

ANEXO C

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DEL PROYECTO MALBEC CENTRO

El presente Anexo tiene por objeto describir el marco geológico y geomorfológico del área de emplazamiento del Proyecto Minero **MALBEC CENTRO**, como base técnica fundamental para la planificación, localización y ejecución de las actividades de prospección y exploración previstas, así como para la adecuada identificación y prevención de potenciales impactos ambientales asociados a dichas tareas.

El conocimiento detallado de la geología y la geomorfología del área constituye un insumo clave tanto para la evaluación del potencial mineral del proyecto como para la comprensión de los procesos naturales que modelan el paisaje, condicionan la dinámica superficial y subterránea del agua, y determinan la estabilidad del terreno. En este sentido, la caracterización del medio físico permite orientar las labores exploratorias hacia sectores ambientalmente más aptos, minimizar intervenciones innecesarias y adoptar criterios de manejo compatibles con las condiciones naturales del entorno.

La descripción geológica se apoya principalmente en información regional y de detalle proveniente de la **Hoja Geológica 4569-IV Escalante**, elaborada por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), complementada con antecedentes bibliográficos y observaciones de campo. El área del proyecto se ubica en el flanco norte de la Cuenca del Golfo de San Jorge, una cuenca de origen intracratónico con una compleja evolución tectónica y sedimentaria, que alberga una sucesión estratigráfica de gran interés desde el punto de vista geológico y exploratorio.

Dentro de este marco, se describen las principales unidades geológicas aflorantes y subaflorantes presentes en el área del proyecto, con especial énfasis en aquellas formaciones que constituyen los objetivos de exploración y/o que condicionan el desarrollo de los trabajos en superficie y subsuelo. Asimismo, se destacan aquellos rasgos litológicos, estructurales y estratigráficos relevantes para la circulación de fluidos, la identificación de contrastes redox y la potencial presencia de mineralizaciones.

Por su parte, el análisis geomorfológico permite reconocer las principales geoformas que caracterizan el paisaje regional y local, tales como mesetas, pedimentos, terrazas fluviales y lacustres, bad lands y bajos endorreicos. Estas geoformas influyen directamente en la accesibilidad, el diseño de huellas y plataformas de

trabajo, la ubicación de perforaciones, la gestión de escurrimientos superficiales y la prevención de procesos erosivos.

La integración de la información geológica y geomorfológica presentada en este Anexo contribuye a una planificación exploratoria técnicamente fundada y ambientalmente responsable, coherente con los lineamientos del Informe Ambiental del Proyecto – Etapa Exploración, y constituye un insumo esencial para la definición de medidas de manejo, mitigación y restauración que se desarrollan en el Plan de Gestión Ambiental.

La información detallada de unidades geológicas, descripciones estratigráficas, mapas y referencias específicas se presenta en los apartados siguientes del presente Anexo.

Geología

La zona de estudio se encuentra al sur de la provincia de Chubut ocupando lo que se denomina, flanco norte de la Cuenca del Golfo de San Jorge. El área del proyecto se encuentra enmarcado dentro de la Hoja Geológica 4569 IV Escalante (Sciutto et al, 2008) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

Esta cuenca se considera de génesis intracratónica ya que se encuentra entre el Macizo Nordpatagónico en el norte y el Macizo del Deseado en el sur. Se origina a partir de procesos extensionales a partir de Triásico a Jurásico que es cuando se produjo la rotura del continente de Gondwana, la apertura del océano Atlántico y la deriva de la placa sudamericana hacia el oeste.

Sobre rocas del basamento cristalino, se depositaron detritos lacustres y fluviales de las formaciones Anticlinal Aguada Bandera-1 y Pozo Cerro Guadal-1, del Jurásico superior al Cretácico inferior. Continúan depósitos también lacustres y fluviales de las unidades Pozo D- 129 y Matasiete, con pelitas, calizas oolíticas y tobas. Sobre las anteriores, se depositaron extensos *bancos piroclásticos* y fluviales, de la Formación Mina El Carmen y su equivalente Formación Castillo del Cretácico inferior a superior. Continúan depósitos piroclásticos y epiclásticos fluviales de las formaciones Comodoro Rivadavia y Yacimiento El Trébol y sus equivalentes laterales, las partes inferior y superior respectivamente de la Formación Bajo Barreal del Cretácico superior. Estos depósitos están cubiertos

en no concordancia por sedimentitas marinas del Terciario temprano (Daniano) de la Formación Salamanca. Sobre la misma y transicionalmente se registra la sedimentación continental de las Formación Río Chico, del Paleoceno superior. Posteriormente se depositaron los sedimentos que componen a la Formación o Grupo Sarmiento del Eoceno-Oligoceno, con un considerable aumento en la participación de sedimentos piroclásticos finos. Las rocas ígneas básicas ocuparon una amplia extensión en el noroeste del área durante el Terciario, generalmente en forma de coladas basálticas, diques, filones capa y chimeneas volcánicas. Continúan las sedimentitas marinas del Oligoceno a Mioceno pertenecientes al Patagoniano o Formación Chenque, las que rellenan una cuenca amplia y muy engolfada. En transición se pasa a un ambiente continental, fundamentalmente fluvial, perteneciente a la Formación Santa Cruz, del Mioceno. En clara discordancia erosiva se depositó el nivel más antiguo de las extensas gravas fluviales denominadas Depósitos aterrazados de la pampa del Castillo, del Plioceno. En forma escalonada descendente aparecen otros niveles terrazados, cada vez más jóvenes, producidos por corrientes fluviales progresivamente decrecientes en su energía, en general del Pleistoceno. Por último, durante el Holoceno, se depositaron sedimentos fluviales, eólicos, lacustres, marinos y de remoción en masa.

Se describen a continuación las unidades geológicas aflorantes en el área de interés, a partir de la Hoja Geológica 4569 IV Escalante, a escala 1:250.000

Fm. Bajo Barreal (2) Cretácico Superior

Son las rocas aflorantes más antiguas dentro del área del proyecto y se pueden distinguir dos miembros. El Mb Inferior caracterizado por la presencia de tobas líticas blancas, estratificadas en bancos delgados, areniscas blanco-grisáceas y conglomerados, bien redondeados, con clastos volcánicos y cuarzo, areniscas tobáceas y pelitas de colores rojizos y amarillentos que suelen contener lentes de areniscas gruesas.

Su Mb. Superior presenta limolitas y fangolitas de colores grisáceos y pardos rojizos, con escasa participación de arenas en bancos delgados y variable participación de piroclásticos, indicando un ambiente palustre y de llanura aluvial con escasa facies fluvial canalizada (Barcat et al., 1989).

Se encuentran mayormente bordeando a las mesetas basálticas, tanto al norte, nordeste y este del lago Colhué Huapí. Se suelen encontrar cubierta o semicubierta por derrubios de basaltos o por su propia meteorización arcillosa. Hacia el sur y sureste del área continúa en el subsuelo de la cuenca del Golfo

San Jorge, con variaciones importantes de facies y gradando a las unidades conocidas como formaciones Comodoro Rivadavia (Miembro inferior) y Yacimiento El Trébol (Miembro superior).

El espesor es variable, debido a que está limitado por una superficie erosiva en su tope. En el sector noroeste del brazo norte del lago Colhué Huapí se han medido 450 m de potencia (Tealdi, 1949). En el tramo superior del río Chico aflora unos 50 m pero sin exponer su base. Su promedio, en los afloramientos, se estima en unos 150 m.

Se suelen hallar restos de dinosaurios, siendo estos, los vertebrados fósiles más significativos de esta unidad. La presencia de dinosaurios saurópodos indica una edad senoniana (Bonaparte y Gasparini, 1979), aunque su parte basal puede ser del Cenomaniano. La porción cuspidal falta por *erosión regional*.

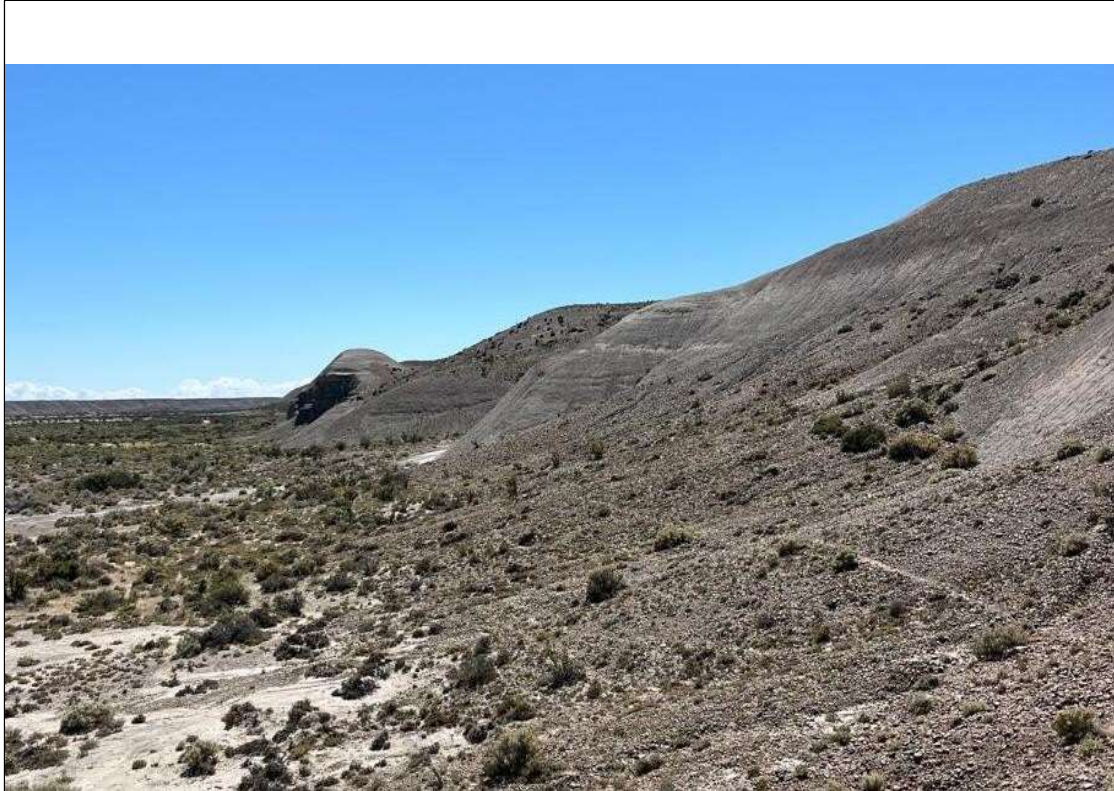
Fm. Salamanca (4) Terciario (Paleoceno Inferior)

Afloran en la península Grande, sector centro-norte de la Hoja Escalante (sierra Chaira y cerro del Toro), en los niveles topográficos más bajos de las terrazas escalonadas que suben hacia la pampa Pelada, inmediatamente al sur del lago Colhué Huapí y en ambos márgenes del río Chico, con espesores estimados entre 80 y 100 metros.

La Formación Salamanca de Edad Paleoceno, Daniano, Bertels (1973), constituye los depósitos de una ingresión marina atlántica y está constituida por areniscas y areniscas arcillosas de color verde amarillento. Contiene yeso y niveles con abundantes restos de valvas, gasterópodos y dientes de seláceos.

Al este de la pampa Negra, las areniscas verdes con ostreas incluyen gruesos troncos opalizados y están atravesadas por diques de una roca básica.

En el área del proyecto la formación en general se encuentra en subsuelo o semi cubierta por los Rodados Patagónicos. No se hallaron restos fósiles en los afloramientos, pero dado su color verde, sedimentología tabular de los cuerpos limolíticos y arenosos sumada a que se encuentran mapeados en la hoja geológicas no quedan dudas de la presencia de esta formación en la zona de estudio. Es importante esta mención debido a que el presente estudio tiene como eje principal el descubrimiento en subsuelos de un posible yacimiento en subsuelo.



Vista de la Formación Salamanca

Fm. Rio Chico (5) Paleoceno superior

De mayor extensión dentro del área del proyecto, los depósitos continentales constan fundamentalmente de areniscas, conglomerados, tobas y arcilitas varicolores.

Aparecen en fajas bastante continuas en ambas márgenes del valle del río Chico, y en los bordes de las mesetas basálticas (sierras Corrientes, Chaira y Victoria, península Grande, etc.) y en las mesetas de gravas (pampa Pelada, Vaca, etc.). Están bien expuestos en todo el borde de la pampa Pelada, en especial hacia el norte, en los diferentes frentes de las terrazas escalonadas que descienden hacia los bajos topográficos (guadales).

Al este de la sierra Chaira y hacia la pampa Pelada hay areniscas grises y rojizas, alternantes entre finas y gruesas a conglomerádicas, arcillosas, y

arcillitas grises, negras y rojizas. La unidad comienza con un banco de arcillitas negras, las que se apoyan sobre sedimentitas con fósiles marinos de la Formación Salamanca.

Su espesor varía entre 150 y 200 m. Sobre la base de criterios faunísticos, Pascual y Odreman (1973) ubican a la Fm. Río Chico en el Paleoceno Superior.

Fm. Sarmiento-Grupo Sarmiento (6) Eoceno-Oligoceno

Una estrecha faja, bastante continua, aflora en el entorno a la pampa Pelada, en especial en su borde norte, oeste y sur. En general está constituida por bancos espesos de tobas blanquecinas, amarillentas, castañas y rosadas, poco consolidadas, terrosas, con intercalaciones de tobas arcillosas y areniscas con clastos de tobas, concreciones de calcedonia y, muchas especies de flora y fauna fósil.

El espesor de esta unidad es variable, hacia el noroeste de los bordes de la pampa Pelada, oscila entre 80 y 100 metros. Hacia el borde noroeste y fuera del área, se han medido hasta 225 m de potencia (Ferello, 1950).

La Formación Sarmiento se habría formado en un ambiente continental, con acumulaciones sedimentarias loésicas, que incluyen en su tramo medio una sedimentación llevada a cabo por circulación superficial de aguas.

Los materiales piroclásticos fueron transportados por el viento desde centros explosivos ubicados en el oeste.

Determinaciones de edad ubican a esta unidad en el intervalo Eoceno-Oligoceno.

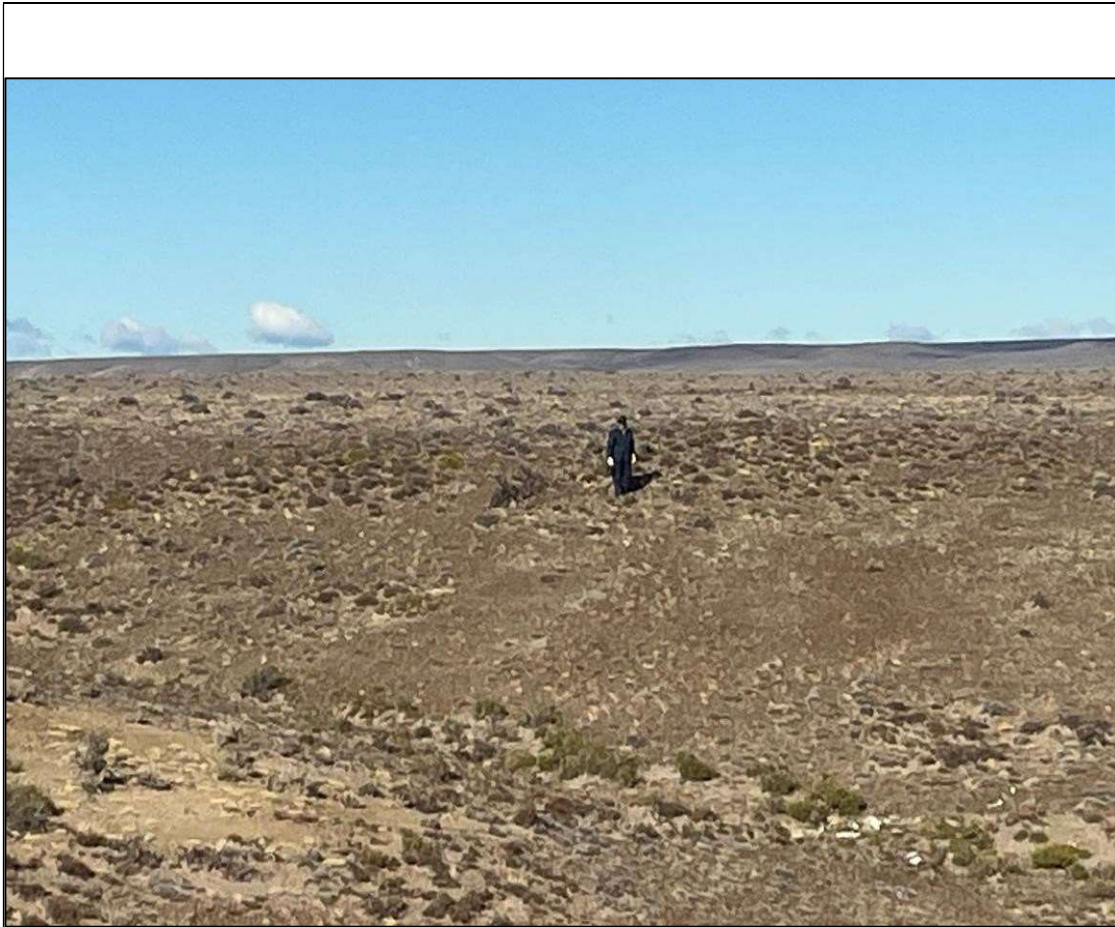
Intrusivos básicos (7) Oligoceno-Mioceno

Aparecen en ambos márgenes del río Chico, conformando los cerros Oneto, Oneto Chico, Tortuga, Guacho, península Mocha, península Chica, península Grande, Virgen, el pico Victoria y Salpú (del que salen diques), que instruyen en general a las formaciones Salamanca y Río Chico.

Los estudios de estos (Vietto, 2000), definen a estas rocas, en la mayoría de los casos, como gabros alcalinos para los cuerpos subvolcánicos (intrusivos) y como basaltos alcalinos para las coladas (mantos).

Depósitos sobre pedimentos (13) Cuaternario (Pleistoceno)

Son depósitos de gravas con matriz arenosa que provienen de la erosión de las gravas de los depósitos aterrazados de la pampa del Castillo, tienen poco



Vista de La Pampa de Vaca, donde se extiende en una amplia planicie una cobertura de pedimentos conglomerádicos

espesor, aunque localmente suelen ser potentes. Buenos ejemplos se encuentran en el valle Hermoso y en el valle del río Chico.

Depósitos del valle Hermoso (17) Pleistoceno-Holoceno

Estos depósitos (gravas), se disponen con una orientación suroeste - nordeste. En el Zanjón del valle Hermoso, próximo a su desembocadura, este depósito tiene más de 10 m de espesor, donde son comunes los clastos de 10 a 20 cm de diámetro. Estos últimos están constituidos por rocas volcánicas porfíricas y afaníticas y escasas graníticas en arreglo granodecreciente indicando de

corrientes menguantes.

Depósitos de cordones litorales lacustres (19) Pleistoceno-Holoceno

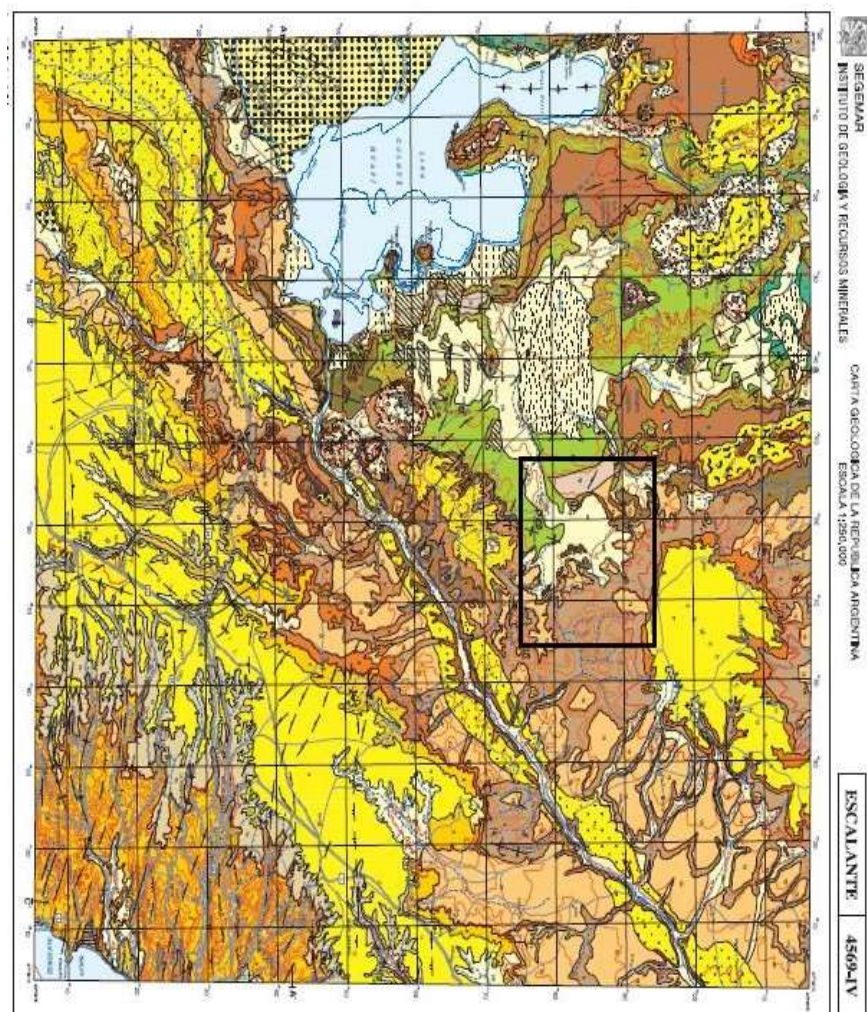
Son cordones de gravas arenosas con orientación norte-sur, que han quedado formando una terraza, desarrolladas luego de la apertura del río Chico y vaciado parcial de la cuenca lacustre. Cuando se formaron estos cordones litorales, el lago Colhué Huapí tenía profundidades de agua superiores a los 150 metros, y abarcaba superficies mucho más amplias que las actuales.

Depósitos aluviales y coluviales (26) Holoceno

Son depósitos de planicies aluviales y material que tapiza las laderas de las elevaciones.

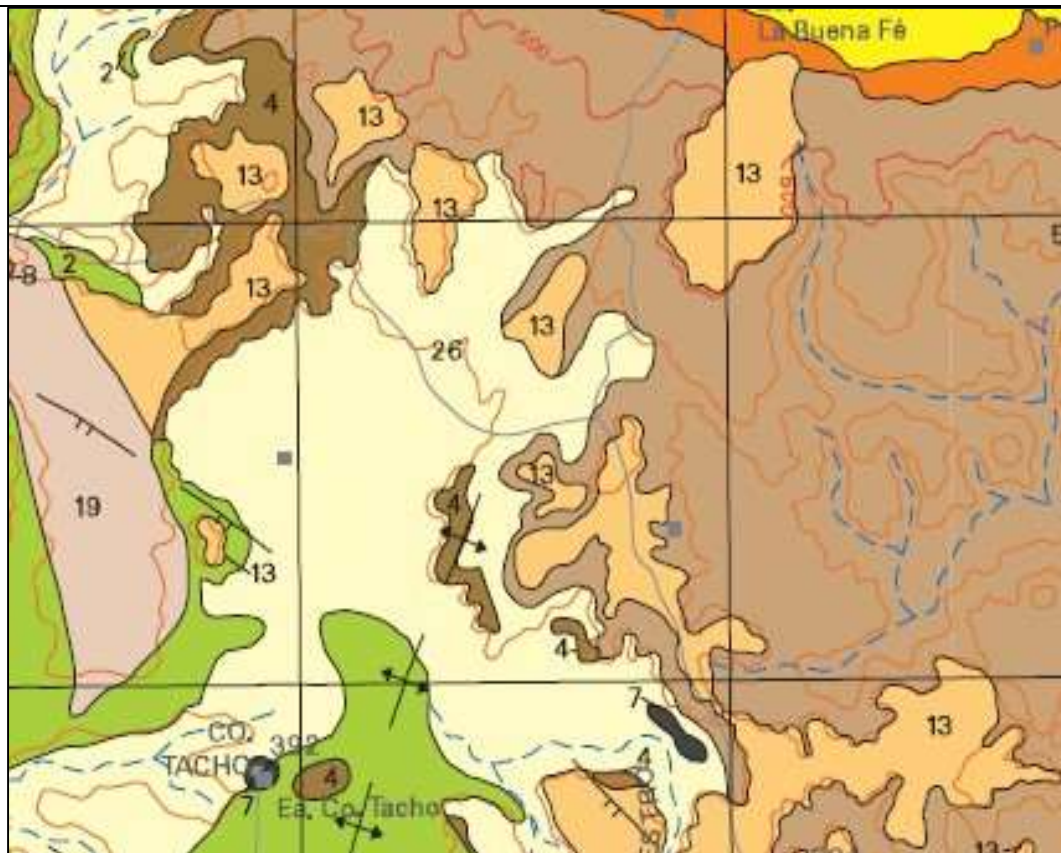
Su composición varía entre gravas, arenas, limos y arcillas.

Se encuentran en bajos topográficos, muchas veces endorreicos. En los frentes de mesetas, los materiales coluviales enmascaran las sedimentitas de las unidades infrayacentes.

[illegible]**Mapa geológico 4569-IV ESCALANTE.**

En recuadro, área de proyecto ampliada. Fuente:

SEGEMAR



REFERENCIAS GEOLOGICAS

FALLAS

- Falla visible
- Falla supuesta, deducida o cubierta
- Falla con indicación de labio hundido visible
- Falla con indicación de labio hundido supuesto
- Falla de desplazamiento levógiro visible
- Falla de desplazamiento dextrógiro visible

CONTACTOS

- Normal o concordante visible
- Discordante
- * * * * * Transicional visible

ESTRUCTURAS MENORES

- └┐ Rumbo e inclinación de la estratificación

PLIEGUES

- ↕ Anticlinal visible
- ↕ Anticlinal supuesto
- ↕ Anticlinal con indicación de buzamiento visible
- ↕ Sinclinal visible
- ↕ Sinclinal supuesto
- ↕ Braquianticlinal visible

Detalle del área en mapa geológico

Geomorfología

En el marco regional el paisaje que predomina se encuentra encuadrado dentro de la Patagonia Extraandina, destacándose un relieve mesetiforme, en cuyos flancos se originan pedimentos, serranías bajas, bad lands, cordones litorales lacustres y bajos endorreicos en los sectores más deprimidos.

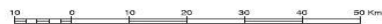
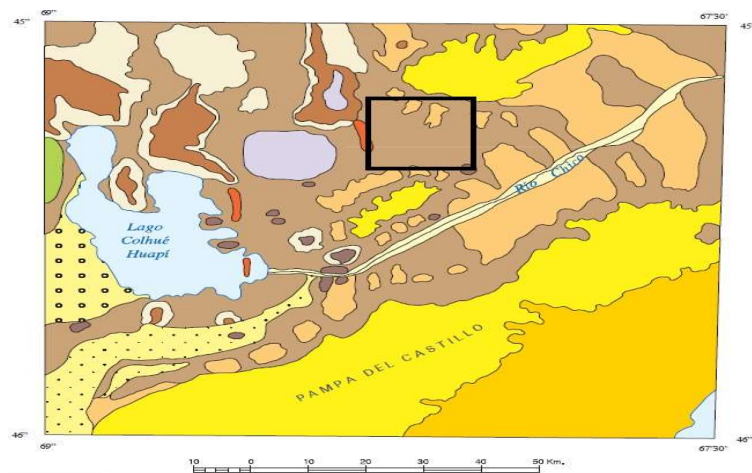
La red de drenaje está representada por cauces efímeros que solo llevan agua con grandes lluvias y desaguan en cuencas endorreicas.

En el área el nivel de meseta más elevado está representado por la Pampa Pelada con unos 660 mts de altura y con orientación NE-SO paralelo al Río Chico.

Dentro del área del proyecto predomina una morfología particular caracterizada por suaves lomadas redondeadas, de poca altura relativa y muy cubiertos por sus propios detritos denominadas Bad lands.

Otra geoforma presente en el área, son los denominados pedimentos. Los mismos se desarrollan en los bordes de las mesetas de grava (Pampa Pelada), conservándose debido a quedar cubiertos por una delgada capa de grava.

Al este del lago Colhué Huapí, se observa el desarrollo de cordones litorales de gravas arenosas, formando una terraza. Esas gravas probablemente fueron aportadas por el río Senguer.



REFERENCIAS

	Relieve estructural disectado		Intrusivos basálticos (necks, domos, etc.)
	Mesetas con cubierta de gravas (Plan. Fluvio-glac. Terrazadas).		Desliz. y Derrubios Basálticos.
	Pedimentos con cubierta aluvional		Cordones Litorales Lacustres.
	Terraza y llanura aluvial del río Chico		Bajos ("Barreales").
	Terrazas del Valle Hermoso.		Abanico Aluvial del Río Senguer.
	Relieve carcavado (Bad-Lands)		Serrania
	Meseta con cubierta de basalto		Area de estudio