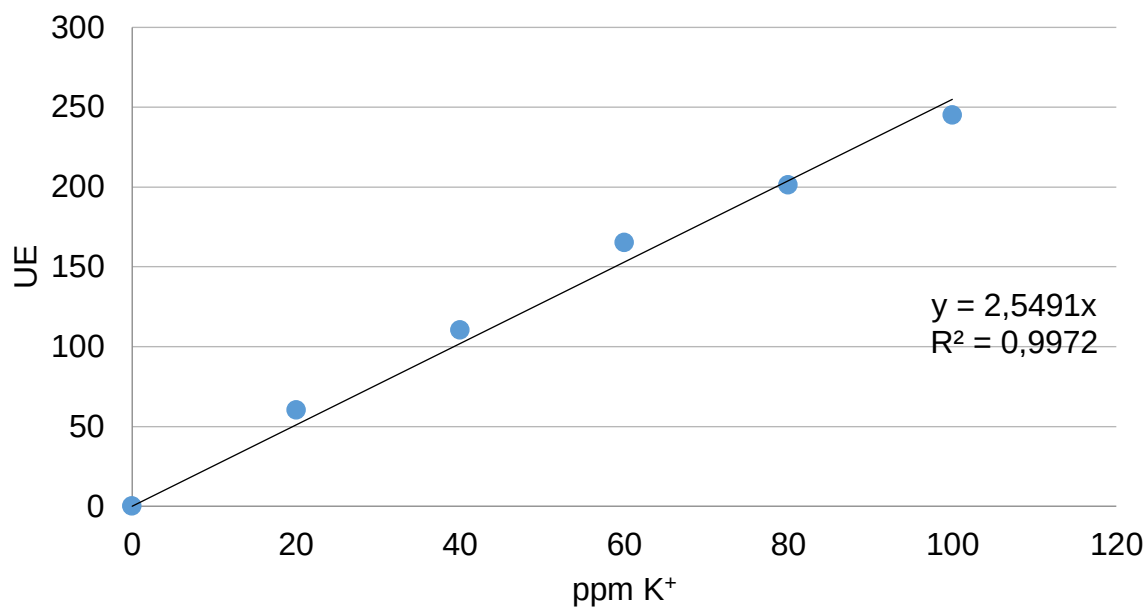


Potasio – Extracto de saturación

Suelo 1	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹
Ap	80	31,38	0,8
A2	90	35,31	0,9
AC	45	17,65	0,5
C1	30	11,77	0,3
C2	50	19,61	0,5

Suelo 2	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹
Ap	94	36,8758	0,9
A2	85	33,3451	0,9
AC	100	39,2295	1,0
C1	105	41,191	1,1
C2	55	21,5762	0,6

Curva de calibrado potasio





Calcio más magnesio – Extracto de saturación

Suelo 1				
Muestra	mL 1 EDTA	mL 2 EDTA	Promedio mL	me L ⁻¹
Ap	0,38	0,34	0,36	1,6
A2	0,38	0,40	0,39	1,8
AC	0,22	0,28	0,25	1,1
C1	0,28	0,22	0,25	1,1
C2	0,28	0,22	0,25	1,1
Suelo 2				
Ap	0,36	0,38	0,37	1,7
A2	0,32	0,26	0,29	1,3
AC	0,24	0,22	0,23	1,0
C1	0,20	0,20	0,20	0,9
C2	0,21	0,19	0,20	0,9

Bicarbonatos – Extracto de saturación

Suelo 1				
Muestra	mL 1 H ₂ SO ₄	mL 2 H ₂ SO ₄	Promedio mL	me L ⁻¹
Ap	0,24	0,26	0,25	0,6
A2	0,24	0,24	0,24	0,6
AC	0,26	0,24	0,25	0,6
C1	0,24	0,26	0,25	0,6
C2	0,24	0,24	0,24	0,6
Suelo 2				
Ap	0,20	0,20	0,20	0,5
A2	0,24	0,22	0,23	0,6
AC	0,26	0,25	0,26	0,6
C1	0,21	0,20	0,21	0,5
C2	0,20	0,20	0,20	0,5



Cloruros – Extracto de saturación

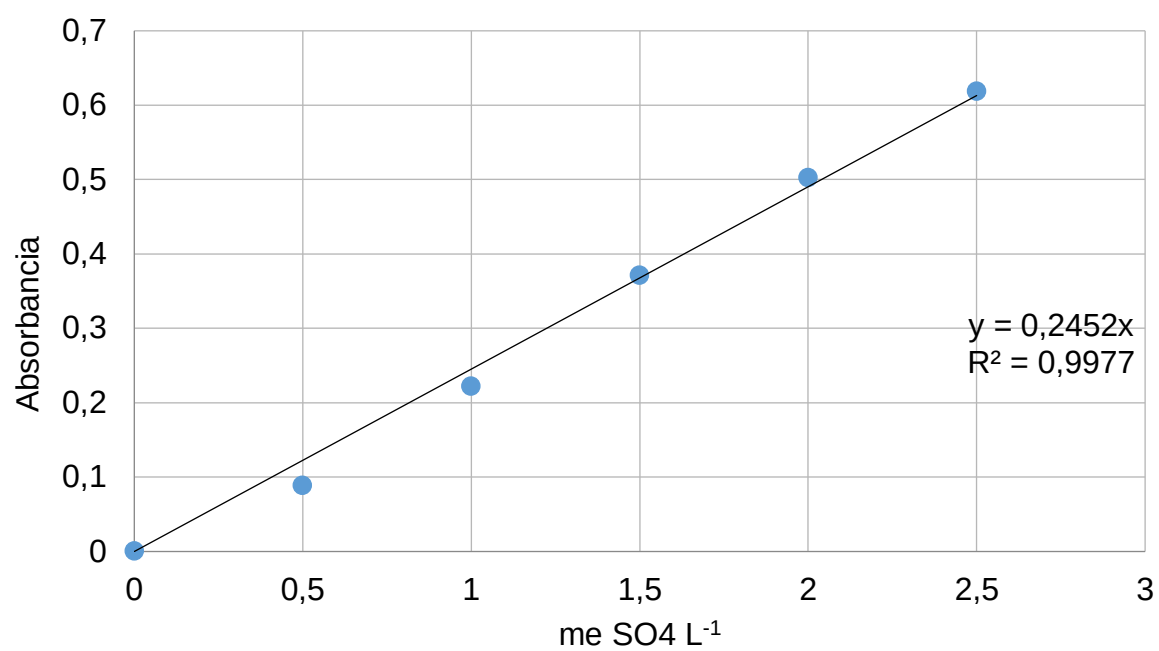
Suelo 1				
Muestra	mL 1 AgNO ₃	mL 2 AgNO ₃	Promedio mL	me L ⁻¹
Ap	0,66	0,70	0,68	1,7
A2	0,56	0,61	0,59	1,5
Ac	0,31	0,30	0,31	0,8
C1	0,35	0,35	0,35	0,9
C2	0,46	0,46	0,46	1,2
Suelo 2				
Ap	0,24	0,24	0,24	0,6
A2	0,16	0,14	0,15	0,4
AC	0,17	0,18	0,18	0,4
C1	0,30	0,27	0,29	0,7
C2	0,24	0,22	0,23	0,6

Sulfatos – Extracto de saturación

Suelo 1			Factor de dilución p/ muestra 5 (2 en 10)
Muestra	Absorbancia	me L ⁻¹	
Ap	0,2	0,82	
A2	0,205	0,84	
AC	0,374	1,53	
C1	0,219	0,89	
C2	0,098	0,40	2,00

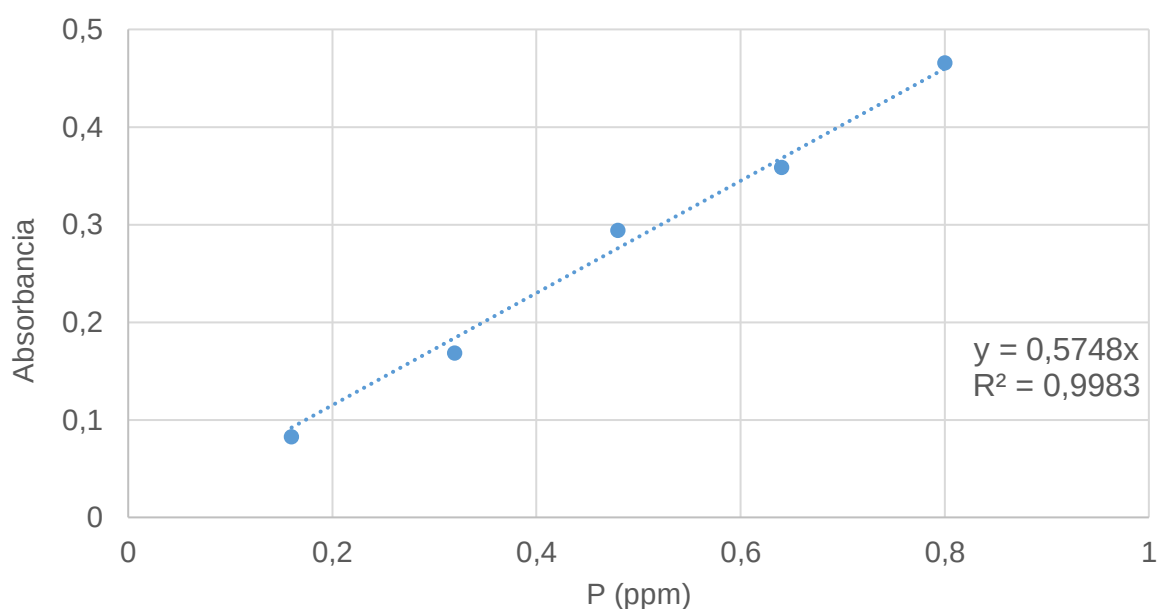
Suelo 2		
Muestra	Absorbancia	me L ⁻¹
Ap	0,320	1,31
A2	0,300	1,22
AC	0,194	0,79
C1	0,222	0,91
C2	0,159	0,65

Curva de calibrado sulfatos



**DETERMINACIONES DE FERTILIDAD****Fósforo extraíble**

Suelo	Absorbancia	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹	Promedio
Suelo 1 (Ap)	0,619	1,08	37,7	38
Suelo 1 (Ap)	0,614	1,07	37,4	
Suelo 2 (Ap)	0,769	1,34	46,8	47
Suelo 2 (Ap)	0,765	1,33	46,6	

Curva de calibrado fósforo asimilable**Nitrógeno total**

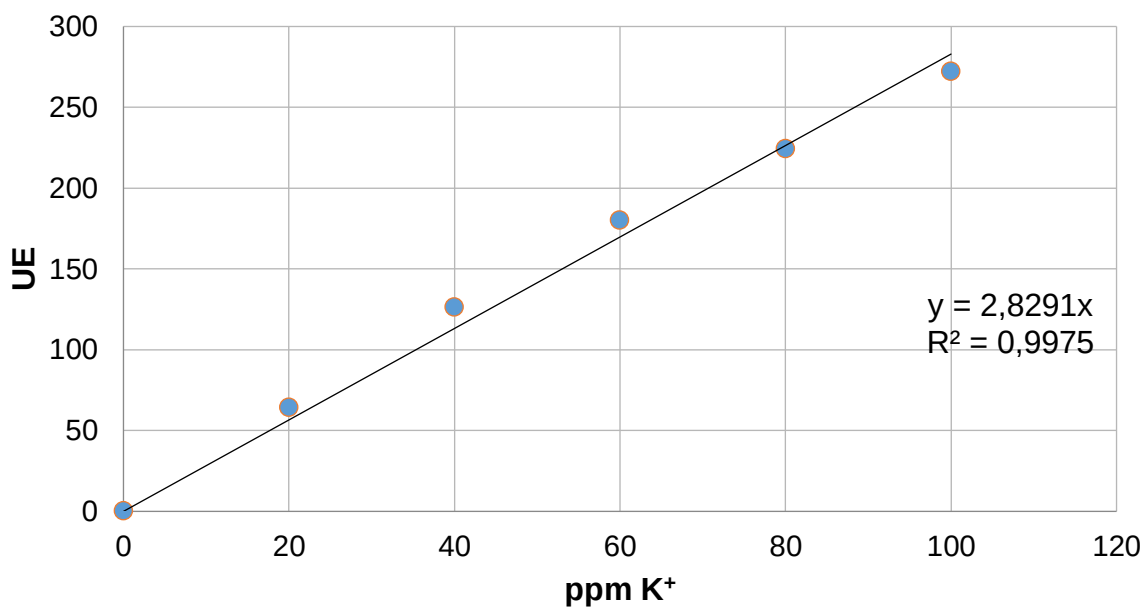
Muestra	mL ⁻¹ H ₂ SO ₄	peso suelo (g)	g N kg suelo ⁻¹
Suelo 1 (Ap)			
1A	1,20	0,150	0,6
2B	1,22	0,145	0,6
Suelo 2 (Ap)			
2A	1,45	0,160	0,8
2B	1,39	0,155	0,7



Potasio Asimilable

K ⁺ asimilable	UE	mg L ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹
Suelo 1 (Ap)	158	55,8481	558
Suelo 2 (Ap)	133	47,0114	470

Curva de calibrado potasio



Carbono orgánico y Materia orgánica

Suelo 1			
Muestra	% C	g C kg suelo ⁻¹	Materia orgánica
Ap	0,66	6,6	11,4
A2	0,46	4,6	7,9
AC	0,28	2,8	4,8
C1	0,16	1,6	2,8
C2	0,06	0,6	1,0
Suelo 2			
Ap	1,06	10,6	18,3
A2	0,61	6,1	10,5
AC	0,59	5,9	10,2
C1	0,37	3,7	6,4
C2	0,17	1,7	2,9
Efluente	39,59	395,9	-
Fertilidad suelo 1 (Ap)	0,56	5,6	9,7
Fertilidad suelo 2 (Ap)	0,70	7	12,1



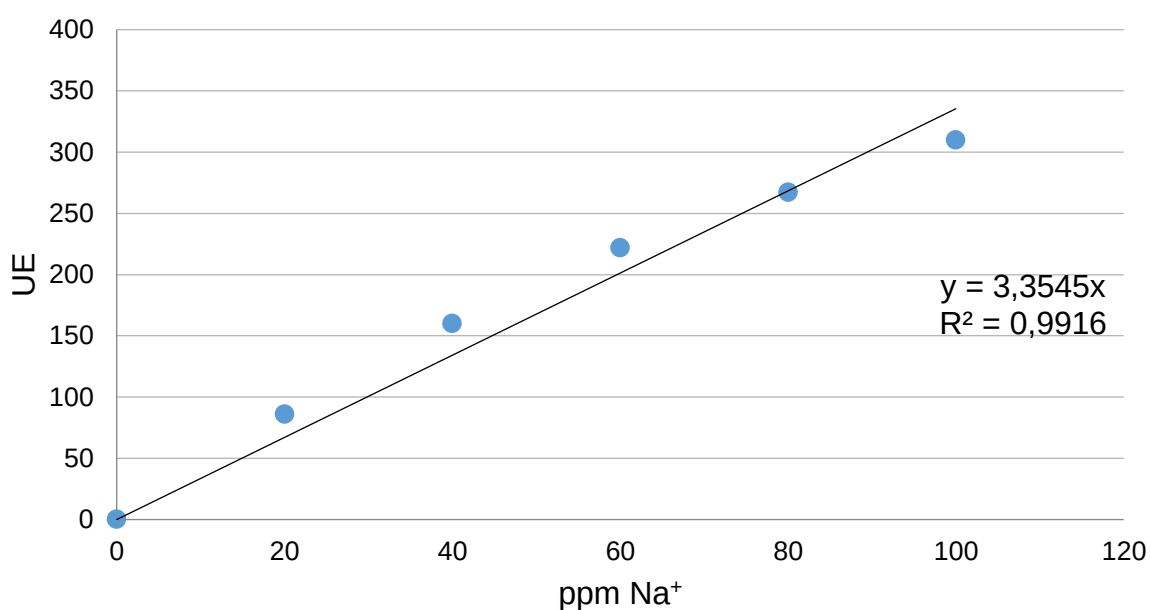
CALIDAD DE AGUAS

Calcio más magnesio

Muestras de Agua	mL 1 EDTA	mL 2 EDTA	Promedio mL	me L ⁻¹
Feedlot	1,00	1,04	1,02	4,6
Tambo	0,7	0,7	0,70	3,2

Sodio

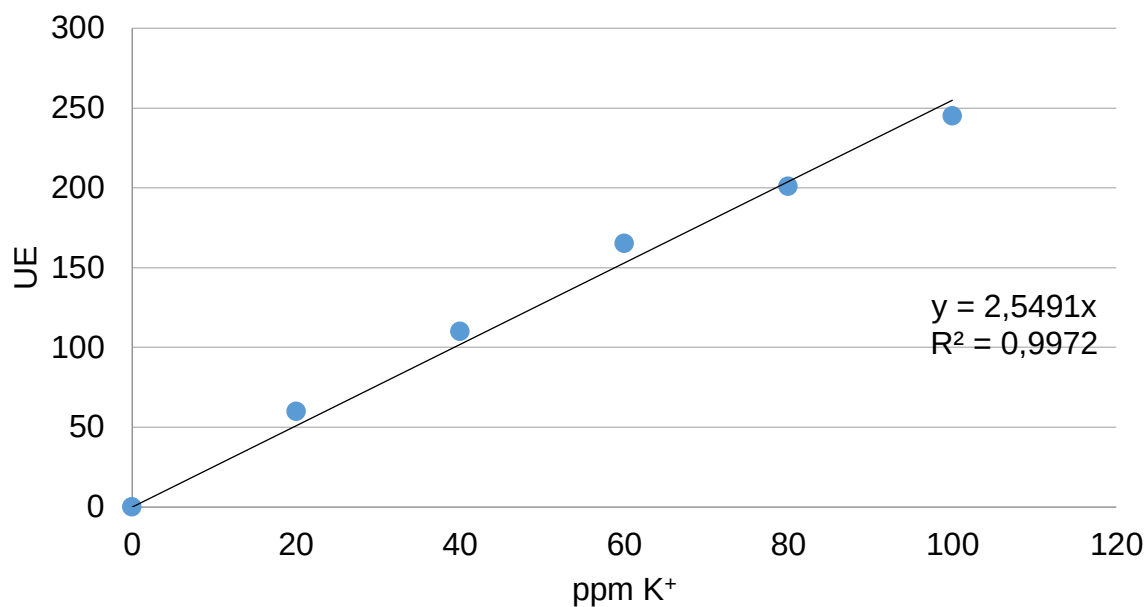
				Dilución
Muestras de agua	Na UE	mg/L	me/L	2,5
Perforación 1 Feedlot	510	152,0345804	6,6	16,5
Perforación 2 Tambo	226	67,37218661	2,9	7,3



Curva de calibrado sodio.

Potasio

Muestras de agua	UE	mg L ⁻¹	me L ⁻¹
Feedlot	30	11,76886	0,3
Tambo	13	5,099839	0,1



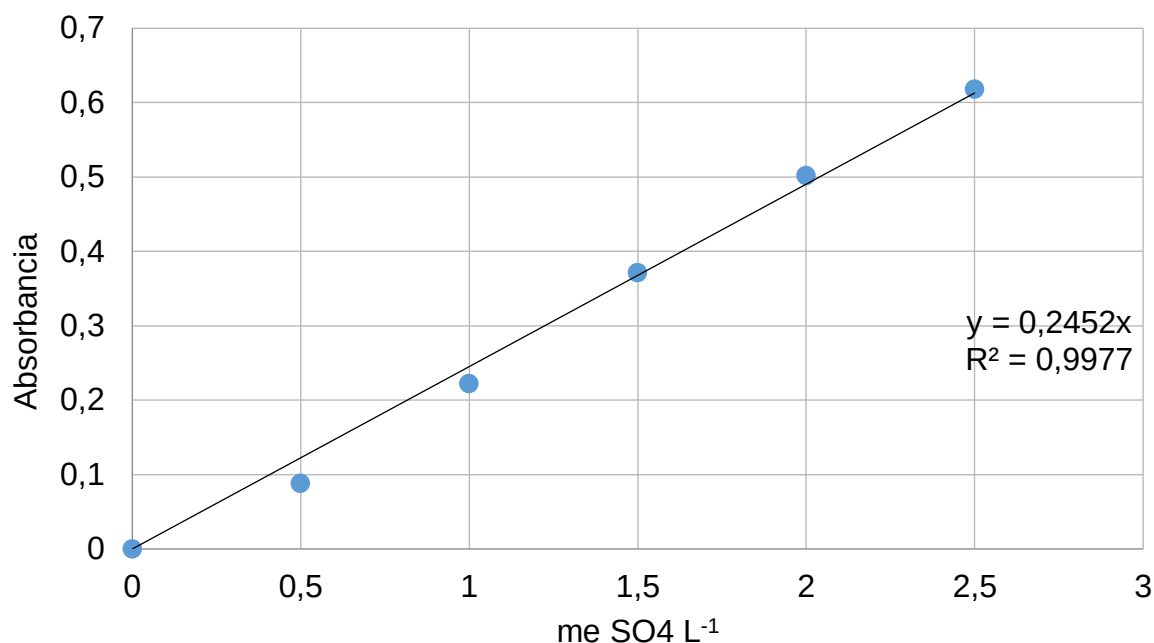
Curva de calibrado potasio.

Cloruros

Muestras agua	mL1 AgNO ₃	mL2 AgNO ₃	Promedio mL	me L ⁻¹
Feedlot	3,28	3,36	3,32	8,3
Tambo	0,46	0,46	0,46	1,2

Sulfatos

			Factor de dilución (5 en 10)
Muestras de Agua	Absorbancia	me L ⁻¹	
Feedlot	0,773	3,15	6,31
Tambo	0,586	2,39	4,78



Curva de calibrado sulfatos.

Bicarbonatos

Muestras de Agua	mL1 H ₂ SO ₄	mL2 H ₂ SO ₄	Promedio mL	me L ⁻¹
Feedlot	4,48	4,4	4,44	11,1
Tambo	3,16	3,18	3,17	7,9

EFLUENTE

Sólidos totales

	P cáp vacía (g)	P cáp + EH (g)	P cáp + ESE (g)	mL de muestra	ST (g L ⁻¹)	Promedio
Rep 1	70,7439	93,5314	71,53	25	31,444	32,370
Rep 2	79,4526	104,3042	80,285	25	33,296	

P cáp: Peso de la cápsula.

P cáp + EH: Peso de la cápsula más el efluente húmedo.

P cáp + ESE: Peso de la cápsula más el efluente seco a estufa.

ST: Sólidos totales.



Sólidos volátiles

	P cáp vacía (g)	P cáp + ESE (g)	P cáp + EM	mL de muestra	SV (g L⁻¹)	Promedio
Rep 1	70,7439	71,53	71,0108	25	20,768	21,23
Rep 2	79,4526	80,285	79,7427	25	21,692	

P cáp: Peso de la cápsula.

P cáp + ESE: Peso de la cápsula más el efluente seco a estufa

P cáp + EM: Peso de la cápsula más el efluente muflado.

SV: Sólidos volátiles.