

TRABAJO FINAL DE LA CARRERA DE GEOLOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Y CIENCIAS DE LA SALUD, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO

**Análisis estratigráfico y geomorfológico de la ladera sur del Valle Inferior
del Río Chubut entre el Dique Florentino Ameghino y Boca Toma, Chubut.**



Estudiante: Braian Daniel Perez

Director: José I. Cuitiño

Co-Director: Nicolás Foix

2025

ÍNDICE

RESUMEN1

BRAIAN DANIEL PEREZ

CAPÍTULO 1.....	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	7
1.3 METODOLOGÍA.....	8
1.3.1 Gabinete	8
1.3.2 Campo.....	8
1.3.3 Laboratorio	9
CAPÍTULO 2.....	10
MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	10
CAPÍTULO 3.....	14
RESULTADOS.....	14
3.1 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA CAA	14
Formación Marifil	19
Formación Salamanca.....	20
Formación Río Chico	28
Formación Sarmiento	37
Formación Montemayor.....	40
3.2 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA CAA.....	41
<i>Badlands</i>	44
Niveles de pedimento	45
Superficie de exhumación	48
Terraza intermedia	49
Terraza estructurada	49
Antiguo nivel estructural	49
Bajada remanente	50
Depósitos aluviales recientes	50
Deslizamientos.....	50
3.3 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CAA Y SUS SUBCUENCAS.....	51
3.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS GEOFORMAS EN LAS SUBCUENCAS A, B y C	55
3.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DE CAUCES ACTIVOS EN LA CAA.....	59
3.6 INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS	70
CAPÍTULO 4.....	71
DISCUSIÓN	71
CAPÍTULO 5.....	73
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74
AGRADECIMIENTOS.....	80

RESUMEN

El presente trabajo analiza la constitución geológica y geomorfológica de la Cuenca Aluvional Ameghino (CAA), ubicada en el Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH), entre el Dique Florentino Ameghino y Boca Toma, con el objetivo de aportar conocimiento sobre una región potencialmente generadora de sedimentos que afectan la calidad del agua en el río Chubut durante eventos de lluvias intensas. Para ello se realizaron estudios de campo, laboratorio y gabinete que incluyeron descripciones litológicas, análisis morfométricos, mapeo geológico y geomorfológico de detalle.

Los resultados muestran que el sustrato de la CAA está compuesto principalmente por rocas sedimentarias cenozoicas (mayormente pelitas, areniscas y tobas) poco consolidadas, con menor participación de volcanitas jurásicas consolidadas. El contexto ambiental es de clima semiárido frío, con escasa cobertura vegetal. Esta configuración geológica y ambiental favorece la erosión y transporte de sedimentos, situación que se refleja en el predominio de geoformas erosivas (*badlands*, cauces efímeros, pedimentos y terrazas estructurales) y zonas de suelos desnudos y elevadas pendientes. Asimismo, se han definido tres subcuencas, las cuales presentan diseños de drenaje dendríticos, altas pendientes y escasa permeabilidad, condiciones que contribuyen a la escorrentía superficial y a la ocurrencia de inundaciones repentinas durante lluvias intensas.

Desde una perspectiva regional, los resultados representan un aporte significativo al conocimiento de esta zona, donde además existen antecedentes de actividad minera. La caracterización litológica y geomorfológica realizada permite identificar a las formaciones paleógenas Salamanca, Río Chico y Sarmiento como las principales fuentes de sedimentos a los sistemas de acarreo modernos. Estos hallazgos complementan estudios previos desarrollados en cuencas vecinas, como la cuenca Sagmata, y permiten avanzar en la comprensión del comportamiento hidrogeomorfológico de la margen sur del VIRCH.

Se concluye que la CAA desempeña un rol activo en la generación y transporte de sedimentos hacia el río Chubut, afectando potencialmente su calidad hídrica. En este sentido, se considera que los resultados obtenidos pueden contribuir al diseño de estrategias de gestión hídrica en la región. A futuro, se recomienda profundizar los estudios sobre la interacción entre la mineralogía de los sedimentos y la calidad del agua, así como implementar sistemas de

monitoreo y modelado que permitan evaluar la evolución de la cuenca en el contexto del cambio climático y las actividades antrópicas.

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Chubut tiene sus nacientes en el extremo occidental de la provincia de Río Negro y atraviesa la provincia de Chubut hasta desembocar en el océano Atlántico, en proximidades a la ciudad de Rawson. Abarca una extensión de 53.234 km² (SSRH, 2002), y se subdivide en tres subcuencas principales: el Valle Alto del Río Chubut (VARCH), el Valle Medio del Río Chubut (VAMERCH) y el Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH); (Fig. 1).

El VIRCH comienza cerca de la localidad de Las Plumas y ocupa una superficie de 5.960 km². Este sector incluye un extenso valle aluvial donde se desarrollan actividades agrícolas, ganaderas y de minería, principalmente de arcillas y caolines (Sacomani et al., 2007). En la zona baja, se estima una superficie de aproximadamente 17.740 has, dedicadas principalmente a la ganadería y agricultura (Owen et al., 2007). Desde 1968, el caudal del río Chubut es regulado por la Represa Florentino Ameghino, cuyo embalse tiene una capacidad de 2000 hm³, utilizado tanto para la generación de energía como para el riego en el VIRCH (Kaless et al., 2008).

El río Chubut es una fuente vital de agua dulce para consumo urbano, la agricultura y la industria de numerosas localidades como Rawson, Trelew, Gaiman, Dolavon, 28 de Julio, Puerto Madryn, así como de numerosos otros núcleos rurales, beneficiando a aproximadamente 270.000 habitantes, (INDEC, 2022). Debido a su importancia en el desarrollo económico regional, el conocimiento científico-técnico sobre su funcionamiento resulta esencial para garantizar una gestión sostenible del recurso hídrico.

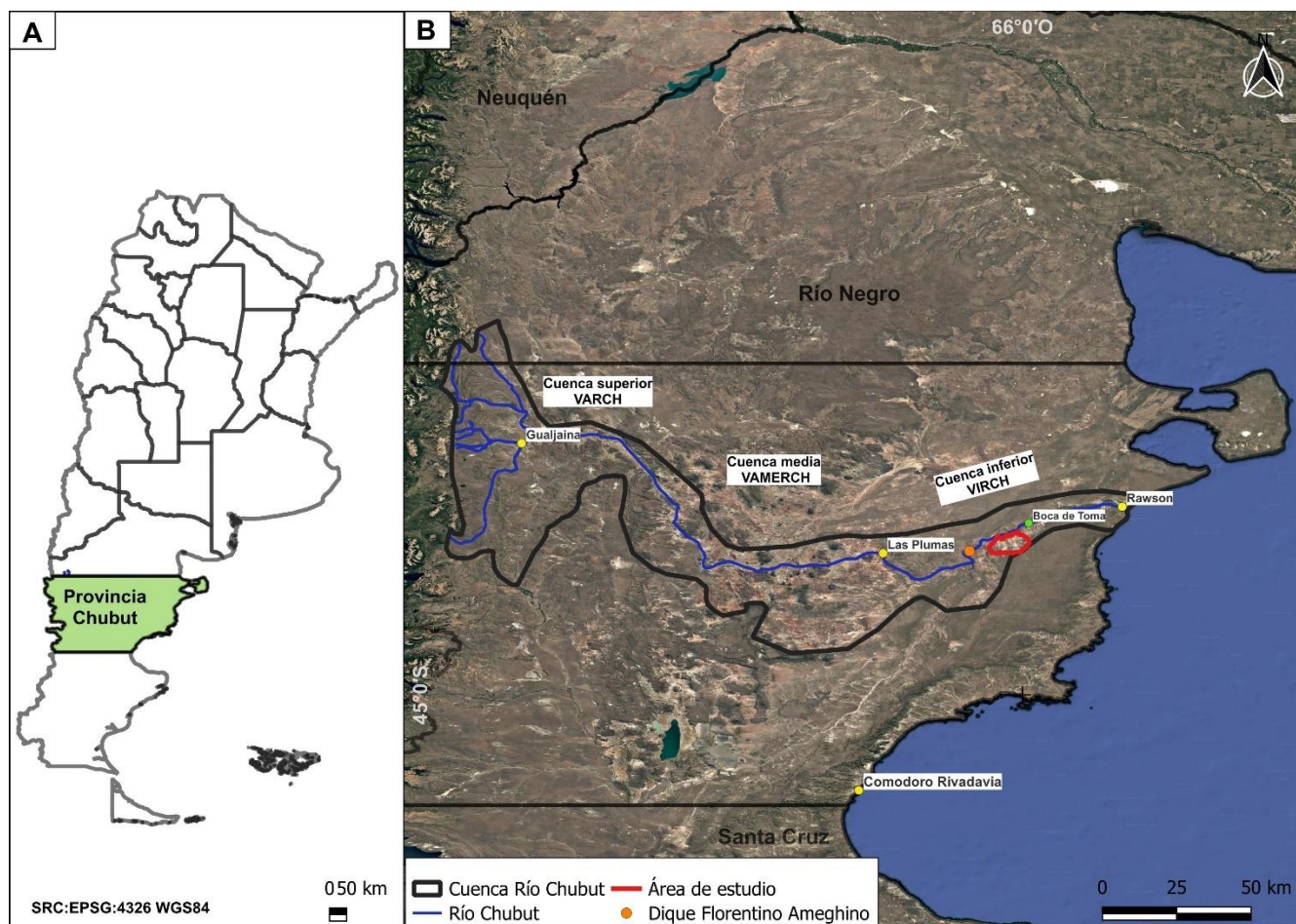


Figura 1. A) Mapa de Argentina, con la ubicación de la Provincia de Chubut. B) Delimitación de la cuenca del río Chubut desde el sector precordillerano hasta el Océano Atlántico. Imagen satelital obtenida de Google Earth (Google, 2025). Ubicación de las tres subcuencas principales (VARCH, VAMERCH y VIRCH).

La motivación de este estudio surge a partir de los problemas de turbidez del río Chubut que afectan los procesos de potabilización en las ciudades situadas aguas debajo de la CCA, especialmente durante eventos de precipitaciones intensas, que alteran la calidad del agua con consecuencias sociales y económicas significativas. Investigaciones previas identificaron las áreas con mayor aporte de sedimentos dentro del VIRCH, informalmente denominadas “cuencos aluvionales” (Kaless et al., 2008, 2021; Kaless, 2015). Como parte de este trabajo, se propone estudiar la geología y geomorfología de una de las cuencas más relevantes del VIRCH: la Cuenca Aluvional Ameghino (CAA) (Fig. 2), tomando como referencia los estudios realizados en la vecina cuenca de Sagmata (Bilmes et al., 2023; Kaless et al., 2023).

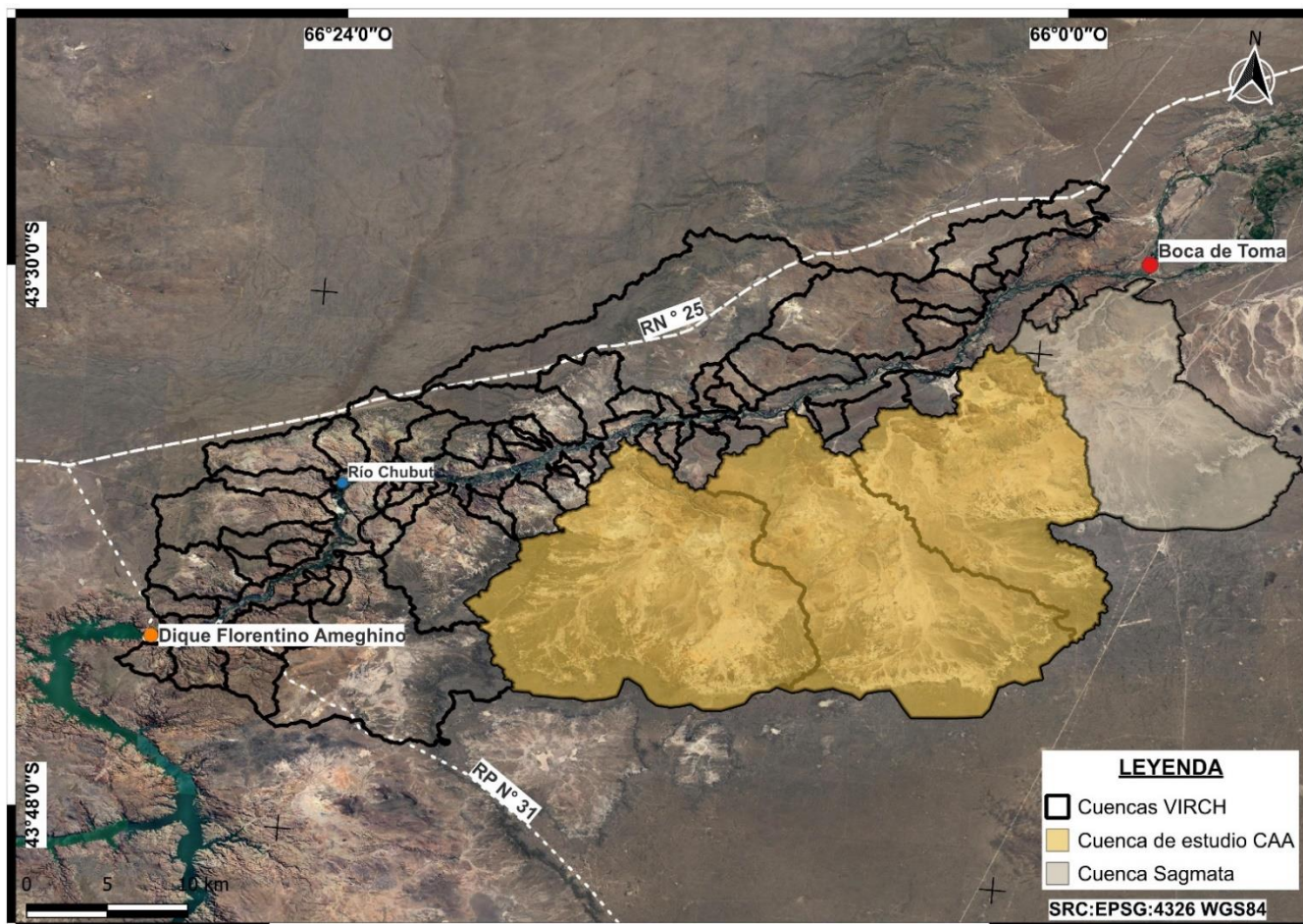


Figura 2. Detalle de las distintas subcuencas ubicadas en el VIRCH, destacando la posición de la cuenca estudiada (CAA) sobre la margen sur del río Chubut.

La CAA abarca una extensión de 420 km² y está ubicada en la región oriental de la provincia de Chubut, Patagonia extraandina, Argentina, entre las latitudes 43° 43' S y 43° 32' S, y las longitudes 66° 14' O y 65° 58' O (Fig. 2). En la región operan activamente tres canteras dedicadas a la extracción de caolín, gestionadas por la empresa Piedra Grande S.A. El clima es árido y frío (Beck et al., 2018), con una alta tasa de evaporación influida por los vientos predominantes del oeste (Coronato, 1994; Roldán, 2021), característicos de la circulación atmosférica en la región patagónica (Prohaska, 1976). La precipitación media anual es de 185 mm, mientras que la evaporación alcanza los 722 mm, superando ampliamente las precipitaciones. Las temperaturas oscilan entre -12°C y 40°C, con una media anual de 14°C (Del Valle et al., 2009). El período libre de heladas varía entre 100 y 140 días, siendo las heladas más frecuentes de marzo a noviembre (Del Valle et al., 2009; SMN, 2022).

La red de drenaje de la CAA se orienta de sur a norte descargando en el río Chubut y tiene un patrón dendrítico que permite subdividirla en tres subcuencas principales (Fig. 3), que serán caracterizados en detalle en el capítulo 3.3. La región está dominada por suelos desnudos con escasa cobertura vegetal y altos contenidos de materiales arcillosos. Debido a que la capacidad de una cuenca para generar o retener sedimentos está estrechamente vinculada con el grado de cobertura vegetal, estas características de los suelos afectan significativamente las condiciones de drenaje (Kaless, 2015). Durante eventos de lluvias extremas, un suelo con mayor cobertura vegetal produce menos sedimentos que uno desprovisto de vegetación, dependiendo además de las características del suelo (Renard et al., 1997).

El acceso a la CAA se realiza por la ruta Nacional N°25 y la ruta Provincial N°31 (Fig. 2), tomando como referencia la localidad del Dique Florentino Ameghino.

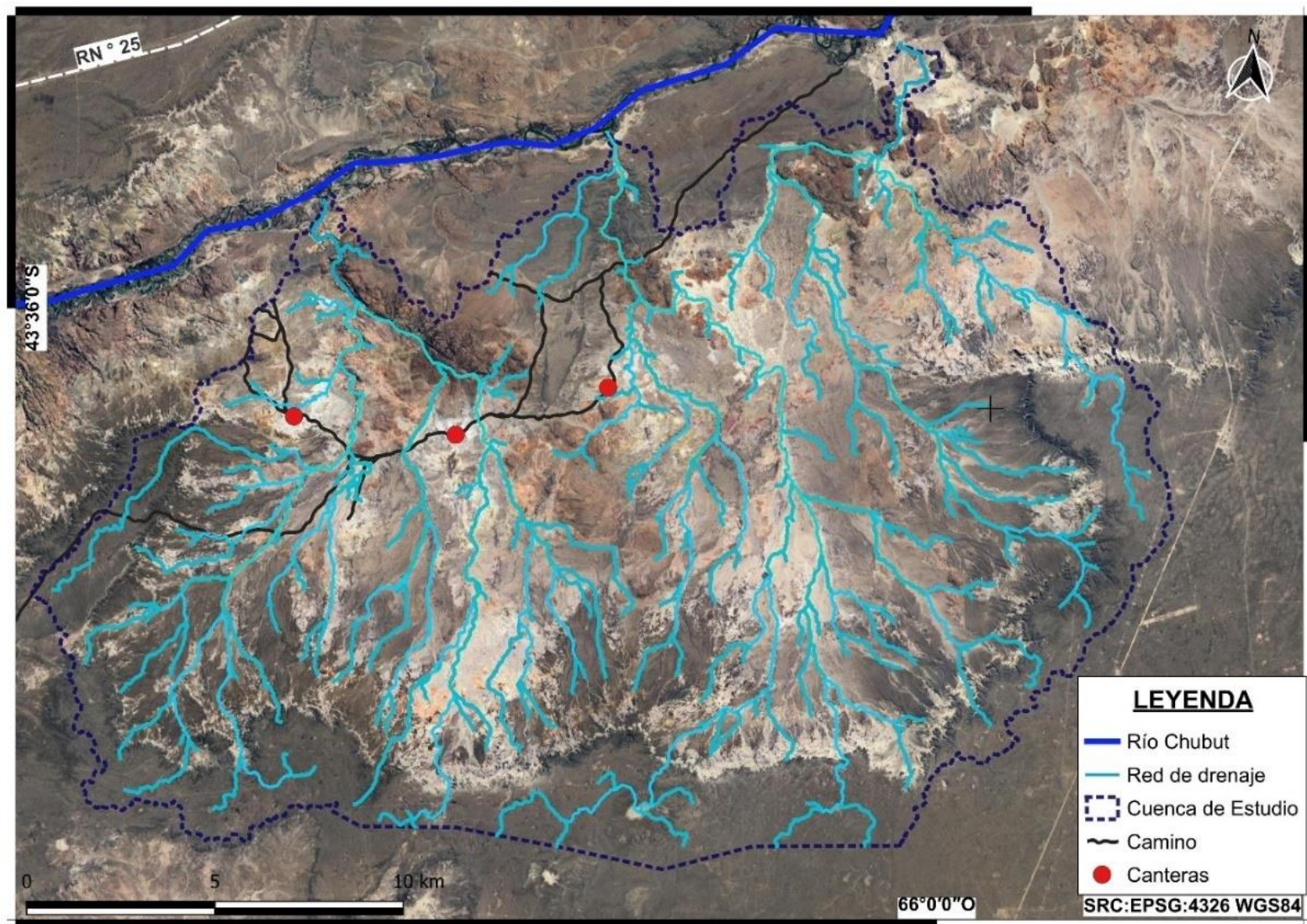


Figura 3. Red de drenaje dendrítica de la CAA, con flujo predominante de sur a norte hacia el río Chubut. En círculos rojos se indican las ubicaciones de las canteras de caolín en actividad

1.2 OBJETIVOS

El **objetivo general** de este trabajo es aportar conocimiento sobre la constitución estratigráfica y los rasgos geomorfológicos de la región de los “cuencos aluvionales” del VIRCH, vinculados a zonas de elevada producción de sedimentos hacia el río Chubut durante eventos de lluvias intensas. Específicamente, se delimita el estudio en la CAA sobre la cual se han planteado los siguientes **objetivos específicos**:

-Conocer la constitución litológica de las rocas aflorantes y los sedimentos superficiales presentes, mediante descripciones de campo y laboratorio.

-Evaluar los procesos actuales y recientes que modelaron el paisaje, mediante la identificación y delimitación de las geoformas existentes.

-Estimar la relevancia espacial de cada unidad litológica y geomorfológica, por medio de la elaboración de mapas que representen su distribución dentro de la cuenca.

-Caracterizar las subcuencas presentes, utilizando parámetros morfométricos como área, perímetro y órdenes de cauce.

-Identificar y diagnosticar posibles sitios críticos de producción de sedimentos durante lluvias intensas, haciendo especial énfasis en la interacción entre la geomorfología y la geología superficial.

1.3 METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos específicos planteados, se llevaron a cabo diversas actividades organizadas en tres fases principales: gabinete, campo y laboratorio.

1.3.1 Gabinete

La investigación comenzó con el análisis de antecedentes sobre la geología y geomorfología del VIRCH. Los datos cartográficos necesarios fueron obtenidos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de su sitio web oficial (<https://www.ign.gob.ar/>). Para la creación de mapas geológicos y geomorfológicos escala 1:80.000, se utilizó el *software* de Sistema de Información Geográfico (SIG) de código abierto, QGIS 3.22.13, complementando con herramientas de visualización como *Google Earth Pro*. Además, se empleó el *software* libre Inkscape, para la edición y mejora de las imágenes obtenidas en el terreno, así como para la elaboración del perfil estratigráfico esquemático.

1.3.2 Campo

En el trabajo de campo se describieron las características litológicas generales de las unidades litoestratigráficas aflorantes y los rasgos geomorfológicos del área de estudio. Esto incluyó el análisis de la litología, color, tamaño de grano, estructuras sedimentarias y morfología del cuerpo de roca o sedimento aflorantes. Se recolectaron 8 muestras de rocas sedimentarias cenozoicas para realizar secciones delgadas, consideradas potencialmente generadoras de sedimentos superficiales. Estas pertenecen a las formaciones Salamanca (4 muestras), Río Chico (3 muestras) y Sarmiento (1 muestra). Además, se recolectaron 5 muestras adicionales de rocas sedimentarias, para analizarlas mediante difracción de rayos X, provenientes de las mismas formaciones: Salamanca (2 muestras), Río Chico (2 muestras) y Sarmiento (1 muestra).

Asimismo, se recolectaron 5 muestras de sedimentos de lechos de cauces de actividad intermitente con el propósito de analizar los componentes minerales transportados y depositados en estos sistemas de drenaje. Este análisis tiene como fin evaluar la correlación entre la composición de sedimentos actuales con las áreas de origen.

El muestreo se realizó siguiendo protocolos rigurosos para evitar la contaminación cruzada, de acuerdo con las recomendaciones de Mudroch y Bourbonniere (1994), Mudroch y

Azcue (1995), Föstner (2002) y Simpson y Batley (2016). Para la recolección de las muestras de sedimentos se empleó una pala plástica, y estas fueron almacenadas en bolsas de polipropileno tipo “Ziploc”. En cada punto de muestreo se registraron las coordenadas geográficas con un GPS Garmin, además de una breve caracterización del entorno, registrando fecha, hora y condiciones del lugar.

1.3.3 Laboratorio

Las 8 secciones delgadas fueron analizadas con un microscopio petrográfico de luz polarizada (Carl Zeiss, modelo Axioplan 45 18 89), siguiendo la metodología propuesta por Dickinson y Suczek (1979), y actualizada por Garzanti (2019). Este análisis permitió identificar y clasificar los principales constituyentes minerales, evaluando tanto el tamaño de grano como las texturas presentes en las rocas sedimentarias. Para su clasificación, se adoptaron los criterios de Pettijohn (1975) y Folk (1968), quienes distinguen entre rocas clásticas (detríticas), químicas y bioquímicas, integrando aspectos texturales y composicionales.

Por otro parte, las 10 muestras de rocas y sedimentos fueron preparadas y sometidas a un proceso de fraccionamiento granulométrico. De cada una se seleccionó la fracción pasante del tamiz N° 200, correspondiente a partículas de arcilla y limo, para su análisis mediante difracción de rayos X (DRX), con el objetivo de determinar su composición mineralógica. Se aplicó la técnica del método del polvo cristalino para la muestra de sal, y el método orientado para las restantes. Este último requiere tres tratamientos específicos: orientación propiamente dicha, glicolado y calcinado, según lo establecido por Moore y Reynolds (1989). Los análisis fueron realizados con un difractómetro PW1710, perteneciente al Laboratorio de Fluorescencia y Difracción de Rayos X “Lic. Arturo Canero”, del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud (FCNyCS) de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Tanto el levantamiento estratigráfico como el muestreo de rocas y sedimentos se realizaron en el sector oeste de la cuenca, aprovechando la accesibilidad proporcionada por caminos preexistentes (Fig. 6). Las muestras seleccionadas para el análisis petrográfico fueron: M258, EARSAL1, M323 y M256 (Formación Salamanca); M124, M142 y EARRCH1 (Formación Río Chico); y EAR FMSM2 (Formación Sarmiento). Por su parte, las muestras analizadas mediante DRX fueron: M2 y M4 (Formación Salamanca); M1 y M3 (Formación Río Chico); y EAR (Formación Sarmiento).

CAPÍTULO 2

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La CAA está localizada en el borde austral del Macizo Nordpatagónico, en la región centro-oriental de la provincia de Chubut (Ramos, 1999). Esta área está situada dentro de las Hojas Geológicas 4366-27 Campamento Villegas, Panza et al., (2002); y 4366-III Las Plumas, Sacomani et al., (2007).

Desde el punto de vista geológico, esta región se ha estudiado desde principios del siglo XX (Roth, 1908; Windhausen, 1921; Simpson, 1935 a.b). La zona incluye un basamento volcánico de edad jurásica asignado a la Formación Marifil (Malvicini y Llambías, 1974), integrado principalmente por rocas volcánicas y piroclásticas de composición riolítica a dacítica, junto con pequeños cuerpos intrusivos (Cortés, 1987). En el ámbito del Macizo Nordpatagónico, Malvicini y Llambías (1974) describen un *plateau* caracterizado por ignimbritas riolíticas con proporciones subordinadas de lavas, rocas hipabisales, aglomerados y tobas. Esta unidad pertenece a la Gran Provincia Magmática Chon Aike (Kay et al., 1989; Pankhurst et al., 1998), que se desarrolló durante el Jurásico (193-150 Ma ver Navarrete et al., 2024) en gran parte de la Patagonia y Península Antártica. Localmente, en la zona de Dique Ameghino-la Formación Marifil presenta frecuentemente alteración caolínica (Panza et al., 2002), motivo por el cual resulta explotada en yacimientos de caolín; (ej., Don Eugenio, Campamento Nuevo, Don Carlos I, Maruja).

Las fallas normales son las estructuras tectónicas más frecuentes en la región, con sistemas orientados en direcciones noreste - suroeste (Sacomani et al., 1999). Las fallas como La Valeriana Sur (N55°E), Glan Camwy (N55-60°E) y Estancia Villegas (N55°E), afectan únicamente las rocas volcánicas de la Formación Marifil (Sacomani et al., 2007). Al sur del río Chubut, se encuentran fallas normales con escaso rechazo vertical, tales como Grecia (N60°O), Las Carpas (N45°O), María Magdalena (N50°O) y Armanino (N60°O), (Lapido y Page, 1979; Lapido, 1981).

La región experimentó un cambio tectónico significativo durante el Cretácico, caracterizado por el enfriamiento de la litósfera y una disminución en la actividad de las fallas mesozoicas (Uliana y Biddle, 1988). Este proceso estuvo acompañado por una subsidencia

generalizada en el margen continental patagónico y la fragmentación de la cuenca en subcuencas parcialmente interconectadas (Lapido y Page, 1979). En la región del Macizo Nordpatagónico, se destaca la formación de la superficie de planación “Gondwánica”, de extensión regional, desarrollada durante el Jurásico medio hasta el Cretácico Tardío. Esta superficie se originó a partir de una prolongada erosión sobre el basamento paleozoico o las volcanitas de la Formación Marifil (Aragón et al., 2010, 2014; Aguilera et al., 2014; Colman et al., 2024). Posteriormente, fue elevada durante el Oligoceno por evento de epirogénesis, dando lugar a una altiplanicie (Aragón et al., 2014).

En la zona de estudio, el registro sedimentario más antiguo (Maastrichtiano? -Daniano) evidencia una importante transgresión marina epicontinental, que marcó la primera incursión marina atlántica en buena parte de la Patagonia (Feruglio, 1949; Camacho, 1967; Malumián, 1999; Náñez y Malumián, 2008; entre otros). Esta transgresión está representada por sedimentitas clásticas-carbonáticas depositadas en un ambiente de plataforma marina muy somera, con presencia de depósitos bioclásticos (Foix et al., 2023), correspondientes a la Formación Salamanca (Windhausen, 1924; Legarreta y Uliana, 1994; Foix et al., 2021).

El término “Formación Salamanca” fue acuñado por primera vez por Simpson (1933) y posteriormente por Zambrano y Urien (1970), siendo formalmente definido por Lesta y Ferello (1972).

Las calizas marinas fosilíferas de esta unidad, de edad Daniana, se apoyan en discordancia angular sobre un relieve labrado en las rocas volcánicas jurásicas (Aliotta et al., 1977; Foix et al., 2023). En las proximidades del área de estudio, Pérez et al., (2023) identificaron en estas coquinas una fauna marina integrada por bivalvos, gasterópodos, equinoideos y nautiloideos. Estas coquinas constituyen un excelente nivel guía, con espesores de entre 2 y 10 metros, y se presentan como rocas bien consolidadas, de colores gris amarillento, amarillo verdoso, gris claro y blanquecino. Debido a su dureza, forman cornisas resistentes en el terreno, donde son frecuentes los procesos de remoción en masa, especialmente caídas de grandes bloques.

Se destaca también la presencia de areniscas de granulometría fina a gruesa, intercaladas con niveles de arcillitas. Las areniscas, predominantemente cuarzosas, presentan colores que varían entre el gris y el gris amarillento, y suelen ser friables. Las arcillitas exhiben una gama de tonalidades que incluyen gris claro, negro, gris castaño y amarillo. Estas últimas

poseen una notable importancia económica, ya que su explotación en numerosas canteras representa una de las principales actividades productivas de la provincia.

Con el retiro del mar hacia el Paleoceno tardío, se desarrollaron depósitos continentales agrupados en la Formación (o Grupo) Río Chico (Simpson, 1933), compuesta por sedimentos fluviales y piroclásticos (Panza, et al., 2002). Esta unidad refleja un ambiente sedimentario variable entre condiciones fluviales, lacustres y eólicas, bajo un clima subtropical a tropical húmedo, (Petriella y Archangelsky, 1975; Raigemborn, 2004; Raigemborn et al., 2006; Brea et al., 2009).

Durante el Eoceno-Oligoceno, la sedimentación fue dominada por procesos continentales, con una sucesión piroclástica compuesta principalmente por tobas y bentonitas (Sacomani, et al., 2007). Estos depósitos, reconocidos por sus importantes hallazgos de mamíferos fósiles, han sido agrupados bajo el nombre de Formación Sarmiento (Chebli y Sciutto, 1977; Spalletti y Mazzoni, 1979; Mazzoni, 1985).

En cuanto a los depósitos del Neógeno, Yllañez (1979), identificó en la región la Formación Montemayor, compuesta por niveles de agradación integrados por gravas y arenas. Estos depósitos, de distribución subhorizontal, se localizan en una planicie mesetiforme del sector oeste y sur de la cuenca, y forman parte del conjunto conocido como Rodados Patagónicos, término introducido por Windhausen (1921). Fidalgo y Riggi (1970) propusieron un origen múltiple para los rodados patagónicos de la zona, que incluyó procesos de pedimentación, acción fluvial y remoción en masa. En cambio, Haller (1981) y Haller et al., (2005) los consideraron como una cubierta simple y homogénea cubierta de Rodados Patagónicos. La denominación de Formación Montemayor también ha sido utilizada en otros trabajos regionales (Ravazzoli, 1979; Panza, 1981; Franchi, 1983; Ardolino et al., 1998; Sacomani et al., 2007).

Los depósitos cuaternarios sobre la región del valle inferior del río Chubut comprenden una diversidad de depósitos cuaternarios asociados a distintos procesos geomorfológicos y edades. Durante el Pleistoceno, se formaron las terrazas fluviales más antiguas (Niveles I y II), compuestas por gravas sueltas con matriz arenosa, clastos subredondeados a angulosos de hasta 40 cm y escaso contenido de limos y arcillas. Las terrazas más recientes (Niveles III y IV), del Pleistoceno superior al Holoceno, contienen gravas y arenas con bloques de hasta 80 cm, mejor selección granulométrica y mayor imbricación. También se reconocen depósitos

sobre pedimentos (Niveles I a III), conformados por gravas y arenas medianas a gruesas, con clastos de 1 a 10 cm, escasamente consolidados y asociados a superficies de erosión. En zonas deprimidas se desarrollaron depósitos finos de bajos y lagunas con limos y arcillas, y planicies aluviales activas del río Chubut compuestas por arenas, gravas y finos, a menudo con estructuras sedimentarias como estratificación entrecruzada e imbricación. Finalmente, los conos aluviales se caracterizan por depósitos de arenas y gravas con limos y arcillas subordinados, (Sacomani et al., 2007).

Desde el punto de vista geomorfológico, en el área de estudio y sus alrededores se identifican dos paisajes predominantes: a) el paisaje mesetiforme, que predomina en el sector externo al VIRCH, y b) el valle del río Chubut en sí, caracterizado por una morfología irregular, con lomadas redondeadas y mesetas de pequeñas dimensiones. La acción fluvial ha sido la principal modeladora del paisaje, aunque en algunos sectores se observan efectos significativos de la acción eólica y fenómenos de remoción en masa (Kaless, 2015).

Las terrazas fluviales y paleovalles se desarrollaron en un contexto de clima más húmedo, aproximadamente entre 120.000 y 60.000 años atrás, durante el interglacial Sangamonian, (González Díaz y Di Tommaso, 2011). También se ha identificado un paisaje exhumado debido a la denudación de la cubierta sedimentaria (González Díaz y Di Tommaso, 2011), compuesto por exposiciones aisladas de la Formación Marifil.

Los niveles de pedimentación identificados presentan una cobertura clástica de gravas y arenas, un rasgo que ha facilitado su clasificación como pedimentos cubiertos (Panza 1979, Ravazzoli, 1979). La distribución de estos pedimentos se concentra en el margen sur del valle del río Chubut y se encuentran principalmente labrados sobre la Formación Río Chico, cuyas sedimentitas afloran en las márgenes de los cursos de agua que los disectan (González Díaz y Malagnino, 1984). Según Cortelezzi et al., (1968) y Beltramone y Meister (1993), estos depósitos son el resultado de procesos fluviales en un ambiente de alta energía, con una mayor participación de los procesos de pedimentación y remoción en masa, postura que también es respaldada por Sacomani et al., (2007). Por su parte, Franchi (1983), y Page (1987) los describen como depósitos aluviales de gran continuidad regional, posiblemente dispuestos sobre un pedimento desarrollado sobre sedimentitas cenozoicas.

Las geoformas de tipo *badlands*, (Polanski, 1963) se extienden a lo largo de la margen sur del valle del río Chubut, y en el extremo noroeste de la meseta de Montemayor. Su origen

se vincula a la degradación (erosión fluvial) de los pedimentos de flanco y con la alta erodabilidad de las sedimentitas cenozoicas (Sacomani et al., 2007). Los cambios en pendiente dentro de esta unidad geomorfológica están principalmente asociados con variaciones en la litología del sustrato (Bilmes et al., 2023).

En resumen, la geomorfología de la región ha sido modelada por la interacción de procesos fluviales y eólicos, los cuales han dado lugar a la conformación de terrazas fluviales y niveles de pedimentación que registran la evolución morfológica del paisaje. En particular, los procesos eólicos se expresan mediante el transporte, retrabajo y depositación de sedimentos finos, principalmente limos y arenas, que han generado mantos eólicos en sectores con escasa cobertura vegetal. Estos agentes modeladores, en combinación con las fluctuaciones climáticas y las variaciones del nivel del mar durante el cuaternario, han contribuido a configurar un entorno geomorfológico complejo y diverso, que constituye un valioso registro de la historia geológica del valle del río Chubut y su área de influencia.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA CAA

En este capítulo, se describen las unidades geológicas presentes en la CAA. Como la estratigrafía de la zona no se expone completa en una sola localidad, se realizó un perfil estratigráfico integrado que incluye a todas las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca (Fig. 4).

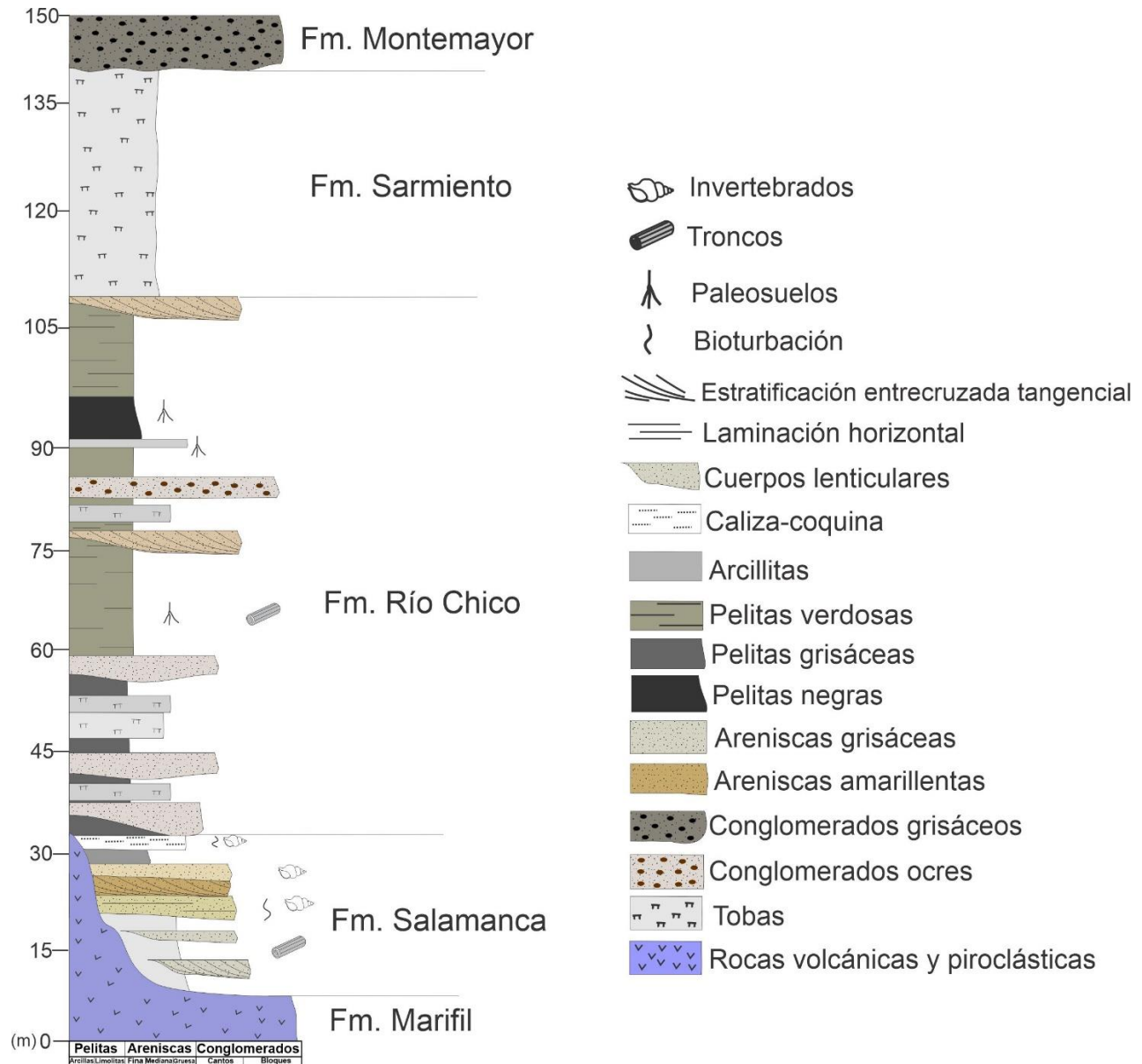


Figura 4. Perfil estratigráfico esquemático de las unidades litoestratigráficas presentes en la CAA.

Los afloramientos de las unidades litoestratigráficas descritas ocupan diferentes porcentajes de la superficie de la CAA: la Formación Río Chico cubre el 32% del área (135 km²), la Formación Sarmiento que ocupa el 16% (67 km²), la Formación Salamanca representa el 13% (53 km²), la Formación Marifil abarca el 11% (46 km²) y la Formación Montemayor ocupa solo el 1% (5 km²), mientras que el área restante es ocupada por depósitos modernos (Fig. 5).

En el extremo norte de la cuenca, cerca de su conexión con el río Chubut, (a unos 50 msnm), afloran las rocas de la Formación Marifil (Fig. 5), visibles a lo largo de las márgenes

de cañadones angostos, donde la erosión ha expuesto las rocas volcánicas subyacentes. En el centro-norte de la cuenca aflora la Formación Salamanca, cubriendo parcialmente el relieve esculpido en las rocas volcánicas. La erosión diferencial de areniscas y calizas cementadas genera un contraste notable con las formaciones circundantes, lo que hace que sus afloramientos sean prominentes y fácilmente identificables en el paisaje.

La Formación Río Chico se extiende en una amplia zona del centro-sur de la cuenca (Fig.5). Sus afloramientos están asociados a áreas de relieve más suave, donde se presentan en extensas exposiciones. En cambio, la Formación Sarmiento presenta afloramientos más continuos en comparación con otras formaciones y se localiza preferentemente en las zonas más elevadas de la cuenca, (altitud promedio de 288 msnm), formando en ocasiones altos paredones (Fig.5). La Formación Montemayor, en tanto, se encuentra principalmente en el extremo oeste de la cuenca, aunque cabe destacar que la misma se continúa por una gran extensión hacia el sur, por fuera de la cuenca (Fig.5). Los depósitos cuaternarios a recientes se distribuyen principalmente desde el sur hacia el centro de la cuenca (Fig. 5), consistiendo en materiales transportados y depositados por procesos fluviales y eólicos.

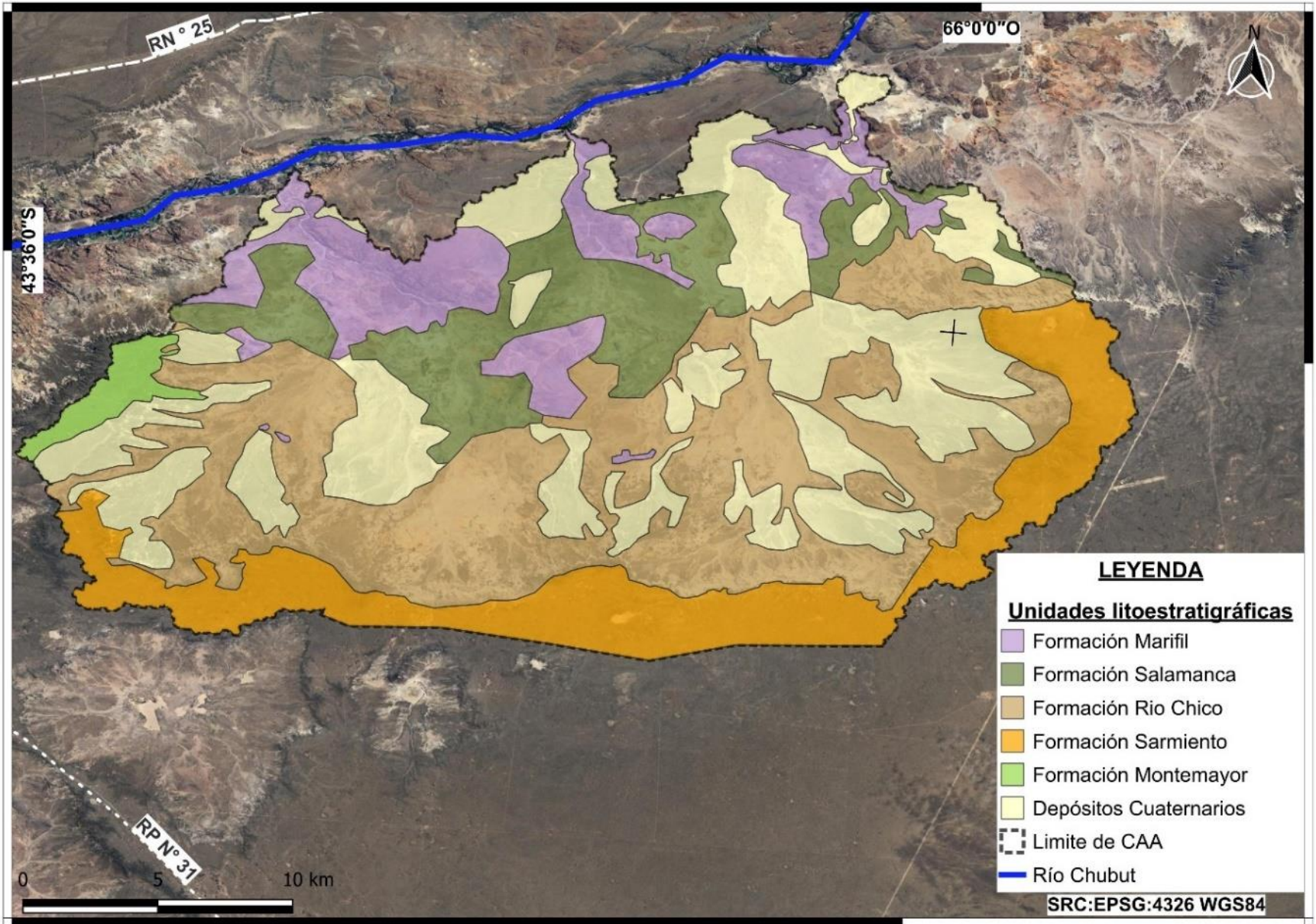


Figura 5. Mapa litológico de la Cuenca Aluvional Ameghino.

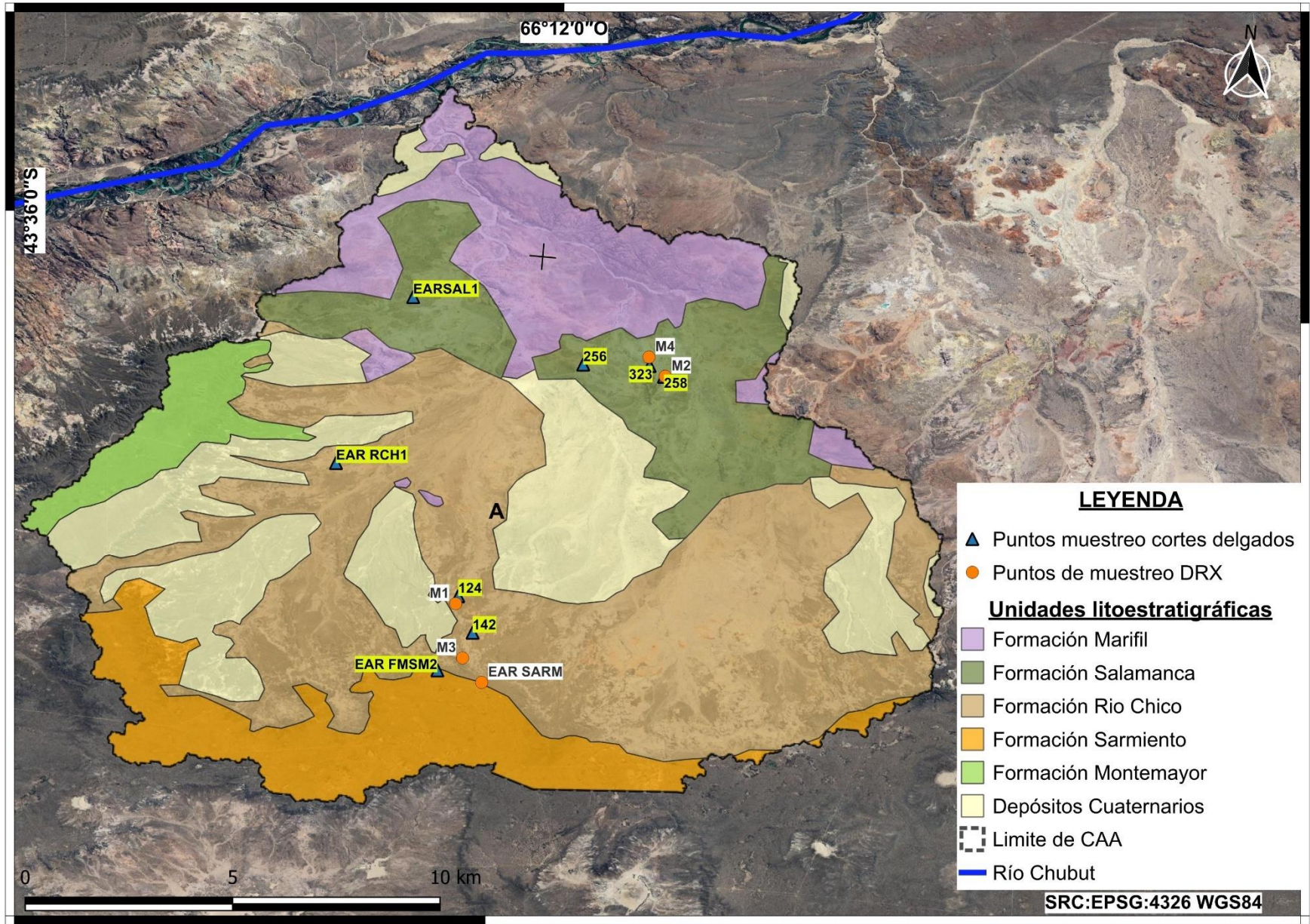


Figura 6. Mapa litológico y puntos de muestreo en el sector oeste de la CAA.

Formación Marifil

Sus afloramientos contribuyen a un relieve de topografía pronunciada, caracterizado por una sucesión de mantos de ignimbritas con espesores que varían entre 15 y 20 metros, pudiendo alcanzar hasta 30 metros en casos excepcionales. Estos mantos forman paredones subverticales con crestas muy abruptas, dando origen a valles angostos conocidos como cañadones, que constituyen el lecho rocoso de varios cauces de carácter efímero. En la parte central de la cuenca, estos afloramientos se presentan como lomadas suavemente redondeadas, de tonalidades castañas, cubiertas en algunos sectores por una capa de aproximadamente 10 centímetros de roca meteorizada y lajas de ignimbritas (Fig. 7).

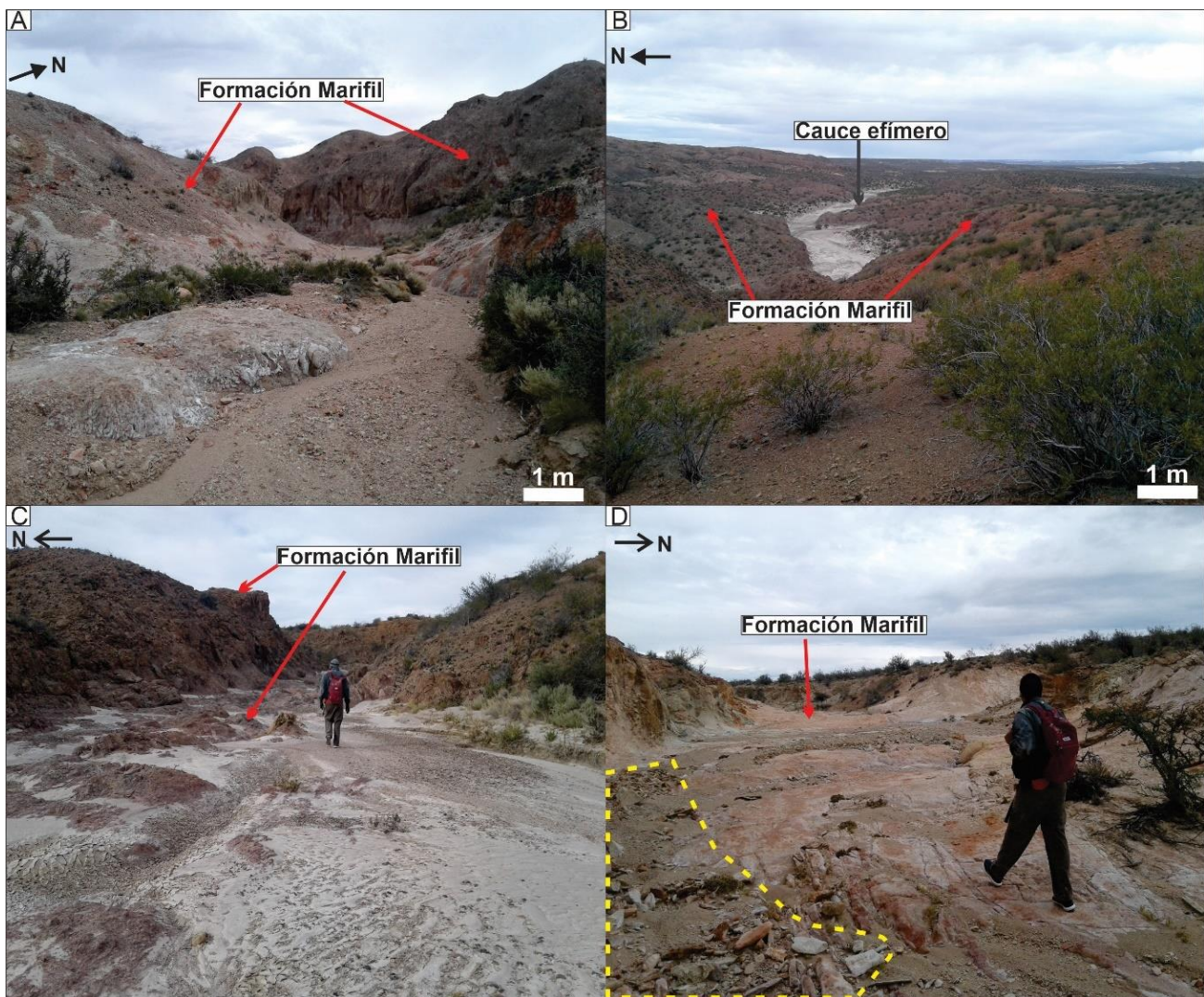


Figura 7. A y B) Afloramientos de la Formación Marifil, caracterizados por tonalidades que varían entre el bordó oscuro y el anaranjado. C y D) Lecho de cauce efímero labrado en rocas de la Formación Marifil, con paredes abruptas de hasta 15 m de altura. En D, se destaca mediante línea punteada la presencia de corteza de meteorización sobre la roca volcánica.

Formación Salamanca

Descripción de Campo

La Formación Salamanca puede yacer, en algunos lugares, en posiciones topográficamente por debajo de afloramientos de la Formación Marifil. Esto se debe a que la Formación Salamanca ocupa paleo-depresiones entre promontorios de la Formación Marifil (Fig. 8).



Figura 8. A y B) Vista general de la Formación Salamanca, dispuesta topográficamente por encima y por debajo de la Formación Marifil. C) Estrato macizo de arcillitas grises, sobre el cual se dispone un cuerpo tabular de areniscas. D) Niveles con cementación por óxidos de hierro en forma de nódulos subesféricos de 1-3 cm de diámetro.

La Formación Salamanca se presenta como una sucesión sedimentaria mayormente clástica, con escasa participación carbonática, con un espesor promedio de alrededor de 20

metros (Fig. 4). En sectores del área se distinguen afloramientos con cuerpos lenticulares de areniscas gruesas con estratificación entrecruzada tangencial, mayormente cuarzosas, de tonalidades que van desde el gris hasta el gris amarillento (Fig. 9). Estos cuerpos se encuentran intercalados entre estratos macizos de arcillitas, con variaciones de tonos que van desde el gris claro y negro hasta tonos castaño y amarillento. En ciertos sectores de la cuenca, estos afloramientos culminan con estratos tabulares de areniscas con estratificación entrecruzada tangencial, portadores de trazas fósiles como excavaciones en forma de J o U, rellenos de areniscas fina (Fig. 10).

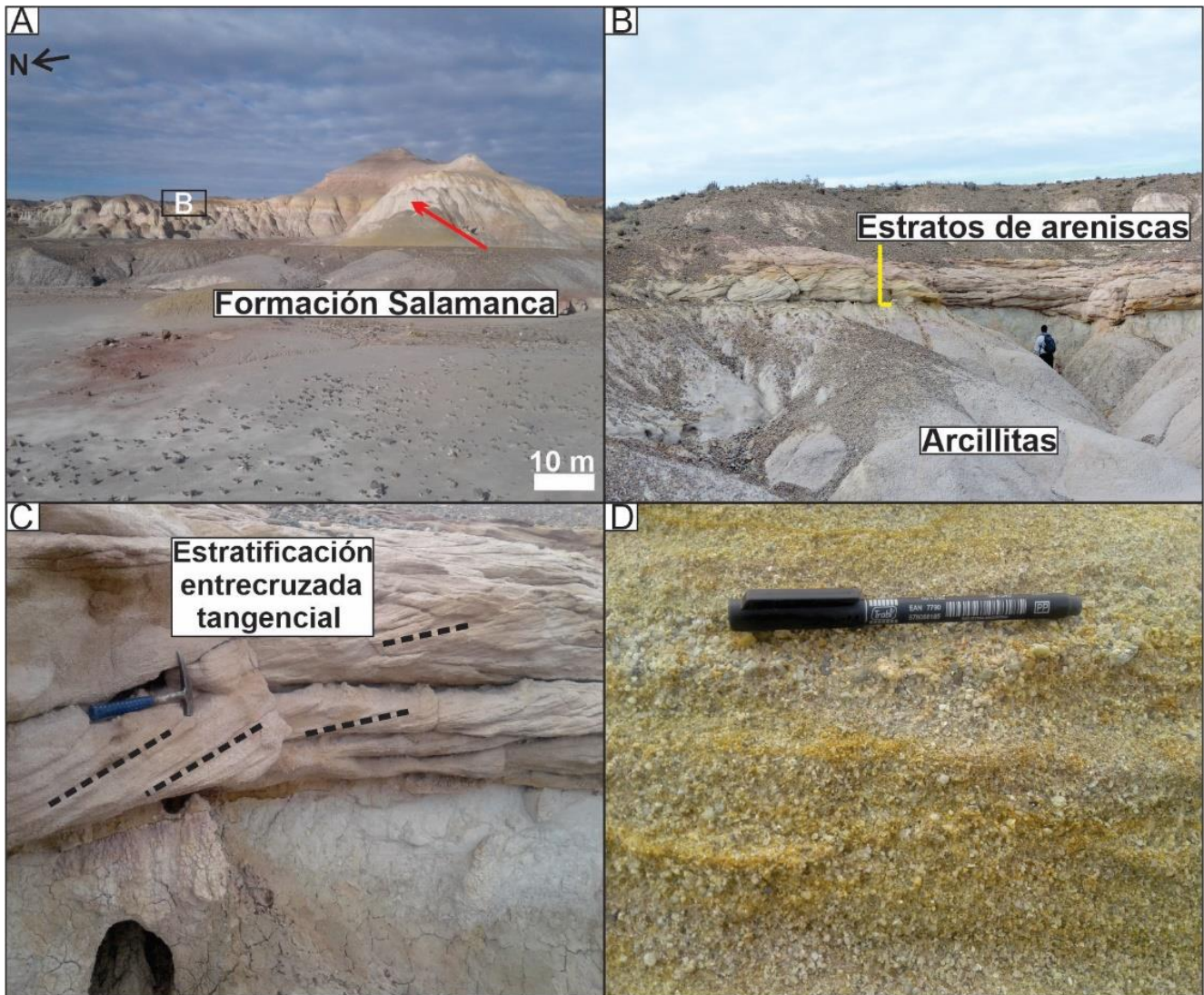


Figura 9. A) Afloramientos de la Formación Salamanca, donde predominan tonalidades grises, amarillentas y en algunos sectores, ocre. B) En la base del afloramiento se observa un depósito de aproximadamente 2 metros de arcillitas grises, seguido por un contacto neto con un estrato de areniscas de aproximadamente 1 metro de espesor. C) Detalle de la estratificación entrecruzada tangencial. D) Se aprecia un detalle de las areniscas gruesas cuarzosas, con tonalidades amarillentas.

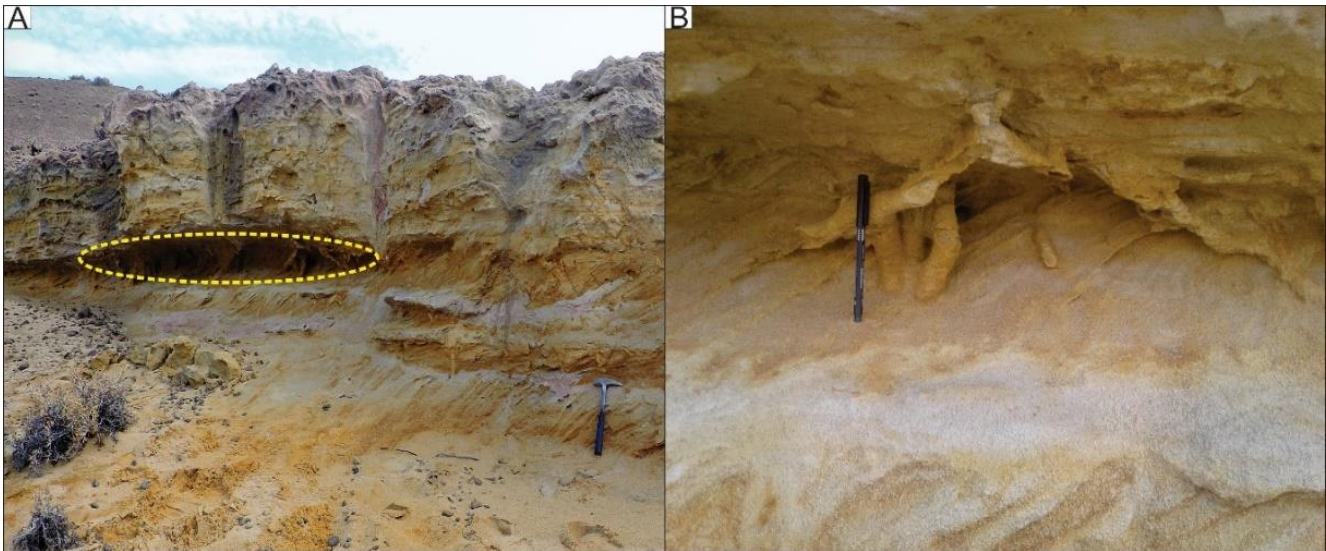


Figura 10. A) Banco de areniscas finas, de aproximadamente 1 metro de espesor, que presenta trazas fósiles. Estos niveles se caracterizan por tonos amarillos-ocre en la parte superior de la Formación Salamanca. B) Detalle de las trazas fósiles en forma de U, rellenas de arenisca fina.

En otras áreas, la columna termina con un nivel tabular de coquinas de aproximadamente 1 metro de espesor (Fig. 4), compuesto por bioclastos mayormente de moluscos fragmentados o enteros. Estas rocas suelen estar bien consolidadas y presentan colores que varían desde el gris amarillento hasta gris blanquecino (Fig. 11). Los afloramientos de la Formación Salamanca, especialmente aquellos dominados por depósitos pelíticos, se destacan por sus distintivas geoformas de *badlands*, que exhiben una gama de tonalidades que van desde el grisáceo hasta el amarillento y rosado.



Figura 11. A) Afloramiento de la Formación Salamanca, donde se distingue un estrato inferior de areniscas finas con tonalidades grisáceas-amarillentas, y un banco tabular de coquinas en la parte superior. Ubicación B. B) Detalle del estrato de areniscas grisáceas-amarillentas en la sección inferior. C) Banco de areniscas y coquinas, de base neta, con aproximadamente 1 metro de espesor en la parte superior del afloramiento, presentando tonalidades grisáceas. D) Detalle de la coquina con restos de bivalvos con diferente grado de fragmentación.

Descripción de cortes delgados

En las areniscas de la Formación Salamanca, se reconocen texturas clasto sostén (Figs. 12 y 13). El cuarzo presenta tamaños que varían entre 800 y 1500 μm , en formas monocristalino (Qm) y policristalino (Qp). Los granos muestran extinción normal, formas subredondeados y ocasionales engolfamientos. En la muestra M258, el cuarzo constituye aproximadamente el 65% de la sección delgada. También se identificaron clastos de líticos volcánicos (600-2400 μm), que representan el 25% y clastos de chert y biotita (10 μm de

ancho), que componen el 5%. Estos clastos están inmersos en un cemento de composición silíceo con textura fibrosa (Fig. 12).

Por su parte, en la muestra EARSAL1, el cuarzo representa el 85% de la sección delgada, mientras que el feldespato potásico (140-300 μm), constituyen el 15%. El cemento ferruginoso confiere un color anaranjado o amarillento a la roca (Fig. 13).

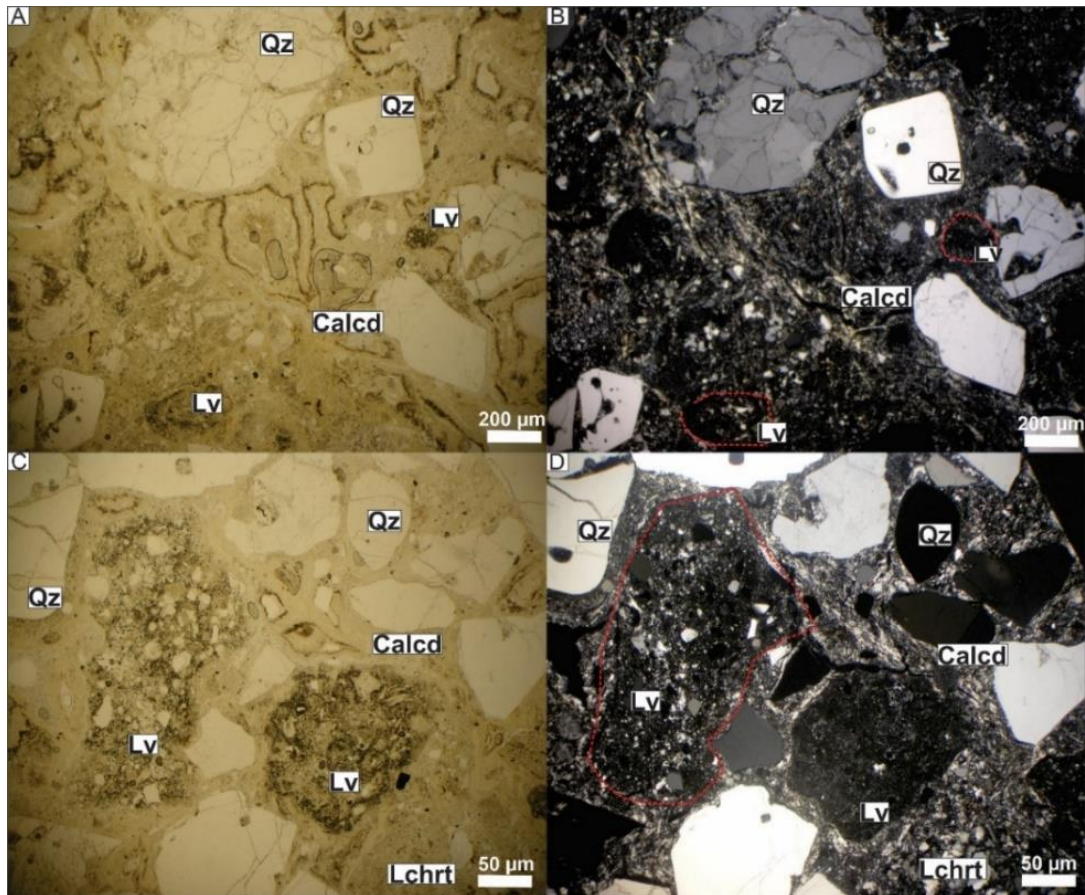


Figura 12. Fotomicrografías de una arenisca de la Formación Salamanca (muestra M258), con una textura clasto sostén y presencia de cuarzo (Qz) en ocasiones engolfado, líticos volcánicos (Lv) y de chert (Lchrt). El cemento corresponde a calcedonia (Calcd). Fotomicrografías A y C tomadas con nicols paralelos, mientras que B y D fueron tomadas con nicols cruzados.

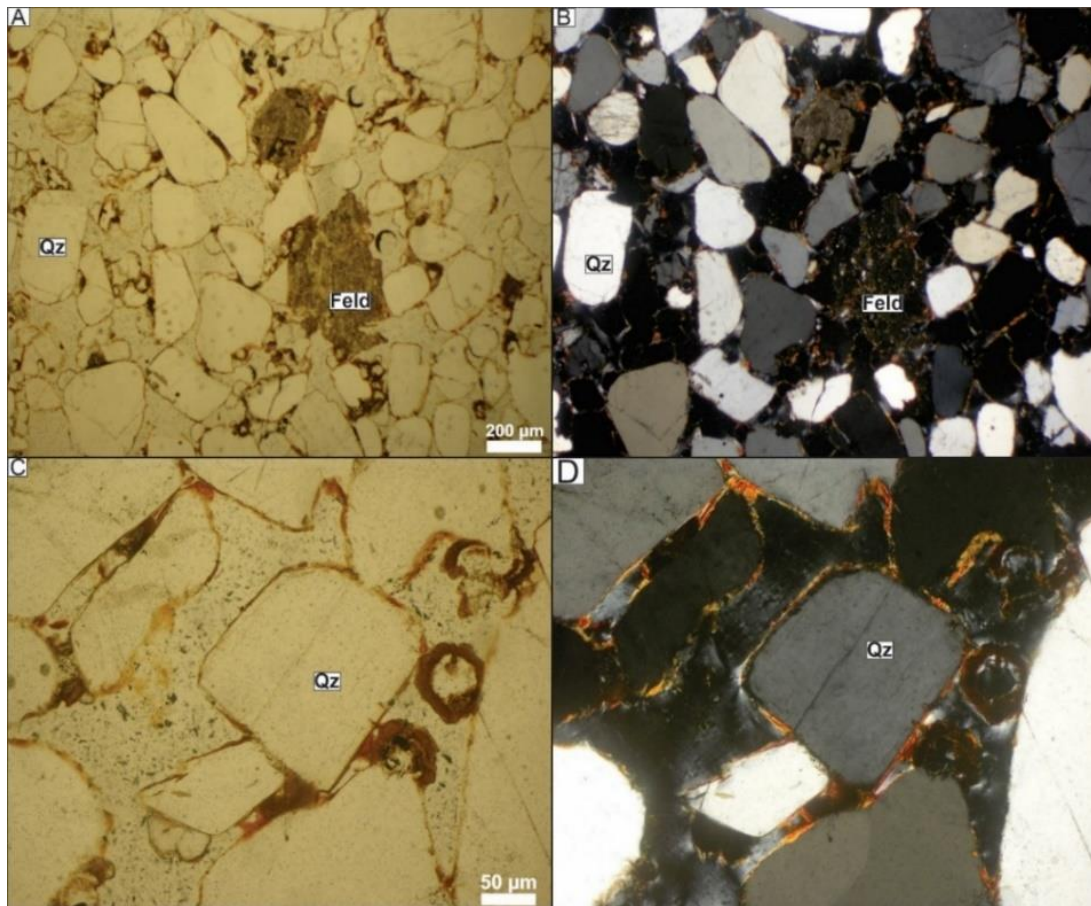


Figura 13. Fotomicrografías de una arenisca de la Formación Salamanca (muestra EAR SAL1) con una textura clasto sostén, predominio de cuarzo (Qz) y escasos feldspatos (Feld) alterados. Los clastos de cuarzo están bordeados por una pátina de tonalidad ocre que corresponde a óxidos de Fe. Además, se observa un material con una textura coloforme (ópalo), que actúa como cemento. Las fotomicrografías A y C fueron tomadas con nicoles paralelos, mientras que B y D fueron tomadas con nicoles cruzados.

En la muestra 323, descrita como limolita arenosa con textura matriz sostén, se observan clastos de cuarzo (10-40 μm) fracturados y de formas subredondeados, que constituyen el 75% de la sección delgada. Los minerales opacos representan el 8% de la muestra, mientras que un cemento microgranular de composición silíceo compone el 17% (Fig. 14).

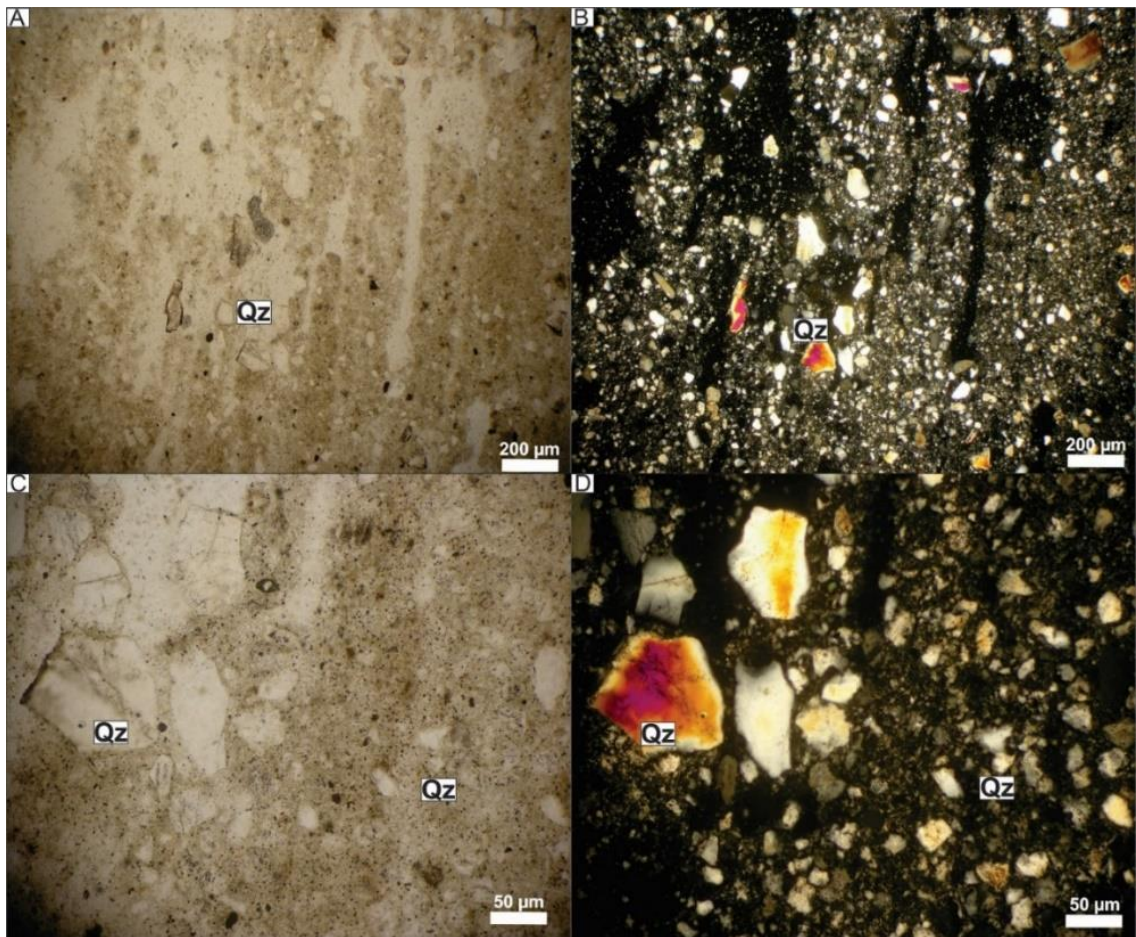


Figura 14. Fotomicrografías de una limolita arenosa de la Formación Salamanca (muestra 323). Es posible identificar una textura matriz sostén con gradaciones en el tamaño de grano, predominio de clastos de cuarzo (Qz). Fotomicrografías A y C muestran los componentes con nicols paralelos, mientras que B y D fueron tomadas con nicols cruzados.

Por su parte, en la muestra 256, se identifica un 70% de elementos carbonáticos, principalmente bioclastos (300-500 μm). Los clastos de cuarzos aislados (90-120 μm) conforman el 15% de la muestra, presentando un cemento carbonático de tipo esparita (Fig. 15).

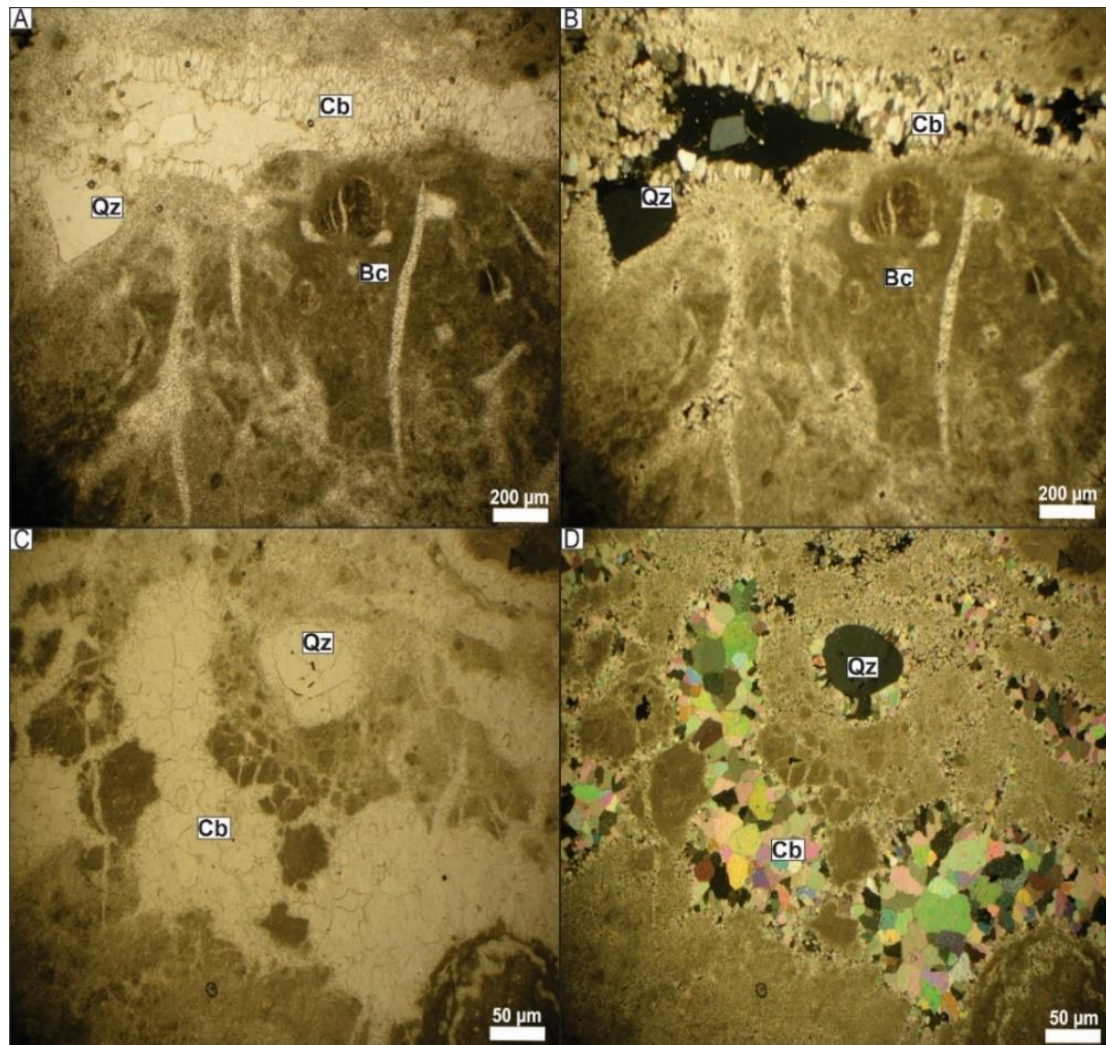


Figura 15. Fotomicrografías de una coquina de la Formación Salamanca (muestra 256), donde se destaca el predominio de minerales de calcita como cemento (Cb) y una presencia reducida de cuarzo (Qz). En A y B se observan bioclastos (Bc) en la sección. Las fotomicrografías A y C fueron tomadas con nicoles paralelos, mientras que B y D fueron tomadas a nicoles cruzados.

Análisis de DRX

En las muestras de pelitas M2 y M4 de la Formación Salamanca, el análisis de DRX permitió identificar picos característicos de arcillas del tipo caolinita (Kln) y de un tectosilicato como el cuarzo (Qz) (Fig. 16).

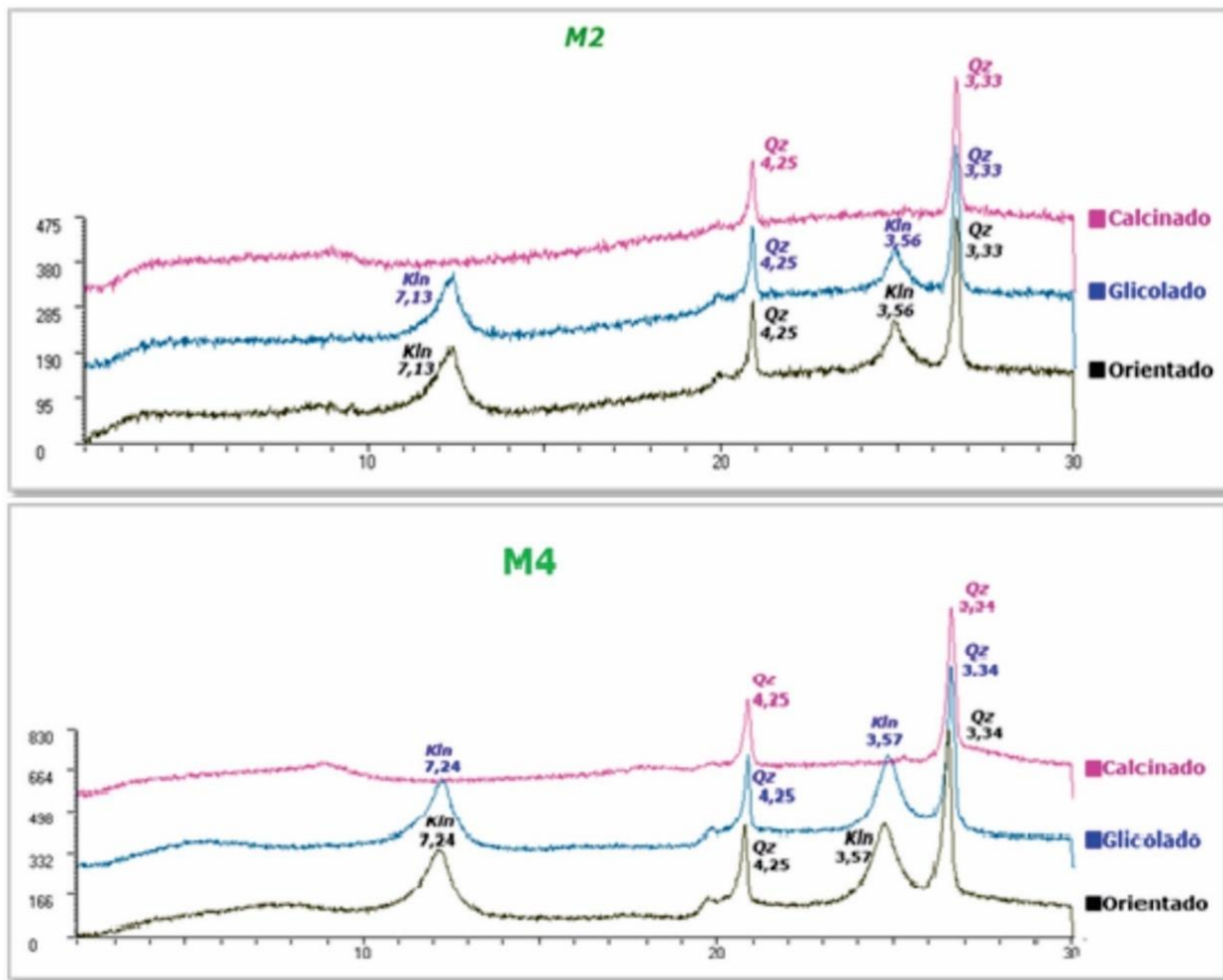


Figura 16. En los difractogramas de las muestras M2 y M4, se observan picos correspondientes a caolinita (Kln), y cuarzo (Qz). La muestra M2 corresponde a una limolita, mientras que M4 corresponde a un sector de la cantera de caolín explotada por la empresa Piedra Grande S.A.

Formación Río Chico

Descripción de campo

Esta unidad se distingue por presentar geofomas de *badlands* con tonalidades que van desde grisáceas hasta ocre (Figs. 17 y 18).



Figura 17. A y B) Afloramientos de la Formación Río Chico, caracterizados por una variedad de tonalidades que incluyen castaños, amarillentos, anaranjados, rojizos y grisáceos.



Figura 18. A y B) Afloramientos de la Formación Río Chico, donde se observa la ausencia total de vegetación. C) Detalles de las grietas de desecación que predominan sobre estos afloramientos.

De acuerdo con las observaciones de campo se sugiere un pasaje transicional entre la Formación Río Chico y la infrayacente Formación Salamanca. El contacto superior de la unidad también es transicional con la Formación Sarmiento. La Formación Río Chico puede yacer, en algunos lugares, en posiciones topográficamente por debajo de afloramientos de la Formación Marifil. Esto se debe a que la Formación Río Chico, al igual que la Formación Salamanca, también ocupa paleo-depresiones entre promontorios de la Formación Marifil, (Fig. 19). Cabe aclarar que no hay estructuras tectónicas entre ambas unidades.

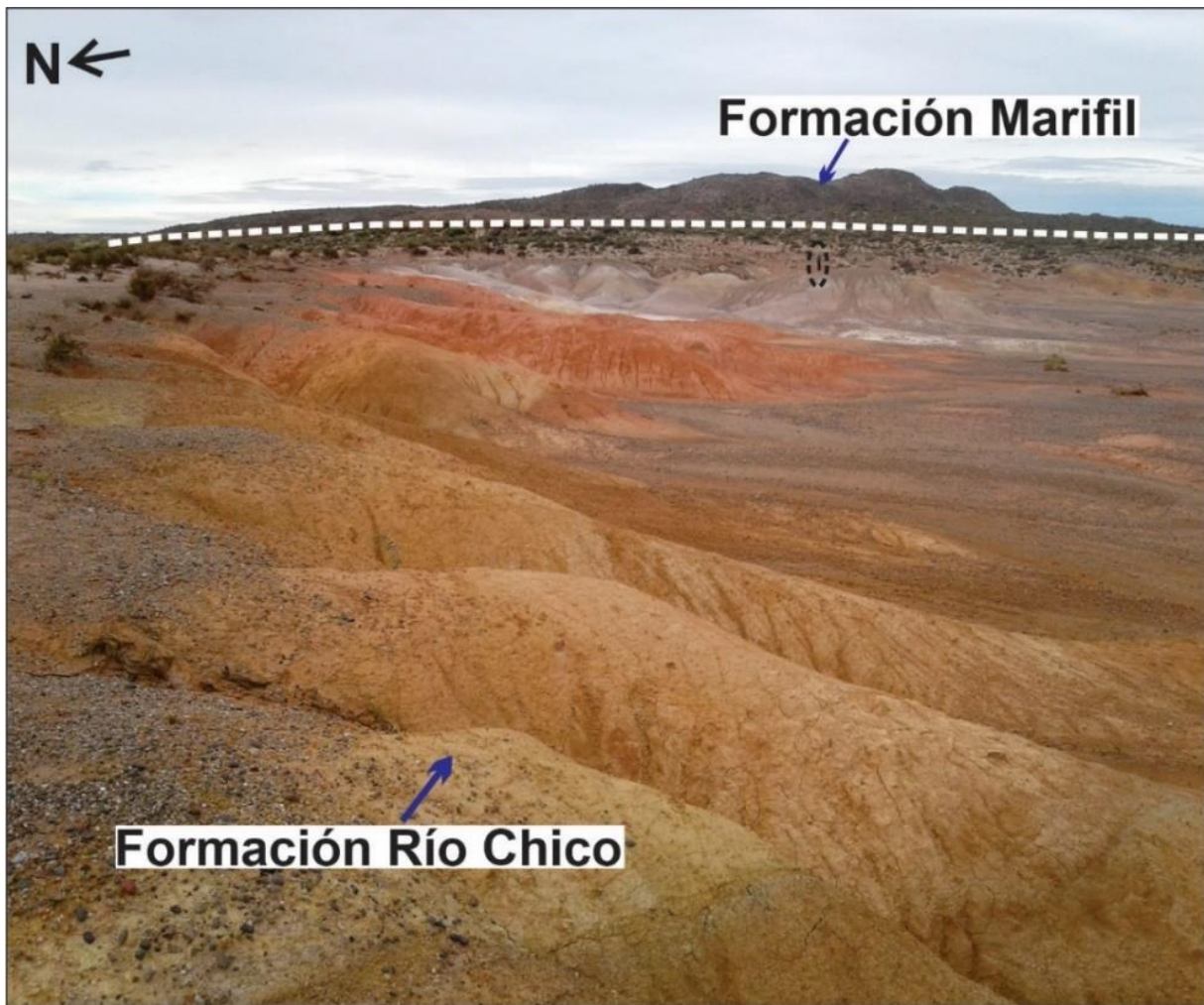


Figura 19. Afloramiento de la Formación Río Chico en tonalidades ocres, líneas punteadas negra indica la escala del afloramiento (Persona). Las líneas blancas señalan el contacto erosivo con las rocas volcánicas de la Formación Marifil.

La Formación Río Chico está mayormente compuesta por arcillitas de colores anaranjados, ocres y grisáceos (claros y oscuros), con intercalaciones de estratos de areniscas, tobas y escasos conglomerados, alcanzando un espesor total de aproximadamente unos 70 m (Fig. 4). En la parte superior de estos afloramientos se distingue un nivel tabular pelítico de tonalidad grisácea oscura, lo que marca el inicio de la transición hacia la Formación Sarmiento (Fig. 20). De acuerdo a su estructura granular y la presencia de cutanes de arcilla, este nivel fue interpretado como un paleosuelo (Fig. 21). Dentro de la Formación Río Chico también se destacan niveles tobáceos con clastos de pómez (Fig. 22). En general, las arcillas y tobas presentan una textura friable, lo que facilita su desagregación al tacto y podría explicar su comportamiento erosivo en superficie.

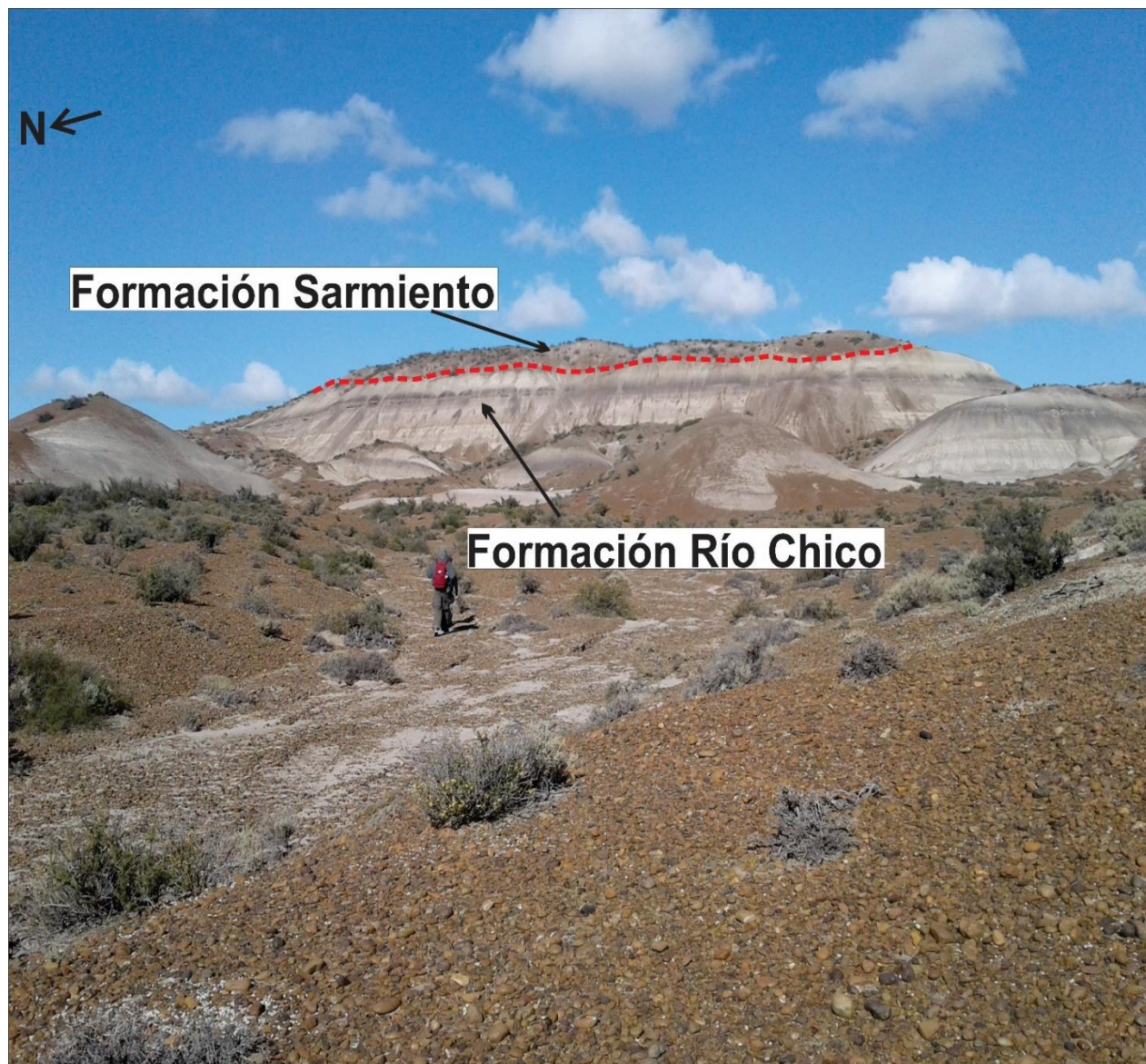


Figura 20. Contacto transicional entre las formaciones Río Chico y Sarmiento (línea punteada roja).

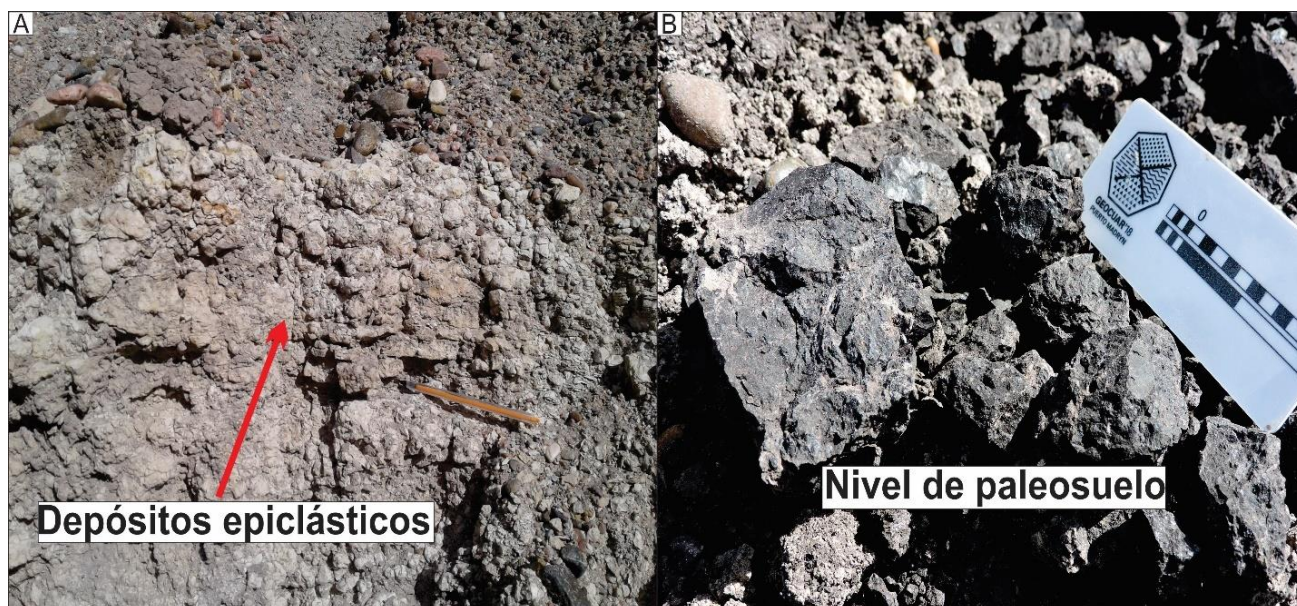


Figura 21. A y B) Detalle del contacto entre los depósitos epiclásticos y el nivel del paleosuelo, que se distingue por su característico tono negro en el afloramiento.

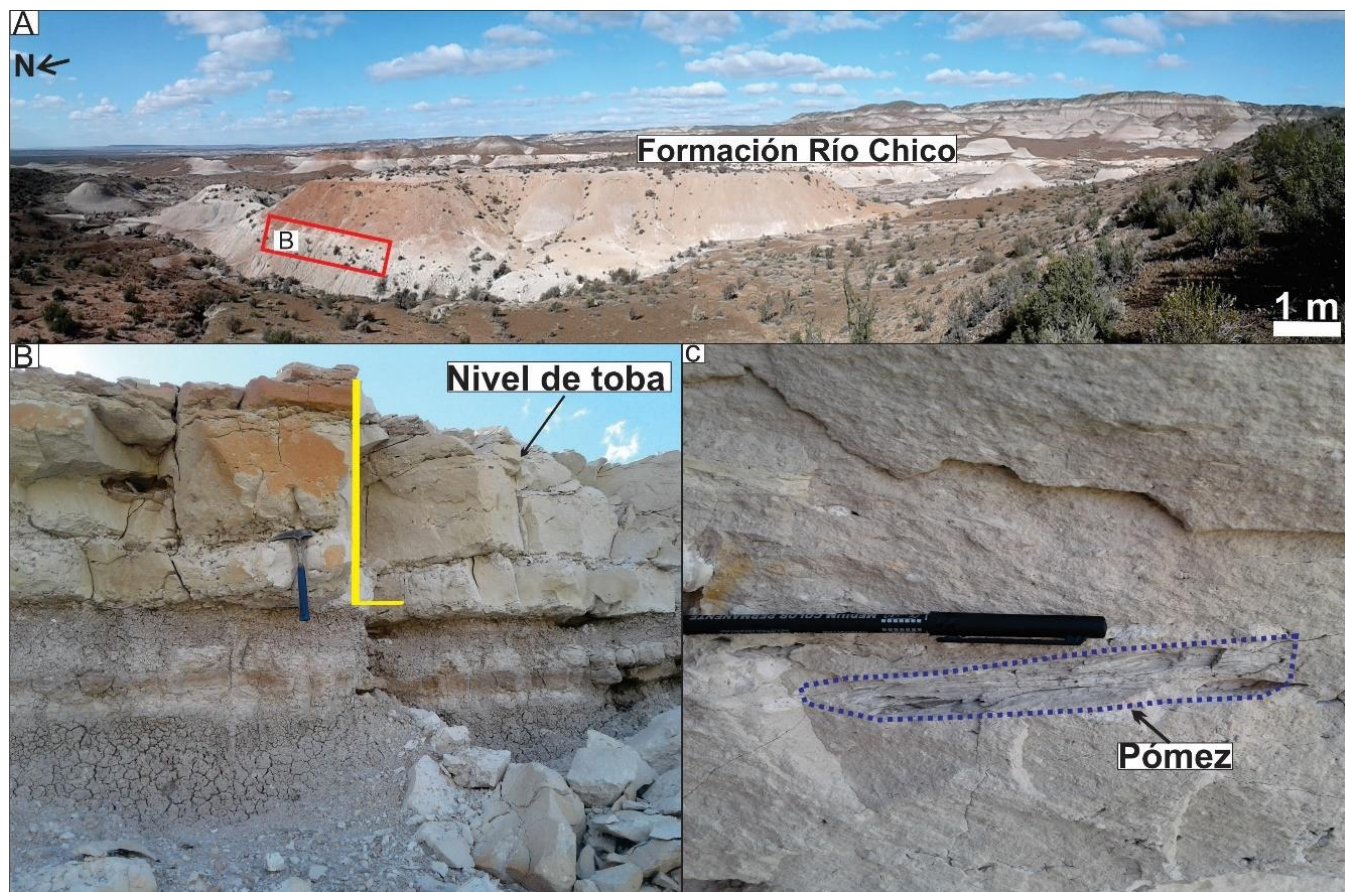


Figura 22. A) Afloramiento de la Formación Río Chico donde se destacan niveles tobáceos con tonalidades grisáceas y ocre. B) Nivel de tobas (0,6 m) apoyado en contacto neto sobre pelitas grises. C) Clastos de pómez dentro del nivel de tobas.

Descripción de cortes delgados

El análisis petrográfico de la Formación Río Chico incluyó muestras de areniscas, pelitas y tobas. La muestra 124 (pelita) presenta una textura matriz sostén, compuesta por granos muy fino, clastos de cuarzo de forma subredondeados (10-50 μm), que representan el 65% de la sección. Por otro lado, las cavidades están rellenas de calcedonia con textura fibrosa radial, constituyen el 35% restante, que actúa como cemento (Fig. 23).

La muestra EARRCH1 (arenisca), presenta una textura clasto sostén, con cuarzo (70-130 μm), de forma sub redondeada, que constituye el 65% del corte analizado. Se observan componentes como biotitas (10 μm), y anfíboles (60 μm) que, representan aproximadamente el 5% de la sección delgada. Contiene plagioclasas macladas, (90 μm) y líticos volcánicos (con tablillas de plagioclasas), representando cada uno el 10% de la muestra. Por último, cavidades rellenas de calcedonia, con textura fibrosa radial ocupan el 10% restante de la muestra, actuando como cemento (Fig. 24).

En la muestra 142 (toba), se observa textura matriz sostén de granos finos. Se identifican trizas de tipo Y, (200-600 μm) y fragmentos de pómez (hasta 2000 μm), que constituyen el 55% del corte. Los clastos de cuarzo (10-30 μm) de forma subhedral, constituyen alrededor del 35%, mientras que los anfíboles (15-30 μm), representan el 10% (Fig. 25).

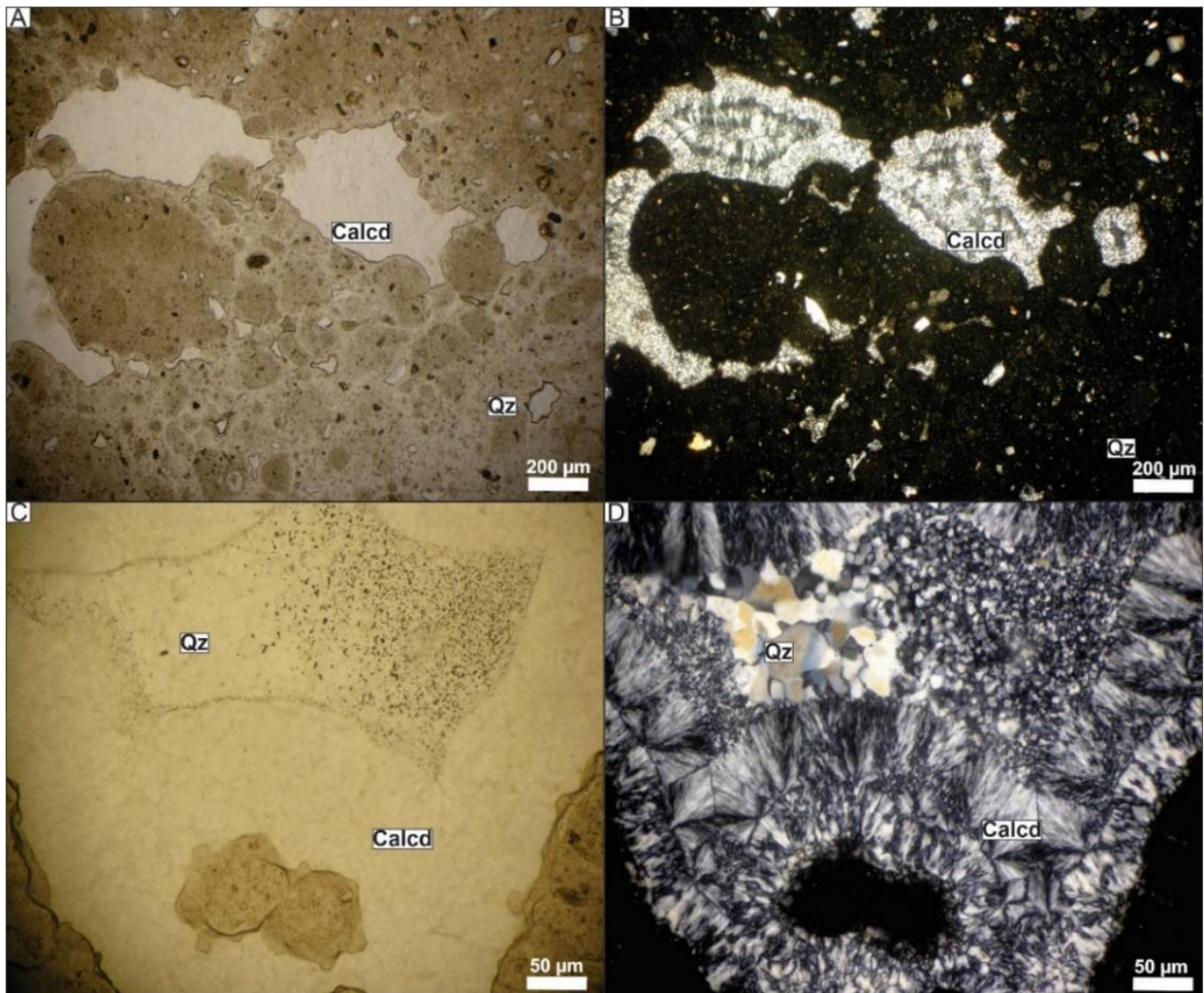


Figura 23. Fotomicrografías de una pelita de la Formación Río Chico (muestra 124). A - B) Se aprecia una textura matriz sostén de grano muy fino. Esta matriz está compuesta principalmente por arcillas y granos de cuarzo (Qz), con extinción normal y forma subhedral. C-D) Detalle de una cavidad rellena de calcedonia (Calcd) con textura fibrosa radial y cuarzo (Qz) granular. Estas cavidades se distribuyen de manera irregular en la matriz de la roca. Fotomicrografías A y C fueron tomadas con nicoles paralelos, mientras B y D corresponden a nicoles cruzados.

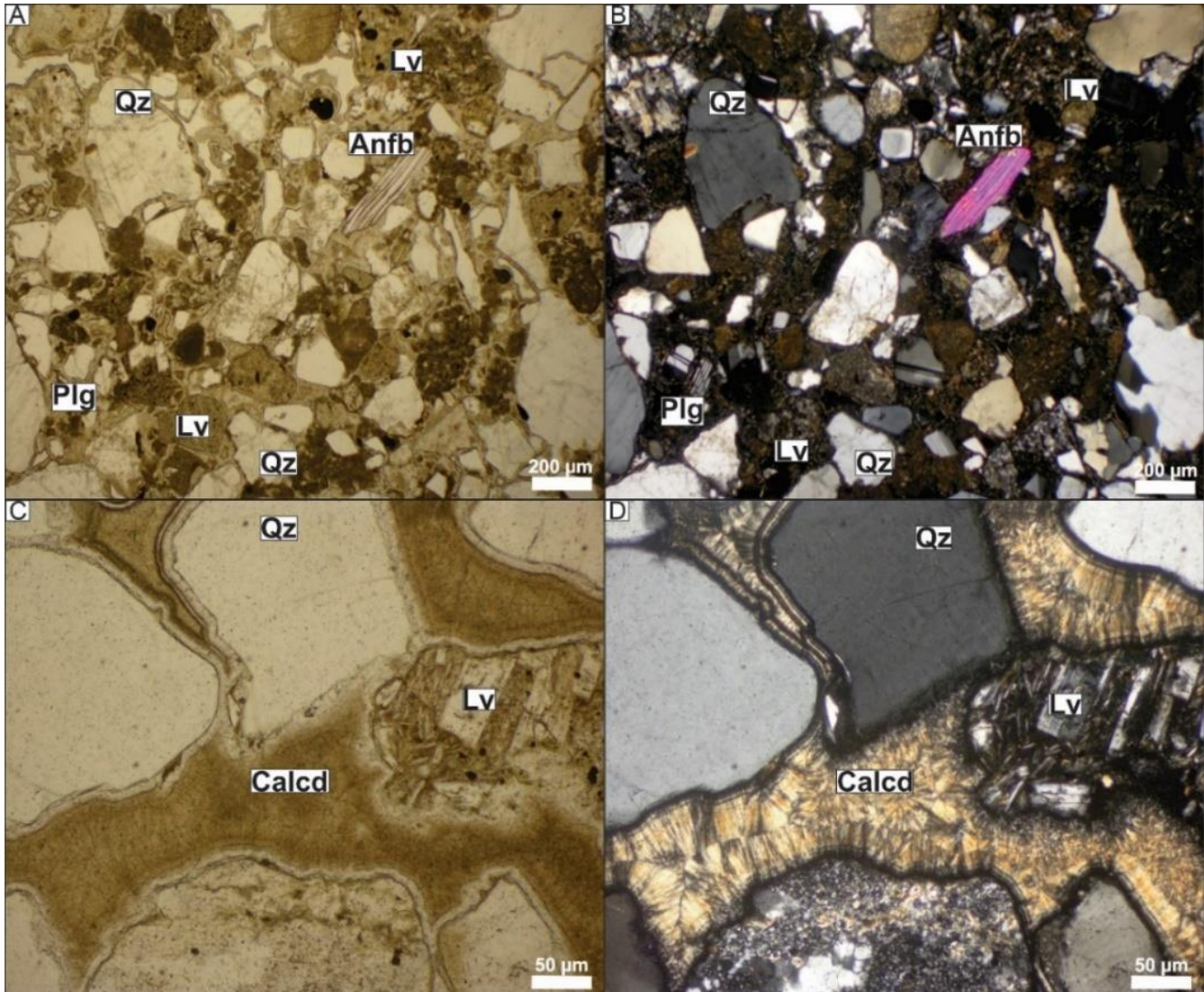


Figura 24. Fotomicrografías de una arenisca de la Formación Río Chico (muestra EARRCH1). Se distingue una textura clasto sostén, con presencia de componentes clásticos como cuarzo (Qz), plagioclasas (Plg), anfíboles (Anfb) y líticos volcánicos (Lv), todos rodeados por cemento de calcedonia (Calcd) con una textura fibrosa radial. Fotomicrografías A y C tomadas a nicols paralelos, mientras que B y D fueron tomadas a nicols cruzados.

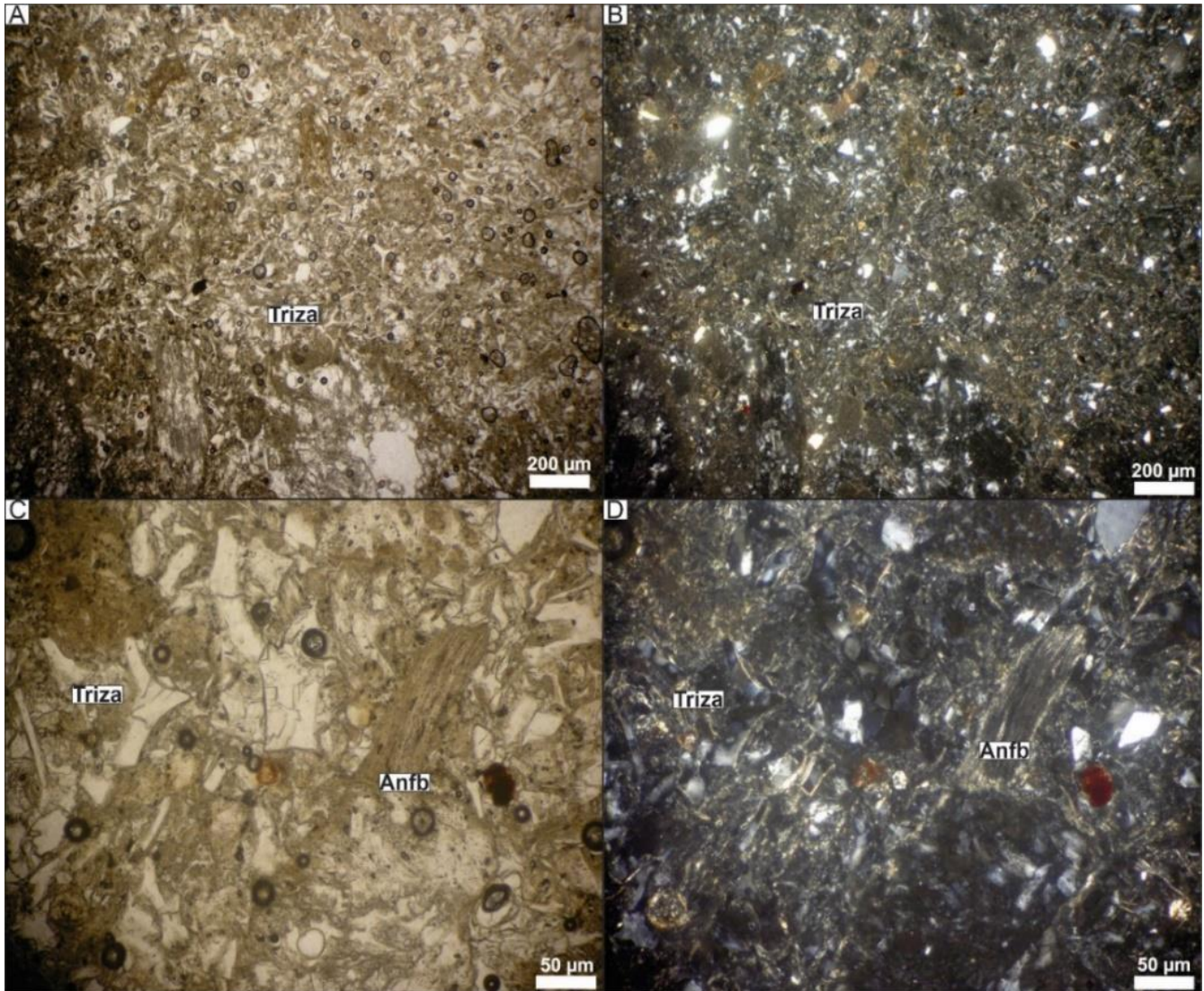


Figura 25. Fotomicrografías de una toba de la Formación Río Chico (muestra 142). Se observan principalmente trizas vítreas y escasos anfíboles (Anfb). Fotomicrografías A y C fueron tomadas a nicols paralelos, mientras B y D fueron registradas a nicols cruzados.

Análisis de DRX

El difractograma de la muestra M1, correspondiente a los niveles pelíticos de la Formación Río Chico, registra picos distintivos de cuarzo (Qz), feldespato potásico (Fd) y el interestratificado de esmectita-illita (Sm-III) (Fig. 26).

Por otro lado, la muestra M3, tomada de un paleosuelo característico de la parte superior de la misma unidad, mostró picos similares para cuarzo (Qz), feldespato potásico (Fd), y el interestratificado esmectita-illita (Sm-III). Además, se detectaron picos de caolinita (Kln), lo que indica una mayor diversidad de arcillas (Fig. 27).

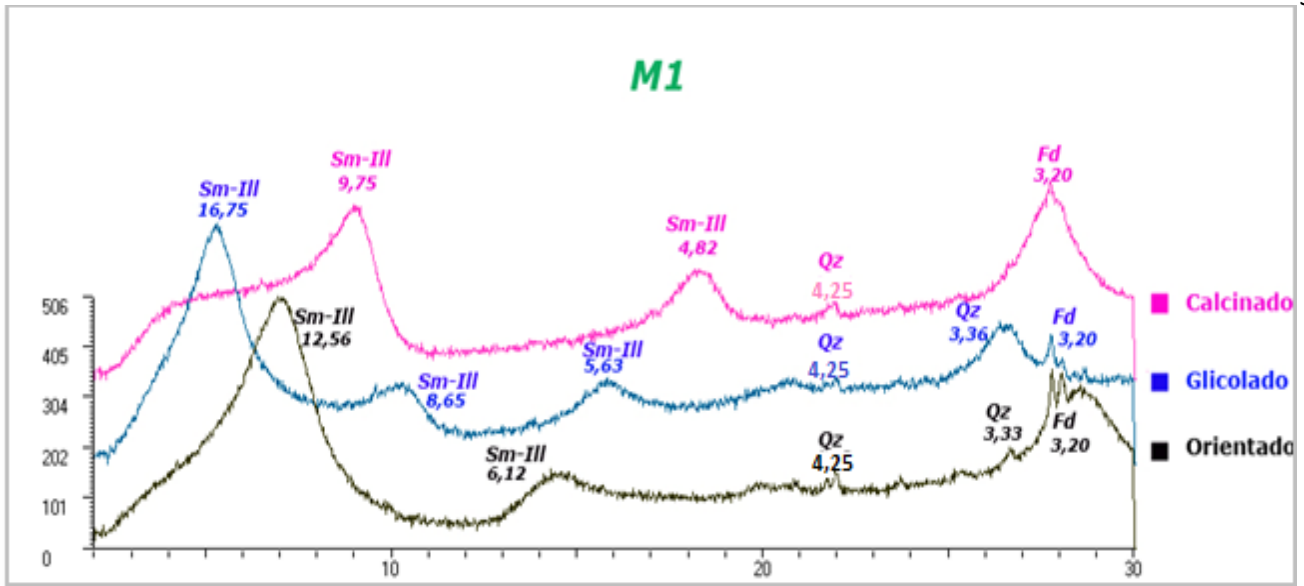


Figura 26. Diffractograma de la muestra M1, (Formación Río Chico), donde se observan picos característicos de la arcilla esmectita-IIIita, (Sm-III), cuarzo (Qz) y feldspatos (Fd).

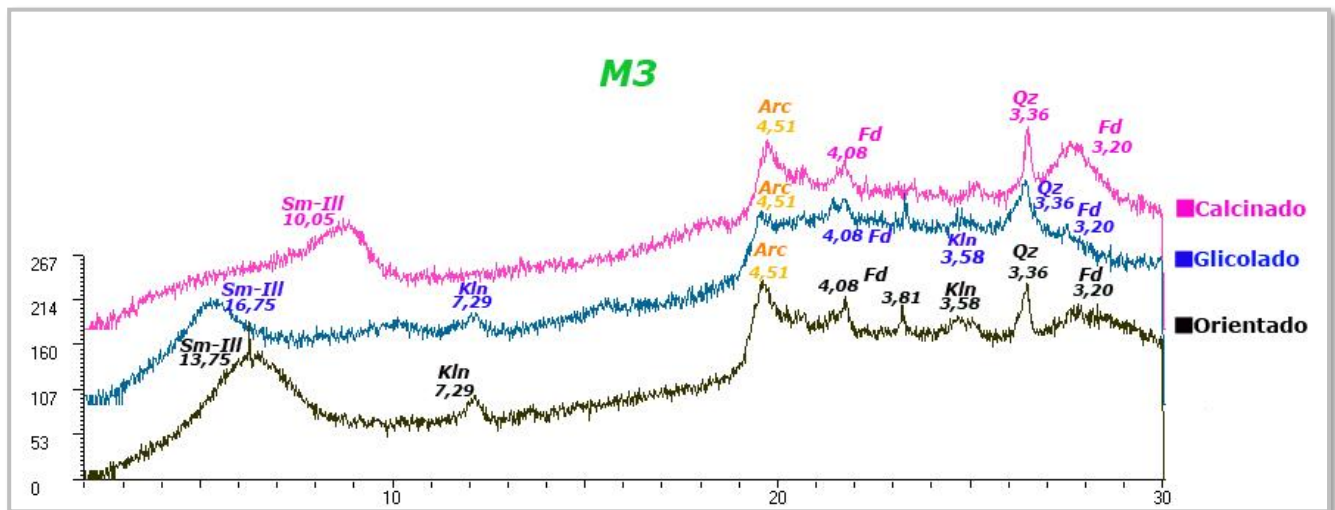


Figura 27. Diffractograma de la muestra M3 (Formación Río Chico), correspondiente a un paleosuelo de tonalidad grisácea oscura, en donde se observa la presencia de varias especies minerales. Se destacan picos característicos del interestratificado esmectita-IIIita (Sm-III), cuarzo (Qz), feldspatos (Fd) y caolinita (Kln).

Formación Sarmiento

Descripción de Campo

Esta unidad se encuentra principalmente aflorada en cabecera de la cuenca, a una altitud aproximada de 270 msnm. Debido a la presencia de una cubierta de detritos, el contacto transicional con la Formación Río Chico es difícil de observar de manera directa. Esta unidad está compuesta por rocas tobáceas y limo arcillosas, que varían de tonalidades grises a blanquecinas. En general, estas rocas son friables y se disponen en bancos tabulares subhorizontales, con una estratificación horizontal poco pronunciada, manifestada solo por

sutiles cambios de color y erosión diferencial, constituyendo geofomas tipo *badlands*, de distribución lateralmente discontinua (Fig. 28).

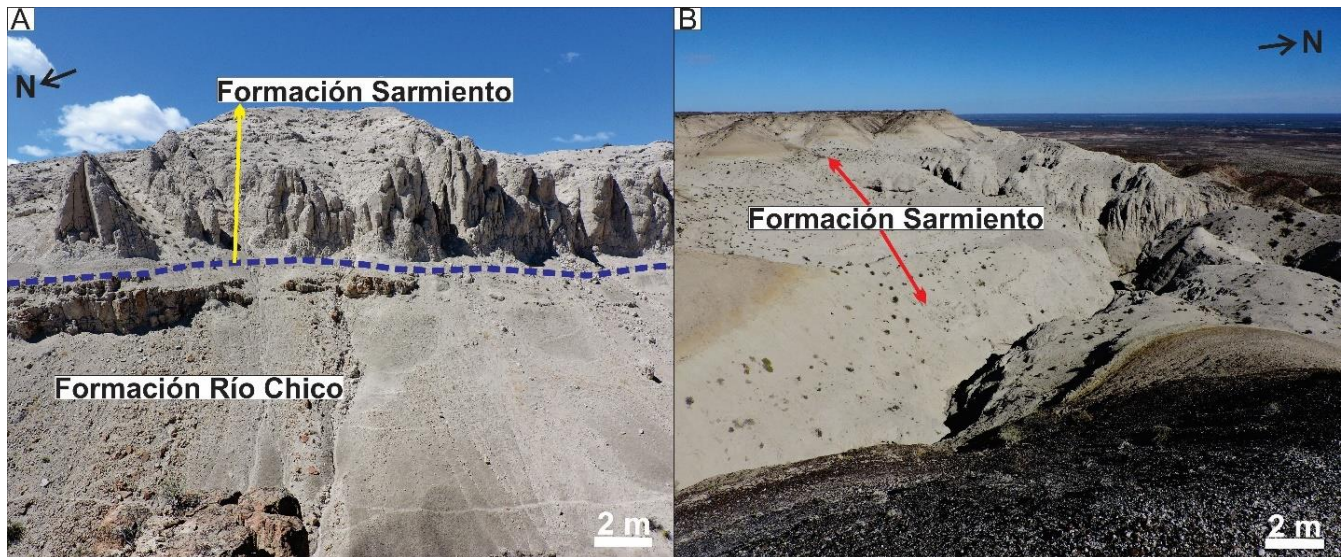


Figura 28. A) Afloramiento de la Formación Sarmiento en contacto con la Formación Río Chico. La línea azul punteada indica el contacto transicional entre ambas formaciones. B) Los afloramientos de la Formación Sarmiento se caracterizan por sus tonalidades grisáceas y la presencia de geofomas de tipo *badlands*.

Descripción de cortes delgados

En la muestra EAR FMSM2 (toba vítrea), se observan trizas vítreas de tipo Y (70-140 μm) y fragmentos de pómez (70-100 μm), que constituyen el 65% de la sección. Los clastos de cuarzo (10-60 μm) de forma subredondeados, representan aproximadamente el 15% del corte. Además, se identificaron plagioclasas macladas (40 μm), y anfíboles (10-60 μm), cada uno representando el 10% de la sección delgada (Fig. 29).

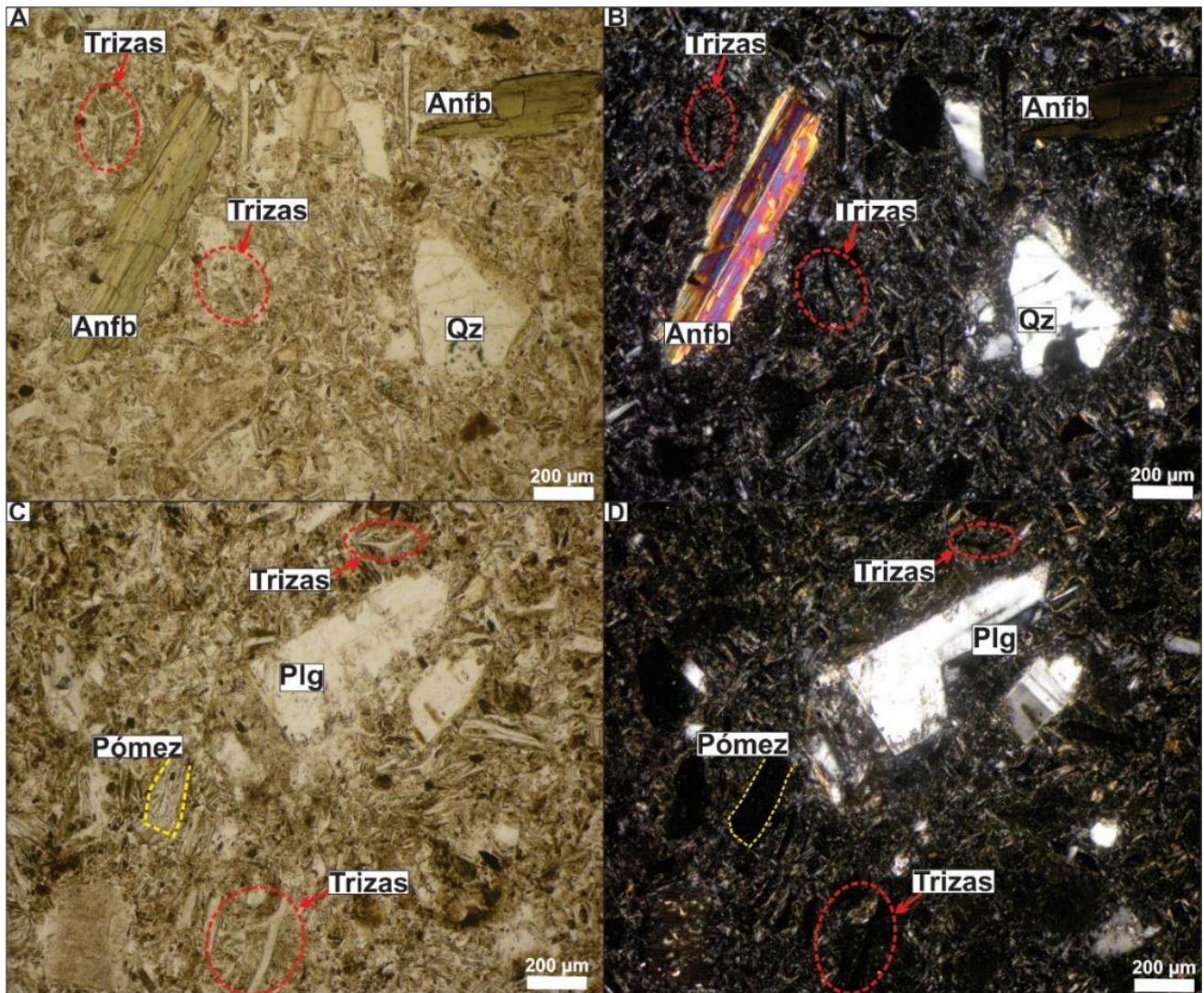


Figura 29. Fotomicrografías de una toba de la Formación Sarmiento (muestra EAR FMSM2). A y B) Se observan clastos de cuarzo (Qz), plagioclasas (Plg) y anfíboles (Anf), rodeados por abundantes trizas de tipo Y. C y D) Se observan abundantes trizas de tipo Y, pómez y plagioclasas (Plg). Las fotomicrografías A y C fueron tomadas a nicols paralelos, mientras que B y D fueron tomadas a nicols cruzados.

Análisis de DRX

En la muestra EAR SARM (toba), perteneciente a esta formación, el análisis de DRX reveló la presencia de arcillas del tipo interestratificado esmectita-illita (Sm-III), y cuarzo (Qz) corroborando su composición mineralógica (Fig. 30).

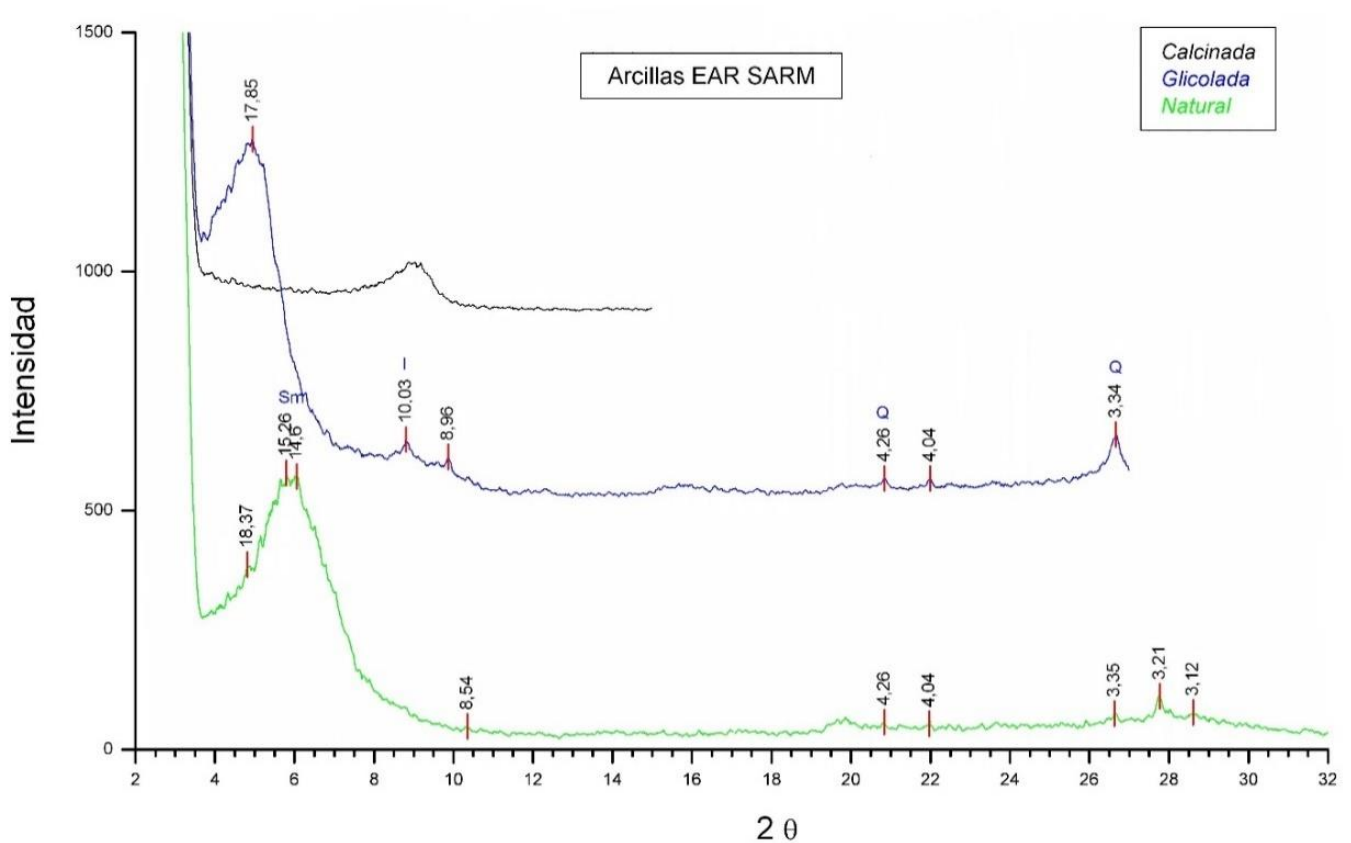


Figura 30. Difractograma de la muestra EAR SARM (toba, Formación Sarmiento). Se destacan picos característicos de la arcilla esmectita-illita (Sm-III) y correspondientes al cuarzo (Qz).

Formación Montemayor

Descripción de Campo

La Formación Montemayor constituye la unidad topográficamente más elevada dentro de la CAA, extendiéndose ampliamente hacia el sur, más allá del área mapeada. Dentro de la cuenca, aflora principalmente en el sector oeste (Fig. 5). Esta unidad se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación Sarmiento y se presenta en forma de mesetas elongadas, orientadas en dirección norte-sur, con una leve inclinación hacia el noreste y una apariencia general compacta (Fig. 31). Las mesetas representan remanentes de antiguas superficies de erosión, y el espesor del depósito de rodados que las conforma varía entre 3 y 9 metros. Se trata de un depósito de gravas, constituido por clastos polimícticos subredondeados a redondeados, predominantemente de origen volcánico, con diámetros que oscilan 2 y 5 cm, aunque algunos alcanzan los 12 cm. Estos clastos se encuentran soportados en una matriz arenosa a franco arenosa, en algunos casos cementada por carbonato y/o yeso. En ciertas

superficies, los clastos presentan una pátina oscura similar al barniz del desierto (Fig. 31), lo que indica exposición subaérea prolongada y procesos de intemperismo.

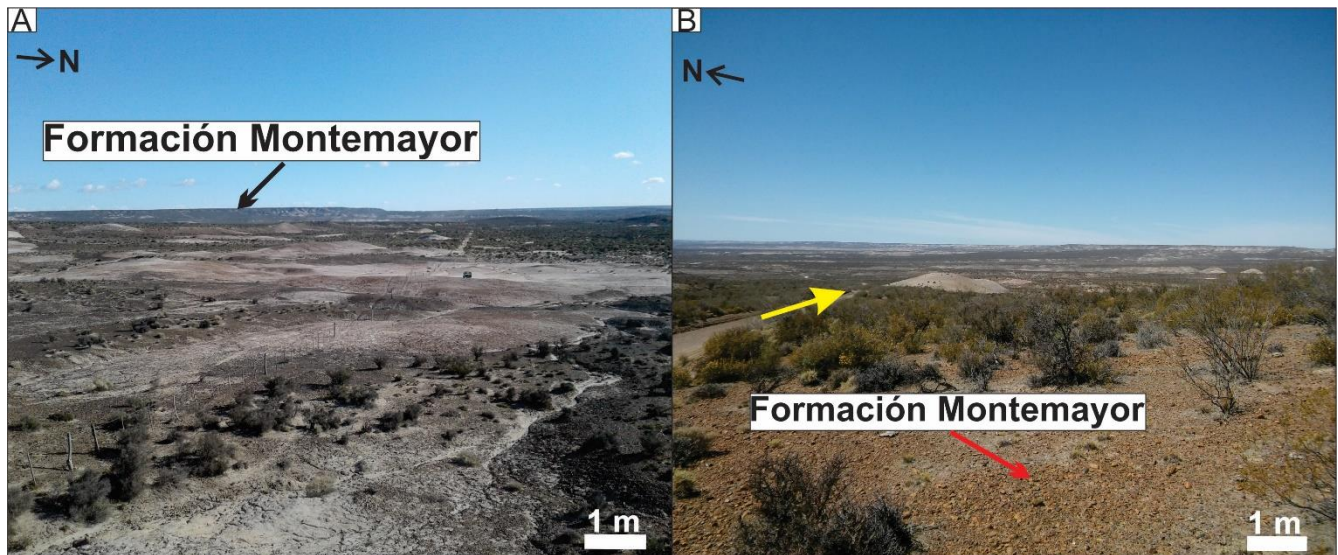


Figura 31. A) El recuadro rojo muestra la ubicación de los depósitos de la Formación Montemayor dentro de la Cuenca Aluvial Ameghino (CAA). B) La flecha amarilla señala el camino que corta los depósitos de la Formación Montemayor, mientras que la flecha roja muestra los clastos conglomerádicos en superficie.

3.2 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA CAA

El análisis de imágenes satelitales y el relevamiento de campo permitieron la elaboración de un mapa geomorfológico a escala 1:80.000, el cual representa un aporte significativo, al conocimiento geomorfológico de la ladera sur del VIRCH (Fig. 32). La CAA presenta alturas que oscilan entre los 288 msnm en la zona de cabecera, hasta aproximadamente 51 msnm cerca de la desembocadura en el río Chubut.

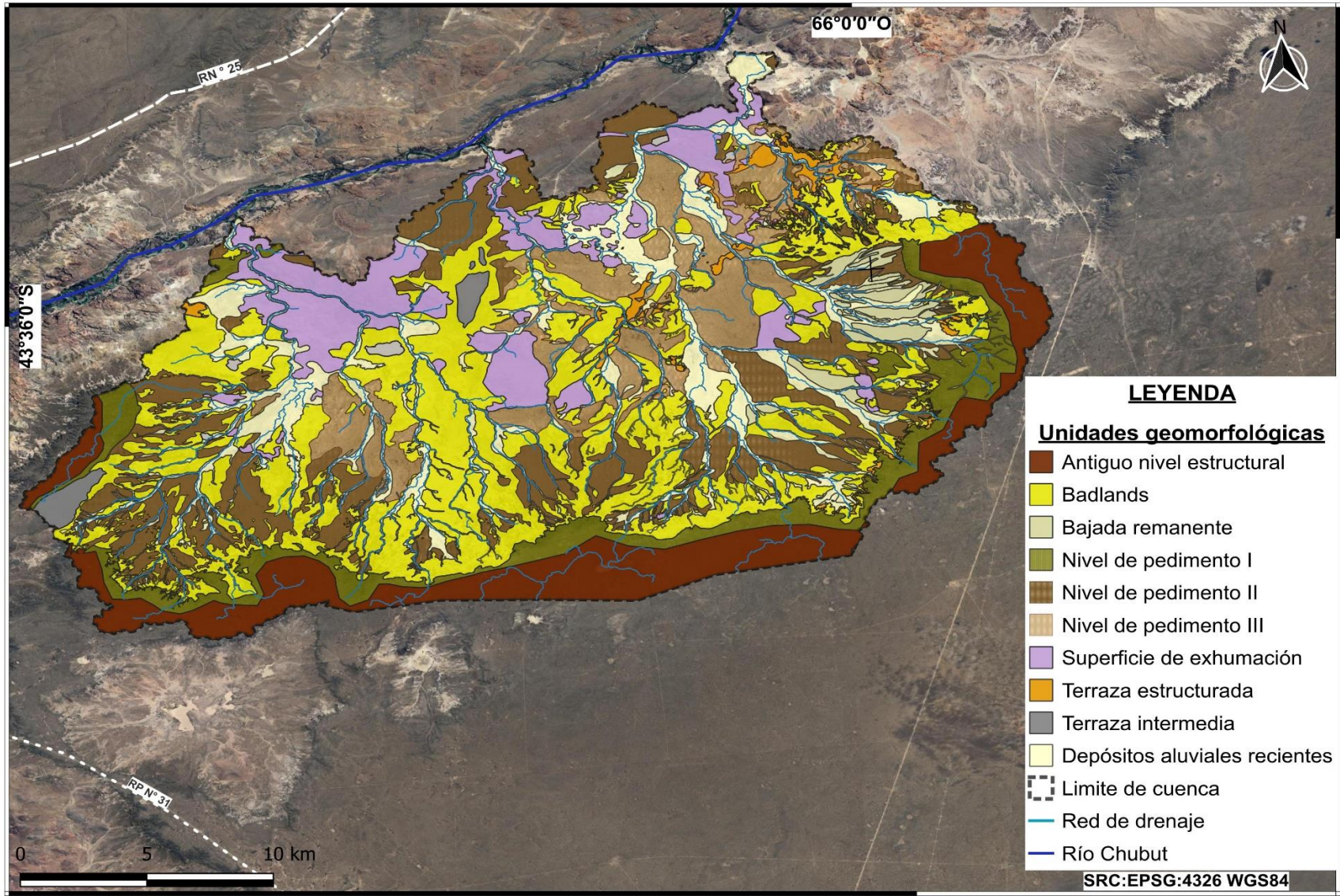


Figura 32. Mapa geomorfológico de la CAA.

El área muestra evidencias de diversos procesos de degradación fluvial, así como procesos de pedimentación y en menor medida, remoción en masa. Se identificaron y cartografiaron diez unidades geomorfológicas distintas en la CAA, cuya extensión (Km²) comparada se presenta en la Tabla 1. En la zona central de la cuenca predominan los *badlands* y los niveles de pedimento II y III, mientras que el nivel de pedimento I se encuentra mejor representado en la zona de cabecera (Fig. 32). Los depósitos aluviales recientes se distribuyen siguiendo la posición de los cursos fluviales de la cuenca. Las superficies de exhumación labradas en las rocas jurásicas volcánicas son más frecuentes en la zona central y baja de la cuenca.

	Unidades geomorfológicas	Superficie en km ²
1	<i>Badlands</i>	114
2	Depósitos aluviales recientes	81
3	Antiguo nivel estructural	51
4	Nivel de pedimento II	49
5	Nivel de pedimento III	37
6	Superficie de exhumación	36
7	Nivel de pedimento I	33
8	Bajada remanente	8
9	Terraza estructurada	6
10	Terraza intermedia	5
11	Deslizamiento	<1
	Total de superficie	420

Tabla 1. Unidades geomorfológicas reconocidas con sus valores de superficie ocupada en la cuenca.

Para una representación visual más clara, se elaboró un gráfico circular (Fig. 33) que muestra el porcentaje de superficie ocupada por cada geoforma. Se puede observar que los *badlands* constituyen la geoforma que más superficie ocupa de la cuenca (27%), seguidos por los depósitos aluviales recientes, que cubren el 19% (Fig. 33). Sin embargo, si se considera el área total de la suma de los tres niveles de pedimentos (I, II y III), éstos conforman el 29% del área de la CAA.

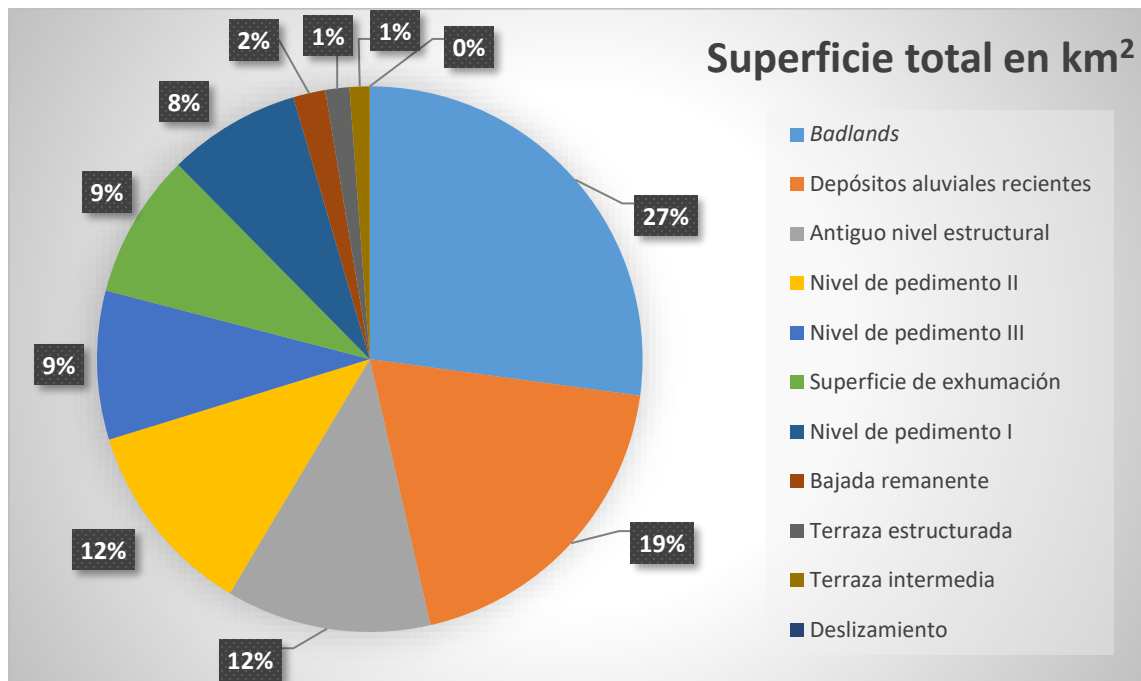


Figura 33. Gráfico de torta que representa la superficie ocupada por cada una de las unidades geomorfológicas reconocidas en la CAA.

El paisaje de la cuenca está dominado por procesos de erosión fluvial y aluvial, fuertemente controlado por las características de las unidades litoestratigráficas aflorantes. Las superficies exhumadas de planación de rocas volcánicas se manifiestan como afloramientos irregulares. En las cabeceras de la cuenca, se identifican profundas cárcavas, indicativas de un proceso erosivo activo, y procesos de remoción en masa en las laderas. La erosión en las rocas sedimentarias pelíticas es la que genera los paisajes con escarpas y *badlands*.

Parte de la red de drenaje de la cuenca se desarrolla sobre depósitos recientes compuestos por sedimentos finos que han sido recirculados.

Badlands

La unidad geomorfológica *badlands* es la más destacada en la cuenca, cubriendo aproximadamente un 27% de la superficie total, (Fig. 33). Esta unidad se extiende

principalmente a lo largo del eje oeste-este, desde las cabeceras hasta la zona media de la cuenca, como se observa en el mapa geomorfológico (Fig. 32). Las geofomas de *badlands* se desarrollan preferentemente sobre unidades geológicas de grano fino, incluyendo las formaciones Salamanca, Río Chico y Sarmiento. Sin embargo, su presencia es particularmente notable en la Formación Río Chico, donde adquieren mayor relevancia en comparación con las otras formaciones.

Estas geofomas se caracterizan por su nula cobertura vegetal, agrietamiento superficial y morfologías erosivas, con tonalidades que varían desde el ocre hasta el grisáceo, dependiendo de la composición del suelo y la exposición a los agentes naturales (Fig. 34). Su identificación en el paisaje se basa en el desarrollo de surcos superficiales conocidos como cárcavas, formados por la acción erosiva del agua. Estas cárcavas tienden a concentrarse en pendientes, canalizando el agua hacia los cauces principales y arrastrando sedimentos durante los episodios de precipitaciones.

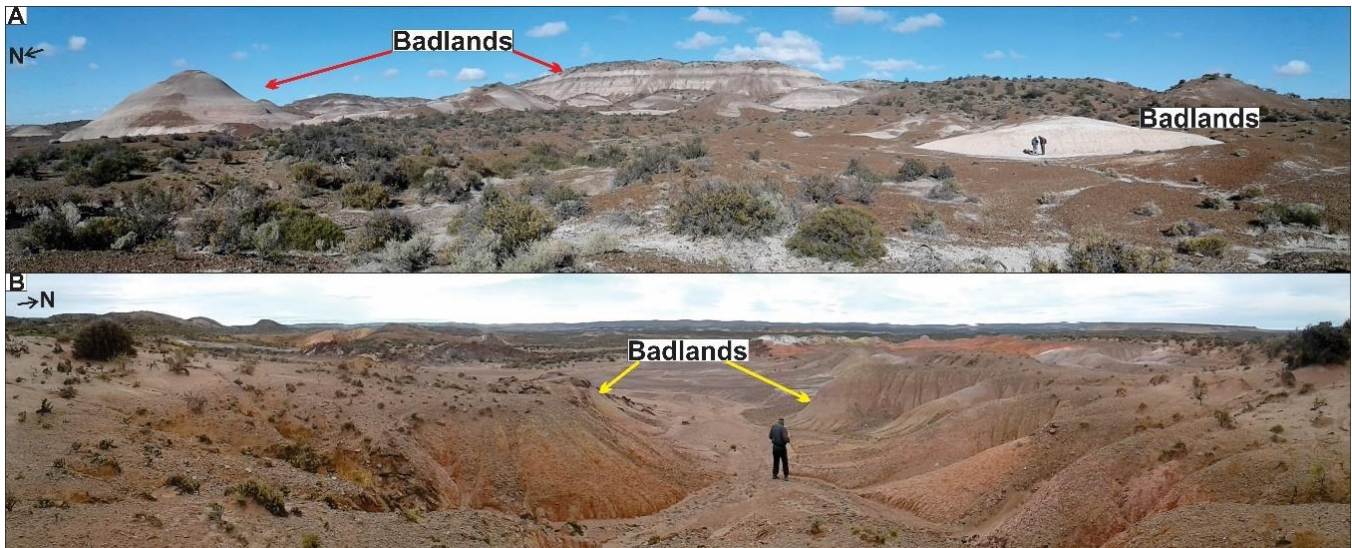


Figura 34. A y B) Vista general de las geofomas de *badlands* desarrolladas sobre las formaciones Río Chico y Sarmiento, donde se destacan las tonalidades grisáceas y ocre, además de la notable ausencia de vegetación.

Niveles de pedimentos

Las geofomas de pedimentos, actualmente inactivas, presentan superficies planas con una leve inclinación hacia el río Chubut. Dichas superficies están cubiertas por depósitos clásticos de gravas y arenas, lo que ha permitido clasificarlas como pedimentos cubiertos. Además, en estos pedimentos, es común encontrar “barniz del desierto”, una pátina de tonos ocre que recubre algunos clastos expuestos, producto de la intemperie en climas desérticos

causado por la acción eólica y la acumulación de óxidos de hierro y manganeso. La cobertura vegetal sobre ellos es pobre, aunque variable.

En la CAA se han identificado tres niveles de pedimento: el nivel de pedimento I (el más antiguo y superior), el nivel de pedimento II (intermedio), y el nivel de pedimento III (el más reciente y mejor conservado). El nivel de pedimento I, representa el 9% del área total, cubriendo una superficie de 37 km² (Fig. 33). Este nivel se localiza principalmente en las cabeceras de la cuenca, alcanzando alturas que varían entre los 245 y 285 msnm, extendiéndose hasta el punto donde se produce un cambio de pendiente (Fig. 35).

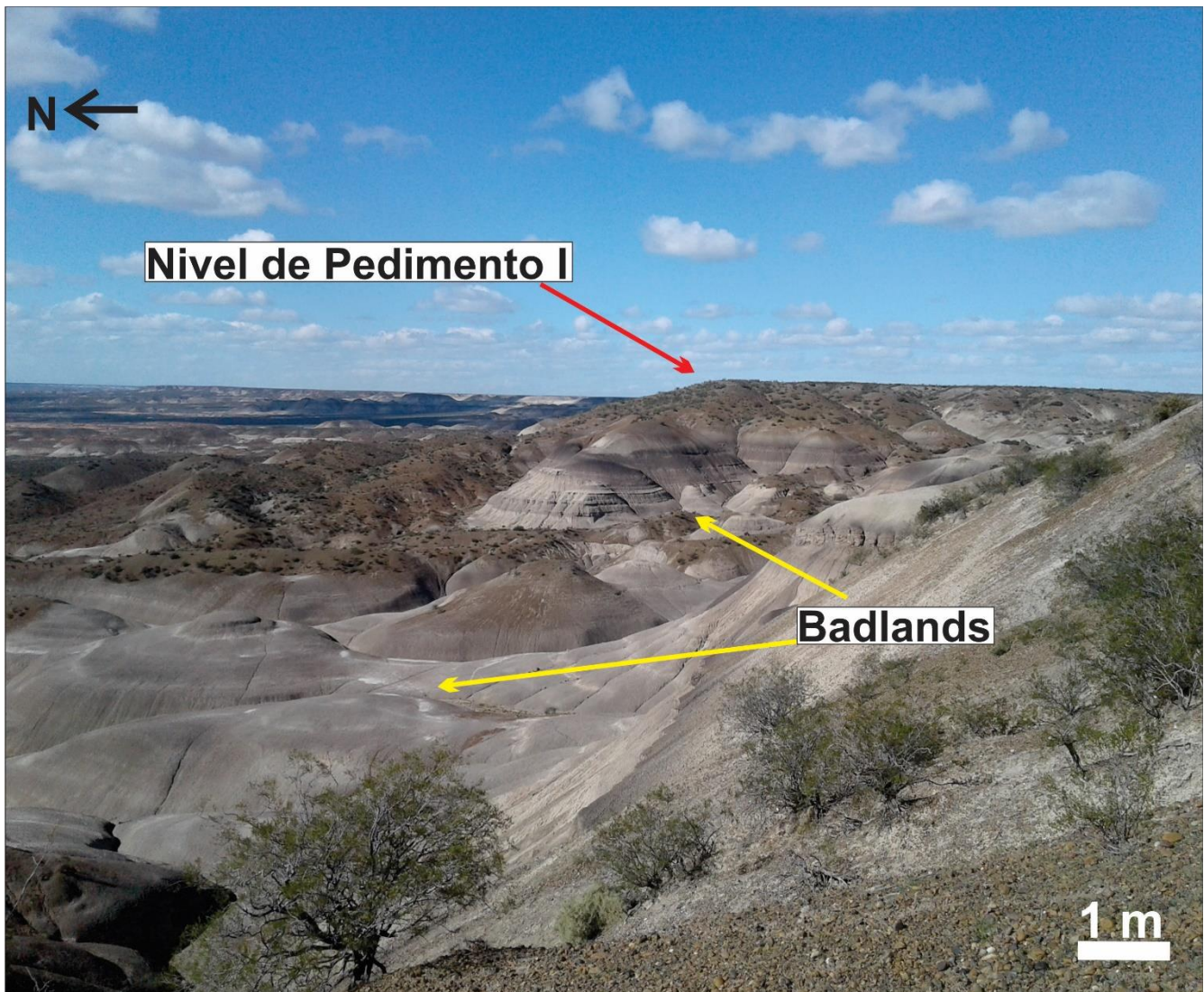


Figura 35. Ubicación del nivel de pedimento I y desarrollo de *badlands* sobre la Formación Río Chico en la zona de cabecera de la cuenca.

Por otro lado, el nivel de pedimento II es el más extenso de los tres, cubriendo un 12% del área de la cuenca, con una superficie de 49 km² (Fig. 33). Se sitúa en el sector central de la cuenca, al pie de las cabeceras, alcanzando alturas entre los 100 y 220 msnm (Fig. 36). Este nivel toma predominancia al extenderse en dirección sur-norte hasta la zona central de la cuenca (Fig. 32).

Por su parte, el nivel de pedimento III se extiende desde la zona central de la cuenca hasta la desembocadura en el río Chubut, ocupando una superficie de 24 km², lo que representa un 6% del área total (Fig. 33). Este nivel, es el más joven y se encuentra a alturas que oscilan entre los 70 y 127 msnm (Fig. 37).

Tal como se observa en el mapa geomorfológico, los niveles de pedimentos II y III están estrechamente relacionados con las geoformas de *badlands* (Fig. 32).



Figura 36. A y B) Distribución del nivel de pedimento II, cubriendo parcialmente las geoformas de *badlands*.

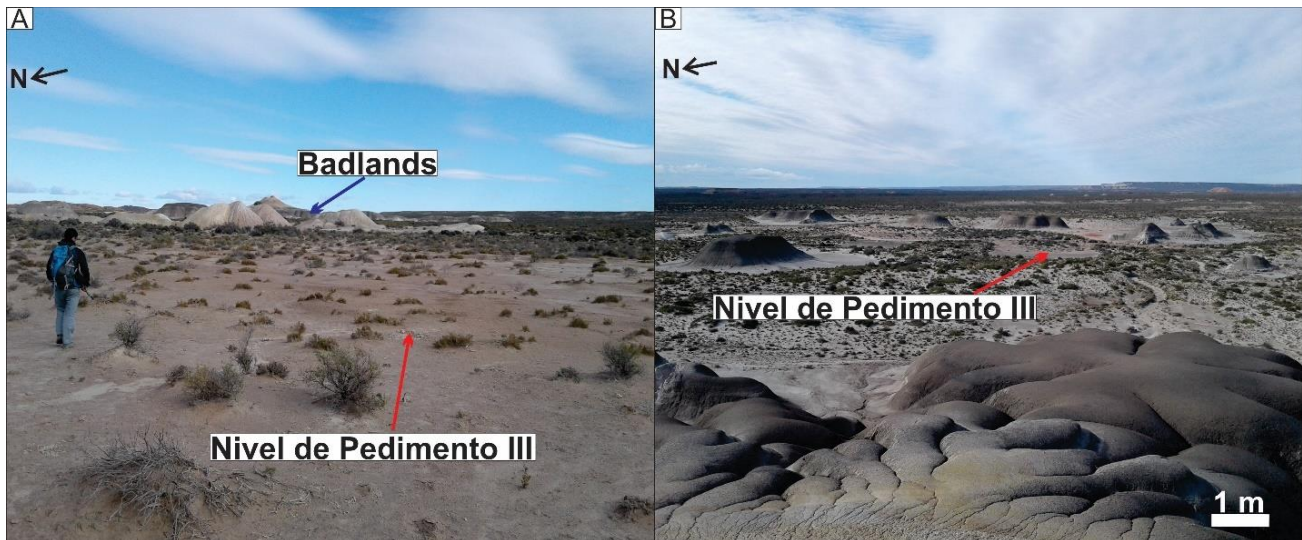


Figura 37. A y B) Nivel de pedimento III ubicado al pie de las geoformas de *badlands*.

Superficie de exhumación

Las superficies de exhumación cubren aproximadamente el 10% del área mapeada, lo que equivale a una extensión de 41 km² (Fig. 33). Esta unidad se encuentra a altitudes que varían entre los 90 y 155 msnm. Su formación se debe a la denudación de su cubierta, lo que ha dejado al descubierto afloramientos aislados de la Formación Marifil principalmente en los sectores centro-norte de la cuenca (Fig. 32). Se caracterizan por sus suaves lomadas que configuran una planicie, dándoles un aspecto distintivamente exhumado en el paisaje (Fig. 38).

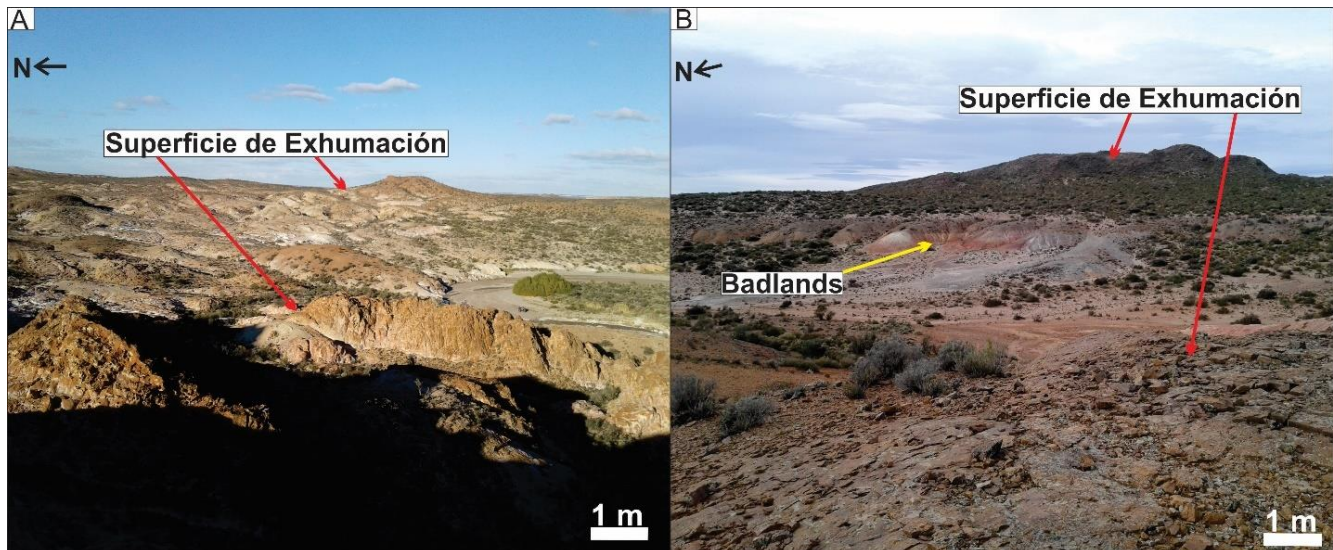


Figura 38. A y B) Afloramiento de la superficie de exhumación, visible en el paisaje como suaves lomadas que resaltan por su aspecto plano y elevado.

Terraza intermedia

Esta geoforma cubre una superficie de 9 km² en la CAA, equivalente al 2% del área total mapeada (Fig. 32). Se localiza principalmente en el margen oeste de la cuenca, con altitudes que oscilan entre los 85 y 110 msnm. La terraza intermedia se generó a partir de la depositación de un manto psefítico por agradación fluvial, seguida por procesos de pedimentación y remoción en masa. La dirección predominante del paleoflujo, orientada de suroeste a nordeste, se evidencia por la presencia de cauces abandonados y su inclinación regional. Aunque los depósitos tienen un origen fluvial, en la actualidad conforman una elevación topográfica, que dificulta la observación de los márgenes del valle original.

Terraza estructurada

La terraza estructurada abarca una superficie de 12 km², lo que representa el 3% del área total mapeada (Fig. 32). Estas terrazas se ubican principalmente en el margen sureste de la cuenca a altitudes que varían entre los 70 y 110 msnm. Algunas de estas superficies están delimitadas por una escarpa de erosión en retroceso activo, donde la acción fluvial remueve las gravas que cubren los faldeos, evidenciando un proceso continuo de erosión y modelado del relieve. En gran medida, estas terrazas estructurales se relacionan a estratos endurecidos de la Formación Salamanca.

Antiguo nivel estructural

Abarca aproximadamente el 12% del área total mapeada, lo que equivale a una superficie de 51 km². Se localiza principalmente en los márgenes sur y oeste de la CAA, con altitudes promedio de 285 msnm.

Este nivel estructural corresponde a la depositación de un manto psefítico generado por procesos de agradación fluvial previos a la formación del valle del río Chubut. En la actualidad, conforma una elevación que limita la observación de los márgenes del valle original, lo que sugiere su influencia en la configuración geomorfológica de la región.

Desde el punto de vista litoestratigráfico, el Antiguo nivel estructural se asocia con la presencia de la Formación Montemayor, especialmente en el sector occidental de la cuenca. La relación entre esta unidad y la dinámica fluvial del pasado indica la existencia de condiciones deposicionales diferenciadas, vinculadas a la evolución tectónica y sedimentaria de la región.

Bajada remanente

Esta geoforma abarca aproximadamente un 4% del área total del terreno, equivalente a una extensión de 11 km² (Fig. 32). Se localiza en el sector este de la cuenca y se caracteriza por su suave pendiente. Esta unidad está compuesta principalmente por sedimentos de gravas, arenas y limos, que se extienden desde las zonas de cabecera hasta la desembocadura del río Chubut. Su formación se debe a la coalescencia de una serie de conos y abanicos aluviales contiguos, dispuestos sobre las laderas de la cuenca, cada uno generado por un curso de agua torrencial e intermitente. Actualmente, estos cursos han quedado inactivos y han sufrido erosión.

Depósitos aluviales recientes

Esta unidad geomorfológica es una de las más relevantes de la cuenca, abarcando una extensión de 86 km², lo que representa aproximadamente el 20% de la superficie total (Fig. 32). Los depósitos aluviales (y en menor medida coluviales) más recientes se distribuyen en pequeños sectores dispersos a lo largo de la cuenca, principalmente en áreas cercanas a los cauces (Fig. 32). Estos depósitos provienen de las zonas de cabecera, transportando sedimentos de las unidades litoestratigráficas/geomorfológicas circundantes. Están formados por materiales inconsolidados, con tonalidades que varían desde el gris hasta el castaño claro. Los granos tienen tamaños variables, que van desde gravas, arena fina, hasta limos y arcillas en diversas proporciones. También se encuentran en taludes o áreas de pendiente pronunciada, y su espesor rara vez supera el metro.

En parte, estos depósitos presentan retrabajo eólico, el cual se manifiesta por deflación y depósito de sedimentos finos, como limos y arenas, que son removilizados por el viento desde las superficies expuestas. Esto da lugar a la formación de capas superficiales delgadas, velos arenosos o microformas como ripples. Dichas modificaciones son frecuentes en sectores planos o con escasa cobertura vegetal, donde la acción eólica tiene mayor influencia.

Deslizamientos

En las zonas de altas pendientes ubicadas cerca de la cabecera de la cuenca, se observan procesos de remoción en masa, identificados principalmente como deslizamientos. Su extensión areal es muy reducida, lo que dificulta su diferenciación en el mapa a la escala utilizada (Fig. 32). Esta geoforma está asociada principalmente a los *badlands* que se encuentran en escarpas de erosión en la parte superior de la cuenca.

En el campo, se pueden distinguir bloques de rocas cenozoicas, tales como la Formación Río Chico que han sido removilizados pendiente abajo, manifestándose en muchos casos como deslizamientos rotacionales (Fig. 39).

Las evidencias de movimientos en masa se presentan en zonas de “arranque” de materiales, a menudo con escarpas bien definidas, bloques deslizados e inclinados, relieve escalonado y una topografía de lomadas. Estas lomadas, formadas por la acumulación de materiales desplazados, han generado modificaciones locales en la topografía, creando un paisaje característico y distintivo en la cabecera de la cuenca.

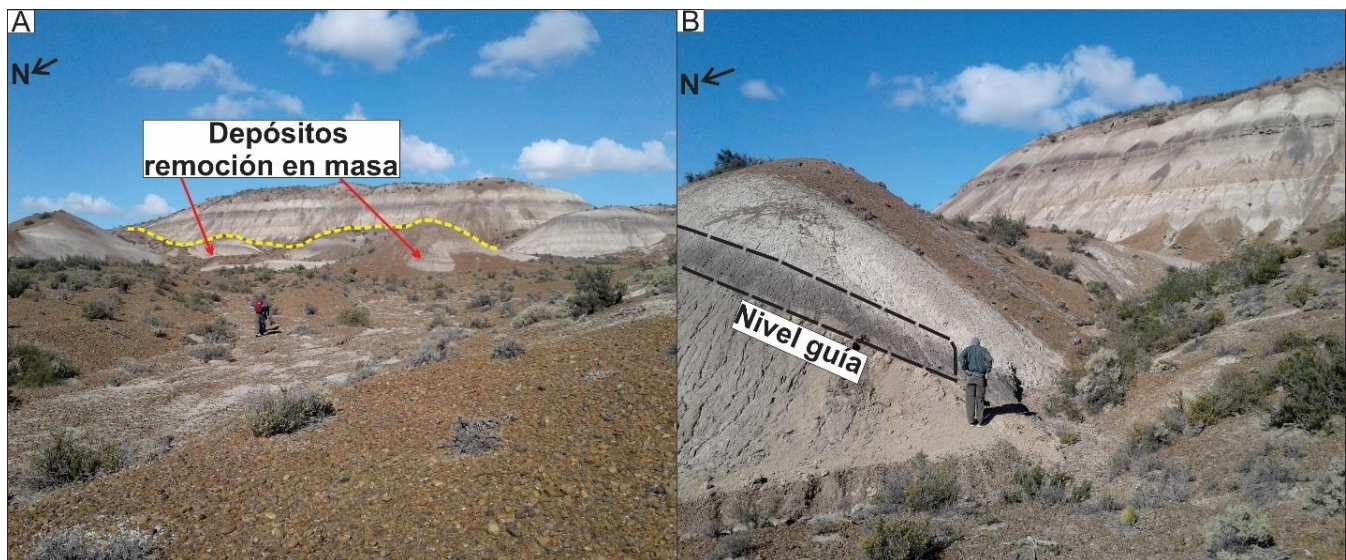


Figura 39. A) Marcados con líneas amarillas punteadas se delimitan los depósitos de remoción en masa, que afectan a la Formación Río Chico. B) Las líneas negras punteadas destacan el nivel guía de color gris oscuro (Formación Río Chico), que sirve como evidencia de deslizamientos rotacionales.

3.3 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CAA Y SUS SUBCUENCAS

La CAA abarca un área de 420 km², y tiene un perímetro aproximado de 124 km. Su ancho varía considerablemente a lo largo de su longitud, oscilando entre 18 y 30 km, lo que depende de la configuración del terreno.

La altitud máxima de la cuenca se localiza en su límite sur, alcanzando los 288 msnm, mientras que la altitud mínima alcanza los 51 msnm, en las zonas cercanas a la desembocadura, (Tabla 2 y Fig. 40). Estas variaciones topográficas influyen en la dinámica hidrológica general de la cuenca, determinando que la dirección del flujo predominante sea hacia el norte, donde culmina en el río Chubut.

De acuerdo a los patrones de drenaje observados, la CAA puede subdividirse en tres subcuencas, nominadas como A, B y C, cada una con su propio sistema de drenaje y características particulares (Tabla 2). El orden jerárquico máximo de la red de drenaje es de 5 para las subcuencas A y C, mientras que para la subcuenca B es de 4. En todos los casos, la disposición de los cursos de agua presenta un patrón dendrítico (Fig. 41).

Parámetros fisiográficos cuenca total	Valor	Parámetros fisiográficos- Subcuencas	A	B	C
Área total (Km ²)	420	Área (Km ²)	171	151	98
Perímetro (Km)	124	Perímetro (Km)	72	82	62
Ancho máximo (Km)	30	Longitud axial (Km)	17	20	14
Elevación promedio (msnm)	96	Cota máxima cauce principal (msnm)	280	275	257
Elevación mínima (msnm)	51	Longitud cauce principal (Km)	42	31	43
Elevación máxima (msnm)	288	Orden de la corriente	5	4	5
		Número de escurrimiento orden 1	64	62	46

Tabla 2. Parámetros fisiográficos de la cuenca total. Parámetros fisiográficos de las subcuencas A, B y C.

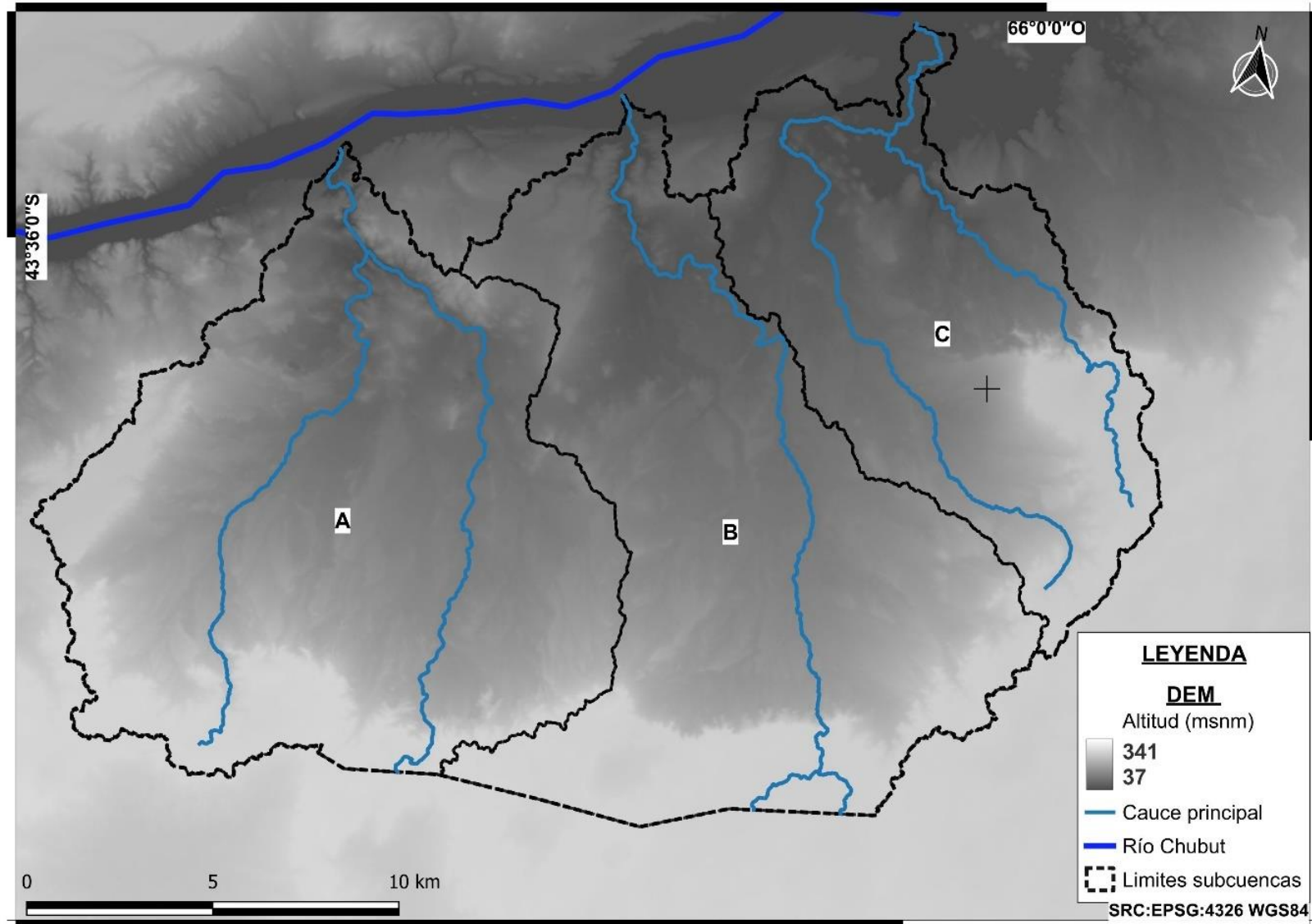


Figura 40. Cuenca principal, límites de las subcuencas A, B y C y sus cauces principales. Mapa realizado sobre un modelo de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés).

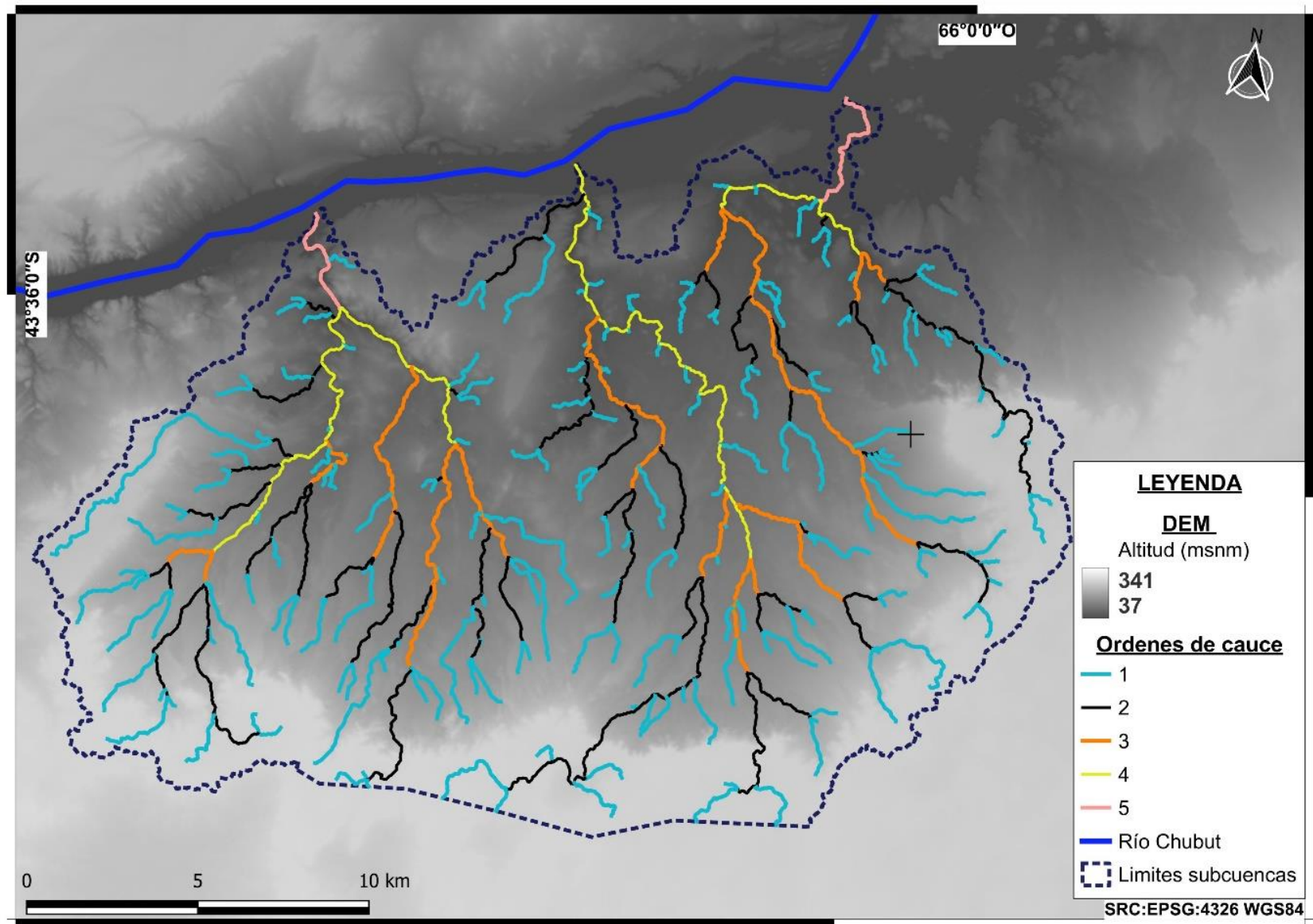


Figura 41. Delimitación de la cuenca total y los órdenes de cauce que permite distinguir tres redes de drenaje de tipo dendrítico. Mapa realizado sobre un modelo de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés).

3.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS GEOFORMAS EN LAS SUBCUENCAS A, B y C

Las cinco unidades geomorfológicas más destacables en su distribución espacial en las subcuencas son las siguientes:

Subcuenca A: Con una superficie de 171 km², los *badlands* representan el 37% del área, seguidos en proporción por los depósitos aluviales recientes que constituyen el 16%. Los niveles de pedimentos I, II, III ocupan el 8%, 12% y 7% respectivamente (Figs. 42 y 43).

Subcuenca B: Esta subcuenca abarca aproximadamente 151 km². Aquí, los *badlands* ocupan el 27% de la superficie, mientras que los depósitos aluviales recientes representan el 17%. Los niveles de pedimentos I, II, III abarcan el 9%, 14% y 9% respectivamente (Figs. 44 y 45).

Subcuenca C: Con una superficie de 98 km², los *badlands* comprenden el 21% del área, mientras que los depósitos aluviales recientes alcanzan el 20%. Los niveles de pedimento I, II y III ocupan el 8%, 9% y 14% respectivamente. Además, la superficie de exhumación representa el 9% de esta subcuenca (Figs. 46 y 47).

Estos resultados muestran patrones similares en la distribución de las unidades geomorfológicas dominantes, destacando la presencia significativa de los *badlands* y los depósitos aluviales recientes, así como de los niveles de pedimento I, II y III.

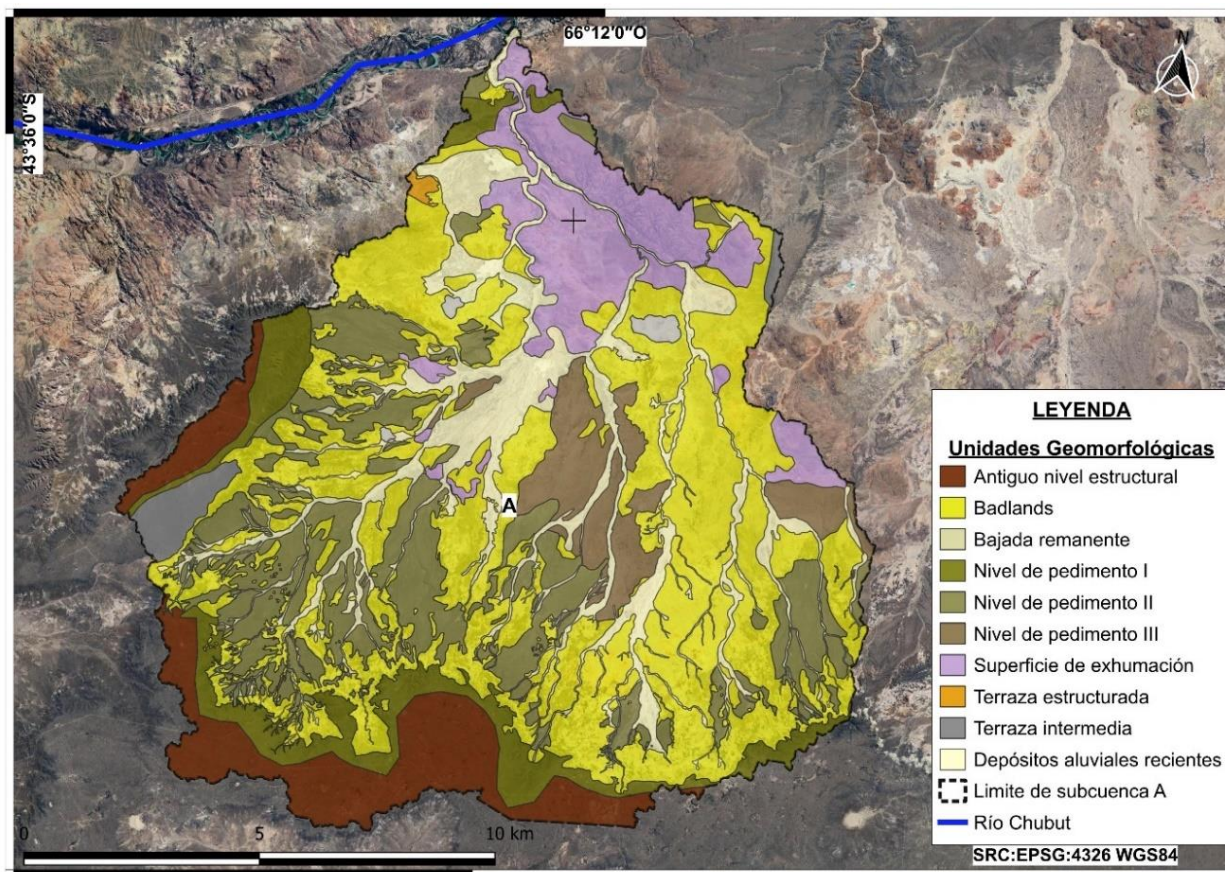


Figura 42. Mapa geomorfológico de la subcuenca A.

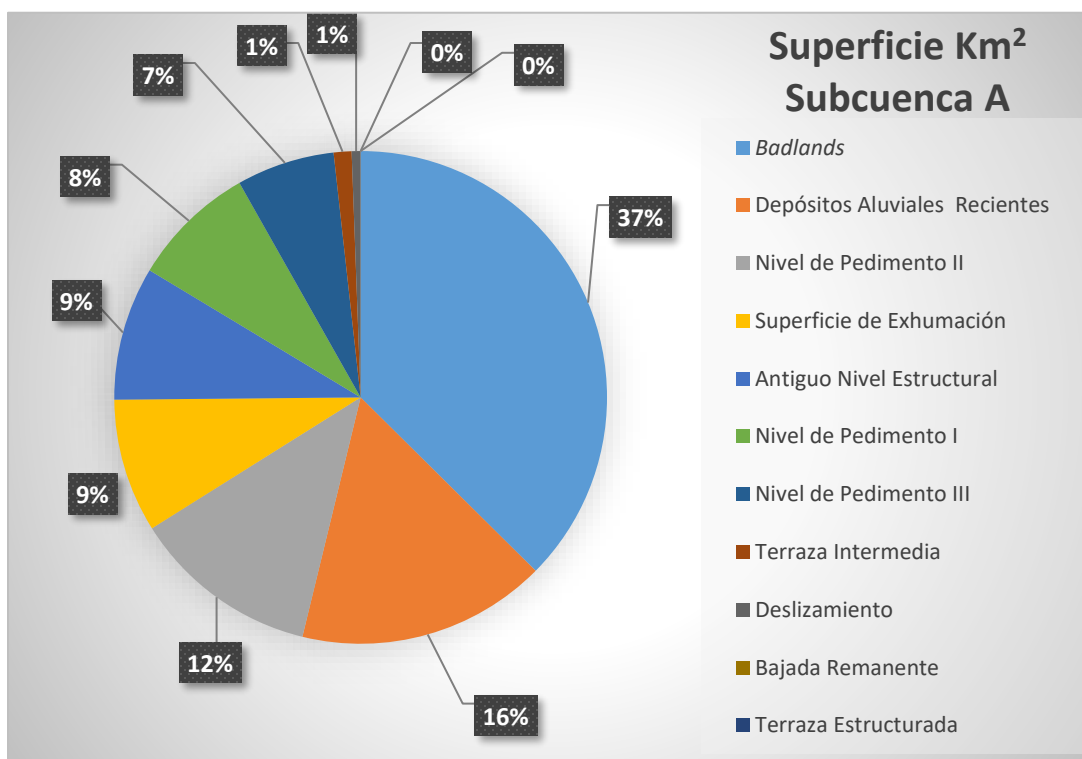


Figura 43. Gráfico circular con los resultados obtenidos de los porcentajes que representan las superficies en kilómetros cuadrados las unidades geomorfológicas en la subcuenca A.

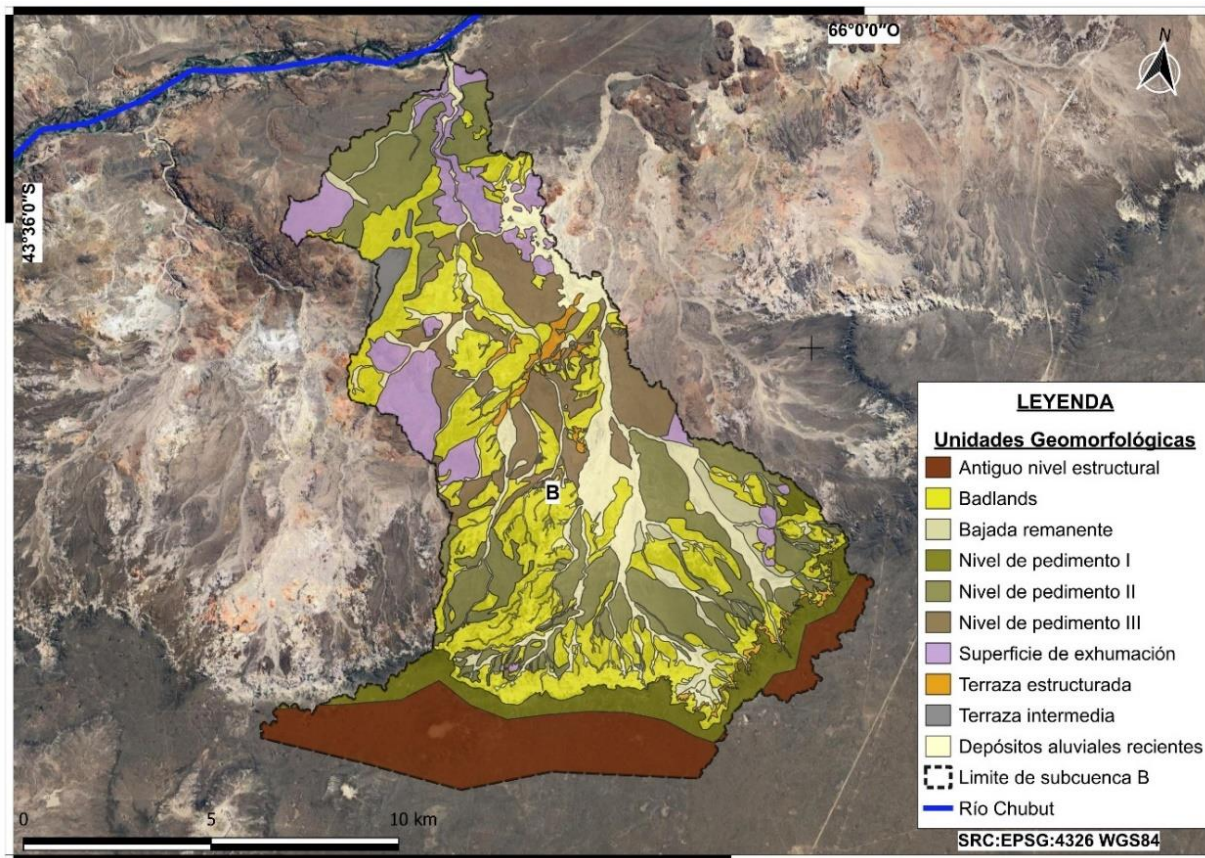


Figura 44. Mapa geomorfológico de la subcuenca B.

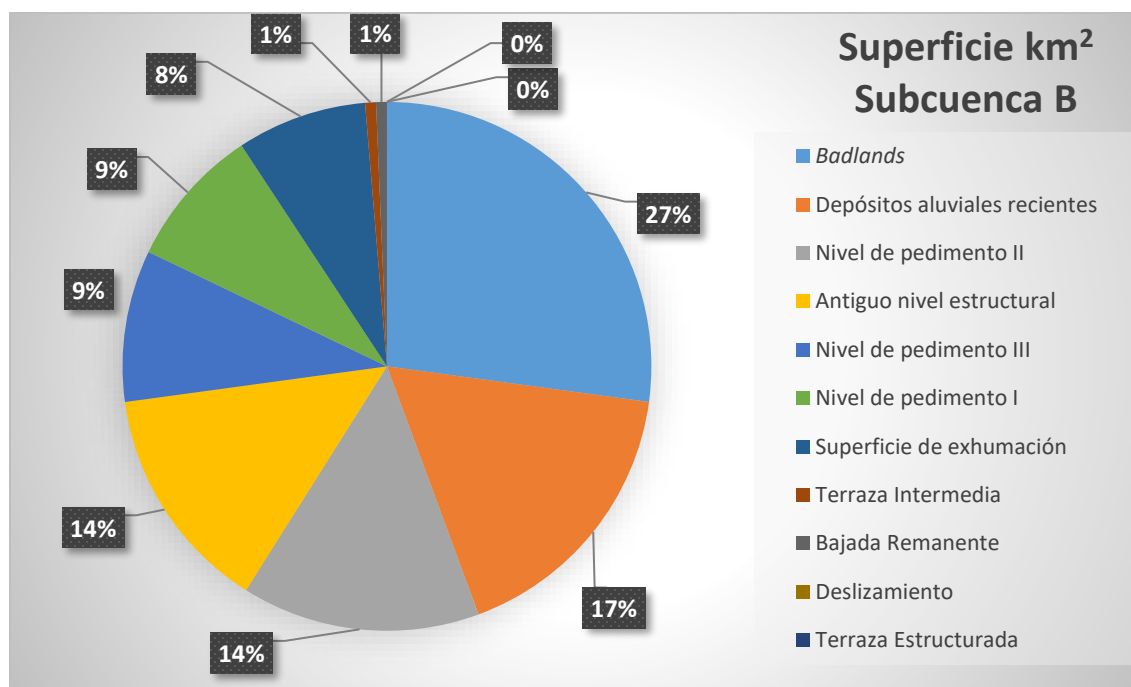


Figura 45. Gráfico circular con los resultados obtenidos de los porcentajes que representan las unidades geomorfológicas en la subcuenca B.

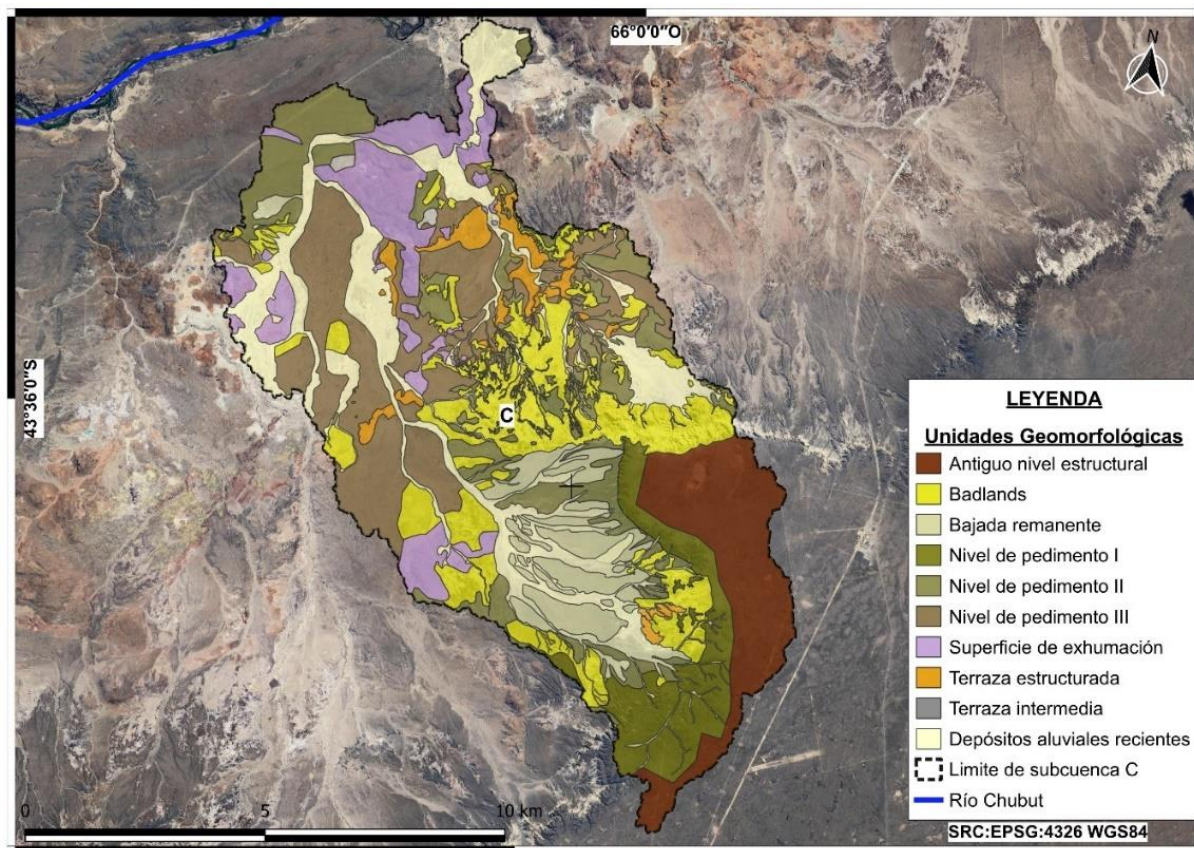


Figura 46. Mapa geomorfológico de la subcuenca C.

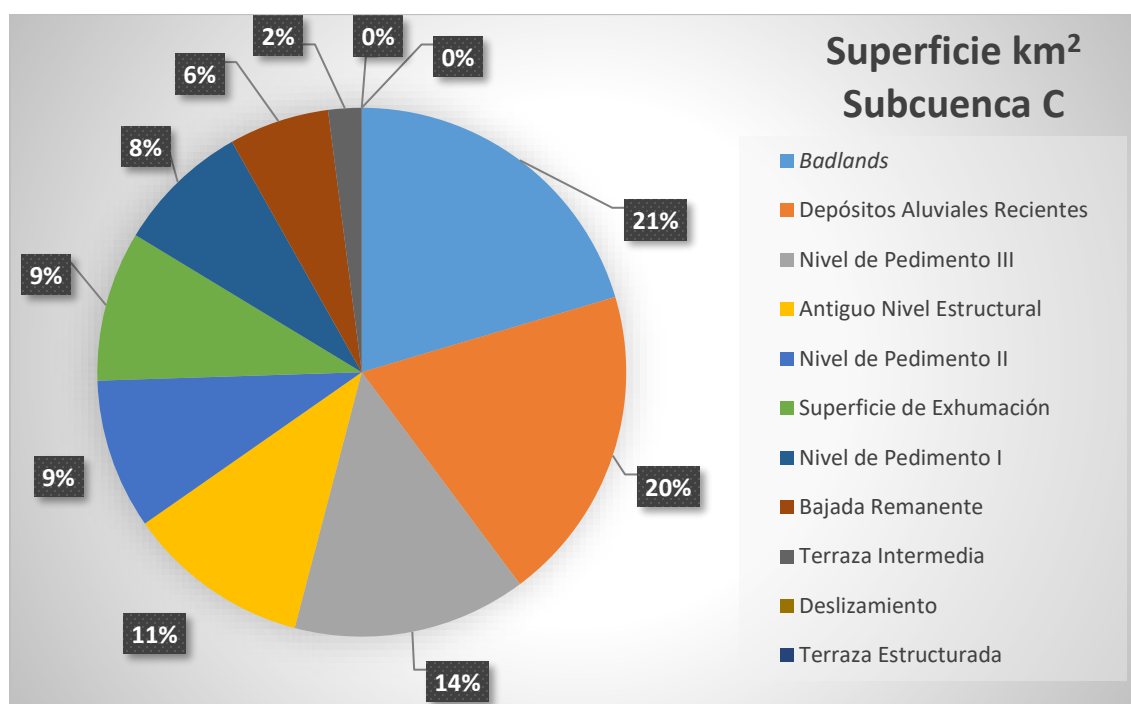


Figura 47. Gráfico circular con los resultados obtenidos de los porcentajes que representan las unidades geomorfológicas en la subcuenca C.

3.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DE CAUCES ACTIVOS EN LA CAA

En la CAA se han identificado varios cauces efímeros activos, que han sido clasificados en diferentes órdenes para evaluar sus características morfológicas y sedimentológicas. Estos cauces, etiquetados como C1 a C7 en el mapa (Fig. 48), presentan una variedad de anchos que oscilan entre 15 y 90 metros, lo que refleja la heterogeneidad del paisaje fluvial.



Figura 48. Mapa de la CAA con la ubicación de los puntos de observación (C1- C7) en los cauces principales de cada subcuenca.

Los cauces de orden 1 a 3 exhiben lechos sedimentarios predominantemente compuestos por materiales provenientes de las formaciones Salamanca, Río Chico, Sarmiento y Montemayor. Estas formaciones son claves para la dinámica sedimentaria de la cuenca, ya que aportan material granular que se redistribuye durante los episodios de flujo. En el caso de las formaciones Salamanca, Río Chico y Sarmiento, éstas aportan mayormente materia arenofangosa, mientras que la Formación Montemayor aporta fundamentalmente gravas. La morfología de estos cauces muestra una estrecha relación con las características geológicas subyacentes, como se puede observar en las figuras 49 a 52.



Figura 49. Vistas de campo de cauces efímeros. A) La flecha amarilla indica la dirección de flujo del cauce, clasificado como de orden 1. Este cauce, C1 en el mapa de la figura 46, atraviesa geoformas de *badlands* y nivel de pedimento II, ubicándose en las zonas altas de la cuenca. B) Se observa el lecho del cauce, compuesto de clastos de gravas subredondeados, dispuestos sobre una superficie arcillosa de tonalidad grisácea. Las paredes del cauce, situadas cerca de la geoforma de *badlands*, alcanzan hasta 2 metros de altura. C) Las líneas punteadas naranja marcan una sucesión sedimentaria estratificada reciente, que comienza con gravas y arenas, seguida de arenas finas y limo-arcilla, con un espesor total de 50 centímetros.

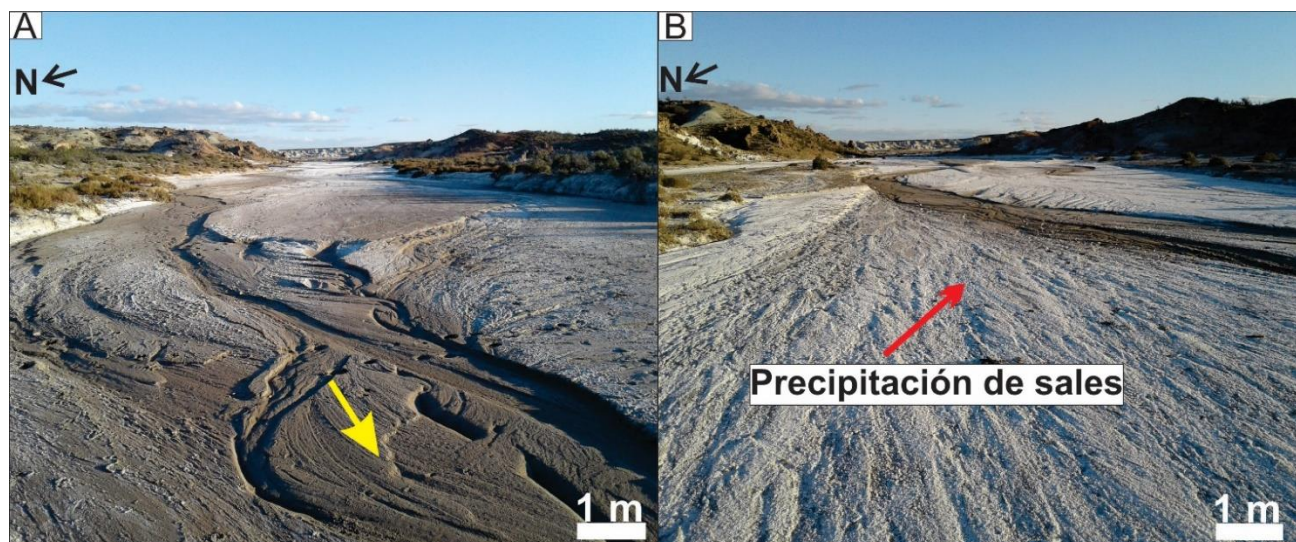


Figura 50. Vistas de campo de cauces efímeros. A) La flecha amarilla indica la dirección del cauce efímero, donde se distinguen tonalidades blanquecinas en la superficie del lecho, características de depósitos salinos. Este cauce corresponde a la C2 en la figura 46. B) Se observa una capa superficial de pocos centímetros de espesor, de color blanquecino, formada por la precipitación de sales minerales en la superficie del cauce.



Figura 51. Se observa en uno de los márgenes del cauce un tono gris claro en la base, correspondiente a la Formación Salamanca. Sobre ella, en contacto erosivo, subyacen depósitos cuaternarios de hasta 1 metro de espesor, compuesto por limo y arcillas. El lecho del cauce se encuentra tapizado por gravas subredondeadas procedentes de la Formación Montemayor. Este sector pertenece a C3, el cual corresponde a un cauce de orden 3.

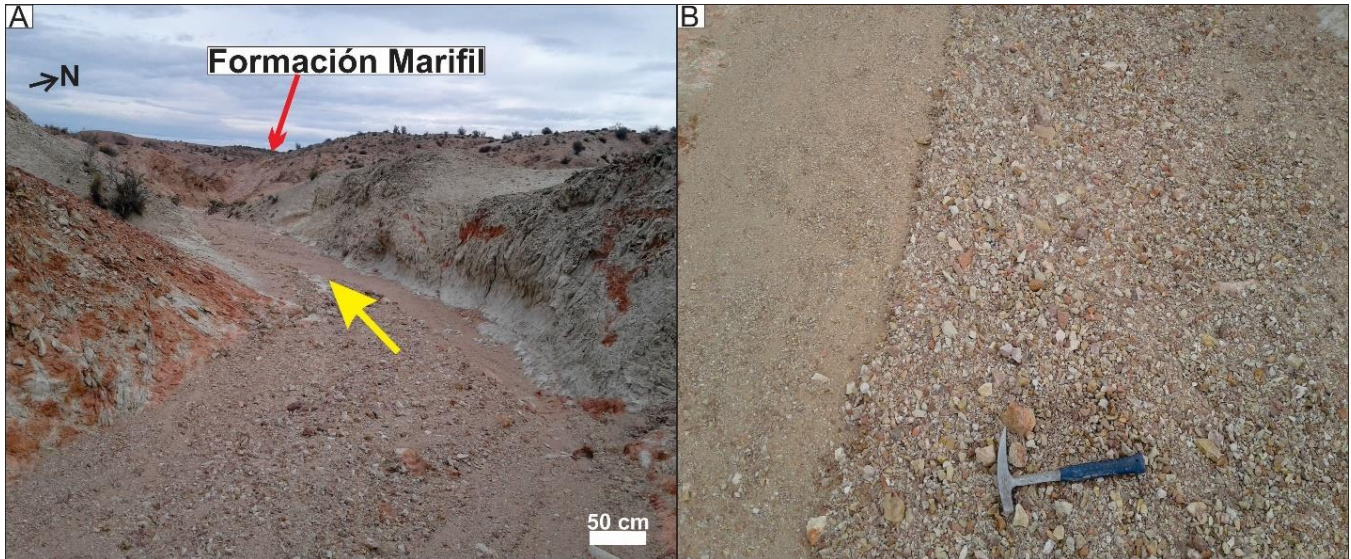


Figura 52. Vistas de campo de cauces efímeros. A) La flecha amarilla indica la dirección del cauce efímero de orden 3, que atraviesa la Formación Marifil, identificado como C4. B) Se observa el lecho del cauce compuesto por una superficie de clastos de ignimbritas meteorizadas procedentes de la Formación Marifil.

En los cauces de orden superior (4 y 5), se observa una notable exposición del lecho rocoso, dominado por bloques angulosos provenientes de la Formación Marifil (Figs. 53, 54 y 55). Esta formación se caracteriza por su mayor grado de resistencia a la erosión y remoción de materiales, lo que influye directamente en la configuración de los cauces y en su capacidad para transportar sedimentos más gruesos y angulosos. La presencia de estos bloques angulosos, junto con las formaciones de arcillas y limos muestra cómo la geología subyacente controla tanto la erosión como la depositación en estos sistemas fluviales.



Figura 53. Las flechas rojas indican los márgenes del cauce, donde se observan paredones de ignimbritas que alcanzan los 12 metros de altura. La superficie del lecho está compuesta por bloques angulosos de ignimbritas de la Formación Marifil, con sectores que presentan arenas, limo y arcillas. El cauce es de orden 4, identificado como C5.

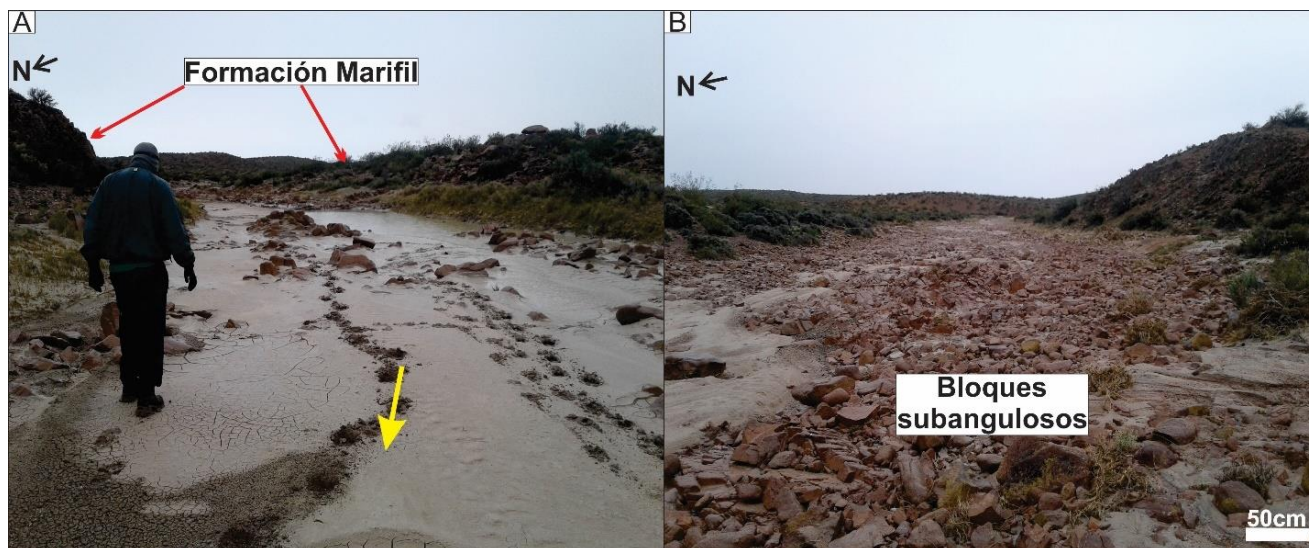


Figura 54. Vista general de un cauce de orden 4. A) Se observa la superficie del lecho, compuesta por bloques angulosos de ignimbritas dispersos de la Formación Marifil, rodeados de limo y arcillas con grietas de

deseccación, correspondiente a C6. B) Detalle de la superficie del lecho, dominada por bloques angulosos de (hasta 40 cm), provenientes de la Formación Marifil.



Figura 55. Vista de un cauce efímero de orden 4. La flecha amarilla indica la dirección del flujo. Se observa una amplia superficie arenosa-gravosa de aproximadamente 70 metros de ancho, en sus márgenes la Formación Marifil. Este cauce corresponde a C7.

La actividad de estos cauces efímeros es intermitente, dependiendo principalmente de la intensidad de las precipitaciones y del régimen hídrico de la región. Durante lluvias intensas, los cauces pueden experimentar flujos significativos, arrastrando sedimentos y modificando rápidamente el paisaje fluvial. Sin embargo, en períodos entre lluvias (casi todo el año) estos cauces permanecen secos, resaltando así su naturaleza efímera. Esta intermitencia no solo es un factor crucial en la evolución del paisaje y en la removilización de sedimentos, sino también en la planificación de estrategias de conservación y gestión hídrica en la CAA.

Los diferentes anchos y órdenes de los cauces, en conexión con las formaciones geológicas presentes, brindan una visión integral de la dinámica fluvial en la cuenca. Este conocimiento es esencial para la gestión eficaz de los recursos hídricos y para la toma de decisiones en cuanto a la conservación y mitigación de riesgos, considerando la importancia de los cauces efímeros en el ciclo hidrológico y en la evolución geológica del paisaje.

Análisis mineralógico de sedimentos recientes

En esta última sección, se presentan los resultados del análisis de cinco muestras obtenidas de barras laterales de acumulación reciente en cauces efímeros en la subcuenca A (Fig. 56). Las muestras, etiquetadas como M1PT, M2PT, M3PT, M4PT y M5PT, fueron sometidas a análisis difractométricos, revelando la presencia de arcillas interestratificadas de tipo esmectita-illita y caolinitas, cuarzo, feldespato potásico y zeolita (Figs. 57 y 58). Estos minerales permiten estimar la influencia de las distintas unidades litoestratigráficas sobre los procesos de escurrimiento y sedimentación en la cuenca.

Asimismo, se identificó un extenso desarrollo de sales en la superficie de un sector dentro de la subcuenca A, compuestas mayormente por halita potásica y thenardita (Fig. 59)

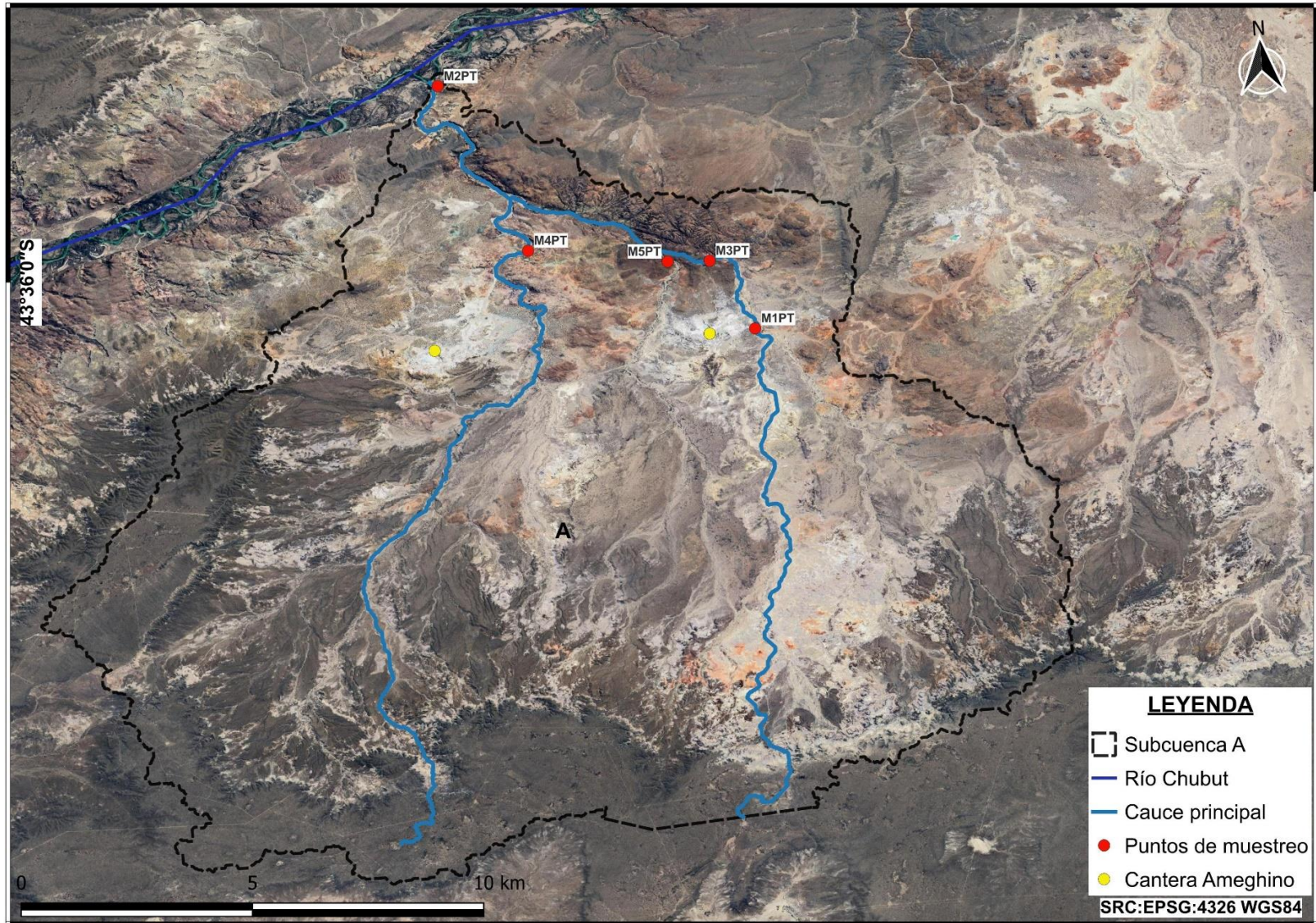


Figura 56. Ubicación de los puntos de muestreo de las barras laterales en la subcuenca A.

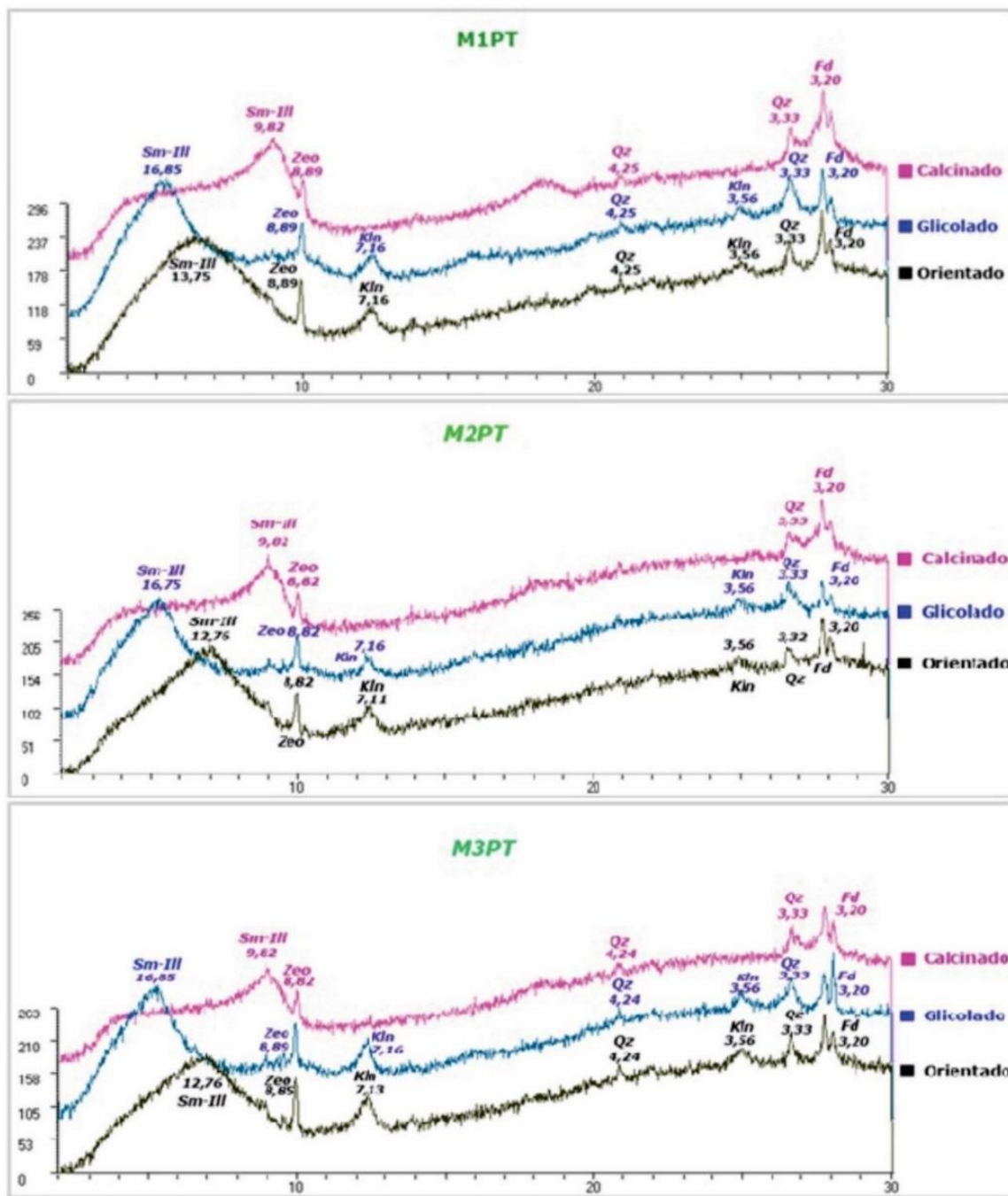


Figura 57. Difractogramas de las muestras M1PT, M2PT y M3PT (subcuenca A), en donde se destacan picos característicos de arcillas interestratificadas de tipo esmectita-Illita (Sm-III) y caolinita (Kln). Además, se detectaron picos de reflexión correspondiente de cuarzo (Qz), feldespatos (Fd), y a zeolitas (Zeo).

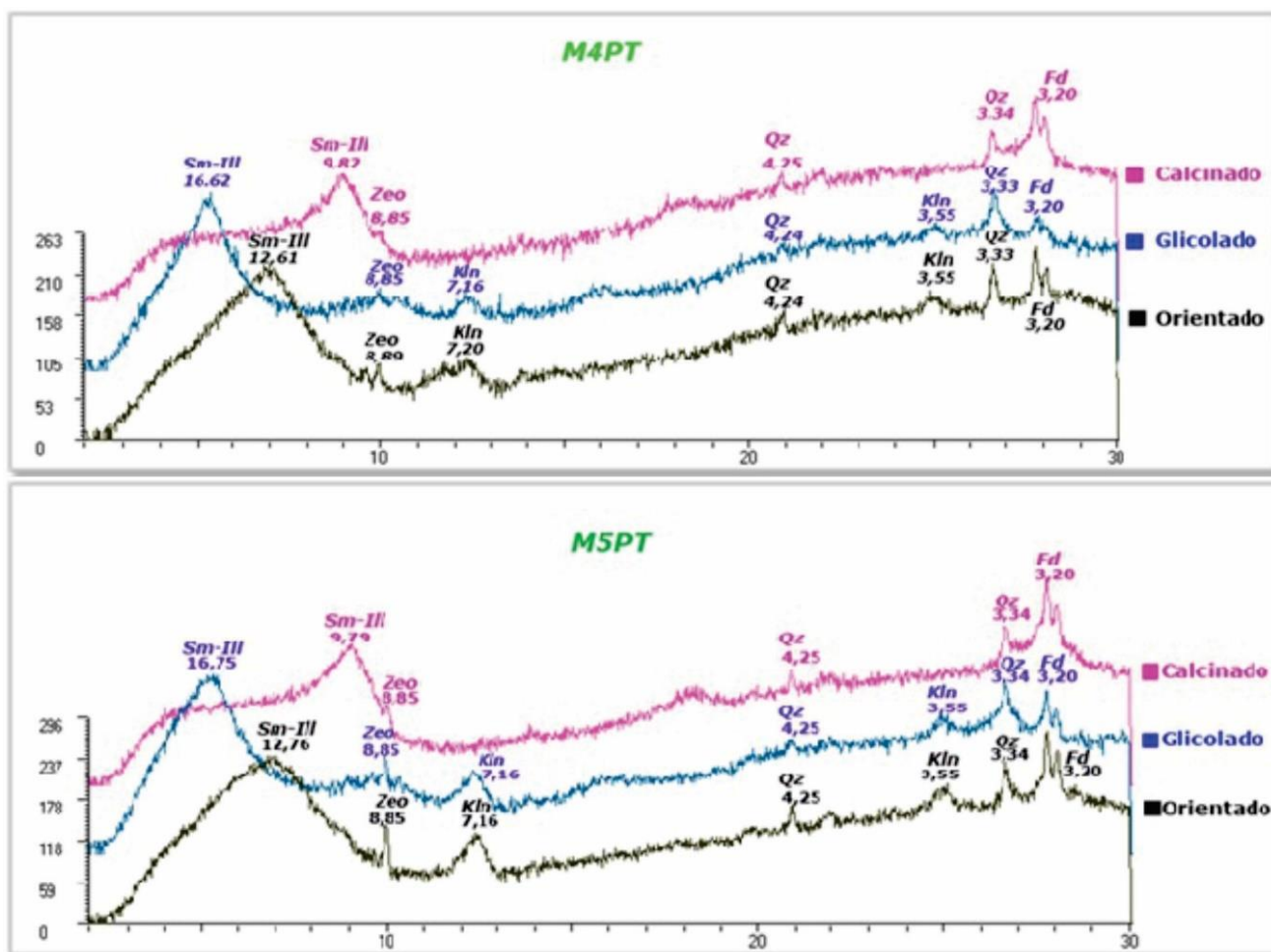


Figura 58. Difractogramas de las muestras M4PT y M5PT (subcuenca A), se destacan picos característicos de arcillas interestratificadas de tipo esmectita-Ililita (Sm-III) y la caolinita (Kln). Además, se detectaron picos de reflexión correspondiente a cuarzo (Qz), feldespatos (Fd), y zeolitas (Zeo).

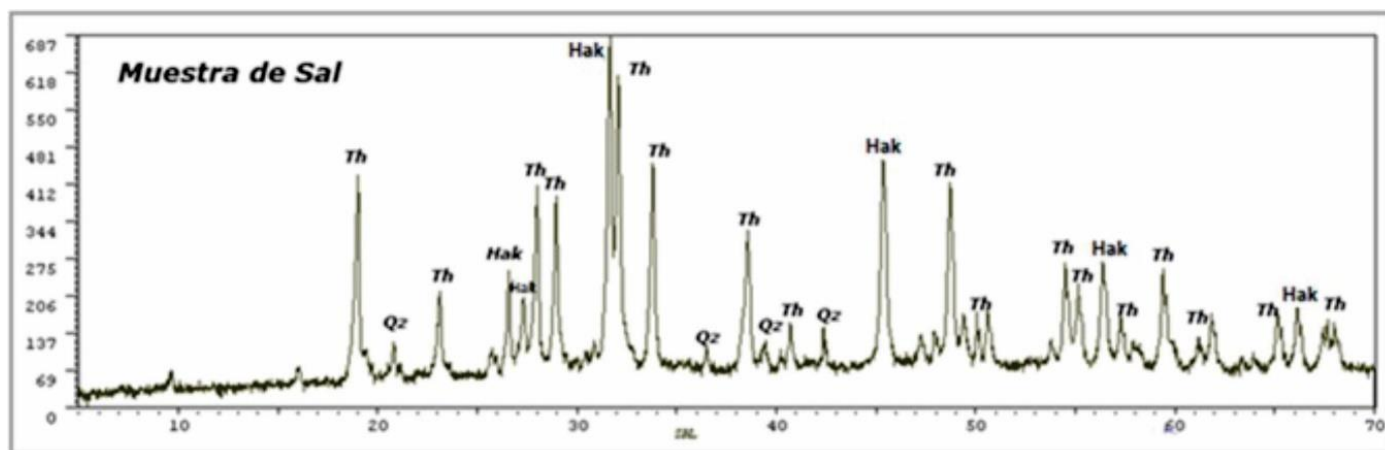


Figura 59. Difractograma de la muestra de sal (subcuenca A), se destacan picos de halita potásica (Hak) además de thenardita (Th) y cuarzo (Qz) probablemente forme parte de los sedimentos cuaternarios, no de las sales.

3.6 INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS

El mapeo geológico de la CAA muestra un predominio areal de rocas sedimentarias cenozoicas (61%), con escasa representación de las volcanitas jurásicas (11%). Considerando que las formaciones cenozoicas están mayormente constituidas por rocas poco consolidadas y friables (Salamanca, Río Chico y Sarmiento), gran parte de la cuenca expone materiales con propensión a la erosión. Aunque la dureza de la Fm. Marifil supondría a *priori* menor provisión de sedimentos a los sistemas fluviales de la cuenca, la erosión de sus alteraciones caoliníticas constituyen potenciales fuentes de material arcilloso. Estas particularidades geológicas se expresan también en el predominio de geoformas erosivas (*badlands*: 27%, nivel de pedimentos I, II y III: 29%, terrazas estructurales: 14% y superficie de exhumación: 9%) por sobre las depositacionales (depósitos aluviales: 19%); este desfasaje entre geoformas erosivas y depositacionales debe representar también que parte de los sedimentos generados en la CAA son transportados aguas abajo por el río Chubut. Por otro lado, el análisis morfométrico realizado muestra que las redes de drenaje tienen diseño dendrítico y alcanzan altos órdenes de cauce (4°- 5° orden) en pocos kilómetros de recorrido, expresando un sustrato relativamente homogéneo y poco permeable (pelitas, tobas y volcanitas). Las tres subcuencas muestran parámetros morfométricos similares, destacándose los desniveles de 250 m que se reparten en sólo 14-20 km; estas pendientes elevadas, sumado a la escasa cobertura vegetal, incrementan la velocidad del agua y su capacidad erosiva durante los eventos de precipitaciones.

Al escenario geológico y geomorfológico descrito se le suman las condiciones climáticas áridas de la región, haciendo suponer que: i) buena parte del material meteorizado permanece dentro de la cuenca de drenaje durante los períodos secos, ii) la precipitación de sales tiene lugar dentro de los cauces efímeros por evaporación de aguas residuales, y iii) la removilización y transporte de los sedimentos hasta el río Chubut tiene lugar en momentos de lluvias intensas a través de sus cauces efímeros.

Los análisis de DRX realizados sobre rocas sedimentarias y sedimentos actuales tuvieron por finalidad aproximar la incidencia de las unidades litoestratigráficas en la producción de sedimentos:

- 1) La presencia de caolinita tanto en pelitas de las formaciones Salamanca y Río Chico (Figs. 16 y 27) como en sedimentos recientes (Figs. 57 y 58), indicaría que ambas unidades tienen incidencia en la provisión de materiales arcillosos.
- 2) La presencia de arcillas interestratificadas de tipo esmectita-illita en sedimentos fluviales actuales (Figs. 57 y 58) podría tener su origen en las formaciones Río Chico y Sarmiento, donde también fueron reconocidas estas arcillas (Figs. 23, 27 y 30).
- 3) La presencia de feldespatos potásicos presente en sedimentos recientes (Figs. 57 y 58) sólo tuvo correlato en la Formación Río Chico (Figs. 26 y 27).
- 4) La presencia de sales como halita potásica y thenardita (SO_4Na_2) demuestran el lavado, circulación y precipitación de sales ricas en sodio, frecuentes en rocas de origen marino (ej. Formación Salamanca).
- 5) La presencia de zeolitas en sedimentos fluviales (Figs. 57 y 58) no tuvo correspondencia en ninguno de los análisis realizados en las formaciones Salamanca, Río Chico y Sarmiento.

Estos resultados confirmarían que las unidades cenozoicas constituyen las principales fuentes de sedimentos finos a la CAA, tal como se infirió a partir de su friabilidad y alta representación areal. Sin embargo, también habría que considerar otras posibles fuentes de sedimentos no abordadas en este trabajo: i) parte del caolín y las zeolitas podrían ser aportados directamente por los niveles alterados de la Fm. Marifil, ii) parte del caolín podría provenir de la explotación de este recurso en canteras de la región (transporte hidro-eólico), iii) los niveles no muestreados de las unidades cenozoicas podrían mostrar otras composiciones mineralógicas, y iv) la erosión de depósitos cuaternarios (ej. niveles de pedimentos) podría contribuir al aporte de materiales.

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN

La cartografía geológica de la zona de estudio fue abordada tanto de manera regional (Sacomani y Panza, 2007) como local (Panza et al., 2002) durante los años 2000. Adicionalmente, la elaboración de mapas geológicos y geomorfológicos de detalle para la CAA (Figs. 5 y 32) constituyen un aporte original al conocimiento de la zona. Estos resultados cobran

especial interés cuando la región mantiene actividad minera por la exploración de caolín, caliza y arcillas (Panza et al., 2002, Sacomani y Panza, 2007).

A partir de los recientes problemas de abastecimiento de agua potable para el VIRCH, la región adquirió importancia nuevamente (Kaless et al., 2008, 2019, 2021, Kaless, 2015; Bilmes et al., 2023). Las cuencas emplazadas sobre los márgenes del río Chubut responden con inundaciones súbitas (*flash-floods*) y caudales extraordinarios durante episodios de lluvias intensas (Kaless et al., 2008, 2019, 2021, Kaless, 2015). Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que las características geológicas y geomorfológicas de la CAA favorecen la escorrentía superficial, porque: i) buena parte de la cuenca está conformada por rocas poco permeables y sin vegetación (*badlands*), ii) las subcuencas reconocidas presentan desniveles topográficos considerables (250 m) y cauces principales de pocas decenas de kilómetros de longitud, y iii) las subcuencas no muestran morfologías alargadas, reduciendo el tiempo de llegada de agua y sedimentos al río Chubut.

A modo de estudio piloto, Bilmes et al., (2023) analizaron las fuentes de sedimentos que llegan al río Chubut desde la cuenca Sagmata, ubicada inmediatamente al este de la CAA (Fig.2). El mapeo geológico de la CAA realizado en esta contribución extiende aguas arriba (40 km) el análisis realizado por estos autores sobre la margen sur del río Chubut. Contrastando los resultados obtenidos en este trabajo con la cuenca Sagmata (Bilmes et al., 2023), se reconoce que: i) la cuenca Sagmata es casi un cuarto del tamaño de la CAA (110 km² vs 420 km²), ii) en la cuenca Sagmata aflora además la Fm. Puerto Madryn, iii) la cartografía y caracterización geomorfológica de ambas cuencas muestra un predominio de geformas erosivas (*badlands*, pedimentos, terrazas estructurales y superficie de exhumación), reflejando el predominio de la erosión como proceso dominante en el modelado del paisaje, iv) los porcentajes de superficie ocupada por *badlands* es comparable (CAA: 27%, Sagmata: 28,1%- subcuenca Charito), y v) se considera que la caracterización mineralógica aplicada en este trabajo resultó una herramienta valiosa y original para establecer cualitativamente las principales fuentes de sedimentos.

En síntesis, los resultados de este estudio resaltan la estrecha relación entre la geología, la geomorfología y la composición mineralógica de los sedimentos en la Cuenca Aluvional Ameghino (CAA). La integración de datos provenientes de descripciones de campo, análisis petrográficos y mineralógicos, y estudios morfométricos permitió caracterizar de

manera integral la cuenca, identificando las unidades litoestratigráficas presentes y sus implicaciones en la dinámica sedimentaria. Este enfoque sienta las bases para futuras investigaciones y estrategias de manejo sustentable en la región.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

- La geología de la CAA está constituida por un sustrato de rocas jurásicas volcánicas (Fm. Marifil) y rocas sedimentarias cenozoicas (formaciones Salamanca, Río Chico, Sarmiento y Montemayor).
- La CAA muestra variedad y predominio de geoformas erosivas por sobre las depositacionales, reflejando que constituye esencialmente una zona de producción de sedimentos disponibles para ser aportados al río Chubut.
- Las características geológicas y geomorfológicas de la CAA, sumado a las condiciones climáticas actuales, favorecen la ocurrencia de inundaciones repentinas durante lluvias intensas, con capacidad para movilizar importantes volúmenes de sedimentos que permanecen disponibles dentro de la cuenca.
- La integración de información multidisciplinar (litoestratigráfica, geomorfológica, petrográfica y mineralógica) permitió definir que las formaciones Salamanca, Río Chico y Sarmiento constituyen las unidades que más contribuyen a la provisión de sedimentos en la CAA. Estudios más detallados podrían aclarar el impacto de las actividades mineras en el aporte de sedimentos.
- Se considera que los resultados obtenidos pueden contribuir al diseño de estrategias en la gestión de los recursos hídricos en el VIRCH, particularmente en relación con la turbiedad del agua para consumo humano.

- A futuro, se recomienda continuar con estudios sobre la relación entre la mineralogía de los sedimentos y la calidad del agua, así como implementar sistemas de monitoreo para evaluar la evolución de la cuenca a largo plazo. La integración de técnicas avanzadas, como el análisis isotópico o modelos hidrosedimentológicos, podría proporcionar una comprensión más profunda de los procesos que rigen la cuenca y su respuesta ante escenarios de cambio climático y actividad antrópica.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, E. Y., Rabassa, J., y Aragón, E., (2014).** Paleo-landscapes of the Northern Patagonian Massif, Argentina. En: Rabassa, J., Ollier, C. (Eds.), *Gondwana Landscapes in Southern South America*. Springer, pp. 423–445.
- Aliotta, G., Domínguez, E., y Whewel, R., (1977).** Sedimentología de las psammitas del terciario inferior entre dique Ameghino y boca toma, provincia de Chubut, Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, XXXII (2):81-98.
- Aragón, E., Aguilera, E. Y., Cavarozzi, C., y Ribot, A., (2010).** The North Patagonian Altiplano and the Somón Cura basaltic plateau. *Geociências* 29 (4), 527-532.
- Aragón, E., Aguilera, E. Y., Cavarozzi, C. E., y Ribot, A., (2014).** The exhumation of the Northern Patagonian Massif Gondwana planation surface due to uprising during the Oligocene. En: Rabassa, J., Ollier, C. (Eds.), *Gondwana Landscapes in Southern South America*. Springer, pp. 517-525.
- Ardolino, A. A., Panza, J. L., y Yllañez, E., (1998).** Hoja 4566-I Garayalde, escala 1:250. 000, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Buenos Aires.
- Brea, M., Bellosi, E., y Krause, M., (2009).** Taxaceoxylon katuatenkum sp. nov. en la Formación Koluel-Kaike (Eoceno inferior-medio), Chubut, Argentina: un componente de los bosques subtropicales paleógenos de Patagonia. *Ameghiniana* 46(1): 127-140.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., y Wood, E. F., (2018).** Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1), 1–12. [https:// doi.org/10.1038/s41597-018-0002-5](https://doi.org/10.1038/s41597-018-0002-5).
- Beltramone, C., y Meister, C., (1992).** Paleocorrientes de los Rodados Patagónicos, tramo Comodoro Rivadavia - Trelew. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 47 (2): 147-152.

Bilmes, A., Cuitiño, J. I., Bouza, P., Scivetti, N., Rostagno, M., y Pascual, M., (2023). Critical areas for sediment delivery to the Chubut River, Patagonia Argentina: geomorphological evidence from the Sagmata pilot basin. *Journal of Maps* 19 (1).

Camacho, H.H., (1967). Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22 (4), 253-280.

Chebli, G., y Sciutto., J.C., (1977). Levantamiento geológico de la zona comprendida entre Sierra y Meseta Cuadrada, Garayalde y curso inferior del río Chico (Departamentos de Paso de Indios, Mártires, Escalante y F. Ameghino, provincia del Chubut). Informe Yacimientos Petrolíferos Fiscales, N° 0444, 60 pp., inédito. Buenos Aires.

Colman, C., Percudani, L., Wengier, B., Reato, A., Martínez, O., Brendel, M., y Iglesias, C., (2024). Rocas nucleares en el Grupo Chubut: discusión sobre su significado. *Actas XI JCTEM*, p. 29-32.

Coronato, F.R. (1994). Clima del nordeste del Chubut [Climate of the Northeast of Chubut]. In A. Súnico, P. Bouza, C. Cano, H. F. del Valle, L. Videla, & A. Monti (Eds.), *Guía de campo Península Valdes y Centro Noreste del Chubut*. CADINQUA. Séptima Reunion de Campo (pp. 13–20). CENPAT-CONICET.

Cortelezzi, C., De Francesco, F., y De Salvo, O., (1968). Estudio de las Gravas Tehuelches en la región comprendida entre el río Negro y el río Colorado, desde la costa atlántica hasta la Cordillera. *Actas Terceras Jornadas Geológicas Argentinas*, 3: 123 - 145.

Cortés, J.M., (1987). Descripción geológica de la Hoja 42h "Puerto Lobos", Provincia del Chubut. Dirección Nacional de Minería y Geología, Boletín 202, 93 p., Buenos Aires.

Del Valle, H.F., Blanco, P.D., Sione, W., Rostagno, C.M., y Elissalde, N.O., (2009). Assessment of salt-affected soils using multisensor radar data: A case study from Northeastern Patagonia (Argentina). En Metternicht, G., y Zinck A. (Eds.), *Remote sensing of soil salinization: Impact on land management* (1st ed, pp. 155–173). CRC Press.

Dickinson, W.R., y Suczek, C.A., (1979). Plate tectonics and sandstone composition. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 63: 2164-2182.

Feruglio, E., (1949 – 1950). Descripción geológica de la Patagonia, 3 tomos. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Buenos Aires.

Fidalgo, F., y Riggi., J.C., (1970). Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 25 (4): 430 - 443. Buenos Aires.

Foix, N., Krause, J.M., Bellosi, E., y Raigenborn, M.S., (2021). Sedimentitas paleógenas y neógenas del margen atlántico. En: Giacosa, R.E. (Ed.), *Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Chubut*, pp. 489-521.

Foix, N., Ocampo, S.M., Paredes, J.M., Allard, J.O., Giacosa, R.E., González, P.D., y Olazábal, S.X., (2023). Maastrichtian-Danian Northpatagonian rocky shore, Argentina. *Sedimentary Geology* 454, 106463.

Förstner, U., (2002). Sediment sampling, sample preparation, grain size corrections, and chemical criteria. En F. Burden, I. McKelvie, U. Förstner y A. Guenther (Eds.), *Environmental Monitoring Handbook*, McGrae-Hill, 14, 1-35. New York.

Franchi, M., (1983). Descripción geológica de la Hoja 45g Monte Triste, Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 191: 1-54. Buenos Aires.

Garzanti, E., (2019). Petrographic classification of sand and sandstone. *Earth-Science Reviews* 192: 545-563.

González Díaz E.F., y Di Tomasso I., (2011). Evolución geomórfica y secuencia estratigráfica relativa, de los niveles aterrazados del tramo más inferior del valle del río Chubut Provincia del Chubut: un aporte a la geología cuaternaria local. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 507-525.

González Díaz E.F., y Malagnino E.C., (1984). Geomorfología de la Provincia de Río Negro con Mapa Geomorfológico a escala 1:1.000.000. 9º Congreso Geológico Argentino Bariloche, 159 páginas. Publicación del Gobierno de la Provincia de Río Negro, Secretaría de Recursos Naturales. Viedma.

Haller, M.J., (1981). Descripción geológica de la Hoja 43h Puerto Madryn, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 184: 1-48.

Haller, M., Meister, C.M., Monti, A.J. y Weiler, N. (2005). Hoja Geológica 4366-ii, "Puerto Madryn", Provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales (SEGEMAR), Boletín 289, 39 p., Buenos Aires.

Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo Nacional 2022. www.censo2022.indec.gov.ar.

Kaless, G., Matamala, F., Monteros, B., y Greco, W., (2008). Cambios hidrológicos y morfológicos en el Río Chubut aguas abajo de la presa Florentino Ameghino. [Hydrological and morphological changes in the Chubut River downstream of the Florentino Ameghino dam]; Retrieved 28 February, 2022, from <http://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/123456789/609>. Spanish.

Kaless, G., (2015). Evaluación del modelo RUSLE para estimar la erosión de suelos en ambientes de clima desértico en patagonia. Cuaderno de Ingeniería Civil Orientación Hidráulica. Centro de Documentación del Departamento de Ingeniería Civil Orientación Hidráulica – Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. ISSN 1853-8479 Vol. 2 N° 1.

Kaless, G., Pascual, M., Flaherty, S., Liberof, A., Garcia Asorey, M., Brandizi, L., y Pessacg, N., (2019). Capítulo 22. Ecos de la tormenta de Comodoro Rivadavia en el Valle Inferior del Río Chubut. Aporte de sedimentos al Río Chubut desde la cuenca del Río Chico. En: Comodoro Rivadavia y la catástrofe de 2017. Paredes, J., (Compilador). Editorial de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Kaless, G., Malnero, H., Frumeto, O., y Pascual, M., (2021). When it rains in the desert of Patagonia: heavy rains, sediment laden flash floods and hazard management challenges. Authorea Preprints; Retrieved 28 February, 2022, from <https://www.authorea.com/10.22541/au.163534875.55080666>.

Kaless, G., Bastida, R., Iglesias, S., Belcaro, F., Villar, M., Brandizi, L., Días Farías, C., Rubinich Queupan, M., Bianchi, E., Zappellini, D. y Serra., J. (2023). Estimación del caudal máximo de inundaciones históricas em arroyos efímeros. Casos de la Patagonia semiárida (Argentina). Cuadernos de Ingeniería Civil Hidráulica. Acetate para publicación.

Kay, S.M., Ramos, V., Mpodozis, C., y Sruoga, P., (1989). Late paleozoic to jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: analogy to the middle proterozoic in north America? *Geology* 17(4): 324-328, Boulder..

Lapido, O., (1981). Descripción geológica de la Hoja 44g Cañadón Iglesias, provincia del Chubut. Boletín Servicio Geológico Nacional 185: 1-50.

Lapido, O., y Page, R., (1979). Relaciones estratigráficas y estructura del Bajo de la Tierra Colorada (provincia del Chubut). *Actas 7º Congreso Geológico Argentino*, 1: 299- 313.

Legarreta, L., y Uliana, M.A., (1994). Asociación de fósiles y hiatos en el supracretácico – Neógeno de Patagonia: una perspectiva estratigráfico – secuencial. *Ameghiniana* 31(3): 257- 281

Lesta, P.J., y Ferello, R., (1972). Región Extraandina de Chubut y Norte de Santa Cruz. A. F. Leanza, (ed.) I Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina: 601-653.

Malumián, N., (1999). La sedimentación en la Patagonia Extraandina. In: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de GEOLOGÍA y Recursos Naturales, *Anales*29 (18), pp. 557-612.

Malvicini, L., y Llambías, E., (1974). Geología y génesis del depósito de manganeso Arroyo Verde, Chubut. *5º Congreso Geológico Argentino*, 2: 185 -202. Buenos Aires.

Márquez, M.J., Massaferro, G.I., y Fernández, M.I., 2010. El volcanismo del Complejo Marifil en Arroyo Verde, vertiente suroriental del Macizo de Somún Cura, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66 (3): 314–324.

Mazzoni, M., (1985). La Formación Sarmiento y el vulcanismo Paleógeno. República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40: 60-68. Buenos Aires.

Mudroch, A., y Bourbonniere, R.A., (1994). Sediment preservation, processing, and storage. In: Mudroch, A., MacKnight, S.D. (Eds) *Techniques for Aquatic Sediments Sampling*. 2nd ed., pp. 131-169. Lewis Publ. Boca Raton.

Mudroch, A., y Azcue, J.M., (1995). *Manual of Aquatic Sediment Sampling*. 219 p. Lewis Publ. Boca Raton.

Náñez, C., y Malumián, N., (2008). Paleobiogeografía y paleogeografía del Maastrichtiano marino de Patagonia, Tierra del Fuego y de la Plataforma Continental Argentina basada en foraminíferos bentónicos. *Revista Española de Paleontología* 23, 273-300.

Navarrete, C., Gianni, G., Tassara, S., Zaffarana, C., Likerman, J., Marquez, M., Wostbrock, J., Planavsky, N., Tardani, D., y Perez Frasette, M., (2024). Massive Jurassic slab break-off revealed by a multidisciplinary reappraisal of the Chon Aike silicic large igneous province. *Earth-Science Reviews* 249, 104651.

Owen, O.M., Hughes, J., y Sassone, S.M., (2007). "Migración y Dinámicas Rurales en el Valle Inferior del Río Chubut" Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Conicet, IMHYCHU (Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas), DIGEO (Departamento de Investigaciones Geográficas).

Page, R.F., (1987). Descripción geológica de la Hoja 43g Bajo de la Tierra Colorada, provincia del Chubut. *Boletín Dirección Nacional de Minería y Geología*, 200: 1-82.

Pankhurst, R., Leat, P., Sruoga, P., Rapela, C., Márquez, M., Storey, B., y Riley, T., (1998). The Chon Aike province of Patagonia and related rocks in West Antarctica: a silicic large igneous province. *J. Volcanol. Geothermal Research* 81, 113-136.

Panza, J.L., (1979). Descripción geológica de la Hoja 45e Las Plumas, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, 97 pp., informe inédito. Buenos Aires.

Panza, J.L., (1981). Descripción geológica de las Hojas 46e «Gran Laguna Salada» y 47f «Meseta Cuadrada», provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, 227 pp., informe inédito. Buenos Aires.

Panza, J.L., Sacomani, L.E, Parisi, C. Rodriguez, M.F., y Aragón, E., (2002). Hoja Geológica 4366-27. Campamento Villegas. Provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 330, 154p. Buenos Aires.

Petriella, B., y Archangelsky., S., (1975). Vegetación y ambiente en el Paleoceno de Chubut. *Actas del I Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Tucumán, 1974)* 2: 257-270.

Pérez, D.E., Cuitiño, J.I., Busker, F., Farroni, N.D., Allende Mosquera, A., Giachetti, L.M., Iglesias, C., y Brendel, M., (2023). La Formación Arroyo Verde en el área del Dique Florentino Ameghino (Chubut, Patagonia): contenido faunístico y edad. *Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina*, 116-117. General Roca, Río Negro.

Polanski, J., (1963). Estratigrafía, Geotectónica y Geomorfología del Pleistoceno Pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza (Provincia de Mendoza). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 17: 127-319

Prohaska, F., (1976). The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. En E. Schwerdtfeger., (Ed.) *Climate of Central and South America. World Survey of Climatology* (57-69). Amsterdam, Países Bajos, Elsevier.

Ramos, V.A., (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Anales 29(3): 41-96. Buenos Aires.

Raigemborn, M.S., (2004). Caracterización de los minerales de arcilla de la Formación Koluél Kaike (Paleoceno superior – Eoceno inferior?) en el centro oeste de la cuenca del Golfo San Jorge, Chubut. X Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 145-146, San Luis.

Raigemborn, M.S., Brea, M., Zucol, A. y Matheos, S., (2006). Geology, fossil wood and phytolith assemblages from the Upper Paleocene-Eocene? of central Patagonia, Argentina. Climate and biota of the Early Paleogene Meeting, Volume of Abstracts: 108, Bilbao.

Ravazzoli, L., (1979). Descripción geológica de la Hoja 45f, Dique Florentino Ameghino, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, 74 pp., informe inédito. Buenos Aires.

Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D. y Yoder, D., (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the revised soil loss equito (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, AgricultureHandbook No. 703, 404 pp.

Roldán, V.A., (2021). Sociales links for a nexus approach from an ecosystem services perspective in Central-East Patagonia. In P. L. Peri, G. M. Pastur, & L. Nahuelhual (Eds.), Ecosystem services in patagonia: A multi-criteria approach for an integrated assessment (pp. 227). Springer Nature.

Roth, S., (1908) "Beitrag zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien und des Pampasregion", Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 26, pp. 92-150.

Sacomani, L.E., Panza, J.L., Parisi, C., y Pezzuchi, H., (2007). Hoja Geológica 4366-III, Las Plumas, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 291. 74 págs., Buenos Aires.

Simpson, G.G., (1933) Stratigraphic nomenclature of the Early Tertiary of central Patagonia: American Museum Novitates 644: 1-13.

Simpson, G.G., (1935a). Early and middle Tertiary Geology of the Gaiman region, Chubut, Argentina. American Museum Novitates 775: 1-29, New York.

Simpson, G.G., (1935b). Occurrence and relationships of the Rio Chico fauna of Patagonia. American Museum Novitates 818: 1-21.

Simpson, S., y Batley, G., (2016). Sediment Quality Assessment a Practical guide. Simpson, Stuart and Batley, Graeme Eds. Second edition. Clayton, Australia, 346 p.

Spalletti, L., y Mazzoni, M., (1979). Estratigrafía de la Formación Sarmiento en la barranca sur del Lago Colhue Huapi, Provincia de Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 34: 271-281.

Strazzere, L., Pavón Pivetta, C., Gregori, D.A., Benedini, L., Geraldés, M.C., y Barros, M.V., (2022).

The Marifil Volcanic Complex at Sierra de Pailemán: implications for the Early Jurassic magmatic evolution of the Eastern North Patagonian Region. *International Geology Review* 64 (6), 844–866.

Uliana, M.A., y Biddle, K.T., (1988). Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America: *Revista Brasileira de Geociencias*, v.18, p.172-190.

Windhausen, A., (1921). Informe sobre un viaje de reconocimiento geológico en la parte nordeste del territorio de Chubut, con referencia especial a la provisión de agua a Puerto Madryn. Dirección General Minería (Geología), Boletín 24: 1- 72. Buenos Aires.

Windhausen, A., (1924): Líneas generales de la constitución geológica de la región situada al oeste del Golfo San Jorge. *Boletín de la Academia Nacional de Córdoba*, 27: 167-20.

Yllañez, E., (1979). Descripción geológica de la Hoja 46 f, Meseta de Montemayor, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, 56 pp., informe inédito. Buenos Aires.

Zambrano, J.J., y Urien, C.M., (1970). Geological outline of the basins in Southern Argentina and their continuation off the Atlantic shore. *Journal of Geophysical Research* 75:1363-1396.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profunda gratitud a la **Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco** por haberme recibido con calidez desde el primer día, dentro y fuera de sus aulas, y por brindarme el espacio para crecer, no solo como persona, sino ahora también como **profesional**.

Gracias a la universidad por los innumerables recuerdos que me acompañarán siempre: los pasillos, las cantinas, el patio exterior... cada rincón dejó una huella imborrable.

A la **Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud**, gracias por abrirme las puertas a la carrera de Geología, por las inolvidables salidas de campo y por todas las experiencias que marcaron mi camino.

Agradezco profundamente a la **familia geológica**: en las aulas, en el terreno y hasta en la cancha, por el compañerismo, las risas y el aprendizaje compartido.

Un especial agradecimiento a **José y Nico**, por su guía, su paciencia y sus enseñanzas durante la realización de este trabajo final.

Un especial agradecimiento a los integrantes del jurado, **Agustina, Gabriela y Sebastián**, por sus valiosos aportes y sugerencias, que han contribuido significativamente a enriquecer y mejorar el presente trabajo.

Agradezco enormemente a **Piedra Grande S.A.** por facilitarnos la logística interna y por su hospitalidad en cada uno de los momentos que compartimos durante las jornadas de trabajo en campo.

Y, por sobre todo, **gracias de corazón a mis viejos, Marcela y Juanito**, por su amor incondicional, por estar siempre, en los días buenos y en los difíciles, con sus consejos, su fuerza y su presencia inquebrantable.

¡GRACIAS! ¡GRACIAS! ¡GRACIAS!