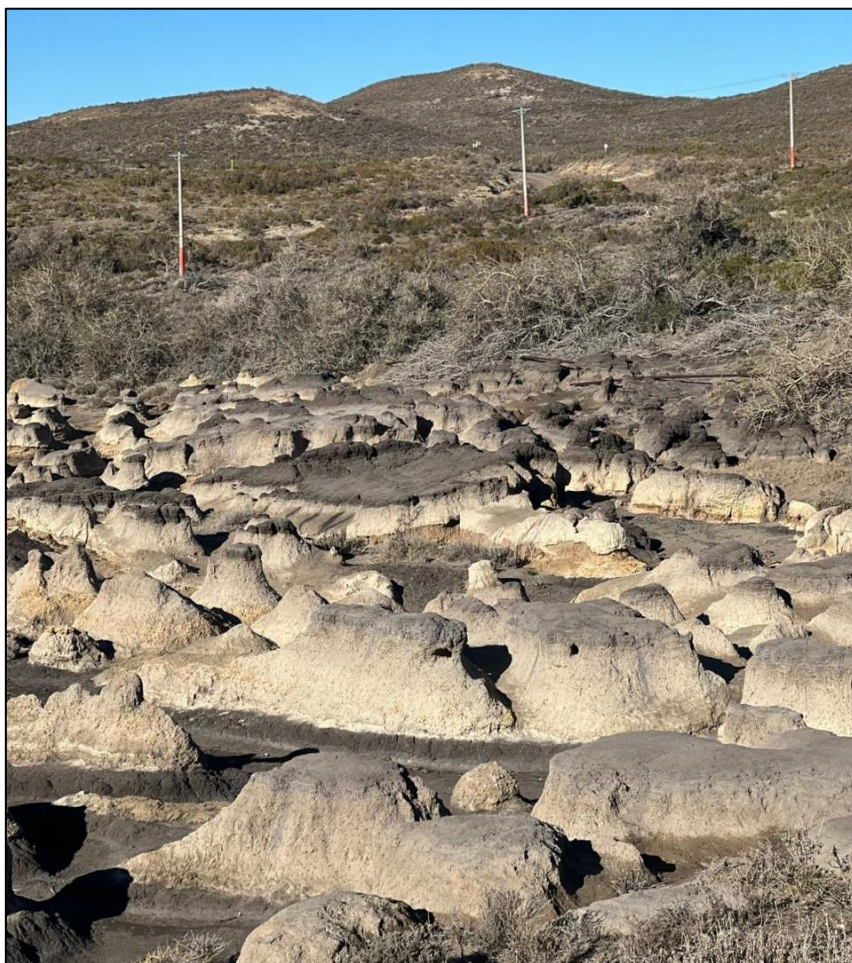




**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
PATAGONIA SAN JUAN BOSCO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Y CIENCIAS DE LA SALUD**



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
TRABAJO FINAL DE GRADO**



**Caracterización de las propiedades morfológicas
y químicas de suelos en un mallín en Cañadón Behr,
Comodoro Rivadavia.**

Alumno: Ariel Ignacio Galleguillo Diaz

Directora: Msc. María Fernanda Valenzuela

Codirectora: Esp. Mónica Gabriela Rack

Año 2026

RESUMEN

Los mallines que conservan su funcionalidad hídrica son ambientes de relieve plano-cóncavos en posiciones topográficas bajas del paisaje con aporte permanente de agua debido al escurrimiento superficial y subsuperficial del agua de lluvia, y al aporte de acuíferos. En los mismos se pueden diferenciar tres zonas de acuerdo a la influencia de la napa freática, generando un gradiente edáfico y vegetal que depende de la disponibilidad hídrica en cada sector. El mallín estudiado, ubicado en el Cañadón Behr, presenta actualmente un estado de degradación y pérdida de su funcionalidad hídrica, aunque conserva en los perfiles de suelo rasgos asociados a condiciones de mayor humedad existentes en el pasado. Se elaboró un mapa geomorfológico y se caracterizaron tres perfiles de suelo localizados en los sectores periférico (P1), intermedio (P2) y central (P3). En cada perfil se describieron las propiedades morfológicas y se determinaron las propiedades físicas y químicas de los suelos. Estos suelos son derivados de depósitos eólicos, de secuencia general A-AC-C1-2C2-3Ab. Los perfiles P2 y P3 presentan colores con un matiz de 2,5Y y presencia de tallos oxidados en los horizontes C. Las texturas son franco arenosas y franco arcillo arenosas, están muy bien provistos de materia orgánica, presentan en el perfil P3 valores de pH fuertemente ácidos, y en los perfiles P2 y P1, pH ácidos a leve y ligeramente ácidos. En general los 3 perfiles tienen alta CIC, baja saturación con bases, y son suelos salinos no alcalinos. Considerando los datos obtenidos de salinidad y pH de los suelos estudiados, los mismos pueden clasificarse como salinos-ácidos. En la zona central del mallín (sitio P3) los suelos presentan los mayores valores de conductividad eléctrica, materia orgánica y los pH más ácidos. Esta acidez podría estar vinculada a procesos geoquímicos asociados a la presencia de sulfatos (yeso) proveniente de la Fm. Chenque y a condiciones de mayor humedad en el pasado. Esas condiciones de humedad no se mantienen en la actualidad debido a que la explotación de agua subterránea durante varias décadas ha producido la profundización del nivel freático, y por lo tanto la pérdida de funcionalidad hídrica del sistema. Esta pérdida estaría evidenciada en los perfiles analizados por el aumento de la salinidad del suelo y la disminución de la cobertura vegetal, más evidenciada en la zona central del mallín (P3). Al disminuir la humedad, los suelos se secan superficialmente favorecido los procesos de erosión eólica con la aparición de *yardangs*. Estas características indican que el mallín actualmente se encuentra degradado. En base a los resultados obtenidos, y considerando que las condiciones hidrológicas actuales no cambiarán a corto plazo, este sistema seguirá degradándose en el tiempo. Para poder recuperar parte de su funcionamiento se deberían reestablecer las condiciones iniciales que le dieron origen al mismo.

ÍNDICE

RESUMEN	3
AGRADECIMIENTOS	7
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	10
3. ANTECEDENTES	11
4. MARCO GEOLÓGICO Y EDÁFICO.....	13
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
5.1 Actividades de gabinete	17
5.2 Relevamiento de suelos	17
5.3 Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos	18
6. RESULTADOS.....	26
6.1. Descripción geomorfológica del sitio	26
6.2. Caracterización y zonificación del mallín	27
6.3. Descripción morfológica de los perfiles de suelo	29
6.4. Propiedades físicas y químicas de los suelos.....	37
7. DISCUSIÓN.....	42
7.1. Geomorfología	42
7.2. Propiedades morfológicas de los suelos	42
7.3. Propiedades físicas y químicas de los suelos.....	43
7.4. Efecto de la explotación del recurso hídrico en el área del mallín sobre las propiedades de los suelos.....	46
8. CONCLUSIONES.....	48
9. BIBLIOGRAFÍA.....	49
10. ANEXO	54

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis representa el cierre de una etapa muy importante de mi vida. Este camino estuvo lleno de aprendizajes, desafíos y experiencias que no hubiera podido transitar sin el acompañamiento de muchas personas, a quienes deseo expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, quiero agradecer a mi directora, Fernanda Valenzuela, y a mi codirectora, Mónica Rack, por el acompañamiento y la dedicación que demostraron durante todo este proceso. Gracias por la confianza, por compartir sus conocimientos y por cada consejo y observación que hicieron posible mejorar este trabajo. Su guía trascendió el ámbito académico y fue fundamental para mi crecimiento profesional y personal.

Quiero expresar un agradecimiento especial a Virginia Alonso, responsable del laboratorio del CIEFAP, por su excelente predisposición y paciencia durante la realización de los análisis de laboratorio. Su ayuda y asesoramiento fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A mi mamá Gladis, por su amor incondicional, por estar siempre presente, por acompañarme en cada paso y por enseñarme que el esfuerzo tiene su recompensa. A mi papá, Juan Carlos, por inculcarme con el ejemplo el valor del trabajo, la perseverancia y el compromiso. A mi hermana, Anita, por su cariño, su compañía y por alentarme siempre a seguir adelante. Este logro también es de ustedes.

A mis amigos, gracias por acompañarme durante todos estos años. Gracias por estar presentes tanto en los buenos momentos como en los más difíciles, por las charlas, las risas, el apoyo incondicional y por recordarme más de una vez que siempre había un motivo para seguir adelante. Haber compartido este camino con ustedes hizo que cada desafío fuera más llevadero y que cada logro tuviera aún más valor.

A mis compañeros de carrera, los aduladores y a los resisters les agradezco el intercambio de ideas y el compañerismo que caracterizó esta etapa. Mas allá de lo académico, me llevo amistades y experiencias que recordare siempre. La carrera me dio una profesión, pero también me regalo personas que espero llevar conmigo para toda la vida.

A la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, mi más sincero agradecimiento por haberme brindado las herramientas, los espacios y las oportunidades para recorrer este camino. También quiero agradecer a la educación pública, gratuita y de calidad, porque gracias a ella tuve la posibilidad de acceder a una formación universitaria y crecer tanto en lo académico como en lo personal.

Creo profundamente que la educación es una de las herramientas más poderosas para transformar realidades, y haber tenido la oportunidad de formarme en una universidad pública es un privilegio que siempre llevaré conmigo. Espero honrar esa oportunidad ejerciendo esta profesión con compromiso, responsabilidad y dedicación.

A todas las personas que me acompañaron para hacerlo posible, muchas gracias.

1. INTRODUCCIÓN

Los mallines son ambientes de relieve plano-cóncavos en posiciones topográficas bajas del paisaje con aporte permanente de agua (Mazzoni y Vázquez 2004), debido al escurrimiento superficial y subsuperficial del agua de lluvia y al aporte de acuíferos (Raffaele 1999). Esta mayor disponibilidad de agua, produce un anegamiento, permanente o temporario, que determina la formación de suelos y de especies vegetales azonales, es decir que el desarrollo de los suelos y la vegetación no está influenciado por el clima circundante, sino responde a la dinámica interna del mallín (Ayesa et al. 1999, Malvárez y Bó 2004, Mazzoni y Vázquez 2004, Bran 2004, Buono et al. 2010).

De acuerdo a la Secretaría de la Convención de Ramsar (2006), se los considera como un tipo de humedal que puede encontrarse en zonas húmedas y áridas de la región patagónica (Mazzoni y Vázquez 2004, Collantes et al. 2009, Oliva et al. 2017). Los mallines ocupan un área que en general no sobrepasa las decenas o cientos de hectáreas, presentando una alta variabilidad en sus características (Mazzoni y Rabassa 2013). Son muy importantes para la ganadería en la región patagónica debido a su alta productividad de pasturas, que en algunas situaciones ha generado una fuerte degradación de estos ecosistemas, debido a la presión de uso ganadero (Burgos et al. 1996, Malvárez y Bó 2004, Gaitán et al. 2011). Esto se acentúa hacia el este de la región donde la aridez es más marcada (Cremona et al. 1996).

En los mallines se pueden diferenciar tres zonas de acuerdo a la influencia de la napa freática (Boelcke 1957, Collantes et al. 2009, Chimner et al. 2011), generando un gradiente edáfico y vegetal que depende de la distancia a la fuente de agua (San Martino 2003). La zona central, generalmente está saturada de agua con una napa fluctuante a lo largo del año, presenta suelos con problemas de drenaje (hidromórficos) y vegetación de juncos y gramíneas. La zona intermedia, en comparación con la anterior, posee menor disponibilidad hídrica y cobertura vegetal. La periferia, con las cotas más elevadas respecto a la napa freática, presenta los suelos mejor aireados y con menor cantidad y diversidad vegetal siendo similar a la estepa lindante (Boelcke 1957, Gandullo y Schmid 2001, Buono et al. 2010). Si bien este comportamiento del agua edáfica es característico de mallines de precordillera y de sierras y mesetas, en estos últimos el sector central no siempre se encuentra anegado (Lanciotti 1997), ya que se localizan en sectores de mayor aridez (Cremona et al. 1996). Este gradiente de disponibilidad de agua influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Lanciotti et al. 1993, Coronato y del Valle 1988).

De acuerdo a la dinámica hidrológica natural de la fuente de agua, la superficie anegada de estos ecosistemas suele variar estacionalmente, pero de acuerdo a las condiciones de uso del mallín, se producen alteraciones que pueden provocar el descenso del nivel freático y disminución en la cobertura vegetal que conllevan a la degradación del mismo (Ivelic et al. 2021).

Es importante mencionar que los mallines deben ser conservados debido a que son importantes sumideros de carbono por su alto contenido de materia orgánica de sus suelos, y proveen de hábitat a numerosas especies de fauna silvestre (Gaitán et al. 2015).

2. OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es caracterizar las propiedades de los suelos en tres sectores de un mallín (zona central, intermedia y periferia) en el Cañadón Behr que ha sido afectado por la explotación de agua.

Objetivos específicos:

- Identificar las unidades geomorfológicas del mallín mediante la elaboración de un mapa geomorfológico.
- Caracterizar las propiedades morfológicas de los suelos.
- Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos.
- Analizar el efecto de la explotación del recurso hídrico sobre las propiedades de los suelos en el área del mallín.

3. ANTECEDENTES

El desarrollo de los suelos en los mallines está vinculado a la dinámica de la napa freática, cuya recarga depende en gran medida del marcado gradiente, originando suelos más desarrollados en la parte alta de las cuencas, conocidos como “mallines dulces” y, suelos con perfiles poco desarrollados en la parte baja, que pueden presentar rasgos salinos y alcalinos (Coronato y del Valle 1988, Beeskow et al. 1987, Lanciotti et al. 1993). La lixiviación del suelo, la composición química del agua y la profundidad de la napa freática son los principales responsables de esta diferenciación, acentuándose hacia el este los procesos de salinización por la mayor evaporación desde el suelo desnudo como consecuencia de la menor cobertura vegetal (Del Valle 1993). El material originario de estos suelos es heterogéneo debido a que han evolucionado a partir de diferentes orígenes (glacifluvial, aluvial y volcánico), existiendo en general más de un ciclo sedimentario, el cual es evidenciado en los perfiles de suelo por discontinuidades litológicas (Luque y Amari 1997, Luque et al. 2018).

De acuerdo a la profundidad de la napa y al tipo de cobertura vegetal predominante, López et al. (2005) clasifican a los mallines en 3 tipos diferentes: mallines húmedos, subhúmedos y secos, diferenciándolos además, en dulces y salados de acuerdo al balance hídrico y características geológicas predominantes en cada caso. En los mallines bajo clima seco (balance hídrico negativo) los pH son alcalinos, con bajos contenidos de materia orgánica (Luque y Amari 1997), y con una vegetación de carácter hidro-halófito (*Distichlis sp.* principalmente), (Beeskow et al. 1987).

Iriondo et al. (1974), mencionan que los mallines ubicados en la zona cordillerana de Río Negro y Chubut, pueden presentarse en relieves cóncavos o planos. Además, están permanentemente o casi permanentemente inundados con aguas corrientes o estancadas y los suelos presentan en general horizontes orgánicos. Al sudoeste de la provincia de Río Negro, mallines de climas secos se caracterizan por pH moderadamente alcalinos, levemente salinos en superficie y moderadamente provistos de materia orgánica (López et al. 2005). Diversos autores para suelos de mallines del norte y oeste de Patagonia (Buono et al. 2010, Chimner et al. 2011, García Martínez et al. 2017) mencionan pH básicos. Estudios realizados en un humedal extraandino de la provincia de Neuquén (Schmid 2004) mencionan que las características de los suelos en la zona central, presentan escasa evolución y altos contenidos de C orgánico y, desde la zona intermedia o la periférica, los suelos son más profundos y aumenta la conductividad eléctrica.

Estudios recientes realizados en el Distrito Fitogeográfico Golfo San Jorge (sudoeste de la provincia de Chubut hasta el norte de Santa Cruz) sugieren que los suelos de mallines, al presentar altos valores de salinidad, deberían monitorearse, ya que estas condiciones pueden disminuir la cobertura vegetal y acelerar los procesos de erosión hídrica y eólica en estos ambientes (Mendos et al. 2021).

El estudio de mallines en Patagonia no ha tenido una continuidad en el tiempo, y los diversos autores los han clasificado según diferentes criterios (Mazzoni y Vázquez 2004).

Existe variada bibliografía vinculada a la evaluación de la producción forrajera, y la degradación de suelos y vegetación de mallines por actividades ganaderas, agrícolas y petroleras (Ciano et al. 2000, Perotti et al. 2005, Gandullo et al. 2011, Peña y Campo de Ferraras 2012, Almonacid et al. 2014, Oliva et al. 2017, Utrilla et al. 2020). En estos aprovechamientos de mallines debe tenerse en cuenta que se trata de ecosistemas

azonales, y un uso inadecuado puede producir la disminución del nivel freático y la consecuente sequía de la superficie del mallín (Mazzoni 2000).

En la región patagónica, no se conocen trabajos de mallines que hayan sido degradados por extracción de agua subterránea en las áreas de estepa que circundan a los mallines, y forman parte de una misma cuenca. Es importante remarcar que la misma constituye la fuente más importante de alimentación de estos sistemas en climas áridos.

4. MARCO GEOLÓGICO Y EDÁFICO

El área de trabajo corresponde a un mallín ubicado en el Cañadón Behr, el cual está localizado en el departamento Escalante en la Provincia del Chubut. Se encuentra a 30 km al noroeste de la localidad de Comodoro Rivadavia, y se accede al mismo por la Ruta Nacional N° 3 (Fig. 1, 2 y 3).

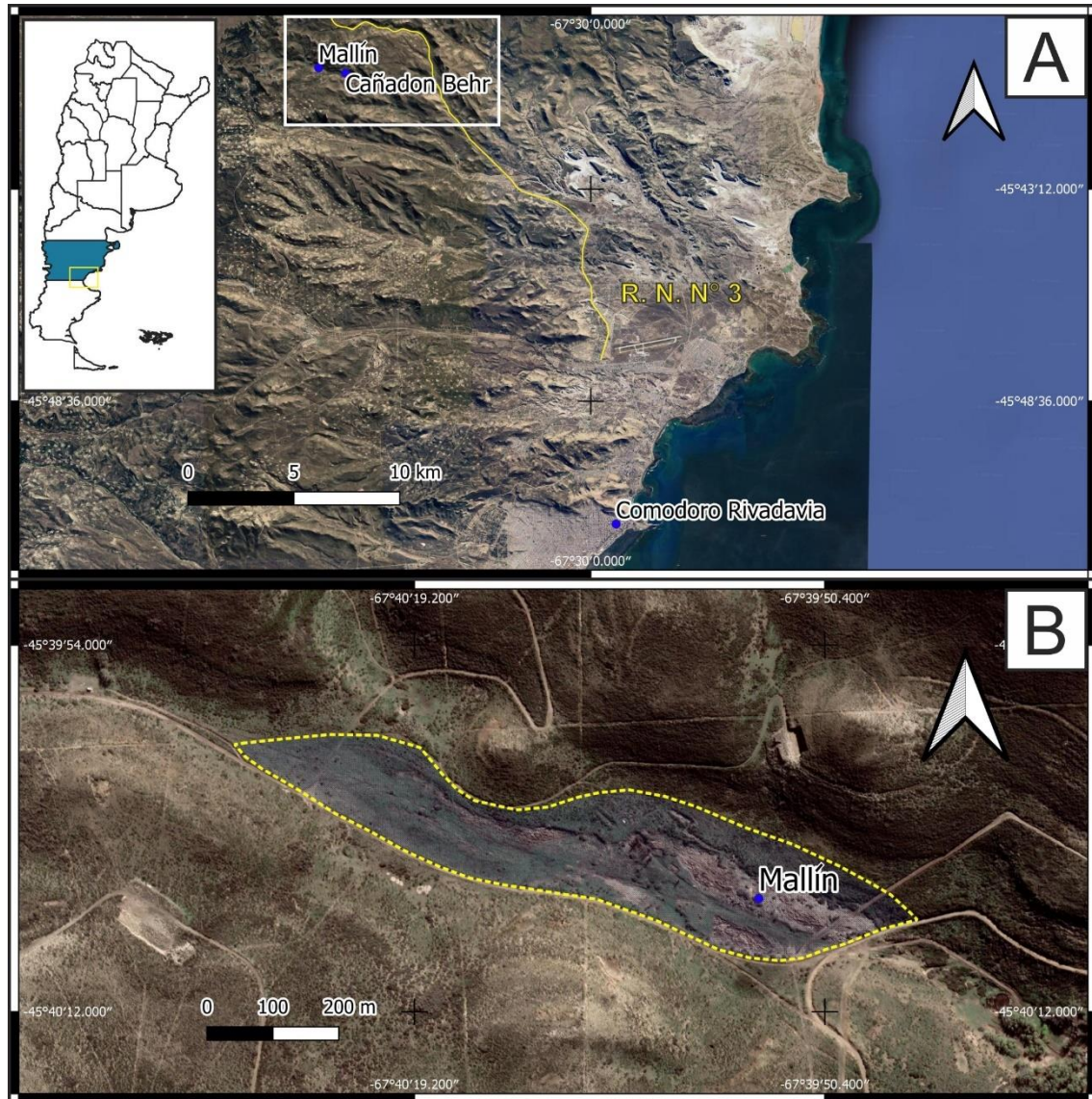


Figura 1: Mapa de ubicación del área de trabajo. A- Localización geográfica del área de estudio ubicado al norte de la ciudad de Comodoro Rivadavia, provincia del Chubut.
B- Imagen satelital donde se delimita el área del mallín estudiado.



Figura 2: Área de estudio tomada desde un mismo punto de observación. A- Vista hacia el sudeste. B- Vista hacia el sudoeste.

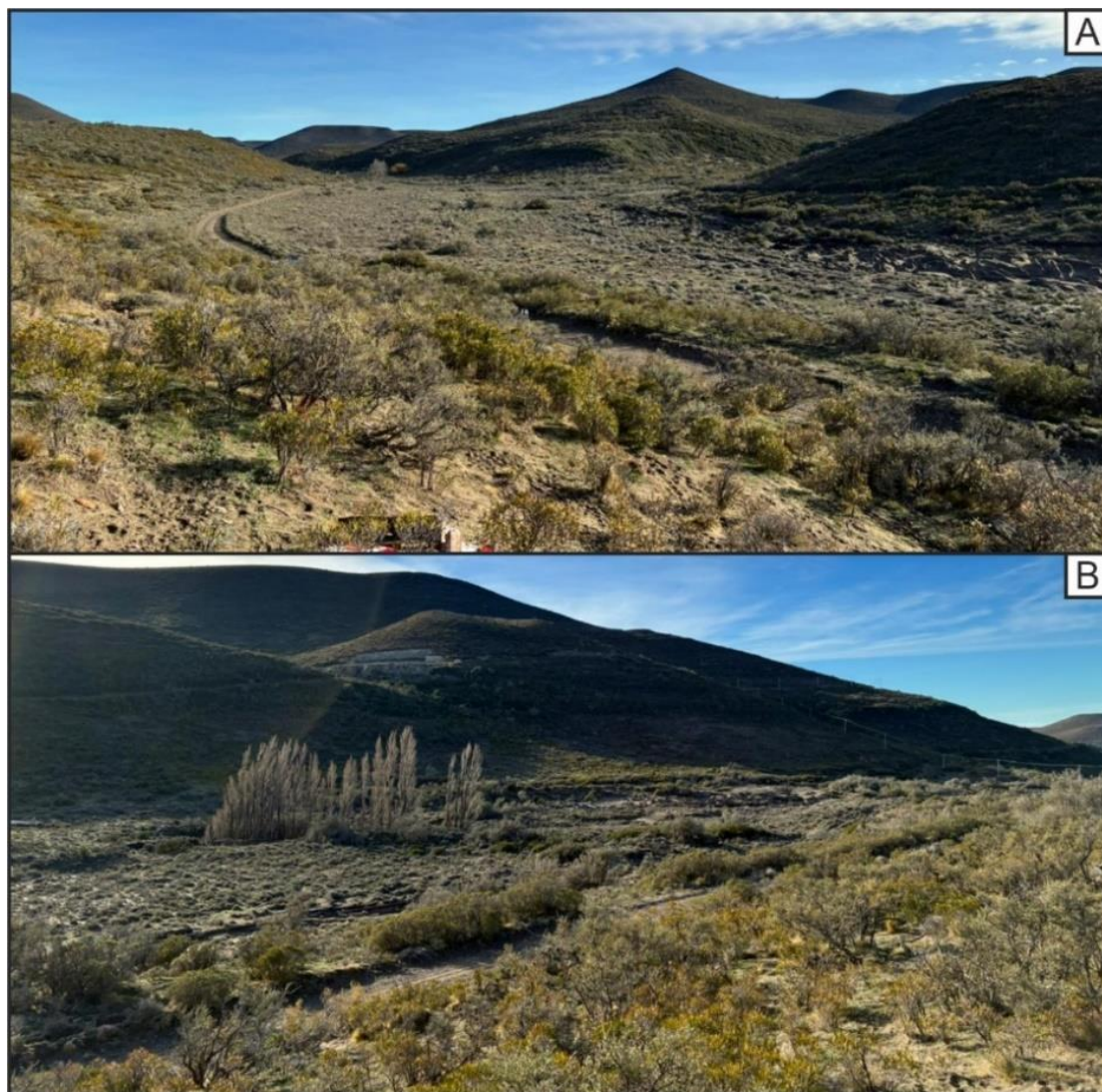


Figura 3: Área de estudio tomadas desde un mismo punto de observación. A- Vista hacia el noroeste. B- Vista hacia el noreste.

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona corresponden a sedimentitas cenozoicas de ambiente marino (Fm. Chenque) y continental (Fm. Santa Cruz), cubiertas por depósitos fluvio-glaciales denominados Rodados Patagónicos, que constituyen la terraza Pampa del Castillo del Plioceno, seguidas por niveles terrazados producidos por corrientes fluviales del Pleistoceno. Durante el Holoceno se depositan sedimentos fluviales, eólicos, lacustres, marinos y de remoción en masa (Sciutto et al. 2008).

Las unidades litoestratigráficas mencionadas no constituyen el material originario de los suelos del área de estudio. Los mismos evolucionan a partir de depósitos eólicos que suprayacen a estas unidades.

Es relevante mencionar que dichas unidades forman parte del Acuífero Multiunitario Superior (AMS), (Castrillo et al. 1984), que en la zona de estudio es reconocido como Acuífero Manantiales Behr (AMB). Éste se comporta como un acuífero libre en la sección superior que evoluciona a semiconfinado a medida que se profundiza, identificándose en profundidad un acuitardo (Castrillo et al. 1984). Si bien las primeras perforaciones destinadas al abastecimiento de agua corresponden a las décadas de 1940

y 1950 (Informes de YPF S.A. 1947), existen registros de captaciones previas mediante galerías filtrantes y obras de toma sobre los manantiales de Behr desde 1912, asociadas al abastecimiento de agua para la población de Comodoro Rivadavia y para la actividad petrolera en desarrollo. Actualmente la ciudad de Comodoro Rivadavia utiliza el AMB como fuente de agua potable para gran parte del sector norte de la ciudad, por lo que se estima que este acuífero posee más de 80 años de explotación mediante perforaciones y más de un siglo de aprovechamiento hídrico. En cercanías del área de estudio se encuentran tres de estas perforaciones, ubicadas aproximadamente a 300 m al noroeste de la misma, pertenecientes a la Sociedad Cooperativa Popular Limitada (SCPL).

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio forma parte de la Patagonia extraandina, caracterizada por un relieve mesetiforme escalonado, con extensas planicies estructurales, serranías aisladas, cañadones y depresiones de distinta magnitud. El modelado del paisaje responde a la interacción de procesos fluviales, eólicos y gravitacionales, que dieron origen a una amplia variedad de geoformas. En la región predominan las mesetas limitadas por escarpas, valles amplios de drenaje efímero, pedimentos, abanicos aluviales y depósitos eólicos. La intensa acción del viento ha favorecido el desarrollo de geoformas erosivas y de acumulación, constituyendo uno de los principales agentes modeladores del paisaje actual (Sciutto et al. 2008).

La vegetación en la zona de estudio se corresponde con la mencionada para el Distrito Fitogeográfico Golfo San Jorge, y está caracterizada en los sectores más húmedos por especies hidrófitas como *Juncus balticus*, *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Hordeum comosum* y *Poa pratensis*, en condiciones intermedias, se incorporan *Taraxacum officinale* y *Carex subantarctica*, y en los sectores más secos predominan especies mesófitas y halófitas como *Festuca pallescens* y *Distichlis scoparia* (Mendos et al. 2021).

La región de la cuenca del Golfo San Jorge corresponde a una zona de clima árido, con precipitaciones de alrededor de 230 mm/año, y con un déficit hídrico anual de 500 mm (Grizinik y Correia 2022).

En los suelos del mallín las condiciones hidrológicas determinan un régimen de humedad ácuico, a diferencia de la estepa, con un régimen arídico (Luque y Amari 1997, Luque et al. 2018).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Actividades de gabinete

Se elaboró un mapa geomorfológico del sitio mediante la digitalización de imágenes de alta resolución de libre acceso, utilizando el visualizador de imágenes Google Earth y herramientas complementarias de sistemas de información geográfica (SIG). Asimismo, se empleó un modelo de elevación digital de acceso libre (SRTM Plus V3 con resolución de 30m), junto con cartas topográficas y geológicas de la zona de estudio.

Toda la información fue georreferenciada y procesada utilizando los programas QGIS 3.6.2 y SNAP 8.0, ambos de acceso libre.

5.2 Relevamiento de suelos

Se realizó una transecta de orientación NW-ESE (110°N) en el sentido del escurrimiento superficial del agua en el área de estudio. Se describieron las propiedades morfológicas según el *Field Book for describing and sampling soils* (Schoeneberger et al. 2012) de 3 perfiles del suelo (Fig. 4); el primero (P1), se realizó en la parte alta del mallín (zona periférica), el segundo (P2), en la parte intermedia y el tercero (P3), en la zona baja del mismo (zona central). En cada perfil el muestreo se realizó por horizonte y se extrajeron un total de 12 muestras.

Los materiales utilizados para diferenciar los horizontes fueron: pala, cuchillo, cinta métrica y GPS para la localización del área. El color del suelo se determinó mediante la tabla Munsell Color (2012).

Los perfiles fueron clasificados según el *Soil Survey Staff* (2014).



Figura 4: Ubicación de los perfiles de suelo (P1, P2 y P3) en el área de estudio.

5.3 Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos

Las muestras de suelo se colocaron en bandejas, fueron secadas al aire y sometidas a los pretratamientos físicos previos (IRAM 1998), y posteriormente tamizadas por tamiz 2mm (N° 10 según normas IRAM).

A cada muestra se le realizaron las siguientes determinaciones analíticas: textura (Bouyoucos 1927), pH en agua (1:2,5) (IRAM-SAGyP 2021), conductividad eléctrica (Allison 1980), materia orgánica (Davies 1974), capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación en bases (%S) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) (SAGyP/AACS 2004). Para determinar de manera cualitativa la presencia de carbonatos en el suelo se utilizó una solución de HCl. Las mencionadas determinaciones fueron realizadas en el laboratorio del CIEFAP (Centro de Investigación Forestal Andino Patagónico) – UNPSJB, bajo la supervisión de la Ing. Virginia Alonso, responsable del laboratorio.

Para evaluar las propiedades físico-químicas de los suelos a lo largo del gradiente topográfico del mallín se analizaron las siguientes variables: la materia orgánica, como indicador de la calidad de suelo (Quiroga y Bono 2012), el pH que regula los procesos internos del suelo (Bouza 2012), la conductividad eléctrica, que refleja la concentración de sales, y descomposición de la materia orgánica que está relacionada al contenido de humedad (Castiglioni 2019).

5.3.1 Determinaciones analíticas en laboratorio

Textura mediante el método Bouyoucos (1927): basado en el principio de sedimentación diferencial de las partículas en suspensión según la ley de Stokes.

Para su determinación, se tomó una cantidad conocida de suelo previamente secado al aire y tamizado a 2 mm, el cual fue sometido a dispersión química mediante la adición de una solución de hexametafosfato de sodio. La muestra fue posteriormente agitada mecánicamente con el fin de lograr la completa dispersión de los agregados y la separación de las partículas individuales.

La suspensión obtenida fue transferida a un cilindro de sedimentación y llevada a volumen con agua destilada. A partir de este momento se registraron lecturas con hidrómetro en tiempos determinados, correspondientes a las fracciones de arena, limo y arcilla, en función de la velocidad de sedimentación de las partículas (Fig. 5).

Las lecturas obtenidas fueron corregidas por temperatura y utilizadas para calcular el porcentaje de cada fracción granulométrica. Finalmente, la textura del suelo se determinó mediante su ubicación en el triángulo textural correspondiente.



Figura 5: Determinación de la textura de las muestras mediante el método de Bouyoucos.

Reacción a la solución de HCl: se determinó con el fin de identificar cualitativamente la presencia de carbonatos en las muestras de suelo. Para ello, se colocó una pequeña porción de suelo seco sobre una superficie limpia y se agregaron unas gotas de HCl diluido. La presencia e intensidad de la efervescencia son indicadores de la reacción de los carbonatos del suelo frente al ácido. La inexistencia de efervescencia se interpretó como ausencia de carbonatos detectables.

pH en agua (1:2,5): mide la concentración de iones hidrógeno en su solución externa (no cuentan los iones adsorbidos). Para su determinación se utiliza la relación 1:2,5 (suelo/agua destilada); donde se procede a pesar 10 gramos de suelo, los cuales se introducen en recipientes con sus respectivos duplicados; para luego colocar agua destilada en los mismos (25 mL). Esta solución se mezcla y se deja reposar durante una hora; y una vez pasado este lapso de tiempo se realizan las mediciones con el pHmetro (Fig. 6).

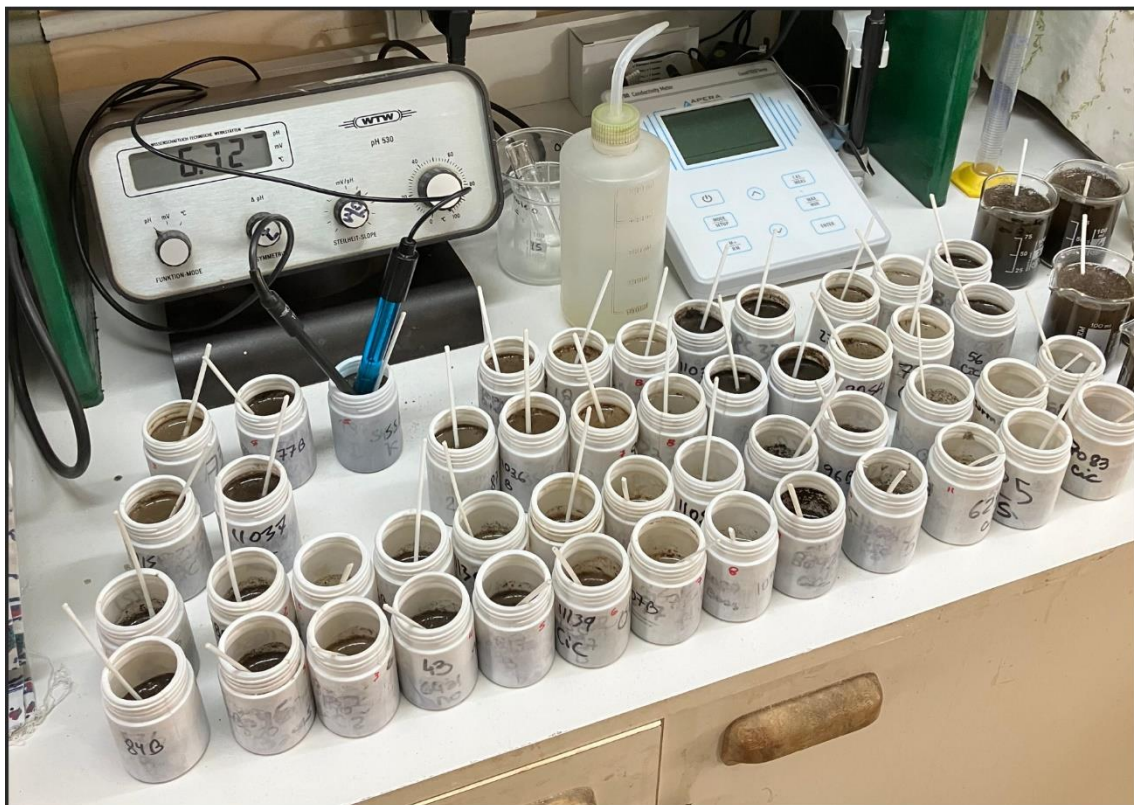


Figura 6: Medición del pH en agua de las muestras mediante potenciometría utilizando un pHmetro.

Conductividad eléctrica: mide la relación del contenido de sales solubles de la muestra de suelo y proporciona con precisión el grado de salinidad. Para su determinación se midieron 80 mL de agua destilada, los cuales fueron vertidos en vasos de precipitados y luego completados con muestras de suelo hasta enrasar en 100 mL (relación 1:5). Esta solución se mezcla con una varilla y se deja reposar por una hora; y una vez pasado este lapso de tiempo se mide la conductividad con el conductímetro (Fig.7).



Figura 7: Determinación de la conductividad eléctrica de las muestras mediante conductímetro.

Materia orgánica: se utilizó el método de determinación de materia orgánica por ignición (Davies, 1974), el cual está basado en la determinación por pérdida directa de peso del suelo al someterlo a temperatura elevada en mufla. Para la determinación de la misma se pesaron 5 gramos de suelo seco en una capsula metálica, la cual es colocada durante 24 horas en estufa a 105° C para poder eliminar todo tipo de humedad existente. Luego, las muestras son colocadas en la mufla a una temperatura de 430° C durante 24 horas, donde la fracción orgánica es incinerada. Se desconecta la mufla y se deja enfriar la muestra, para posteriormente pesarla y calcular el porcentaje de materia orgánica en base a la pérdida de peso del suelo seco (Fig. 8).

$$MO \% = \frac{\text{Peso suelo seco } 105^{\circ} \text{ C} - \text{Peso suelo calcinado}}{\text{Peso suelo seco } 105^{\circ} \text{ C} - \text{Peso cápsula}} \times 100$$



Figura 8: Determinación del contenido de materia orgánica mediante el método de Davies. A- Muestras en cápsulas antes de ingresar a la mufla. B- Muestras en la mufla. C- Muestras luego de ser retiradas de la mufla.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): se determinó mediante el método de saturación con acetato de sodio y posterior reemplazo con acetato de amonio.

Para ello, se pesaron 2 g de suelo previamente secado al aire y tamizado a 2 mm, los cuales fueron colocados en tubos de centrífuga. Paralelamente, se determinó el peso seco en estufa (105 °C) con el fin de corregir el contenido de humedad del suelo.

Las muestras fueron tratadas con 15 mL de una solución de acetato de sodio (NaOAc) 1 N, ajustada a pH 8,2, y agitadas durante 5 minutos en agitador mecánico. Posteriormente, se centrifugaron a 3000 rpm durante 5 minutos y se descartó el sobrenadante. Este procedimiento se repitió tres veces, con el objetivo de saturar el complejo de intercambio con sodio (Na⁺).

Luego, el exceso de sodio fue eliminado mediante tres lavados consecutivos con 15 mL de etanol al 95%, agitando durante 5 minutos y centrifugando a 3000 rpm en cada etapa, descartando el sobrenadante.

A continuación, el sodio adsorbido fue reemplazado por amonio mediante la adición de 15 mL de una solución de acetato de amonio (NH₄OAc) 1 N, ajustada a pH 7. Este procedimiento se realizó en tres repeticiones, recolectando el extracto de cada centrifugación en un matraz aforado de 50 mL, el cual fue llevado a volumen con agua destilada (Fig. 9).



Figura 9: Extractos recolectados en matraces durante la etapa de reemplazo del sodio adsorbido por amonio en la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La concentración de sodio en el extracto fue determinada mediante fotometría de llama. La capacidad de intercambio catiónico se expresó en meq/100 g de suelo, corrigiendo por el contenido de humedad, de acuerdo con la relación entre el suelo seco en estufa y el suelo seco al aire (Fig. 10).

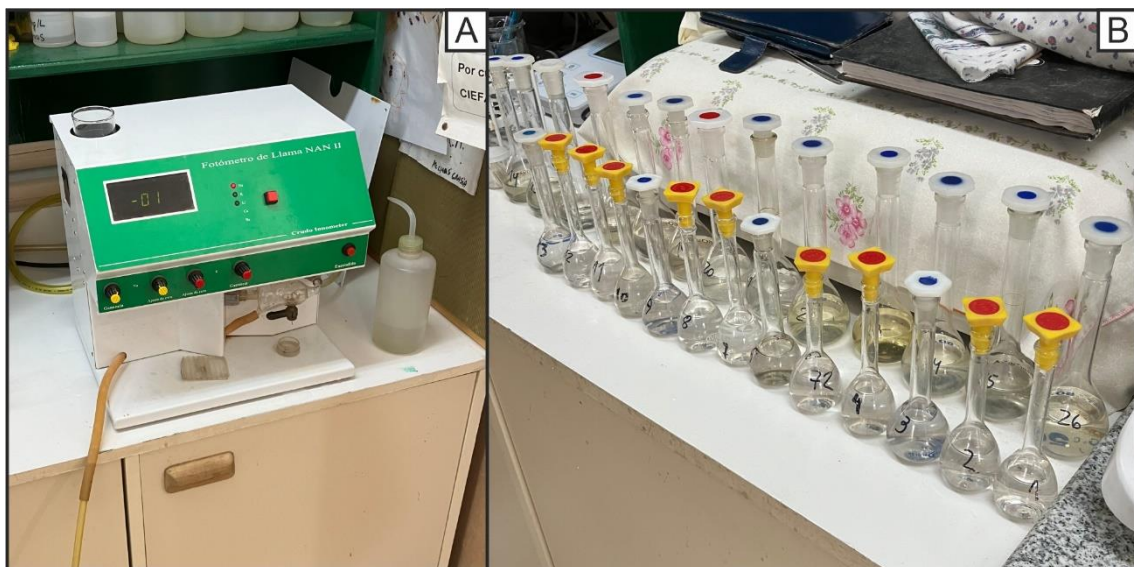


Figura 10: Determinación de sodio intercambiable para el cálculo de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). A-Fotómetro de llama NAN II utilizado para la cuantificación de sodio. B- Extractos diluidos previo al análisis.

Bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+}): se determinaron mediante extracción con acetato de amonio (NH_4OAc) 1 N ajustado a pH 7.

Para ello, se pesaron 2 g de suelo previamente secado al aire y tamizado a 2 mm, los cuales fueron colocados en tubos de centrifuga. Previo a la extracción, las muestras fueron sometidas a tres lavados consecutivos con 15 mL de alcohol etílico, con el objetivo de eliminar sales solubles. Cada lavado consistió en agitación durante 5 minutos, seguida de centrifugación a 3000 rpm durante 5 minutos y posterior descarte del sobrenadante.

La extracción de las bases intercambiables se realizó mediante la adición de 15 mL de acetato de amonio 1 N, agitando durante 5 minutos y centrifugando a 3000 rpm durante 5 minutos. El extracto fue recolectado en un matraz aforado de 50 mL, filtrando mediante papel de filtro de banda rápida. Este procedimiento se repitió tres veces, completando el volumen final a 50 mL con la misma solución extractante (Fig. 11).



Figura 11: Extractos recolectados en matraces luego de la extracción de las bases intercambiables con acetato de amonio.

En el extracto obtenido se determinaron los cationes intercambiables mediante diferentes técnicas analíticas:

- El Ca^{2+} y el Mg^{2+} se determinaron por titulación con EDTA.
- El Na^+ y K^+ se determinaron mediante fotometría de llama, utilizando curvas de calibración preparadas a partir de soluciones estándar.

Los resultados se expresaron en meq/100 g de suelo.

Calcio: se determinó mediante titulación con EDTA. Para ello, se tomaron 5 mL del extracto obtenido, los cuales fueron colocados en un Erlenmeyer de 100 mL y diluidos hasta aproximadamente 25 mL con agua destilada. Posteriormente, se adicionaron 2 mL de NaOH 4N y una pequeña cantidad de indicador de purpurato (murexida). La titulación se realizó con una solución de EDTA hasta observar el cambio de color de rosado a violeta.

Calcio + Magnesio: se determinaron mediante titulación con EDTA. Para ello, se colocaron 5 mL del extracto en un Erlenmeyer de 100 mL y se diluyeron hasta aproximadamente 25 mL con agua destilada. Luego, se agregaron 0,5 mL de solución tampón de cloruro de amonio-hidróxido de amonio y 2 a 3 gotas de indicador eriocromo negro T. La titulación se efectuó con EDTA hasta alcanzar el punto final, evidenciado por el cambio de color de azul violáceo a turquesa.

El contenido de Mg^{2+} se obtuvo por diferencia entre las concentraciones determinadas previamente (Fig. 12).



Figura 12: Matraces con los extractos preparados para la determinación de calcio y magnesio mediante titulación EDTA.

Sodio y potasio: se determinaron mediante fotometría de llama. Para ello, se preparó una curva de calibración a partir de soluciones estándar de cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de potasio (KCl), con concentraciones comprendidas entre 0 y 2 meq/L. Posteriormente, los extractos fueron diluidos cuando fue necesario para que sus concentraciones se encontraran dentro del rango de calibración. Las determinaciones se realizaron utilizando un fotómetro de llama, obteniéndose las concentraciones de Na^+ y K^+ por comparación con las curvas de calibración correspondientes (Fig. 13).



Figura 13: Determinación de sodio y potasio mediante fotometría de llama. A- Fotómetro de llama NAN II utilizado para la determinación de las concentraciones de sodio y potasio. B- Extractos diluidos empleados en el análisis.

Porcentaje de Sodio intercambiable (PSI): se calculó con el objetivo de evaluar el grado de sodificación del suelo y su posible incidencia sobre las propiedades físico-químicas del mismo.

El PSI se obtuvo a partir de la relación entre el sodio intercambiable (Na^+), determinado en el extracto de acetato de amonio, y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, expresándose en porcentaje. En este caso los límites que se tienen en cuenta para clasificar el suelo es con respecto a Richard (1954).

$$PSI(\%) = \frac{Na^+}{CIC} \times 100$$

Para interpretar la calidad del suelo, los resultados de las propiedades químicas y físicas del suelo se compararon con los estándares establecidos en cada una de las metodologías empleadas. Los mismos se indican en el anexo 1.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción geomorfológica del sitio

El área de estudio presenta un conjunto de geoformas de origen poligenético, resultado de la interacción de procesos fluviales y eólicos principalmente, que controlan la morfología del paisaje. A partir del análisis geomorfológico se reconocen unidades bien diferenciadas, entre las que se destaca como geoforma principal una planicie aluvial, desarrollada en el sector del fondo de valle con una morfología elongada y pendientes suaves a muy suaves. Esta unidad se asocia a la acumulación de sedimentos finos transportados por escurrimientos de baja energía asociados a sistemas fluviales efímeros, lo que genera superficies relativamente planas en posiciones topográficamente bajas.

En los márgenes de esta planicie se identifican sectores de ladera, las cuales constituyen zonas de transición entre la planicie y las terrazas estructurales. Estas geoformas son expuestas por la disección de cañadones y cárcavas en las terrazas estructurales (Fig. 14).

Por otra parte, se reconocen geoformas erosivas de origen eólico, particularmente *yardangs* y pequeños arcos, desarrolladas sobre sedimentos finos y modeladas por la acción erosiva del viento. La presencia de estas formas evidencia la importancia de los procesos de deflación en la evolución reciente del paisaje, especialmente en aquellos sectores con menor cobertura vegetal (Fig. 15).

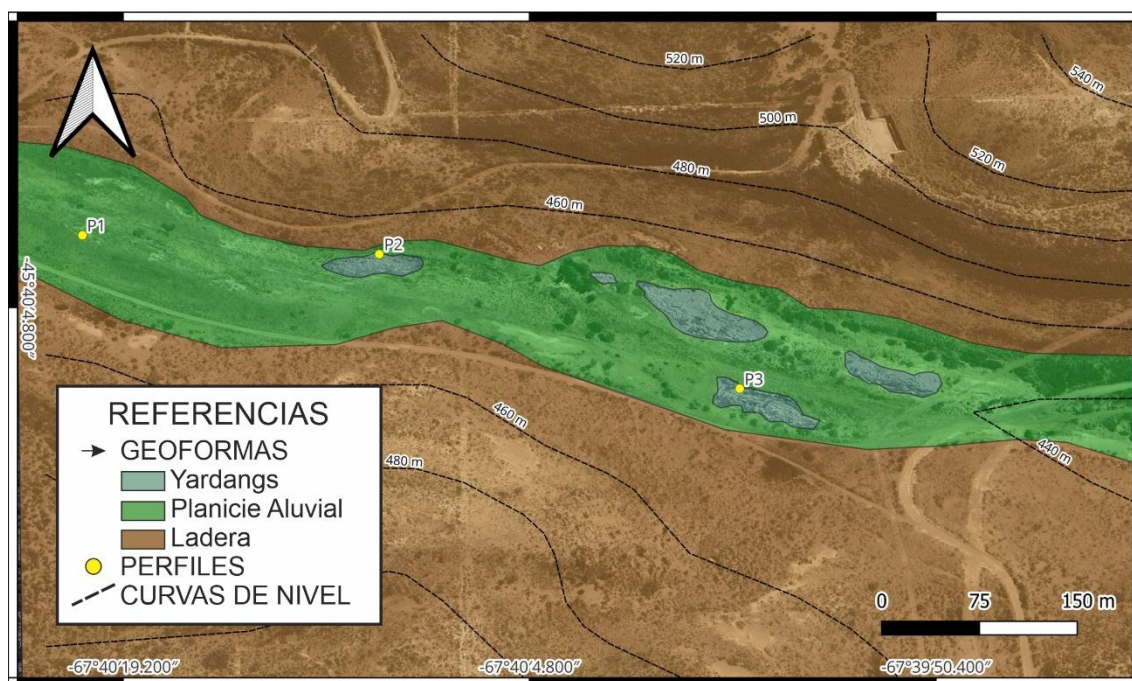


Figura 14: Mapa geomorfológico del área de estudio.

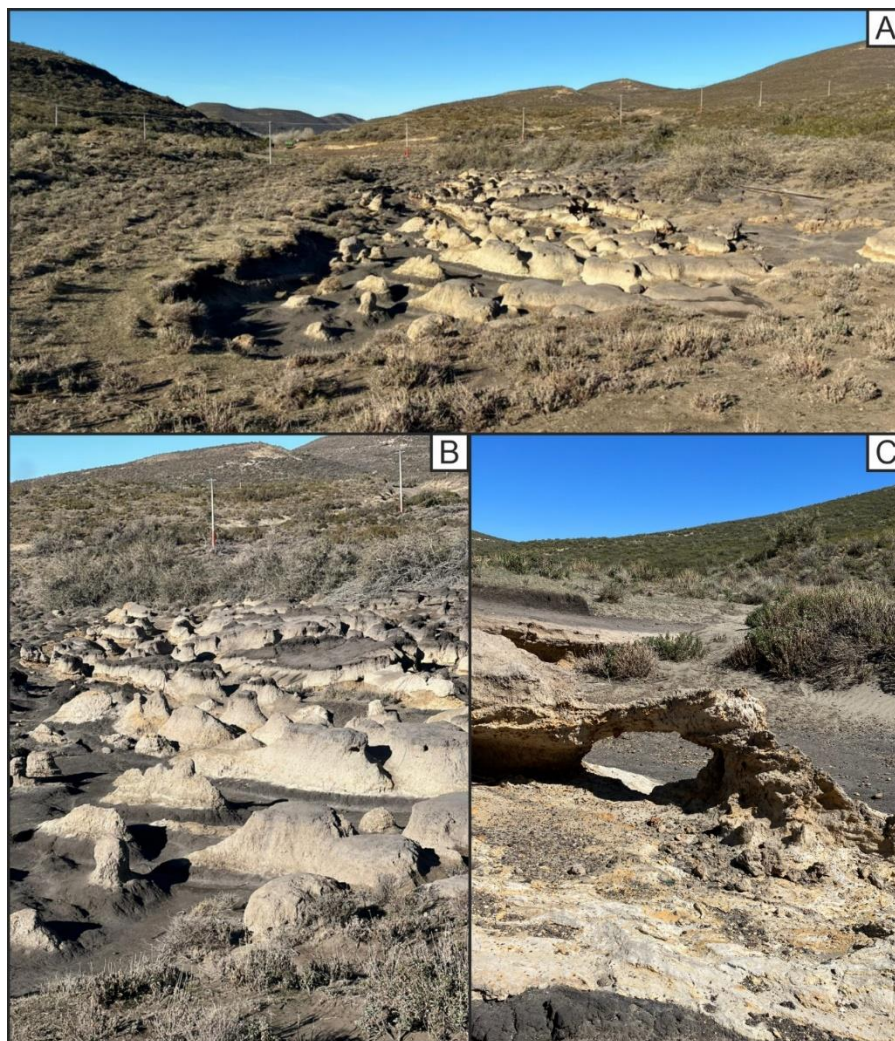
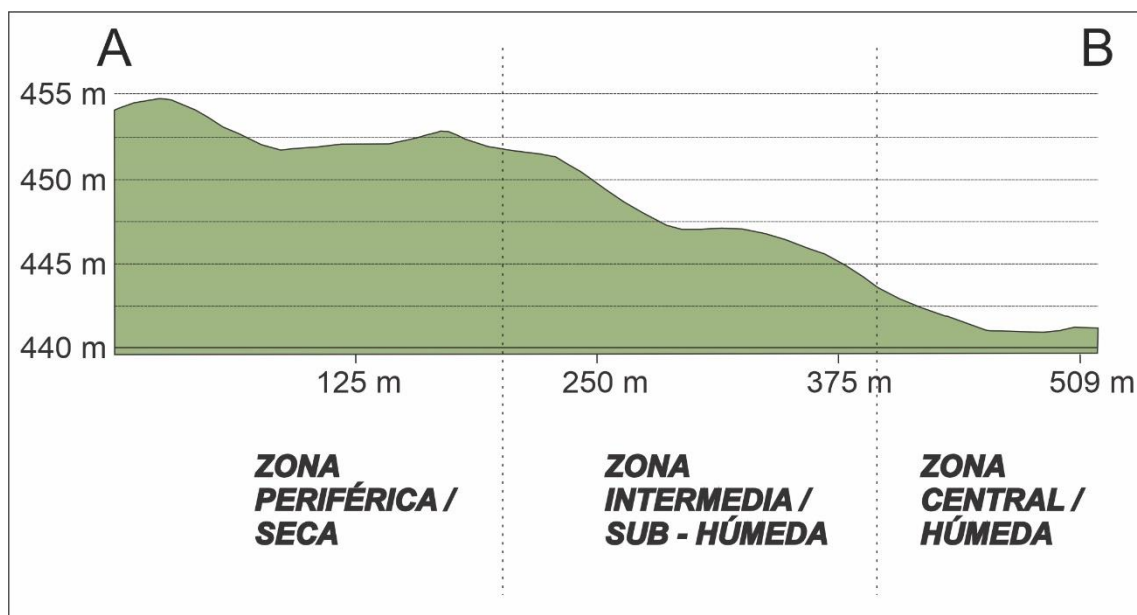
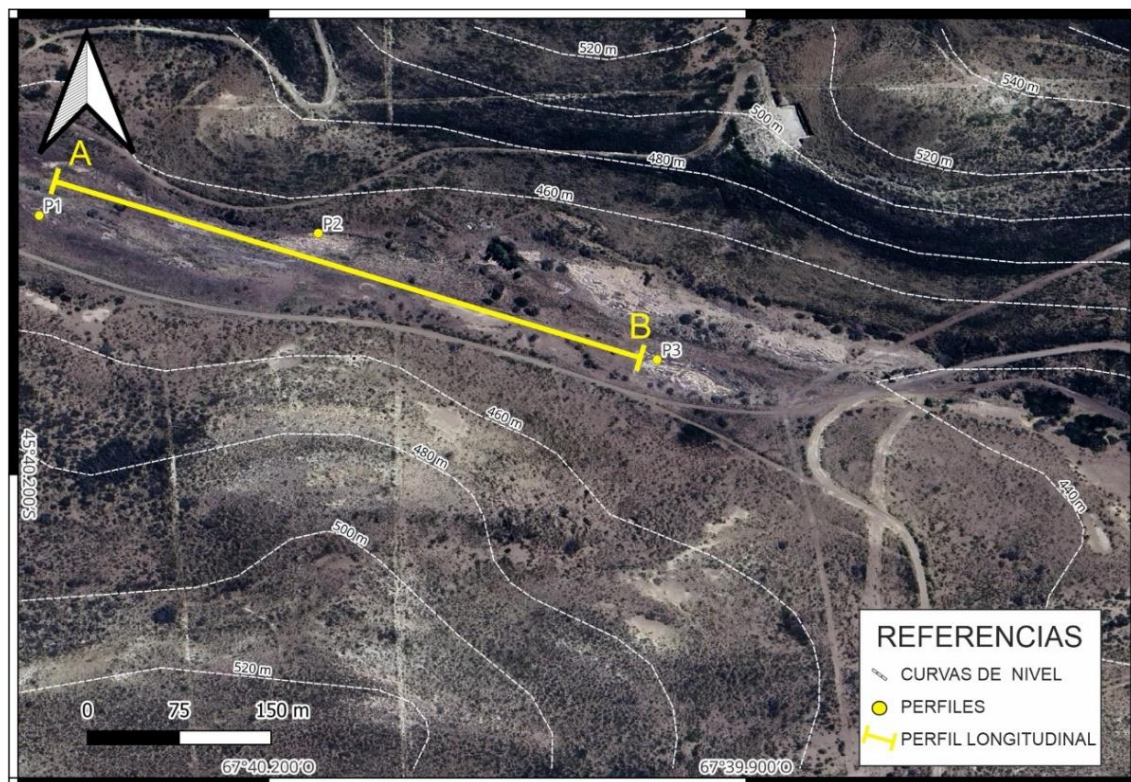


Figura 15: Geoformas eólicas erosivas en detalle. A y B- Yardangs. C- Arco erosivo.

6.2. Caracterización y zonificación del mallín

El mallín estudiado presenta una forma alargada y se desarrolla sobre una planicie aluvial de baja pendiente que favorece la acumulación de agua y sedimentos finos, condiciones necesarias para el desarrollo de este tipo de ambientes. Sin embargo, en la actualidad el sistema presenta un estado de degradación, evidenciado por la ausencia de acumulación de agua superficial, la disminución de la cobertura vegetal, la pérdida de humedad en el perfil y el predominio de procesos erosivos.

A partir del análisis geomorfológico y edáfico, fue posible reconstruir la zonificación interna del mallín, diferenciando un sector húmedo, un sector subhúmedo y un sector seco. Esta zonificación se basó en la posición topográfica y en la evidencia edáfica asociada al gradiente de humedad original (Fig. 16 y 17).



La zona central, corresponde al sector más bajo del sistema, en donde se habría concentrado las mayores condiciones de humedad en el pasado. Sin embargo, en la actualidad presenta el mayor grado de degradación, con pérdida de humedad y desarrollo de procesos erosivos. La zona intermedia, constituye un sector de transición entre el centro y los bordes del mallín. La zona periférica, corresponde a los sectores más externos del mallín, en donde predominan condiciones de menor humedad y características propias del ambiente circundante (estepa).

6.3. Descripción morfológica de los perfiles de suelo

En la transecta realizada de orientación NW-ESE, en los 3 perfiles de suelos (P1, P2 y P3) descriptos, el material originario se corresponde con depósitos eólicos, los cuales están constituidos por materiales finos a medianos, bien seleccionados con predominio de arenas y limos. La cobertura vegetal es variable en los sitios, y la superficie del suelo no presenta fragmentos superficiales. Es evidente el proceso de erosión, evidenciado por geoformas de origen eólico, particularmente *yardangs*, las cuales son más notables en el sitio P3. El uso del suelo en el área aledaña al mallín corresponde a la captación de agua subterránea para abastecimiento humano. Las fichas completas de descripción morfológica de los perfiles de suelo relevados en campo se presentan en el Anexo II.

Perfil 1 (P1): Está ubicado a 45°40'2''S y 67°40'21''O, a una altura de 450 m.s.n.m, sobre una pendiente de 15° con exposición al E (Fig. 18).



Figura 18: Vista general de la ubicación del Perfil 1. En recuadro amarillo ubicación donde se realizó la calicata de P1.

La cobertura vegetal es del 55% y está representada por *Grindelia chilensis*, *Senecio filaginoides*, *Pappostipa humilis* y *Retanilla patagónica* (Fig. 19).

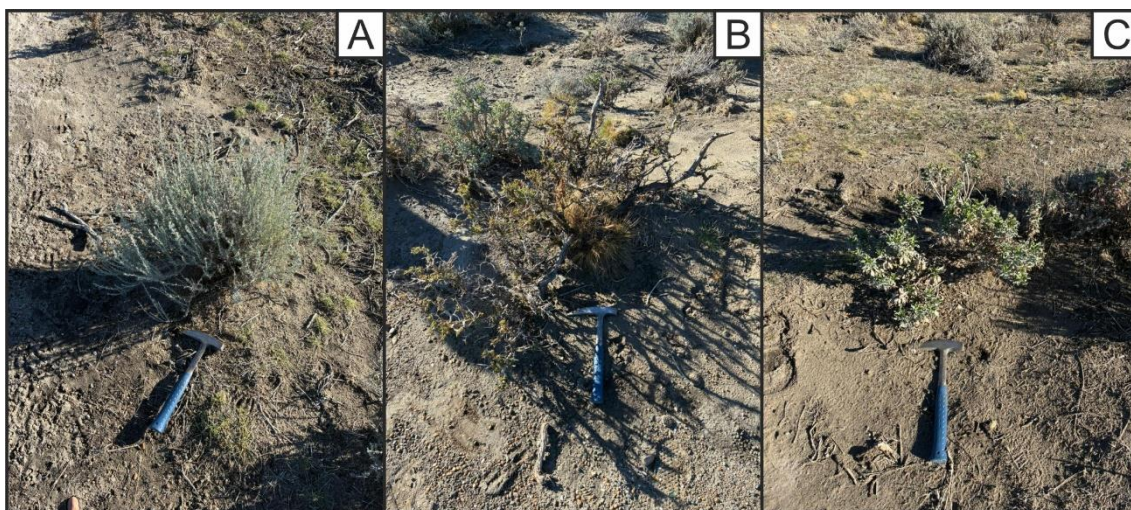


Figura 19: Vegetación característica en la zona del Perfil 1. A- *Senecio filaginoides*. B- *Pappostipa humilis* y *Retanilla patagónica*. C- *Grindelia chilensis*.

La secuencia de horizontes es de tipo A-AC-C (Fig. 21). El horizonte A de 14 cm de espesor presenta un color en seco pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), y en húmedo negro (10YR 2/1), con una estructura en bloques angulares gruesos, débiles, que rompen a grano suelto. Presenta raíces muy abundantes finas. El límite inferior es claro y plano.

A continuación, se observa un horizonte AC de 20 cm de espesor con un color en seco gris muy oscuro (10YR 3/1), y en húmedo negro (10YR 2/1), y una estructura en bloques subangulares gruesos, débiles. Presenta raíces abundantes finas. El límite inferior es abrupto y plano.

La secuencia continúa con un horizonte C de 38 cm de espesor, de color en seco pardo grisáceo (10YR 5/2), y en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), con estructura en bloques subangulares muy gruesos y fuertes. Presenta raíces abundantes de tamaño medio, y algunas se encuentran muertas con leve grado de descomposición (Fig. 20 y Tabla 1).

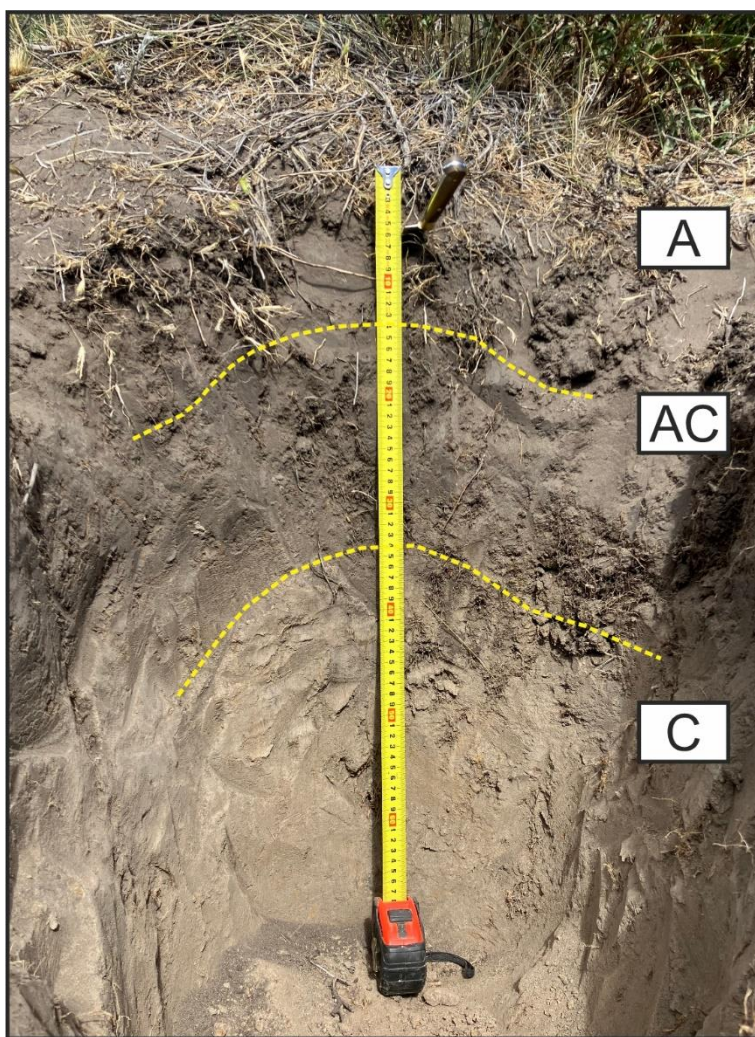


Figura 20: Perfil 1.

Perfil 2 (P2): Está ubicado a 45°40'63''S y 67°40'11''O, a una altura de 440 m.s.n.m, sobre una pendiente de 22° con exposición al S (Fig. 21).



Figura 21: Vista general de la ubicación del Perfil 2. En recuadro amarillo ubicación de P2.

La cobertura vegetal es del 60%, siendo las especies más abundantes *Grindelia chilensis*, *Colliguaja integerrima*, *Senecio filaginoides* y *Juncus balticus* (Fig. 22).



Figura 22: Vegetación característica en la zona del Perfil 2. A- *Colliguaja integerrima*. B- *Juncus balticus*. C- *Senecio filaginoides*. D- *Grindelia chilensis*.

En secuencia A-AC-C1-2C2-3C3 (Fig. 24), el horizonte A, de 13 cm de espesor, presenta un color en seco pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y en húmedo pardo muy oscuro (10YR 2/2), con estructura en bloques angulares medios, débiles que rompen a grano suelto. Presenta raíces finas muy abundantes. El límite es gradual.

A continuación, se observa un horizonte AC de 46 cm de espesor, color en seco gris muy oscuro (10YR 3/1), color en húmedo negro (10YR 2/1), con estructura en bloques subangulares muy gruesos, fuertes. Las raíces son comunes finas. El límite es claro y plano.

Por debajo aparece un horizonte C1 de 121 cm de espesor, color en seco pardo grisáceo (2.5Y 5/2), y en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), con estructura en bloques subangulares muy gruesos, moderados. Se observa la presencia de tallos que provienen de los horizontes inferiores, siendo abundantes. El límite inferior abrupto y plano.

La secuencia continúa con un horizonte 2C2 de 41 cm, color en seco gris pardusco claro (2.5Y 6/2), color en húmedo pardo oliva (2.5Y 4/3), con estructura en bloques subangulares muy gruesos, muy débiles. Continúa la presencia de tallos muertos y oxidados que provienen de horizontes inferiores. El límite inferior es claro y plano.

Luego se presenta un horizonte 3C3, de más de 24 cm, color en seco pardo grisáceo (2.5Y 5/2), color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), con estructura en bloques subangulares muy gruesos, fuertes que rompe a bloques subangulares gruesos y medios. Presencia de abundantes tallos muertos y oxidados (Fig. 23 y 24 y Tabla 1).

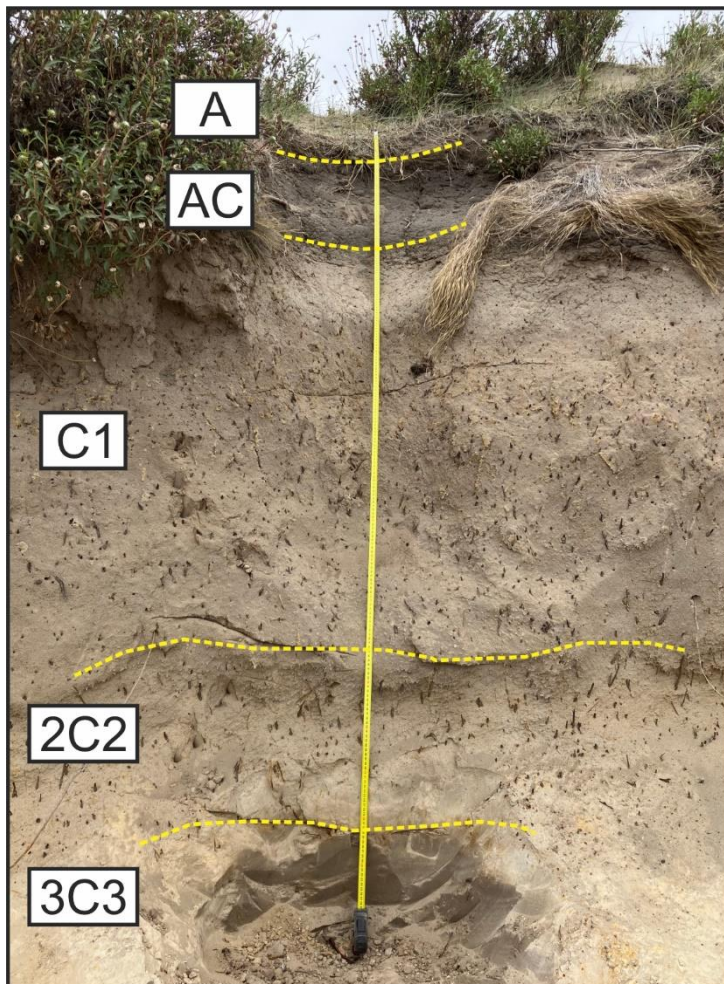


Figura 23: Perfil 2.

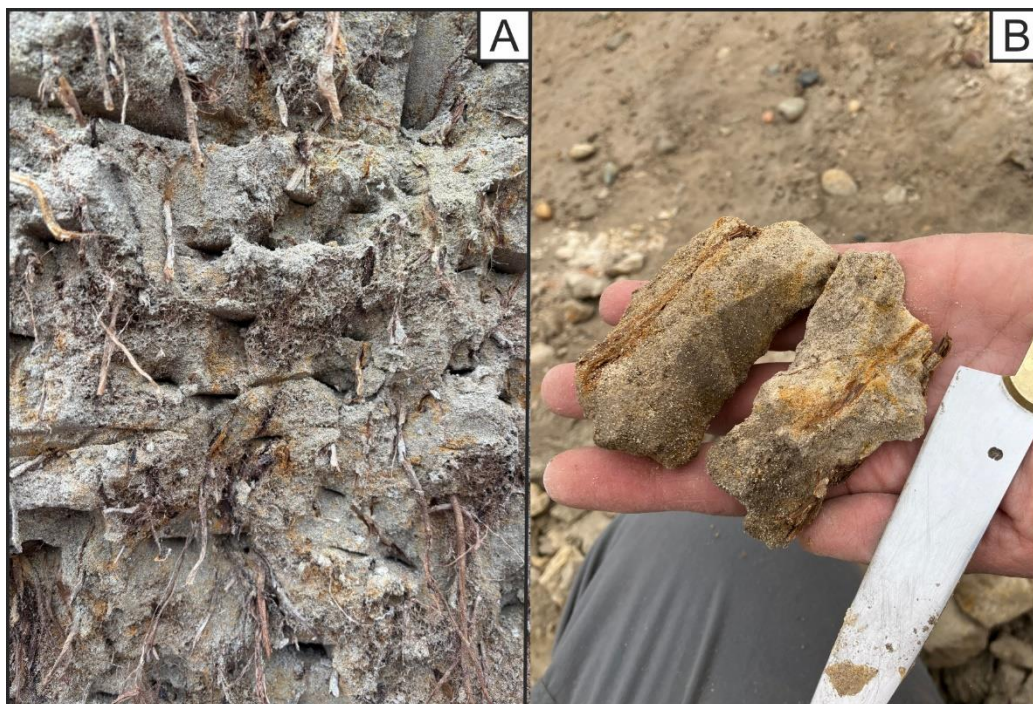


Figura 24: A- Vista en detalle de los tallos muertos y oxidados. B- Bloque dividido por la mitad que incluye un tallo oxidado.

Perfil 3 (P3): Está ubicado a 45°40'8''S y 67°39'50''O, a una altura de 430 m.s.n.m, sobre una pendiente de 11° con exposición al SE (Fig. 25).



Figura 25: Vista general de la ubicación del Perfil 3. En recuadro amarillo ubicación de P3.

La cobertura vegetal es del 30% y se compone de *Grindelia chilensis*, *Senecio filaginoides* y *Juncus balticus* (Fig. 26).

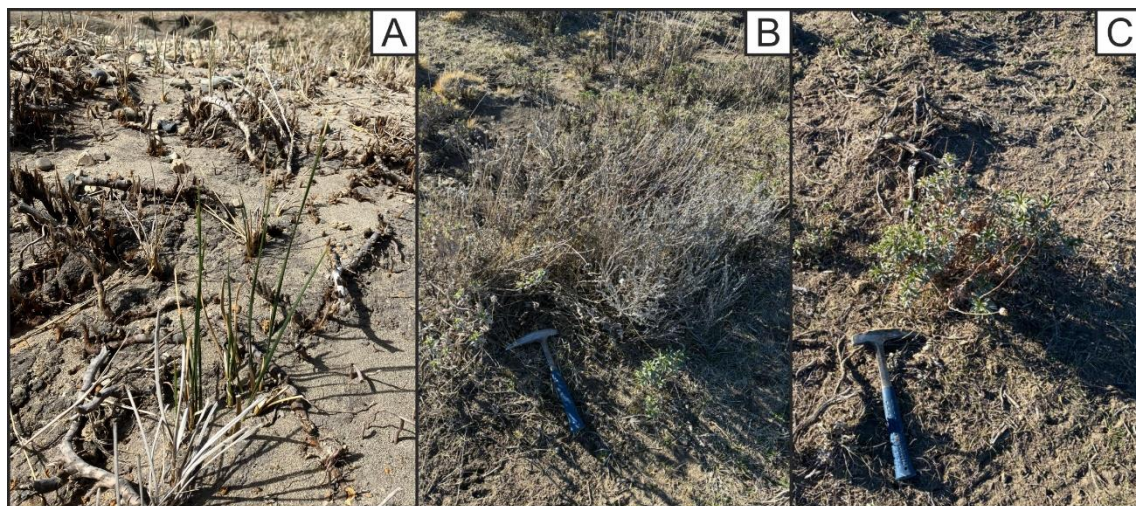


Figura 26: Vegetación presente en la zona del Perfil 3. A- *Juncus balticus*. B- *Senecio filaginoides*. C- *Grindelia chilensis*.

La secuencia de este perfil está caracterizada por los horizontes A-C1-2C2-3Ab (Fig. 28). El horizonte A de 22 cm de espesor, presenta un color en seco gris oscuro (2.5Y 4/1), y en húmedo negro (2.5Y 2.5/1), con estructura en bloques subangulares gruesos, moderado. Se observan tallos oxidados y muertos, comunes.

Por debajo en contacto difuso y plano aparece un horizonte C1 de 98 cm de espesor, color en seco pardo grisáceo claro (2.5Y 6/2), y en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), con estructura en bloques subangulares muy gruesos, moderado. Se observan tallos abundantes oxidados y muertos.

En contacto claro y ondulado se observa un horizonte 2C2 de 10 cm de espesor, color en seco gris claro (2.5Y 7/2), y en húmedo marrón grisáceo (2.5Y 5/2), con estructura en bloques subangulares gruesos, moderado que rompe a grano suelto. No se observan tallos.

Luego se presenta un horizonte 3Ab de más de 16 cm con un límite abrupto y plano, color en seco gris (2.5Y 5/1), y en húmedo negro (2.5Y 2.5/1), con estructura en bloques subangulares gruesos, fuerte. Continúa la presencia de abundantes tallos muertos y oxidados (Fig. 27 y 28 y Tabla 1).

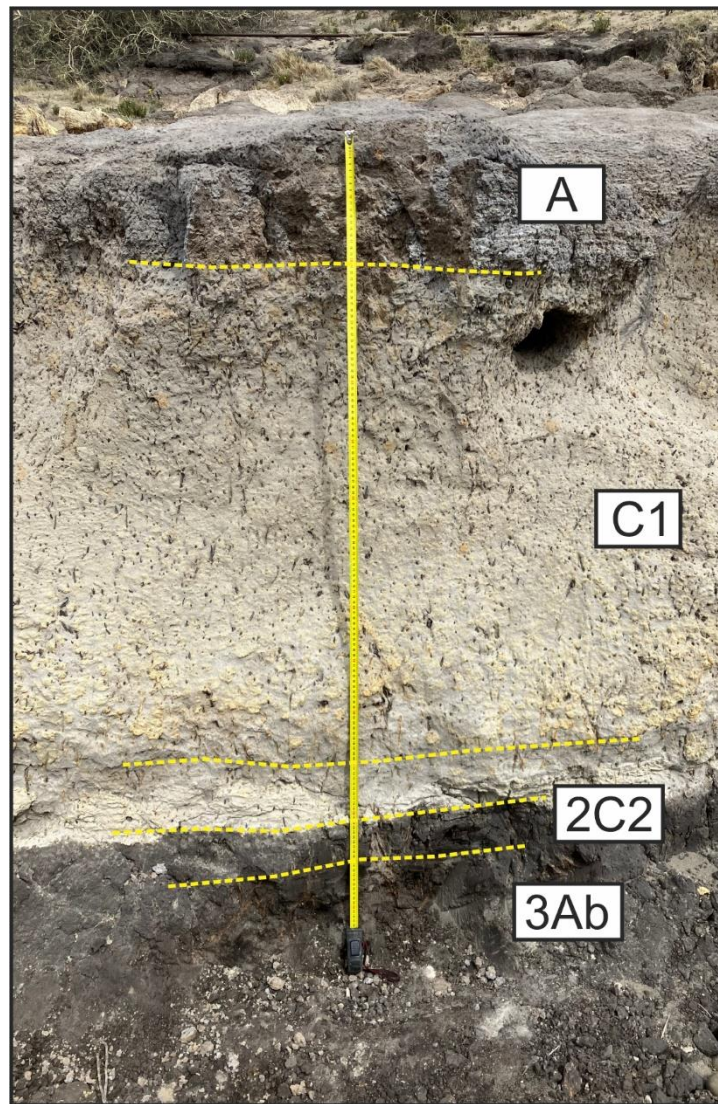


Figura 27: Perfil 3.

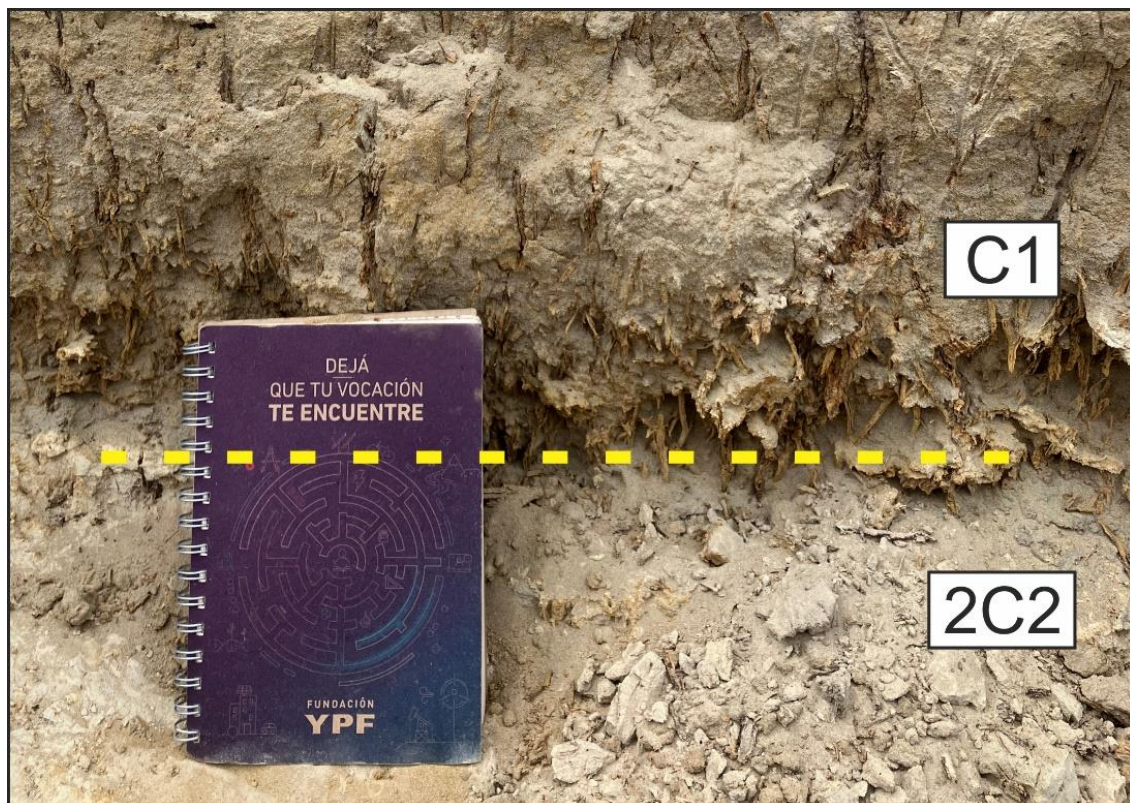


Figura 28: Contacto entre horizontes C1 y 2C2. Se observan tallos abundantes oxidados y muertos en C1, en contraste con 2C2 que no los presenta.

En los 3 perfiles descriptos la reacción al HCl fue negativa en todo el perfil, lo que estaría indicando la ausencia de carbonatos. En todos los horizontes no se registraron revestimientos de arcillas, lo que indica ausencia de un horizonte Bt (iluvial). En los perfiles 2 y 3 se observaron colores de reducción (2,5Y) y la presencia de raíces muertas y oxidadas en el horizonte C estarían indicando un drenaje moderadamente bien drenado en un pasado reciente, en donde en algún momento del año hubo un ascenso de la napa freática.

La presencia del horizonte 3Ab, en el perfil P3, nos permite identificar una discontinuidad litológica en donde se evidencia un cambio en el color del suelo (pardo grisáceo oscuro a negro) dado por la ganancia de materia orgánica.

Tabla 1: Propiedades morfológicas de los perfiles estudiados.

Perfil	Horizonte	Prof. (cm)	Color		Estructura	Límite
			Seco	Húmedo		
P1	A	0 - 14	10YR 3/2	10YR 2/1	SBK - CO - 1	C - S
	AC	14 - 34	10YR 3/1	10YR 2/1	SBK - CO - 1	A - S
	C	34 - 72+	10YR 5/2	10YR 3/2	SBK - VC - 3	
P2	A	0 - 13	10YR 3/2	10YR 2/2	SBK - CO - 1	G
	AC	13 - 59	10YR 3/1	10YR 2/1	SBK - VC - 3	C - S
	C1	59 - 180	2.5Y 5/2	2.5Y 3/2	SBK - VC - 2	A - S
	2C2	180 - 221	2.5Y 6/2	2.5Y 4/3	SBK - VC - 1	C - S
	3C3	221 - 245+	2.5Y 5/2	2.5Y 3/2	SBK - VC - 3	
P3	A	0 - 22	2.5Y 4/1	2.5Y 2.5/1	SBK - CO - 2	D - S
	C1	22 - 120	2.5Y 6/2	2.5Y 3/2	SBK - CO - 2	C - W
	2C2	120 - 130	2.5Y 7/2	2.5Y 5/2	SBK - CO - 1	A - S
	3Ab	130 - 146+	2.5Y 5/1	2.5Y 2.5/1	SBK - CO - 3	

Estructura tipo SBK: bloques subangulares. Tamaño: CO Gruesa, VC Muy gruesa. Grado: 1 débil, 2 moderado 3 fuerte. Definición de límite: A abrupto, D difuso, C claro, G gradual. Topografía del límite: S plano, W ondulado.

6.4. Propiedades físicas y químicas de los suelos

Se describieron las propiedades de los 3 perfiles de suelo, y se analizó el comportamiento de algunos parámetros entre los perfiles a lo largo del gradiente topográfico del mallín.

Perfil 1 (P1):

El perfil analizado presenta texturas medias (franco arenosa a franco arcillo arenosa).

Desde el punto de vista químico, se caracteriza por presentar valores de pH fuertemente a muy fuertemente ácidos, con un claro incremento de la acidez hacia los niveles más profundos.

La conductividad eléctrica presenta valores superiores a 0,9 dS/m (entre 1,96 y 0,945) indicando suelos salinos. Los mismos, al tener un PSI (%) inferior a 15 se clasifican como no sódicos.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), es muy alta en todo el perfil, con una tendencia decreciente en profundidad, lo que se asocia principalmente a la disminución del contenido de materia orgánica. El complejo de intercambio está dominado por cationes básicos, principalmente Mg^{2+} y Ca^{2+} , siendo la saturación magnésica elevada y la cálcica muy baja. El porcentaje de saturación en bases (%S) es bajo.

Los mayores contenidos de materia orgánica se encuentran en el horizonte A, siendo muy bien provista, al igual que en el horizonte AC en donde se observa una disminución de la misma, y moderadamente provista en el horizonte C, reflejando un mayor aporte de restos vegetales en el horizonte superficial y su menor incorporación en niveles inferiores (Tabla 2).

Tabla 2: Propiedades físicas y químicas de P1.

Variable	P1 A	P1 AC	P1 C1
pH 1:2,5	5.18	4.94	4.31
CE (dS/m)	1.96	1.76	0.95
CIC (meq/100g)	88.95	72.54	54.08
Ca (me/L)	14.25	3.50	10.00
Mg (me/L)	30.25	23.50	6.00
Na (me/L)	3.13	3.73	2.40
K (me/L)	0.59	0.37	0.50
MO (%)	6.22	4.88	2.02
PSI (%)	3.52	5.14	4.44
%S	54.21	42.88	34.95
Textura	Franco arenosa	Franco arcillo arenosa	Franco arenosa

CE: Conductividad eléctrica. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico. MO: Materia orgánica. PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable. S: Saturación en bases.

Perfil 2 (P2):

El perfil presenta texturas gruesas a medias (areno franca a franco arcillo arenosa). La textura más gruesa estaría indicada en el perfil por una discontinuidad litológica (2C2).

Los valores de pH varían desde condiciones de moderada a ligeramente ácidas en superficie, hacia valores extremadamente ácidos en profundidad.

La conductividad eléctrica es baja en los horizontes superficiales (menor a 0,9 dS/m), indicando condiciones no salinas, mientras que en profundidad los valores registrados (entre 0,94 y 1,45) estarían indicando condiciones de salinidad en el perfil. El porcentaje de Na⁺ intercambiable (%PSI) no supera el 5,6%, siendo el suelo no sódico.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es alta. Sigue dominando el Mg²⁺ en el complejo de intercambio, pero con valores inferiores a los registrados en P1, en cuanto a la saturación magnésica es buena mientras que la cálcica muy baja.

El contenido de materia orgánica es muy bien provista en superficie y disminuye de manera gradual en profundidad, siendo moderadamente provista (Tabla 3).

Tabla 3: Propiedades físicas y químicas de P2.

Variable	P2 A	P2 AC	P2 C1	P2 2C2	P2 3C3
pH 1:2,5	5.70	6.71	3.76	3.78	3.72
CE (dS/m)	0.37	0.35	1.45	1.14	0.94
CIC (meq/100g)	58.27	76.39	49.38	46.68	47.03
Ca (me/L)	8.00	4.00	7.00	2.00	6.00
Mg (me/L)	10.75	20.75	7.50	11.50	13.50
Na (me/L)	1.23	2.83	2.79	1.69	1.39
K (me/L)	0.54	0.33	0.26	0.19	0.33
MO (%)	4.13	3.87	2.69	2.91	1.57
PSI (%)	2.11	3.70	5.65	3.62	2.96
%S	35.22	36.54	35.54	32.95	45.12
Textura	Franco arenosa	Franco arcillo arenosa	Areno franca	Franco arenosa	Franco arenosa

CE: Conductividad eléctrica. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico. MO: Materia orgánica. PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable. S: Saturación en bases.

Perfil 3 (P3):

El perfil presenta una marcada heterogeneidad textural, dominada por materiales medios a finos (franco arenosos, franco limosos a franco arcillo arenosos). La presencia de materiales más finos estaría indicada en el perfil por una discontinuidad litológica (2C2).

El suelo se caracteriza por presentar valores de pH extremadamente ácidos en todo el perfil.

La conductividad eléctrica muestra valores mayores a 0,9 dS/m a lo largo del perfil indicando suelos salinos. Presenta cierta variabilidad entre horizontes, lo que sugiere una distribución irregular de sales y posibles procesos de acumulación asociados a la dinámica hídrica del sistema.

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), es muy alta en superficie, variando a alta en profundidad. La misma vuelve a aumentar en el horizonte 3Ab, presentado valores más próximos a los registrados para los horizontes superficiales (A-AC). El comportamiento de las bases de intercambio es similar a al registrado en el P2.

El contenido de materia orgánica es muy bien provisto en superficie. En profundidad, la materia orgánica disminuye, aunque vuelve a incrementarse en horizonte 3Ab (horizonte A enterrado), indicando una acumulación de materia orgánica y posterior depositación de sedimentos eólicos, los cuales constituyen el material originario de los suelos suprayacentes (Tabla 4).

Tabla 4: Propiedades físicas y químicas de P3.

Variable	P3 A	P3 C1	P3 2C2	P3 3Ab
pH 1:2,5	3.58	3.54	3.69	3.51
CE (dS/m)	2.17	3.68	1.12	1.34
CIC (meq/100g)	97.95	47.43	26.02	80.99
Ca (me/L)	7.50	8.50	6.50	7.00
Mg (me/L)	11.50	13.00	1.00	14.00
Na (me/L)	0.70	3.96	1.39	2.03
K (me/L)	0.70	0.19	0.14	0.36
MO (%)	10.44	3.97	3.35	7.08
PSI (%)	3.13	8.35	5.34	2.51
%S	23.30	54.09	34.70	28.88
Textura	Franco arcillo arenosa	Franco arenosa	Franco limosa	Franco arcillo arenosa

CE: Conductividad eléctrica. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico. MO: Materia orgánica. PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable. S: Saturación en bases.

Para evaluar el comportamiento de las propiedades físico químicas entre perfiles a lo largo del gradiente topográfico del mallín se analizaron los valores de pH, la conductividad eléctrica y la materia orgánica.

Los valores de pH muestran diferencias marcadas entre perfiles. Los horizontes superficiales de los perfiles P1 y P2 son fuertemente a moderadamente ácidos respectivamente, incrementándose la acidez en profundidad de P2 y en todo el P3 siendo extremadamente ácidos (Fig. 29).

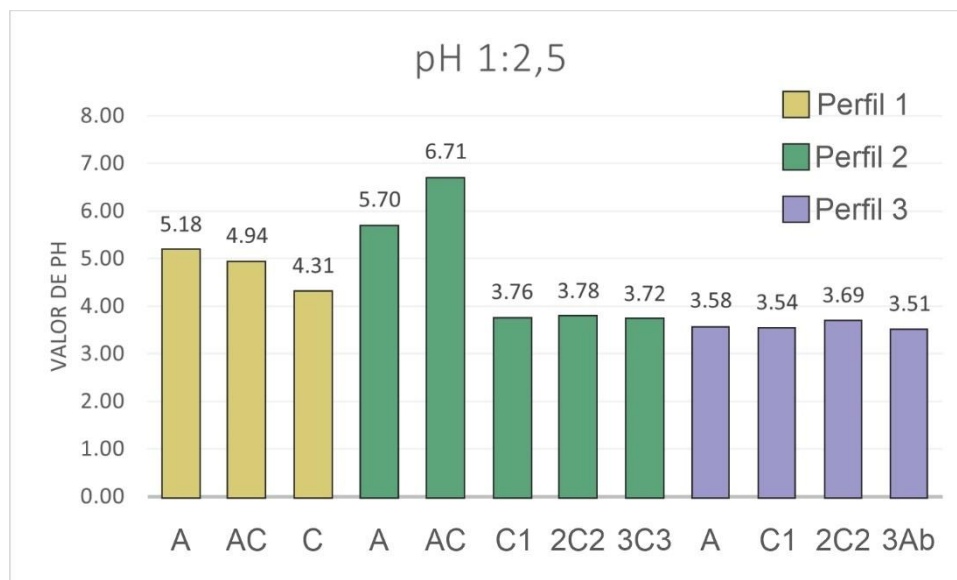


Figura 29: Comportamiento del pH en los perfiles analizados a lo largo del gradiente topográfico. Los colores amarillos corresponden al P1, colores verdes P2 y colores violetas P3.

Con respecto a la conductividad eléctrica, la misma disminuye en los horizontes superficiales del P2 indicando que estos horizontes son no salinos. En profundidad en este perfil, y en P1 y P3, los valores son superiores a 0,9 dS/m, lo cual permite clasificarlos como salinos (Fig. 30).

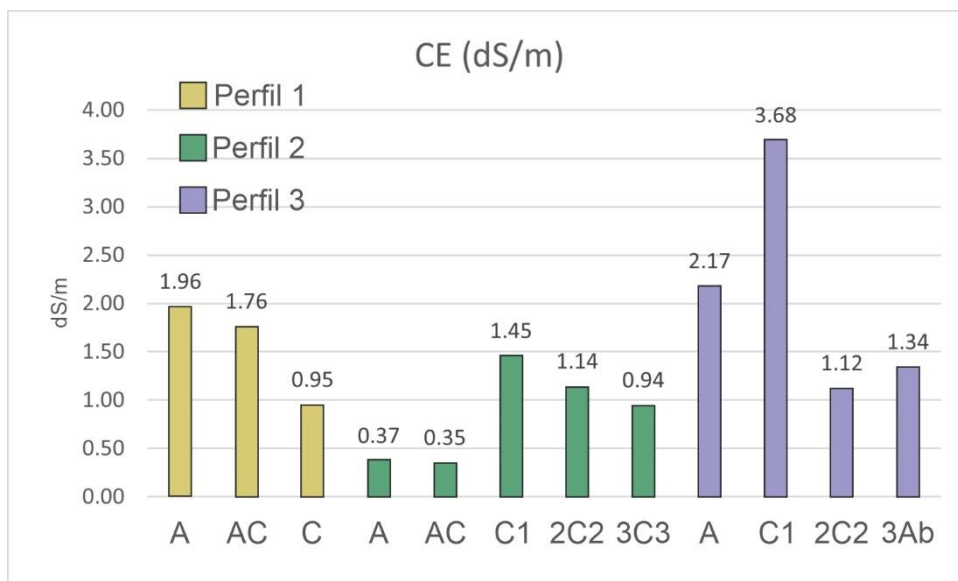


Figura 30: Variación de la conductividad eléctrica de los suelos en los perfiles P1, P2 y P3. Los colores amarillos corresponden al P1, colores verdes P2 y colores violetas P3.

El contenido de materia orgánica es mayor en los horizontes superficiales y tiende a disminuir con la profundidad en los 3 perfiles. En P3, se registran valores elevados tanto en superficie como en el horizonte enterrado 3Ab (Fig. 31).

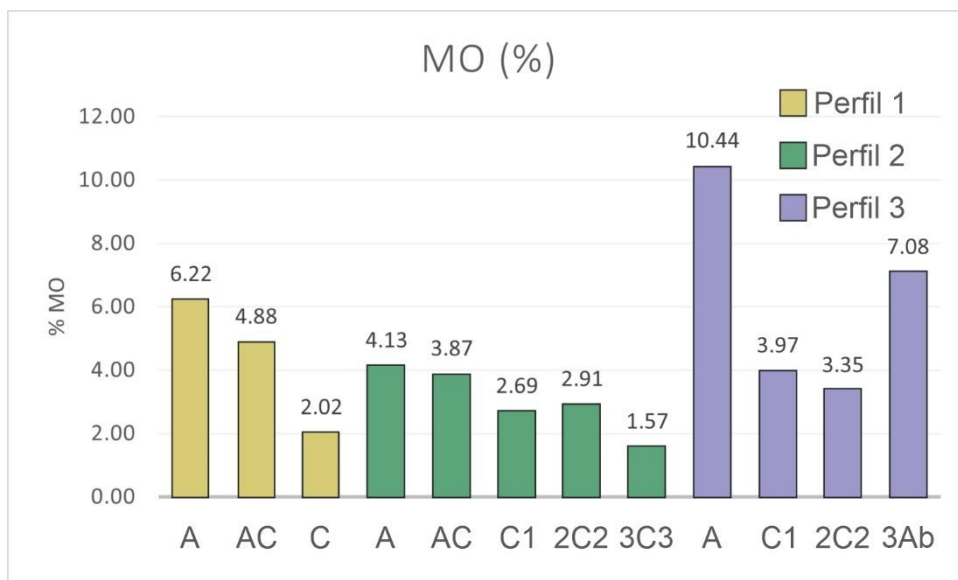


Figura 31: Variación del contenido de materia orgánica entre perfiles y profundidad. Los colores amarillos corresponden al P1, colores verdes P2 y colores violetas P3.

7. DISCUSIÓN

7.1. Geomorfología

A partir de la caracterización de la geomorfología en el área de estudio, y la comprobación en el campo, el mallín relevado se desarrolla sobre una planicie aluvial de baja pendiente en donde se diferenciaron 3 sectores (zona central, intermedia y periférica) que presentan diferencias en la vegetación y el suelo.

La mayor disponibilidad de agua de estos ecosistemas, con respecto a las áreas circundantes de estepa, es fundamental porque influye en la formación y en las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos. Las actividades antrópicas que se realizan en áreas de la estepa como en el mismo mallín, modifican las características mencionadas (Ciari 2009).

El mallín en la actualidad se encuentra seco y severamente degradado. La presencia de *yardangs* evidencian este proceso de degradación, el cual será desarrollado más adelante.

7.2. Propiedades morfológicas de los suelos

Los perfiles de suelos estudiados, en los 3 sectores señalados, son derivados de depósitos eólicos y presentan una secuencia general A-AC-C1-2C2-3Ab. Se evidencia una discontinuidad litológica representada por el horizonte enterrado, 3Ab, que presenta un color negro en húmedo con alto contenido de materia orgánica, que ha quedado cubierto por depósitos eólicos más recientes.

Los suelos de los mallines en Patagonia han evolucionado a partir de la superposición de sedimentos de distintos orígenes (glaciales, aluviales y eólicos) existiendo más de un ciclo sedimentario caracterizados por discontinuidades litológicas, que dependiendo de las características climáticas pueden presentar horizontes minerales con abundante material vegetal (raíces) en distinto grado de descomposición (Luque 1994 y Luque y Ciano 1994, Luque et al. 2018) como en el sitio P3.

Los colores de los suelos en los perfiles P2 (zona intermedia) y P3 (zona central) del mallín presentan un matiz (color general del suelo) de 2.5Y y un croma (intensidad) inferior a 2, siendo grises a pardo grisáceo en seco y pardo grisáceo oscuro a negro en húmedo. Esta propiedad morfológica nos permite inferir los procesos pedogenéticos y el drenaje del suelo. El matiz y croma de estos horizontes, indican condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno) e inundación o saturación prolongada, en donde los procesos de reducción del hierro y manganeso le imprimen esa coloración (colores gleyzados) (Taboada y Micucci 2009, Sirisathitkul y Sirisathitkul 2025).

Otros rasgos que se describieron en los perfiles fue la presencia de tallos oxidados (con manchas rojizas) en los horizontes C, los cuales se producen cuando el agua se retira del cuerpo suelo y los poros vuelven a tener oxígeno, y el Fe^{2+} soluble se oxida a Fe^{3+} depositándose a sobre las raíces o tallos dando coloraciones rojizas (Vepraskas et al. 1993).

Si bien actualmente no hay evidencias de un nivel freático activo, estas propiedades morfológicas evidencian procesos de óxido-reducción (hidromorfismo) producidos por variaciones en los contenidos del oxígeno en el pasado por condiciones alternas de humedad y sequedad, dadas por las fluctuaciones del nivel freático.

Los colores gley y los tallos oxidados, originados en un pasado reciente, antes de que se modificaran las condiciones hídricas por la captación de aguas subterráneas, permite

inferir que los suelos son moderadamente bien drenados en P1 y poco drenados en P2 y P3.

La distribución de la vegetación observada en el área de estudio refleja el gradiente de humedad característico de los mallines patagónicos. La presencia de especies asociadas a ambientes con mayor disponibilidad hídrica, como *Juncus balticus*, en los sectores intermedio y central, indica que estos sectores mantuvieron históricamente condiciones favorables para el desarrollo de comunidades hidrófitas. Por otra parte, la presencia de especies propias de ambientes más secos, como *Grindelia chiloensis*, *Senecio filaginoides*, *Pappostipa humilis*, *Retanilla patagónica* y *Colliguaja integerrima*, evidencia la transición hacia condiciones semejantes a las de la estepa circundante.

Sin embargo, el sector central del mallín presentó la menor cobertura vegetal (30 %), a pesar de corresponder a la posición topográfica más baja del sistema. Este comportamiento difiere del patrón descripto para mallines funcionales, donde las mayores disponibilidades hídricas favorecen una cobertura vegetal más densa y el desarrollo de comunidades hidrófitas (Boelcke 1957, Gandullo y Schmid 2001, Buono et al. 2010).

Estos resultados coinciden con lo señalado por Mendos et al. (2021), quienes indican que alteraciones en las condiciones edáficas e hidrológicas de los mallines pueden producir una disminución de la cobertura vegetal y favorecer procesos erosivos. En consecuencia, la vegetación observada en el área de estudio constituye un indicador adicional del estado de degradación actual del mallín y de la pérdida de las condiciones de humedad que habrían caracterizado al sistema en el pasado. Según Horne (2015), modificaciones en el régimen hídrico generan respuestas rápidas en la vegetación debido a su elevada sensibilidad al estrés hídrico.

7.3. Propiedades físicas y químicas de los suelos

Los resultados obtenidos evidencian una marcada variabilidad en las propiedades físico-químicas de los suelos a lo largo del gradiente topográfico analizado, lo cual sugiere la influencia de la posición en el paisaje sobre la dinámica edáfica del sistema.

En términos de textura, los tres perfiles presentan un predominio de materiales franco arenosos y franco arcillo arenosos. El perfil 2 presenta un horizonte con textura areno franca, mientras que en el perfil 3 se registra un horizonte franco limoso.

El contenido de materia orgánica en los 3 perfiles indica que los mismos están muy bien provistos, siendo el perfil 3 el más rico en la misma.

Con respecto al pH, el perfil P3, ubicado en la zona central del mallín, presenta valores de pH fuertemente ácidos, y en los perfiles P2 y P1, pH ácidos a leve y ligeramente ácidos. La elevada acidez registrada, constituye un rasgo relevante, dado que no es común encontrar valores tan bajos de pH en sistemas típicos de mallín en ambientes de clima árido.

Los valores de conductividad eléctrica muestran valores mayores a 0,9dS/m en casi todos los horizontes, por lo que se clasifican estos suelos como salinos.

Considerando los datos obtenidos de salinidad y pH de los suelos estudiados, los mismos pueden clasificarse como salinos-ácidos. Esta combinación no es frecuente en ambientes áridos, en donde la salinidad está asociada a pH neutros o alcalinos (Weil y Brady 2017).

Por otro lado, la distribución de la conductividad eléctrica sugiere una acumulación diferencial de sales, particularmente en los sectores más bajos, vinculada a la disminución de la vegetación que produce un aumento de la superficie de suelo desnudo, lo que induce a una mayor evaporación y concentración de solutos (Del Valle 1993). La concentración de sales en los mallines es muy dinámica y se puede deber al material originario y a las entradas y salidas del agua al mallín (Horne 2015).

Los suelos analizados no son sódicos y presentan valores de Na intercambiable (PSI) menores de 15% (US Salinity Laboratory Staff 1954).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) presenta valores elevados en los horizontes superficiales de los tres perfiles, con máximos en el perfil 3. En general, se observa una disminución en la profundidad, aunque con variaciones en algunos horizontes subsuperficiales.

En cuanto a las bases intercambiables, se observa predominio de magnesio (Mg^{2+}) y calcio (Ca^{2+}) en los tres perfiles, con variaciones en sus proporciones relativas entre horizontes, y la saturación con bases baja.

Debido a que los suelos del mallín en estudio evolucionaron a partir de la superposición de sedimentos eólicos, de texturas medias a finas, con material vegetal en distinto estado de descomposición en los horizontes minerales, y fueron sometidos a distintos procesos pedogenéticos, y posteriormente a la acción antrópica, resulta dificultosa la clasificación taxonómica de los mismos.

Los suelos de mallines en la Provincia de Chubut pertenecen a 3 órdenes de suelos: Entisoles, Molisoles e Histosoles. Los Entisoles son suelos recientemente formados con escasa diferenciación de horizontes, y se pueden encontrar también en climas áridos, los Histosoles son suelos turbosos típicos de mallines de precordillera y cordillera, y los Molisoles son característicos de estepas con alto contenido de materia orgánica y alta saturación en bases (Salazar et al. 1985, Luque 1996).

Si analizamos las propiedades de los suelos relevados, en el estado que se encuentra actualmente el mallín, si bien presentan un alto contenido de materia orgánica, el espesor del horizonte A es menor a 24 cm, y su saturación en bases es baja, estas características descartan la presencia de un horizonte mólico, y su inclusión dentro del orden Molisoles. La ausencia de horizontes genéticos (epipedones), la poca diferenciación de horizontes y la presencia de discontinuidades litológicas permiten clasificar a estos suelos a nivel de orden como Entisoles.

La dificultad para clasificarlo a nivel de suborden radica en que actualmente el mallín se encuentra seco debido a la extracción de agua subterránea para consumo humano en áreas aledañas, pero en algún momento del pasado reciente, los rasgos morfológicos que se evidencian en los horizontes del suelo sugieren que el mismo era más húmedo.

Los resultados obtenidos, en lo que respecta a la salinidad y materia orgánica, coinciden con estudios realizados en suelos de mallines de regiones áridas de la Patagonia extraandina (López et al. 2005, Buono et al. 2010, Luque et al. 2018, Pereyra y Bouza 2019, Mendos et al. 2021), pero los datos de pH básicos y alcalinos con alto contenido de Na intercambiable (PSI) mencionados en esos estudios y de varios autores (Luque y Amari 1997, López et al. 2005, Luque et al. 2018, Mendos et al. 2021) no se corresponden con los determinados en este trabajo.

El contenido de materia orgánica muestra una tendencia general de acumulación en los sectores más bajos del sistema, lo cual es consistente con la dinámica esperada en

ambientes en donde al haber mayor contenido de humedad se concentra la vegetación y los aportes orgánicos. Si bien en la actualidad, en el P3 la cobertura vegetal es baja, debido al proceso de erosión eólica muy acentuado, la presencia de *Juncus balticus* estaría evidenciando que esta especie era dominante en la zona central del mallín, y debido a condiciones de anoxia, estos restos vegetales se acumularon, generando un alto contenido de materia orgánica formada principalmente por restos de raíces y tallos en distintos estados de descomposición. Estos resultados coinciden con estudios realizados en un humedal extraandino de la provincia de Neuquén (Schmid 2004) en donde menciona que los suelos en la zona central del mallín presentan altos contenidos de C orgánico.

Con respecto a los datos de pH obtenidos, las explicaciones posibles a la elevada acidez registrada en los perfiles podrían estar dadas por varios factores (Conti 2000).

- Naturaleza del material original: las rocas y sedimentos durante el proceso de meteorización liberan los iones que constituyen los minerales a la solución del suelo. Si hay un predominio de bases (Na, K, Ca, Mg) los pH del suelo serán neutros o alcalinos, y si el H^+ es dominante, los pH serán ácidos.
- Clima: Las precipitaciones tienden a acidificar al suelo debido a que los H^+ del agua de lluvia se intercambian en el complejo de cambio del suelo por los cationes Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , desaturando este complejo. El predominio de H^+ en el complejo de cambio y en la solución del suelo produce acidez en el mismo.
- Estado de descomposición de la materia orgánica del suelo: En este proceso se libera CO_2 y ácidos orgánicos. Cuanto menos descompuesta se encuentra la materia orgánica, el humus generado presentará una reacción más ácida.

De estos factores, la naturaleza del material original y podría haber influido en la acidez registrada en los perfiles de suelos en una situación muy distinta a la actual, en la cual el suelo presentaba un régimen más húmedo en el pasado, lo cual es evidenciado en el presente a través de propiedades hidromórficas como el color y la presencia de tallos oxidados.

Es importante remarcar que las propiedades de los suelos en estos ambientes de mallín, aparte de estar condicionadas por la disponibilidad de agua, están también influenciadas por la litología del paisaje y el lavado geoquímico de la cuenca (Bran 2004).

Si bien los suelos estudiados se desarrollan sobre depósitos eólicos, los mismos suprayacen a sedimentos de la Formación Chenque, en la cual se reconoce la presencia de venillas de yeso que rellenan grietas dentro de los niveles arenosos y tobáceos, particularmente en los sectores correspondientes a la base de la unidad (Sciutto et al. 2000).

Estos sulfatos, que ocurren en regiones secas, son muy solubles, y el yeso es el más común en los suelos y puede ser heredado o pedogenético (Imbellone et al. 2016). Los sulfatos (yeso) aportados por esta formación podrían explicar la acidez de los suelos. En el período que los suelos están saturados de agua por ascenso del nivel freático, se produce un agotamiento del oxígeno por raíces, microorganismos y los elementos reductores del suelo, que conducen a condiciones de potencial redox (Eh) bajo los cuales indican un ambiente reductor en el suelo. En dichas condiciones se manifiestan una serie de procesos como por ejemplo, reducción del hierro, manganeso, sulfatos y cambios en el pH. En el caso particular de los sulfatos (SO_4^{2-}) los mismos se reducen a H_2S , y una parte del mismo puede disolverse y generar cierta acidez en el medio al liberar H^+ ($H_2S \rightarrow HS^- + H^+$) (Pezeshki y DeLaune 2012, Domenech y Peral 2006).

Otro posible aporte de sulfatos al sistema suelo podría haber estado dado en el pasado por el agua subterránea, incorporando este anión a la solución del suelo cuando asciende el nivel freático. Es importante remarcar que en los mallines existe un aporte permanente de agua (Mazzoni y Vázquez 2004), debida al escurrimiento superficial y subsuperficial del agua de lluvia, y al aporte de acuíferos (Raffaele 1999). Estudios realizados en muestras de agua tomadas en el yacimiento Manantiales Behr determinaron que el tipo de agua predominante en esa zona de estudio son las bicarbonatadas sódicas, y que la misma presenta una constancia en los valores de salinidad y contenido iónico en su composición a lo largo de más de 70 años (Grizinik y Correia 2022). Estos datos descartan un posible aporte de sulfatos que podría haber acidificado los suelos del mallín.

En la costa patagónica (Río Negro, Chubut y Santa Cruz) hay menciones de suelos sulfato-ácidos en ambientes de marismas desarrollados en zonas bajas y pantanosas que son inundados periódicamente durante las mareas. Estos datos no son comparables con los mallines estudiados, ya que las marismas estudiadas se ubican en la transición marítima-terrestre (Bouza et al. 2008). En este caso se produce un proceso de sulfidización, es decir la acumulación de materiales ricos en sulfuros en condiciones anaeróbicas de marismas costeras ricas en humus (Imbellone et al. 2016).

Existen antecedentes de suelos salinos-ácidos en el valle de Lluta, norte de Chile, en donde los bajos valores de pH (5,6) se podrían atribuir al pH bajo (menor de 2) del río Azufre y a la escorrentía ácida de antiguos tranques de relave de minas de azufre. (Figuerola y Neaman 2023).

Con los datos obtenidos podemos generalizar que, en la zona central del mallín, sitio P3, los suelos presentan los mayores valores de conductividad eléctrica, materia orgánica y los pH más ácidos.

Es importante destacar que, previo al desarrollo del presente trabajo, se realizó un muestreo exploratorio del área de estudio con el objetivo de descartar la presencia de hidrocarburos y verificar que el sitio no presentara evidencias de alteración antrópica que pudieran interferir en la caracterización de los suelos.

7.4. Efecto de la explotación del recurso hídrico en el área del mallín sobre las propiedades de los suelos.

La principal fuente de variación de las propiedades del suelo de un mallín está dada por su interacción con la napa freática (Horne 2015), lo que genera un gradiente de humedad que varía desde la zona central, con mayor humedad, a los sectores periféricos, que son más secos (Del Valle 1993).

En los mallines, la superficie anegada, varía estacionalmente de manera natural (verano-invierno) de acuerdo a la dinámica hidrológica de la fuente de agua. Se pueden producir alteraciones en estos ambientes asociadas a un uso o manejo inadecuado que puede provocar la profundización del nivel freático, lo que produce una pérdida de humedad del suelo llegando a secar la superficie de este ecosistema. Esta situación favorece la pérdida de cobertura vegetal, y acelera los procesos de erosión que contribuyen a la degradación del mallín, el cual es muy difícil de restaurar una vez degradado o erosionado (Luque y Amari 1997, Mazzoni 2000, Horne 2015, Mazzoni 2008, Peña et al. 2008, Ciari 2009).

En Patagonia la degradación de los mallines está vinculada al pastoreo intensivo durante largos períodos de tiempo (Raffaele 1999), lo que produce una disminución de la

cobertura vegetal, erosión hídrica y salinización, debido a la alta evaporación de agua, y compactación de los suelos (Del Valle 1993).

En el mallín estudiado, la degradación no es ocasionada por un mal manejo del mismo, sino como consecuencia de la explotación de agua subterránea para consumo humano en el área aledaña a este sistema, afectando de esta manera una de las principales fuentes de alimentación de los mallines en clima árido (Raffaele 1999).

Actualmente la ciudad de Comodoro Rivadavia utiliza el Acuífero Multiunitario Superior como fuente de agua para consumo humano para gran parte del sector norte de la ciudad. Se estima que este acuífero tiene más de 100 años de explotación, y en cercanías al área de estudio, se encuentran 3 perforaciones. La explotación de este recurso a lo largo de tantos años, sumado a que los niveles estáticos en las áreas de El Trébol y Manantiales Behr, muestran un descenso sostenido que llegan a 50 metros de variación, desde los primeros pozos perforados en la mitad del siglo pasado, ha producido en el mallín una mayor profundización del nivel freático, afectando de esta manera la dinámica natural del mismo (Grizinik y Correia 2022).

Al analizar las propiedades morfológicas descriptas en los perfiles de suelo del mallín, se puede observar que se conservan ciertos atributos edáficos (colores gley, tallos oxidados) asociados a ambientes húmedos con napa freática fluctuante.

Esas condiciones de humedad no se mantienen en la actualidad debido a las afectaciones mencionadas en el recurso hídrico. Los perfiles analizados evidencian un ambiente seco que presenta un aumento de la salinidad del suelo y una disminución de la cobertura vegetal, como se manifiesta en la zona central del mallín (P3). Esta disminución constituye un indicador adicional del deterioro del sistema, en donde se presenta un incremento de las superficies desnudas y una reducción de la biomasa vegetal (Utrilla et al. 2020).

Al disminuir la humedad, los suelos se secan superficialmente favoreciendo los procesos de erosión eólica con la aparición de *yardangs*. La presencia de estas geoformas erosivas sugiere un estado avanzado de deterioro del sistema, siendo uno de los principales indicadores de degradación en mallines patagónicos (Utrilla et al. 2020).

En la región patagónica, no se conocen trabajos de mallines que hayan sido degradados por extracción de agua subterránea en las áreas de estepa que circundan a los mismos, y forman parte de una misma cuenca.

Para poder recuperar parte de su funcionamiento se deberían reestablecer las condiciones iniciales que le dieron origen al mismo (aporte de agua subterránea).

8. CONCLUSIONES

- El mallín estudiado se desarrolla sobre una planicie aluvial de baja pendiente, donde fue posible diferenciar tres sectores (periférico, intermedio y central) a partir de criterios geomorfológicos, edáficos y de vegetación. La presencia de geoformas eólicas tipo *yardang* evidencia la importancia actual de los procesos erosivos en la evolución del paisaje.
- Los suelos evolucionaron principalmente a partir de depósitos eólicos, y presentan una secuencia general A-AC-C1-2C2-3Ab, con evidencias de discontinuidades litológicas y más de un ciclo sedimentario.
- Los perfiles P2 y P3 presentan colores gleyzados, abundantes tallos oxidados y restos vegetales enterrados, rasgos que indican condiciones de saturación hídrica y fluctuaciones del nivel freático en el pasado.
- Los suelos presentan texturas predominantemente franco arenosas y franco arcillo arenosas, elevados contenidos de materia orgánica y alta capacidad de intercambio catiónico, especialmente en el sector central del mallín.
- La distribución de la vegetación refleja el gradiente hídrico característico de los mallines, aunque el sector central presentó la menor cobertura vegetal, situación que contrasta con la observada en mallines funcionales.
- Los valores de conductividad eléctrica y el PSI permitieron clasificar a los suelos como salinos no alcalinos.
- Los perfiles presentan valores de pH ácidos a extremadamente ácidos, especialmente en el perfil P3, lo cual podría estar asociado a la reducción de sulfatos provenientes de materiales con yeso de la Formación Chenque bajo condiciones de mayor humedad en el pasado, favoreciendo la generación de compuestos ácidos en el suelo.
- La salinidad del suelo, la disminución de la cobertura vegetal, la presencia de *yardangs* y la ausencia de agua superficial indican que el mallín se encuentra actualmente degradado severamente.
- Las evidencias morfológicas, químicas y biológicas sugieren que el mallín funcionó en un pasado reciente bajo condiciones de mayor disponibilidad hídrica que las actuales.
- La explotación histórica del Acuífero Manantiales Behr durante más de un siglo, junto con la proximidad de perforaciones de captación de agua al área de estudio, permite inferir que la profundización del nivel freático habría contribuido a la pérdida de funcionalidad hídrica y a la degradación del mallín.
- En base a los resultados obtenidos, y considerando que las condiciones hidrológicas actuales no cambiarán a corto plazo, este sistema seguirá degradándose en el tiempo. Para poder recuperar parte de su funcionamiento se deberían reestablecer las condiciones iniciales que le dieron origen al mismo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Allison, L. E., 1980. Diagnóstico y rehabilitación de Suelos salinos y sódicos. Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Limusa. México.
- Almonacid, D., Valenzuela, F., Ferro, L., 2014. Efectos de un derrame de petróleo en un suelo de Comodoro Rivadavia. Actas XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca.
- Ayesa, J., Bran, D., López, C., Marcolín A., Barrios D., 1999. Aplicación de la teledetección para la caracterización y tipificación utilitaria de valles y mallines. Revista Argentina Producción Animal Vol. 19 N° 1: 133-138.
- Beeskow, A. M., Del Valle, H., Rostagno, C. M., 1987. Los Sistemas fisiográficos de la Región Árida y Semiárida de la Provincia de Chubut. SECYT-Delegación Patagonia. Bariloche. Argentina. 168 pp.
- Boelcke, O., 1957. Comunidades herbáceas del norte de Patagonia y sus relaciones con la ganadería. Revista de Investigaciones Agrícolas, 11: 5-98.
- Bouyoucos, G. J., 1927. *The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils*. Soil Sci. 23: 343-353.
- Bouza, P. J., 2012. Génesis de las acumulaciones de carbonatos en Aridisoles Nordpatagónicos: su significado paleopedológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 69: 300-315.
- Bouza, P. J., Sain, C., Bortolus, A., Ríos, I., Idaszkin, Y., Cortés, E., 2008. Geomorfología y características morfológicas y fisicoquímicas de suelos hidromórficos de marismas patagónicas. En XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: Actas. p. 450.
- Bran, D., 2004. Los mallines de la Patagonia extrandina. En: Malvárez, A. I. y R. F. Bó (compiladores). Documentos del curso taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina. Buenos Aires: FCEN UBA – Ramsar (pp. 59-70).
- Buono, G., Oesterheld, M., Nakamatsu, V., Paruelo, J. M., 2010. *Spatial and temporal variation of primary production of Patagonian wet meadows*. Journal of Arid Environments, 74: 1257- 1261.
- Burgos, A. L., Lanciotti, M. L., Bonvissuto, G. L., 1996. Evaluación del balance hídrico en un mallín precordillerano. Actas del XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Santa Rosa, La Pampa.
- Castiglioni, M. G., 2019. Análisis de la variabilidad en el contenido hídrico del suelo superficial a diferentes escalas espaciales. Ciencias del Suelo 37: 26-37.
- Castrillo, E., Grizinik, M., Amoroso, A., 1984. Contribución al conocimiento hidrogeológico de Comodoro Rivadavia, Chubut. Actas IX Congreso Geológico Argentino. Bariloche. T6: 393-406.
- Chimner, R. A., Bonvissuto, G. L., Cremona, M. V., Gaitan, J. J., Lopez, C. R., 2011. *Ecohydrological conditions of wetlands along a precipitation gradient in Patagonia, Argentina*. Ecologia Austral, 21: 329-337.
- Ciano, N., Nakamatsu, V., Luque, J., Amari, M., Owen, M., Lisoni, C., 2000. Revegetación de áreas disturbadas por la actividad petrolera en la Patagonia extrandina (Argentina). XI Conferencia de la *International Soil Conservation Organization* (ISCO 2000). Buenos Aires, Argentina.
- Ciari, G., 2009. Funcionamiento hidrológico de los mallines y sus cuencas asociadas. Carpeta técnica, Medio Ambiente N°13. EEA INTA. Esquel, Chubut.

- Ciari, G., 2009. Transferencia y exportación de recursos en una cuenca serrana de Patagonia extraandina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.
- Collantes, M. B., Anchorena, J., Stoffella, S., Escartín, C., Rauber, R., 2009. *Wetlands of the magellanic steppe* (Tierra del Fuego, Argentina). *Folia Geobot.* 44: 227–245.
- Conti, M. E., 2000. Principios de edafología: con énfasis en suelos argentinos. 2a. ed. Facultad de Agronomía. Buenos Aires.
- Coronato, F. R., Del Valle, H. F., 1988. Caracterización hídrica de las cuencas hidrográficas de la Provincia del Chubut. Publicación Técnica CENPAT – CONICET. Puerto Madryn, Chubut. 185 p.
- Cremona M. V., Lanciotti M., Bonvissuto G., 1996. Dinámica del agua en mallines con diferente condición de pastizal en Patagonia Norte. Actas del XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Santa Rosa, La Pampa.
- Davies, B., 1974. *Loss-on ignition as an estimate of soil organic matter*. *Soil Sci. Proc.* 38: 150- 151.
- Del Valle, H. F., 1993. Mallines de ambiente árido. Pradera salina y estepa arbustivo - graminosa en el NW del Chubut. Proyecto lucha contra la desertificación en Patagonia. INTA - GTZ. Ed. Paruelo, J. M., Bertiller, M. B., Schlichter, T. M. y Coronato F. R.: 31 - 39.
- Domenech, X., Peral, J., 2006. Química Ambiental de sistemas terrestres. Editorial Reverté. Barcelona.
- Figueroa, L., Neaman, A., 2023. Salinos, pero ácidos: una extraña combinación en suelos del valle de Lluta en el norte de Chile. IDESIA Chile. Volumen 41, N° 1. Páginas 133-137.
- Gaitán, J. J., López, C. R., Bran, D. E., 2011. *Vegetation composition and its relationship with the environment in mallines of north Patagonia, Argentina*. *Wetlands Ecology and Management*, 19: 121-130.
- Gaitán, J., Bran, D., Raffo, F., Ayesa, J., 2015. Evaluación y cartografía de mallines de las zonas de Loncopué y Chos Malal, provincia del Neuquén. Comunicación técnica, No. 131, área recursos naturales relevamiento integrado. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): 41 p.
- Gandullo, R., Schmid, P., 2001. Análisis Ecológico De Mallines Del Parque Provincial Copahue, Neuquén, Argentina. *Agro Sur*, 29: 83–99.
- Gandullo, R., Schmid, P., Peña, O., 2011. Dinámica de la vegetación de los humedales del parque nacional laguna blanca (Neuquén, Argentina). Propuesta de un modelo de estados y transiciones. *Multequina* 20: 43-62.
- García Martínez, G. C., Ciari, G., Nakamatsu, V.B., 2017. Manual de fertilización de mallines en el noroeste del Chubut. INTA ediciones. Argentina
- Grizinik, M., Correia, P., 2022. Análisis hidrogeológico del Acuífero Multiunitario Superior y su relación con la explotación intensiva de agua, Chubut. Argentina. *Revista Argentina de Hidrogeología*, 1: 31–46.
- Horne, F., 2015. Bases hidrológicas para un manejo productivo sustentable de mallines. Educo. Editorial de la Universidad Nacional del Comahue. Neuquén.
- Imbellone, P. A., Aguilera, E. Y., Beilinson, E., 2016. Mineralogía de suelos. En F. Pereira y M. Torres Duggan (Eds.), *Suelos y Geología Argentina: Una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios*. Asociación Geológica Argentina / UNDAV Ediciones. (Cap. 3, pp. [84-101]).

- Instituto Argentino de Normalización y Certificación [IRAM], Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca [SAGyP], 2021. IRAM-SAGyP 29574: Calidad del suelo. Determinación de pH en suelo para uso agropecuario. Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación [IRAM], 1998. Norma 29402. Calidad de suelo. Pretratamiento de muestras para análisis físicoquímicos. 18 p.
- Iriondo, M. H., Orellana, J., Neiff, J., 1974. Sobre el concepto de mallín cordillerano. Revista. Asociación. Ciencias. Naturales del Litoral. 5: 45-52.
- Ivelic Sáez, J., Dörner, J., Arumí, J.L., Cisternas, P., Valenzuela, J., Muñoz, E., Clasing, R., Valle, S., Radic, S., Alonso, H., López, R., Uribe, H., Muñoz, R., Ordoñez, I., Carrasco, J., 2021. Balance hídrico de humedales de uso agropecuario: el primer paso para el mejoramiento en la gestión hídrica a nivel predial en Magallanes. Una investigación multidisciplinaria. Centro Regional de Investigación Kampenaike, Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N° 435. 162 p.
- Lanciotti, M. L., 1997. Estudio de la dinámica del agua en los mallines. Jornadas de Actualización de mallines. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. Río Negro.
- Lanciotti, M. L., Belait, J., Bonvissuto, G., Somlo R., 1993. Mallines: recopilación bibliográfica. Precodepa. INTA EEA Bariloche. 28 p.
- López, C.R., Gaitán, J., Ayesa, J., Siffredi, G., Bran, D., 2005. Evaluación y clasificación de valles y mallines del Sudoeste de Río Negro. Área de Recursos Naturales Relevamiento integrado. Estación Experimental Agropecuaria INTA Bariloche. Comunicación Técnica N° 97. 28 p.
- Luque, J., 1994. Relevamiento de suelos en los mallines del campo anexo INTA de Río Mayo (CERM). Informe anual de planes de trabajo. EEA INTA Chubut. Trelew.
- Luque, J., 1996. Clasificación taxonómica de suelos con énfasis en aquellos presentes en las áreas bajo riego de la provincia del Chubut. Primer Encuentro Presencial del Curso a distancia “Métodos de riego”. (PROCADIS). EEA INTA Chubut.
- Luque, J., Cárcamo, M., Balado, J., 2018. Propuesta de recuperación y conservación de mallines en el centro norte de la Provincia de Chubut (Gan-Gan- Gastre y Meseta de Montemayor) XII Jornadas Nacionales de Geografía Física Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Red Argentina de Geografía Física. Trelew, Chubut, República Argentina.
- Luque, J., Ciano, N., 1994. Recuperación y manejo de suelos en mallines salinos y/o sódicos. Informes anuales de planes de trabajo. EEA INTA Chubut. Trelew.
- Luque, J., L., Amari, M., 1997. Características edáficas e hídricas de los mallines del Chubut. Informe Estación Experimental Agropecuaria INTA Chubut. Laboratorio de análisis agronómicos. 36 p.
- Malvárez, A. I. y Bó, R. F., 2004. Documentos del curso taller “Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina” (Vol. 30). Buenos Aires.
- Mazzoni, E., 2000. Los ecosistemas de mallines. En C. J. Godoy (Ed.), El gran libro de la provincia de Santa Cruz (pp. 230-232). Milenio Ediciones.
- Mazzoni, E., 2008. Características fisiográficas de humedales patagónicos de ambientes áridos. Revista Geografía, Ensino & Pesquisa. Universidad de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Brasil.

- Mazzoni, E., Rabassa, J., 2013. *Types and internal hydro-geomorphologic variability of mallines (wet-meadows) of Patagonia: Emphasis on volcanic plateaus*. *J. S. Am. Earth Sci.*, 46: 170–182.
- Mazzoni, E., Vázquez, M., 2004. Ecosistemas de mallines y paisajes de la Patagonia Austral (Provincia de Santa Cruz). INTA. 63 p.
- Mendos, G. M., Mangani, A. L., Días, M. G., 2021. Asociaciones de especies vegetales halófitas de mallines con indicadores fisicoquímicos en Distrito Fitogeográfico Golfo San Jorge (Patagonia -Argentina). *Naturalia Patagónica* 17: 29-46.
- Munsell Color, 2012. *Munsell soil-color charts: With genuine Munsell color chips (2009 year revised, 2012 production)*. Munsell Color.
- Oliva, G., García, G., Ferrante, D., Massara, V., Rimoldi, P., Díaz, B., Paredes, P., 2017. Estado de los Recursos Naturales de la Patagonia Sur. Informe Técnico Centro Regional Patagonia Sur. Estación Experimental Agropecuaria INTA Santa Cruz. 66 p.
- Peña, O., Campo de Ferreras, A., 2012. Estado de degradación en mallines localizados en el centro oeste de la provincia de Neuquén (Argentina). *Revista Geográfica De América Central*, 2(49), 157-173.
- Peña, O., Ostertag, G., Gandullo, R., Campo, A., 2008. Comportamiento de la vegetación de un humedal (mallín) entre períodos húmedos y secos mediante análisis hidrológico y espectral. *Investigaciones geográficas*, N° 45 pp. 229-249.
- Pereyra, F. X., Bouza, P., 2019. *Soils from the Patagonian Region*. In book: *The Soils of Argentina* pp. 101-121.
- Perotti, M. G., Diéguez, M. C., Jara F. G., 2005. Estado del conocimiento de humedales del norte patagónico (Argentina): aspectos relevantes e importancia para la conservación de la biodiversidad regional. *Revista Chilena de Historia Natural*. 78: 723-737.
- Pezeshki, S. R., DeLaune, R. D., 2012. *Soil oxidation-reduction in wetlands and its impact on plant functioning*. *Biology*, 1, 196-221.
- Quiroga, A., Bono, A., 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Ediciones INTA EEA Anguil.
- Raffaele, E., 1999. Mallines: aspectos generales y problemas particulares. En: Malvárez A.I. (Ed) *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*: 27-33.
- Richard, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. US Department of Agriculture. *Agricultural Handbook* No. 60, 7-53, Washington DC.
- SAGyP/AACS, 2004. Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de análisis (SAMPLA): Mejoramiento de la calidad de los análisis de suelos y aguas.
- Salazar Lea Plaza, J., Godagnone, R., Pappalardo, J., 1985. Atlas de Suelos de la República Argentina. Módulo Provincia del Chubut. Escala 1:500.000 y 1:1.000.000. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD Arg. 85/019. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro de Investigaciones de Recursos Naturales. Castelar.
- San Martino, L., 2003. Fertilización de mallines en la Patagonia. INTA Ediciones. Argentina.
- Schmid, P., 2004. Variabilidad espacial de suelos en un humedal extraandino. Su relación con los estados y transiciones de la vegetación. Tesis para optar al

- grado de Magister en Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional del Comahue.
- Schoeneberger, P. J., Wysocky D. A., Benham E. C., y Broderson W. D., 2012. *Field book for describing and sampling soils. Natural Resources conservation. Service USDA, National Soil Survey Center*, Lincoln, NE.
 - Sciutto, J. C., Césari, O., Iantanos, N., 2008. Hoja Geológica 4569-IV, Escalante, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, 76 p. Buenos Aires.
 - Sciutto, J.C., Césari, O., Escribano, V., Pezzuchi H., 2000. Hoja Geológica 4566-III, Comodoro Rivadavia. Provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 244, 60 p. Buenos Aires.
 - Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) (4a. ed.). Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
 - Sirisathitkul, Y., Sirisathitkul, C., 2025. *Decoding Soil Color: Origins, Influences, and Methods of Analysis*. AgriEngineering.
 - Soil Survey Staff., 2014. *Keys to Soil Taxonomy. 12th Edition, USDA-Natural Resources Conservation Service*, Washington DC.
 - Taboada, M. A., Micucci, S. N., 2009. Procesos de óxido-reducción en suelos hidromórficos. En M. A. Taboada y R. S. Lavado (Eds.), *Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
 - U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (Agriculture Handbook N°60)*. U.S Department of Agriculture.
 - Utrilla, V. R., Andrade, M., Billoni, S., Rogel, B., Peri, P. L., 2020. Evaluación de indicadores de degradación y biomasa radical en mallines de una cuenca hídrica del sur de Santa Cruz. *Ecología Austral*, 30(3), 401–414.
 - Vepraskas, M. J., Wilding L.P., Drees, L. R., 1993. Condiciones áquicas para la taxonomía de suelos: conceptos, morfología y micromorfología del suelo. *Avances en la ciencia del suelo* 22: 117-131.
 - Weil, R. R., Brady, N. C., 2017. *The Nature and Properties of Soils (15.ª ed.)*. Pearson Education.
 - YPF S.A., 1947. Planillas de perforación de pozos de agua C-37-A; C-36-A; C-25-A. Inéditos.

10. ANEXO

ANEXO I. Tablas de interpretación de datos.

Clasificación de pH	
Término descriptivo	Rango de pH
Ultra ácido	< 3,5
Extremadamente ácido	3,5 a 4,4
Muy Extremadamente ácido	4,5 a 5,0
Fuertemente ácido	5,1 a 5,5
Moderadamente ácido	5,6 a 6,0
Ligeramente ácido	6,1 a 6,5
Neutro	6,6 a 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 a 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 a 8,4
Fuertemente alcalino	8,5 a 9,0
Muy fuertemente alcalino	>9,0

Conductividad eléctrica dS/m	
Término descriptivo	Rango
Suelo no salino	< 0,9
Suelo salino	> 0,9

CIC (meq/100 g)	
Término descriptivo	Rango
Muy alta	> 25
Alto	17 - 25
Moderada	10 – 17
Bajo	5 a 10
Muy bajo	<5

Contenido de materia orgánica	
Término descriptivo	Rango
Extremadamente rico	> 4,2%
Rico	3 – 4,2%
Medianamente rico	2,4 - 3%
Medio	1,8 - 2,4%
Medianamente pobre	1,2 – 1,8%
Pobre	0,6 – 1,2%
Extremadamente pobre	< 0,6%

Sodicidad (%PSI)	
Término descriptivo	Rango
Sódico	>15
No sódico	≤ 15

ANEXO II. Fichas de descripción morfológica de los perfiles de suelo.

Calicata: PERFIL 1	Sítio de Ref.: PERFIL 1	Fecha: 14/12/2023
Proyecto: TRABAJO FINAL GALLEGUILLO		
Coord. Geográficas.: Lat.: 45°40'2"S	Long.: 67°40'21"O	Altitud: 450m s.n.m
Geomorfología: PLANICIE ALUVIAL	Posic. Geomórfica:	
Relieve: POCA PENDIENTE	Exposición: ESTE	
Mat. Originario / Sustrato: DEPÓSITOS EÓLICOS	Pendiente: 15°	
Vegetación: <i>Grindelia Chilensis</i> , <i>Senecio filaginoides</i> , <i>Stipa humilis</i> y <i>Retanilla patagónica</i>	Cobertura vegetal: 55%	
Clase drenaje: BIEN DRENADO	Anegamiento: NO	
Erosión: EÓLICA	Sales/Álcalis: NO	
Uso de la tierra: EXTRACCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	Pedregosidad: NO	
Clasificación: ARIDISOL	Temperatura: 18°C	

Horizontes		A	AC	C	
Profundidad (cm)		0-14	14-34	34-72+	
Límite	Definición	MA - A - <u>C</u> - G - D	MA - <u>A</u> - C - G - D	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D
	Topografía	<u>PI</u> - Ond - Irr - Que	<u>PI</u> - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que
Color	Seco	10YR 3/2	10YR 3/1	10YR 5/2	
	Húmedo	10YR 2/1	10YR 2/1	10YR 3/2	
Textura al tacto					
Consistencia	Resist.				
	Adhes.	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo
	Plast.	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico
Estructura	Tipo	Bloque subangular	Bloque subangular	Bloque subangular	
	Grado	SE - <u>Déb</u> - Mod - Fte	SE - <u>Déb</u> - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - <u>Fte</u>	SE - Déb - Mod - Fte
	Tamaño	Gruesos	Gruesos	Muy gruesos	
Reacción HCl		<u>NoEf</u> - MSEf - SEf - Fef - Vef	<u>NoEf</u> - MSEf - SEf - Fef - Vef	<u>NoEf</u> - MSEf - SEf - Fef - Vef	NoEf - MSEf - SEf - Fef - Vef
Concentraciones	Tipo	D - M - N - C - Cr	Forma	Forma	Forma
	Tamaño				
	Color				
	Cantidad				
Rasgos Redox		-	-	-	
Moteados		-	-	-	
Barnices		-	-	-	
Humedad		<u>Seco</u> - Fres. - Húm. - Sat.	<u>Seco</u> - Fres. - Húm. - Sat.	<u>Seco</u> - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.
Raíces	Cantidad	Pocas - Comunes - <u>Abund.</u>	Pocas - Comunes - <u>Abund.</u>	Pocas - Comunes - <u>Abund.</u>	Pocas - Comunes - Abund.
	Tamaño	Finas	Finas	Medio	
	Ubic.	Todo el Hz	Todo el Hz	Todo el Hz	
Fragmentos Gruesos	Tipo				
	% Vol.				
	Redond.				
	Tamaño				
Observaciones					

Calicata:	PERFIL 2	Sitio de Ref.:	PERFIL 2	Fecha:	14/12/2023
Proyecto:	TRABAJO FINAL GALLEGUILLO				
Coord. Geográficas:	Lat.: 45°40'63"S	Long.:	67°40'11"O	Altitud:	440m s.n.m
Geomorfología:	PLANICIE ALUVIAL		Posic. Geomórfica:		
Relieve:	POCA PENDIENTE		Exposición:		
Mat. Originario / Sustrato:	DEPÓSITOS EÓLICOS		Pendiente:		
Vegetación:	<i>Grindelia Chilensis</i> , <i>Colliguaja integerrima</i> , <i>Senecio filaginoides</i> y <i>Juncus balticus</i>		Cobertura vegetal:		
Clase drenaje:	BIEN DRENADO		Anegamiento:		
Erosión:	EÓLICA		Sales/Alcalis:		
Uso de la tierra:	EXTRACCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO		Pedregosidad:		
Clasificación:	ARIDISOL		Temperatura:		

Horizontes		A	AC	C1	2C2
Profundidad (cm)		0-13	13-59	59-180	180-221
Límite	Definición	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D
	Topografía	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que
Color	Seco	10YR 3/2	10YR 3/1	2.5Y 5/2	2.5Y 6/2
	Húmedo	10YR 2/2	10YR 2/1	2.5Y 3/2	2.5Y 4/3
Textura al tacto					
Consistencia	Resist.				
	Adhes.	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo
	Plast.	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico
Estructura	Tipo	Bloque subangular	Bloque subangular	Bloque subangular	Bloque subangular
	Grado	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte
	Tamaño	Medios	Muy gruesos	Muy gruesos	Muy gruesos
Reacción HCl		NoEf - MSeF - SEf - FEf - Vef	NoEf - MSeF - SEf - FEf - Vef	NoEf - MSeF - SEf - FEf - Vef	NoEf - MSeF - SEf - FEf - Vef
Concentraciones	Tipo	D - M - N - C - Cr	Forma	Forma	Forma
	Tamaño				
	Color				
	Cantidad				
Rasgos Redox		-	-	-	En raíces
Moteados		-	-	-	-
Barnices		-	-	-	-
Humedad		Seco - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.
Raíces	Cantidad	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund.
	Tamaño	Finas	Finas	Medio	Medio
	Ubic.	Todo el Hz	Todo el Hz	Todo el Hz	Todo el Hz
Fragmentos Gruesos	Tipo				
	% Vol.				
	Redond.				
	Tamaño				
Observaciones					

Calicata: PERFIL 2	Sitio de Ref.: PERFIL 2	Fecha: 14/12/2023
Proyecto: TRABAJO FINAL GALLEGUILLO		
Coord. Geográficas: Lat.: 45°40'63"S	Long.: 67°40'11"O	Altitud: 440m s.n.m
Geomorfología: PLANICIE ALUVIAL	Posic. Geomórfica:	
Relieve: POCA PENDIENTE	Exposición: SUR	
Mat. Originario / Sustrato: DEPÓSITOS EÓLICOS	Pendiente: 22°	
Vegetación: <i>Grindelia Chilensis, Colliguaja integerrima, Senecio filaginoides y Juncus balticus</i>	Cobertura vegetal: 60%	
Clase drenaje: BIEN DRENADO	Anegamiento: NO	
Erosión: EÓLICA	Sales/Alcalis: NO	
Uso de la tierra: EXTRACCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	Pedregosidad: NO	
Clasificación: ARIDISOL	Temperatura: 18°C	

Horizontes	3C3			
Profundidad (cm)	221-245+			
Limite	Definición	MA-A-C-G-D	MA-A-C-G-D	MA-A-C-G-D
	Topografía	PI-Ond-Irr-Que	PI-Ond-Irr-Que	PI-Ond-Irr-Que
Color	Seco	2.5Y 5/2		
	Húmedo	2.5Y 3/2		
Textura al tacto				
Consistencia	Resist.			
	Adhes.	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo
	Plast.	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico
Estructura	Tipo	Bloque subangular		
	Grado	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte
	Tamaño	Gruesos		
Reacción HCl NoEf - MSeF - SeF - FeF - Vef				
Concentraciones	Tipo	D - M - N - C - Cr	Forma	Forma
	Tamaño			
	Color			
	Cantidad			
Rasgos Redox En raíces				
Moteados -				
Barnices -				
Humedad Seco - Fres. - Húm. - Sat.				
Raíces	Cantidad	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund.
	Tamaño			
	Ubic.	Todo el Hz		
Fragmentos Gruesos	Tipo			
	% Vol.			
	Redond.			
Observaciones				

Calicata: PERFIL 3	Sitio de Ref.: PERFIL 3	Fecha: 14/12/2023
Proyecto: TRABAJO FINAL GALLEGUILLO		
Coord. Geográficas.: Lat.: 45°40'8"S	Long.: 67°39'50"O	Altitud: 430m s.n.m
Geomorfología: PLANICIE ALUVIAL	Posic. Geomórfica:	
Relieve: POCA PENDIENTE	Exposición: SUR ESTE	
Mat. Originario / Sustrato: DEPÓSITOS EÓLICOS	Pendiente: 11°	
Vegetación: <i>Grindelia Chilensis, Senecio filaginoides y Juncus balticus</i>	Cobertura vegetal: 30%	
Clase drenaje: BIEN DRENADO	Anegamiento: NO	
Erosión: EÓLICA	Sales/Alcalis: NO	
Uso de la tierra: EXTRACCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	Pedregosidad: NO	
Clasificación: ARIDISOL	Temperatura: 18°C	

Horizontes		A	C1	2C2	3Ab
Profundidad (cm)		0-22	22-120	120-130	130-146+
Límite	Definición	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D	MA - A - C - G - D
	Topografía	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que	PI - Ond - Irr - Que
Color	Seco	2.5Y 4/1	2.5Y 6/2	2.5Y 7/2	2.5Y 5/1
	Húmedo	2.5Y 2,5/1	2.5Y 3/2	2.5Y 5/2	2.5Y 2,5/1
Textura al tacto					
Consistencia	Resist.				
	Adhes.	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo	No adhesivo - Lig adhesivo Mod adhesivo-Muy adhesivo
	Plast.	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico	No plástico- Lig plástico Mod plástico - Muy plástico
Estructura	Tipo	Bloque subangular	Bloque subangular	Bloque subangular	Bloque subangular
	Grado	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte	SE - Déb - Mod - Fte
	Tamaño	Gruesos	Gruesos	Gruesos	Gruesos
Reacción HCl		NoEf - MSEf - SeF - Fef - Vef	NoEf - MSEf - SeF - Fef - Vef	NoEf - MSEf - SeF - Fef - Vef	NoEf - MSEf - SeF - Fef - Vef
Concentraciones	Tipo	D - M - N - C - Cr	Forma	Forma	Forma
	Tamaño				
	Color				
	Cantidad				
Rasgos Redox		En raíces	En raíces	-	En raíces
Moteados		-	-	-	-
Barnices		-	-	-	-
Humedad		Seco - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.	Seco - Fres. - Húm. - Sat.
Raíces	Cantidad	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund	Pocas - Comunes - Abund.	Pocas - Comunes - Abund
	Tamaño				
	Ubic.	Todo el Hz	Todo el Hz	-	Todo el Hz
Fragmentos Gruesos	Tipo				
	% Vol.				
	Redond.				
	Tamaño				
Observaciones					