



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TRABAJO FINAL

TÉCNICO SUPERIOR AGRARIO EN SUELOS Y AGUAS

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

**“Caracterización de dos suelos del partido de
Coronel Dorrego”**

Gimenez, Conrado Mariano.

Pasini, Leonardo

2024

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
2.1	UBICACIÓN.....	5
2.2	CLIMA.....	6
2.3	VEGETACIÓN	8
2.4	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DEL ÁREA	9
3	MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1	TRABAJO DE CAMPO.....	10
3.2	TRABAJO DE LABORATORIO	12
3.2.1	Análisis físicos	12
3.2.2	Análisis químicos.....	15
3.2.3	Actividad microbiana.....	21
4	RESULTADOS.....	22
4.1	SUELO “1”	22
4.1.1	Factores de sitio y descripción morfológica	22
4.1.2	Características físicas.....	25
4.1.3	Características químicas.	27
4.1.4	Parámetros de fertilidad y actividad biológica.....	29
4.1.5	Interpretación de resultados de campo y laboratorio.....	30
4.1.6	Clasificación de los suelos.....	32
4.2	SUELO “2”	33
4.2.1	Factores de sitio y descripción morfológica	33
4.2.2	Características físicas.....	36
4.2.3	Características químicas.	38
4.2.4	Parámetros de fertilidad y actividad biológica.....	40
4.2.5	Interpretación de resultados de campo y laboratorio.....	41
4.2.6	Clasificación de los suelos.....	42
4.3	CALIDAD DE AGUAS	43
5	CONCLUSIONES.....	44
6	BIBLIOGRAFÍA	45

1 INTRODUCCIÓN

El partido de Coronel Dorrego se encuentra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Cuenta con una superficie de 581.800 ha ([Coronel Dorrego en la provincia de Buenos Aires - Municipio y gobierno municipal de Argentina \(municipalidad-argentina.com.ar\)](http://municipalidad-argentina.com.ar)); limitando al oeste con el partido de Coronel Rosales, al norte con Coronel Pringles, al este con Tres Arroyos y al sur con el mar argentino y el municipio de Monte Hermoso.

Fisiográficamente corresponde al sector meridional de la pampa subhúmeda, con la particularidad que le imprime la cercanía del sistema serrano de Ventania.

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona conforma una planicie con una suave ondulación hacia el oeste y moderada pendiente hacia el mar; determinando el desarrollo de una red hidrográfica exorreica que asegura el normal escurrimiento de los excesos de agua. La estabilidad de la geoforma ha promovido la génesis de suelos a partir de un material parental de origen eólico, caracterizado por una disminución en el contenido de la fracción fina, el que se superpone al manto de tosca de profundidad variable y comúnmente a menos de 100 cm del tope del suelo.

El objetivo principal de este trabajo fue analizar dos suelos situados en el establecimiento “Estancia Gil” (Fig. 1), para determinar sus características, grado de desarrollo y productividad a partir de análisis morfológicos, físicos, químicos y biológicos. También se analizó la calidad del agua con la que cuenta el establecimiento.

2 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN

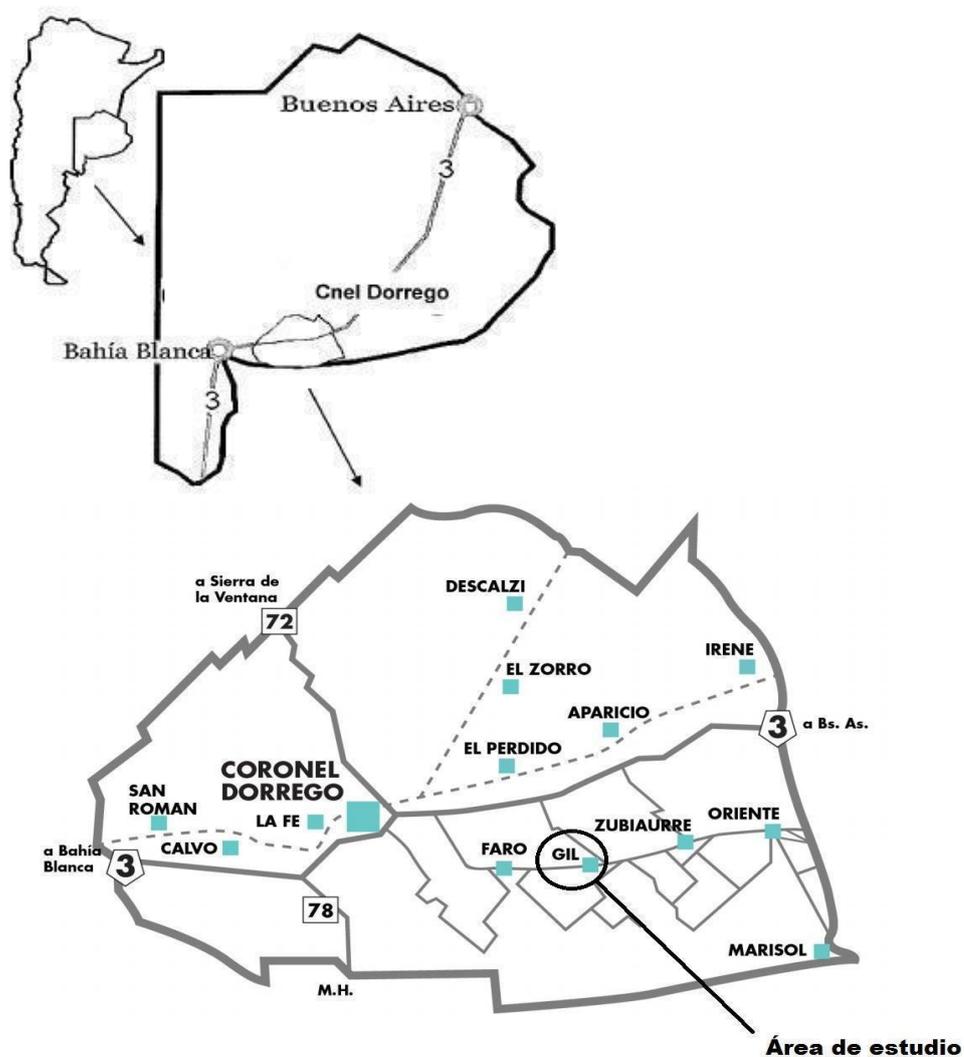


Figura 1. Localización del área de estudio en el partido de Coronel Dorrego, Bs As.

2.2 CLIMA

El clima de la zona, se clasifica como templado subhúmedo con marcada influencia marítima. El valor de la temperatura media anual es de 14,6°C, con una manifiesta oscilación entre los valores máximos (41,5°C en los meses de verano) y mínimos (-7°C en los meses de invierno). El periodo de heladas se inicia normalmente a fines de marzo y concluye a principios de noviembre.

La precipitación media anual para la serie histórica 1893-2003 fue de 669 mm (Fig. 2; Sequeira, 2005) siendo los meses húmedos los de otoño y primavera; observándose una marcada alternancia de años secos y húmedos con respecto al valor medio anual. El promedio de precipitaciones tomadas en el establecimiento (Tabla 1) durante los últimos 6 años fue de 842 mm con promedios anuales que van desde 735 mm a 1039 mm, estos marcan variaciones interanuales muy destacadas que tienen origen principalmente en procesos frontales o de corrientes convergentes y un bajo porcentaje en procesos convectivos o locales que generalmente ocurren en las estaciones cálidas (Sequeira, 2005.).

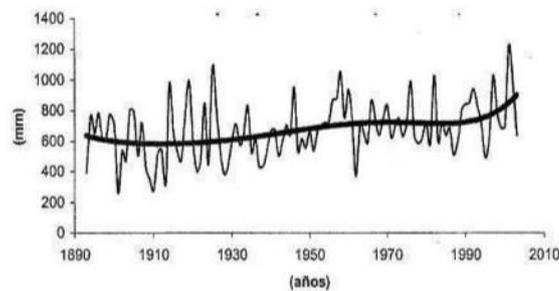


Figura 2. Tendencia de la precipitación media anual. Coronel Dorrego, Prov. Buenos Aires. (1893-2003). Fuente Sequeira, 2005

Tabla 1. Precipitaciones mensuales (mm) en el partido de Coronel Dorrego.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
2018	174	45	67	41	86	42	28	37	30	35	36	111	735
2019	73	30	79	75	95	85	49	64	46	115	80	103	892
2020	31	120	64	21	79	113	26	90	44	98	24	105	814
2021	169	52	51	44	134	100	186	57	32	51	54	94	1023
2022	62	72	17	93	34	95	18	69	106	64	81	71	781
2023	53	20	79	66	48	33	63	78	23	79	157	109	808

Según el mapa de regímenes de temperatura y humedad del suelo (Van Wambeke y Scopa, 1976), el área de estudio se encuentra en un régimen de humedad údico, siendo el régimen de temperatura térmico.

En cuanto a la dirección de los vientos, predominan los del NO en época estival, mientras que en época invernal prevalecen los del S y SO.

2.3 VEGETACIÓN

El partido de Coronel Dorrego se encuentra dentro de la zona fitogeográfica denominada estepa pampeana (Cabrera, 1971); las especies predominantes son las gramíneas. Las gramíneas cespitosas más comunes pertenecen a los géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Melica*, *Bromus* y *Poa*. Entre las especies, símbolo de la flora del partido, se encuentra la *Parkinsonia aculeata* (cina cina). Otras especies características de la zona son *Cynodon dactylon* (gramilla), *Medicago minima* y *Melilotus indicus* (tréboles), *Salsola Kali* (cardo ruso), *Foeniculum vulgare* (hinojo amargo), *Stipa brachychaeta* (paja vizcachera), *Malva sylvestris* (malvas), *Spartium junceum* (retama de olor), *Typha* spp. (totoras), *Juncus* spp. (juncos) y *Cortaderia selloana* (cortaderas).

Las especies arbóreas fueron introducidas por el hombre y entre ellas se encuentran: *Eucalyptus cinerea* y *E. viminalis* (eucaliptos), *Tamarix ramosissima* (tamarisco), *Populus nigra* variedad *italica* (álamo columnar), *Populus alba* (álamo plateado), *Populus deltoide* (álamo americano), *Pinus* spp. (pinos), *Cedrus deodara* (cedro del Himalaya), *Cedrus atlántica* (cedro azul), *Acacia de albata* (aromo francés), *Acacia longifolia* (acacia trinervis).

2.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DEL ÁREA

La distribución espacial de los distintos tipos de suelos y sus propiedades, están ligadas a las características del paisaje en el que evolucionan. Los factores principales que intervienen en la pedogénesis son el clima, el relieve y los materiales originarios.

En la llanura, el relieve es plano suavemente ondulado y sus suelos evolucionan a partir de sedimentos eólicos donde se observan una importante participación de la fracción arena (texturas franco arenosas hasta franco arcillo arenosas) y horizontes de espesor variable depositados sobre un horizonte petrocálcico relíctico y en ocasiones sobre otros horizontes heredados de perfiles que han sido truncados parcialmente. Los suelos dominantes presentan moderado desarrollo y su profundidad efectiva está limitada por la tosca que se encuentra normalmente entre los 60 y 100 cm (INTA – SAGyP, 1989).

Otros suelos, con menor distribución areal son los que ocupan los cañadones. Son profundos, tienen buen drenaje, están totalmente lavados y en general, presentan un mayor desarrollo del horizonte A respecto de los suelos de los planos altos circundantes, debido a que reciben mayor aporte de agua desde los sectores laterales. Estos suelos no presentan limitaciones para su uso más allá de las climáticas.

Los suelos de las terrazas aluviales de los valles funcionales que disectan la llanura, tienen escaso desarrollo pedogenéticos, y se componen de sedimentos estratificados de diferente granulometría, la que responde a la dinámica fluvial.

En el sector costero los suelos se generan a partir de materiales eólicos de textura gruesa, tienen desarrollo incipiente, baja retención hídrica y alta susceptibilidad a la erosión eólica.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TRABAJO DE CAMPO

La ejecución del trabajo de campo consistió en un reconocimiento previo del área de estudio y luego, en la apertura de dos calicatas; ambas fueron realizadas en el mismo lote, la primera presenta un cultivo de maíz (Suelo 1) y la segunda con rastrojo de maíz (Suelo 2).

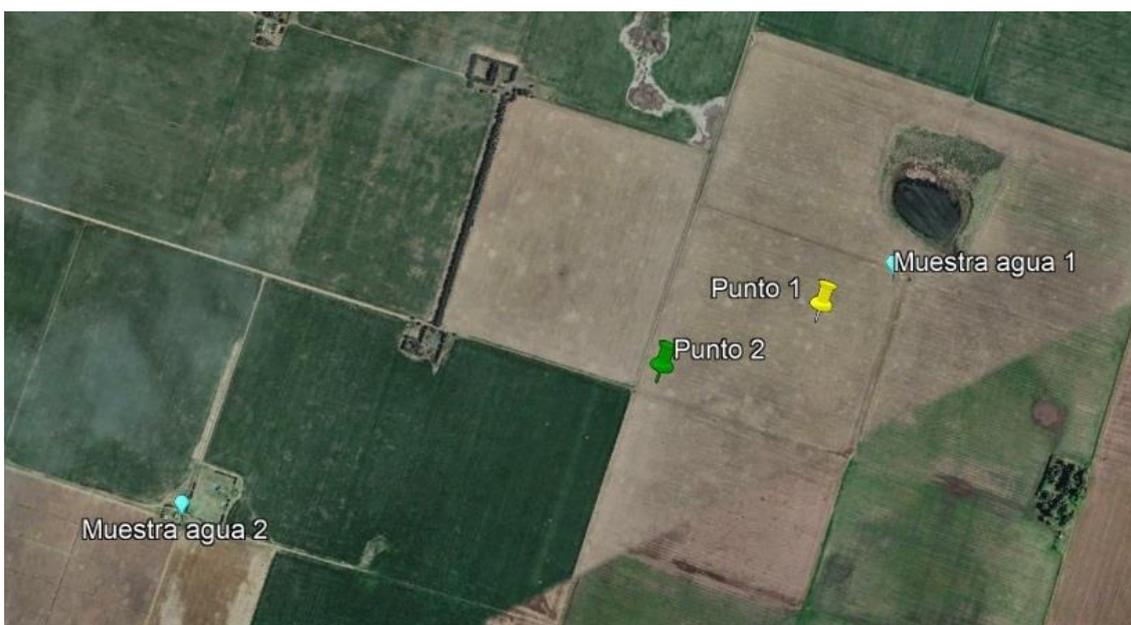


Imagen 1. Captura satelital de las muestras a evaluar.

Se describieron los factores de sitio y la morfología de los dos perfiles y posteriormente se tomaron muestras puntuales de cada uno de los horizontes identificados para realizar las determinaciones analíticas de caracterización.

Además, en el horizonte superficial (0-10 cm), se tomaron muestras sin disturbar con pala para evaluar la estabilidad estructural. También, se sacaron muestras con cilindros extractores de peso y volumen conocido para determinar la densidad aparente, efectuar la curva de retención hídrica y calcular la porosidad total y la distribución por tamaño de los poros del suelo. La determinación microbiológica fue cuantificada en muestras disturbadas tomadas en dos profundidades, 0-10 y 10-20 cm conservados a baja temperatura (4 ° C).

Los análisis de fertilidad se realizaron sobre muestras compuestas tomadas al azar en el área cercana a las calicatas, con muestreador de capa arable a 0-15 cm de profundidad.

Con la finalidad de analizar la calidad de las aguas del establecimiento, se extrajeron muestras cercanas a los lugares donde se realizó el muestreo de los suelos: un molino cercano al lote muestreado y un tanque de agua que abastece otra parcela del campo.

3.2 TRABAJO DE LABORATORIO

3.2.1 Análisis físicos

- **Análisis granulométrico (Método de la pipeta de Robinson, Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021)):** se realiza siguiendo los siguientes pasos:
 1. 30 g o 40 g de suelo seco al aire para horizontes con mayor contenido de CaCO_3 .
 2. Destrucción de la materia orgánica con agua oxigenada 130 mL.
 3. Destrucción de carbonatos con ácido clorhídrico 1 N en los horizontes con presencia de calcáreo y posterior lavado con agua destilada.
 4. Dispersión de la muestra con solución dispersante de hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio, agitación mecánica durante 10 horas y separación de las fracciones:
 - Limo más arcilla: por pipeteo 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: por pipeteo luego de dejar reposar 4 horas, 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 los resultados obtenidos para limo más arcilla y arcilla.
 - Arenas: se tamizan y lavan con agua por un tamiz de 50 micrones, con la ayuda de hidróxido de sodio 0,5 N aplicado al tamiz, para reducir la floculación. Se lleva a estufa y una vez secas, se separan los diferentes tamaños de arenas. Se pesan las subfracciones y en base a la muestra original se calcula su porcentaje.

- **Densidad aparente (Método del cilindro de Kopecky, Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021)):** se extraen muestras de suelo sin disturbar mediante el empleo de cilindros metálicos extractores cuyo peso y volumen son conocidos, procurando no alterar la estructura del suelo. Se alisan bien los extremos cortando los excesos con un cuchillo y se llevan a estufa 105°C hasta peso constante. Una vez seco el suelo se pesa y se calcula la densidad aparente.
- **Densidad real (Método del Picnómetro, Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021)):** se calcula a partir de la masa y volumen de una muestra de suelo, en este caso 12 g de suelo. La masa se determina por pesada y el volumen se calcula a partir de la masa y la densidad del agua desplazada por la muestra.
- **Curva de retención hídrica y distribución del tamaño de poros (Método de Richards, Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021))** calculada a partir de datos obtenidos con la mesa de succión y olla de presión. Se someten las muestras no alteradas de suelo saturado a diferentes succiones en este caso a pF 1; 1,8; 2,5 y 4,2.
- **Humedad equivalente (Método de la centrífuga universal, Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021)):** se coloca 20 g de suelo seco al aire en celdillas, en el fondo de las cuales se ha colocado previamente un papel de filtro. Estas muestras se dejan en agua durante una hora para que se saturen completamente. Luego se colocan las celdillas en la centrífuga que se pondrá a operar con una velocidad de 2500 rpm. Luego se toma una alícuota de cada una, se pasa a una cápsula previamente tarada y se pesa. Se lleva a la estufa a 105°C hasta peso constante. Por último, se calcula el porcentaje gravimétrico de agua en base al peso seco.

- **Humedad higroscópica (Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021)):** se colocan 20 a 30 g 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. Se expresa el porcentaje de humedad gravimétrica.
- **Estabilidad estructural (Método De Leenheer y De Boodt, Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos (2021)):** 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, dispersión por tamizado en agua).

3.2.2 Análisis químicos

Análisis Químicos en Suelo

- **pH (Método potenciométrico, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** En el análisis del extracto de saturación, se parte de la preparación con 400 g de suelo. Asimismo, se emplea la técnica de suspensión suelo-agua, donde se mezclan 20 g de suelo seco al aire con agua en una proporción específica de 1 a 2,5. Tras agitar la mezcla por un lapso de 30 segundos, se permite que repose durante una hora. Posteriormente se procede a medir el pH.
- **Conductividad eléctrica (Método potenciométrico, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** se mide en el extracto de saturación preparado con 400 g de suelo seco al aire una pasta que se filtrara con una bomba de vacío, luego se procede a medir la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro.
- **Calcio más Magnesio (Método valoración complejo métrica por titulación, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** se procede inicialmente pipeteando con precisión 2 mL de la alícuota del extracto y transfiriéndolos al Erlenmeyer de 125 mL, donde se diluyen con agua destilada. 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, un paso crucial en el análisis que permitirá determinar con exactitud la concentración de ciertos componentes en la muestra.
- **Sodio y Potasio (Método espectroscópico por emisión de llama, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** Por fotometría de emisión a la llama, consiste en asperjar una muestra del extracto 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 (Método de Mohr, Análisis químico de suelos. M. L. Jackson.):** Se basa en la titulación argento métrica de 2 mL de alícuota, donde se utiliza cromato de potasio (K_2CrO_4) como indicador en una solución ajustada el pH con hidróxido de sodio. Se titula con nitrato de plata ($AgNO_3$) para precipitar los iones cloruro presentes en la muestra
- **Carbonatos y bicarbonato (Método título métrico, Análisis químico de suelos. M. L. Jackson.):** se toman 2 mL de alícuota 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, Análisis químico de suelos. M. L. Jackson.):** 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.
- **Cationes intercambiables (CI) (Método del acetato de amonio a pH 7, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** se pesa 2 g de suelo en un tubo de centrifuga se desplazan los cationes del complejo de cambio con acetato de amonio 1 N pH 7, se agita 5 minutos, centrifugar y filtrar. En el extracto obtenido se determina sodio y potasio por fotometría de emisión a la llama y calcio más magnesio por titulación complejo métrica.
- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Método del acetato de amonio a pH 7, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022).):** se satura el complejo de cambio con acetato de sodio 1 N a pH 8,2; se lava el exceso de sodio cuatro veces con alcohol etílico, luego desplaza el sodio absorbido con acetato de amonio 1 N pH 7 y se mide por fotometría de emisión a la llama.

- **Materia orgánica (Método Walkley & Black por titulación, Guía para actividades sobre Fertilidad de Suelos y Fertilizantes, Relación suelo plantas y nutrientes (2022).):** consiste en la oxidación del carbono en una alícuota de 10 mL con dicromato de potasio 1 N, en presencia de ácido sulfúrico y posterior valoración del exceso de dicromato con sal de Mohr, usando como indicador difenilamina.
- **Nitrógeno total (Método Kjeldahl, Guía para actividades sobre Fertilidad de Suelos y Fertilizantes, Relación suelo plantas y nutrientes (2022)):** se basa en la oxidación húmeda de la materia orgánica que permite la transformación del nitrógeno orgánico en amonio. El método consta de dos pasos: digestión de la muestra y determinación del amonio por destilación y titulación del destilado.
- **Fósforo inorgánico + orgánico (Método Saunders & Williams):** Consiste en incinerar 1 g de la muestra a 550°C durante 1 hora, extraer el fósforo con ácido, medir la absorción espectral y calcular la concentración de fósforo. Se utilizan curvas de calibración y ecuaciones específicas para determinar la concentración de fósforo orgánico e inorgánico en el suelo.

Paralelamente en 1 g de la muestra de suelo, se extrae el fósforo con ácido, medir la absorción espectral y calcular la concentración de fósforo. Se utilizan curvas de calibración y ecuaciones específicas para determinar la concentración de fósforo inorgánico en el suelo.

El fósforo orgánico se estima por diferencia entre el fósforo orgánico + inorgánico y el fósforo inorgánico en una muestra de suelo incinerada a 550°C y del de otra no incinerada.

- **Fósforo Total (Método de Peinemann, comunicación personal):** se realiza una digestión del suelo a elevada temperatura con ácido nítrico y clorhídrico para su extracción. Se determina el fósforo presente mediante fotolorimetría.
- **Potasio asimilable (Método de Bray & Kurtz, Guía para actividades sobre Fertilidad de Suelos y Fertilizantes, Relación suelo plantas y nutrientes (2022)):** se utiliza como solución extractiva acetato de amonio 1 N a pH 7. Se determina el potasio en el extracto por fotometría de emisión a la llama.

- **Determinación de calcáreo (Método del calcímetro volumétrico. Loeppert, R.H. and Suarez, D.L.):** se determina el desprendimiento de dióxido de carbono de cada muestra de suelo cuando es atacado con ácido clorhídrico mediante un calcímetro volumétrico. El volumen de dióxido de carbono desprendido se compara con un patrón de concentración conocida.

Análisis Químicos en Agua

- **pH (Método potenciométrico, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** se toma una muestra del agua recolectada, posteriormente se procede a medir el pH.
- **Conductividad eléctrica (Método potenciométrico, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022).):** se toma una muestra del agua recolectada, posteriormente se procede a medir la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro.
- **Calcio más Magnesio (Método valoración complejo métrica por titulación, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022).):** 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, un paso crucial en el análisis que permitirá determinar con exactitud la concentración de ciertos componentes en la muestra.
- **Sodio y Potasio (Método espectroscópico por emisión de llama, Guía de trabajos prácticos, Propiedades químicas de suelos (2022)):** 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 (Método de Mohr, Análisis químico de suelos. Jackson M. L.):** Se basa en la titulación argéntica 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 bicarbonato (Método título métrico, Análisis químico de suelos. Jackson M. L.):** 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, Análisis químico de suelos. Jackson M. L.):** 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.

3.2.3 Actividad microbiana

Se determina la actividad biológica por el método de valoración de dióxido de carbono desprendido (respiración edáfica). Se pesan 20 g de suelo, conservado en heladera luego de su extracción en el campo. Se lo coloca en un frasco con tapa hermética junto con un recipiente con 20 mL de hidróxido de sodio 0,1 N. Se cierra el frasco herméticamente y se incuba 7 días a 28-30°C en estufa. En paralelo se prepara un frasco testigo sin suelo y que contiene únicamente hidróxido de sodio. Transcurrida la semana de incubación, se toma una alícuota, se agrega cloruro de bario y fenolftaleína y se titula con ácido clorhídrico hasta viraje de color.

El resultado obtenido por la diferencia con el blanco se expresa en mg CO₂ en 100 g de suelo por día y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{mg CO}_2/100 \text{ g/día} = (B-V) \times 6,286$$

Dónde:

B: volumen (mL) de HCl gastado para titular el blanco.

V: volumen (mL) gastado para titular la muestra.

4 RESULTADOS

4.1 SUELO “1”

4.1.1 Factores de sitio y descripción morfológica

Fecha de observación: 7/9/2023

Ubicación: Establecimiento “Estancia Gil”, Partido de Coronel Dorrego.

Latitud sur: 38° 44' 41,25”

Longitud oeste: 60° 53' 37,09”

Altitud: 68 m.s.n.m

Paisaje: Nivel de planación general de la llanura pampeana.

Geoforma: Planicie.

Posición: Lomada.

Relieve: Normal.

Gradiente: < 1%

Material parental: Sedimentos loésicos.

Edafoclima:

- Régimen de humedad: Údico.
- Régimen de temperatura: Térmico.

Drenaje: Bien drenado.

Uso de la tierra: Agrícola.

Vegetación: 70% Cultivo de maíz. (Para cosecha)

Erosión Actual: No se observa. Moderado a bajo riesgo de erosión hídrica (Grado H1) y baja susceptibilidad a erosión eólica.



Imagen 2. Paisaje del Suelo 1.



Imagen 3. Perfil del Suelo 1

Horizonte (cm)	Foto del horizonte	Descripción
Ap 0 - 10		Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco; franco; bloques, medios y finos, moderados; moderadamente húmedo; poco consolidado/consolidado; firme, plástico, adhesivo; comunes pellets fecales; raíces abundantes; no presenta reacción al HCl 10%; límite claro y plano.
2Btn 10 - 24		Pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco; arcilloso; prismas, medios, fuertes; húmedo; consolidado; firme, muy plástico, muy adhesivo; abundantes barnices arcillo-húmicos; raíces escasas; no presenta reacción al HCl 10%; límite abrupto y plano.
3Ck1 24 - 57		Pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo, blanco (10 YR 8/2) en seco; franco arcilloso; bloques, medios y finos, moderados; húmedo; poco consolidado; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; comunes concreciones media finas de carbonato de calcio; raíces muy escasas; fuerte reacción al HCl 10%; límite claro y plano.
3Ck2 57 - 79		Pardo fuerte (7,5 YR 5/8) en húmedo, blanco rosado (7,5 YR 8/2) en seco; arcillosa; bloques, firmes, moderados a débiles; muy húmedo; poco consolidado/consolidado; friable, plástico, adhesivo; comunes concreciones gruesas de carbonato de calcio; raíces muy escasas; fuerte reacción al HCl 10%; límite abrupto y ondulado.
4Ckm 79+		Horizonte petrocálcico

4.1.2 Características físicas

Tabla 2. Características físicas de los horizontes.

Horizonte		Ap	2Btn	3Ck1	3Ck2	
Profundidad		<i>cm</i>	0-10	10-24	24-57	57-79
Análisis granulométrico (mm)	Arcilla (< 0,002)	<i>g kg⁻¹</i>	156	518	336	457
	Limo (0,002 - 0,05)		379	205	346	283
	Arena muy fina (0,05 - 0,1)		311	187	200	149
	Arena fina (0,1 - 0,25)		145	85	106	97
	Arena media (0,25 - 0,5)		7,9	4,0	10	14
	Arena gruesa (0,5 - 1)		2,1	1,0	1,9	1,2
	Arena muy gruesa (1 - 2)		0,1	0,2	0,3	0,3
Clase textural		<i>F</i>	<i>a</i>	<i>Fa</i>	<i>a</i>	
Densidad aparente	<i>Mg m⁻³</i>	1,25	-	-	-	
Densidad real		2,61	-	-	-	
Porosidad total	<i>%</i>	52,1	-	-	-	
Humedad equivalente		19,6	49,1	44,3	37,9	
Humedad higroscópica		2,3	5,5	3,8	3,8	
Punto de marchitez permanente (PMP)		13,2	-	-	-	

*Porosidad total, Humedad Equivalente, Humedad Higroscópica y Punto de marchitez permanente expresado en porcentajes gravimétricos.

*Porosidad total, calculada a partir de densidad aparente y densidad real.

Tabla 3. Estabilidad estructural.

Superficie (cm ²)	CDMP (mm)	EE (%)	Clasificación
27,90	2,79	17,93	Mala < 25

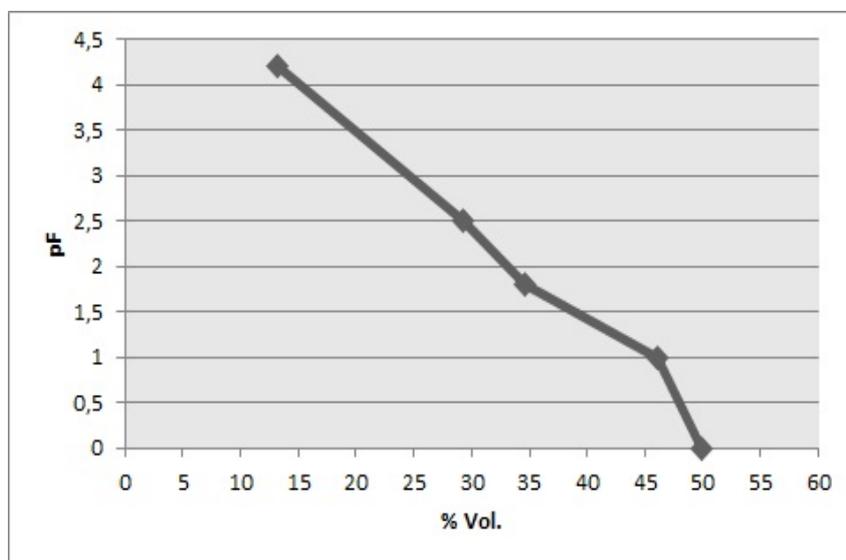


Figura 3. Curva de retención hídrica.

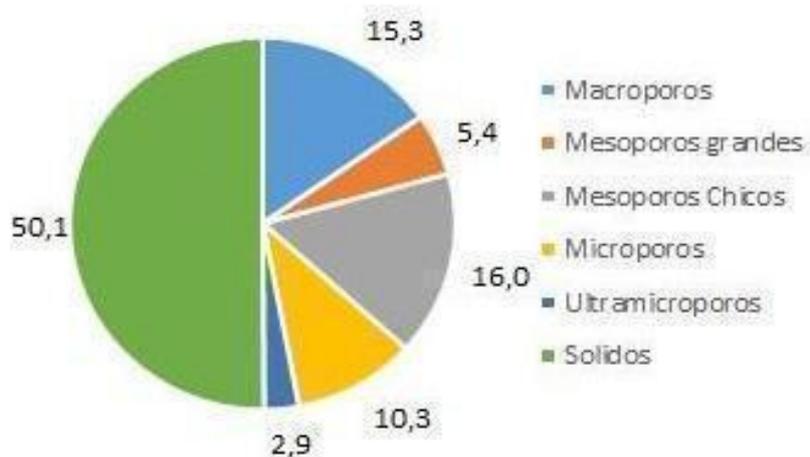


Figura 4. Distribución del espacio poroso.

4.1.3 Características químicas.

Tabla 4. Características químicas de los horizontes del perfil 1.

Horizonte		Ap	2Btn	3Ck1	3Ck2		
Profundidad	cm	0-10	10-24	24-57	57-79		
Materia orgánica	g kg ⁻¹	24	14	7	3		
Carbono orgánico		14	8	4	2		
Fósforo total	mg kg ⁻¹	355	368	307	373		
Fósforo orgánico		156	214	72	87		
Fósforo inorgánico		205	137	346	364		
Relación C/P	CO/PO	89,7	37,4	55,5	23,0		
Calcáreo	g kg ⁻¹	-	-	305	423		
pH (en suspensión 1:2,5)		6,9	8,5	9,5	9,5		
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca ⁺² + Mg ⁺²	cmol _c kg ⁻¹	7,4	12,7	-	-
		Na ⁺		2,1	8,5	9,6	8,1
		K ⁺		2,3	3,6	3,1	2,7
	Suma de bases		11,8	24,8	-	-	
CIC		cmol _c kg ⁻¹	11,9	25,0	18,8	17,0	
Saturación de bases		%	99,1	99,2	-	-	
PSI			17,6	34,0	51,1	47,6	

Tabla 5. Composición de sales solubles del extracto de saturación del perfil 1.

Horizonte		Ap	2Btn	3Ck1	3Ck2		
Espesor		cm	0-10	10-24	24-57	57-79	
Extracto de saturación	pH		7,9	8,4	8,9	8,9	
	Conductividad eléctrica		$dS\ m^{-1}$	0,68	0,78	1,10	0,83
	Cationes	Ca ⁺² + Mg ⁺²	$mEq\ L^{-1}$	2,5	1,6	2,4	1,3
		Na ⁺		4,7	6,0	7,8	6,5
		K ⁺		1,1	0,3	0,3	0,2
		SUMA		8,2	7,9	10,5	8,0
	Aniones	SO ₄ ⁼	$mEq\ L^{-1}$	0,01	0,01	0,01	0,01
		Cl ⁻		4,8	5,6	5,4	3,9
		CO ₃ ⁼		-	-	2,5	1,2
		HCO ₃ ⁻		3,0	4,5	3,3	4,0
		SUMA		7,8	10,1	11,2	9,2
	RAS		4,21	6,70	7,12	8,06	

4.1.4 Parámetros de fertilidad y actividad biológica

Tabla 6. Parámetros de fertilidad (0-15 cm).

pH (en suspensión 1:2,5)		6,8
Materia orgánica	<i>g kg⁻¹</i>	17
Carbono orgánico		10
Nitrógeno total		1,1
Relación C/N		9
Fósforo extraíble	<i>mg kg⁻¹</i>	27
Potasio asimilable		565

Tabla 7. Actividad microbiana.

Suelo	Horizonte	mg CO ₂ /100 g.día	Valoración
<i>Perfil 1</i>	<i>Ap</i>	<i>10,18</i>	<i>Mod. Baja</i>
	<i>2Btn</i>	<i>11,94</i>	<i>Mod. Baja</i>

4.1.5 Interpretación de resultados de campo y laboratorio

El suelo 1 se asocia a un relieve normal-plano tendido con gradiente inferior al 1 % que ha evolucionado a partir de sedimentos loessoides de edad holocena, suprayacentes a un horizonte petrocálcico (3Ckm) que limita la profundidad efectiva (suelo somero).

La secuencia de horizontes muestra un perfil evolucionado de tipo Ap - 2Btn - 3Ck1 - 3Ck2 - 4Ckm. El horizonte A y el 2Btn son algo más oscuros y se diferencian claramente del 3Ck. El horizonte 2Btn muestra desarrollo de estructura prismática y presencia abundante de cutanes de arcilla iluvial. El horizonte cálcico tiene como rasgos secundarios abundantes concreciones de CaCO_3 . Las características mencionadas son el resultado de los siguientes procesos pedogenéticos: melanización, génesis de estructura (Ap - 2Btn), lavado y concentración secundaria de CaCO_3 , eluviación e iluviación de arcillas (2Btn) y sodificación o alcalinización presente en todo el perfil por su elevado nivel de PSI (Tabla 4).

Según el análisis granulométrico, la textura varía desde Franca a arcillosa y luego Franco arcillosa con valores de arcilla que aumentan hasta el 2Btn y luego disminuyen con la profundidad. El incremento en el horizonte 2Btn se asocia a procesos de iluviación y a un cambio en los materiales parentales. La fracción limo muestra poca variación en todo el perfil. En cuanto a la arena las fracciones que predominan son las finas y muy finas.

La densidad aparente del horizonte superficial fue de $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$ lo cual no representa una limitante para el desarrollo radicular, además de una porosidad total de 49,9% con un predominio de los mesoporos chicos. Desde el punto de vista fisicoquímico, el valor de pH en suspensión 1:2,5 (suelo-agua) fue neutro en el horizonte Ap, moderadamente alcalino en el 2Btn y muy fuertemente alcalino en la base del perfil (Schoeneberger *et al.*, 2002). La capacidad de intercambio catiónico dio valores bajos en el horizonte Ap, con un incremento en el horizonte 2Btn, asociado al aumento del contenido de arcilla. La distribución de bases intercambiables en el complejo de cambio indicó predominio de calcio más magnesio, seguido por sodio y luego por potasio. Los valores de PSI resultaron mayores a 15, siendo esto un indicador de la presencia de problemas de sodicidad en el suelo (USBR-USDI, 1953).

La conductividad eléctrica del extracto de saturación fue baja en todos los casos, calificando el suelo como no salino (Soil Survey Division Staff-USDA, 1993).

En las determinaciones de fertilidad se observó que en la capa arable se observan bajos niveles de materia orgánica. El contenido de nitrógeno total se clasificó como bajo y el fósforo disponible como alto (Rivero y Cruzate, 2008). Se observó una relación C/N adecuada y el contenido de potasio disponible resultó abundante como es usual en esta zona.

4.1.6 Clasificación de los suelos

- **Clasificación según Soil Taxonomy** (Soil Survey Staff, 2014)

El suelo tiene un epipedón mólico y por debajo presenta endopedones nátrico, cálcico y petrocálcico. Su régimen de humedad es Údico y el de temperatura es térmico. La clase por tamaño de partículas es arcilloso fina.

De acuerdo a sus características diagnósticas clasificó como:

Natrudol petrocálcico, arcilloso fino, térmico

Estos suelos son similares a los Natrudoles típicos pero tienen un horizonte petrocálcico dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

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

El suelo se clasifica como VI_s.

Su principal limitación es la presencia de sodio intercambiable en los primeros 20 cm de suelo y en menor grado de importancia, la profundidad efectiva.

- **Índice de productividad** (por fórmula, $IP:(H \times D \times Pe \times Ta \times Tb \times Sa \times Na \times Mo \times T \times E) \times 100$)

IP: Índice de productividad de la unidad taxonómica.

H: Disponibilidad de agua.

D: Drenaje.

Pe: Profundidad efectiva.

Ta: Textura del horizonte superficial.

Tb: Textura del horizonte subsuperficial.

Sa: Contenido de sales solubles (dentro de los primeros 75 cm)

Na: Alcalinidad sódica (considerada hasta 1m)

Mo: Contenido de materia orgánica.

T: Capacidad de intercambio catiónico.

E: Erosión.

$$IP: 0,6 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 0,2 \times 1 \times 0,95 \times 1$$

$$IP: 8\%$$

Su índice de productividad es "Pobre".

4.2 SUELO “2”

4.2.1 Factores de sitio y descripción morfológica.

Fecha de observación: 7/9/2023

Ubicación: Establecimiento “Estancia Gil”, Partido de Coronel Dorrego.

Latitud sur: 38° 45' 2.71”

Longitud oeste: 60° 53' 39,90”

Altitud: 68 m.s.n.m

Paisaje: Nivel de planación general de la llanura pampeana.

Geoforma: Planicie.

Posición: Plano bajo.

Relieve: Normal.

Gradiente: < 2%

Material parental: Sedimentos loésicos.

Edafoclima:

- Régimen de humedad: Údico.
- Régimen de temperatura: Térmico.

Drenaje: Bien drenado.

Uso de la tierra: Agrícola.

Vegetación: 95% Rastrojo de maíz.

Erosión Actual: No se observa. Moderado a bajo riesgo de erosión hídrica (Grado H1) y baja susceptibilidad a erosión eólica.



Imagen 4. Paisaje del suelo 2.



Imagen 5. Perfil del suelo 2

Horizonte (cm)	Foto del horizonte	Descripción
<p>Ap 0 - 10</p>		<p>Pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo, gris oscuro (10 YR 4/1) en seco; franco arcilloso; bloques, finos y medios, moderados/débiles; moderadamente húmedo; poco consolidado/consolidado; friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; abundantes pellets fecales; raíces escasas; no presenta reacción al HCl 10%; límite claro y plano.</p>
<p>A2 10 - 39</p>		<p>Gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo, pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco; franco; bloques angulares, medios, moderados; húmedos; poco consolidados; friable firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; abundantes pellets fecales; raíces muy escasas; no presenta reacción al HCl; límite abrupto y plano.</p>
<p>2Ck 39 – 81+</p>		<p>Pardo claro (7.5 YR 6/4) en húmedo, blanco rosado (7,5 YR 8/2) en seco; arcillosa; bloques subangulares, finos y medios, débiles; húmedo; poco consolidado/ consolidado; friable, muy plástico, muy adhesivo; comunes concreciones de carbonato de calcio; fuerte reacción al HCl.</p>

4.2.2 Características físicas.

Tabla 8. Características físicas de los horizontes.

Horizonte		Ap	A2	2Ck	
Profundidad		<i>cm</i>	0-10	10-39	39-81
Análisis granulométrico (mm)	Arcilla (< 0,002)	<i>g kg⁻¹</i>	324	242	500
	Limo (0,002 - 0,05)		306	328	170
	Arena muy fina (0,05 - 0,1)		231	270	205
	Arena fina (0,1 - 0,25)		132	148	110
	Arena media (0,25 - 0,5)		6,3	8,7	14
	Arena gruesa (0,5 - 1)		1,0	2,7	1,3
	Arena muy gruesa (1 - 2)		0,0	0,5	0,9
Clase textural		<i>Fa</i>	<i>F</i>	<i>a</i>	
Densidad aparente	<i>Mg m⁻³</i>	1,23	-	-	
Densidad real		2,65	-	-	
Porosidad total	<i>%</i>	53,6	-	-	
Humedad equivalente		26,6	22,4	36,3	
Humedad higroscópica		4,0	3,2	3,7	
Punto de marchitez permanente (PMP)		20,1	-	-	

*Porosidad total, Humedad Equivalente, Humedad Higroscópica y Punto de marchitez permanente expresado en porcentajes gravimétricos.

*Porosidad total, calculada a partir de densidad aparente y densidad real.

Tabla 9. Estabilidad estructural.

Superficie (cm ²)	CDMP (mm)	EE (%)	Clasificación
27,80	2,78	17,98	Mala < 25

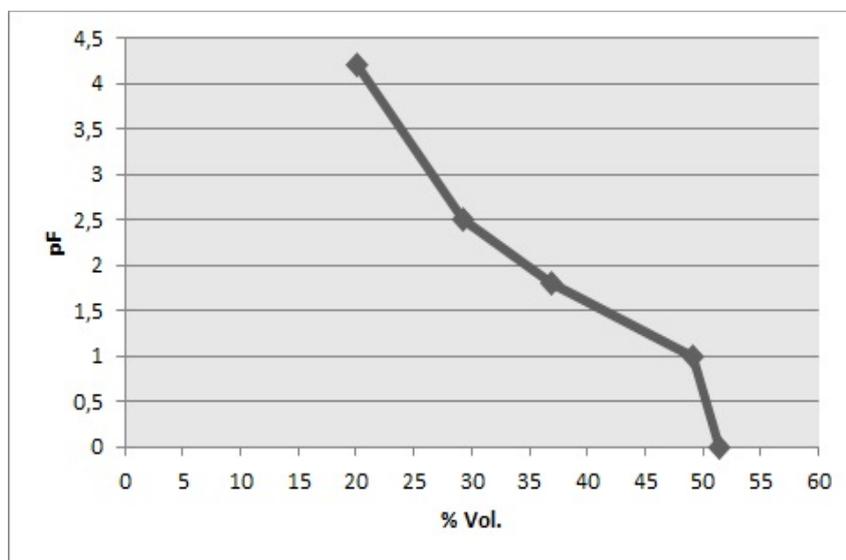


Figura 5. Curva de retención hídrica.

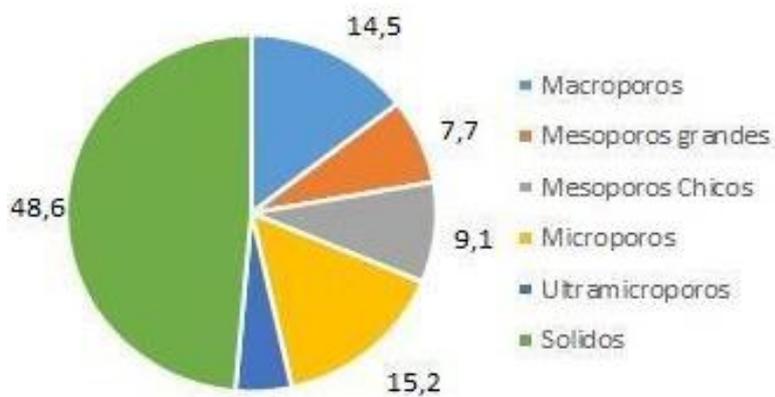


Figura 6. Distribución del espacio poroso

4.2.3 Características químicas.

Tabla 10. Características químicas de los horizontes del perfil 2.

Horizonte			Ap	A2	2Ck	
Profundidad		<i>cm</i>	0-10	10-39	39-81	
Materia orgánica		<i>g kg⁻¹</i>	26	29	6	
Carbono orgánico			15	17	4	
Fósforo total		<i>mg kg⁻¹</i>	309	360	330	
Fósforo orgánico			219	244	94	
Fósforo inorgánico			111	177	301	
Relación C/P		<i>CO/PO</i>	68,5	69,7	42,5	
Calcáreo		<i>g kg⁻¹</i>	-	-	361,5	
pH (en suspensión 1:2,5)			7,6	7,6	8,7	
Complejo de cambio	Bases intercambiables	Ca ⁺² + Mg ⁺²	<i>cmol_c kg⁻¹</i>	15,6	11,6	-
		Na ⁺		0,8	0,8	1,3
		K ⁺		2,5	3,2	0,7
	Suma de bases		18,9	15,6	-	
CIC		<i>cmol_c kg⁻¹</i>	19,1	16,7	15,3	
Saturación de bases		%	98,9	93,4	-	
PSI			4,2	4,8	6,5	

Tabla 11. Composición de sales solubles en el extracto de saturación del perfil 2.

Horizonte		Ap	A2	2Ck		
Espesor		<i>cm</i>	<i>0-10</i>	<i>10-39</i>	<i>24-81</i>	
Extracto de saturación	pH		8,1	8,1	8,3	
	Conductividad eléctrica		<i>dS m⁻¹</i>	0,40	0,46	0,28
	Cationes	Ca ⁺² + Mg ⁺²	<i>mEq L⁻¹</i>	4,2	3,6	3,3
		Na ⁺		0,9	1,2	1,5
		K ⁺		0,5	1,2	0,1
		SUMA		5,6	5,7	4,9
	Aniones	SO ₄ ⁼	<i>mEq L⁻¹</i>	0,01	0,01	0,01
		Cl ⁻		2,0	2,6	1,8
		CO ₃ ⁻		-	-	-
		HCO ₃ ⁼		2,6	2,6	2,8
		SUMA		4,6	5,1	4,6
	RAS		0,6	0,9	1,2	

4.2.4 Parámetros de fertilidad y actividad biológica

Tabla 12. Parámetros de fertilidad.

pH (en suspensión 1:2,5)		7,2
Materia orgánica	<i>g kg⁻¹</i>	24
Carbono orgánico		14
Nitrógeno total		1,2
Relación C/N		12
Fósforo extraíble	<i>mg kg⁻¹</i>	14
Potasio asimilable		705

Tabla 13. Determinación microbiológica.

Suelo	Horizonte	mg CO ₂ /100 g/día	Valoración
<i>Perfil 2</i>	<i>Ap</i>	<i>6,91</i>	<i>Baja</i>
	<i>A2</i>	<i>6,41</i>	<i>Baja</i>

4.2.5 Interpretación de resultados de campo y laboratorio.

El perfil 2 se asocia a un relieve levemente deprimido con respecto al perfil 1 que ha evolucionado de sedimentos eólicos suprayacentes a un horizonte petrocálcico. Presenta una secuencia de horizontes Ap – A2 – 2Ck. Los horizontes Ap y A2 presentan melanización y los mismos no presentan reacción al ácido clorhídrico, el que sí presenta reacción al ácido clorhídrico en el perfil es el horizonte 2Ck.

Los horizontes presentan una granulometría más allegada a las texturas pesadas donde el horizonte Ap presenta una textura Franco arcillosa, el horizonte A2 una textura Franca y el 2Ck arcillosa.

La densidad aparente superficial registró un valor de $1,23 \text{ Mg m}^{-3}$ y la porosidad total fue del 51,4%, con un predominio de los microporos. La estabilidad estructural clasificó como mala.

Los análisis químicos dieron un valor de pH en suspensión 1:2,5 (suelo-agua) de 7,6 (levemente alcalino) en los dos primeros horizontes y 8,7 (fuertemente alcalino) en el horizonte 2Ck debido a la abundante presencia de carbonato de calcio. La distribución de bases intercambiables en el complejo de cambio indicó predominio de calcio más magnesio, seguido por el potasio y luego por el sodio, patrón que se repite a lo largo del perfil. El porcentaje de sodio intercambiable presentó un valor de alrededor de 5% en los horizontes Ap y A2 y de 2% en el 2Ck, por lo tanto, el perfil no presenta problemas de sodicidad (USDR-USDI, 1953).

La determinación de fertilidad en la capa arable muestra contenido medio de materia orgánica y fósforo disponible y baja de nitrógeno total (Rivero y Cruzate, 2008). La relación C/N fue adecuada y el contenido de potasio disponible es abundante como es usual en los suelos de esta zona.

4.2.6 Clasificación de los suelos

Clasificación según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014)

El suelo 2 tiene un epipedón mólico y por debajo presenta endopedón cálcico. Su régimen de humedad es údico y el de temperatura es térmico. La clasificación por tamaño de partículas es arcillosa fina.

De acuerdo a sus características diagnósticas clasificó como:

Hapludol cálcico, arcilloso fino, térmico.

Estos suelos son similares a los Hapludoles típicos pero tienen un horizonte cálcico dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

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

El suelo se clasifica como II s.

Su principal limitación es la profundidad efectiva al encontrar el horizonte 2Ck.

Índice de productividad (por fórmula, $IP:(H \times D \times Pe \times Ta \times Tb \times Sa \times Na \times Mo \times T \times E) \times 100$)

IP: Índice de productividad de la unidad taxonómica.

H: Disponibilidad de agua.

D: Drenaje.

Pe: Profundidad efectiva.

Ta: Textura del horizonte superficial.

Tb: Textura del horizonte subsuperficial.

Sa: Contenido de sales solubles (dentro de los primeros 75 cm)

Na: Alcalinidad sódica (considerada hasta 1m)

Mo: Contenido de materia orgánica.

T: Capacidad de intercambio catiónico.

E: Erosión.

$$IP: 0,6 \times 1 \times 0,8 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,95 \times 1$$

$$IP: 41\%$$

Su índice de productividad es "Bueno"

4.3 CALIDAD DE AGUAS

Muestra		Molino	Tanque
pH (1:2,5)		7,6	7,9
Conductividad Eléctrica (dS m ⁻¹)		2,02	1,53
Aniones (mEq L ⁻¹)	Cl ⁻	16,7	9,0
	HCO ₃ ⁼	7,5	9,8
	CO ₃ ⁼	-	-
	SO ₄ ⁼	0,009	0,009
	Suma total:	24,2	18,9
Cationes (mEq L ⁻¹)	Na ⁺	7,9	8,9
	K ⁺	0,4	0,1
	Ca ⁺² + Mg ⁺²	8,2	1,7
	Suma total:	16,4	10,7
RAS		3,9	9,6

Molino

SEGÚN RIVERSIDE

TIPO	CALIDAD Y NORMAS DE USO
C3	Salinidad alta, puede utilizarse en suelos con buen drenaje. Empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.
S1	Bajo contenido de Sodio. Apta para el riego en la mayoría de los casos, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

Tanque

SEGÚN RIVERSIDE

TIPO	CALIDAD Y NORMAS DE USO
C3	Salinidad alta, puede utilizarse en suelos con buen drenaje. Empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.
S2	Contenido medio de sodio. Cierta peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente de textura fina y de baja permeabilidad. Debe vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo.

5 CONCLUSIONES

En este estudio se analizaron las características morfológicas, físicas, químicas y microbiológicas de dos suelos ubicados en el partido de Coronel Dorrego. Ambos suelos se originan a partir del mismo material parental y se encuentran en posiciones similares en el relieve. En los últimos años, han sido sometidos a usos y prácticas de manejo similares.

Los suelos estudiados mostraron diferencias morfológicas y diferente grado de desarrollo pedogenético, si bien ambos evolucionan a partir de un material parental loésico de textura Franco arcillosa a arcillosa.

El Suelo 1 presenta un epipedón mólico con endopedones nátrico, cálcico y petrocálcico marcando una profundidad efectiva de 79 cm. En el Suelo 2 se identifican un epipedón mólico y un endopedón cálcico.

El Suelo 1 clasifica como “**Natrudol petrocálcico, arcilloso fino, térmico**”, mientras que el Suelo 2 clasifica como “**Hapludol cálcico, arcilloso fino, térmico**”. Según su capacidad de uso, el Suelo 1 clasifica como no arable **VI_s**; mientras que el Suelo 2 clasifica como arable **II_s**.

El Suelo 1 es el que presenta un mayor desarrollo morfológico en comparación con el Suelo 2. Sin embargo, presenta un problema grave relacionado con la presencia de sodio desde la superficie, con valores de PSI (porcentaje de sodio intercambiable) de 17,6 % en el Ap los cuales aumentan en profundidad hasta llegar a 51 % a los 24 cm en el horizonte 2Ck1. Estos valores condicionan su productividad, reflejado en un índice de productividad de tan solo 8%. Por el contrario, el Suelo 2, al presentar valores de PSI menores al 15 % en todo el perfil, presenta un mejor índice de productividad (IP: 41%).

En los análisis de calidad de aguas se observa una gran diferencia en la suma de aniones comparada con los cationes. Se puede estimar que esto se debe al no determinar completamente los iones (Ej: F⁻, As, NO₃, etc).

6 BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, AL. 1971. Fitogeografía de la Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Vol. 14: 27-28
- INTA & SAGYP, 1989, Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires. Proyecto PNUD ARG 85/019. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. CIRN- Instituto de Evaluación de Tierras. Buenos Aires
- Klingebiel, AA & PH Montgomery. 1961. Land Capability Classification, USDA Agriculture Handbook N° 210. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. Pp 1-21
- Municipalidades de Argentina. 2024. Municipio de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires. Disponible en: [Coronel Dorrego en la provincia de Buenos Aires - Municipio y gobierno municipal de Argentina \(municipalidad-argentina.com.ar\)](https://www.municipalidad-argentina.com.ar) (Acceso: 04/12/2023)
- Meteoblue. 2006-2024. Régimen mensual y anual de precipitaciones del partido de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/coronel-dorrego-argentina-3860199?fcstlength=1y&year=2023&month=9> (Acceso: 04/12/2023)
- Rivero, E & G Cruzate. 2008. Materia orgánica, nitrógeno y fósforo: Mapas de contenido y disponibilidad en distintos suelos de la República Argentina. XXL CACS, Potrero de los funes, San Luis, Argentina. En CD pp 6.
- Schoeneberger, PJ; D Wysocki; E Benham & W Broderson (Eds). 2002. Field Book for describing and sampling soils. Versión 2.0 NRCS, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Sequeira, ME. 2005. Régimen pluviométrico. En: Paoloni, JD y M González Uriarte (ed.). Geoambiente y evaluación de las aguas freáticas del partido de Coronel Dorrego (Provincia de Buenos Aires). Editorial Edi UNS.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- US Bureau of Reclamation (USBR-USDI). 1953. Irrigated Land Use, Part2: Land classification. B .R. Manual Vol. 5. U.S. Gov. Printing Office, Washington.
- Van Wambeke, A & CO Scoppa. 1976. Las tasas climáticas de los suelos argentinos. Revista de investigaciones Agropecuarias.

Liliana Suñer, Fernando López, Ayelen Rodríguez (2021). Guía de trabajos prácticos, Propiedades físicas de suelos. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Prov. De Buenos Aires.

Juan Manuel Martinez, Roberto Kiessling (2022). Guía para actividades sobre fertilidad de suelos y fertilizantes, Relacion suelo plantas y nutrientes. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Prov. De Buenos Aires.

Gabriela Minoldo, Julio. O. Iglesias, Micaela Comesaña (2022). Guía de trabajos practicos, Propiedades químicas de suelos. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Prov. De Buenos Aires.

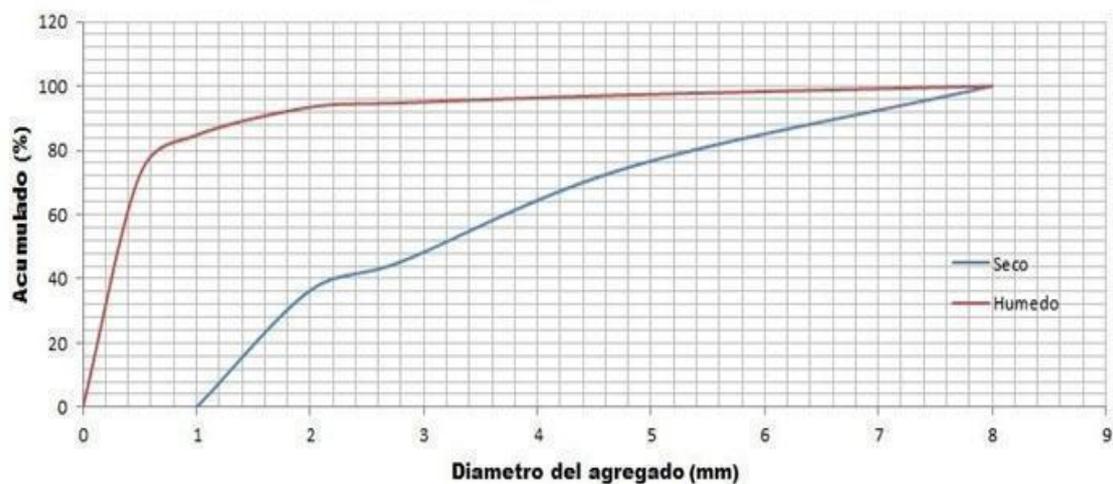
Cap. 15. Carbonate and Gypsum. En: Methods of Soil Analysis. Part 3. SSSA Book series: 5.

APÉNDICE

DETERMINACIONES FÍSICAS

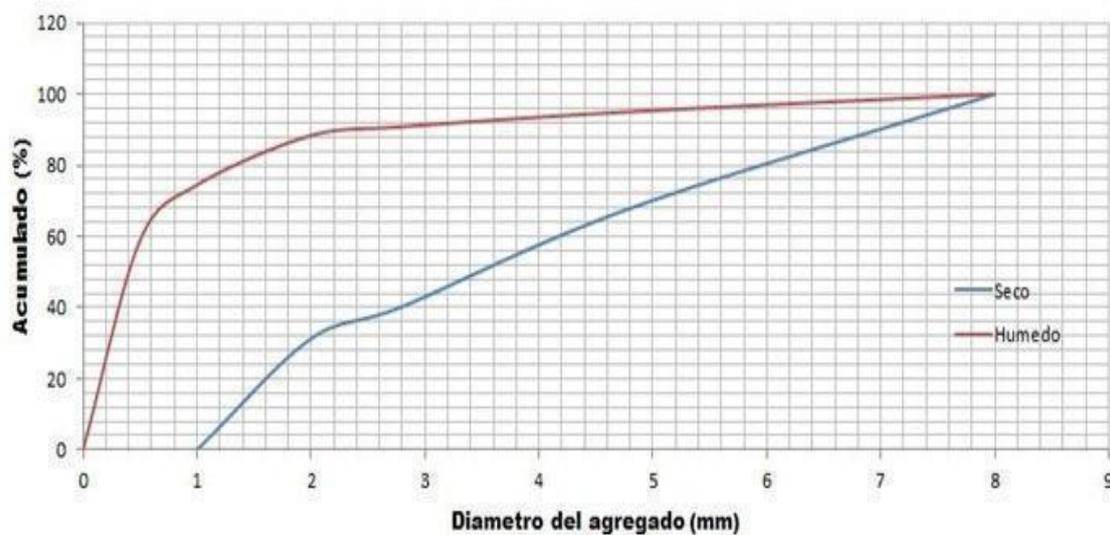
Estabilidad estructural suelo 1

Suelo	Fracción (mm)	Tamizado en seco		Tamizado en húmedo	
		% Fracción	% Acumulado	% Fracción	% Acumulado
Perfil 1	8 - 4,8	25,31	100	2,78	27,75
	4,8 - 2,8	29,33	74,69	2,45	24,98
	2,8 - 2	8,98	45,35	1,35	22,53
	2 - 1	36,38	36,38	8,71	21,18
	1 - 0,5	-	-	12,48	12,48
	< 0,5	-	-	-	72,25



Estabilidad estructural suelo 2

Suelo	Fracción (mm)	Tamizado en seco		Tamizado en húmedo	
		% Fracción	% Acumulado	% Fracción	% Acumulado
Perfil 2	8 - 4,8	32,11	100	4,97	41,06
	4,8 - 2,8	27,62	67,89	4,21	36,09
	2,8 - 2	8,97	40,26	2,46	31,88
	2 - 1	31,29	31,29	13,89	29,42
	1 - 0,5	-	-	15,53	15,53
	< 0,5	-	-	-	58,95



Densidad Real

Suelo	Picn. Vacío	Picn. + Suelo	Picn. + Suelo, Corrección HH.	Picn. + Suelo + Agua	Picn. + Agua	Densidad Real	Promedio (Mg m ⁻³)
Perfil 1 (Ap)	17,2005	29,1842	11,71	49,3831	42,1017	2,64	2,61
	16,2473	28,1806	11,66	48,3956	41,2014	2,60	
	16,9738	28,9548	11,71	49,1121	41,8622	2,62	
	16,5037	28,5133	11,74	48,6752	41,4576	2,59	
	15,7606	27,7735	11,74	47,8722	40,6265	2,60	
Perfil 2 (Ap)	18,2167	30,2232	11,55	50,3991	43,1746	2,66	2,65
	14,2102	26,2022	11,54	46,2812	39,1109	2,63	
	16,5797	28,6163	11,58	48,6209	41,5168	2,58	
	16,3537	28,3995	11,59	48,4686	41,2022	2,67	
	14,4362	26,4789	11,58	46,3961	39,2316	2,61	

Picn.: Picnometro.

Densidad Aparente

Suelo	Peso. Cil + SSE (g)	Peso. Cil. Vacío (g)	Peso. SSE (g)	Vol. Cil (cm ³)	Densidad Aparente (Mg m ⁻³)	Prom. (Mg m ⁻³)
Perfil 1 (Ap)	252,54	116,74	135,81	100	1,36	1,25
	230,74	114,05	116,69	100	1,17	
	241,00	115,45	125,55	100	1,26	
	224,44	113,73	110,71	100	1,11	
	248,78	114,58	134,21	100	1,34	
Perfil 2 (Ap)	236,81	115,82	120,99	100	1,21	1,23
	239,49	115,68	123,81	100	1,24	
	235,49	113,9	121,59	100	1,22	
	243,31	114,83	128,48	100	1,28	
	235,51	114,9	120,61	100	1,21	

Cil.: Cilindro.

Prom.: Promedio.

SSE.: Suelo seco a estufa.

Punto de marchitez permanente (PMP- pF 4,2)

Suelo	P. Cap. (g)	P. Cap. + SH (g)	P. Cap. + SSE (g)	P. Agua (g)	P. SSE (g)	HG (%)	Prom. HG (%)	HV (%)
Perfil 1 (Ap)	24,51	53,10	50,39	2,71	25,88	10,5	10,6	13,2
	24,07	52,38	49,65	2,73	25,58	10,7		
	24,78	53,14	50,42	2,72	25,64	10,6		
Perfil 2 (Ap)	21,69	54,22	49,64	4,58	27,95	16,4	16,3	20,1
	23,32	55,13	50,70	4,43	27,38	16,2		
	22,91	52,71	48,51	4,2	25,6	16,4		

P. Cap.: Peso capsula.

P.: Peso.

SSE.: Suelo seco a estufa.

HG.: Humedad gravimétrica.

SH.: Suelo húmedo.

HV.: Humedad volumétrica.

Prom.: Promedio.

Humedad higroscópica

Suelo	Horizonte	P. Cap. (g)	P. Cap. + SSA (g)	P. Cap. + SSE (g)	HH (%)	Prom. HH (%)
Perfil 1	Ap	23,48	50,05	49,45	2,31	2,31
		24,79	51,86	51,25	2,31	
	2Btn	25,06	51,27	49,94	5,35	5,46
		22,76	50,03	48,59	5,57	
	3Ck1	24,31	50,55	49,59	3,80	3,83
		23,22	50,90	49,87	3,86	
3Ck2	23,49	51,71	50,69	3,75	3,80	
	24,51	52,55	51,51	3,85		
Perfil 2	Ap	24,09	50,62	49,63	3,88	3,96
		24,63	52,10	51,03	4,05	
	A2	24,02	51,51	50,66	3,19	3,21
		22,93	53,91	52,94	3,23	
	2Ck	23,67	53,45	52,39	3,69	3,73
		23,18	50,92	49,91	3,78	

P. Cap.: Peso capsula. **Prom.:** Promedio.
SSE.: Suelo seco a estufa. **HH.:** Humedad higroscópica.
SSA.: Suelo seco al aire

Humedad equivalente

Suelo	Horizonte	P. Cap. (g)	P. Cap. + SH (g)	P. Cap. + SSE (g)	HH (%)	Prom. HE (%)
Perfil 1	Ap	23,49	53,92	48,87	19,90	19,56
		23,36	52,69	47,96	19,23	
	2Btn	22,37	65,58	50,76	52,20	49,06
		23,73	65,23	51,86	44,90	
	3Ck1	21,68	52,83	43,39	43,48	44,31
		23,85	60,83	49,33	45,13	
3Ck2	23,31	56,36	47,26	38,00	37,92	
	23,75	55,77	46,98	37,84		
Perfil 2	Ap	23,36	55,85	49,03	26,57	26,59
		23,31	54,43	47,89	26,61	
	A2	24,13	58,46	52,19	22,34	22,39
		22,88	57,47	51,13	22,44	
	2Ck	24,37	48,41	41,98	36,51	36,32
		23,87	48,51	41,97	36,13	

P. Cap.: Peso capsula. **Prom.:** Promedio.
SSE.: Suelo seco a estufa. **HH.:** Humedad higroscópica.
SH.: Suelo húmedo.

DETERMINACIONES QUÍMICAS

Materia orgánica

Suelo	Horizonte	Titulación	Prom. Titulación	CO ₂ (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)
Perfil 1	Ap	3,88	3,89	14	24
		3,89			
	2Btn	4,32	4,26	8	14
		4,20			
	3Ck1	4,28	4,30	4	7
		4,31			
	3Ck2	4,59	4,59	2	3
		4,58			
Fertilidad Química	4,10	4,13	10	17	
	4,16				
Perfil 2	Ap	3,76	3,78	15	26
		3,80			
	A2	3,70	3,70	17	29
		3,69			
	2Ck	4,30	4,31	4	6
		4,32			
	Fertilidad Química	3,90	3,89	14	24
		3,88			
Blanco	4,81	4,80	-	-	
	4,78				

Prom.: Promedio.

Fósforo inorgánico + orgánico

Suelo	Horizonte	Absorbancia	Prom. Abs.	mg P kg ⁻¹
Perfil 1	Ap	0,478	0,479	361
		0,480		
	2Btn	0,455	0,466	351
		0,477		
	3Ck1	0,561	0,555	418
		0,549		
	3Ck2	0,599	0,599	451
		0,599		
Perfil 2	Ap	0,426	0,439	331
		0,452		
	A2	0,578	0,560	422
		0,542		
	2Ck	0,534	0,525	395
		0,515		

Prom.: Promedio.

Abs.: Absorbancia.

Fósforo inorgánico

Suelo	Horizonte	Absorbancia	Prom. Abs.	mg P kg ⁻¹
Perfil 1	Ap	0,281	0,273	205
		0,264		
	2Btn	0,192	0,183	137
		0,173		
	3Ck1	0,456	0,459	346
		0,462		
3Ck2	0,499	0,483	364	
	0,467			
Perfil 2	Ap	0,145	0,148	111
		0,151		
	A2	0,240	0,236	177
		0,231		
	2Ck	0,392	0,400	301
		0,407		

Prom.: Promedio.

Abs.: Absorbancia.

Fósforo total

Suelo	Horizonte	Absorbancia	Prom. Abs.	mg P kg ⁻¹
Perfil 1	Ap	0,190	0,189	347
		0,187		
	2Btn	0,196	0,196	360
		0,195		
	3Ck1	0,169	0,163	300
		0,157		
3Ck2	0,203	0,198	365	
	0,193			
Perfil 2	Ap	0,168	0,168	309
		0,168		
	A2	0,192	0,196	360
		0,199		
	2Ck	0,178	0,179	330
		0,180		

Prom.: Promedio.

Abs.: Absorbancia.

Calcio + Magnesio intercambiable

Suelo	Horizonte	Titulación	Prom. Titulación	mEq L ⁻¹	mEq 100g ⁻¹
Perfil 1	Ap	1,63	1,65	2,97	7,4
		1,67			
	2Btn	2,81	2,84	5,11	12,7
		2,87			
	3Ck1	-	-	-	-
		-			
3Ck2	-	-	-	-	
	-				
Perfil 2	Ap	3,46	3,46	6,22	15,6
		3,46			
	A2	2,59	2,57	4,62	11,6
		2,55			
	2Ck	-	-	-	-
		-			

Prom.: Promedio.

Sodio intercambiable

Suelo	Horizonte	Lectura	mg L ⁻¹	cmol _c Kg ⁻¹
Perfil 1	Ap	70	19,68	2,1
	2Btn	278	78,15	8,5
	3Ck1	313	87,99	9,6
	3Ck2	263	73,93	8,1
Perfil	Ap	27	7,59	0,8
	A2	27	7,59	0,8
	2Ck	41	11,53	1,3

Potasio intercambiable

Suelo	Horizonte	Lectura	mg L ⁻¹	cmol _c Kg ⁻¹
Perfil 1	Ap	112	36,37	2,3
	2Btn	278	78,15	8,5
	3Ck1	173	56,19	3,6
	3Ck2	263	73,93	8,1
Perfil	Ap	149	48,39	3,1
	A2	27	7,59	0,8
	2Ck	128	41,57	2,7

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Suelo	Horizonte	Titulación	Prom. Titulación	cmol _c Kg ⁻¹
Blanco		0,30	0,31	-
		0,32		
Perfil 1	Ap	5,07	5,09	11,94
		5,10		
	2Btn	10,26	10,33	25,05
		10,40		
	3Ck1	7,74	7,82	18,78
		7,90		
	3Ck2	7,57	7,11	16,99
		7,64		
Perfil 2	Ap	7,92	7,97	19,15
		8,02		
	A2	6,90	6,99	16,70
		7,08		
	2Ck	6,48	6,45	15,35
		6,42		

Prom.: Promedio.

Calcáreo

Suelo	Horizonte	Peso de suelo (g)	HCl (mL)	Titulación Lectura inicial	Titulación Lectura final	Prom. Lectura inicial	Prom. Lectura final	g Kg ⁻¹ CaCO ₃
<i>Blanco</i>		-	-	27,5	75,4	26,9	74,8	-
				26,2	74,1			
<i>Perfil 1</i>	<i>Ap</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>2Btn</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>3Ck1</i>	1	10	26,4	99,8	26,3	99,4	305,2
					26,2			
<i>3Ck2</i>	0,7	10	26,4	97,4	26,2	97,1	422,9	
				26,0				96,8
<i>Perfil 2</i>	<i>Ap</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>A2</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>2Ck</i>	0,6	10	25,9	78,2	26,2	78,1	361,5
				26,4	78,0			

Prom.: Promedio.

Sodio en el extracto de saturación

Suelo	Horizonte	Lectura	Dilución (5mL/25mL)	mEq L ⁻¹ Na ⁺
<i>Perfil 1</i>	<i>Ap</i>	324	-	4,67
	<i>2Btn</i>	415	156	5,98
	<i>3Ck1</i>	540	218	7,78
	<i>3Ck2</i>	452	176	6,51
<i>Perfil 2</i>	<i>Ap</i>	66	-	0,95
	<i>A2</i>	82	-	1,18
	<i>2Ck</i>	105	-	1,51

Potasio en el extracto de saturación

Suelo	Horizonte	Lectura	Dilución (5mL/25mL)	mEq L ⁻¹ Na ⁺
<i>Perfil 1</i>	<i>Ap</i>	119	1,05	4,67
	<i>2Btn</i>	35	0,31	5,98
	<i>3Ck1</i>	34	0,30	7,78
	<i>3Ck2</i>	28	0,25	6,51
<i>Perfil 2</i>	<i>Ap</i>	62	0,55	0,95
	<i>A2</i>	138	1,22	1,18
	<i>2Ck</i>	6	0,05	1,51

Calcio + Magnesio en el extracto de saturación

Suelo	Horizonte	mL EDTA	Prom. mL EDTA	mEq L ⁻¹ Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺
Perfil 1	Ap	0,57	0,58	2,50
		0,58		
	2Btn	0,34	0,37	1,59
		0,39		
	3Ck1	0,58	0,56	2,44
		0,54		
	3Ck2	0,30	0,29	1,26
		0,28		
Perfil 2	Ap	0,96	0,97	4,22
		0,98		
	A2	0,83	0,82	3,55
		0,80		
	2Ck	0,76	0,77	3,33
		0,77		

Prom.: Promedio.

Bicarbonatos y carbonatos en el extracto de saturación

Suelo	Horizonte	mL H ₂ SO ₄	Prom. mL H ₂ SO ₄	mEq L ⁻¹ CO ₃ ⁼	mL H ₂ SO ₄	Prom. mL H ₂ SO ₄	mEq L ⁻¹ HCO ₃ ⁼
Perfil 1	Ap	-	-	-	0,58	0,60	3,00
		-			0,62		
	2Btn	-	-	-	0,92	0,90	4,50
		-			0,88		
	3Ck1	0,48	0,50	2,50	1,64	1,66	3,30
		0,52			1,68		
	3Ck2	0,26	0,24	1,20	1,26	1,28	4,00
		0,22			1,30		
Perfil 2	Ap	-	-	-	0,55	0,53	2,63
		-			0,50		
	A2	-	-	-	0,52	0,52	2,60
		-			0,52		
	2Ck	-	-	-	0,56	0,57	2,85
		-			0,58		

Prom.: Promedio.

Cloruros en el extracto de saturación

Suelo	Horizonte	mL AgNO ₃	Prom. mL AgNO ₃	mEq L ⁻¹ Cl ⁻
Perfil 1	Ap	1,90	1,91	4,78
		1,92		
	2Btn	2,22	2,24	5,60
		2,26		
	3Ck1	2,20	2,18	5,45
		2,16		
	3Ck2	1,57	1,56	3,90
		1,55		
Perfil 2	Ap	0,80	0,82	2,05
		0,84		
	A2	1,08	1,06	2,65
		1,04		
	2Ck	0,72	0,71	1,76
		0,69		

Prom.: Promedio.

Sulfatos en el extracto de saturación

Suelo	Horizonte	mL AgNO ₃	Prom. mL AgNO ₃	mEq L ⁻¹ Cl ⁻
Perfil 1	Ap	0,113	0,103	0,006
		0,093		
	2Btn	0,354	0,354	0,019
		-		
	3Ck1	0,176	0,181	0,010
		0,185		
	3Ck2	0,093	0,091	0,005
		0,089		
Perfil 2	Ap	0,046	0,044	0,002
		0,041		
	A2	0,066	0,069	0,004
		0,071		
	2Ck	0,029	0,033	0,002
		0,037		

Prom.: Promedio.

FERTILIDAD QUIMICA

Nitrógeno total

Suelo	Horizonte	mL H ₂ SO ₄	Prom. H ₂ SO ₄	g N kg ⁻¹
Perfil 1	Fertilidad Química	2,14	2,15	1,1
		2,16		
Perfil 2	Fertilidad Química	2,25	2,25	1,2
		2,24		
Blanco		0,91	0,97	-
		1,02		

Prom.: Promedio.

Fósforo extraíble

Suelo	Horizonte	Abs.	Prom. Abs.	mg Kg ⁻¹
Perfil 1	Fertilidad Química	0,524	0,517	27
		0,509		
Perfil 2	Fertilidad Química	0,275	0,274	14
		0,272		

Prom.: Promedio.

Abs.: Absorbancia.

Potasio disponible

Suelo	Horizonte	Lectura	mg Kg ⁻¹
Perfil 1	Fertilidad Química	174	565
Perfil 2	Fertilidad Química	217	705

Actividad biológica

Suelo	Horizonte	Profundidad	mL de HCl	mg de CO ₂ /100 g de suelo/día	Valoración
Perfil 1	Ap	0 - 10	2,75	10,18	Mod. Baja
	2Btn	10 - 20	2,47	11,94	Mod. Baja
Perfil 2	Ap	0 - 10	3,27	6,91	Baja
	A2	10 - 20	3,35	6,41	Baja
Blanco		4,37	-	-	-

DETERMINACIONES EN EL AGUA

pH

Muestra	Lectura (1:2,5)
<i>Molino</i>	7,6
<i>Tanque</i>	7,9

Conductividad Eléctrica

Muestra	Lectura (1:2,5)
<i>Molino</i>	2,02
<i>Tanque</i>	1,53

Cloruros

Muestra	Titulaciones		Prom. Cloruros (mg/L)	Cloruros (mEq/L)
<i>Molino</i>	6,70	6,66	6,68	16,70
<i>Tanque</i>	3,64	3,59	3,62	9,04

Prom.: Promedio.

Bicarbonatos

Muestra	Titulaciones		Prom. Cloruros (mg/L)	Cloruros (mEq/L)
<i>Molino</i>	1,48	1,52	1,50	7,50
<i>Tanque</i>	1,98	1,95	1,97	9,83

Prom.: Promedio.

Sodio

Muestra	Na ⁺ (UE)	Na ⁺ Dilución (5mL./25mL)	Na ⁺ (mEq/L)
<i>Molino</i>	550	235	7,92
<i>Tanque</i>	618	268	8,90

Potasio

Muestra	K ⁺ (UE)	K ⁺ (mEq/L)
<i>Molino</i>	40	0,35
<i>Tanque</i>	12	0,11

Calcio + Magnesio

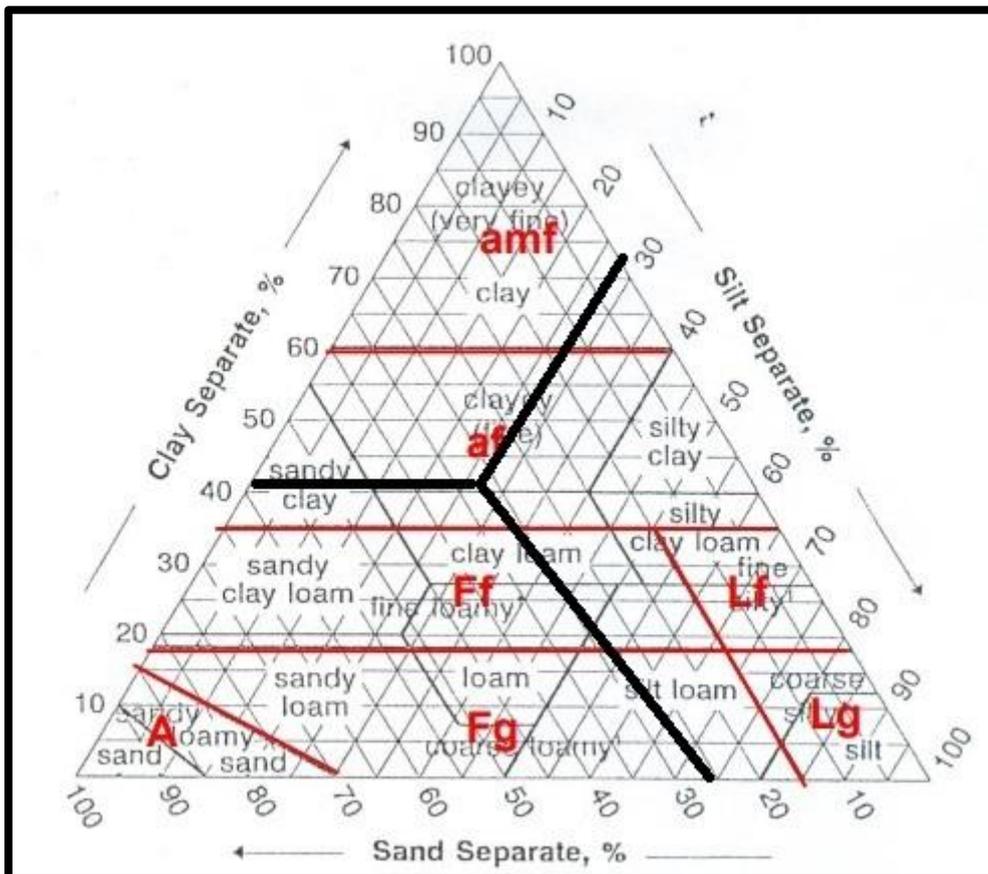
Muestra	Titulaciones		Prom. Titulaciones Ca + Mg	Ca + Mg (mEq/L)
<i>Molino</i>	1,91	1,84	1,87	8,16
<i>Tanque</i>	0,39	0,40	0,39	1,72

Prom.: Promedio.

DETERMINACIONES DE CLASIFICACIÓN DE SUELO

Clasificación por tamaño de partículas perfil 1

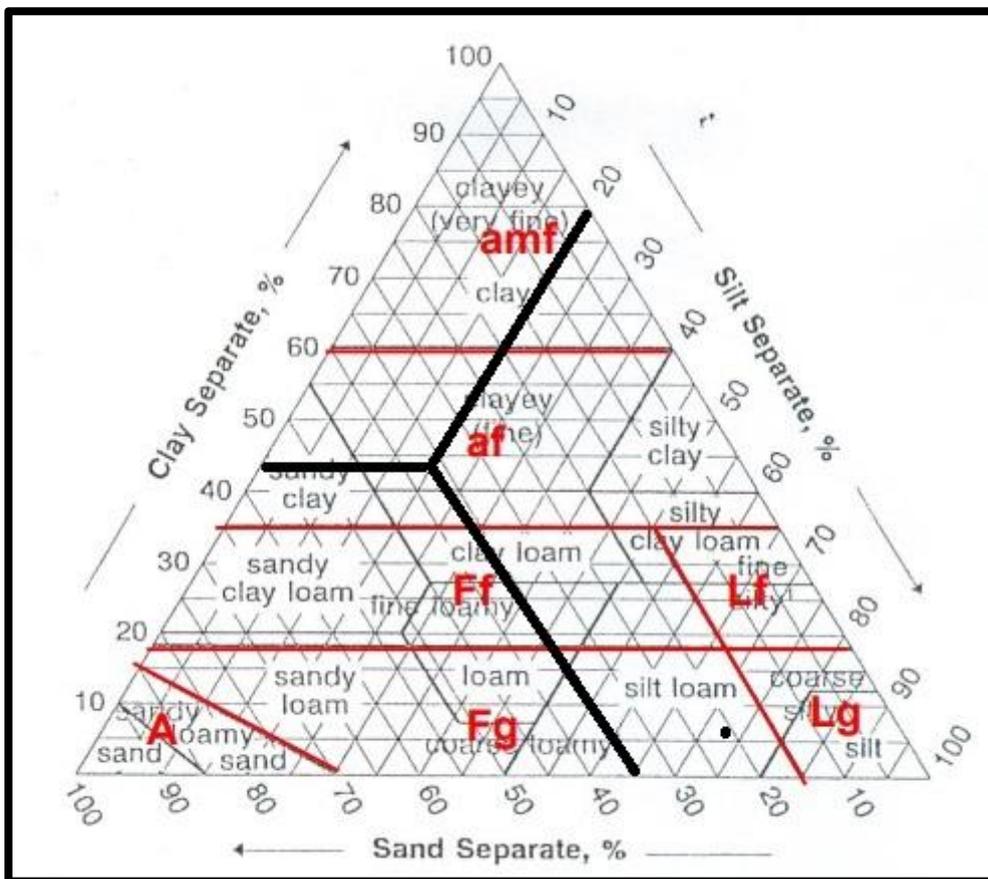
Espesor	Arcilla (espesor * %a)	Limo (espesor * %L)	Arena (espesor * %A)
2Btn (9 cm)	465,75	184,59	249,66
3Ck1 (23 cm)	772,80	794,65	732,55
3Ck2 (22 cm)	1005,18	622,38	572,44
Suma	2243,73	1601,62	1554,65
<i>Suma</i> <i>Espesor total (54 cm) %</i>	41,55	29,66	28,79



Clasificación por tamaño de partículas: “arcilloso fino”

Clasificación por tamaño de partículas perfil 2

Espesor	Arcilla (espesor * %a)	Limo (espesor * %L)	Arena (espesor * %A)
2Btn (9 cm)	338,38	459,76	601,86
3Ck1 (23 cm)	2099,16	711,9	1388,94
3Ck2 (22 cm)	2437,54	1171,66	1990,80
Suma	43,53	20,92	35,55
<u>Suma</u> Espesor total (54 cm) %	41,55	29,66	28,79



Clasificación por tamaño de partículas: “arcilloso fino”