

El material originario en el desarrollo del suelo del sur de Tierra del Fuego

Mauro GOMEZ SAMUS^{1*}, Juan Federico PONCE^{1,2}, Marilin PEÑALVA¹, Ignacio MAGNERES^{1,2} y Alicia MORETTO^{1,2}

¹ Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales (ICPA-UNTDF)

² Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET)

* Autor correspondiente: mlgomezsamus@untdf.edu.ar

Editor: Ricardo A. Astini

Recibido: 06/01/2025

Aceptado: 24/07/2025

RESUMEN

Se examinaron seis perfiles de suelo en un sector en proceso de urbanización, ubicado en la ladera sureste del Monte Susana (Ushuaia). Se efectuó una descripción detallada de campo, incluyendo descripción del material originario y rasgos morfológicos del suelo. En laboratorio se determinaron granulometría, materia orgánica por calcinación, pH (actual y potencial) y conductividad eléctrica. Se realizaron inferencias sobre la génesis del suelo, procesos pedogenéticos y la clasificación preliminar. Los depósitos glaciogénicos son el material originario más extendido, dominando en el piedemonte donde pueden estar cubiertos por depósitos de remoción en masa donde la pendiente es mayor. Se trata de materiales de gran heterogeneidad granulométrica, que determina numerosas discontinuidades litológicas en el perfil del suelo. Se constata la influencia del material originario en la diversidad edáfica de la zona. El orden dominante es Inceptisol, con epipedón úmbrico. Cuando el material originario es más permeable (arenas y gravas) se incrementa la acidez (pH inferior a 5.5) y resulta evidente el proceso de podzolización (horizontes Bs, Bh y/o Bhs, y en ocasiones horizontes E), desarrollándose desde Inceptisoles espódicos hasta Espodosoles. Cuando la permeabilidad disminuye (arcillas y limos glaciolacustres o till compacto) tiende a la formación de Inceptisoles hísticos, con pH en torno a 6, sin desarrollo de horizontes iluviales. Cuando la capa de roca es muy cercana a la superficie se desarrollan suelos líticos. En la zona costera, la presencia de materiales originarios calcáreos (concheros) permite el desarrollo del orden Molisol, con tendencia alcalina (pH 7 – 8), sin desarrollo de sector iluvial.

Palabras clave: Suelo, material originario, Tierra del Fuego, Ushuaia.

ABSTRACT

The parent material in soil development in southern Tierra del Fuego.

Six soil profiles were analyzed in an area undergoing urban expansion on the southeastern slope of Mount Susana (Ushuaia, southern Tierra del Fuego). Fieldwork included detailed descriptions of soil morphology and the lithological characterization of parent materials. Laboratory analyses determined particle-size distribution, organic matter (by loss-on-ignition), pH, and electrical conductivity. These data were integrated to assess soil genesis, pedogenic processes, and to propose a preliminary classification. Results indicate that parent material exerts a dominant control on soil diversity across the southern Isla Grande of Tierra del Fuego. Glacial deposits, the most widespread parent material, prevail in piedmont areas and are often overlain by mass-wasting deposits on steeper slopes. Their high textural heterogeneity results in multiple lithological discontinuities within the soil profiles. The predominant soil order is Inceptisols, featuring umbric epipedons. In more permeable substrates (glaciofluvial sands and gravels), podzolization is incipient (pH < 5.5), marked by Bs, Bh, and/or Bhs horizons, occasionally E horizons, indicating transitions toward Spodosols. In less permeable materials (compact tills), histic Inceptisols develop, with pH near 6 and no illuvial horizon. Where bedrock occurs near the surface, lithic soils form. Along coastal areas, calcareous parent materials (shell-rich deposits) favor Mollisols with alkaline pH (7–8) and no illuvial horizon. These findings highlight the strong lithological control on pedogenesis in subantarctic environments and provide a baseline for evaluating soil evolution under anthropogenic and climatic influences.

Keywords: Soil, parent material, Tierra del Fuego, Ushuaia.

INTRODUCCIÓN

Para la porción argentina de la Isla Grande de Tierra del Fuego, la cartografía a nivel regional describe veintiún subgrupos de suelo. Estos corresponden a los órdenes Inceptisol, Molisol, Alfisol y Espodosol (INTA, 1990). Según este esquema, Inceptisol es el orden dominante para el sector sur de la isla, donde se indica para el área comprendida al sur del Lago Fagnano (Fig. 1) una única unidad cartográfica (INTA, 1990), compuesta principalmente por Criumbrept lítico, y en menor medida Criohumod típico, Criumbrept ándico y Spagnofibríst criico (clasificados según Soil Survey Staff, 1975).

El orden Espodosol, aunque no es dominante, ha recibido gran atención: se ha hecho hincapié en aspectos genéticos y fue comparado con unidades del mismo orden en el hemisferio norte o provincias vecinas (Crotti de Ubeda de Molina, 1955; Colmet Daage et al., 1991; Villegas et al., 2017, entre otros). En Panigatti (2010) se indican para el orden Espodosol los grandes grupos Haplohumod típico, Haplocriod típico y Humicriod típico; mientras que para el orden Histosol indica Criofibríst sphagnico, que se desarrollan en turberas. Indica además para la zona costera, suelo desarrollado en material con abundantes valvas moluscos, que clasificó tentativamente como Criortent o bien Criocrept. Un perfil desarrollado en este material originario se analiza en este trabajo.

En la ladera sur del cerro Krund (conocido informalmente como Cerro Castor), ubicado a 25 km de la ciudad de Ushuaia, se describe una toposecuencia y se presentan análisis químicos que son interpretados desde el punto de vista de la capacidad de reserva de nutrientes y de la distribución de mercurio (Peña et al., 2013, 2014). En estos trabajos se describe como “suelo podzólico” que se desarrolla sobre depósitos de till y till removilizado, con horizontes O, E, Bh_s y Bh; con presencia de horizontes Ab, enterrados por procesos de remoción en masa (coluvios). Los análisis efectuados por los autores indican elevada acidez (pH 3,9 a 6,2), elevada proporción de C orgánico (entre 24 y 44% en los horizontes O), elevada capacidad de intercambio catiónico en el epipedón (40 cmol_c/kg) y saturación en bases en general baja (22%), con incrementos significativos en la parte baja del cerro. Martínez et al. (2020) describen perfiles que asignan al orden Inceptisol en la zona periurbana de Ushuaia, cuyo material originario corresponde a till con elevada proporción de fragmentos gruesos y clases texturales francas en los sedimentos finos, elevada acidez (pH en torno a 4), muy baja salinidad y elevados valores de pH-NaF en horizontes iluviales y material originario.

En pendientes muy pronunciadas (mayores a 45°), par-

ticularmente en laderas orientadas hacia el sur, a altitudes por encima de los 350 m y por debajo de la línea de bosque (aprox. 600 m) el suelo se desarrolla sobre la capa de roca (“suelos líticos”), con una sucesión de horizontes de tipo Oe-2R (Gómez Samus et al. 2018). La sucesión ecológica (líquenes – bryophytas – plantas vasculares), la distribución lateral de las raíces de *Nothofagus* y la rugosidad original del sustrato rocoso, jugarían un papel fundamental en la pedogénesis progresiva y la estabilización de las laderas.

Los órdenes Espodosol e Inceptisol también fueron descritos en el oeste (O) del área central de la Isla Grande de Tierra del Fuego en Chile (Gerdind y Thiers, 2002). Los autores indicaron que la distribución del suelo está influenciada por la posición topográfica, la orientación de las laderas y los diferentes materiales originarios, reconociendo la influencia de depósitos de cenizas volcánicas.

Aunque los estudios mencionados proporcionan un valioso marco de referencia, la influencia del material originario en el desarrollo del suelo en la zona sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego no ha sido abordada en profundidad. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar la influencia del material originario en el desarrollo del suelo en el sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego mediante el análisis de seis perfiles de suelo en la ladera sureste (SE) del Monte Susana, donde los materiales glaciogénicos, coluviales y antrópicos han dado lugar a una diversidad edáfica cuya clasificación tentativa y caracterización aquí se aborda.

Fisiografía y marco geológico

El Monte Susana se ubica sobre la costa N del Canal Beagle (Onashaga). Forma parte de los Andes Fueguinos, que en la zona de Ushuaia alcanzan altitudes máximas en torno a los 1300 m s.n.m. (ej. Montes Martial, Vinciguerra y Sorondo) (Fig. 1). El relieve en este sector fue modelado principalmente por acción glacial durante el Pleistoceno. Durante el Último Máximo Glacial (ca. 24000 años AP; Rabassa, 2008), un glaciar de descarga ocupó la totalidad del Canal Beagle. En la porción central del canal, a la altura de Ushuaia, se ha estimado un espesor de hielo de aproximadamente 1000 m (Rabassa, 2008), cubriendo completamente el Monte Susana. Así, constituye una geoforma de origen subglacial con morfología de colina redondeada y cumbre relativamente plana. Presenta una altitud máxima de 515 m s.n.m., posee un marcado elongamiento en sentido O - E con una longitud máxima de 6,5 km y una anchura máxima de 2,5 km. En sentido transversal, es asimétrico, con pendientes de 30° promedio en la ladera N y de 20° promedio en la ladera S. En sentido longitudinal, también presenta cierta asimetría con pendientes de 5° a 10° promedio en la ladera O y 15° promedio en la ladera E.

El clima actual del área es del tipo Subpolar templado-frío y oceánico. La combinación de latitud, insularidad y morfología del relieve condiciona las características climáticas, presentando una amplia variación anual en la cantidad de horas de luz y una elevada nubosidad debido a la presencia de aire húmedo. La temperatura media anual es de 6 °C (registro 1994 – 2023, Estación Meteorológica CADIC-CONICET, Ushuaia), con la ocurrencia de heladas y nevadas durante todo el año (Tuhkanen, 1992). A mayor altitud, la temperatura disminuye a razón de 0,55°C cada 100 metros (Iturraspe et al., 1989). La precipitación media anual es de 520 mm, distribuidas de manera uniforme a lo largo del año (registro 1994 – 2023, Estación Meteorológica CADIC-CONICET, Ushuaia), aunque su valor incrementa con la altitud debido a la saturación de la humedad del aire. Con base en estas condiciones climáticas, se ha asignado al área un régimen de temperatura del suelo cryico, mientras que el régimen de humedad regional es clasificado como údico (INTA, 1990; Panigatti, 2010).

La vegetación en el área de estudio forma parte de los Bosques Subantárticos de la Región de los Bosques Andino-Patagónicos (Dimitri, 1972). La masa boscosa está compuesta principalmente por especies del género *Nothofagus*: *N. pumilio* (lenga), *N. antarctica* (ñire), *N. betuloides* (guindo) y *Drimys winterii* (canelo), además de otras especies como *Maytenus magellanica* y *Embotrium coccineum* (notro). En la zona costera predominan bosques de lenga, mezclados con guindo y canelo, mientras que, en áreas marginales o degradadas, aparece un sotobosque escaso con especies arbustivas como *Berberis buxifolia* y *Ribes magellanicum*, y gramíneas (Moore, 1983). En algunos casos, estas gramíneas se desarrollan sobre sitios arqueológicos conocidos como concheros (Orquera y Piana, 2000).

Las rocas que componen los Andes Fueguinos en la zona de estudio fueron asignadas al Mesozoico. Están intensamente plegadas, presentan una marcada esquistosidad y están cortadas por abundantes venillas de cuarzo. Estas rocas se agrupan en dos unidades litoestratigráficas principales, las formaciones Lemaire y Yahgan (Borello, 1969; Olivero et al., 1997). Un aspecto para destacar es la presencia de mineralizaciones con sulfuros, por ejemplo, en Mina Beatriz (hacia el SO del Monte Susana). Para la Formación Yahgan se describe una mineralización de sulfuros volcánicos masivos tipo VMS (*Volcanic Massive Sulfide*), compuesta principalmente por esfalerita, calcopirita, galena, pirrotina y pirita, diseminados en cuerpos de morfología lenticular (Zubia et al., 1989).

En el sector SE del Monte Susana, estas rocas están parcialmente cubiertas por sedimentos glaciogénicos generados durante la Última Glaciación (Rabassa 2008) y procesos de

remoción en masa. Los depósitos de *till* son los sedimentos más abundantes en el área de estudio y se constituyen por clastos de diversos tamaños en una matriz areno-limosa. En la mayoría de los casos, se trata de *till* basal con abundante matriz. En algunos sectores se observan niveles de arenas medias a gruesas intercaladas con gravas medias a finas de origen glacial, y pequeños depósitos de arcillas glaciales de escasa extensión lateral. Por otro lado, son comunes los sedimentos coluviales asociados a depósitos de remoción en masa constituidos por fragmentos de rocas muy angulosos incluidos en una matriz areno-limosa. Estos depósitos se habrían originado por una combinación de varios procesos tales como deslizamientos de detritos, caídas de roca, reptación/solifluxión y escorrenría en manto, asociados a las fuertes pendientes de las laderas, el elevado contenido de humedad y procesos de hielo-deshielo. En este contexto, también se incluyen procesos de criofragmentación y criofluxión, los cuales contribuyen significativamente a la desestabilización y movilización de materiales en condiciones periglaciales.

En las zonas costeras del canal Beagle, es habitual la presencia de los llamados “concheros” o “conchales”. Estos depósitos de forma anular o elongada y sobre-elevada incluyen desechos y residuos culturales, principalmente valvas de moluscos, sedimentos, carbón vegetal, huesos y otros restos arqueológicos, como fogones e instrumentos líticos, que evidencian la actividad humana, atribuida a pobladores Yamana (Orquera y Piana, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de los mapas de orientación de laderas, pendientes y curvas de nivel se utilizó el programa QGIS 3.26.3. Los mapas se generaron a partir del análisis del modelo digital elevación MED-Ar v2.0, 2015 que corresponde a la carta topográfica 5569-17-3-a, con una resolución espacial de 5 m, generado mediante fotogrametría por el Instituto Geográfico Nacional. El trabajo de campo consistió en la descripción y muestreo de 6 perfiles de suelo, cuya ubicación se muestra en la Figura 1. Se consignaron las características externas al perfil (relieve, material originario, tipo y porcentaje de cobertura vegetal, y otros rasgos de relevancia).

La descripción de la morfología interna de cada perfil incluyó el reconocimiento de horizontes pedogenéticos. Se determinaron profundidades, color en seco y en húmedo (sistema Munsell), textura al tacto, estructura, límites y otras características de relevancia, según recomendaciones de Schoeneberger et al. (2012).

De cada horizonte se extrajo al menos una muestra representativa de aproximadamente 1 kg. Se recolectaron un total de 45 muestras. Las muestras fueron procesadas simultáneamente en los laboratorios del Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (UNT-DF) y en el Laboratorio de Granulometría del Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC).

En primera instancia las muestras fueron secadas al aire. Se efectuó tamizado en seco con malla de 2 mm de diámetro para separar la fracción superior a 2 mm, llamada fragmentos gruesos (FG), de la fracción tierra fina (inferior a 2 mm) y se calcularon sus porcentajes. La fracción tierra fina fue utilizada para los análisis que se detallan a continuación.

El análisis granulométrico de la tierra fina se efectuó mediante el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1936). Se determinaron las fracciones arena (2000 - 50 μm), limo (50 - 2 μm) y arcilla (< 2 μm) de 20 muestras. Se utilizaron 50 gramos de muestra seca al aire; el peso fue corregido con el factor de humedad. La dispersión fue realizada con 100 ml de Hexametáfosfato de Sodio (al 5 %, con 2 h de reposo) y

agitación mecánica con *minipimer* (15 minutos). Se utilizaron probetas de 1 l. Las lecturas se tomaron a los 40 segundos y a los 120 minutos. Cabe resaltar que no se efectuaron pre-tratamientos para eliminar la materia orgánica. En particular, en los horizontes superficiales analizados, el contenido de materia orgánica es muy elevado, lo cual implica un consumo considerable de peróxido de hidrógeno y tiempos de reacción prolongados para su remoción efectiva durante el pretratamiento granulométrico. Si bien existen alternativas como la calcinación previa, se ha demostrado que este procedimiento no resulta adecuado para elevado contenido orgánico, ya que puede inducir alteraciones en la fracción mineral fina y generar microagregados artificiales, afectando la distribución real de las fracciones texturales (La Manna et al., 2016). Cabe destacar que se encuentra en desarrollo un protocolo específico para el tratamiento y análisis de muestras de suelo con estas características, orientado a optimizar la eficiencia del procedimiento sin comprometer su integridad.

Se efectuó un tratamiento térmico de las muestras en horno-mufla, ORL-V de 25 Amper, a temperatura de 430 °C durante 24 h con la finalidad de determinar la pérdida de peso

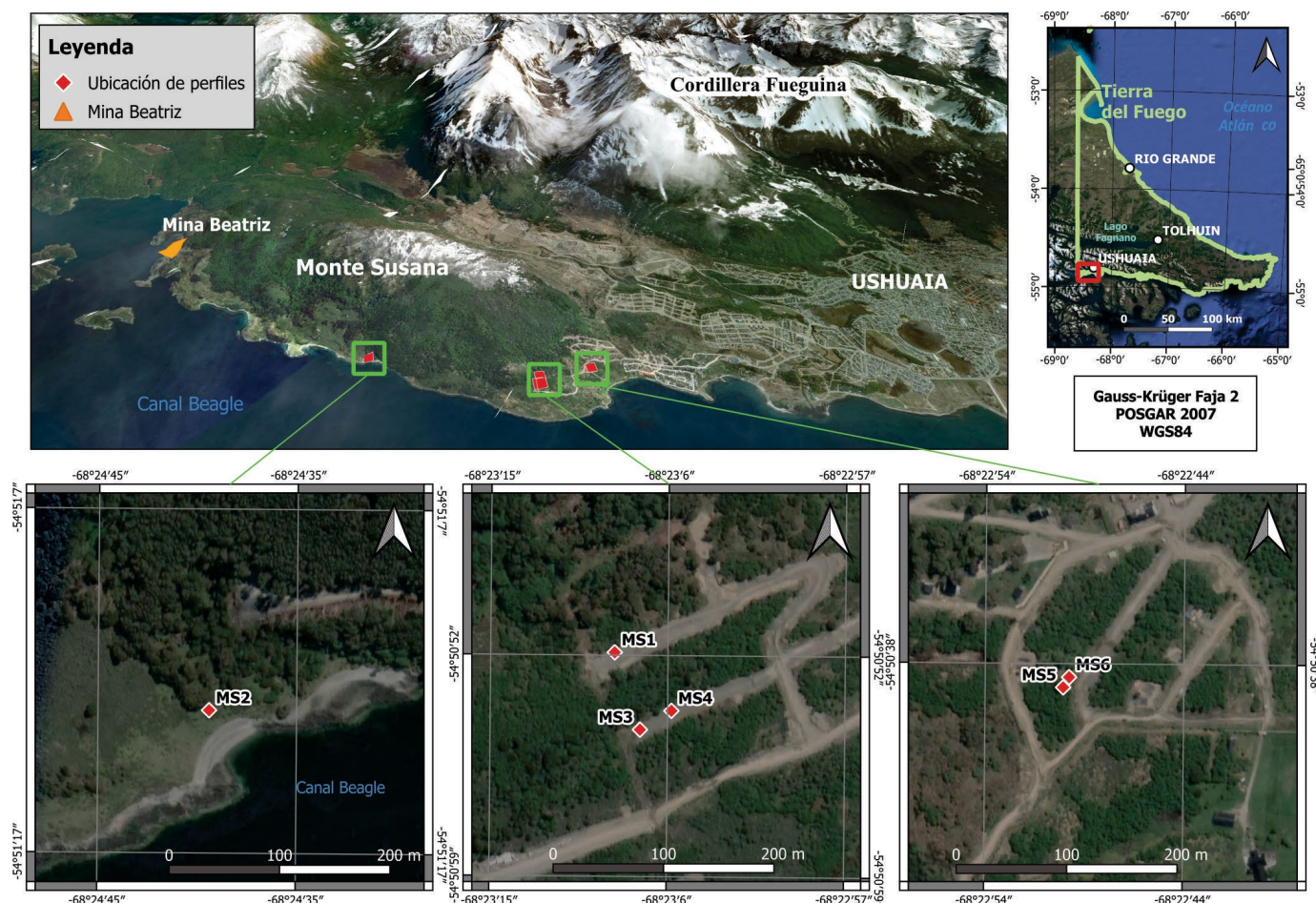


Figura 1. Ubicación del área de estudio y perfiles de suelo muestreados

atribuida a la materia orgánica (Davies, 1974). Previamente se determinó la humedad hidrosférica y el factor de humedad utilizando 10 g de muestra en estufa a 110°C durante 24 h, que sirvió para corregir los datos.

Con un pHmetro/conductímetro Hanna modelo HI98129 se midió pH actual (pH-H₂O), pH potencial (pH-KCl 1N) y conductividad eléctrica (CE). Tanto el pH-H₂O como el pH-KCl se determinaron con una relación suelo:líquido de 1:2.5. En tres muestras, correspondientes a los horizontes O más superficiales de los perfiles MS2, MS4 y MS5 la relación suelo:líquido fue 1:5, debido a que la elevada proporción de materia orgánica produce excesiva absorción de agua impidiendo la lectura de pH y conductividad. En todos los casos las determinaciones fueron efectuadas a 1 h.

Adicionalmente, dado que se identificaron muestras con evidente olor sulfuroso y valores anormalmente bajos de pH-H₂O y pH-KCl, se aplicó una determinación experimental de pH con peróxido de hidrógeno (pH-H₂O₂) con el objetivo de evaluar la posible presencia de materiales sulfídicos. Esta técnica resulta útil para la identificación de sulfuros reactivos, ya que favorece la oxidación acelerada de estos compuestos y provoca un descenso notable del pH (Soil Survey Staff, 1975). Si bien no forma parte de los métodos estandarizados más difundidos, tiene un carácter práctico y orientativo en estudios preliminares. La muestra fue tratada con H₂O₂ al 10 % durante 1 hora, en una relación suelo:solución de 1:3.5. La conductividad eléctrica (CE) se midió en el mismo preparado utilizado para el pH-H₂O. En la mayoría de los casos se usó una relación suelo:agua de 1:2,5, pero en muestras con alto contenido de materia orgánica, donde no era posible obtener una lectura estable, se utilizó una relación de 1:5. En esos casos, se informan los valores de CE sin aplicar factores de corrección, ya que estas relaciones dependen de la textura del suelo y no pueden estandarizarse sin una curva de dilución (Richards, 1954). Cabe señalar que este trabajo fue originalmente planificado para el período 2020–2022, y que su ejecución coincidió con los años más críticos de la pandemia de COVID-19, lo que implicó una planificación discontinua, demoras operativas y serias restricciones presupuestarias. Estas condiciones afectaron parcialmente la continuidad de las tareas y el desarrollo de algunas etapas analíticas. En particular, debido a limitaciones en la disponibilidad operativa y en la infraestructura analítica de los laboratorios locales durante ese período, no fue posible realizar determinaciones directas de capacidad de intercambio catiónico ni de bases de intercambio. Estas restricciones metodológicas, ajenas al diseño original del estudio, fueron tenidas en cuenta al momento de interpretar los resultados, especialmente en lo relativo a la clasificación de

epipedones y a la caracterización de la fertilidad potencial de los suelos analizados.

RESULTADOS

Análisis de laderas

Los perfiles MS1, MS3, MS4, MS5 y MS6 se ubican sobre la ladera SE del Monte Susana, el perfil MS2, se ubica en el ambiente litoral contiguo a dicha ladera (entre la playa actual y un paleoacantilado). En cuanto a la orientación, los perfiles MS5 y MS6 se encuentran en una ladera orientada hacia el E, los perfiles MS2, MS3 y MS4 se encuentran en laderas orientadas hacia el SE y el perfil MS1 se encuentra en una pequeña ladera (Fig. 2a). La morfología general de la ladera es uniforme, levemente aterrazada en las porciones inferiores, aunque un análisis más detallado muestra pequeñas variaciones entre formas cóncavas y convexas. Los valores de pendiente promedio varían entre 16° por encima de los 100 m s.n.m. y 10° por debajo de esta cota (Fig. 2b). Los perfiles MS3 y MS4 se asocian a sectores de mayor pendiente (mayores a 10°), mientras que los perfiles MS1, MS2, MS5 y MS6 se ubican en áreas de baja pendiente (entre 5° y 10°).

Material originario

El material originario de la mayoría de los perfiles (MS1, MS4, MS5, MS6) es glaciogénico, mientras que el del MS3 corresponde a material coluvial en su parte superior (hasta una profundidad de 110 cm) y glaciogénico en la parte inferior. El material originario del perfil MS2 corresponde a una mezcla estratificada de origen antrópico, conformada por conchillas, carbón y sedimentos de playa (conchero). En la figura 3 se muestran fotografías de los 6 perfiles descriptos y se indica la sucesión de horizontes. Los materiales glaciogénicos corresponden a till; gravas y arenas glacioluviales, y limos y arcillas glacialacustres de color verde oliva (promedio 5 Y 5/3 en húmedo). La granulometría es marcadamente heterogénea, con variación tanto lateral como vertical (estratificación, con alternancia de capas gravosas, arenosas, limosas y limo-arcillosas). Presenta abundante participación de fragmentos gruesos (hasta 60% en volumen; ver tablas 1, 4, 5 y 6), con bloques que excepcionalmente pueden alcanzar decenas de centímetros de diámetro. Las características de estos materiales determinan abundantes discontinuidades litológicas, por ejemplo, en el perfil MS6 se registraron seis discontinuidades (tabla 6). En el perfil MS1 (Fig. 3a) se observa a una profundidad aproximada de 130 cm el contacto entre los materiales glaciogénicos con las pizarras de la Formación Yaghan (capa de roca 2R, tabla 1). Cabe mencionar que en diversas

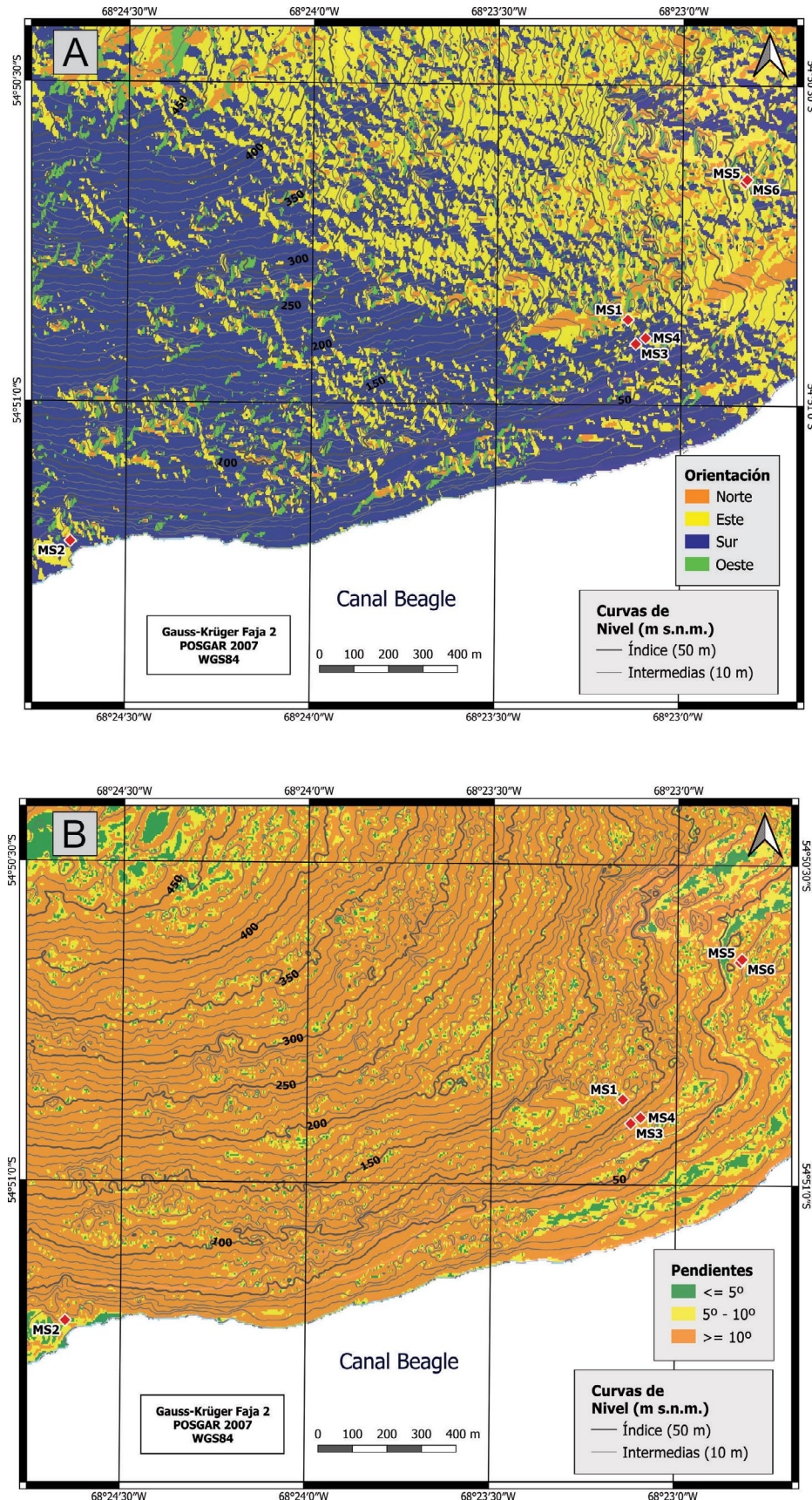


Figura 2. Análisis de laderas. a) Mapa de orientación de laderas. b) Mapa de pendientes angulares en intervalos de 0 – 5°; 5 – 10° y > 10°.

zonas del área de estudio se observan estas pizarras a escasos centímetros de la superficie, incluso aflorando, dando lugar al desarrollo de suelos líticos (leptosoles según (IUSS *Working Group* WRB, 2015)); estos serían dominantes hacia la cumbre y en la ladera N del Monte Susana. El perfil MS3 (Fig. 3c, tabla 3) presenta dos tipos de materiales originarios, los primeros 110 cm del perfil corresponden a un material coluvial, lajoso (hasta 30% en volumen de fragmentos gruesos) que se apoyan sobre un suelo enterrado, desarrollado sobre materiales glaciogénicos con un horizonte orgánico enterrado (3Oab). Esta particularidad se relaciona a la ubicación del perfil en una zona de elevada pendiente, que permitió el desarrollo de procesos de remoción en masa. El material originario del perfil MS2 (Fig. 3b) contrasta significativamente con el del resto de los perfiles. Como se dijo, corresponde a los denominados concheros (restos de conchillas fragmentadas mezclada con restos de carbón vegetal y sedimentos costeros, producto de actividad antrópica). La disposición vertical del material es estratificada, con capas que varían tanto en composición granulométrica como en la proporción de restos de conchilla y de carbón. Esto último se manifiesta en el color, generando contrastes entre capas más oscuras, con mayor proporción de carbón, y

Tabla 1. Descripción morfológica del perfil MS1.

Perfil	MS1
Ubicación	54°50'52,0''S; 68°23'08,7''O
Altitud (IGN)	115,7 m
Material originario	Till color oliva claro, que se apoya sobre pizarras
Relieve	Convexo
Vegetación	Bosque de lenga y guindo, gramíneas
Clase de drenaje natural	Bien drenado
Clasificación tentativa	<i>Espodic Dystrocrypt</i>
Horizonte pedogenético	Descripción morfológica
A	0 – 13 cm; 10 YR 5/2 en seco, marrón grisáceo muy oscuro 10 YR 3/2 en húmedo; franco, con escasos fragmentos gruesos (< 5% en volumen); granular fina a media moderada fuerte (tiende a migajosa); ligeramente dura, friable, no plástica, levemente adhesiva; raíces comunes; claro, ondulado.
Bs	13 – 48 cm; 7,5 YR 6/6 en seco, marrón 7,5 YR 4/4 en húmedo (tiende a 10 YR); franco arenoso (a areno franco) muy gravosa (aprox. 35% en volumen de fragmentos gruesos); granular fina moderada a fuerte; ligeramente dura, friable, levemente plástica, levemente adhesiva; raíces escasas; claro, ondulado.
C	48 – 128 cm; oliva pálido 5Y 6/4 en húmedo; franca muy gravosa (till); bloques angulares a masiva; duro, firme, no plástico, no adhesivo; neto, ondulada.
2R	128 - 200+ cm; pizarras frescas, con foliación marcada, a 60° (Fm. Yaghan).

Tabla 2. Descripción morfológica del perfil MS2.

Perfil	MS2
Ubicación	54°51'13,1''S; 68°24'39,0''O
Altitud (IGN)	5,5 m
Material originario	Conchero. Conchillas con restos de carbón, estratificadas.
Relieve	Convexo
Vegetación	Gramíneas.
Clase de drenaje natural	Bien drenado a algo excesivamente drenado.
Clasificación tentativa	<i>Typic Cryrendolls</i>
Horizonte pedogenético	Descripción morfológica
Oa	0 – 5 cm; 7,5 YR1/1 en húmedo; franco; migajosa, fina, fuerte; friable; no plástica, no adhesiva; raíces muy abundantes; neto, plano.
2Oa	5 – 30 cm; 10 YR 1/1 en húmedo; franco arenosa (fragmentos gruesos menos de 10 % en volumen); migajosa, muy fina, moderada; friable, no plástica, levemente adhesiva; raíces abundantes; restos de conchilla dispersos; neto, plano.
3Au	30 – 35 cm; N 3/0 en seco, N 1/0 en húmedo; areno franca (fragmentos gruesos entre 10 y 15 % en volumen); granular, media, débil (tiende a grano suelto); suelto, muy friable, no plástica, no adhesiva; raíces escasas; neto plano.
4Cu	35 – 63 cm; N 4/0 en seco, N 1/0 en húmedo, los restos de conchilla son blancos; gravas (> 90% en volumen de fragmentos gruesos, dominan los restos de conchilla, seguido de restos de carbón, escasos fragmentos de roca); grano suelto; suelto, no plástico, no adhesivo; neto, plano.
5Cu	63 – 68 cm; N 5/0 en seco, N 1/0 en húmedo, los restos de conchilla son blancos; arenosa extremadamente gravosa (fragmentos gruesos aprox. 80% en volumen, dominan los fragmentos de rocas, seguido de valvas y carbón en proporciones semejantes); grano suelto; suelto, no plástico, no adhesivo; neto, plano.
6Cu	68 – 78 cm; N 3/0 en seco, N 1/0 en húmedo, los restos de conchilla son blancos; gravas (> 90% en volumen de fragmentos gruesos, dominan las valvas, subordinadamente fragmentos de rocas y carbón); grano suelto; suelto, no plástico, no adhesivo; neto, plano.
7Cu	78 – 82+ cm; N 3/0 en seco, N 1/0 en húmedo, los restos de conchilla son blancos; arenosa extremadamente gravosa (dominan las valvas); grano suelto; suelto, no plástico, no adhesivo.

capas más blanquecinas, con mayor proporción de conchilla. En este perfil se describieron siete discontinuidades litológicas (Tabla 2). La granulometría general es gruesa, cuyo porcentaje en volumen de fragmentos gruesos puede superar el 90%. Los clastos raramente superan los 3 cm de diámetro.

Morfología de los perfiles

La descripción morfológica de los perfiles se indica en las Tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6. El grado de desarrollo es variable, el espesor del *solum* oscila entre 35 y 175 cm. Los perfiles MS2 y MS4 son los de menor desarrollo y no presentan horizontes iluviales (B). El resto de los perfiles presentan sector

Tabla 3. Descripción morfológica del perfil MS3.

Perfil	MS3
Ubicación	54°50'54.26"S; 68°23'7.39"O
Altitud (IGN)	81,1 m
Material originario	Coluvio (mal seleccionado, abundantes fragmentos de pizarras). A partir de los 150 cm Till, que se apoya sobre rocas de la Formación Yahgan.
Relieve	Convexo
Vegetación	Bosque de lenga.
Clase de drenaje natural	Bien drenado a algo excesivamente drenado
Clasificación tentativa	<i>Typic Humicryod</i>
Horizonte pedogenético	Descripción morfológica
Oa	0 – 28 cm; 10 YR 3/2 en seco, 10 YR 1/2 en húmedo (tiende a 7,5 YR); franco arenosa (fragmentos gruesos 10 – 15% en volumen, lascas); migajosa, fina a muy fina, moderada a fuerte; muy friable, no plástica, levemente adhesiva; raíces abundantes; gradual, ondulado. En el contacto se acumulan abundantes fragmentos gruesos dispuestos en forma horizontal.
Bhs1	28 – 79 cm; 7,5 YR 4,5/6 en seco, 7,5 YR 4/5 en húmedo; franco arcillo arenosa lascas (fragmentos gruesos 15% en volumen, lascas, muy angulosas); bloques subangulares finos moderados; ligeramente duro, muy friable; poroso; raíces moderadamente pocas; claro, ondulado.
Bhs2	79 – 94 cm; 7,5 YR 5/4 en seco, 7,5 YR 3/4 en húmedo; franca muy lascas (fragmentos gruesos aprox. 30% volumen, lascas muy angulosas); bloques angulares finos moderados; friable; poroso; raíces muy pocas; claro, ondulado.
2C	94 – 110 cm; 2,5 Y 7/3 en seco, 2,5 Y 5/2 en húmedo (el interior de los agregados es 5 Y); franco arenoso gravoso (probablemente till removilizado); bloques angulares medios moderados; moderadamente duro, friable; moteados negros y rojizos (7,5 YR); claro, ondulado.
3Oab	110 – 150 cm; 10 YR 3/3 en seco, 10 YR 2/1 en húmedo (tiende a 7,5 YR); franco; granular fina, moderada a fuerte; ligeramente duro, friable; raíces moderadamente pocas; gradual, ondulado.
3C	150 – 190+ cm; 5 Y 7,5/2 en seco, 5 Y 4/1,5 en húmedo; franco limosa muy gravosa; masiva a bloques subangulares.

iluvial, evidenciado por zonas con acumulación de óxidos en forma de revestimientos y pántinas y/o humus iluvial (horizontes Bh, Bhs y Bs). El espesor del sector iluvial varía entre 35 cm (MS1) y 126 cm (MS5).

Todos los perfiles analizados presentan horizontes superficiales con abundante contenido de materia orgánica, muy oscuros, de texturas francas, presencia de fragmentos gruesos relativamente baja y estructura migajosa a granular. Este sector presenta un espesor variable, entre 13 y 39 cm, e incluye horizontes Oe, Oa y A. En los horizontes Oa y A, la materia orgánica se encuentra en un estado avanzado de humificación, mientras que en el horizonte Oe predomina la materia orgánica parcialmente descompuesta. El horizonte Oa es el más habitual.

Los perfiles MS5 y MS6 presentaron horizontes E, de colores claros, textura con mayor proporción de limo y estructura laminar (MS5) o en bloques (MS6).

Los horizontes iluviales se ubican debajo de los horizontes A y/o E y contrastan por sus colores de mayor intensidad, con matices que van desde anaranjados (7,5 YR) a amarillentos (2,5 Y).

Se destaca que en algunos perfiles se observaron restos de carbón *in-situ* que se atribuyen a antiguos incendios. Esto es particularmente evidente en el perfil MS5 (Tabla 5), donde

se observan raíces carbonizadas hasta una profundidad de 49 cm.

Las pendientes, las formas del relieve, la textura y la estructura pedogenética determinan la variación del tipo de drenaje de los suelos (clases de drenaje natural). Así, los perfiles de suelo MS1, MS2, MS3, MS5 presentan clases bien drenada a algo excesivamente drenada, en cambio, los perfiles MS4 y MS6 presentan deficiencias de drenaje. El perfil MS4 presenta una “napa” colgada a una profundidad de 40 cm, coincidente con el contacto entre el horizonte A2 y C1.

Cabe resaltar que algunos horizontes C presentaron olor sulfuroso (Tabla 4 y 5), lo cual sugiere la presencia de compuestos sulfídicos. Esto se observó en el horizonte C1 del perfil MS4 (profundidad aproximada 45 cm) y en el horizonte 2C del perfil MS5 (profundidad aproximada 2 m). El perfil MS4 presenta drenaje deficiente (de imperfectamente a pobremente drenado) y evidencia una napa colgada, lo que favorece condiciones reductoras. En cambio, el perfil MS5 presenta un drenaje algo excesivo, aunque no se descarta que el horizonte 2C pueda haber experimentado condiciones de saturación intermitente o relictas. En ambos casos, se observaron moteados de colores anaranjados y amarillentos, característicos de procesos redoximórficos, como concentraciones de hierro y posibles productos de oxidación de sulfuros (por ejemplo,

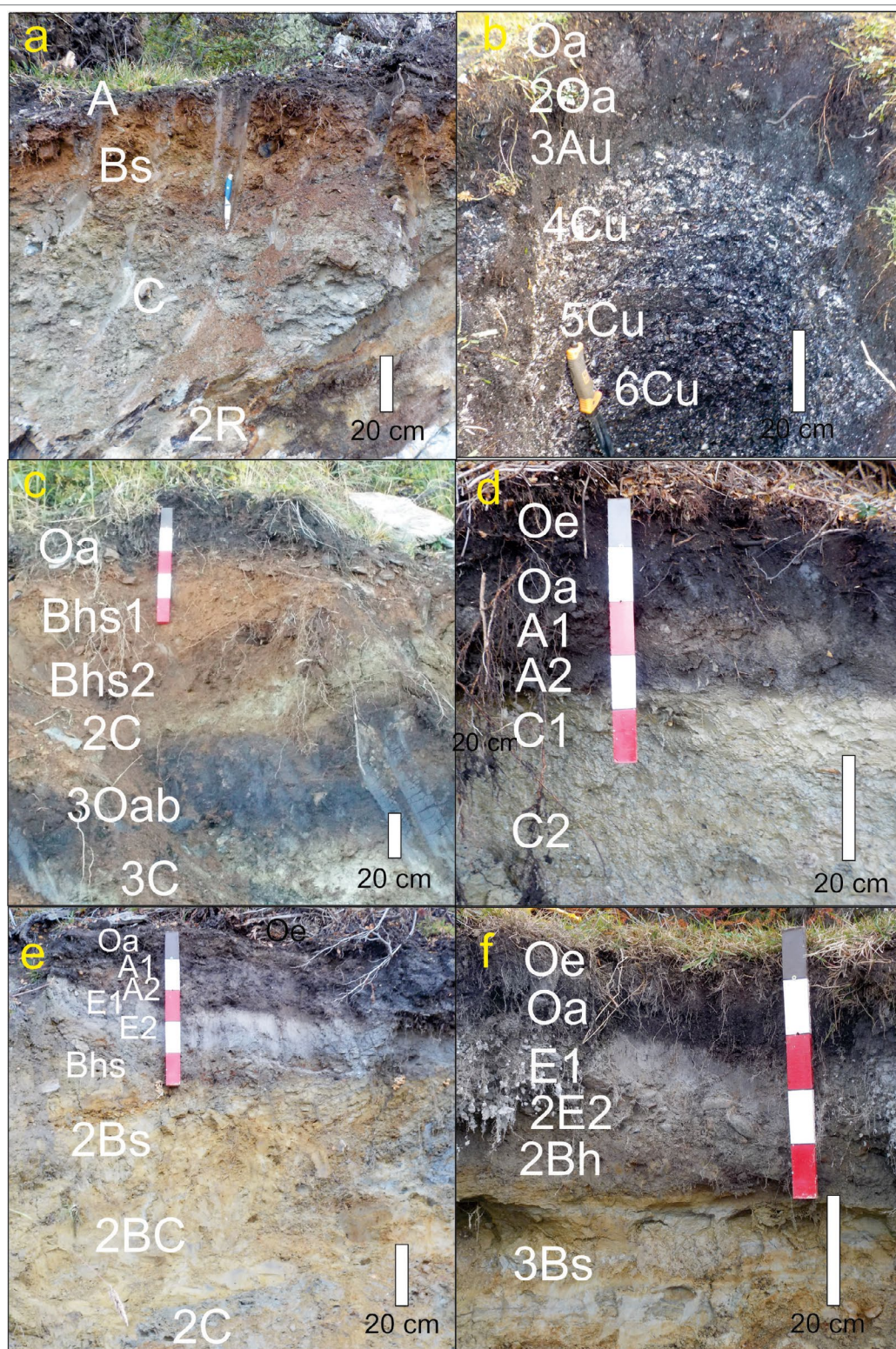


Figura 3. Fotografías de los perfiles de suelos. a) MS1. b) MS2. c) MS3. d) MS4. e) MS5. f) MS6

jarosita). Estos rasgos también se encuentran en los horizontes adyacentes, aunque sin manifestación de olor sulfuroso. La posterior oxidación durante la preparación de las muestras puede haber favorecido la formación de ácido sulfúrico, lo cual explicaría los valores anómalamente bajos de pH y el aumento de la conductividad eléctrica, como se verificó en la

muestra del horizonte 2C del perfil MS5.

Análisis físico-químico

En cuanto a la granulometría, el porcentaje en peso de fragmentos gruesos (> 2 mm; grava y bloque) presenta gran variabilidad (Fig. 4), oscilando entre 0 y 78.5 %, con un pro-

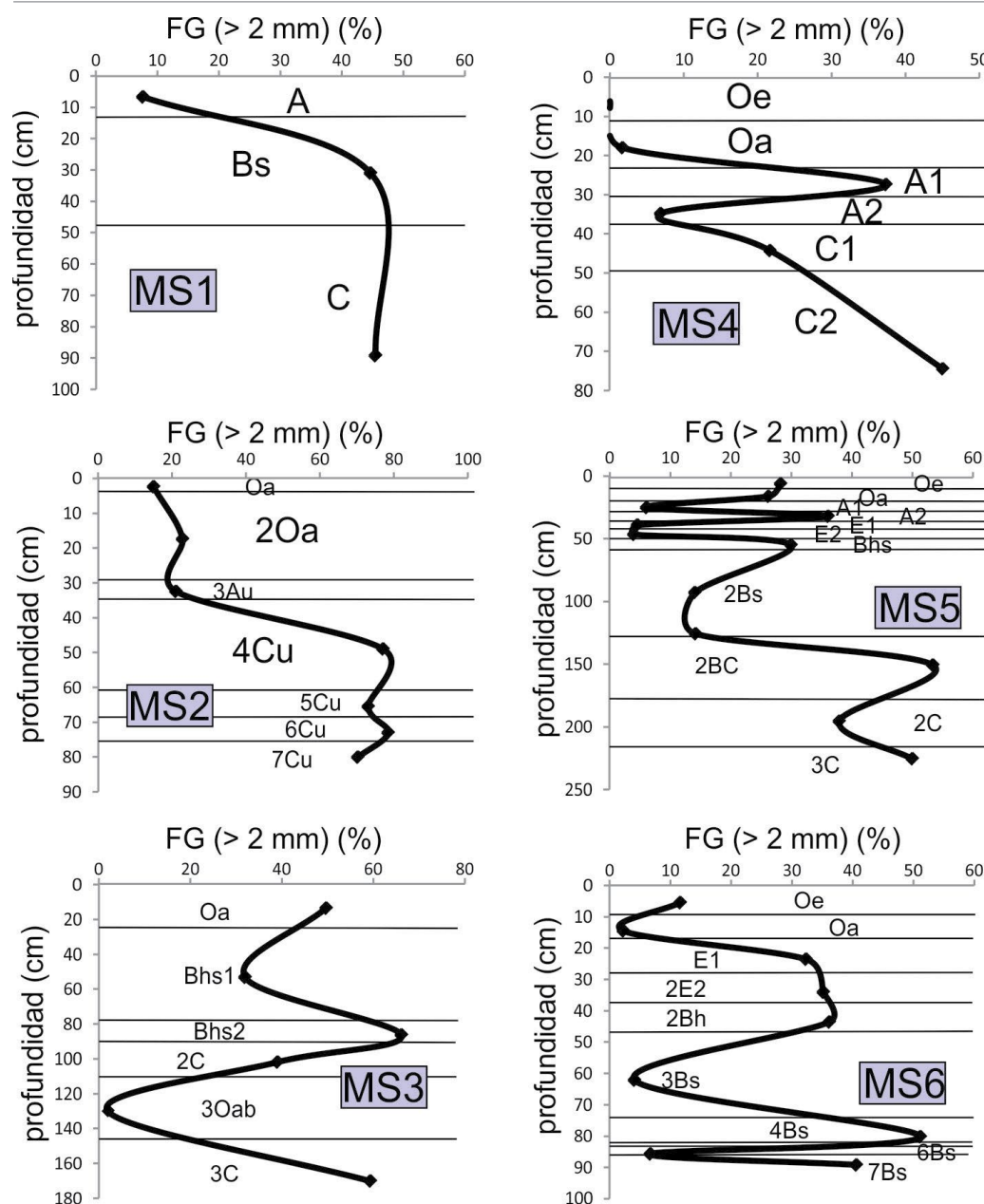


Figura 4. Variación de los fragmentos gruesos (FG) (partículas de diámetro mayor a 2 mm) en profundidad.

medio general de 36 %. Los valores más elevados se hallaron en el perfil MS2, de material originario conchil (promedio 57%). Los perfiles desarrollados en material glaciogénico y coluvial presentaron valores promedio más bajos, aunque con gran contraste entre los horizontes. Los valores promedio más elevados de fragmentos gruesos corresponden a los perfiles MS3 y MS1 (41% y 37% respectivamente), mientras que los perfiles MS4 y MS6, de drenaje deficiente, presentan los porcentajes más bajos (19 % y 26 % respectivamente). Con respecto a la distribución interna de fragmentos gruesos en los perfiles, los horizontes superficiales presentaron los valores más bajos, con promedios de 16 % en los horizontes O y 19 % tanto en los A como en los E. Los horizontes B presentaron un promedio de 33 % mientras que los C de 46 % en

los materiales glaciogénicos/coluvial y 75 % en los horizontes conchiles.

La granulometría de la tierra fina (arena, limo y arcilla) (Tabla 7) presentó valores promedio de las fracciones arena y limo semejantes (42 % y 46 % respectivamente). El contenido de arena más elevado fue determinado en el perfil MS2 (77 %) y los más bajos en muestras de los perfiles MS4 y MS6, (24 %). El contenido de limo varió entre 12 % y 61 %, el valor más elevado corresponde al perfil MS6. El valor promedio de arcilla es 1.7 %, oscila entre 3 % y 23 %. Según estos análisis las clases texturales de la tierra fina dominantes son franca y franco limosa, subordinadamente franco arenosa (Tabla 7). Esto es consistente con las determinaciones texturales efectuadas en el campo.

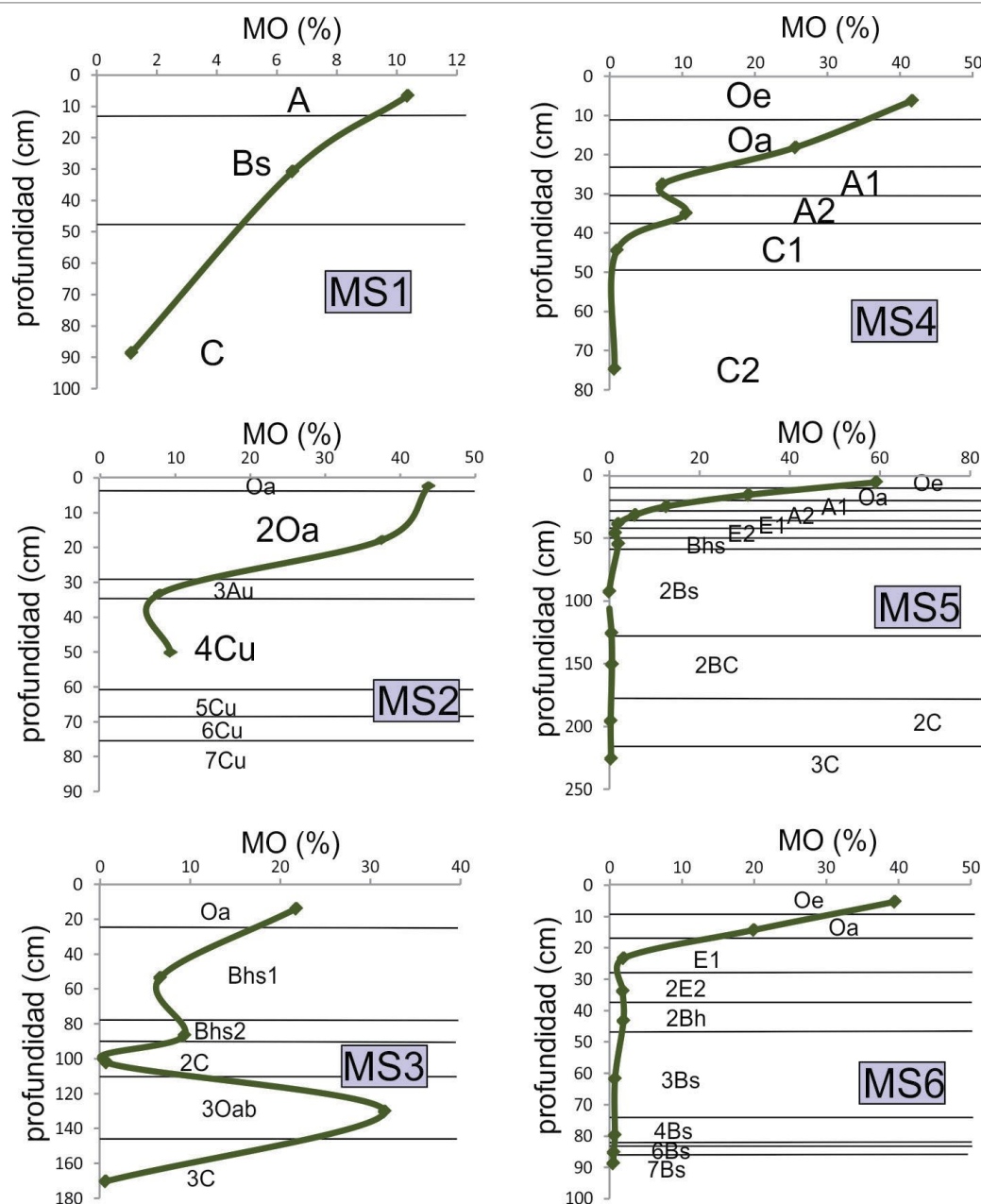


Figura 5. Variación del porcentaje de materia orgánica de los perfiles de Monte Susana

En la figura 5 se indica el contenido de materia orgánica. Los valores más elevados corresponden a los horizontes O, que variaron entre 20 y 60 %, con un promedio de 35%. Los valores mayores al promedio corresponden a los horizontes Oe, con materia orgánica parcialmente descompuesta, y a los horizontes Oa del perfil MS2 (conchero). Los horizontes A presentaron valores de MO entre 5,7 y 13 %, con un promedio de 9%. El resto de los horizontes (E, B y C) presentaron los valores más bajos, siendo los valores promedio 1,8 % (E), 2,7 % (B) y 2,1 % (C). Los horizontes B con evidencias de iluviación de humus y sesquióxidos de hierro (Bh y Bhs) presentaron valores más elevados (5 %, en promedio) que los Bs (0.5 %). Con respecto al valor promedio de los horizontes

C, se debe destacar que se encuentra condicionado por la muestra del perfil MS2 que presentan valores más elevados, que pueden atribuirse a una sobrestimación por la presencia de CaCO_3 , como así a la presencia de restos de carbón, cuya combustión no habría sido completa.

En la figura 6 se indican los valores de pH- H_2O y pH-KCl. El pH- H_2O varió entre 3.4 y 7.5, con un promedio de 5.5. Por su parte el pH-KCl varió entre 3.6 y 7.9, con un promedio de 4.9.

Los valores más elevados de pH- H_2O se registraron en los perfiles MS2 (promedio 7.2) y en el perfil MS4 (promedio 6.7) mientras que los más bajos corresponden al perfil MS1 (promedio 4,5) y a la muestra del horizonte 2C del perfil MS5,

con olor sulfuroso (3,5). En todos los perfiles, el pH tiende a incrementarse con la profundidad. El valor promedio para los horizontes superficiales (O, A y E) es 5.5, mientras que para los B es 5.6 y para los C es 6.2. Cabe aclarar que aquí no se consideraron los valores del perfil MS2, donde los valores en los horizontes O y A son cercanos a 7, y el promedio de los horizontes C es 7.4.

El pH-KCl presentó la misma tendencia que el actual (Fig. 6). En la mayoría de los perfiles los valores fueron más bajos que el pH-H₂O (MS1, MS3, MS4, MS5 y MS6), salvo en el

perfil MS2. Es decir, el pH potencial disminuyó respecto al actual en los perfiles de tendencia ácida, y se incrementó en los de tendencia alcalina.

Por su parte, el análisis de pH-H₂O₂ en la del horizonte C2 del perfil MS5 (con olor sulfuroso), evidenció un descenso considerable del pH (3,1). Esto coincide con la presencia de compuestos con azufre (ej. Sulfuros).

Los valores de CE son consistentes con una salinidad relativamente baja en todos los perfiles (Fig. 7). Los valores variaron entre 0 y 0.78 dS/m (promedio 0,14 dS/m). Los valores

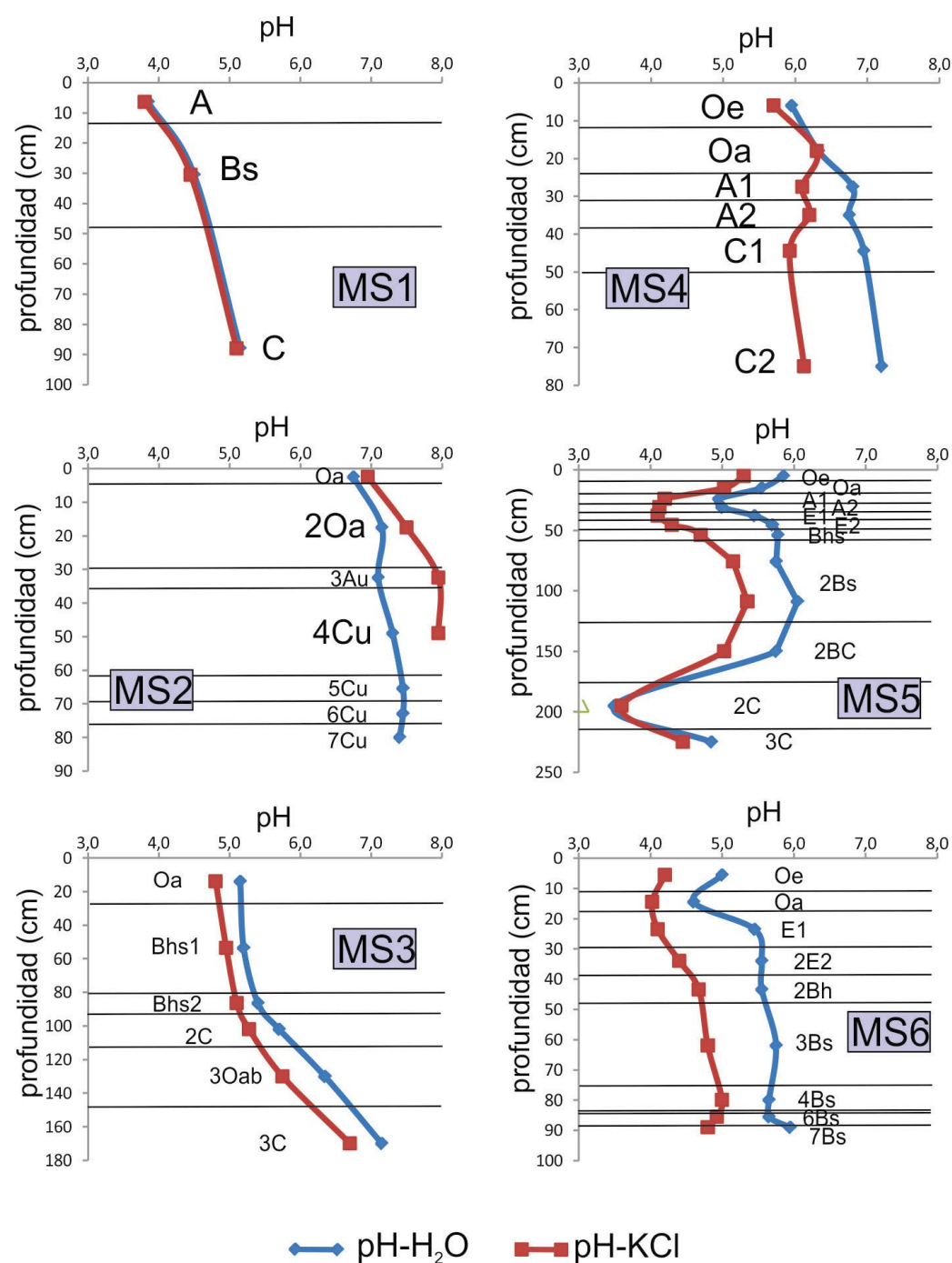


Figura 6. Variación del pH hidrolítico (pH-H₂O) y potencial (pH-KCl) con la profundidad.

más elevados corresponden a los perfiles MS2 y MS4; mientras que los valores más bajos corresponden al perfil MS6. En todos los perfiles se registró un incremento de los valores de conductividad hacia el *solum*, particularmente en el sector con elevado contenido de materia orgánica (Fig. 7). Los valores más elevados corresponden a los horizontes O. Cabe destacar que la muestra del horizonte C2 del perfil MS5 (con olor sulfuroso) presentó un valor de CE elevado en relación con su posición en el perfil (0.47 dS/m).

DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, es posible acercarse a una clasificación preliminar del suelo en el Monte Susana, según los lineamientos del *Soil Survey Staff* (2014), estableciendo además correlaciones con el sistema de la IUSS *Working Group WRB* (2015). Asimismo se realizan interpretaciones sobre los procesos pedogenéticos involucrados, discutiendo fundamentalmente la influencia del material originario en el desarrollo del suelo en la ladera E del Monte Susana, que es el motivo principal de este trabajo.

Horizontes de diagnóstico y clasificación tentativa

El sector orgánico superficial, con elevado contenido de

materia orgánica y baja proporción de fracción arcilla, permite considerar con certeza la presencia de materiales orgánicos en la mayoría de los perfiles (*Soil Survey Staff*, 2014; IUSS *Working Group WRB*, 2015). Solo el perfil MS4 presentaría epipedón hístico (tabla 8) debido a que presenta drenaje deficiente (*Soil Survey Staff*, 2014). En el perfil MS1 se registra escaso espesor del sector orgánico (solo un horizonte A de 13 cm); por esta razón el epipedón se asigna a ócrico.

En los perfiles restantes, se identificaron epipedones mólico (MS2) y úmbrico (MS3, MS5 y MS6). La distinción entre ambos se fundamentó en los valores de pH potencial y actual, los cuales, si bien no permiten calcular directamente la saturación del complejo adsorbente, pueden servir como indicadores indirectos de su magnitud, especialmente en rangos de pH extremos. Aunque la relación entre pH y saturación en bases no es lineal ni estrictamente proporcional —dado que involucra equilibrios complejos entre cationes, cargas de coloides y efectos del material original—, diversos estudios empíricos respaldan esta asociación (ej. Beery y Wilding, 1971; Albuquerque et al. 2024). En particular, Kabala y Labaz (2018) analizaron más de 2500 perfiles de suelo de Polonia y encontraron una correlación estadísticamente significativa y positiva entre el pH actual y la saturación en bases (determinada con NH_4OAc 1 mol/L, pH 7). Su análisis permitió establecer que horizontes con pH inferior a 5.5 suelen presentar saturaciones menores al 50 %, condición compatible con un

Tabla 4. Descripción morfológica del perfil MS4.

Perfil	MS4
Ubicación	54°50'53.7"S; 68°23'5.8"O
Altitud (IGN)	79,4 m
Material originario	Till basal compacto
Relieve	Cóncavo
Vegetación	Bosque de lenga, por encima del perfil hay un canelo.
Clase de drenaje natural	Imperfectamente drenado a pobremente drenado, hay una napa colgada entre E y C1 (a 39-40 cm).
Clasificación tentativa	<i>Hystic Cryacuepts</i>
Horizonte pedogenético	Descripción morfológica
Oe	0 – 12 cm; 10 YR 2/1 en seco, 10 YR 1/2 en húmedo; franco; migajosa muy fina fuerte; muy friable, no plástica, ligeramente adhesiva; raíces abundantes; claro, ondulado.
Oa	12 – 24 cm; 10 YR 3,5/1 en seco, 10 YR 1/1 en húmedo; franco (fragmentos gruesos menos del 5% en volumen); migajosa fina fuerte; duro, friable, no plástica, ligeramente adhesiva; raíces abundantes; probables concreciones de hierro, escasas; claro, ondulado.
A1	24 – 31 cm; 2,5 Y 6/2 en seco, 2,5 Y 3/3 en húmedo; franco limoso (fragmentos gruesos < 15% en volumen); granular media a fina, moderada; duro, friable, adhesivo, levemente plástico; raíces moderadamente pocas; claro, ondulado.
A2	31 – 39 cm; 2,5 Y 5/2 seco, 2,5 Y 3/2 en húmedo; franca arcillo limosa; granular fina a media moderada; friable, adhesiva, moderadamente plástica; restos de carbón escasos; claro, ondulado.
C1	39 – 50 cm; 5 Y 7/2 en seco, 5 Y 5/3 en húmedo; franco arcillo limoso (fragmentos gruesos < 15% en volumen); masiva; muy duro, friable, moderadamente adhesiva, moderadamente plástica; moteados amarillos y anaranjados; olor sulfuroso; claro, ondulado.
C2	50 – 100+ cm; 5 Y 7/2 en seco, 5 Y 5/2 en húmedo; franco arenoso gravoso (fragmentos gruesos aprox. 20% en volumen); masiva; firme, ligeramente adhesiva, ligeramente plástico; moteados moderados color 10 YR 5/4.

Tabla 5. Descripción morfológica del perfil MS5.

Perfil	MS5
Ubicación	54°50'39.1"S; 68°22'49.8"O
Altitud (IGN)	41,7 m
Material originario	Mixto. Arenas y gravas glaciales estratificadas, con escasas laminas arcillosas. A partir de los 125 cm till arcilloso color gris.
Relieve	Convexo
Vegetación	Gramíneas; bosque de lenga y guindo (el perfil esta debajo de un guindo grande).
Clase de drenaje natural	Algo excesivamente drenado.
Clasificación tentativa	<i>Spodic Humicryept</i>
Horizonte pedogenético	Descripción morfológica
Oe	0 – 10cm; 7,5 YR 2/2 en seco, 7,5 YR 1/2 en húmedo; franca; granular media, fuerte; moderadamente duro, no plástica, no adhesiva; raíces muy abundantes, abundantes restos de madera levemente descompuestos, muy baja densidad; neto, ondulado.
Oa	10 – 20 cm; 10 YR 3,5/2 en seco; franca (fragmentos gruesos <10% vol); granular a migajosa media fuerte; duro, firme, no plástica, ligeramente adhesiva; raíces abundantes; claro, ondulado.
A1	20 – 28 cm; 10 YR 4,5/1 en seco, 10 YR 3,5/2 en húmedo; franca arenosa, con escasos fragmentos gruesos; granular media, moderada (tiende a bloques angulares finos); moderadamente duro, friable, no plástico, no adhesivo; raíces abundantes; moteados escasos matiz 7,5 YR; restos finos de carbón, escasos; claro, ondulado.
A2	28 – 34 cm; 10 YR 5,5/2 en seco, 10 YR 3/2 en húmedo; franca gravosa (fragmentos gruesos aprox. 20%); granular media fuerte (tiende a bloques subangulares); moderadamente duro, friable; raíces moderadamente pocas; moteados escasos; restos de carbón escasos a comunes; claro, plano.
E1	34 – 42 cm; 10 YR 7/1 en seco, 10 YR 6/1 en húmedo; franco limosa (escasos fragmentos gruesos); laminar fina fuerte; blanda, friable, no adhesiva, no plástica; raíces moderadamente pocas; moteados comunes rojizos; restos de carbón comunes (raíces carbonizadas in situ); clastos de pizarra muy meteorizados escasos; claro, plano.
E2	42 – 49 cm; 10 YR 7/1 en seco, 10 YR 6/2 en húmedo; franco limosa (escasos fragmentos gruesos); laminar fina fuerte; ligeramente duro, firme, ligeramente adhesiva, ligeramente plástico; raíces moderadamente pocas; moteados escasos color rojo; restos de carbón escasos; claro ondulado.
Bhs	49 – 59 cm; 2,5 Y en seco, 2,5 Y 4/2 en húmedo; franco arenosa; bloques subangulares medios a finos, fuertes; concreciones de hierro de consistencia variable (muy duras a blandas) de hasta 1 cm de diámetro abundantes, color 7,5 YR 3/4 en húmedo; claro, ondulado.
2Bs	59 – 125 cm; 2,5 Y 6,5/5 en seco, 2,5 Y 6/7 en húmedo, tiende a 5 Y 6/2 en el interior de los agregados (color del till); arenosa (fragmentos gruesos < 15%); bloques angulares medios moderados a débiles; la parte inferior presenta laminas de arcillas grises; claro plano.
2BC	125 – 175 cm; 2,5 Y 7/2 en seco, 10 YR 6/6 en húmedo (el interior de los agregados es 5Y 4/1); franca gravosa (fragmentos gruesos aprox. 20%); masiva a bloques angulares gruesos; patinas de óxidos comunes color 7,5 YR 5/6; claro plano.
2C	175 – 215 cm; 5 Y 8/1 en seco, 5 Y 5/4 en húmedo (el interior de los agregados es 5Y 4/1); franca gravosa (fragmentos gruesos aprox. 30% vol); masiva a bloques subangulares gruesos (till); duro; moteados escasos anaranjados (7,5 YR 5/6) y amarillentos (2,5 Y 6/6); olor sulfuroso; claro ondulado.
3C	215 – 235 cm; 5 Y 6,5/2 en seco, 5 Y 6/4 en húmedo (el interior de los agregados es 5Y 5/2); franca arenosa gravosa (fragmentos gruesos aprox. 30% vol); masiva a bloques angulares gruesos (till); ligeramente duro; moteados rojizos escasos.

epipedón úmbrico, mientras que valores de pH superiores a ese umbral tienden a asociarse con saturaciones mayores al 50 %, propias del epipedón mólico. Se prevé incorporar en futuras contribuciones la determinación de la saturación en bases, a fin de validar y complementar estas inferencias y fortalecer la caracterización taxonómica de los epipedones. En el perfil MS2, los valores elevados de pH-H₂O indicarían una alta saturación en bases, por lo que el epipedón se clasifica como mólico. Además, se observa un incremento notable en los valores de pH-KCl (pH 8), lo que sugiere que el complejo de intercambio está dominado por Ca²⁺, lo cual es coherente con un material originario rico en CaCO₃. En los perfiles

MS3, MS5 y MS6, el pH-H₂O promedio en el sector orgánico (horizontes O y A) es inferior a 5.5, y se registra un descenso significativo en pH-KCl, que sugiere la presencia de H⁺ en el complejo de intercambio. Así, los epipedones corresponden a úmbrico, con baja saturación en bases y elevada acidez de intercambio.

El horizonte superficial del perfil MS1 presenta también características de pH ácido; sin embargo, se clasifica como ócrico debido a su escaso espesor. Por otro lado, el perfil MS4, con un epipedón hístico y un pH promedio en el sector orgánico de 6,5, muestra que la saturación en bases podría ser superior al 50 %.

Tabla 6. Descripción morfológica del perfil MS6.

Perfil	MS6
Ubicación	54°50'38.8"S; 68°22'49.5"O
Altitud (IGN)	39,8 m
Material originario	Arcillas y limos glaciolacustres. Presenta niveles de gravas y arenas estratificadas.
Relieve	Bajo
Vegetación	Gramíneas; bosque de lenga y guindo.
Clase de drenaje natural	Imperfectamente drenado.
Clasificación tentativa	<i>Humic Cryaquept</i>
Horizonte pedogenético	Descripción morfológica
Oe	0 – 11cm; 10 YR 3,5/1 en seco, 10 YR 3/2 en húmedo; franca; granular a migajosa fina a muy fina, fuerte; friable a firme, no plástica, no adhesiva; raíces muy abundantes; claro, ondulado.
Oa	11 – 18cm; 10 YR 5/1 seco, 10 YR 1/1 en húmedo; franca; granular fina a media, fuerte; friable, no plástica, ligeramente adhesiva; raíces abundantes; presenta restos de carbón abundantes; claro, ondulado.
E1	18 – 29 cm; 2,5 Y 8/1 en seco, 2,5 Y 6/1 en húmedo; franco limosa, con fragmentos gruesos (< 10% en volumen); bloques subangulares medio moderados; muy duro, firme, levemente plástico, levemente adhesivo; raíces comunes; moteados comunes naranja a amarillos (7,5 YR 4/6); restos de carbón escasos; claro, ondulado.
2 E2	29 – 39 cm; 2,5 Y 7/1 en seco, 2,5 Y 5/1 en húmedo; franca arenosa muy gravosa (fragmentos gruesos aprox. 60% vol); bloques subangulares medios moderados; firme, levemente plástico, levemente adhesivo; raíces moderadamente pocas; moteados moderados color 7,5 YR 4/6 ; claro, ondulado.
2Bh	39 – 48 cm; 2,5 Y 6/2 en seco, 2,5 Y 4/2 en húmedo; franca arenosa muy gravosa (fragmentos gruesos aprox. 40% vol); bloques angulares medios débiles; raíces moderadamente pocas; moteados comunes rojizos y negros; claro, plano.
3Bs	48 – 76 cm; 2,5 Y 7/4 en seco, 2,5 Y 5/4 en húmedo; alterna capas finas areno franco y franco limosas de color gris (fragmentos gruesos < 5% en volumen, corresponden a gravas finas); masiva; friable; impregnaciones de óxidos amarillos fundamentalmente en capas areno francas; claro ondulado.
4Bs	76 – 84 cm; 2,5 Y 6/6 en seco, 2,5 Y 4/4 en húmedo; arenosa muy gravosa (arenas gruesas con 50% en volumen de gravas); bloques subangulares medios a finos; impregnaciones de óxidos; neto, plano.
5Bs	84 – 87 cm; 2,5 Y 4/1 en húmedo; franca limosa; masiva; neto, plano.
6Bs	87 – 91 cm; 2,5 Y 6/6,5 en seco, 2,5 Y 5/5 en húmedo; arenosa con gravas finas (< 5% en volumen); grano suelto a masiva; friable a suelto; impregnaciones de óxidos amarillos; neto, plano.
7BC	91 – 120+ cm; 2,5 Y 6/1 en seco, 2,5 Y 4/1 en húmedo; franca limosa gravosa (fragmentos gruesos aprox. 20% en volumen), masiva; moteados amarillos escasos (2,5 Y 7/4).

En cuanto a los horizontes de diagnóstico subsuperficiales, en los perfiles MS5 y MS6 se desarrollan horizontes E que cumplen con los requisitos de color para horizontes álbicos, presentando colores con intensidades de 1 y 2, y una luminosidad en húmedo de 5 o más, y en seco de 7 o más. Además, estos horizontes superan el centímetro de espesor, se encuentran por debajo de los horizontes A y Oa, y por encima de capas con acumulación iluvial de hierro y materia orgánica (horizontes Bh, Bhs y Bs) (*Soil Survey Staff*, 2014; *IUSS Working Group WRB*, 2015).

Los perfiles MS1, MS3, MS5 y MS6 exhiben desarrollo de horizontes iluviales Bh, Bhs y/o Bs. Esto abre la discusión acerca de la posibilidad de asignarles horizonte espódico a dichos perfiles. Este horizonte se define como una capa iluvial con dominio de materiales espódicos de al menos 2,5 cm de espesor, que normalmente subyace a un horizonte O, A, Ap o E (*Soil Survey Staff*, 2014; *IUSS Working Group WRB*, 2015). Los llamados materiales espódicos corresponden a compuestos iluviales amorfos, como materia orgánica y compuestos de aluminio con o sin hierro, que se han removido

de un horizonte suprayacente (eluvial). Los criterios para la definición de estos materiales incluyen una serie de aspectos colorimétricos y químicos, por ejemplo, colores anaranjados, pH bajo o un determinado contenido de carbono orgánico (*Soil Survey Staff*, 2014; *IUSS Working Group WRB*, 2015).

Los horizontes B de los perfiles analizados cumplen con los requisitos de pH actual (menor a 5,9) y contenido de carbono orgánico (superior al 0,6%). Sin embargo, el color parece ser el factor determinante. En los perfiles con horizontes álbicos, los matices de los horizontes B son más amarillentos (2,5Y) de lo requerido por *Soil Survey Staff* (2014), que indica matices de 5YR, 7.5YR o 10YR. Por su parte, en los perfiles sin horizonte álbico, se requiere un matiz de 7.5 YR, con una luminosidad de 5 o menos e intensidad de 5 o 6 (en húmedo). Así, el perfil MS1 queda excluido por no cumplir con las condiciones de luminosidad e intensidad. Solo el perfil MS3, cuyo horizonte Bhs1 presenta un color 7.5 YR 4/5 en húmedo, cumple con los requisitos para ser clasificado como horizonte espódico.

Por tanto, para los perfiles MS1, MS5 y MS6 puede consi-

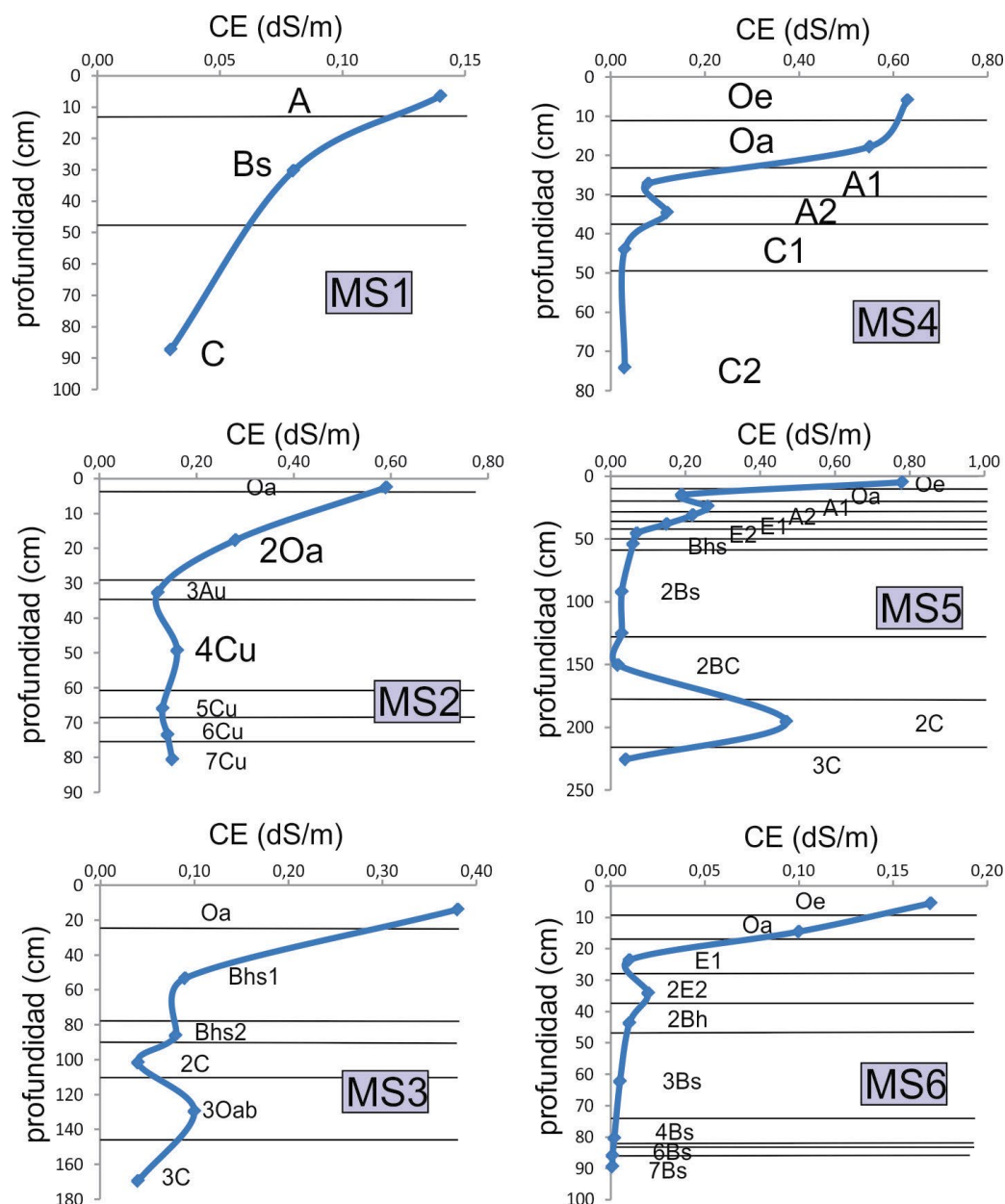


Figura 7. Variación de la conductividad eléctrica (CE) con la profundidad.

derarse el horizonte cámbico, teniendo en cuenta la estructura pedogenética y las texturas franco arenosas o más finas de los horizontes B, así como la marcada diferencia de color con respecto al material originario (*Soil taxonomy*, 2014; IUSS Working Group WRB, 2015).

Por otro lado, los perfiles MS2 y MS4 no presentan desarrollo de horizontes E, B ni otras características que permitan asignarles un horizonte subsuperficial.

En función de los horizontes de diagnóstico propuestos y considerando los regímenes de temperatura cryico y de humedad údico para los perfiles MS1, MS2, MS3 y MS5, y ácuico para los perfiles MS4 y MS6, es posible esbozar una clasificación tentativa, como se detalla en la Tabla 8.

El perfil MS1, con un epipedón órico, baja saturación en

bases y endopedón cámbico, se clasificaría como un *Dystrocryept*. Además, dado que hay indicios de movilización iluvial de óxidos de hierro (podzolización incipiente), podría clasificarse como *Spodic Dystrocryept*. En la clasificación WRB (IUSS Working Group WRB, 2015), este suelo correspondería a *Dystric Cambisol (protospodic)*. En función de la profundidad de la capa de roca, podrían corresponder a complejos de suelos con *Lithics Dystrocryept*, como se señalará más adelante.

En cuanto al perfil MS2, cuyo material originario exhibe elevada proporción de CaCO_3 , según *Soil Survey Staff* (2014), sería un *Typic Cryrendoll*. Su equivalente en la clasificación WRB sería un *Rendzic Phaeozem*, lo que corresponde a las denominadas Rendzinas (Thorpe y Smith, 1949). Cabe

mentar que Panigatti (2010) describe un perfil desarrollado sobre materiales de conchero en el Parque Nacional Tierra del Fuego, asignándolo a los órdenes *Entisol* o *Inceptisol* (criortent o criocrept). La situación descrita por dicho autor parece corresponder a un área con mayor pendiente y menor espesor del sector orgánico (epipedón ócrico).

El perfil MS3 (epipedon úmbrico y endopedón espódico) es el único de los suelos analizados que puede clasificarse como Espodosol. Teniendo en cuenta el régimen de temperatura y la concentración relativamente elevada de materia orgánica en el horizonte espódico correspondería a *Typic Humicryod*. La clasificación WRB permite a su vez destacar que presenta epipedón úmbrico (*umbric*) y que carece de horizonte álbico (*entic*), de modo que se trataría de *Entic Umbric Podzol*.

El perfil MS4 se encuentra en una zona de relieve cóncavo, lo que favorece la acumulación de agua (régimen de humedad ácuico) y la formación de una capa de agua colgada a 40 cm. Aunque el epipedón se clasifica como hístico, su espesor de 24 cm es insuficiente para asignar el suelo al orden Histosol (Soil Survey Staff, 2014; IUSS Working Group WRB, 2015). Así, este suelo se clasifica como un Inceptisol, específicamente un *Histic Cryaquept*. En WRB correspondería a *Histic Stagnic Umbrisol* o bien a *Eutric Histic Stagnosol*, en función de la saturación en bases.

Los perfiles MS5 y MS6 presentan epipedón úmbrico y endopedones álbico y cámbico, diferenciándose en el régimen

de humedad, siendo údico en MS5 y ácuico en MS6. Ambos pertenecen al orden Inceptisol; el perfil MS5 se clasifica como *Spodic Humicryept*, destacando el proceso de podzolización, mientras que el MS6 corresponde a un *Humic Cryaquept*. En WRB, ambos serían *Cambic Umbrisol (albic)*.

Influencia del material originario y procesos pedogenéticos

A nivel regional, el clima y la vegetación son factores determinantes en el desarrollo del suelo, por ejemplo, en la abundante presencia de materia orgánica, la cual, a juzgar por su coloración muy oscura, presenta un intenso grado de humificación. Sin embargo, en este análisis nos centraremos en los factores que dan origen a la diversidad edáfica a nivel local, particularmente el material originario.

Se determinaron tres tipos de materiales originarios sedimentarios (glacigénicos, coluviales y conchiles) y la presencia de capa de roca (Formación Yahgan). El material originario sedimentario, aporta gran cantidad de fragmentos gruesos y debido a su marcada estratificación, determina numerosas discontinuidades litológicas, particularmente cuando dominan depósitos glacifluviales. En zonas con pendientes relativamente elevadas, como el caso del perfil MS3, el material originario puede corresponder a depósitos coluviales con abundantes fragmentos de pizarras provenientes de la meteorización y erosión de la Formación Yahgan mezcladas

Tabla 7. Porcentaje de arena, limo y arcilla de la fracción tierra fina (<2 mm) y clases texturales de muestras de los perfiles de Monte Susana.

Perfil	Muestra	Horizonte	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
MS1	MS1-1	A	30,4	46,5	23,0	Franca
	MS1-2	Bs	41,3	52,0	6,7	Franco limosa
	MS1-3	C	44,7	45,7	9,6	Franca
MS2	MS2-1b	2Oa	49,4	38,0	12,6	Franca
	MS2-2	2Au	76,7	12,0	11,3	Franco arenosa
MS3	MS3-1	Oa	27,9	58,6	13,6	Franco limosa
	MS3-2	Bhs1	35,0	52,8	12,2	Franco limosa
	MS3-3	Bhs2	51,0	44,3	4,7	Franco arenosa
	MS3-4	2C	49,7	39,9	10,4	Franca
	MS3-5	2Oab	46,7	43,0	10,3	Franca
	MS3-6	3C	45,7	43,7	10,6	Franca
MS4	MS4-3	A1	49,7	42,0	8,3	Franca
	MS4-5	C1	23,7	57,0	19,3	Franco limosa
	MS4-6	C2	40,7	46,0	13,3	Franca
MS5	MS5-5	E1	30,0	56,6	13,4	Franco limosa
	MS5-6	E2	38,7	51,0	10,3	Franco limosa
	MS5-7	Bhs	41,7	45,0	13,3	Franca
	MS5-8A	2Bs	66,2	31,2	2,7	Franco arenosa
MS6	MS6-3	E1	34,7	50,0	15,3	Franco limosa
	MS6-6	2Bs	25,7	61,0	13,3	Franco limosa

Tabla 8. Propuesta de clasificación de los perfiles de Monte Susana según *Soil Taxonomy* y WRB.

Perfil	Régimen de humedad	Régimen de temperatura	Materiales de diagnóstico	Epipedón	Horizonte subsuperficial	Soil Taxonomy	WRB
MS1	Údico	Criico	-	Ocrico	Cámbico?	<i>Espodic Dystrocrept</i>	<i>Dystric (protospodic) Cambisol</i>
MS2	Údico	Criico	Materiales orgánicos	Molico	-	<i>Typic Cryrendoll</i>	<i>Rendzic Phaeozem</i>
MS3	Údico	Criico	Materiales orgánicos; Materiales espódicos	Umbrico	Espódico	<i>Typic Humicryod</i>	<i>Entic Umbric Podsol</i>
MS4	Ácuico	Criico	Materiales orgánicos	Hístico	-	<i>Hystic Cryaquepts</i>	<i>Histic Stagnic Umbrisol</i>
MS5	Údico	Criico	Materiales orgánicos	Umbrico	Álbico, Cámbico	<i>Spodic Humicryept</i>	<i>Cambic Umbrisol (Albic)</i>
MS6	Ácuico	Criico	Materiales orgánicos	Umbrico	Álbico, Cámbico	<i>Humic Cryaquept</i>	<i>Cambic Umbrisol (Albic)</i>

con sedimentos glaciogénicos removilizados. En este tipo de perfiles parece ser habitual la presencia de suelos enterrados, como también fue advertido por Peña et al. (2014) en la ladera S del Cerro Krund.

La tendencia general de los materiales analizados indica una elevada permeabilidad en los perfiles de suelo, debido a la elevada proporción de fragmentos gruesos y arena, particularmente en los materiales coluviales, conchiles y glaci-fluviales. No obstante, en algunos perfiles donde el material corresponde a till, con proporciones más significativas de limo y mayor compactación, la permeabilidad resulta considerablemente más baja.

La permeabilidad del material originario tiene importantes implicancias en el proceso de podzolización, ya que una mayor permeabilidad facilita la iluviación efectiva de soluciones ricas en óxidos (Lundström et al., 2000). Esto es particularmente evidente en los perfiles con horizontes E, Bh_s y Bs. El perfil MS3, desarrollado en material coluvial, fue incluso clasificado como Spodosol. A juzgar por el color, los horizontes B amarillentos, como los observados en los perfiles MS5 y MS6 podrían estar dominados por goethita, mientras que los horizontes B anaranjados, como en los perfiles MS1 y MS3, estarían más relacionados con la ferrihidrita.

En contraste, cuando la permeabilidad es baja, como el caso del perfil MS4, cuyo material originario corresponde a till basal compacto, con abundante matriz limo arcillosa, se restringe la movilización coloidal descendente (iluviación), lo que genera perfiles de menor desarrollo. Si estas condiciones se combinan con un régimen de humedad ácuico, pueden favorecer la formación de histosoles (“histosolización”).

En cuanto al perfil del conchero (MS2), su desarrollo no parece estar condicionado por su textura ni por la composición química del material originario. La elevada concentración

de Ca²⁺ en este material inhibe la movilización de coloides en el perfil del suelo (Imbellone et al., 2014), conduciendo al desarrollo de características “rendzicas”. La presencia del orden Molisol en el sector sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego constituye una característica poco frecuente, atribuible principalmente a las propiedades del material originario, más que a las condiciones climáticas de la región.

Otro aspecto importante es la presencia de sulfuros en algunos horizontes C, especialmente en los perfiles MS4 y MS5. Las condiciones hidromórficas actuales o pasadas, podrían favorecer la acumulación de compuestos sulfídicos. Los colores de croma bajo y los moteados anaranjados y amarillentos indican procesos redoximórficos, asociados a la alternancia entre condiciones de reducción y oxidación, típicas de ambientes saturados de agua y posteriormente aireados. Estos rasgos han sido ampliamente documentados como diagnósticos de condiciones ácuicas y redoximórficas en la literatura pedológica (Vepraskas et al., 1994), y podrían reflejar concentraciones de hierro y productos de oxidación de sulfuros, como jarosita o hematita, tal como lo describen Van Breemen (1982) y otros autores en el contexto de suelos sulfatados ácidos. Cabe asimismo señalar la proximidad de yacimientos como Mina Beatriz (Fig. 1), que contiene minerales sulfídicos como esfalerita, calcopirita, galena, pirrotina y pirita (Zubia et al., 1989). Además de la erosión de estos cuerpos mineralizados y la diseminación de sulfuros en los depósitos glaciogénicos, podría haberse producido dispersión geoquímica en aguas subterráneas con sulfuros, lo que habría modificado la composición química del material originario de los perfiles analizados. Este es un aspecto puntual que merece mayor atención en futuras investigaciones, ya que podría influir significativamente en la variación del pH del suelo de la región, incluso en los horizontes superficiales, que se utilizan

para la comercialización de tierra negra para la horticultura (com. pers. Kati Pohola de INTA-AER, Ushuaia).

Finalmente, la influencia de la capa de roca es un aspecto importante para considerar. A nivel regional, el mapa de suelos del INTA (1990) indica “suelos líticos” para el sector sur de la porción argentina de la Isla Grande de Tierra del Fuego. En este estudio, se analizó el perfil MS1, donde la capa de roca se encuentra a 128 cm de profundidad, sin afectar el desarrollo del suelo. Sin embargo, lateralmente, la capa R se encuentra más cerca de la superficie, vinculando este suelo a *Lithic Dystrocriept* o *Lithic Humicriep* si la capa R está entre 10 y 50 cm de profundidad. En los casos en que la capa de roca se halla a menos de 10 cm de profundidad, el suelo correspondería a Entisoles, del subgrupo *Lithic Criortents*. Estos suelos de escasa profundidad efectiva estarían representados mayormente hacia la cumbre y en la ladera N del Monte Susana.

CONCLUSIONES

La ladera SE del Monte Susana presenta una notable diversidad edáfica, con predominancia de Inceptisoles (Cryept y Acuept) asociados a Espodosoles, Molisoles, Entisoles y probablemente Histosoles.

El material originario, particularmente los sedimentos glaciogénicos y coluviales, junto con las variaciones de pendiente, controlan significativamente la diversidad edáfica. Los materiales glaciogénicos, caracterizados por su heterogeneidad granulométrica, influyen en el drenaje y en procesos como la podzolización, favorecidos por mayor permeabilidad, o en la tendencia a formar Histosoles cuando la permeabilidad es baja (till basal compacto o limos y arcillas glaciolacustres), que además favorecen las condiciones ácuicas (stágnicas). Los depósitos coluviales en áreas de alta pendiente, con suelos enterrados, facilitan la formación de Espodosoles debido a su alta permeabilidad.

La profundidad de la capa de roca es relevante, especialmente en zonas de pendiente pronunciada o cerca de la cumbre, donde se desarrollan suelos líticos, incluidos Inceptisoles someros y, en casos extremos, Entisoles.

En la zona costera, los materiales calcáreos asociados a los concheros representan una situación particular. La elevada concentración de calcio inhibe la movilización coloidal, favoreciendo el desarrollo de Molisoles de características rendzicas, en un contexto edáfico atípico para las condiciones climáticas de la región.

Así, queda expuesto el importante rol del material originario, ya sea por su granulometría o su composición química, junto con la topografía local, que es determinante en la for-

mación y diversidad del suelo en el sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego.

La detección de sulfuros en algunos horizontes C, junto con valores anómalamente bajos de pH y aumentos de conductividad eléctrica, sugiere la oxidación de materiales sulfídicos como un proceso edáfico activo o relicto. En este sentido, se considera necesaria la realización de nuevos estudios que permitan dilucidar la génesis, distribución y comportamiento de estos materiales sulfídicos, más aun considerando que existe un proceso de comercialización de “tierra negra” en la zona.

Este trabajo, de carácter exploratorio e inicial, detecta la necesidad de profundizar en futuras investigaciones, ampliando el repertorio de análisis composicionales y la cantidad de perfiles de suelo en el área, lo que permitirá refinar interpretaciones genéticas y taxonómicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a la memoria de Alicia Moretto, a su calidad humana y su compromiso por la educación pública y la investigación nacional.

El desarrollo de este trabajo fue financiado mediante el proyecto PIDUNTDF – 5 “Línea de base geopedológica del área urbana y periurbana de la ciudad de Ushuaia. Aportes para la planificación sostenible del territorio”, desarrollado en el periodo 2020 – 2022.

Agradecemos al SIAG-CADIC por la información meteorológica de la ciudad de Ushuaia. Finalmente, agradecemos al sistema universitario y científico argentino, especialmente a la UNTDF y al CADIC, como al resto de los integrantes del equipo de trabajo del proyecto.

REFERENCIAS

- Albuquerque, C.G. de, Gavelaki, F., Matera, H.B., Motta, A.C.V., Prior, S.A., Ercole, T.M. y Araújo, E.M. 2024. Relationship between pH and base saturation associated with soil cation exchange capacity in soils of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Bragantia* 83: e20230291.
- Beery, M. y Wilding, L.P. 1971. The relationship between soil pH and base saturation percentage for surface and subsoil horizons of selected Mollicsols, Alfisols, and Ultisols in Ohio. *The Ohio Journal of Science* 71(1): 43–55.
- Borello, A.V. 1969. Los geosinclinales de la Argentina. Dirección Nacional de Geología y Minería, *Anales* 14: 211 p., Buenos Aires.
- Colmet Daage, F., Irisarri, J.A. y Lanciotti, M. 1991. Los suelos ácidos con Al activo y montmorillonita, illita, vermiculita e interstratificados de Tierra del Fuego, Argentina y Chile. INTA – ORSTOM, Publicación de

- la Universidad Nacional del Comahue: 184 p., Neuquén.
- Crotti de Ubéda de Milina, A. 1955. Los suelos podzólicos de Tierra del Fuego, su caracterización petrológica. *Acta Geográfica* 14: 103–120.
- Davies, B.E. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 38: 150–151.
- Dimitri, M.J. 1972. La región de los bosques andino-patagónicos: Sinopsis general. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires.
- Gerding, V. y Thiers, O. 2002. Caracterización de suelos bajo bosques de *Nothofagus betuloides* (Mirb) Blume en Tierra del Fuego, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 819–833.
- Gómez Samus, M.L., Lavernia, J.M., Selzer, L., Boff, L.D. y Moretto, A. 2018. Entrampamiento de sedimento y pedogénesis progresiva en pendientes pronunciadas de los Andes fueguinos. Hipótesis preliminar. Reunión Argentina de Sedimentología (RAS), Actas. General Roca, Río Negro.
- Imbellone, P.A. (ed.). 2014. Suelos con acumulaciones calcáreas y yesíferas de Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires.
- INTA. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. CIRN, Instituto de Suelos, 2 vol., Castelar.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Kabala, C. y Labaz, B. 2018. Relationships between soil pH and base saturation—Conclusions for Polish and international soil classifications. *Soil Science Annual* 69(4): 206–214.
- Lundström, U.S., van Breemen, N. y Bain, D. 2000. The podzolization process: A review. *Geoderma* 94(2–4): 91–107.
- Martínez, M.C., Rauque Cheuquepil, Y.V., Rodríguez, M. y Gómez Samus, M. 2020. Morfología y datos físico/químicos de dos Inceptisoles de la zona periurbana de Ushuaia. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Actas. Corrientes.
- Moore, D.M. 1983. The Flora of the Fuego-Patagonian Cordilleras: Its Origins and Affinities. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 123–136.
- Olivero, E.B., Acevedo, R.D. y Martinioni, D.R. 1997. Geología y estructura del Mesozoico de Bahía Ensenada, Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52(2): 169–179.
- Orquera, L.A. y Piana, E.L. 2000. Composición de conchales de la costa del canal Beagle (Tierra del Fuego, República Argentina) – primera parte. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 25: 249–274.
- Panigatti, J.L. 2010. Argentina. 200 años, 200 suelos. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Peña-Rodríguez, S., Pontevedra-Pombal, X., García-Rodeja Gayoso, E., Moretto, A., Mansilla, R., Cutillas-Barreiro, L., Arias-Estévez, M. y Nóvoa-Muñoz, J.C. 2014. Mercury distribution in a toposequence of sub-Antarctic forest soils of Tierra del Fuego (Argentina) as consequence of the prevailing soil processes. *Geoderma* 232–234: 130–140.
- Rabassa, J. 2008. Late Cenozoic glaciations in Patagonia and Tierra del Fuego. En: J. Rabassa (ed.), *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. Elsevier, *Developments in Quaternary Sciences* 11: 151–204, Amsterdam.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Department of Agriculture, Handbook 60, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C. y Soil Survey Staff. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA, Agricultural Handbook 436, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Washington, DC.
- Thorp, J. y Smith, G.D. 1949. Higher categories of soil classification: Order, suborder, and great soil group. *Soil Science* 67(2): 117–126.
- Tuhkanen, S. 1992. The climate of Tierra del Fuego from a vegetation geographical point of view and its ecoclimatic counterparts elsewhere. *Acta Botanica Fennica* 145: 1–64.
- Van Breemen, N. 1982. Genesis, morphology and classification of acid sulphate soils in coastal plains. En: J.A. Kittrick, D.S. Fanning y L.R. Hossner (eds.), *Acid sulphate weathering*. Soil Science Society of America, Special Publication 10: 95–108, Madison, WI.
- Vepraskas, M.J., Wilding, L.P. y Dress, L.R. 1994. Aquic conditions for Soil Taxonomy: concepts, soil morphology and micromorphology. En: A. Ringrose-Voase y G.S. Humphreys (eds.), *Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis*. Elsevier, *Developments in Soil Science* 22: 117–137, Amsterdam.
- Villegas, C.D., Irisarri, J.A. y Pereyra, F.X. 2017. Suelos con rasgos espódicos de Santa Cruz y Tierra del Fuego. XX Congreso Geológico Argentino, Sesión Temática 3 (Geomorfología y Suelos): 72–74, San Miguel de Tucumán.
- Zubia, M., Godeas, M. y Ametrano, S. 1989. Área mina Beatriz, Territorio Nacional de Tierra del Fuego, República Argentina: Una manifestación de metales de base estratoligada y singenética. En: M. Brodtkorb y I. Schalamuk (eds.), *Proyecto 242 IGCP. Simposios sobre el Cretácico de América Latina*. Actas, C: 15–44, Buenos Aires.