



CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES

“IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BARITINAS APTAS PARA USO PETROLERO”

INFORME FINAL Septiembre 2025

Por:

Lic. Gustavo Azúa

Colaboradores:

Lic. Pedro Vera

Lic. Alberto Garrido

Sr. Sergio Cocca

Lic. Dania Pascua

Contenido

RESUMEN	4
OBJETIVOS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	6
UBICACIÓN	7
MARCO GEOLÓGICO	8
ACTIVIDAD MINERA	10
TAREAS REALIZADAS	14
RELEVAMIENTO GEOLÓGICO	15
Introducción.....	15
Litoestratigrafía.....	17
Transectas geológicas	21
Toma de muestras	23
Delimitación de áreas mineralizadas	23
Delimitación de labores a cielo abierto, labores menores y/o subterráneas.....	23
Mapa geológico.....	24
Estructura.....	24
RELEVAMIENTO GEOFÍSICO	32
Introducción.....	32
Metodología.....	33
SEVs. Marco Teórico	33
Calicatas Eléctricas. Marco Teórico.....	36
Personal y Equipamiento	38
Desarrollo de los trabajos	39
Ubicación de las mediciones.....	39
Mapa de Ubicación de los relevamientos geofísicos	40
RESULTADOS	42
Perfiles de Sondeos Eléctricos Verticales.....	42
Perfil 1	42
Perfil 2	45
Perfil 3	47
Calicata Eléctricas.....	49
Descripción y tratamiento de datos.....	49
Calicata 1 (C01)	52

Calicata 2 (C02)	55
Calicata 3 (C03)	58
Calicata 4 (C04)	60
Calicata 5 (C05)	62
CORRELACIÓN ENTRE PERFILES ELÉCTRICOS Y PERFILES GEOLÓGICO-ESTRUCTURALES.....	64
Introducción.....	64
Correlación 01: Calicata eléctrica CE 01 y Perfil Geológico-estructural 01.....	66
Correlación 02: Calicata eléctrica CE 02 y Perfil Geológico-estructural 02.....	67
Correlación 03: Calicata eléctrica CE 03 y Perfil Geológico-estructural 03.....	68
Correlación 04: Calicata eléctrica CE 04 y Perfil Geológico-estructural 04.....	68
Correlación 05: Calicata eléctrica CE 05 y Perfil Geológico-estructural 05.....	69
MUESTREO	75
Recolección de Muestras	75
Metodología de muestreo	78
Tipos de ensayos del muestreo.....	81
Resultados.....	82
RELEVAMIENTO DE CALIZAS MINERALIZADAS Y VETAS - CÁLCULOS.....	90
RELEVAMIENTO DE LABORES A CIELO ABIERTO, LABORES MENORES Y/O SUBTERRÁNEAS - CÁLCULOS	97
TIPO DE RECURSOS – DELIMITACIÓN Y CÁLCULOS.....	100
Conceptos básicos – Código JORC.....	100
Delimitación de Recursos – Cálculos.....	102
CONCLUSIONES.....	109
CONSIDERACIONES FINALES	115
AGRADECIMIENTOS	116
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS	119
Anexo 1: Mapa Geológico.....	119
Anexo 2: Datos originales (sin tratamiento) de SEVs.....	119
Anexo 3: Datos originales (sin tratamiento) de Calicatas Eléctricas.....	119
Anexo 4: Protocolo para muestreo lineal en canaleta de minas de baritina-celestina (SEGEMAR)	119
Anexo 5: Planillas de descripción de muestras.....	119
Anexo 6: Resultados de laboratorio (CReUZa) - Análisis cuali-cuantitativos.....	119
Anexo 7 - Resultados de laboratorio (CReUZa) - Peso Específico.....	119

Anexo 8 - Resultados de laboratorio (INTEMIN-SEGEMAR) - Caracterización de baritina-celestina.	119
Anexo 9 - Resultados de laboratorio (INTEMIN-SEGEMAR) - Concentración de baritina-celestina.	119
Anexo 10: Código de Australasia para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena (Código JORC).....	120

RESUMEN

El área de estudio, conocida como Grupo Continental, se encuentra enmarcada en la denominada “Faja Plegada y Corrida del Agrio” de la Cuenca Neuquina, en su extremo oriental. Abarca una superficie de 25,43 km² (2.543,39 ha), con una longitud N-S de 6,96 km y una extensión lateral E-O de 3,66 km. Las coordenadas centrales son: 37° 51' 25" S y 69° 57'38" O.

En ella se encuentran las propiedades mineras Santa Elena, Tres Hermanos, Danielito, Danielito I, Abuelo Herminio, Cecilia, Continental, Magistral, Alondra, El Emir y El Emir II.

Durante el relevamiento geológico y minero del área se identificaron unidades litológicas y estratigráficas, tipos de estructuras presentes y su relación con la mineralización, roca de caja y tipo de emplazamiento. Para ello se levantó una Columna litoestratigráfica integral y se identificaron sus variaciones laterales. Además, se realizaron Transectas geológico-estructurales regionales. Este conjunto de datos se utilizó para el desarrollo de un Mapa geológico, estructural y minero (GIS) a escala 1:5.000.

Por otro lado, se realizó un muestreo representativo de la mineralización de baritina/celestina en el área de interés, asociada principalmente a las calizas mineralizadas (estratoligadas) de la base del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). Se tomaron 35 muestras, de 5 kgs. c/u, para ensayos de densidad y análisis químico por fluorescencia de Rx. Las mismas se analizaron en el laboratorio del Centro Regional Universitario Zapala (CREUZa). Además, se tomaron 2 muestras, de 50 kgs. c/u, para ensayos de caracterización y concentración en un frente de explotación activo y otro inactivo o temporario, respectivamente. Las mismas se analizaron en el laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Minera ((INTEMIN, SEGEMAR). Todo el muestreo se realizó conforme al “Protocolo para muestreo lineal en canaleta de minas de baritina-celestina (SEGEMAR)”.

De los resultados del muestreo representativo se pudo determinar un valor promedio de las densidades de 3,85gr/cm³ para la región estudiada. Del análisis cuali-cuantitativo surgen algunas consideraciones. Entre los óxidos de interés existe un predominio del SrO respecto del BaO, pudiendo extrapolarse a una mayor prevalencia de celestina (56,25%) respecto a baritina (43,75%) en gran parte del yacimiento y esto se verifica en el afloramiento a ojos vista. De los ensayos de Concentración, considerando las fracciones #60/100 de la serie de tamices ASTM, se observó un incremento del 6,79% para la muestra de la labor a cielo abierto de Mina Cecilia y solo de 1,57% para la muestra de la labor a cielo abierto de Mina Santa Elena.

Se llevó a cabo un relevamiento geofísico, a partir de la aplicación de métodos geoelectricos en determinadas áreas clave. Incluyó la medición de 9 Sondeos eléctricos

verticales (SEV), con 3 Perfiles eléctricos resultantes. Además, se midieron 5 Calicatas eléctricas. El objetivo fue evaluar el comportamiento eléctrico (Resistividad) que sufren los diferentes tipos de litologías al ser inducidos por una corriente eléctrica.

También se realizó el levantamiento de 5 Transectas geológico-estructurales y sus correspondientes Perfiles geológico-topográficos, locales, a lo largo de las trazas de las 5 Calicatas eléctricas. El objetivo fue verificar si existe una correlación entre los resultados indirectos de la geoeléctrica y los datos de la observación directa *in situ*, además de verificar si aportan información de subsuelo.

Por otro lado, se desarrolló un relevamiento y delimitación de las calizas mineralizadas, portadoras de depósitos de baritina/celestina estratoligados, ubicadas en la base de la secuencia del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). Así, se pudo identificar la presencia de 68 áreas con estos mantos mineralizados y calcular su superficie individual y total. Además, a partir del relevamiento de campo y el resultado de las muestras, se pudieron establecer los espesores y densidades promedio. En base a estos últimos resultados, también se determinaron los volúmenes de caliza total y el volumen mineralizado para cada área y el total. De la misma manera se calcularon los tonelajes y leyes porcentuales.

En este trabajo no se considerará la explotación de las mineralizaciones vetiformes de baritina/celestina debido a su modo de emplazamiento, ubicación y, principalmente, porque han sido casi totalmente explotadas y no tienen pedimentos actuales. Sin embargo, se aclara que se reconocieron al menos 14 vetas verticales con mineralización de celestina y baritina cortando discordantemente a la Fm. Agrío, en el sector centro-suroccidental del área de trabajo. Las longitudes varían entre 25 y 90 metros, en general con labores superficiales, artesanales y menores. Los espesores oscilan entre 0,20 y 1,20 metros.

A partir de los datos obtenidos del relevamiento geológico, resultados del muestreo, su análisis, y conforme a la clasificación de Recursos Minerales del Código JORC, en el área de estudio pudieron definirse y delimitarse Recursos Inferidos, Indicados y Medidos. Por medio de cálculos similares a los utilizados para las calizas mineralizadas, se determinaron densidad y espesores promedio para cada tipo de recurso de baritina/celestina, como así también las superficies, volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales totales involucrados en las diferentes áreas de calizas mineralizadas (estratoligadas).

En paralelo, se realizó un reconocimiento y delimitación de las áreas de explotación de las calizas mineralizadas, tales como labores a cielo abierto, labores menores y artesanales. Se identificaron al menos 117 labores menores y artesanales diferentes, superficiales y/o subterráneas, en los mantos de caliza mineralizadas del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). También se reconocieron 14 labores, superficiales y subterráneas, sobre depósitos vetiformes de baritina/celestina en el flanco occidental del área de estudio.

En conjunto, estas labores menores y artesanales abarcan una superficie total de 37.396 m². Por otro lado, se relevaron todas las labores a cielo abierto, activas y no activas, presentes en el área. Se trata de 10 labores a cielo abierto que cubren una superficie total de 33.295 m², distribuidas en distintas propiedades mineras. En función de los espesores y densidades promedio establecidos para cada sector, se pudieron determinar los volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales de material explotado en cada labor a cielo abierto, ya sea de caliza total o de mineralización de celestina/baritina.

OBJETIVOS

El objetivo general del Proyecto es evaluar los yacimientos de baritina/celestina del Grupo Continental - Cordón del Salado. Determinar su aptitud para el aprovechamiento en la industria petrolera y para abastecer la demanda de los pozos del área de Vaca Muerta. Además de aportar al conocimiento geológico minero de un distrito productor de baritina.

El objetivo específico del trabajo es evaluar el contexto geológico, topográfico y minero del área de estudio. Analizar la distribución de las áreas mineralizadas, tipos de emplazamiento y su relación con la estructura. Aplicar métodos geofísicos indirectos, como lo es la Geoeléctrica, para cotejar con los métodos directos y verificar si aportan información de subsuelo. Realizar un muestreo representativo de baritina/celestina para su análisis cuantitativo y cualitativo. Esto último permitirá determinar la aptitud del mineral para su aplicación en la industria petrolera.

En función de la información recopilada, determinar valores promedio de densidades, espesores, volúmenes y tonelajes de las áreas con mineralización. Asimismo, identificar y evaluar los tipos de Recursos minerales existentes en el área de estudio.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Neuquina presenta numerosos depósitos de Bario y Estroncio hospedados en la Formación Huitrín (Barremiano-Albiano, Cretácico inferior). Estas mineralizaciones están distribuidas a lo largo de una faja de orientación N-S, cercanas al meridiano 70°, entre las localidades de Zapala y Chos Malal, provincia del Neuquén. Entre los distritos y depósitos más importantes se destacan Bajada del Agrío, Cordillera del Salado, Grupo Continental, Sierra de Chorriaca y Balsa Huitrín, entre otros (Brodtkorb *et al.*, 1975; Hayase y Bengochea, 1975; de Barrio *et al.*, 1992 y de Barrio, 1999).

Los depósitos de celestina y baritina presentan un marcado control litoestratigráfico y estructural, principalmente relacionado a calizas laminadas. Su origen está vinculado a procesos de reemplazo (Escobar *et al.*, 2013). La edad de la mineralización se supone que pertenece al período Cretácico superior-Paleógeno.

En el área de estudio los depósitos presentan como minerales dominantes a la baritina y celestina (barito-celestinas y celesto-baritinas), acompañados en algunos casos por calcita, yeso, dolomita, cuarzo, óxidos de hierro y manganeso. También se menciona la presencia de sulfuros (galena, esfalerita, pirita, calcopirita), aunque no se vieron.

La mineralización está hospedada en las calizas basales del Miembro Troncoso superior (Formación Huitrín) y están distribuidas a lo largo de una faja de orientación nortesur, con marcado control litoestratigráfico y estructural.

Si bien la baritina es un mineral con buena demanda en el sector petrolero, su valor de mercado no permite a los pequeños y medianos mineros grandes inversiones en exploración. Ello hace que se desconozcan los recursos y las reservas de cada uno de los distritos, e incluso de las reservas y calidades de cada mina en particular.

La realización del presente estudio aportará nueva información que, sumada a la obtenida en algunos otros sectores, permitirá definir con mayor precisión los recursos mineros a nivel provincial.

Las tareas propuestas están contempladas en el "Programa de Asistencia para una Minería Sustentable", correspondiendo al eje temático "Promoción de las inversiones".

UBICACIÓN

Para el presente estudio se seleccionó el Distrito Minero Grupo Continental - Cordón del Salado, ubicado al NO del Departamento de Loncopué. El área queda comprendida entre la Sierra del Salado y Balsa Huitrín, en el flanco oriental de la cordillera del Salado. Se accede al área de estudio desde Zapala, transitando hacia el norte por Ruta Nacional N° 40 unos 155 km, hasta llegar al acceso no pavimentado (2 horas). Desde allí se desvía hacia el E por este camino vecinal - minero y, tras recorrer unos 15 km, se arriba (30 minutos) a los pedimentos mineros (fig. 1).

También se puede acceder desde la localidad de Chos Malal, transitando hacia el sur por Ruta Nacional N° 40 unos 75 km, hasta llegar al acceso antes mencionado (45 minutos).

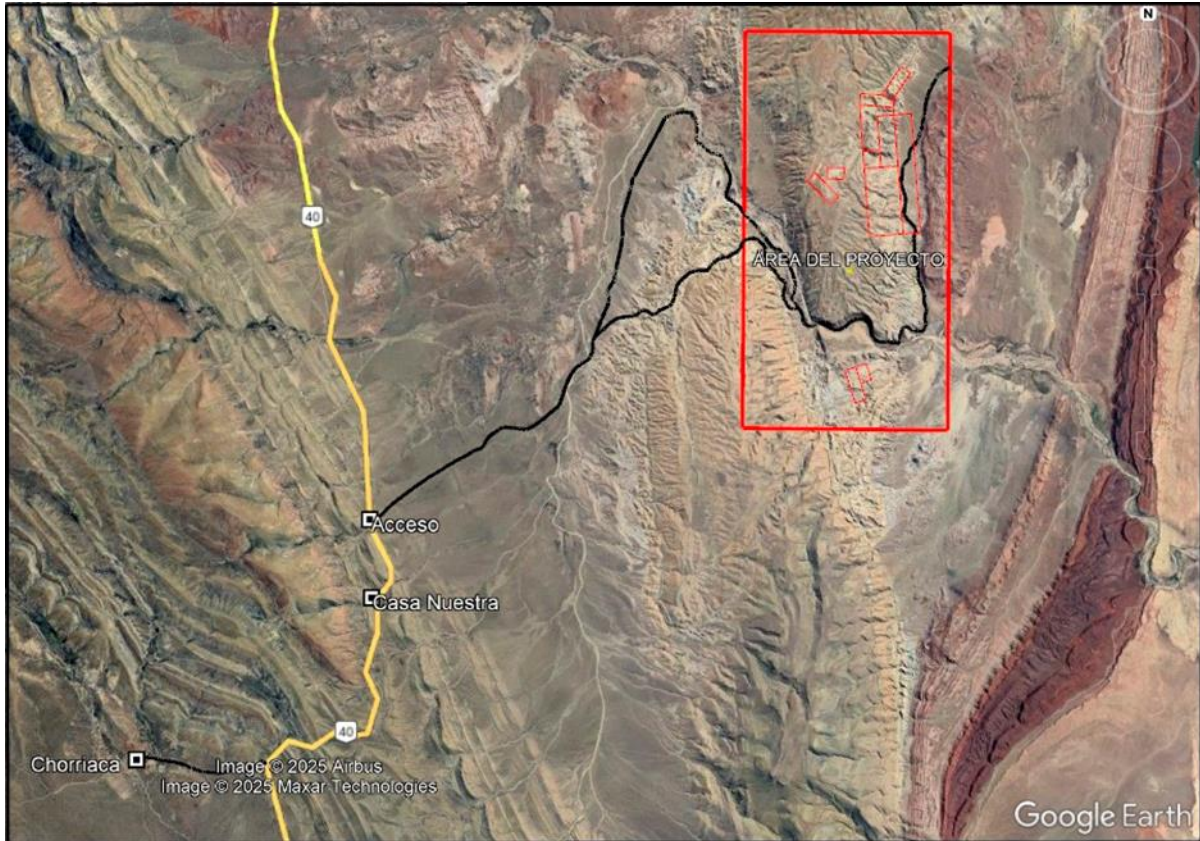


Figura 1: Mapa de ubicación y accesos.

El área de estudio abarca una superficie de 25,43 km² (2543,39 ha), con una longitud N-S de 6,96 km y una extensión E-O de 3,66 km. Las coordenadas centrales son: 37° 51' 25" S y 69° 57'38" O.

MARCO GEOLÓGICO

La zona de estudio, conocida como Grupo Continental, se encuentra enmarcada en la denominada “Faja Plegada y Corrida del Agrio” de la Cuenca Neuquina, en su extremo oriental. Precisamente, se ubica entre los 37°49' y 37°53' de latitud sur del sector oriental del Cordón del Salado.

Una revisión completa del contexto geológico, regional y local, vinculado al área de trabajo puede encontrarse en Escobar *et al.*, 2013. De allí se extrajo la siguiente síntesis (SIC).

En el sector mencionado afloran principalmente las Formaciones Agrio, Huitrín y Rayoso. Durante el Aptiano temprano ocurrió una retracción del nivel del mar y la depositación, por encima de los niveles marinos de la Formación Agrio, de sedimentitas continentales del Miembro Troncoso inferior de la Formación Huitrín. Posteriormente, durante el Aptiano tardío, se generó un ambiente restringido, hipersalino, que resultó en la

deposición de las facies carbonáticas y evaporíticas (Miembro Troncoso superior), que llevó a la desecación casi completa de la cuenca (Legarreta y Uliana, 1991).

Luego de este evento de características regionales, se produjo la deposición de las calizas del Miembro La Tosca, culminando el Grupo con las evaporitas y arcilitas del Miembro Salina.

En otros lugares de la Cuenca, especialmente hacia los sectores septentrionales de la provincia del Neuquén, la Formación Huitrín se inicia con el Miembro Chorreado, constituido por calizas y pelitas alternantes.

El Miembro Troncoso inferior está conformado por rocas silicoclásticas pertenecientes a sistemas fluvio-eólicos. Como resultado de la inundación sucedida durante el Aptiano tardío y posterior conformación de ambientes restringidos, comienzan a depositarse las sedimentitas del Miembro Troncoso superior. Dicha unidad está compuesta por calizas algales, yeso/anhidrita y halita con intercalaciones de sales de potasio. Estas calizas son las que suelen hospedar mineralizaciones de celestina y baritina. Los espesores de estas acumulaciones indican que las condiciones evaporíticas se mantuvieron constantes por un período prolongado de tiempo y que la cuenca fue continuamente abastecida con agua marina (Legarreta y Gulisano, 1989). Representan una planicie supralitoral con cuerpos de agua salina, en una etapa en donde la evaporación superó al suministro de agua, posiblemente como consecuencia de un umbral que circunscribió áreas con mínima comunicación con el mar abierto.

El Miembro La Tosca, en la zona de estudio, apoya sobre los depósitos del Miembro Troncoso superior y su límite suprayacente es concordante con las arcilitas yesíferas del Miembro Salina. Está compuesto principalmente por calizas dolomíticas de tipo wackestone-packstone esqueléticos y grainstone oolíticos. Este último miembro fue depositado en un ambiente de rampa carbonática (Legarreta, 1985; Lazo y Damborenea, 2011).

La conformación de la "Faja Plegada y Corrida del Agrio" está caracterizada por una combinación de estructuras de piel fina y gruesa, subdividida en dos sectores: uno interno, que corresponde a la parte occidental de la faja, con predominio de las estructuras del basamento que controlan el estilo estructural, y que dan lugar a grandes braquianticlinales, y otro externo con predominio de pliegues de menor longitud de onda, despegados en la Formación Auquilco, que confeccionan una estructuración de piel fina (Ramos, 1978; Zapata *et al.*, 2002 y Zamora Valcarce *et al.*, 2006). Esta estructuración evoluciona a pliegues de propagación y de flexión con un despegue superior en las evaporitas del Miembro Troncoso superior, constituyéndose hacia los 100 Ma aproximadamente (Zapata *et al.*, 2002).

Posteriormente la Faja fue deformada durante el Mioceno medio-superior, debido a la reactivación de fallas previas que controlaron y contrajeron las estructuras, conduciendo al levantamiento de nuevos bloques del basamento (Zamora Valcarce *et al.*, 2009).

ACTIVIDAD MINERA

En el área de estudio se encuentran los siguientes pedimentos mineros (Tabla I y fig. 2):

Tabla I: Pedimentos mineros.

Nombre	Titular	Mineral	Categoría	Expediente	Expedien_1
SANTA ELENA	KLAINBARD DAVID Y PASTOR RICARDO ROMERO	BARITINA	2		135880/1957
TRES HERMANOS	PASTOR RICARDO ROMERO	CELESTINA-BARITINA	2	EX-2021-01770953- - NEU-MINERIA#SEMH	12861/1987
DANIELITO I	LUIS E. GRET S.A	BARITINA	2		331/2001
DANIELITO	GRET JUAN CARLOS Y FELIX ADRIAN	BARITINA	2		9253/1976
CONTINENTAL	GONZALEZ OSCAR HORACIO	ESTRONCIO	2		2247/1997
ABUELO HERMINIO	LUIS E. GRET S.A	BARITINA	2		64/2000
CECILIA	LUIS E. GRET S.A	BARITINA	2	EX-2023-00609527- - NEU-MINERIA#SEMH	125060/1948
MAGISTRAL	PASTOR RICARDO ROMERO	CELESTINA	2	EX-2022-00168656- - NEU-MINERIA#SEMH	9995/1978
ALONDRA	CIA. MIN. CONTINENTAL S.A.I.C	BARITINA	2		57729/1956
EL EMIR	SAPAG GEORGINA EUGENIA	CELESTINA	2	EX-2022-01515566- - NEU-MINERIA#SEMH	12941/1988
EL EMIR II	AMBAR CIA. MIN. S.A	CELESTINA	2		3451- 000132/2005

Cabe destacar que la mineralización de baritina/celestina en los pedimentos vigentes es de tipo mantiforme (estratoligados) y está relacionada al Mb. Troncoso superior. Sin embargo, en la parte suroccidental del área (fig 2., recuadro verde) existe un sector de antiguas labores mineras, sin pedimento actuales, donde la mineralización es de tipo vetiforme y es discordante con la Fm. Agrio.

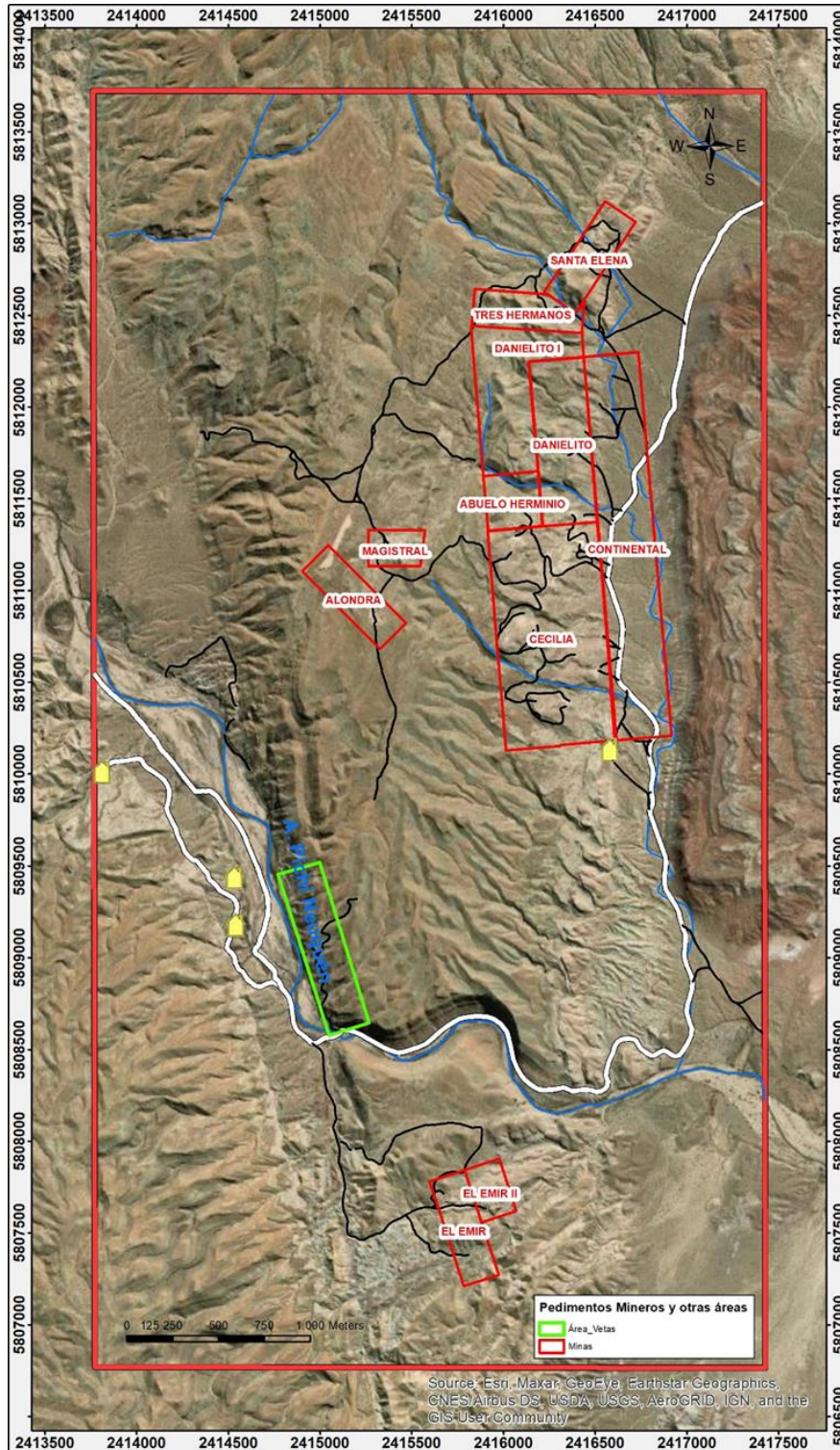


Figura 2: Pedimentos mineros del área de estudio (recuadros rojos). Antiguas labores mineras en vetas (recuadro verde).

La región se caracterizó por una antigua e intensa actividad minera, de tipo artesanal, para la obtención de la denominada "Barita". En el sector de estudio pueden

observarse diferentes tipos de laboreos a base de pico, pala, martillo y cinceles, barretas, carretillas, zarandas caseras y ocasionalmente algún tipo de explosivo.

Según cuentan Alfredo y Javier Arriagada, del Puesto homónimo en Mina Cecilia, quienes trabajaron por décadas desde su niñez y con su padre, la barita buena se separaba sopesando la muestra más que a ojos vista. En ese tiempo se apartaba el estroncio (celestina) manualmente, ya que con la exposición solar se decoloraba. La barita de calidad o "baritina extra" se seleccionaba a mano para aumentar la densidad del acopio.

En la zona de interés puede observarse una gran densidad de labores mineras artesanales, actualmente consideradas agotadas desde ese punto de vista, tales como: galerías, boca mina, pilares, corte de veta, rajos, frentes de explotación, piques, etc. (Foto 1).



Foto 1: Antiguas labores mineras artesanales en mineralizaciones estratoligadas (mantos de calizas).

Es de destacar que en el sector oriental, centro y norte, la mineralización de baritina/celestina es de tipo mantiforme (estratoligado), asociada a la caliza basal del Mb. Troncoso inferior. Allí se desarrollaron las principales labores artesanales. En el caso de la Mina El Emir se presenta el mismo tipo de emplazamiento pero la actividad minera es más reciente.

Sobre el flanco occidental y suroccidental de la estructura anticlinal, cercano al trayecto NO-SE del A° Pichi Neuquén, antes de su desvío hacia el E, se encuentran mineralizaciones vetiformes de baritina/celestina. Estas son verticales a subverticales, cortando la estratificación de la Fm. Agrio superior. Existen laboreos muy antiguos, agotados, donde se ubicaba la antigua Mina “La Continental” que da el nombre a la región. Allí se encuentra una galería de orientación N-S de 126m de longitud (Foto 2).



Foto 2: Labores en mineralizaciones vetiformes en el sector SO del anticlinal.

En el sector noroccidental de la estructura regional existen algunos depósitos mantiformes, con labores antiguas y más recientes, con poco potencial.

La actividad minera más reciente en la zona se caracteriza por la extracción de material a cielo abierto, sin selección al menos manual, a partir de frentes de explotación. En este caso se utilizan maquinarias pesadas (camiones, palas mecánicas) y la apertura de los frentes se realiza a partir de barrenados y explosivos más modernos.

En la actualidad (Foto 3) existen explotaciones a cielo abierto al norte de la mina Cecilia (activo), Mina Santa Elena (temporario), Mina Tres Hermanos (temporario) y mina El Emir (temporario).



Foto 3: Explotaciones actuales a cielo abierto.

TAREAS REALIZADAS

Durante los meses de diciembre de 2024 y enero/abril de 2025 se realizaron tareas de campo. En paralelo y en los meses subsiguientes se realizó el procesamiento de la información adquirida. A saber:

- Revisión de bibliografía y antecedentes del área de estudio.
- Realización de un mapa base (GIS). Escala 1:5.000.
- Reconocimiento del área de trabajo.
- Exploración y reconocimiento del contexto geológico y topográfico.
- Identificación de labores mineras, actuales y antiguas, y áreas mineralizadas.
- Reconocimiento de las unidades litológicas y estratigráficas y su relación con la mineralización. Roca de caja y tipo de emplazamiento.
- Identificación de estructuras y su relación con la mineralización.
- Levantamiento de dos Transectas Geológico-estructurales Regionales.
- Levantamiento de una Columna Estratigráfica integral y reconocimiento de variaciones laterales.
- Selección de las áreas propicias para aplicar los métodos geoelectricos.
- Medición de 9 Sondeos eléctricos verticales (SEV) y sus 3 Perfiles eléctricos resultantes. Medición de 5 Calicatas eléctricas. Interpretación de resultados.
- Levantamiento de 5 transectas geológico/estructurales en las trazas de las Calicatas eléctricas.
- Toma de 35 muestras, de 5 kgs. c/u, para ensayos de densidad y fluorescencia de Rx, en una distribución areal representativa. Toma de 2 muestras, de 50 kgs. c/u, para

ensayos de caracterización y concentración en un frente de explotación activo y otro temporario, respectivamente. Conforme Protocolo de muestreo.

- Envío de las muestras a dos laboratorios. Las primeras al laboratorio del Centro Regional Universitario Zapala (CREUZa) y las segundas al laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Minera ((INTEMIN, SEGEMAR).
- Realización de un mapa Geológico/estructural/minero (GIS). Escala 1:5.000.
- Procesamiento de resultados de muestras de ambos laboratorios.
- Correlación entre las 5 Calicatas eléctricas y las 5 Transectas Geológico / estructurales asociadas.
- Delimitación de las áreas con mantos mineralizados (campo y gabinete). Cálculos de promedios de densidades, espesores, áreas, volúmenes y tonelajes.
- Relevamiento de labores mineras a cielo abierto y labores menores y/o subterráneas. Cálculos de volumen explotación a cielo abierto.
- Identificación y delimitación de Tipos de Recursos minerales a partir de la información adquirida. Cálculos de cubicación, tonelaje y leyes.
- Integración de la información e informe final.

RELEVAMIENTO GEOLÓGICO

Introducción

Durante las tareas de campo se realizó un relevamiento topográfico, geológico, estructural y minero con el objeto de identificar el tipo de mineralización, su modo de emplazamiento, distribución areal y su relación con las unidades litológicas y estratigráficas presentes, junto a las estructuras asociadas. En su totalidad, se tomaron 886 puntos de control (fig. 3). Además, se incluyó el relevamiento previo para establecer las estaciones de medición (puntos de atribución) de calicatas eléctricas y sondeos eléctricos verticales (SEV).

Con este fin, se desarrolló el levantamiento de columnas litoestratigráficas de detalle, transectas geológico-estructurales, reconocimiento de mantos estratoligados y vetas, delimitación de áreas y unidades mineralizadas, delimitación de labores mineras a cielo abierto y menores y/o subterráneas, relevamiento estructural, identificación de la mineralización y muestreo.

Toda la información relevada fue compilada en la realización de un mapa geológico integral del área estudiada, a escala 1:5.000.

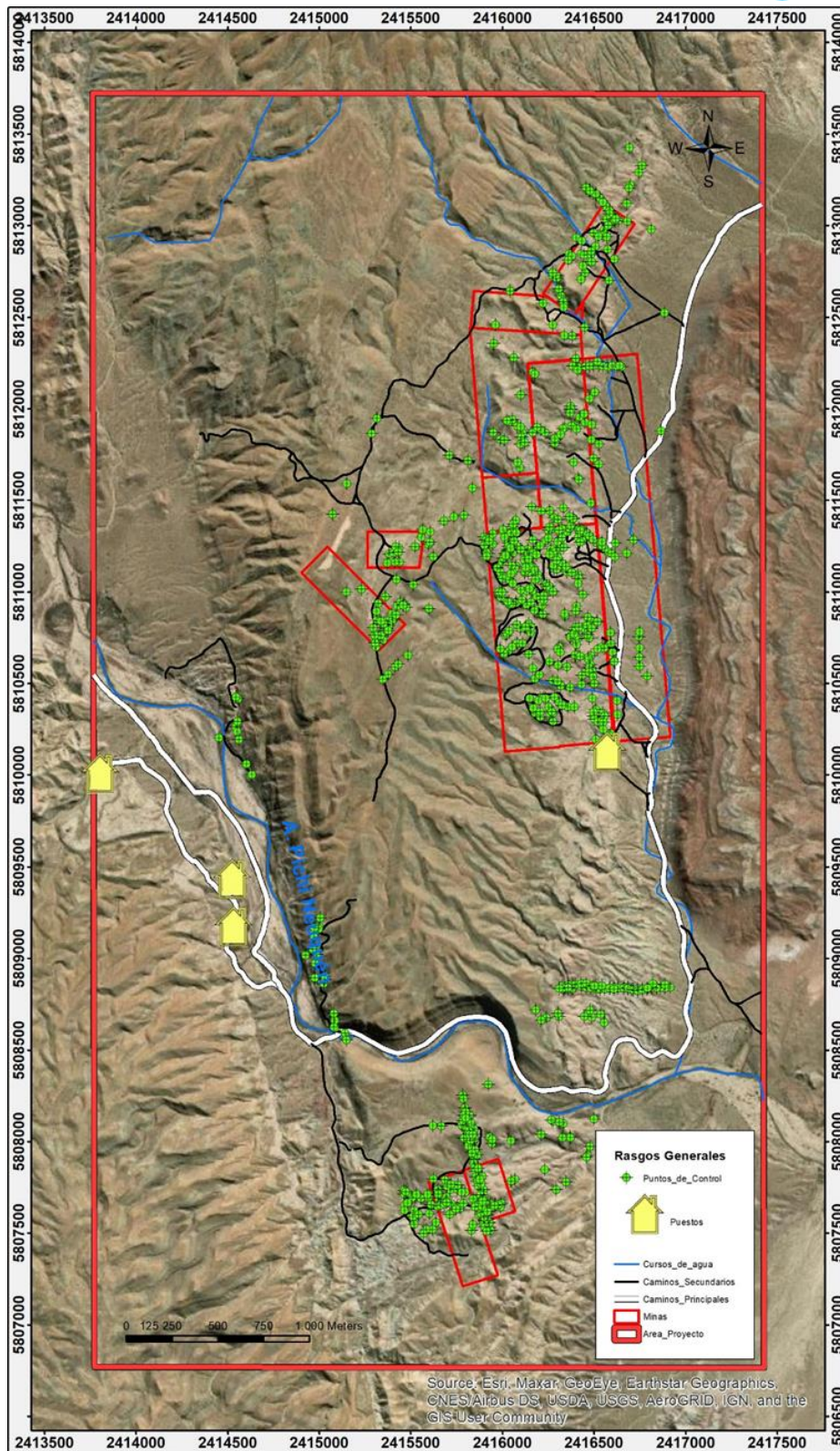


Figura 3: Puntos de control durante el relevamiento geológico del área de estudio.

Litoestratigrafía

El área en cuestión se encuentra enmarcada en la denominada “Faja Plegada y Corrida del Agrio”. Las Unidades estratigráficas presentes forman parte del relleno sedimentario de la Cuenca Neuquina, depositadas durante el Cretácico inferior.

Durante la campaña se realizaron varias columnas o perfiles parciales debido a la complejidad estructural o niveles de erosión. El objetivo fue reconocer las unidades litológicas y estratigráficas presentes, su secuencia, variaciones laterales y niveles mineralizados asociados (fig. 4).

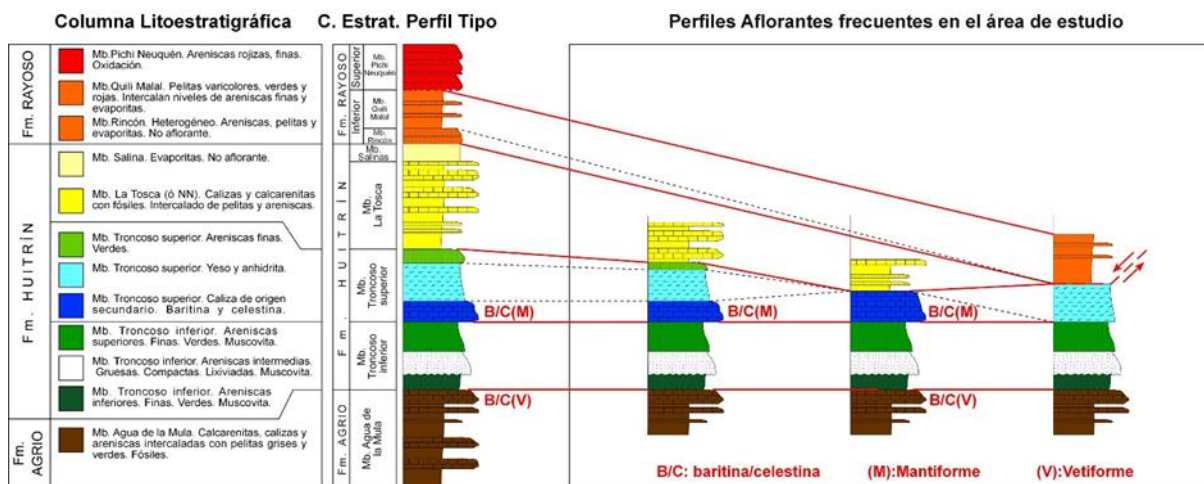


Figura 4: Perfiles Litoestratigráficos idealizados (fuera de escala). Variaciones laterales. Niveles mineralizados.

La Unidad inferior se denomina Formación Agrio (fig. 4), de origen marino, y está compuesto de 3 Miembros. En el área solo aflora el Miembro superior o Mb. Agua de la Mula y constituye principalmente el núcleo del gran anticlinal que domina el área de estudio. Puede estar compuesto de calizas, coquinas, areniscas, calcarenitas y lutitas. En esta unidad, sobre el flanco occidental y suroccidental de la estructura anticlinal, se encuentran mineralizaciones vetiformes de baritina/celestina, verticales a subverticales, cortando la estratificación. Existen laboreos antiguos, agotados, donde se ubicaba la antigua Mina “La Continental”, con una galería N-S de 126m de longitud.

La Unidad suprayacente corresponde a la Formación Huitrín (fig. 4), de origen continental y marino. Se divide en 4 Miembros, de abajo hacia arriba, que son el Mb. Troncoso inferior, el Mb. Troncoso superior, Mb. La Tosca y Mb. Salina.

A partir de los perfiles parciales medidos en diferentes áreas (fig. 4) se pudo reconstruir un Perfil Generalizado para la Fm. Huitrín (fig. 5).

Perfil generalizado de la Fm. Huitrín (área La Continental)

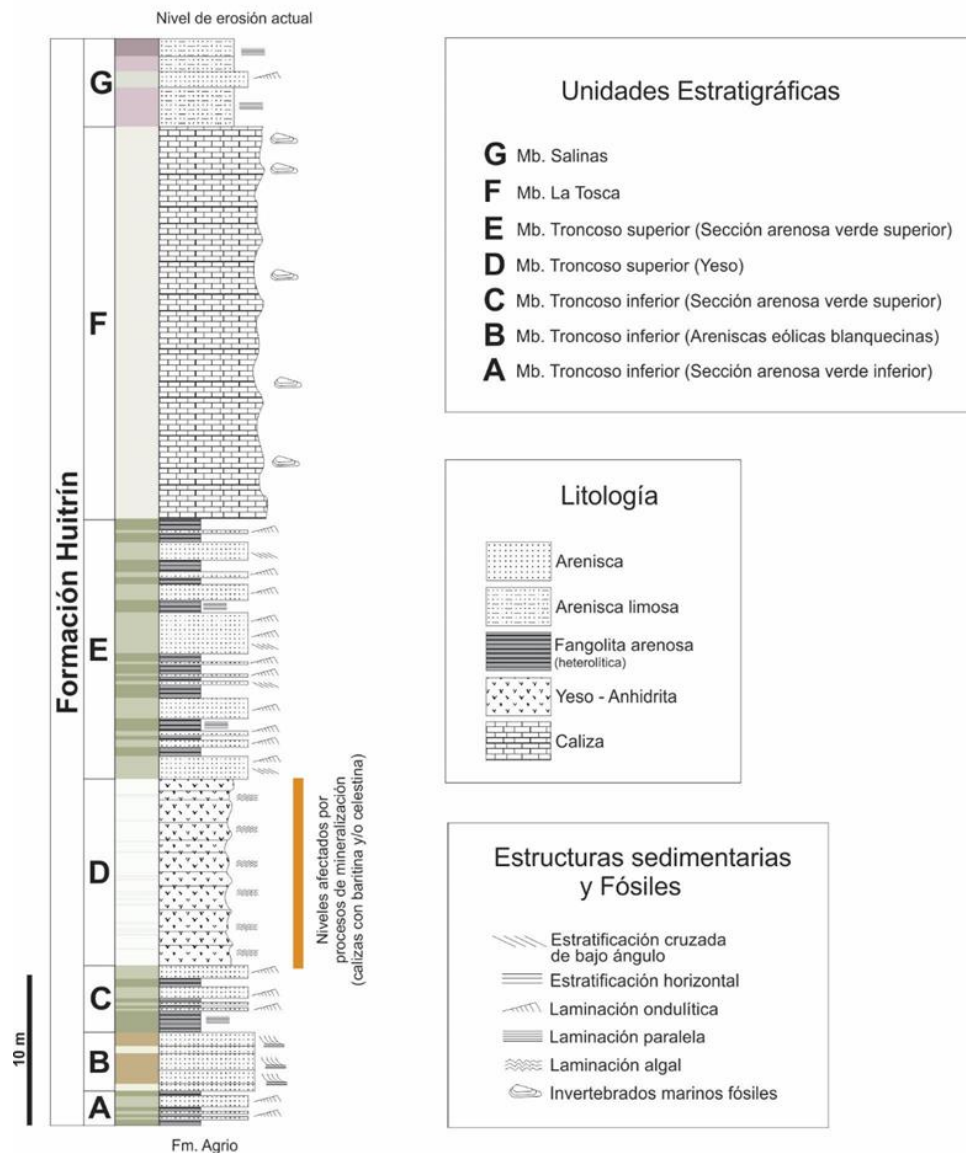


Figura 5: Columna estratigráfica generalizada para la Fm. Huitrín en el área de estudio.

El Mb. Troncoso inferior (figs. 4 y 5) presenta 3 niveles. El inferior y superior se trata de areniscas finas verdes y pelitas, con muscovita fina, poco consolidadas. El nivel intermedio corresponde a unas areniscas gruesas y medias, muy compactas, blanquecinas a grisáceas, y están lixiviadas y cementadas por cuarzo. Estas últimas presentan diaclasas delgadas rellenas de calcita y ocasionalmente con baritina.

El Mb. Troncoso superior también se compone de 3 niveles (figs. 4 y 5). Una caliza inferior, afectadas por procesos de mineralización (baritina/celestina). Un nivel intermedio compuesto de yeso. Y un nivel superior de areniscas verdes finas y pelitas.

El más relevante es la caliza inferior, ya que alberga la mineralización de celestina/baritina como un manto con depósitos estratoligados (fig. 4). Su espesor varía

entre 0,5-5,5 metros dependiendo del sector y el grado de erosión. También puede estar ausente, es poco común encontrar la caliza mineralizada basal y el yeso suprayacente por encima. Lo habitual es encontrar uno o el otro en contacto sobre las areniscas del Mb. Troncoso inferior. Se aclara que en la zona del Emir se encuentran 2 niveles de calizas mineralizadas.

En este trabajo no se discutirá sobre la génesis de la mineralización. Con respecto a las texturas o estructuras mineralizadas bandeadas, no se hará distinción entre ritmitas primarias, textura «cebrada» y ritmitas de cristalización diagenética conocidas como texturas DCR (Fontboté y Amstutz, 1980; Amstutz y Fontboté, 1982), ya que tienen una implicancia genética. En cambio, se utilizarán indistintamente.

Sí cabe mencionar que la mineralización mantiforme (estratoligada) de baritina/celestina de la región se encuentra presente en la caliza basal del Miembro Troncoso superior. Para algunos autores se trata de una caliza algal y lenticular, primigenia, que infrayace al yeso sedimentario de este Miembro (Escobar *et al.*, 2013). De ahí la textura cebrada. La mineralización se daría en esta caliza a partir un proceso de reemplazo posterior. Para otros autores, se trata de una caliza de reemplazo en la parte basal del yeso por sustitución del sulfato por carbonato, mientras que las soluciones sulfatadas interactuarían con los iones de bario y estroncio para formar la baritina y celestina. Cabe aclarar que el yeso también presenta texturas cebradas.

La mineralización de celestina/baritina en estos mantos puede presentar una estructura bandeada o textura cebrada (Foto 4 a), concordante con la caliza, frecuentemente en los primeros dos metros basales. También puede presentarse como relleno o tapizado de espacios abiertos (cavidades kársticas) por disolución (Foto 4 b). No es raro encontrar brechas calcáreas mineralizadas (Foto 4 c). Los tapizados suelen estar formados por bandas alternantes de celestina y baritina (fig. 4 d) y/o por la presencia de estalactitas y estalagmitas (Foto 4 e) de ambos minerales. También es frecuente encontrar drusas (Foto 4 f) y geodas de gran tamaño (Foto 4 g). De forma discordante, estos minerales suelen rellenar grietas y diaclasas (Foto 4 h). Es muy común el tapizado con hábito botroidal.

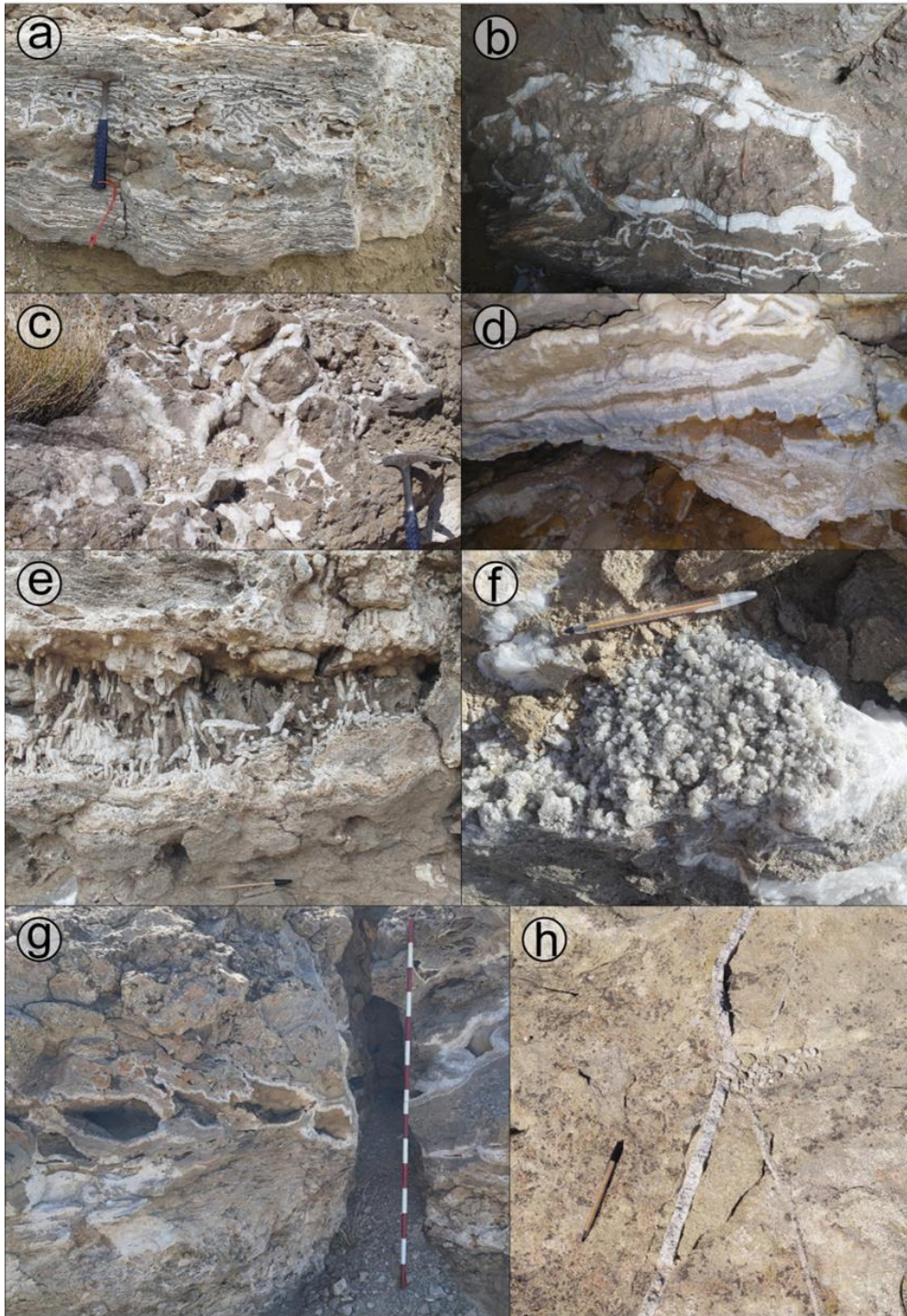


Foto 4: Diferentes texturas y estructuras de la mineralización de baritina/celestina. Referencias en el texto.

Por encima de la caliza mineralizada se encuentra el yeso/anhidrita primigenio antes mencionado (figs. 4 y 5). De espesor variable, entre 1-20 metros, como consecuencia de su deformación tectónica, erosión o por colapsos en zonas de disolución.

Por encima del yeso suelen aflorar unas areniscas finas verdes (figs. 4 y 5), también de espesor variable por erosión, entre 1-18 metros, de características similares a las areniscas verdes del Mb. Troncoso inferior.

El Mb. La Tosca (figs. 4 y 5) se encuentra por encima del Mb. Troncoso superior. Se compone de calizas y calizas dolomíticas amarillentas ricas en bivalvos diagnósticos. También tiene intervalos pelíticos importantes. Su espesor puede superar los 40 metros. Como consecuencia de corrimiento, puede estar ausente o por encima del Rayoso inferior.

El Mb. Salina (figs. 4 y 5) tiene escasos afloramientos en el área de estudios, posiblemente por su alto grado de disolución. Sí, en cambio, está presente en una salina cercana a la RN 40, en el paraje denominado "el álamo solitario". Se compone de sales muy solubles, tales como halita, silvita y silvinita, además de yeso y calcita.

Finalmente, la Formación Rayoso (fig. 4) se encuentra en el sector oriental del proyecto y carece de interés minero. Aquí se la divide en Rayoso inferior, caracterizado por una secuencia de pelitas varicolores, principalmente verdes y rojas subordinadas, con intercalaciones muy delgadas (20-50cm) de areniscas finas. Presentan abundantes cristales de yeso secundario y en sectores cristales pseudomorfos de halita reemplazados por carbonato. El Rayoso superior, en cambio, se compone de un paquete espeso de areniscas finas, rojizas y oxidadas.

Transectas geológicas

A partir del trabajo de exploración y reconocimiento del área se realizaron 2 transectas geológico-estructurales regionales (fig. 6), de manera tal que involucraron las unidades estratigráficas de interés y las estructuras asociadas. Éstas, junto a las columnas litoestratigráficas levantadas, formaron la base para la elaboración del mapa geológico.

También se realizaron 5 transectas geológico-estructurales locales (fig. 6) y sus respectivos perfiles geológico-topográficos, de menor extensión, afectados al área de medición de las calicatas eléctricas (fig. 7). Su objetivo final fue tratar de establecer una correlación entre la información geológica de superficie y los datos geoelectrónicos de subsuelo. Al mismo tiempo, también complementaron la elaboración del mapa geológico integral.

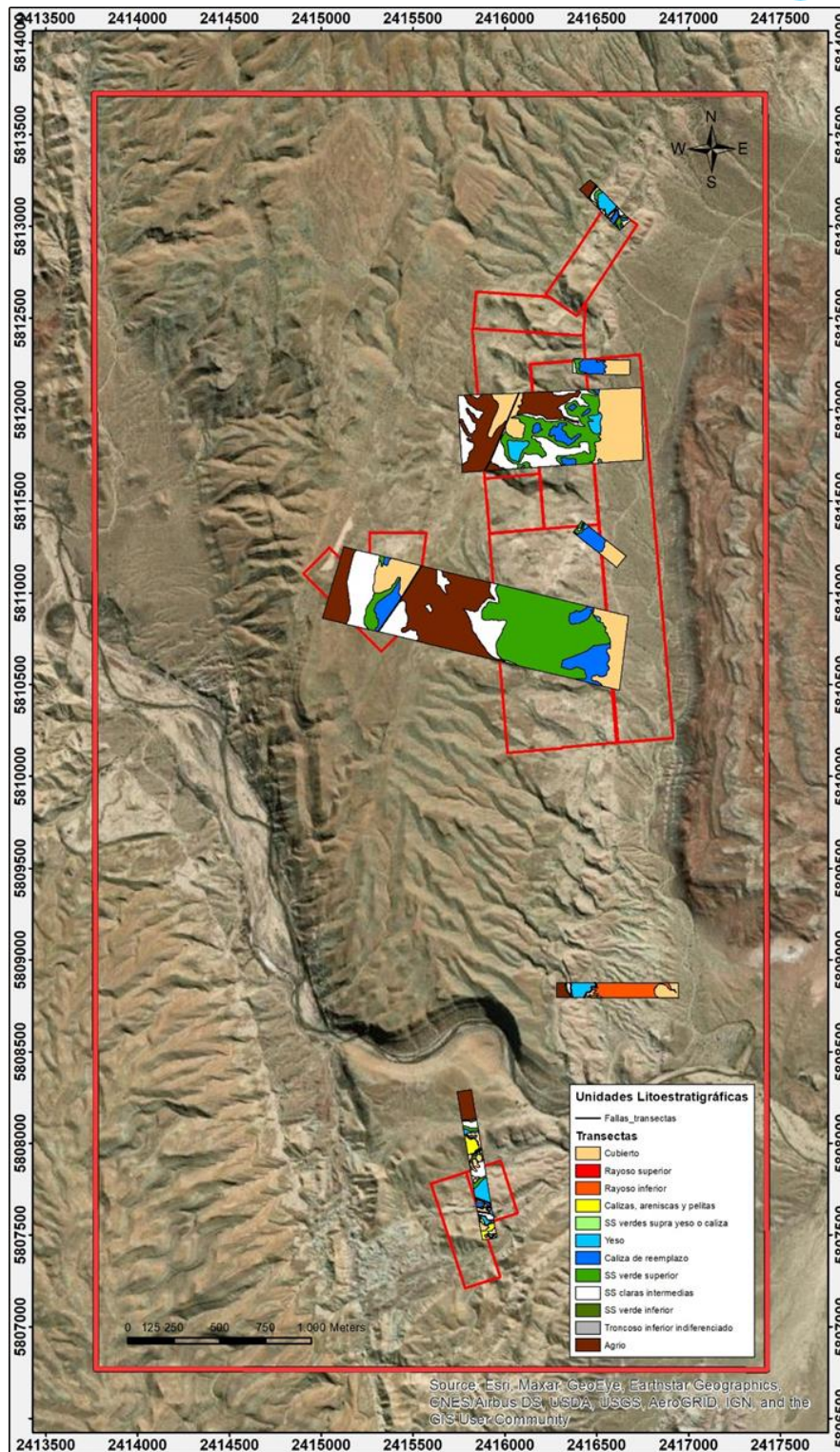


Figura 6: Transectas geológico-estructurales. 2 regionales. 5 locales en las zonas de relevamiento de calicatas eléctricas.

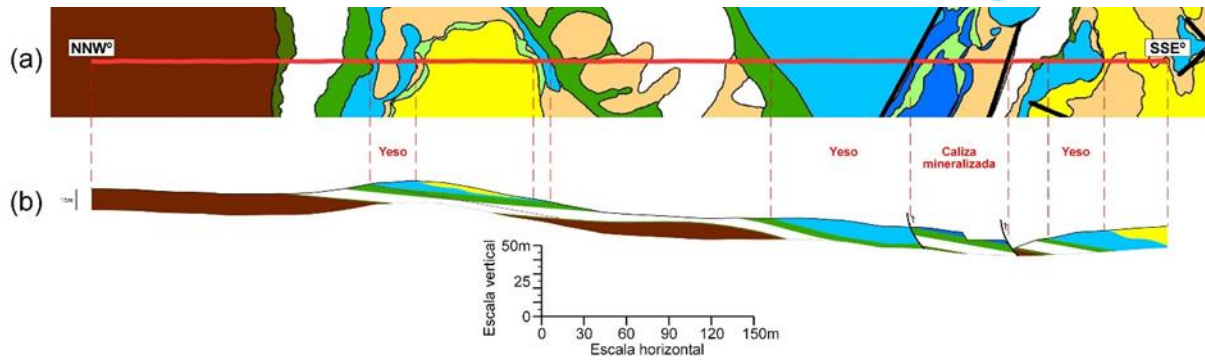


Figura 7: Transecta y Perfil Geológico/topográfico 01 (Traza Calicata Eléctrica 01).

Toma de muestras

Como parte de este estudio y con el objeto de determinar la calidad de la mineralización en el yacimiento, se realizó un muestreo representativo en el área de interés.

Se recolectaron 35 muestras con duplicado, de 5kgs. c/u, destinadas a estudios de densidad real y análisis químico por Fluorescencia de Rx. Además, se recolectaron 2 muestras, de 50 kgs. c/u, destinadas a ensayos de caracterización y concentración de baritinas.

Este tema será desarrollado en detalle en el Capítulo: “Muestreo”.

Delimitación de áreas mineralizadas

Durante las tareas de campo y gabinete, se realizó un relevamiento y delimitación de las calizas mineralizadas, portadoras de depósitos estratoligados de baritina/celestina. Las mismas corresponden a la parte basal del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). Se pudo determinar la presencia de 68 áreas con mantos o calizas mineralizadas.

Por otro lado, en el sector centro-suroccidental del área de trabajo, se identificó un sistema vetiforme con mineralización de baritina y celestina, cortando discordantemente a la Fm. Agrío.

Ambos tipos de depósitos serán tratados en detalle en el Capítulo: “Relevamiento de calizas mineralizadas y vetas – Cálculos”.

Delimitación de labores a cielo abierto, labores menores y/o subterráneas

Durante las tareas de campo, también se realizó un reconocimiento y delimitación de las áreas de explotación de las mineralizaciones de baritina y celestina.

Se identificaron 10 labores a cielo abierto, activas y no activas, y al menos 117 labores menores y artesanales, superficiales y/o subterráneas, en los mantos de caliza con depósitos

estratoligados, correspondientes al Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). También se reconocieron 14 labores sobre depósitos vetiformes de baritina/celestina en el flanco occidental del área de estudio.

Estas diferentes áreas de explotación serán tratadas en detalle en el Capítulo: “Relevamiento de labores a cielo abierto, labores menores y/o subterráneas – Cálculos”.

Mapa geológico

A partir del conjunto de la información relevada durante la realización de este trabajo se pudo desarrollar un mapa geológico, estructural y minero del área de estudio, a escala 1:5.000. ANEXO 1: “Mapa Geológico (POSGAR 94 Faja 2) - Distrito Minero Grupo Continental - Cordón del Salado”.

El mismo fue desarrollado en formato GIS mediante del uso de ArcMap 10.3. Todas las coordenadas se definieron en sistema Posgar 94 Faja 2 (Datum WGS84).

Estructura

La zona de estudio, conocida como Grupo Continental, se encuentra enmarcada en la denominada “Faja Plegada y Corrida del Agrio” de la Cuenca Neuquina, en el sector oriental del Cordón del Salado.

Esta faja, como se mencionara previamente en el Capítulo “Marco Geológico”, se caracteriza por las denominadas estructuras de piel gruesa que afectan al basamento y controlan el estilo estructural, dando lugar a grandes braquianticlinales y braquisinclinales. Hacia el antepais, extremo oriental, se desarrollaron estructuras de piel fina caracterizadas por pliegues de menor longitud de onda. Estas últimas evolucionaron a pliegues de propagación y de flexión con un despegue superior en las evaporitas del Miembro Troncoso superior (Ramos, 1978; Zapata *et al.*, 2002 y Zamora Valcarce *et al.*, 2006).

Posteriormente, durante el Mioceno medio-superior, ocurrieron distintos episodios de reactivación, e inversión, de fallas previas que controlaron y contrajeron las estructuras, conduciendo al levantamiento de nuevos bloques del basamento (Zamora Valcarce *et al.*, 2009).

La edad de la mineralización se supone que pertenece al período Cretácico superior-Paleógeno (Escobar *et al.*, 2013).

En el área de trabajo pueden diferenciarse dos grandes regiones morfoestructurales. La primera región se encuentra en el sector occidental y suroccidental del área y la segunda en el sector norte y oriental. Ambas regiones están limitadas por el fallamiento inverso regional, con vergencia al oeste, que controla estructuralmente el rumbo NNO-SSE del valle

del arroyo Pichi Neuquén y la separa de la sierra del área de La Continental (ANEXO 1: “Mapa Geológico”) con marcado contraste topográfico.

En la primera región se encuentra el extremo norte de la nariz del braquianticlinal del Salado y conforma una sierra muy elevada. Internamente, presenta un segundo retrocorrimiento, con vergencia al oeste, y paralelo al fallamiento inverso regional antes mencionado. Ambas estructuras controlan tectónicamente el valle del arroyo Pichi Neuquén en este sector. Por otro lado, este retrocorrimiento pone en contacto tectónico a las pelitas y areniscas de la Fm. Rayoso inferior, y probablemente el Mb. Salinas, sobre el bloque serrano constituido por la Fm. Agrio (ANEXO 1: “Mapa Geológico”). Esta región carece de interés debido a la ausencia de mineralizaciones.

La segunda región corresponde al extremo norte y oriental del área de estudio. A su vez, puede subdividirse tectónicamente en sector sur y sector norte (ANEXO 1: “Mapa Geológico”).

En el sector sur se ubican las minas El Emir y El Emir II con depósitos estratoligados de calizas con mineralización de baritina/celestina (ANEXO 1: “Mapa Geológico”). Forma parte del extremo más austral de la nariz del anticlinal que domina el sector norte. Sin embargo, también presenta interferencias de eventos de deformación. Hacia el oeste limita con el sector morfoestructural suroccidental mediante el retrocorrimiento regional NNO-SSE. Hacia el norte con el lineamiento O-E del A° Pichi Neuquén. En el extremo sudeste de este sector se encuentra una melange tectónica caracterizada por múltiples repeticiones de la secuencia sedimentaria. Esta secuencia se compone por el yeso del Mb. Troncoso superior, posiblemente el Mb. Salinas, Mb. La Tosca y Fm. Rayoso inferior. Son fallamientos inversos con vergencia al noroeste y rumbo NE-SO. Carecen de mineralizaciones e importancia minera. Debido a su complejidad tectónica se las ha denominado y mapeado (ANEXO 1: “Mapa Geológico”) como “Unidades compuestas tectónicamente”. Este evento también afectó la zona central de las minas El Emir y El Emir II, mediante suaves estructuras anticlinales y sinclinales de igual orientación.

En el sector norte (ANEXO 1: “Mapa Geológico”) es donde se encuentra la mayor cantidad de mineralizaciones de celestina/baritina, asociada a las calizas mineralizadas del Mb. Troncoso superior, y se hará hincapié sobre esta región. Constituye la serranía del área La Continental y está formada por un gran anticlinal con nariz buzante hacia el sur. Este anticlinal forma parte del extremo austral de la nariz sur del braquianticlinal del Cerro Rayoso y ha sufrido otros eventos de deformación posteriores, como fallamientos inversos, retrocorrimientos y pliegues por propagación en falla.

Al oeste (ANEXO 1: “Mapa Geológico”) está limitado por el fallamiento inverso regional, con vergencia en ese mismo sentido, que lo separa del sector occidental y suroccidental ya desarrollado. Allí se genera un contraste topográfico abrupto entre las

sierras de esta región y el valle tectónico del A° Pichi Neuquén. Toda la zona, y sus estructuras, tienen un rumbo marcadamente NNO-SSE. Precisamente, en este borde del anticlinal, asociado al fallamiento regional anterior y en paralelo, se desarrolla un pliegue por propagación en falla de gran extensión longitudinal (Foto 5). Además, se aclara que, en esta misma zona, se encuentra el sistema de mineralización vetiforme de baritina/celestina que corta vertical y discordantemente a la Fm. Agrio. Aunque las vetas presentan una marcada orientación N-S, el área o franja donde se desarrollan tienen una orientación NNO-SSE y están asociadas a la charnela del pliegue por propagación en falla referido, denotando un notorio control estructural (ANEXO 1: "Mapa Geológico").

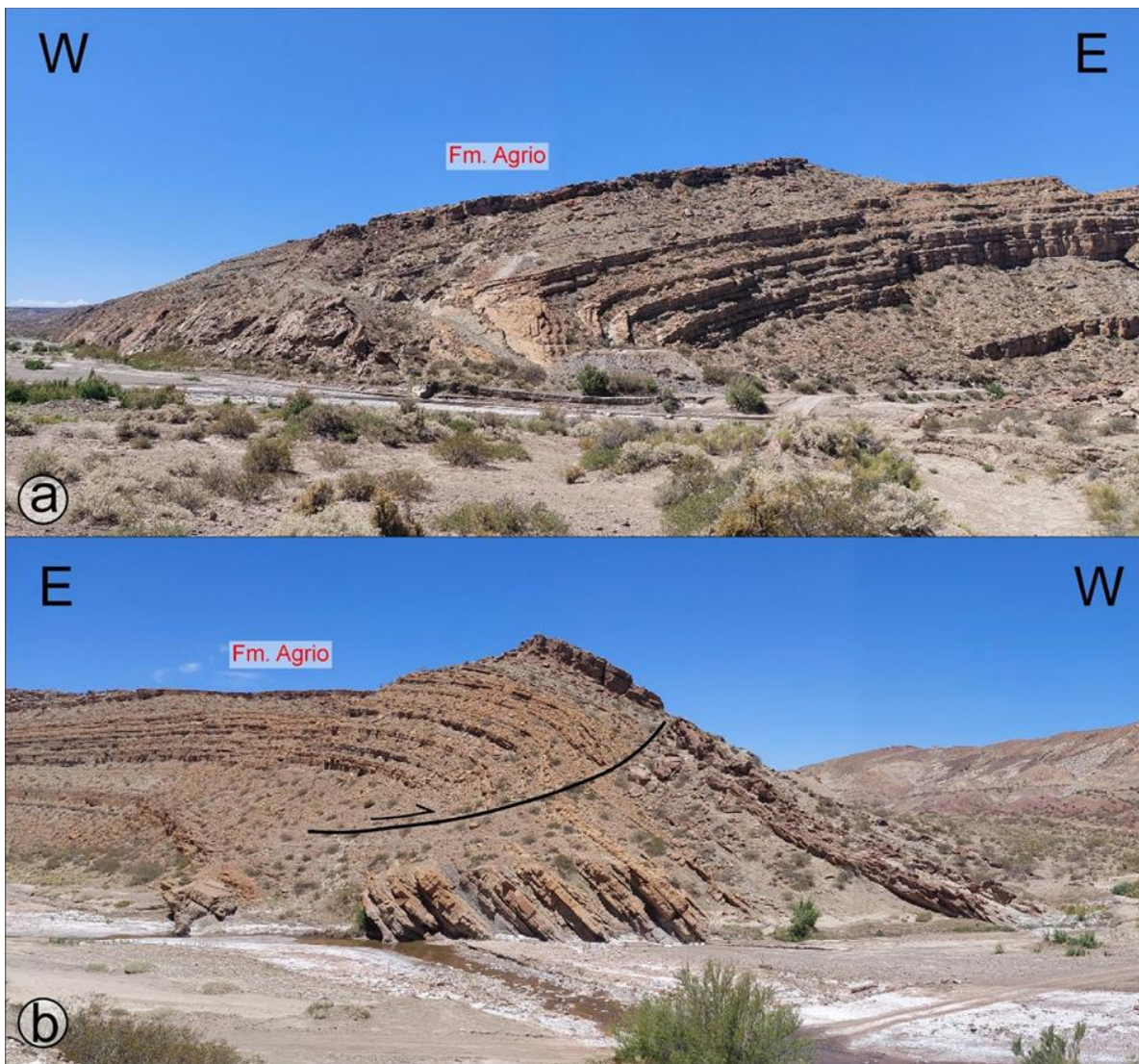


Foto 5: Estructura de pliegue por propagación en falla. Flanco oeste del anticlinal. (a) - vista al norte. (b) - vista al sur.

Gran parte del anticlinal está dominado por la Fm. Agrio. Sin embargo, en el extremo oriental (ANEXO 1: "Mapa Geológico") afloran las diferentes unidades de la Fm. Huitrín, incluidas las calizas mineralizadas. En ese sector, la secuencia homoclinal presenta un buzamiento regional aparentemente de 10-15° al E, el cual aumenta localmente y abruptamente por efecto de distintas estructuras. En el extremo sur de este flanco del anticlinal se desarrolla un retrocorrimiento, de orientación N-S y vergencia al oeste, que pone en contacto tectónico a las areniscas y pelitas varicolores de la Fm. Rayoso inferior y el yeso del Mb. Troncoso inferior. Aflora entre la zona del A° Pichi Neuquén y el Puesto de Arriagada. En esta misma zona, en paralelo e inmediatamente al oeste, se desarrollan también pliegues por propagación en fallas con vergencia al este. Afectan a la Fm. Agrio y Mbs. Troncoso inferior y superior (yeso). Se presentan de manera discontinua en un marcado lineamiento N-S. En esta zona también se destacan los afloramientos de yeso y la ausencia de calizas mineralizadas (ANEXO 1: "Mapa Geológico").

Desde el Puesto de Arriagada, y hacia el norte, desaparecen los afloramientos de la Fm. Rayoso inferior y, en consecuencia, el retrocorrimiento anterior. En cambio, continúan los pliegues por propagación en falla, en una traza discontinua que se va curvando hasta tomar un rumbo noroeste (fig. 8). Es importante destacar que, a partir de dicho puesto y hacia el norte, también comienzan los afloramientos de las calizas con mineralización de baritina/celestina del Mb. Troncoso inferior. Su mayor expresión se encuentra en Mina Cecilia (fig. 8). Este tipo de plegamientos (fig. 9) ya habían sido advertidos en la región por otros autores (Gutiérrez Pleimling, 1991; Zapata *et al.*, 2002; Escobar *et al.*, 2013).

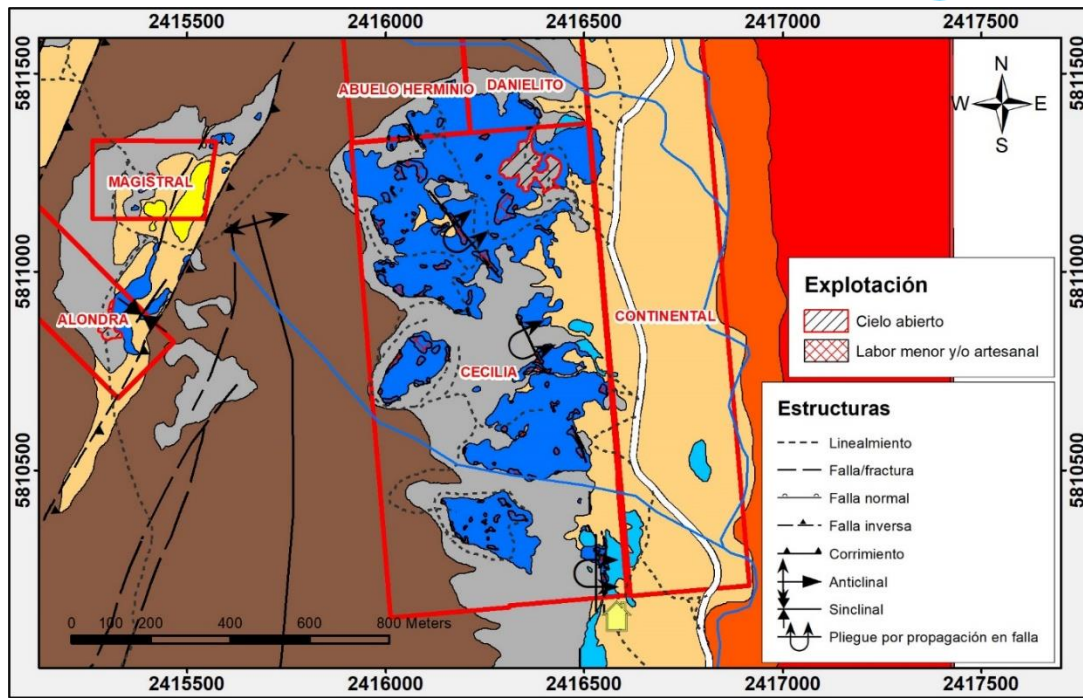


Figura 8: Pliegues por propagación en Falla (recuadro verde). Calizas mineralizadas (color azul).

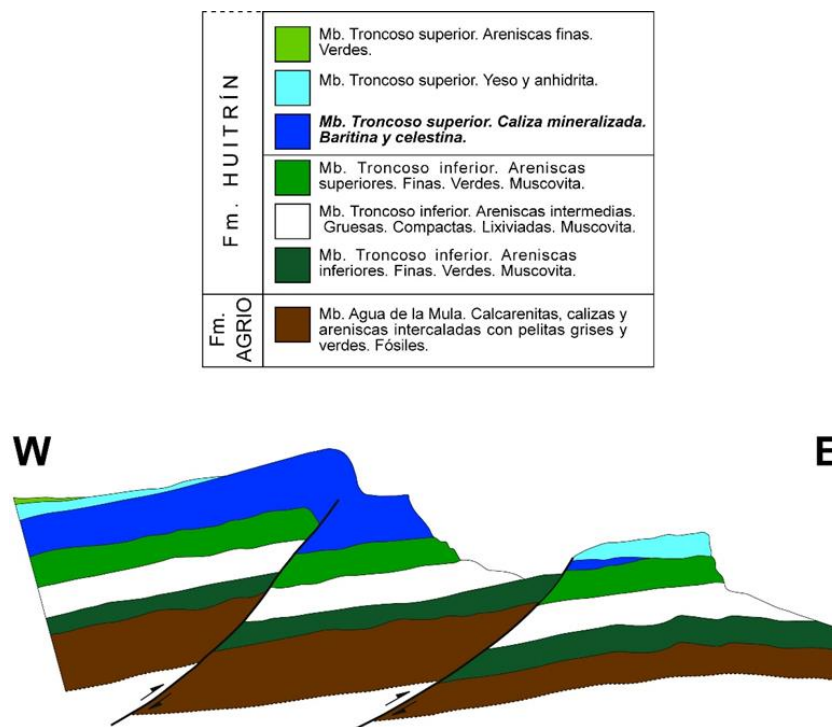


Figura 9: Modelo de pliegue por propagación en falla característico del área de estudio (Modificado de Gutiérrez Pleimling, 1991).

En ese sector, la secuencia homoclinal presenta un buzamiento regional de 10-15° al E. Sin embargo, en los frentes de deformación de estos pliegues los buzamientos son mayores (Foto 6), alcanzando en ocasiones los 80-90° e incluso puede llegar a rebatirse.

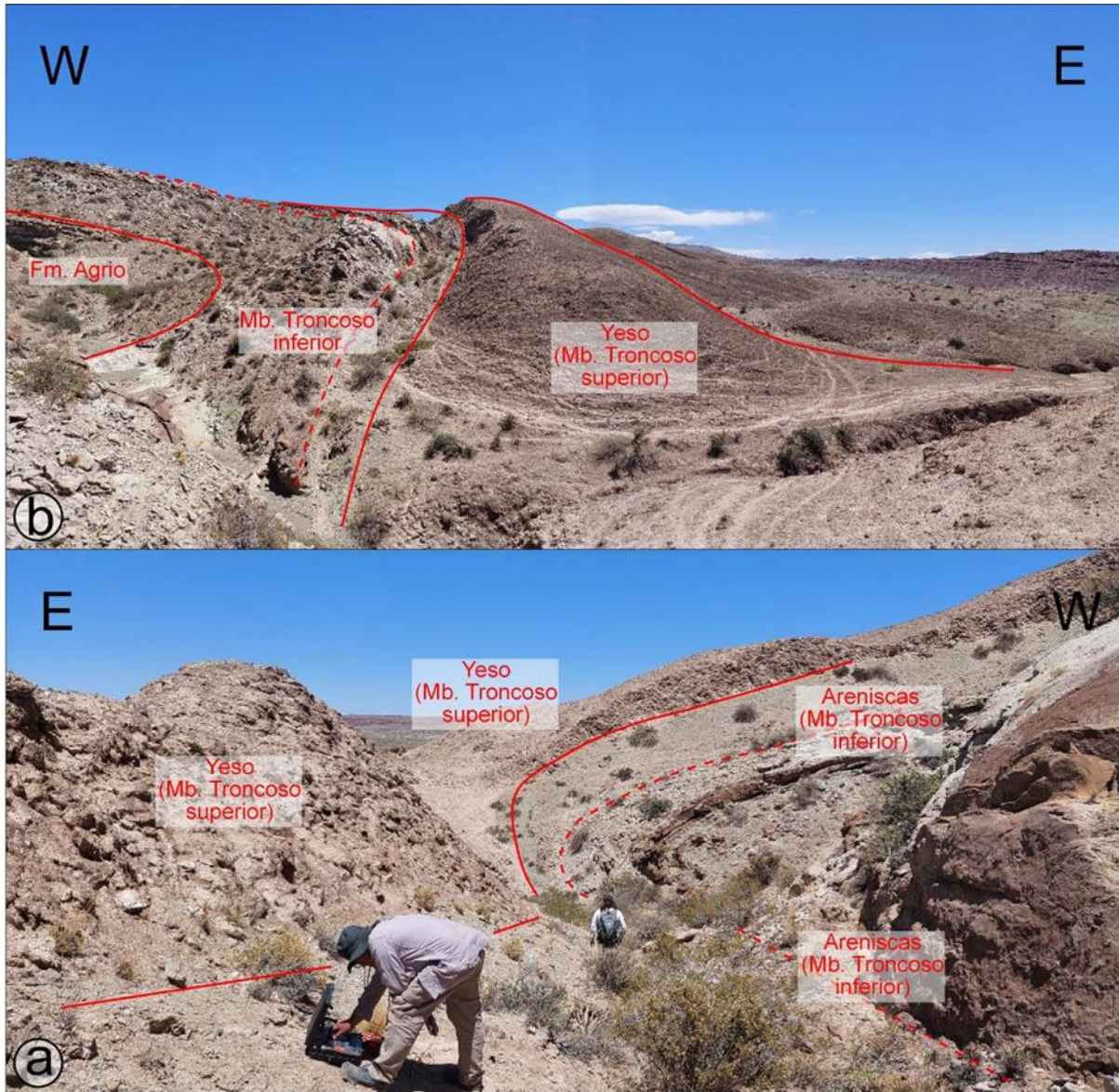


Foto 6: Estructura de pliegue por propagación en falla. Flanco este del anticlinal. (a) - vista al norte. (b) - vista al sur.

Debe advertirse que en las charnelas (lineamiento curvo en Mina Cecilia, fig. 8) de estos pliegues por propagación en falla se ha evidenciado un engrosamiento del espesor de las calizas, alcanzando en algunos casos entre 6 y 8 metros. Además, notoriamente, se ha registrado allí una mayor concentración de labores mineras de tipo artesanal (fig. 8 y ANEXO 1: “Mapa Geológico”) en busca de la barita extra. Esta última, según cuentan los pobladores que trabajaron en ellas, se trata de una baritina de alta calidad, o densidad, que se separaba manualmente sopesando la muestra. Así se la separaba del denominado

estroncio (celestina), de las barito-celestinas y celesto-baritinas de menor densidad, ya que todas se decoloraban al sol y presentaban el mismo aspecto visual. Por lo tanto, se puede advertir un control estructural en la calidad de la mineralización, donde se produce una mayor concentración de baritina de alta densidad en las charnelas de estos pliegues respecto de las áreas homoclinales de las calizas mineralizadas circundantes.

Otro aspecto relevante de la estructuración del área se evidencia en el sector centro y norte de la estructura anticlinal principal (ANEXO 1: "Mapa Geológico"). Se trata de un sistema de fracturación con orientación marcadamente NE-SO, posiblemente como reflejo de la reactivación de las fallas del basamento en un evento compresivo posterior a la formación del anticlinal. Se destaca una falla inversa regional, con vergencia al oeste, que afecta diagonalmente a toda la estructura principal en su zona central. Al oeste y noreste de ésta se desarrollan otras fallas inversas y fracturas subordinadas, de igual orientación, como reflejo de este evento compresivo.

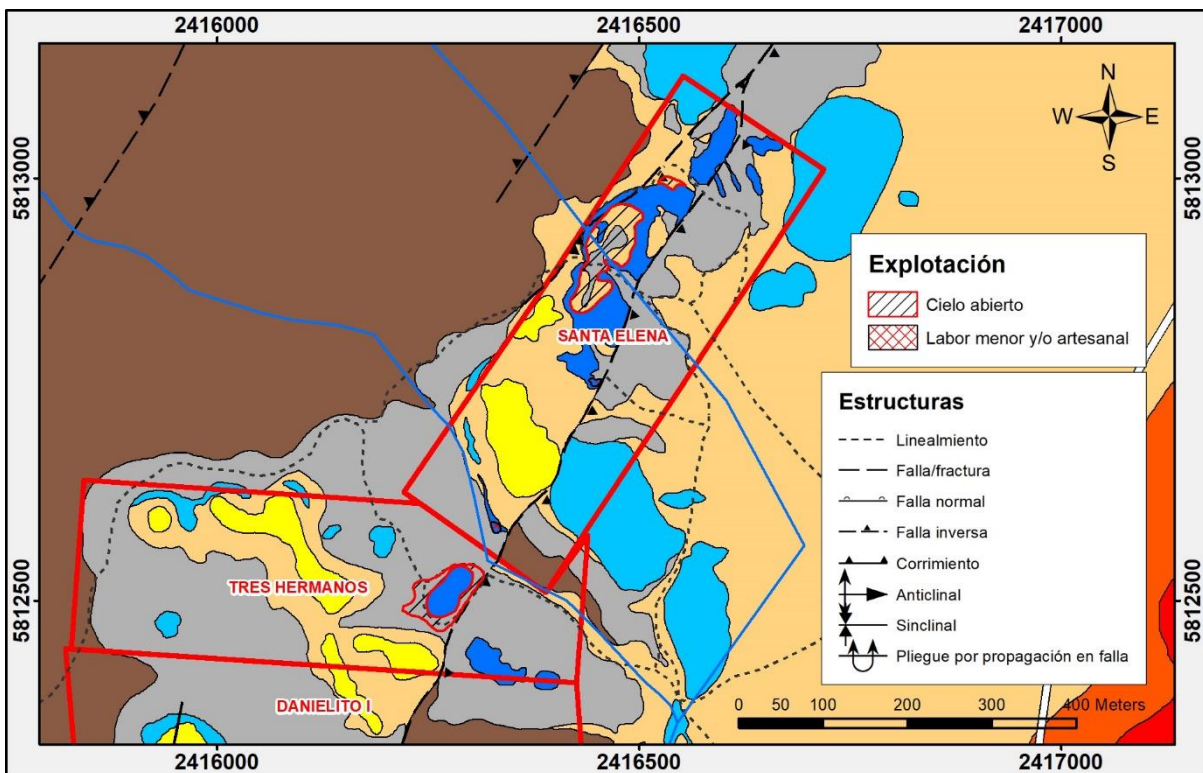


Figura 10: Calizas mineralizadas (color azul) asociadas a la fractura inversa regional. Minas Santa Elena y Tres Hermanos.

Gran parte de estas fallas afectan solo a la Fm. Agrio como consecuencia de la denudación y erosión del núcleo del anticlinal. Sin embargo, en el bloque bajo de las fallas inversas del sector más oriental también se conservan las secuencias de la Fm. Huitrín afectadas por éstas (ANEXO 1: "Mapa Geológico"). Por esta razón, en el margen occidental de la falla inversa regional se conservan los afloramientos de calizas mineralizadas y yeso del Mb. Troncoso inferior, afectados por esta estructura (fig.10). De hecho, puede

observarse que las propiedades mineras Sata Elena, Tres Hermanos, Danielito I, Magistral y Alondra se encuentran ubicadas en el margen occidental del rumbo de esta estructura regional (ANEXO 1: "Mapa Geológico").

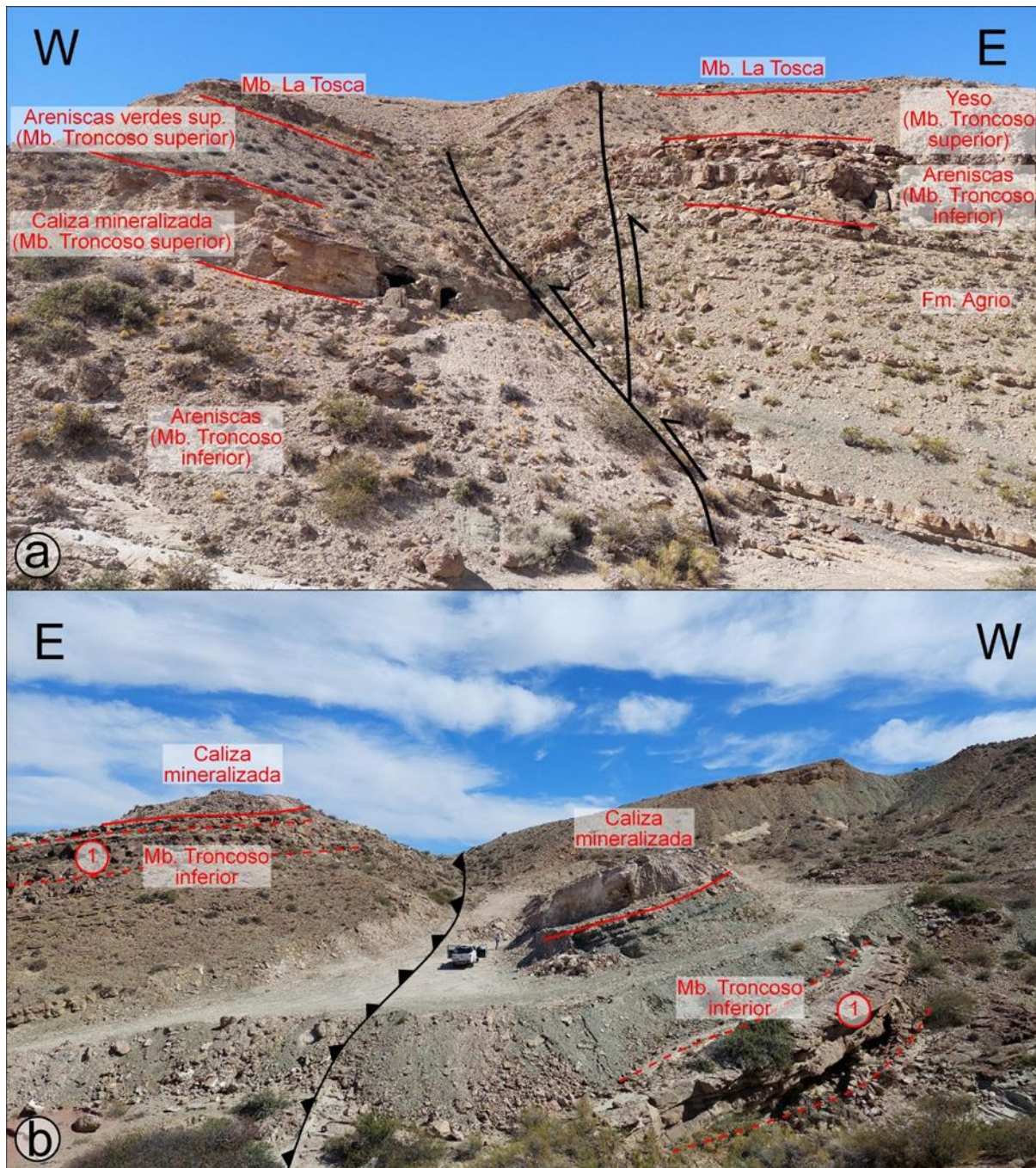


Foto 7: Falla inversa regional en zona de explotación de la caliza mineralizada (Mina Tres Hermanos). (a) - vista al sur. (b) - vista al norte.

En la zona de la Mina Santa Elena ésta falla inversa regional afecta a la Fm. Huitrín (fig. 10). Pone en contacto tectónico a las areniscas del Mb. Troncoso inferior con las calizas

mineralizadas del Mb. Troncoso superior. Allí se evidencia una concentración de la mineralización y se desarrolló una labor a cielo abierto.

En la zona de la propiedad minera Tres Hermanos ocurre una situación similar entre la estructura, secuencia sedimentaria y mineralización (fig. 10). Allí también se explotó a cielo abierto la caliza mineralizada asociada a la falla inversa regional (Foto 7).

Finalmente, se concluye que en toda el área de La Continental se evidencia una estrecha relación entre las diferentes estructuras y la concentración de la mineralización de baritina/celestina en las calizas estratoligadas del Mb. Troncoso inferior.

RELEVAMIENTO GEOFÍSICO

Introducción

En el marco del contrato "Identificación y caracterización de baritinas aptas para uso petrolero" se relevaron datos geofísicos en la zona del Distrito Minero Grupo Continental.

Se aplicaron métodos geofísicos, de la rama de la geoelectrónica, destinados a verificar la geología subterránea del área, alumbrar posibles discontinuidades litológicas o estructurales y probar la respuesta eléctrica de los horizontes mineralizados.

Luego de un reconocimiento del área, de su geología, geomorfología y accesos, se optó por la utilización de dos métodos: Sondeos eléctricos verticales y Calicatas eléctricas.

Las características del terreno dificultaron en cierta medida los trabajos. La topografía es muy abrupta y los accesos limitados.

Para utilizar correctamente estos métodos se necesitan cumplir determinadas condiciones. Entre ellas, se debe verificar que los estratos se hallen con buzamientos bajos ($<10^\circ$) y que los electrodos se hallen sobre una superficie más o menos plana y sobre la misma unidad litológica para evitar distorsiones del campo eléctrico. La condición de buzamiento se puede enmendar realizando los tendidos a lo largo del rumbo. Las otras dos condiciones son difíciles de compensar cuando la topografía es abrupta y los cambios de facies de las unidades se dan en cortos recorridos. El estilo tectónico dominante en el área incluye plegamientos, corrimientos y gran densidad de fracturas.

A pesar de las condiciones poco favorables, se pudieron realizar tres perfiles eléctricos mediante Sondeos eléctricos verticales (SEV) y 5 Calicatas eléctricas (CE) con tres medidas por estación.

Metodología

Se utilizaron dos variantes de los métodos geoelectricos: los Sondeos eléctricos verticales (SEV) y las Calicatas eléctricas (CE).

El primer método entrega resultados en una dimensión, tal como lo haría una perforación vertical. Son datos puntuales a diferentes profundidades.

El segundo método evalúa las variaciones en el rumbo de la traza de la calicata a 2 o 3 profundidades diferentes.

SEVs. Marco Teórico

El método geoelectrico de Sondeos Eléctricos Verticales consiste básicamente en emitir al terreno una corriente continua (CC) a través de un par de electrodos (A y B), dispuestos en forma simétrica respecto del punto de atribución, y medir la diferencia de potencial a través de otro par de recepción (M y N), dispuestos de igual forma (Foto 8). Mediante la aplicación de la Ley de Ohm y utilizando una constante geométrica se calcula la resistividad.

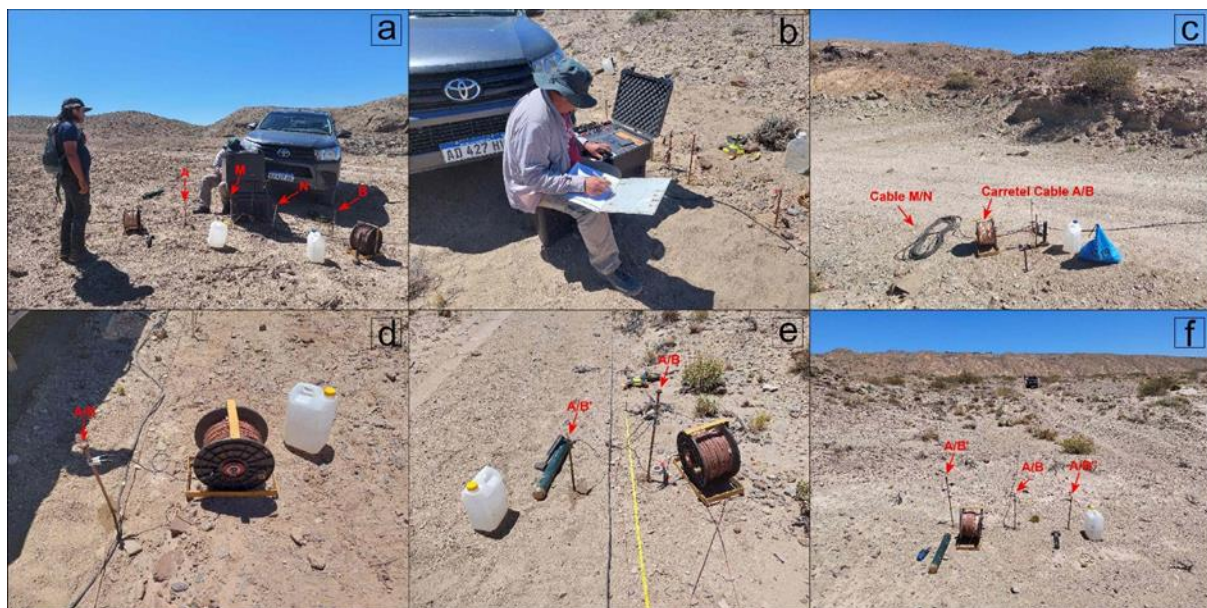


Foto 8: distintos elementos de la medición de sondeos eléctricos verticales (SEV).

El subsuelo actúa como impedancia. A medida que se amplía la separación interelectródica se modifica la impedancia (resistividad aparente). Por otra parte, una mayor separación entre electrodos implica una mayor profundidad de penetración de la corriente en el subsuelo y consecuentemente, se aumenta la profundidad de investigación.

La ecuación para el cálculo de las resistividades aparentes (1) está dada por la siguiente expresión:

$$\rho a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Siendo "K" el factor geométrico (2), función de la distancia inter-electródica:

$$K = 2\pi \cdot \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad (2)$$

Arreglos electródicos

Las dos configuraciones electródicas más utilizadas son las de Wenner y Schlumberger.

La configuración Wenner (fig. 11) utiliza siempre electrodos equidistantes y el cálculo de resistividad es en función de esta distancia "a".

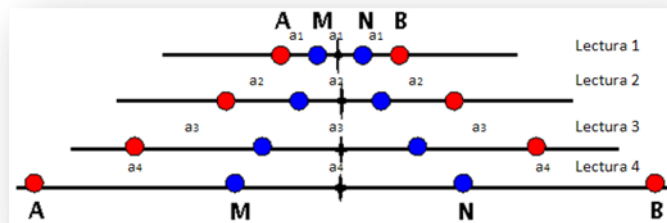


Figura 11: Configuración Wenner donde $k = 2 \pi a$.

La configuración Schlumberger (fig. 12) deja fijos los pares MN y mueve solo los AB. Los MN se mueven cuando las lecturas de potencial ya son muy bajas.

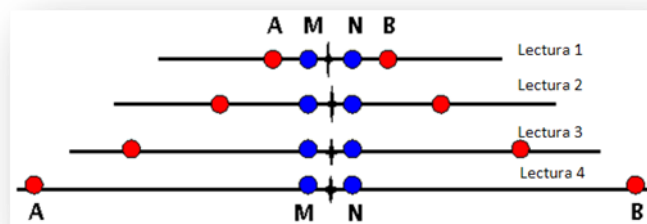


Figura 12: Configuración Schlumberger donde $K = \pi AM \cdot AN / MN$

En este trabajo se utilizó la configuración Schlumberger. Las aperturas de AB máximas fueron de 400 m y las mínimas de 320 m.

Los resultados de los SEV's fueron tratados en forma semiautomática con softwares específicos.

En tres áreas clave, se agruparon 3 SEV's en secciones o perfiles eléctricos para visualizar más fácilmente los cambios laterales de resistividad. Esto permitió una correlación entre las mismas y la geología del sector.

Métodos de Interpretación

Las diferentes medidas de resistividad (Tablas II y III) que se toman a distancias variables de AB (distancia entre los electrodos de corriente), deben ser interpretadas para llevarlas a un modelo de capas eléctricas, las cuales se caracterizan por dos variables: espesor y resistividad. Estas capas eléctricas se asimilan luego a capas geológicas de acuerdo a su valor de resistividad. Para la interpretación se utilizan métodos comparativos con curvas patrón y más generalmente programas de computación.

Cualquiera de los métodos en realidad determina un valor que es el producto de la resistividad por el espesor de la capa y en consecuencia existe un problema de ambivalencia. El valor puede corresponder tanto a una capa delgada y resistiva como a una más espesa y menos resistiva. Aquí es donde es necesario contar con datos de medidas paramétricas de terrenos de la zona de estudio, o calicatas, o pozos de donde determinar el espesor de las capas. Así, definiendo una de las variables podemos determinar la otra sin ambivalencias.

Tabla II: Ejemplo de planilla de campo para levantamiento de SEV.

FECHA	Este				OPERADOR			
SEV Nº	Norte				LOCALIDAD			
AZIMUT AB	ALTURA				CLIMA			
AB/2 (m)	MN/2 (m)	k = π · AM	AN/MN	SP (mV)	V (mV)	I (mA)	ρ (Ω·m)	
1	1.00	0.25	5.8905					
2	1.25	0.25	9.4248					
3	1.60	0.25	15.6923					
4	2.00	0.25	24.7400					
5	2.50	0.25	38.8772					
6	3.20	0.25	63.9471					
7	3.20	1	14.5142					
8	4.00	1	23.5619					
9	5.00	1	37.6991					
10	6.30	1	60.7741					
11	8.00	1	98.9602					
12	10.00	1	155.5088					
13	10.00	2.5	58.9049					
14	12.50	2.5	94.2478					
15	16.00	2.5	156.9226					
16	20.00	2.5	247.4004					
17	25.00	2.5	388.7721					
18	32.00	2.5	639.4712					
19	32.00	10	145.1416					
20	40.00	10	235.6194					
21	50.00	10	376.9911					
22	63.00	10	607.7411					
23	80.00	10	989.6017					
24	100.00	10	1555.0884					
25	100.00	25	589.0486					
26	125.00	25	942.4778					
27	160.00	25	1569.2255					
28	200.00	25	2474.0042					
29	250.00	25	3887.7209					
30	300.00	25	5615.5969					
31	300.00	50	2748.8936					

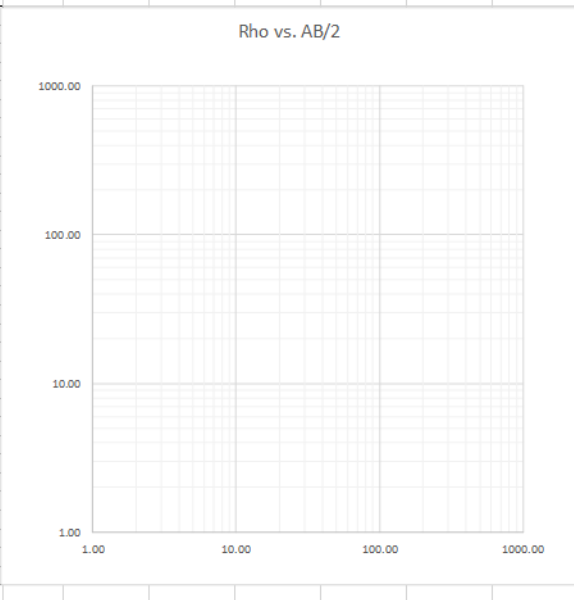
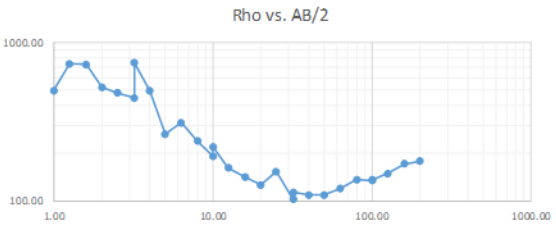


Tabla III: SEV 09. Serie de datos y gráfico de campo, sin tratamiento.

FECHA	18-12-24 Este		2415347 OPERADOR		pv														
SEV Nº	SEV09	Norte	5810525 LOCALIDAD		la continental														
AZIMUT AB	NE-SW	Alt	914 CLIMA		ventoso templ														
AB/2 (m)	MN/2 (m)	k = π	AM	AN/MN	SP (m.v)	V (mv)	I (mA)	ρ (Ω.m)											
1	1.00	0.25	5.89			16.9	0.2	497.75											
2	1.25	0.25	9.42			78	1	795.13											
3	1.60	0.25	15.69			65	1.4	728.57											
4	2.00	0.25	24.74			55	2.6	523.35											
5	2.50	0.25	38.88			42	3.4	480.25											
6	3.20	0.25	63.95			1.4	0.2	447.63											
7	3.20	1	14.51			15.4	0.3	745.06											
8	4.00	1	23.56			141	6.7	495.86											
9	5.00	1	37.70			52	7.4	264.91											
10	6.30	1	60.77			37	7.2	312.31											
11	8.00	1	98.96			6.5	2.7	238.24											
12	10.00	1	155.51			6.3	5.1	192.10											
13	10.00	2.5	58.90			17.5	4.7	219.33											
14	12.50	2.5	94.25			8.4	4.9	161.57											
15	16.00	2.5	156.92			1.8	2	141.23											
16	20.00	2.5	247.40			5.2	10.2	126.13											
17	25.00	2.5	388.77			4.1	10.4	153.27											
18	32.00	2.5	639.47			1.2	7.5	102.32											
19	32.00	10	145.14			5.7	7.3	113.33											
20	40.00	10	235.62			1.9	4.1	109.19											
21	50.00	10	376.99			1.1	3.8	109.13											
22	63.00	10	607.74			2.5	12.7	119.63											
23	80.00	10	989.60			1.2	8.7	136.50											
24	100.00	10	1555.09			0.7	8.1	134.39											
25	100.00	25	589.05			1.8	7.8	135.93											
26	125.00	25	942.48			0.3	1.9	148.81											
27	160.00	25	1569.23			1.5	13.7	171.81											
28	200.00	25	2474.00			0.9	12.5	178.13											



Calicatas Eléctricas. Marco Teórico

Una calicata eléctrica (CE) permite obtener un perfil de las variaciones laterales de resistividad del subsuelo. Se utiliza para detectar estructuras verticales, cuerpos y heterogeneidades laterales de resistividad. Se utiliza un arreglo electródico fijo y se toman medidas a lo largo de un perfil.

Al igual que en los SEVs, se induce una corriente continua (CC) por los electrodos AB (Foto 9), se mide la diferencia de potencial por los electrodos MN y se calcula la resistividad por medio de la ley de Ohm, utilizando una constante que depende de la geometría del arreglo electródico.

Se traslada el mismo arreglo a lo largo de una sección a distancias predeterminadas (fig. 13 y Foto 9). Teóricamente, esto significa que, a lo largo del perfil, se está midiendo la resistividad a una misma profundidad.



Figura 13: Croquis esquemático del desarrollo de una calicata eléctrica.

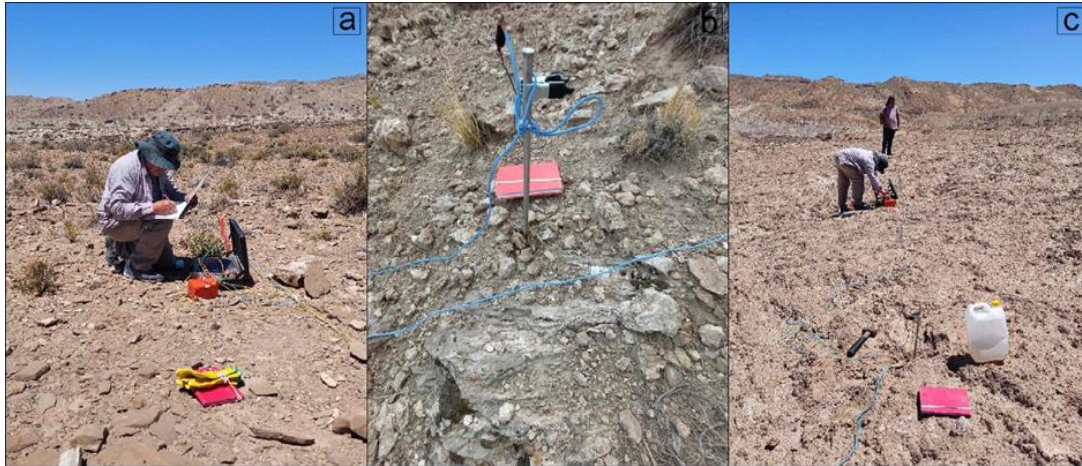


Foto 9: distintos elementos de la medición de Calicatas eléctricas.

En la práctica, se usan más de un arreglo fijo (fig. 14 y Tabla IV) sobre el mismo punto para obtener más de una profundidad de investigación. En este trabajo se utilizaron en cada estación tres arreglos electródicos simétricos, siguiendo el método Wenner, con medidas de "a" iguales a 5, 10 y 15 m.

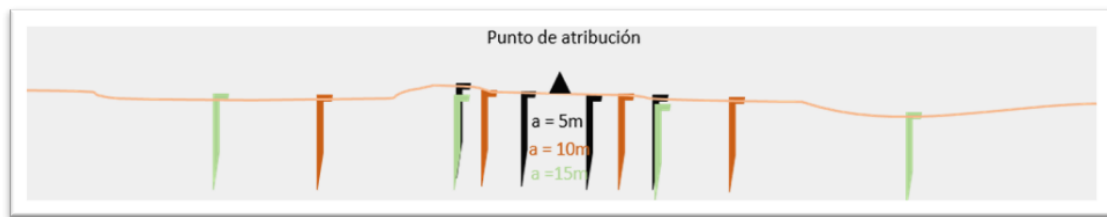


Figura 14: Esquema de calicata eléctrica con tres mediciones en el mismo punto, a 3 diferentes aperturas (3 profundidades de investigación diferentes).

Tabla IV: Ejemplo de planilla utilizada para la medición de calicatas eléctricas.

CALICATA WENNER:		COORD INIC:			Azimut:			
3 distancias "a"		dist. entre estaciones:			FECHA			
ESTACIÓN	AB/2	MN/2	a	k	SP (mV)	V (mV)	I (mA)	Ω (ohm.m)
EST.1	7.5	2.5	5	31.416	28.2			
	15	5	10	62.832				
	22.5	7.5	15	94.248				
EST.2	7.5	2.5	5	31.416				
	15	5	10	62.832				
	22.5	7.5	15	94.248				
EST.3	7.5	2.5	5	31.416				
	15	5	10	62.832				
	22.5	7.5	15	94.248				
EST.4	7.5	2.5	5	31.416				
	15	5	10	62.832				
	22.5	7.5	15	94.248				

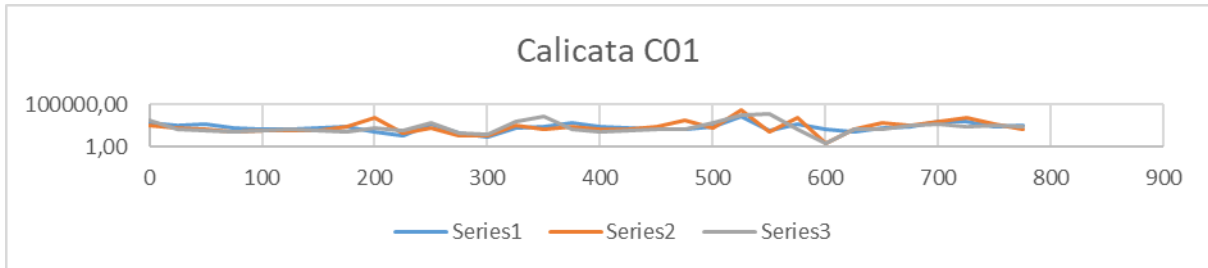


Figura 15: Datos de campo sin tratamiento de la calicata eléctrica C01.

El gráfico (fig. 15) muestra series de datos sin tratamiento de una de las calicatas realizadas. Las series 1, 2 y 3 corresponden a los valores de “a” de 5, 10 y 15 m respectivamente. Las ordenadas corresponden a los valores de resistividad y las abscisas a las distancias progresivas a lo largo del perfil.

Personal y Equipamiento

El personal afectado a las tareas de campo fue un equipo compuesto por tres personas: un operador y dos asistentes. Las comunicaciones se efectuaron con equipos de radio portátil (Handies). Personal y equipos se movilizaron en un vehículo doble tracción. Se fijó como base logística un departamento de alquiler en la localidad de Chos Malal.

Para las mediciones de resistividad de este estudio se utilizó un georesistivímetro digital (GeoRes VM700) cuyas características principales son las siguientes (Foto 10):



Foto 10: (a) - georesistivímetro digital (GeoRes VM700). (b) - equipo alternativo (Geo Res).

Posee un emisor de corriente continua (CC) con una tensión variable entre 12 y 700 V (electrodos AB). El instrumento entrega lecturas en mV y mA con una precisión de 0,1 mV y 0,1 mA, en una resolución de 1/2000. Se halla alojado en una valija estanca de alta resistencia.

Mide también el potencial espontáneo (SP) y posee un compensador manual de SP para llevar el instrumento a cero antes imprimir corriente al suelo.

También cuenta con un inversor de polaridad para detección de anomalías laterales.

Se utilizó navegador GPS para la ubicación de los SEVs y puntos de atribución de las calicatas eléctricas. Todas las coordenadas se definieron en sistema Posgar 94 Faja 2 (Datum WGS84).

Toda la información se compiló en una base de datos y su correspondiente sistema de información geográfica (SIG). Las interpretaciones geofísicas se realizan con el software IP2Win de la Universidad de Moscú.

Desarrollo de los trabajos

Se relevaron un total de 9 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) para realizar tres perfiles eléctricos, mediante el método tetrapolar simétrico de Schlumberger.

Además, se levantaron 5 calicatas eléctricas (método Wenner) midiendo a tres profundidades diferentes a partir de seleccionar 3 aperturas AB distintas en cada punto. La separación entre estaciones fue de 25 m aproximadamente, dependiendo de las condiciones topográficas. La orientación de los tendidos fue en el sentido del perfil, salvo en los lugares donde se observaron cambios litológicos entre los electrodos y en tal caso se buscó la orientación que proporcionara más homogeneidad litológica en la disposición.

Ubicación de las mediciones

Las medidas de cada SEV y su configuración se muestran en la Tabla V, junto con las coordenadas del punto central o punto de atribución.

Tabla V: Ubicación y medidas características de cada SEV.

	SEV #	ESTE	NORTE	ALTITUD	AB Máx	AZIMUT	PROPIEDAD MINERA
Perfil 01	SEV 01	2415618	5808084	797	400	O-E	El Emir - El Emir II
	SEV 02	2416048	5807786	764	400	OSO-ENE	El Emir - El Emir II
	SEV 03	2415650	5807635	779	400	O-E	El Emir - El Emir II
Perfil 02	SEV 04	2416398	5810654	830	320	NNE-SSO	Cecilia - Continental
	SEV 05	2416608	5810621	781	320	N-S	Cecilia - Continental
	SEV 06	2416743	5810593	770	400	N-S	Cecilia - Continental
Perfil 03	SEV 07	2415352	5810823	912	320	NE-SO	Alondra
	SEV 08	2415304	5810732	918	320	NE-SO	Alondra
	SEV 09	2415347	5810525	914	400	NE-SO	Alondra

Los SEVs se agruparon en tres secciones de resistividad (Tabla V y fig. 16). En la zona de las minas El Emir I y II: un perfil de 3 SEVs (01, 02, 03). En la zona de las minas Continental

y Cecilia, un perfil de tres SEVs (04, 05, 06) y en la zona de Mina Alondra un perfil de tres SEVs (07, 08, 09).

La ubicación de las mediciones de las calicatas eléctricas fue la siguiente (Tabla VI):

Tabla VI: Ubicación y características de las calicatas eléctricas.

CALICATA #	COORDENADAS INICIO			COORDENADAS FIN			LONG (m)	CANT. DE ESTACIONES	AZIMUT	PROPIEDAD MINERA
	X	Y	Z	X	Y	Z				
C 01	2415783	5808258	793	2415911	5807510	769	775	32	171	EL EMIR I y II
C 02	2416308	5808837	759	2416912	5808838	716	600	25	90	LIBRE
C 03	2416418	5811346	811	2416611	5811193	788	250	11	130	CECILIA - CONTINENTAL
C 04	2416400	5812239	848	2416649	5812233	823	250	11	92	DANIELITO - CONTINENTAL
C 05	2416456	5813208	879	2416632	5813028	866	250	11	136	SANTA ELENA

En la zona del Emir se midió una calicata (C01) de 775 metros de longitud, que incluyó 32 puntos de medición en la zona de El Emir. Una calicata (C02) de 600 m de longitud en una zona libre de propiedades, al Norte de El Emir. Una calicata (C03) de 250 m en la zona de las Minas Cecilia-La Continental y otra calicata (C04) de 250 m en la zona de las Minas Danielito-La Continental. En la zona de Mina Santa Elena también se midió una calicata eléctrica (C05) de 250 m de longitud. En total se relevaron 5 calicatas eléctricas, totalizando 2125 m y 270 mediciones de resistividad en 90 estaciones (Tabla VI y fig. 16).

Mapa de Ubicación de los relevamientos geofísicos

Con las coordenadas obtenidas con GPS se ubicaron los trabajos en el mapa de la Figura 16.

En el mismo se agregó la topografía mediante el cálculo de curvas de nivel con equidistancia de 50 metros. Las curvas se calcularon a partir de un DEM (Modelo digital de Elevación) de SRMT Plus V3 (SRTM Worldwide Elevation Data) con una resolución de 1 segundo de arco.

Se añadió además una imagen satelital de detalle del área (IKONOS 0.6 m pixel).

Se detallan también los límites de las propiedades mineras mencionadas en el informe.

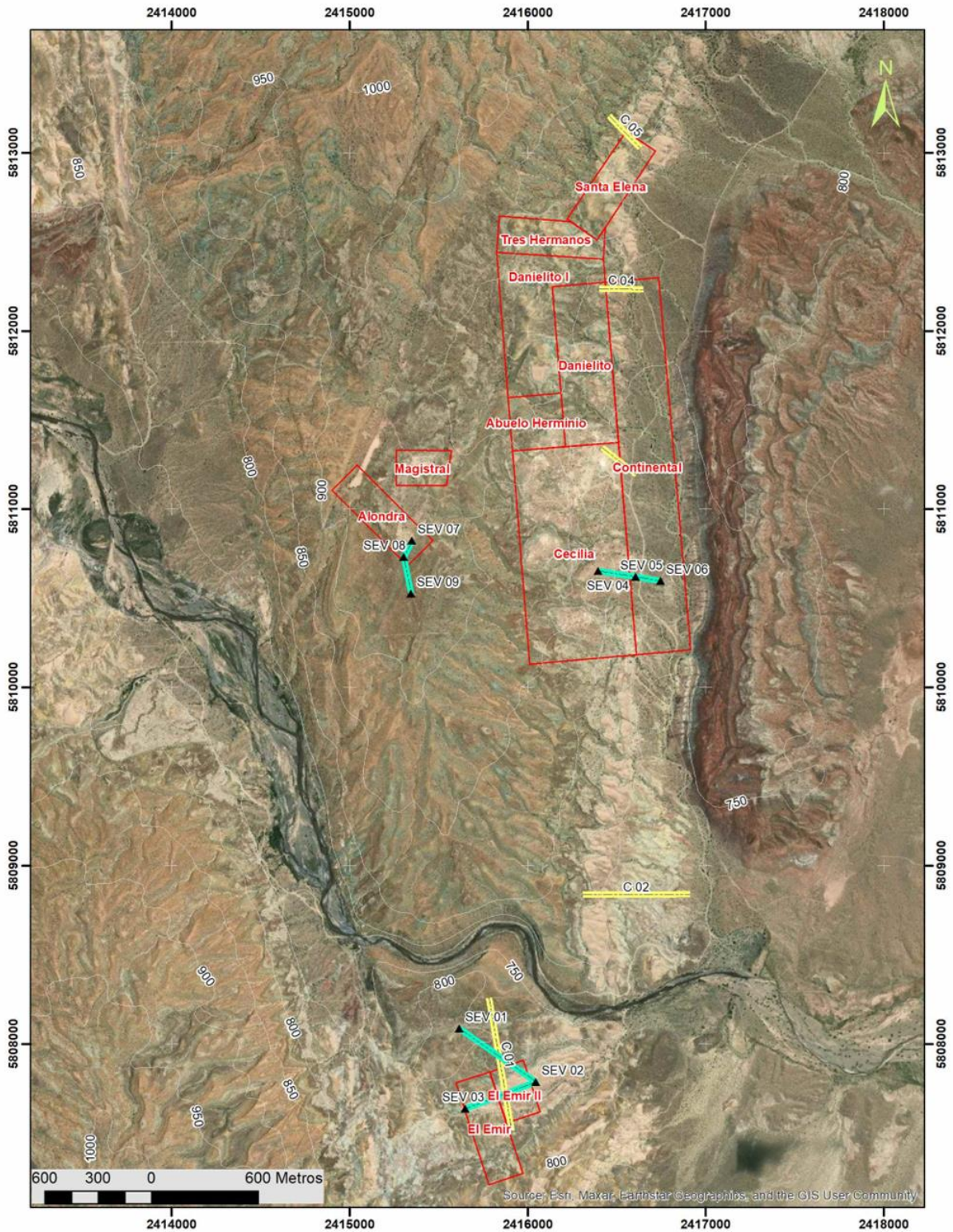


Figura 16: Mapa de ubicación del relevamiento geoelectrico (calicatas en trazo amarillo y perfiles de SEV's en trazas verdes). En rojo límite de las propiedades mineras.

RESULTADOS

Perfiles de Sondeos Eléctricos Verticales

Los "Datos originales (sin tratamiento) de SEVs" se presentan en el ANEXO 2.

Los datos de campo fueron sometidos a un filtrado a fin de eliminar valores que estadísticamente se consideran outliers (valores atípicos). Estos valores anómalos no responden a una variación normal de resistividad, dando lugar a saltos en la curva de valores. Pueden interpretarse como anomalías eléctricas de subsuelo, condiciones de conductividad o conectividad inapropiadas, etc. No es raro encontrar este tipo de anomalías y en algunos casos se generan en la interfaz del techo de acuíferos y son útiles para la exploración hidrogeológica. En nuestro caso, no se puede asegurar que respondan a este fenómeno, pero tampoco se descarta. Hay afloramientos del agua subterránea en la zona (manantiales). Otra razón para estas anomalías es el hecho de encontrarse los electrodos hincados en diferentes litologías que difieren contrastantemente en su valor de resistividad.

Una vez corregidos los outliers (trimming), se puede proceder a la interpretación de los SEVs. Se utilizó el software IP2Win (Universidad de Moscú), el cual permite una interpretación automática o manual, interactuando el operador con datos reales de resistividad o espesor.

Perfil 1

Descripción (Tabla V y fig. 16).

Se compone de los SEVs 3,2 y 1 (de Sur a Norte). En los gráficos siguientes se muestran los valores interpretados para cada SEV (fig. 17) y el perfil de correlación (fig. 18). Hay dos tipos de secciones. La pseudo sección y la sección de resistividad.

En la pseudosección se pueden observar las variaciones laterales de la resistividad. La escala vertical no corresponde a la profundidad; es la distancia $AB/2$ o de separación entre los electrodos de corriente. Si bien hay una relación entre la separación y la profundidad, ésta no es lineal y depende de varios factores, entre ellos el tipo de litología atravesada y las relaciones entre sus resistividades.

En la sección de resistividad, la escala vertical corresponde a la profundidad interpretada para cada capa. Se muestran los límites de las capas interpretadas y las relaciones entre los diferentes puntos de medición.

Resultados

Se trata de un perfil quebrado, los puntos del perfil no están alineados (fig.16). El SEV (02) central está más al Este de los otros y en una zona de fractura dentro de la unidad del yeso.

En el SEV (01) del norte se observan capas conductoras, que se interpretan como arenas limosas, limos y arcillas del relleno moderno. En profundidad se detectan valores más resistivos.

En el SEV (02) central se observa una capa muy delgada, menor a 1 m, con alta resistividad, asociada al yeso aflorante en las inmediaciones. Luego se observa una disminución de la resistividad hacia los términos más profundos y luego una capa de resistividad media como última capa eléctrica detectada.

En el SEV (03) del Sur, se observa una primera capa de resistividad alta, posiblemente asociada a caliza, Luego una intercalación de capas de resistividad media a alta que podrían interpretarse como una intercalación de niveles de areniscas, limolitas y calizas. La última capa detectada muestra valores muy altos de resistividad.

No existe evidente similitud entre los sondeos. Cada uno de ellos se ubica en áreas geológicamente diferentes. Los sondeos de los extremos terminan en capas resistivas y el central en una capa más conductora. Los valores en general son bastante dispersos, desde un mínimo de 1.75 ohm.m hasta un máximo superior a los 20.000 ohm.m.

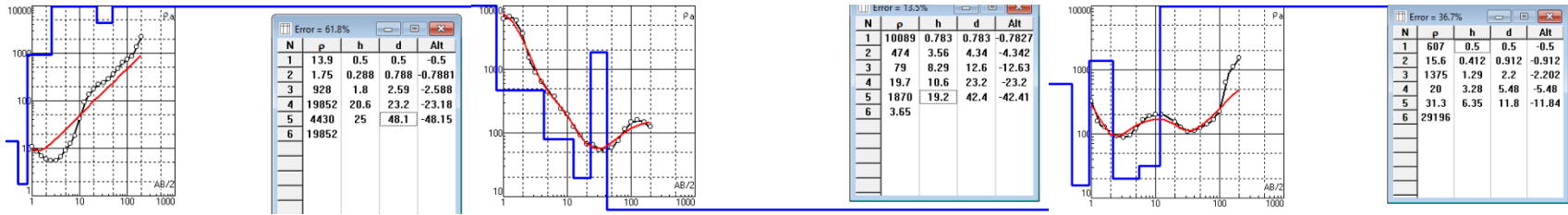


Figura 17: Valores interpretados para los SEVs 3, 2 y 1, respectivamente, en zona de El Emir.

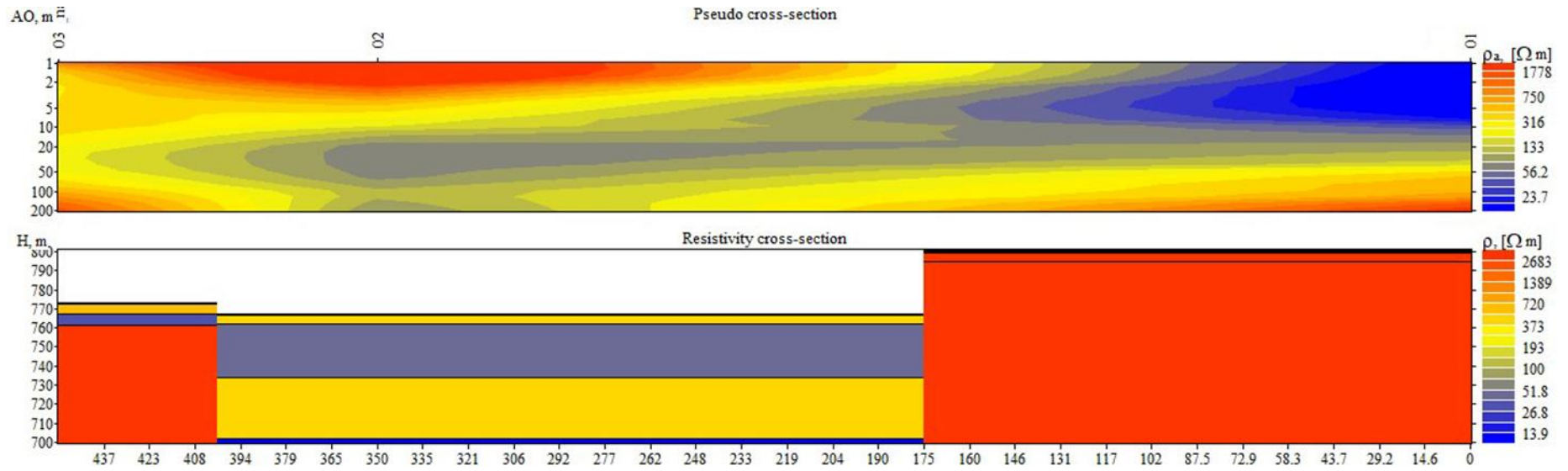


Figura 18: Perfil 1, de Sur a Norte, en el área de EL Emir.

Perfil 2

Descripción (Tabla V y fig. 16).

Se compone de los SEVs 4, 5 y 6 (de Oeste a Este) ubicados en el área de las minas Cecilia y Continental.

En los gráficos siguientes se muestran los valores interpretados para cada SEV (fig 19) y el perfil de correlación (fig 20) en dos tipos de secciones. La pseudo sección y la sección de resistividad.

La pseudosección muestra las variaciones laterales de la resistividad. La escala vertical es la distancia $AB/2$ o de separación entre los electrodos de corriente. Si bien hay una relación entre la separación y la profundidad, ésta no es lineal y depende de varios factores, entre ellos el tipo de litología atravesada y las relaciones entre sus resistividades.

En la sección de resistividad, la escala vertical corresponde a la profundidad interpretada para cada capa. Se muestran los límites de las capas interpretadas y las relaciones entre los diferentes puntos de medición. La disposición espacial de las capas obedece a un orden matemático exclusivamente. Se ubican los puntos de medición a la distancia y cota que corresponden, pero los valores interpretados se extienden desde el punto de medida hasta el punto medio de la distancia entre SEVs, lo cual es una solución de compromiso que puede diferir mucho de la realidad. La escala vertical está exagerada 10 veces para poder mostrar los cambios de las capas eléctricas.

Resultados

El Perfil 2 discurre por 350 m con marcadas diferencias topográficas entre ambos extremos (fig. 16). El SEV (04) está unos 55 m más alto que el SEV (06).

En el SEV (04) se interpretan capas de valores muy altos de resistividad intercaladas con capas de resistividad intermedia. Se ubica en una zona mineralizada con calizas de reemplazo y muchas oquedades que pueden ser la causa de los altos resistivos.

Los SEVs (05) y (06) tienen similares respuestas. Inician ambos con capas de moderada a baja resistividad y luego pasan a capas menos resistivas en profundidad. Se trata de una cobertura de suelo, que aumenta su espesor hacia el este. Por debajo este suelo, por observaciones de campo, se interpretó una capa muy delgada de caliza y/o yeso.

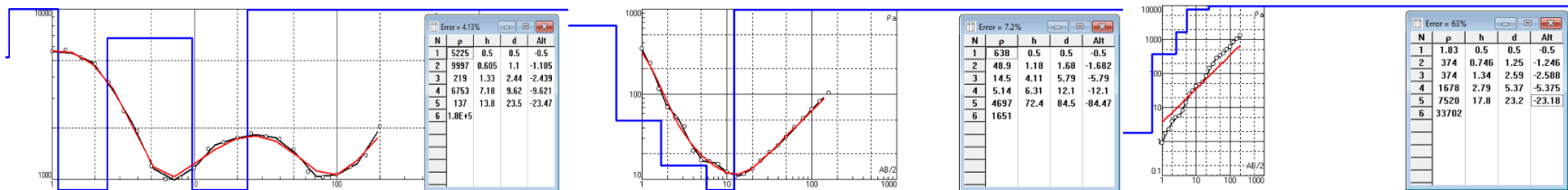


Figura 19: Valores interpretados para los SEVs 4, 5 y 6, respectivamente, en el área de las minas Cecilia y Continental.

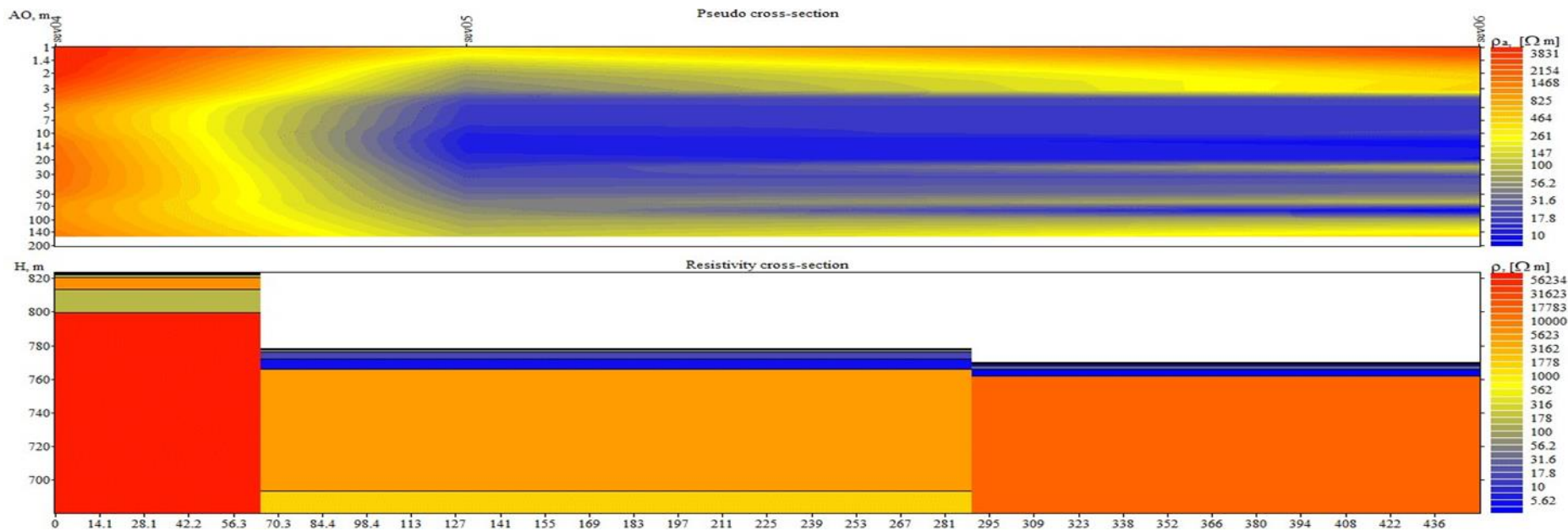


Figura 20: Perfil 2, de Oeste a Este, en el área de las minas Cecilia y Continental.

Perfil 3

Descripción (Tabla V y fig. 16).

El Perfil 3 tiene una orientación aproximadamente Sur-Norte y se compone de los SEVs 09, 08 y 07, respectivamente. Cubre parcialmente el área de la mina Alondra.

En los gráficos siguientes se muestran los valores interpretados para cada SEV (fig. 21) y el perfil de correlación (fig. 22) en dos tipos de secciones. La pseudo sección y la sección de resistividad.

La pseudosección muestra las variaciones laterales de la resistividad. La escala vertical es la distancia $AB/2$ o de separación entre los electrodos de corriente.

La sección de resistividad muestra las capas eléctricas interpretadas, su espesor y resistividad. La disposición espacial de las capas no corresponde más que a un modelo matemático que integra datos discretos en forma continua. En terrenos muy heterogéneos como este, con importantes variaciones litológicas en corto recorrido, esta visualización debe considerarse como una aproximación muy básica.

Resultados

Es un perfil quebrado que inicia al norte en una zona de explotación (SEV 07) y continua al Sur en zonas cubiertas (SEVs 08 y 09).

En la imagen satelital (fig. 16) se observa un lineamiento estructural entre los SEVs (08) y (09). La diferencia en respuesta eléctrica entre ambos puntos es notoria. Existe mayor similitud de respuesta eléctrica entre los SEVs (07) y (08). Ambos inician con una capa de alta resistividad (la segunda capa en el SEV 08), luego una intercalación de resistividades intermedias y una capa más resistiva en profundidad (la quinta capa del SEV 07).

El SEV (09) presenta respuesta resistiva solamente en el primer metro de profundidad y luego se mantiene en valores de resistividad media a baja.

El SEV (07) se ubica en la zona mineralizada. De acuerdo a la interpretación, presenta una capa muy resistiva pero delgada en superficie, luego capas de resistividad media a baja y una de muy alta resistividad a aproximadamente los 4 m de profundidad.

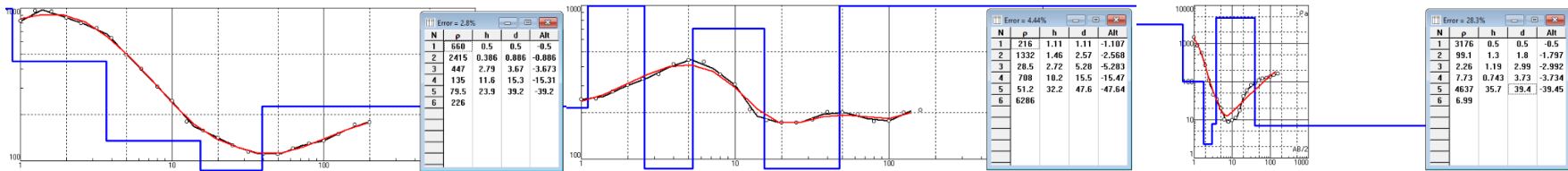


Figura 21 Valores interpretados para los SEVs 09, 08 y 07, respectivamente, en el área de la mina La Alondra.

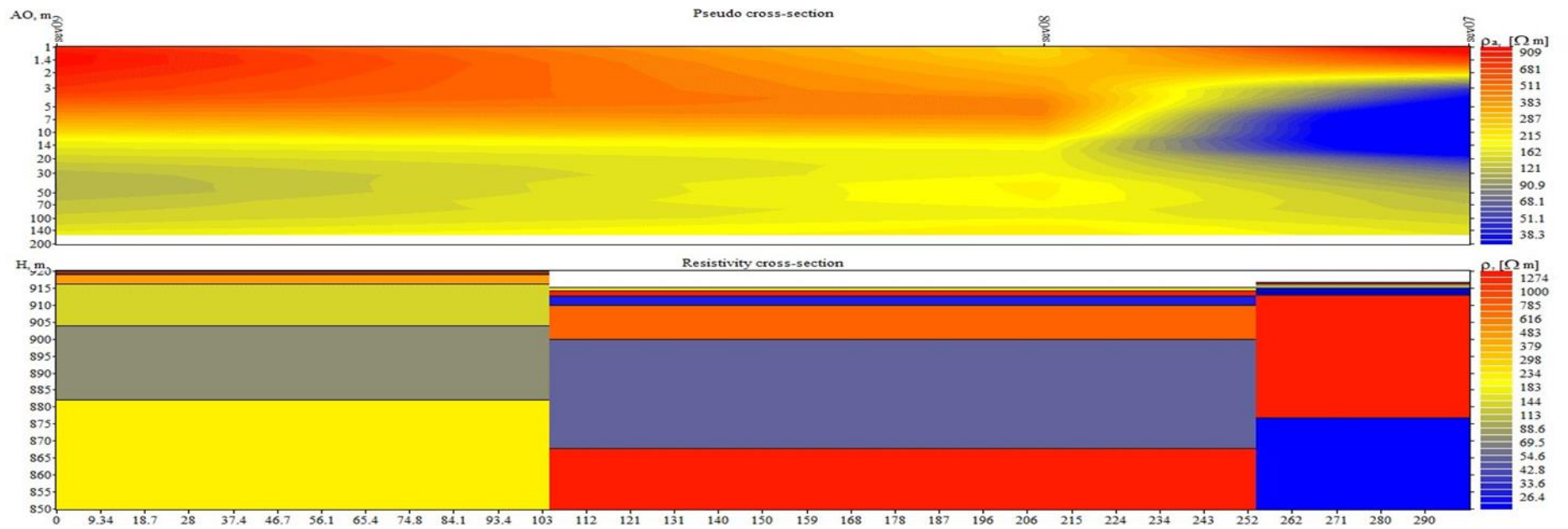


Figura 22: Perfil 3, de Sur a Norte, en el área de la mina La Alondra.

Calicata Eléctricas

Los “Datos originales (sin tratamiento) de Calicatas Eléctricas” se presentan en el ANEXO 3.

Descripción y tratamiento de datos

Este sistema de relevamiento geofísico implica mediciones puntuales a lo largo de un perfil. En cada punto se mide la resistividad con tres arreglos electródicos diferentes para tener datos a diferentes profundidades. A cada valor de resistividad se le asigna una profundidad teórica.

Cada dato posee además las tres coordenadas espaciales. El tratamiento de los datos incluye el filtrado de outliers (valores atípicos) y luego el armado de una tabla para su tratamiento de análisis espacial GIS. Como el resultado se muestra en un corte vertical, se resumen las coordenadas espaciales a dos: la distancia progresiva desde el inicio y la cota (Tabla VII).

La tabla tiene el siguiente formato:

Tabla VII: Planilla de toma de datos de calicatas eléctricas.

calicata	est	Xprogresiva	Zresistivity	altitudo	Yz de rho	rho_log_10	
c01		1	0	684.169067	794.5	791.9	2.83516343
c01		1	0	397.935069	794.5	789.3	2.59981221
c01		1	0	1413.71669	794.5	786.7	3.15036239
c01		2	28.6356421	312.36407	794	791.4	2.49466107
c01		2	28.6356421	151.744853	794	788.8	2.18111397
c01		2	28.6356421	104.957755	794	786.2	2.02101453
c01		3	49.6594382	439.822972	792.5	789.9	2.64327791
c01		3	49.6594382	111.00294	792.5	787.3	2.04533448
c01		3	49.6594382	89.7597901	792.5	784.7	1.95308183
c01		4	75.3693584	181.103577	792	789.4	2.25792703
c01		4	75.3693584	67.996115	792	786.8	1.8324841
c01		4	75.3693584	54.4869976	792	784.2	1.73629288
c01		5	101.330868	136.833813	790.5	787.9	2.13619343

Donde las dos primeras columnas identifican la calicata y la estación de la misma, la tercera es la distancia progresiva desde el inicio, la cuarta es el valor de resistividad medido. La quinta corresponde a la altitud topográfica del punto y la sexta es la profundidad teórica de cada medida. Para el análisis cuantitativo se utiliza el logaritmo de la resistividad, que es la séptima columna.

El rango de valores de resistividad es muy extenso y por lo tanto es más simple y directo observarlos en escala logarítmica. Las pruebas estadísticas confirman, además, que los valores en escala logarítmica se distribuyen con una curva de frecuencias normal, mientras que los valores originales no lo hacen (Tabla VIII y fig. 23).

Tabla VIII: Estadística básica de datos originales.

Resistividad		TABLA DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS							ni	hi	Ni	Hi	yi
		CLASES		ni	hi	Ni	Hi	yi					
Rango	3998.00	2.79	502.54	74	0.77	74	0.77	252.67					
tamaño de la muestra	96	502.54	1002.29	11	0.11	85	0.89	752.42					
Nro de clases	8	1002.29	1502.04	3	0.03	88	0.92	1252.17					
valor de la clase	499.75	1502.04	2001.79	0	0.00	88	0.92	1751.92					
		2001.79	2501.54	0	0.00	88	0.92	2251.67					
Media aritmética	533.12	2501.54	3001.29	2	0.02	90	0.94	2751.42					
Media Geométrica	196.72	3001.29	3501.04	1	0.01	91	0.95	3251.17					
Mediana	152.98	3501.04	4000.79	5	0.05	96	1.00	3750.92					
Moda	125.66												

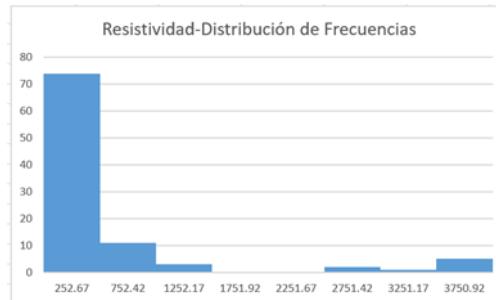


Figura 23: Grafico de barras de la distribución de frecuencias.

Como ejemplo se muestra la distribución de frecuencias de los valores de resistividad de la calicata 1 y la distribución de frecuencias aplicando logaritmo de base 10 a los mismos datos (Tabla IX y fig. 24).

Tabla IX: Estadística básica del logaritmo en base 10 de los datos originales.

Log10_Resistividad		TABLA DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS							ni	hi	Ni	Hi	yi
		CLASES		ni	hi	Ni	Hi	yi					
Rango	4.00	0.45	0.95	2	0.02	2	0.02	0.70					
tamaño de la muestra	96	0.95	1.45	5	0.05	7	0.07	1.20					
Nro de clases	8	1.45	1.95	16	0.17	23	0.24	1.70					
valor de la clase	0.5	1.95	2.45	40	0.42	63	0.66	2.20					
		2.45	2.95	20	0.21	83	0.86	2.70					
Media aritmética	2.29	2.95	3.45	6	0.06	89	0.93	3.20					
Media Geométrica	2.19	3.45	3.95	7	0.07	96	1.00	3.70					
Mediana	2.18	3.95	4.45	0	0.00	96	1.00	4.20					
Moda	2.10												

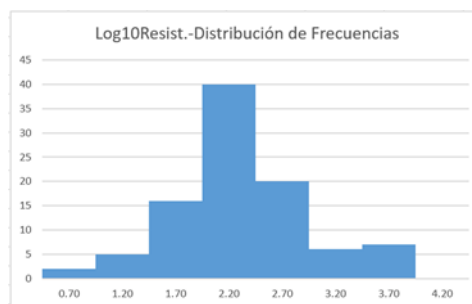


Figura 24: Gráfico de barras de la distribución de frecuencias del log10 de los datos

En general, los análisis de distribución espacial de los programas GIS se aplican a datos que se distribuyen en forma normal o se hacen tratamientos estadísticos para llevar la población original de datos a una distribución normal (geoestadística) antes de aplicarlos.

Los datos se plotearon con tres variables, la distancia progresiva, la profundidad de la medición y el valor de resistividad (fig. 25). De esta forma, se lograron gráficos de este tipo:

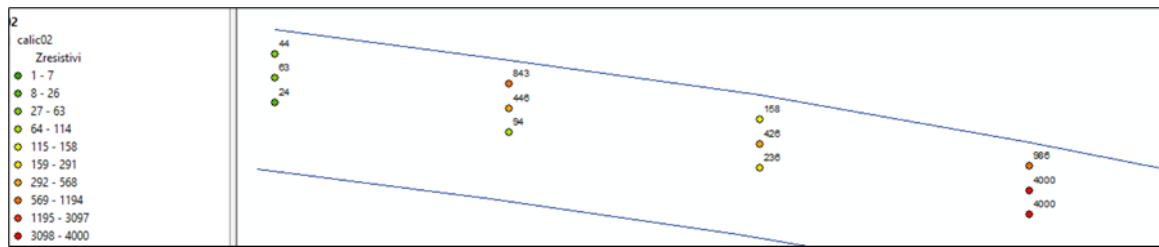


Figura 25 Ploteo de los datos puntuales con etiqueta de valores originales (Perfil vertical).

Aplicando análisis espacial de distribución de datos y utilizando los valores del logaritmo de la resistividad se lograron rasters de distribución (fig. 26) como el siguiente:

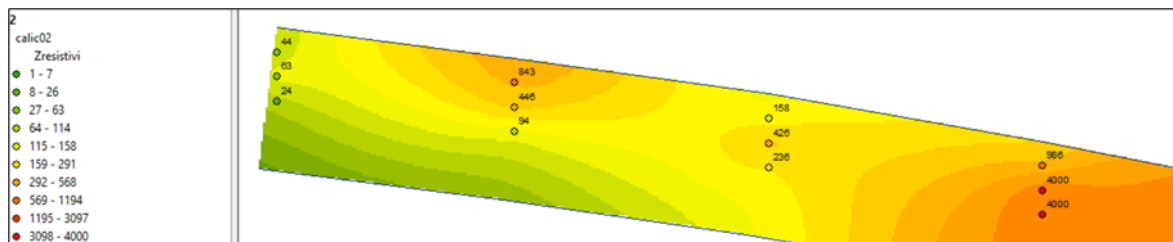


Figura 26: Raster originado a partir de los datos puntuales del log10 de resistividad (Perfil vertical).

El producto final, en formato raster, muestra la distribución espacial de los datos de resistividad en la franja estudiada. A partir de estos isovalores es posible intentar una correlación con la geología superficial y subsuperficial (Fig. 27).

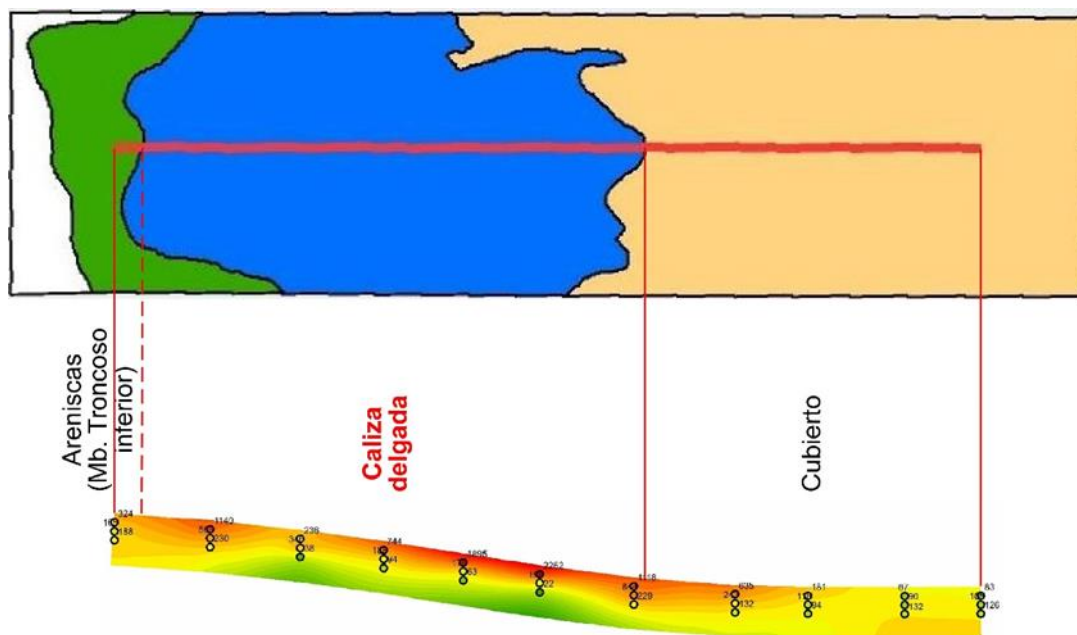


Figura 27: Comparación entre la geología local (en planta) y la sección de resistividad de la calicata 04.

Calicata 1 (C01)

Esta calicata tiene 763,3m de longitud. Posee un total de 32 Estaciones de medición, totalizando 96 medidas de resistividad. Atraviesa un corte geológico diverso donde se destacan litologías de diferentes cualidades eléctricas.

Los valores de resistividad medidos tienen un rango amplio que varía desde un mínimo de 2,79 ohm.m a un máximo de 25698 ohm.m.

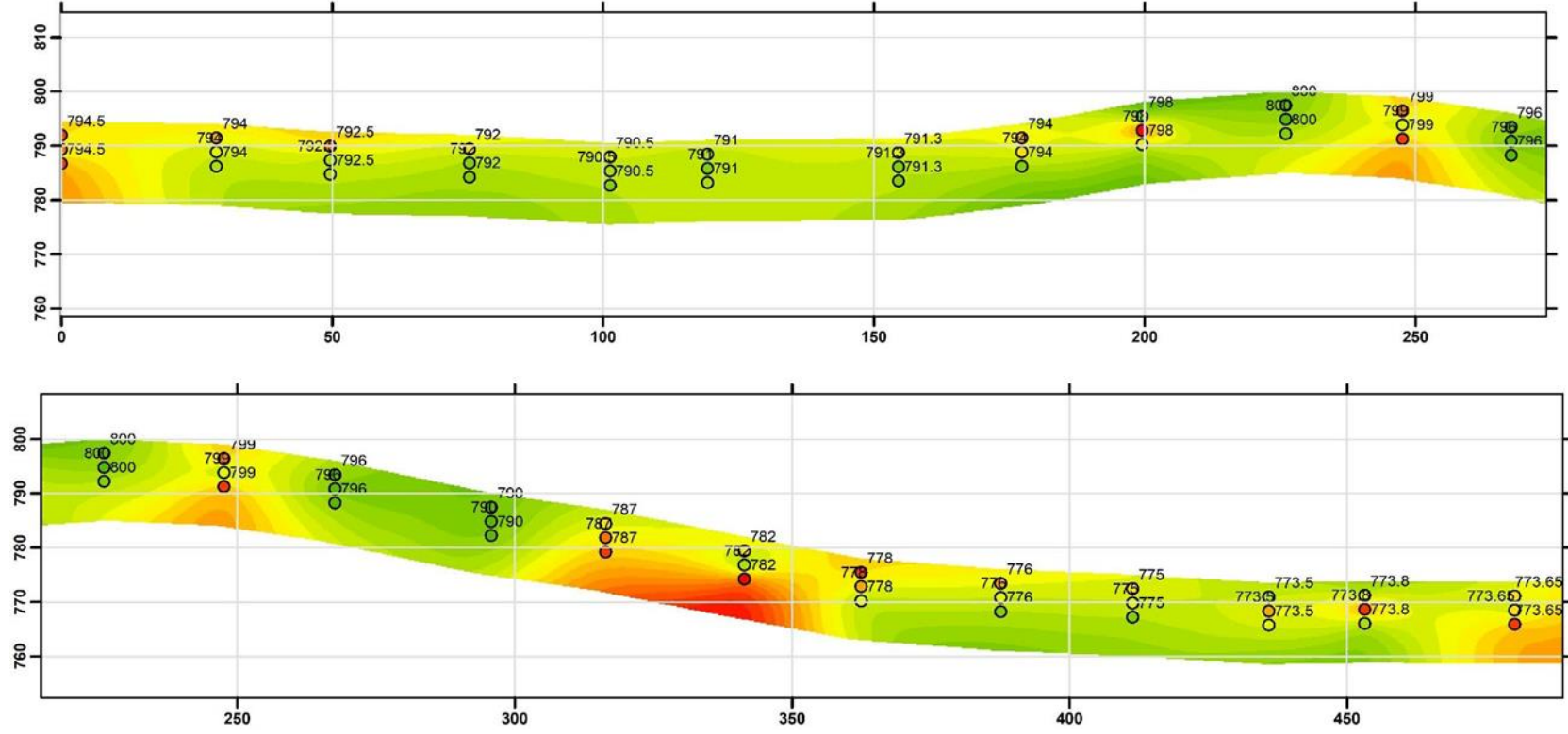
Los datos colectados en campo fueron sometidos a un filtrado consistente en establecer un máximo de 4000 ohm.m como límite superior, todos los valores superiores a ese límite se reemplazaron por ese valor. A dichos datos se les aplicó el logaritmo en base 10 para introducirlos en los programas de análisis espacial.

Los datos tratados fueron ploteados en las secciones con sus valores originales, pero el tratamiento espacial fue hecho con los valores logarítmicos. La escala de colores resulta de la división del espectro en 20 clases iguales. En la referencia siguiente se muestra la equivalencia de los valores logarítmicos con los originales de resistividad en ohm.m (fig. 28).

Log ₁₀ Res.	Resist. Ohm.m	
0.19 - 0.43	1.55	2.69
0.44 - 0.67	2.75	4.68
0.68 - 0.91	4.79	8.13
0.92 - 1.15	8.32	14.13
1.16 - 1.39	14.45	24.55
1.4 - 1.63	25.12	42.66
1.64 - 1.87	43.65	74.13
1.88 - 2.11	75.86	128.82
2.12 - 2.35	131.83	223.87
2.36 - 2.59	229.09	389.05
2.6 - 2.83	398.11	676.08
2.84 - 3.07	691.83	1174.90
3.08 - 3.31	1202.26	2041.74
3.32 - 3.55	2089.30	3548.13
3.56 - 3.79	3630.78	6165.95
3.8 - 4.03	6309.57	10715.19
4.04 - 4.27	10964.78	18620.87
4.28 - 4.52	19054.61	33113.11
4.53 - 4.76	33884.42	57543.99
4.77 - 5	58884.37	100000.00

Figura 28: Espectro de colores del espectro de la Calicata 1.

En la rasterización aparecen valores “inventados” como resultado de la extrapolación. Esa es la razón por la cual en la escala hay resistividades mayores a 4000 ohm.m. Estos datos solo muestran una tendencia y no deben ser considerados como datos reales. En cada punto del perfil se observa el dato medido original (fig. 29).



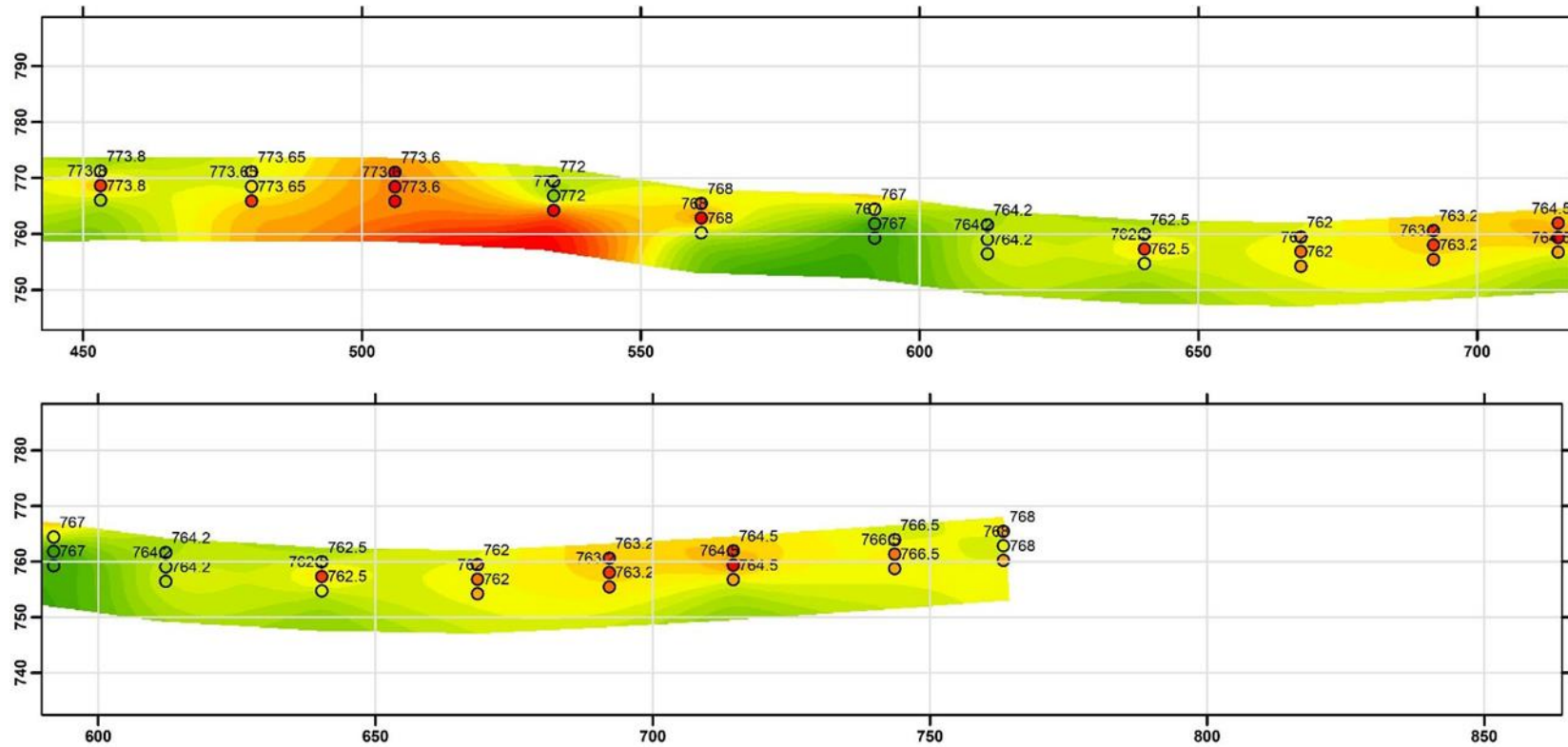


Figura 29: Sección Vertical de la Calicata 1.

Calicata 2 (C02)

Esta calicata tiene 610,4m de longitud. Posee un total de 25 estaciones de medición, totalizando 75 medidas de resistividad. Atraviesa un corte geológico transversal al rumbo de las capas y a las rampas de despegue principales.

Los valores de resistividad medidos tienen un rango que varía desde un mínimo de 1,49 ohm.m a un máximo de 679526 ohm.m.

Los datos colectados en campo fueron sometidos a un filtrado reemplazando los valores superiores a 4000 ohm por ese valor. A dichos datos se les aplicó el logaritmo en base 10 para introducirlos en los programas de análisis espacial.

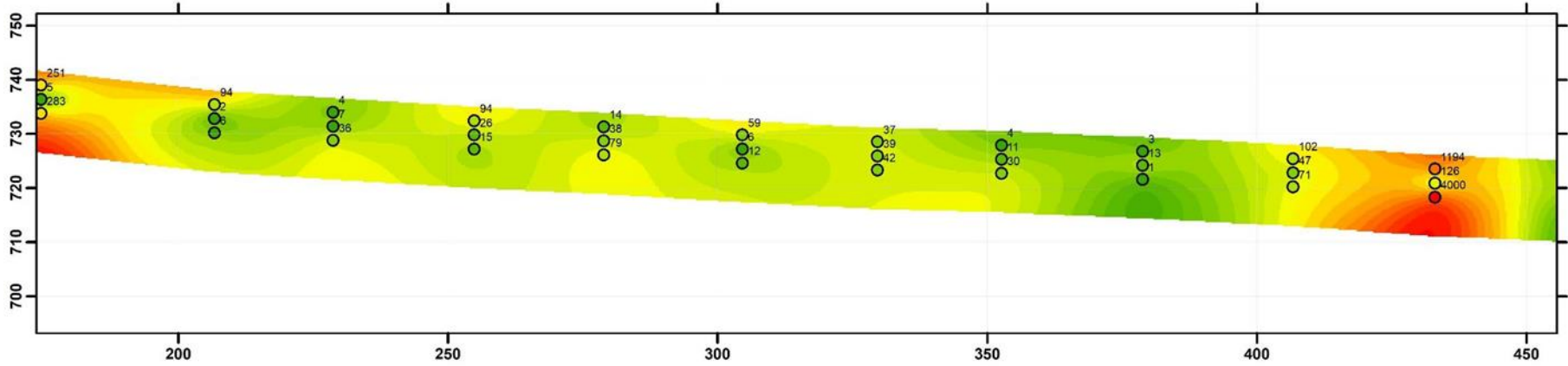
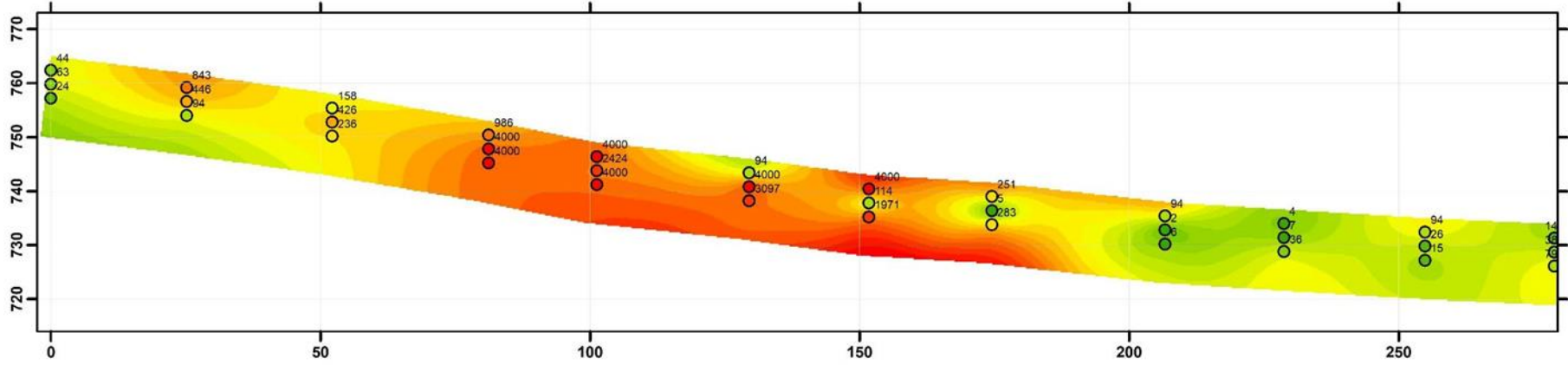
Los datos tratados fueron ploteados en las secciones con sus valores originales, pero el tratamiento espacial fue hecho con los valores logarítmicos.

La escala de colores resulta de la división del espectro en 20 clases iguales. En la referencia siguiente se muestra la equivalencia de los valores logarítmicos con los originales de resistividad en ohm.m (fig. 30).

Log ₁₀ Res.	Resist. Ohm.m	
-0.75 - -0.47	0.18	0.34
-0.46 - -0.19	0.35	0.65
-0.18 - 0.09	0.66	0.81
0.1 - 0.38	1.26	2.40
0.39 - 0.66	2.45	4.57
0.67 - 0.94	4.68	8.71
0.95 - 1.22	8.91	16.60
1.23 - 1.5	16.98	31.62
1.51 - 1.78	32.36	60.26
1.79 - 2.06	61.66	114.82
2.07 - 2.34	218.78	218.78
2.35 - 2.62	223.87	416.87
2.63 - 2.9	426.58	794.33
2.91 - 3.18	812.83	1513.56
3.19 - 3.46	1548.82	2884.03
3.47 - 3.74	2951.21	5495.41
3.75 - 4.02	5623.41	10471.29
4.03 - 4.3	10715.19	19952.62
4.31 - 4.58	20417.38	38018.94
4.59 - 4.86	38904.51	72443.60

Figura 30: escala de colores del espectro de la Calicata 2.

La escala de colores incluye valores mayores a 4000 ohm.m que son producto de la extrapolación que genera el proceso de rasterización (fig. 31).



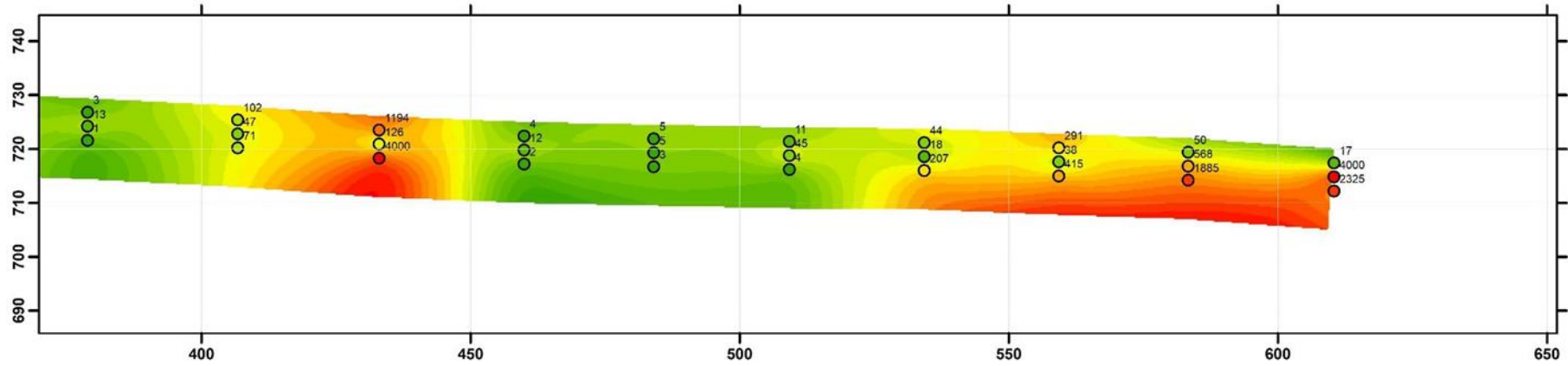


Figura 31: Sección Vertical de la Calicata 2.

Calicata 3 (C03)

Esta calicata tiene 247,5m de longitud. Posee un total de 11 estaciones de medición, totalizando 33 medidas de resistividad. Atraviesa un corte geológico, aparentemente simple, donde se observan calizas de naturaleza eléctrica resistiva y una cubierta más conductora que posiblemente sobreyace a sedimentitas del Grupo Rayoso.

Los valores de resistividad medidos tienen un rango variable desde un mínimo de 16,4 ohm.m a un máximo de 3471 ohm.m.

Los datos recogidos en terreno fueron filtrados con un límite superior de 4000 ohm.m. A dichos datos se les aplicó el logaritmo en base 10 para introducirlos en los programas de análisis espacial. Con el tratamiento descripto, se volcaron los datos en una sección etiquetándolos con sus valores originales, aunque el tratamiento espacial fue hecho con los valores de sus logaritmos decimales. Como escala de colores se tomó el resultado de la división del espectro en 20 clases iguales. En la referencia siguiente se muestra la equivalencia de los valores logarítmicos con los originales de resistividad en ohm.m (fig. 32).

Log ₁₀ Res.	Resist. Ohm.m	
0.74 - 0.9	5.50	7.94
0.91 - 1.05	8.13	11.22
1.06 - 1.2	11.48	15.85
1.21 - 1.35	16.22	22.39
1.36 - 1.5	22.91	31.62
1.51 - 1.65	32.36	44.67
1.66 - 1.8	45.71	63.10
1.81 - 1.96	64.57	91.20
1.97 - 2.11	93.33	128.82
2.12 - 2.26	131.83	181.97
2.27 - 2.41	186.21	257.04
2.42 - 2.56	263.03	363.08
2.57 - 2.71	371.54	512.86
2.72 - 2.87	524.81	741.31
2.88 - 3.02	758.58	1047.13
3.03 - 3.17	1071.52	1479.11
3.18 - 3.32	1513.56	2089.30
3.33 - 3.47	2137.96	2951.21
3.48 - 3.62	3019.95	4168.69
3.63 - 3.77	4265.80	5888.44

Figura 32: Escala de colores del espectro de la Calicata 3.

Los valores en la escala de colores que superan los 4000 ohm.m son debido a la extrapolación resultante del proceso de rasterización. Esos valores de pixeles muestran una tendencia, pero no son los valores medidos. Los datos originales son los de los puntos de la sección (fig. 33).

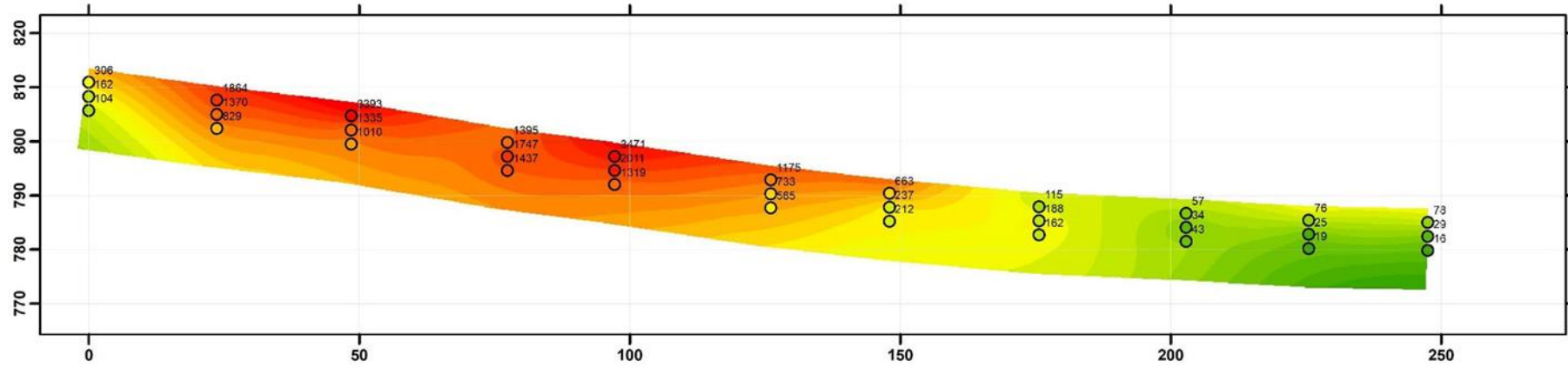


Figura 33: Sección Vertical de la Calicata 3.

Calicata 4 (C04)

Esta calicata tiene 250,4m de longitud. Posee un total de 11 estaciones de medición, totalizando 33 medidas de resistividad. Atraviesa un corte geológico que incluye, de oeste a este, areniscas, calizas y cobertura cuaternaria. Esta última suprayace, posiblemente, a sedimentitas del Grupo Rayoso.

Los valores de resistividad medidos tienen un rango amplio que varía desde un mínimo de 21,9 ohm.m a un máximo de 2261 ohm.m. Estos datos también fueron sometidos a un filtrado de los valores superiores a 4000 ohm.m. Posteriormente, a los datos filtrados, se les aplicó el logaritmo en base 10 para introducirlos en los programas de análisis espacial. Se confeccionó una sección vertical a partir de los datos de progresiva y profundidad de investigación y se los clasificó en base a su valor de logaritmo de la resistividad. Con los datos puntuales se ejecutó la rasterización dentro de los límites de una máscara ad hoc. El raster se clasificó en base a dividir su espectro en 20 clases iguales. En la referencia siguiente se muestra la equivalencia de los valores logarítmicos con los originales de resistividad en ohm.m (fig. 34).

Log ₁₀ Res.	Resist. Ohm.m	
■ -0.29 - -0.07	0.51	0.85
■ -0.06 - 0.15	0.87	1.41
■ 0.16 - 0.37	1.45	2.34
■ 0.38 - 0.6	2.40	3.98
■ 0.61 - 0.82	4.07	6.61
■ 0.83 - 1.04	6.76	10.96
■ 1.05 - 1.26	11.22	18.20
■ 1.27 - 1.48	18.62	30.20
■ 1.49 - 1.71	30.90	51.29
■ 1.72 - 1.93	52.48	85.11
■ 1.94 - 2.15	87.10	141.25
■ 2.16 - 2.37	144.54	234.42
■ 2.38 - 2.59	239.88	389.05
■ 2.6 - 2.82	398.11	660.69
■ 2.83 - 3.04	676.08	1096.48
■ 3.05 - 3.26	1122.02	1819.70
■ 3.27 - 3.48	1862.09	3019.95
■ 3.49 - 3.7	3090.30	5011.87
■ 3.71 - 3.93	5128.61	8511.38
■ 3.94 - 4.15	8709.64	14125.38

Figura 34: Escala de colores del espectro de la Calicata 4.

Los valores de la escala que superan el límite del filtrado son producidos durante el proceso de rasterización y dichos pixeles no corresponden a datos reales. Solamente se incluyen para mostrar las tendencias. En los puntos se etiquetan los valores medidos (fig. 35).

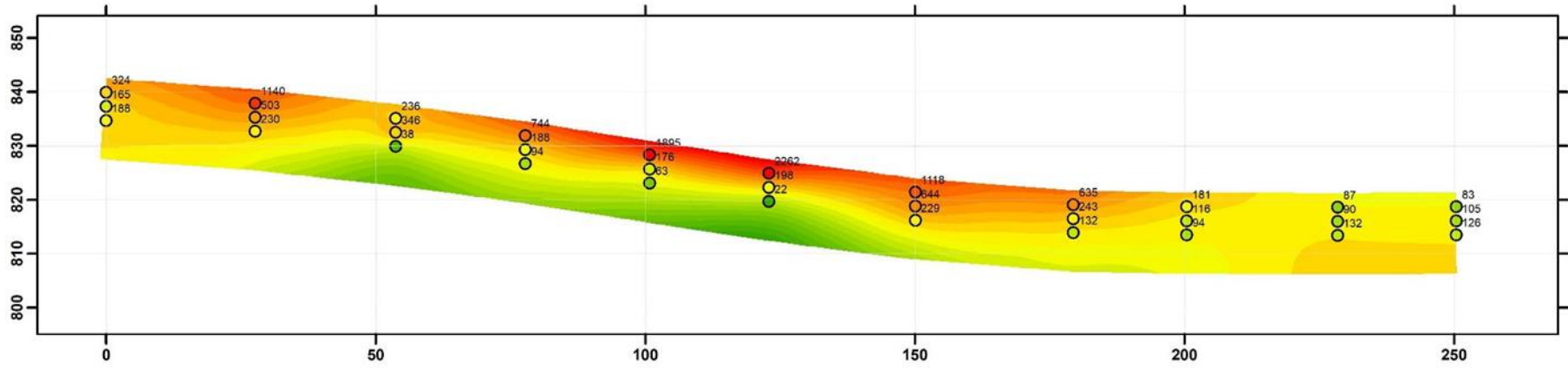


Figura 35: Sección Vertical de la Calicata 4.

Calicata 5 (C05)

Esta calicata tiene 256,6m de longitud. Posee un total de 11 estaciones de medición, totalizando 33 medidas de resistividad. Atraviesa un corte geológico con un estilo estructural complejo que incluye fallas y repeticiones de la estratigrafía. Los valores de resistividad medidos en este sector muestran un espectro que varía desde un mínimo de 7,85 ohm.m a un máximo de 34369 ohm.m. A los datos originales se les realizó un filtrado de valores superiores a 4000 ohm.m y posteriormente se les aplicó el logaritmo en base 10, antes de introducirlos en los programas de análisis espacial. Los datos tratados son visibles en la sección vertical como puntos con las etiquetas de sus valores originales. El análisis espacial utilizado arrojó un raster donde los pixeles son el producto de la interpolación y extrapolación de los datos originales, cubriendo un espacio definido por una máscara ad hoc. El tratamiento se realizó con los logaritmos de los datos originales. El raster resultante es un espectro en escala de grises. Este espectro se reclasificó dividiéndolo en 20 clases iguales y aplicando una gama de colores. En la referencia siguiente se muestra la equivalencia de los valores logarítmicos con los originales de resistividad en ohm.m (fig. 36).

Log ₁₀ Res.	Resist. Ohm.m	
0.15 - 0.46	1.41	2.88
0.47 - 0.76	2.95	5.75
0.77 - 1.06	5.89	11.48
1.07 - 1.36	11.75	22.91
1.37 - 1.67	23.44	46.77
1.68 - 1.97	47.86	93.33
1.98 - 2.27	95.50	186.21
2.28 - 2.57	190.55	371.54
2.58 - 2.88	380.19	758.58
2.89 - 3.18	776.25	1513.56
3.19 - 3.48	1548.82	3019.95
3.49 - 3.79	3090.30	6165.95
3.8 - 4.09	6309.57	12302.69
4.1 - 4.39	12589.25	24547.09
4.4 - 4.69	25118.86	48977.88
4.7 - 5	50118.72	100000.00
5.01 - 5.3	102329.30	199526.23
5.31 - 5.6	204173.79	398107.17
5.61 - 5.9	407380.28	794328.23
5.91 - 6.21	812830.52	1621810.10

Figura 36: Escala de colores del espectro de la Calicata 5.

En la escala se observan valores superiores al límite superior del filtrado. Estos valores son extrapolaciones de los datos originales que los produce el programa de rasterización. Muestran la tendencia de los valores originales hacia los límites de la máscara, pero no son datos reales. Los datos reales son los que muestran las etiquetas de los puntos de la sección (fig. 37).

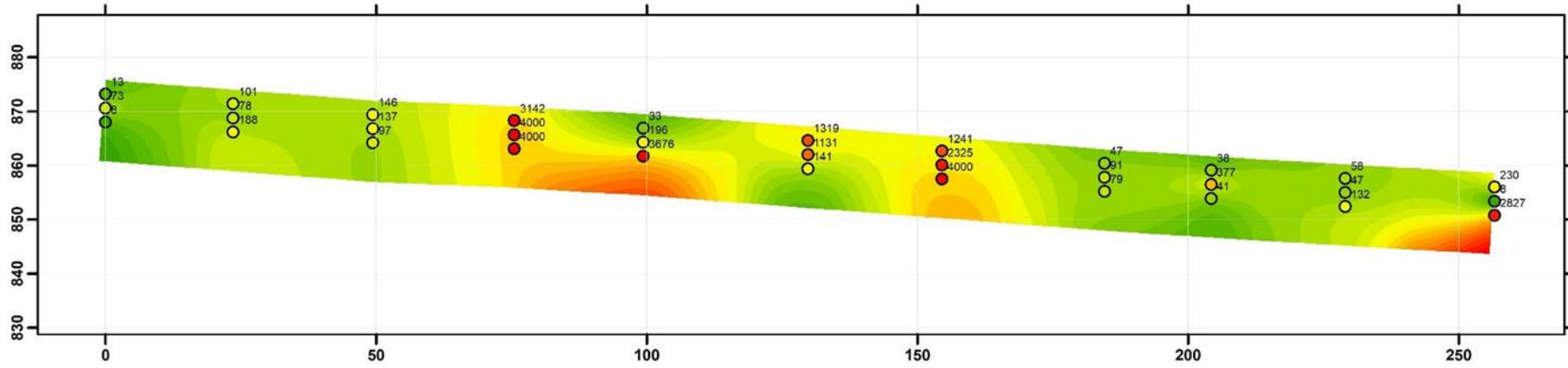


Figura 37: Sección Vertical de la Calicata 5.

CORRELACIÓN ENTRE PERFILES ELÉCTRICOS Y PERFILES GEOLÓGICO-ESTRUCTURALES

Introducción

En el área de estudio, durante el relevamiento geofísico, se utilizaron dos variantes de los métodos geoelectricos: los Sondeos eléctricos verticales (SEV), mediante el método tetrapolar simétrico de Schlumberger, y las Calicatas eléctricas (CE), aplicando la configuración electródica fija de Wenner.

Por medio de la interpretación de los datos geofísicos relevados se desarrollaron Perfiles verticales de Resistividad. Por un lado, se pudieron realizar 3 perfiles eléctricos a partir de 9 Sondeos eléctricos verticales (SEV), agrupados de a 3. Por otro lado, se realizaron 5 perfiles eléctricos a partir de la misma cantidad de Calicatas eléctricas (CE), con tres medidas por estación (fig. 16, Capítulo: "Relevamiento Geofísico").

El primer método (SEV) entrega resultados en una dimensión, tal como lo haría una perforación vertical. Son datos puntuales a diferentes profundidades. Cada uno de los SEV's se ubica en áreas geológicamente diferentes y con marcadas diferencias topográficas entre ambos extremos. En algunos casos no existe evidente similitud entre los sondeos, dando una variabilidad de capas más resistivas y/o más conductoras sin una relación evidente. Por este motivo no serán considerados actualmente para realizar correlaciones con la geología local.

El segundo método (CE) evalúa las variaciones de resistividad en el rumbo de la traza de la calicata, a 2 o 3 profundidades diferentes, con una separación entre estaciones de 25 metros aproximadamente. Hay un pasaje gradual de la topografía y una relación lateral de las unidades litológicas entre cada estación o punto de atribución. Por tal motivo las 5 calicatas eléctricas fueron consideradas para intentar establecer una correlación entre los perfiles verticales de resistividad obtenidos y las unidades litológicas asociadas.

Posteriormente, se realizaron 5 transectas geológico-estructurales (fig. 38) sobre las trazas afectadas al área de medición de las calicatas eléctricas (fig. 16). Su objetivo final fue tratar de establecer una relación entre la información geológica de superficie y los datos geoelectricos de subsuelo.

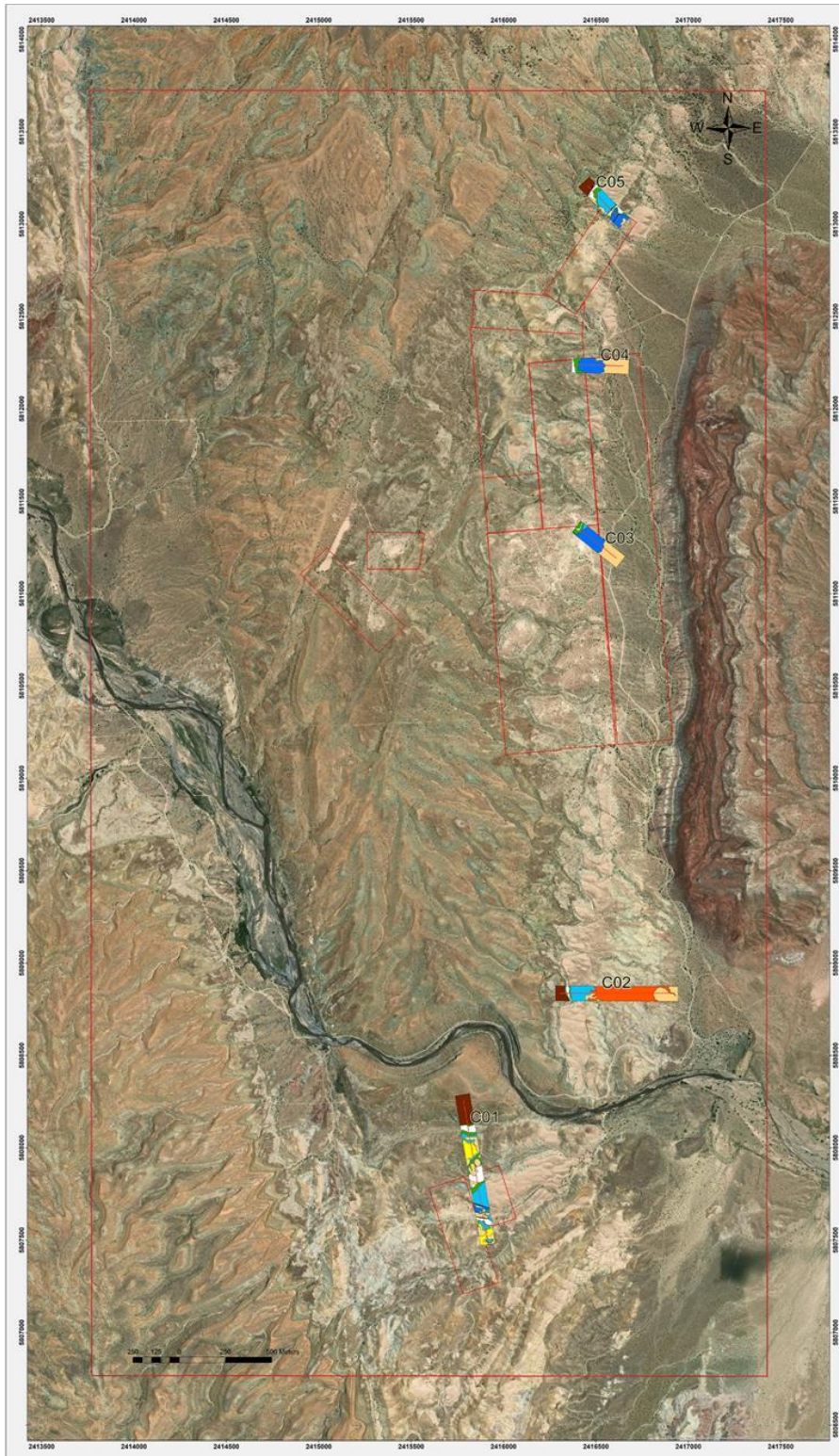


Figura 38: Ubicación de las 5 Transectas geológico-estructurales sobre las trazas de las Calicatas eléctricas.

Del conjunto pudo observarse que existe un contraste de los valores de resistividad entre las calizas mineralizadas/yeso del Miembro Troncoso superior y el resto de las unidades geológicas situadas en el área de estudio. Ambas litologías se manifiestan comparativamente mucho más resistivas que las areniscas, limolitas, arcilitas y calizas de las demás unidades presentes.

Sin embargo, dentro del Miembro Troncoso superior y con los datos actuales, no fue posible discriminar si existe un contraste evidente entre los valores de resistividad de las calizas mineralizadas y el yeso. Será necesario realizar un trabajo más detallado, enfocado en el análisis de la respuesta geoelectrica de cada litología en particular.

Ambas litologías, calizas mineralizadas y yeso, están genética y estratigráficamente asociadas. Las calizas con reemplazo de baritina/celestina infrayacen al yeso sedimentario. Este modo de emplazamiento sucesivo es poco frecuente de ver en los afloramientos, por lo general aflora solo una de las unidades y se pone en contacto lateralmente con la otra, generalmente en asociación con algún tipo de estructura de deformación o lineamiento.

Por tales motivos, en el trabajo actual se las considera como un conjunto que contrasta en su respuesta eléctrica con el resto de las unidades presentes, como son la Fm. Agrio, Mb. Troncoso inferior, Mbs. La Tosca y Salina y la Fm. Rayoso.

Correlación 01: Calicata eléctrica CE 01 y Perfil Geológico-estructural 01

Esta transecta (fig. 38), de orientación NNO°-SSE°, se midió al sur del área de estudio en la zona de El Emir y El Emir II. Posee una longitud de 775 metros e incluyó 32 estaciones de medición de resistividad.

A lo largo de su extensión (fig. 39) se identificaron tres afloramientos de yeso y uno de caliza mineralizada. Los dos afloramientos de yeso de los extremos presentan un espesor más delgado y variable por deformación. Ambos se encuentran en áreas afectadas por repliegues de las capas y pequeñas fallas asociadas. La respuesta eléctrica manifiesta la presencia de capas moderadamente resistivas, posiblemente debido a su escaso espesor.

El afloramiento principal de yeso en la zona central presenta una extensión lateral, a lo largo de la transecta, de unos 100 metros. Se trata de capas más espesas, homoclinales y con menor deformación plástica. La respuesta eléctrica de estas capas manifiesta una resistividad comparativamente más alta respecto a las unidades que afloran lateralmente.

Los afloramientos de caliza, con mineralización de baritina y celestina, se limitan al área de la explotación a cielo abierto El Emir. Sus afloramientos son escasos y de poco espesor, como consecuencia del avance del frente de explotación y forma lenticular. Alcanzan una extensión lateral de 33 metros a lo largo de la transecta. En éste área en particular se identificaron dos niveles de calizas mineralizadas, separadas por un nivel

delgado de areniscas verdosas de un metro de espesor. El nivel superior aflora principalmente en el sector noroeste del área y se acuña hacia esa dirección hasta desaparecer. Presenta una mineralización saltuaria, de moderada a baja, y un espesor de 1-1,5 metros en promedio. El nivel inferior fue mayormente explotado y es donde se encontraba la mayor mineralización de celestina y baritina, asociada principalmente al relleno de espacios abiertos por disolución y, en menor medida, a la textura cebrada. En sectores puntuales del frente de explotación alcanza los 4 metros de espesor.

Para el caso de las calizas mencionadas, la respuesta eléctrica en este sector muestra valores muy bajos de resistividad. Esto se debe, probablemente, a la escasa manifestación de la misma, en espesor y extensión lateral, como consecuencia de su extracción. Estos valores más bajos de resistividad probablemente se corresponden con las capas infrayacentes más conductivas, compuestas por las areniscas micáceas y pelitas verdosas del Miembro Troncoso inferior. Este último se encuentra expuesto en el piso de la labor a cielo abierto como consecuencia de la explotación.

Correlación 02: Calicata eléctrica CE 02 y Perfil Geológico-estructural 02

Esta transecta (fig. 38), de orientación O°-E°, se midió en una zona libre de propiedades al noreste de la zona de El Emir. Posee una longitud de 600 metros e incluyó 25 estaciones de medición de resistividad.

A lo largo de su extensión (fig. 40) aflora una secuencia homoclinal, con vergencia al oeste, de distintas unidades estratigráficas. Comienza con los afloramientos de calizas, areniscas y pelitas de la Fm. Agrio, por encima areniscas micáceas, blancas y verdes, y arcilitas verdes del Miembro Troncoso inferior, continúa una capa muy espesa de yeso del Miembro Troncoso superior y, finalmente, por encima están las pelitas y areniscas varicolores de la Formación Rayoso. En el sector occidental los ángulos de inclinación de las capas son relativamente más altos, de 35° a 15°, y descienden su valor paulatinamente hacia el oriente, de 10° a 3°. Se trata de un frente de deformación (pliegue por propagación en falla), con vergencia al este, y presenta un retrocorrimiento (backthrust), con vergencia al oeste, que monta a la Formación Rayoso, de bajo ángulo, sobre el yeso deformado y de alto ángulo del Miembro Troncoso superior (fig. 40).

En este sector del área de estudio, en el Miembro Troncoso superior no se encuentran presentes las calizas con mineralización de baritina/celestina. Solo está presente una capa espesa de yeso, cuya respuesta eléctrica marca una resistividad marcadamente más alta con respecto a las otras unidades presentes (fig. 40).

Correlación 03: Calicata eléctrica CE 03 y Perfil Geológico-estructural 03

Esta transecta (fig. 38), de orientación NO^o-SE^o, se realizó en la zona de las Minas Cecilia - La Continental. Posee una longitud de 250 metros e incluyó 11 estaciones de medición de resistividad.

A lo largo de su extensión (fig. 41) aflora una secuencia homoclinal, de distintas unidades estratigráficas, con un buzamiento regional de 10-15°.

Al oeste afloran areniscas micáceas, blancas y verdes, y arcilitas verdes del Miembro Troncoso inferior. Por encima, en contacto neto, afloran las calizas mineralizadas del Miembro Troncoso superior, con un espesor variable de 1 a 3 metros. En este sector no está presente el yeso primigenio de este miembro. Finalmente, por encima y hacia el este se encuentra un relleno cuaternario. Se interpreta que por debajo pueden estar presentes las calizas y areniscas del Miembro La Tosca.

Las calizas con mineralización de baritina/celestina muestran una respuesta eléctrica (fig. 41) con valores muy altos de resistividad, respecto de las unidades infra y suprayacentes.

Correlación 04: Calicata eléctrica CE 04 y Perfil Geológico-estructural 04

Esta transecta (fig. 38), de orientación O^o-E^o, se realizó en la zona de las Minas Danielito - La Continental. Posee una longitud de 250 metros e incluyó 11 estaciones de medición de resistividad.

A lo largo de su extensión (fig. 42) aflora una secuencia homoclinal con un buzamiento regional de 10°.

Al oeste afloran areniscas micáceas y arcilitas verdes del Miembro Troncoso inferior. Por encima, en contacto neto, afloran las calizas mineralizadas del Miembro Troncoso superior, con un espesor variable de 1 a 2 metros. En este sector no está presente el yeso primigenio de este miembro. Finalmente, por encima y hacia el este se encuentra un relleno cuaternario. Se interpreta que por debajo pueden estar presentes las calizas y areniscas del Miembro La Tosca, al igual que en la transecta 03.

Las calizas con mineralización de baritina/celestina muestran una respuesta eléctrica (fig. 42) con valores altos de resistividad, respecto de las unidades infra y suprayacentes. Estos valores resultaron mayores en la transecta 03, posiblemente como consecuencia de un mayor espesor de las calizas aflorantes allí.

Correlación 05: Calicata eléctrica CE 05 y Perfil Geológico-estructural 05

Esta transecta (fig. 38), de orientación NO^o-SE^o, se realizó en la zona de la Mina Santa Elena. Posee una longitud de 250 metros e incluyó 11 estaciones de medición de resistividad.

A lo largo de su extensión (fig. 43) aflora una secuencia homoclinal con un buzamiento regional de 10 a 15°. Esta zona se encuentra más estructurada que las anteriores. Presenta dos fallamientos inversos principales y contrapuestos, corrimiento y retrocorrimiento, que generan una pequeña zona triangular. Hacia el este hay otra falla inversa menor que contribuye a la acomodación de la estructura principal.

En el sector central aflora un manto de yeso, del Mb. Troncoso superior, que yace concordantemente sobre las areniscas micáceas verdosas del Mb. Troncoso inferior. Su espesor oscila de 1 a 3 metros y es comparativamente más delgado que los mencionados en las transectas anteriores. Por este motivo, posiblemente, muestra una respuesta eléctrica (fig. 43) con valores moderados de resistividad, aunque mayores respecto de las unidades infrayacentes y en contacto lateral.

Hacia el extremo oriental de la transecta aflora un manto muy delgado de calizas con mineralización de baritina/celestina. Su espesor varía de 0,5-1,5 metros y se presenta como una estructura sinclinal muy suave, y local, asociada a la falla menor. En este caso en particular los valores de resistividad resultan muy bajos. Debido a su escaso espesor, en este sector probablemente se esté manifestando el comportamiento más conductivo de las areniscas micáceas, verdes y blanquecinas, y arcilitas verdosas del Mb. Troncoso inferior infrayacente (fig. 43).

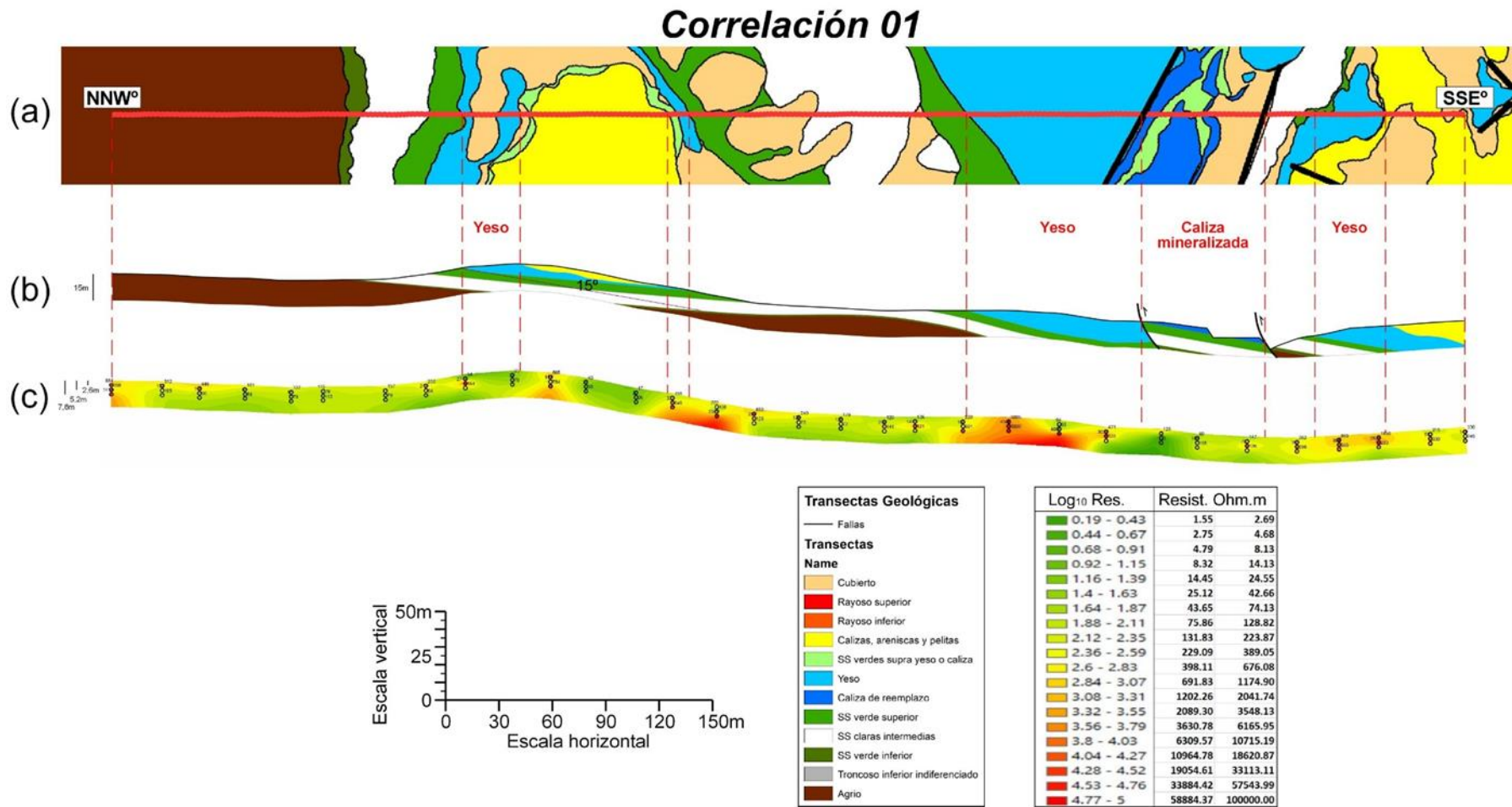


Figura 39: Correlación entre Calicata eléctrica y Transecta geológico-estructural. (a): Transecta 01, (b): Perfil geológico-estructural 01 y (c): perfil vertical de resistividad CE 01.

Correlación 02

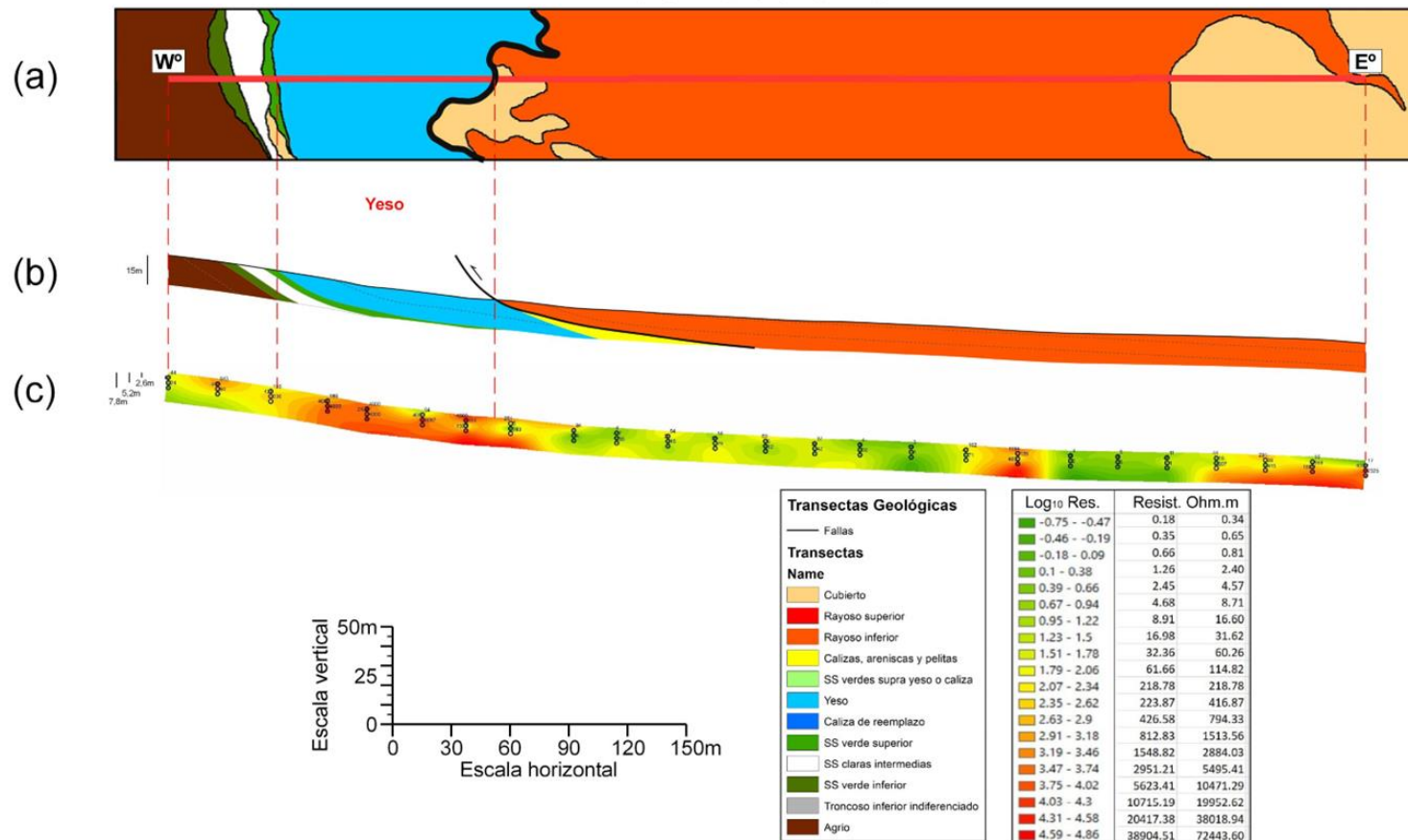


Figura 40: Correlación entre Calicata eléctrica y Transecta geológico-estructural. (a): Transecta 02, (b): Perfil geológico-estructural 02 y (c): perfil vertical de resistividad CE 02.

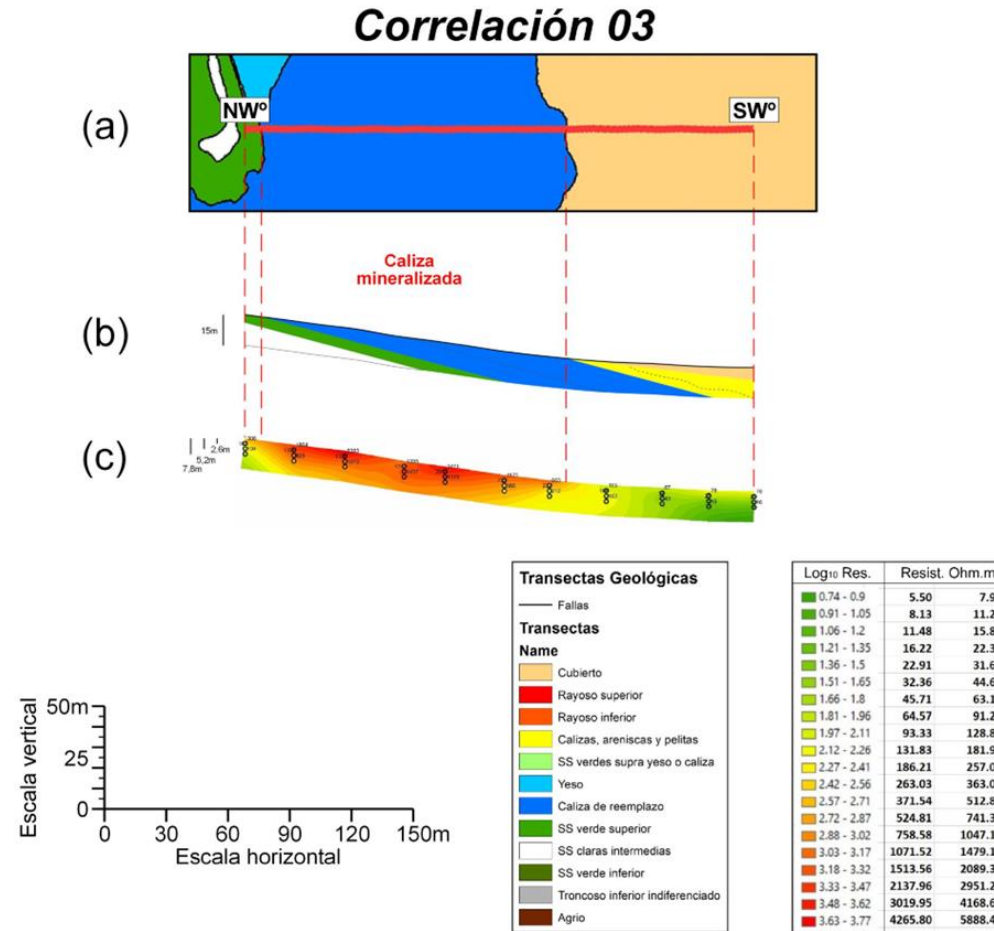


Figura 41: Correlación entre Calicata eléctrica y Transecta geológico-estructural. (a): Transecta 03, (b): Perfil geológico-estructural 03 y (c): perfil vertical de resistividad CE 03.

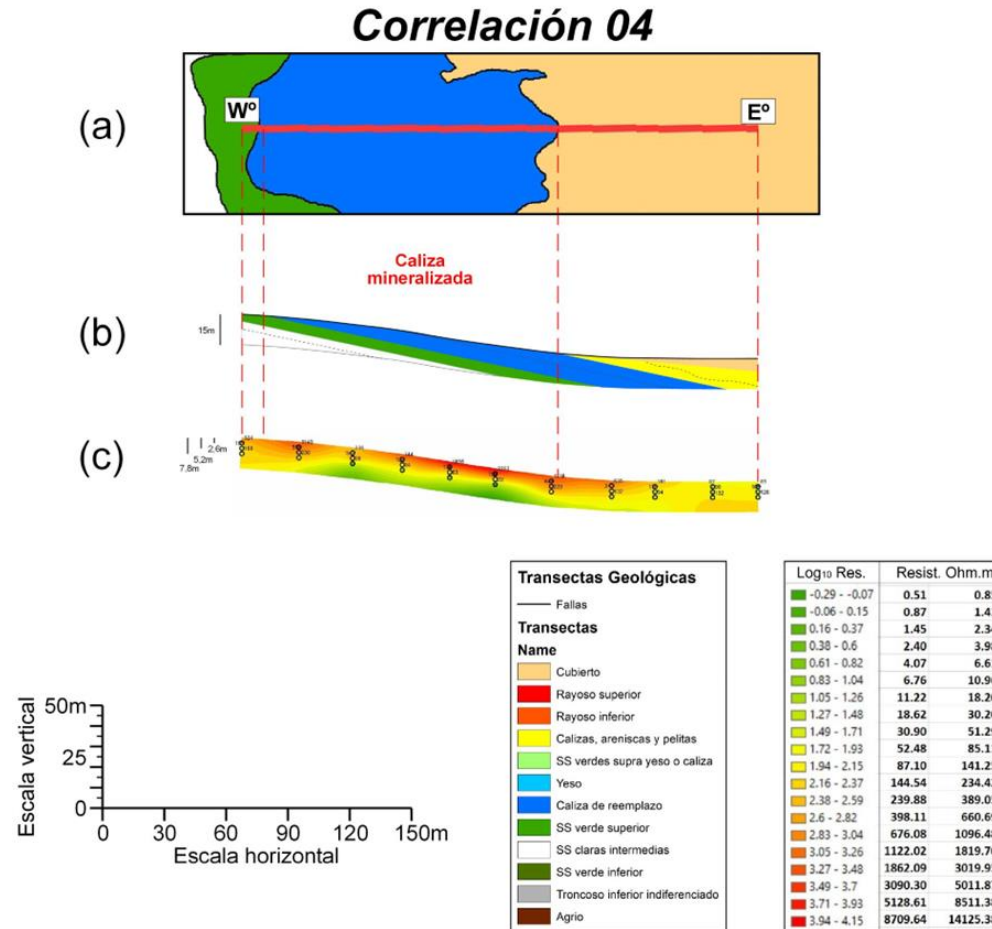


Figura 42: Correlación entre Calicata eléctrica y Transecta geológico-estructural. (a): Transecta 04, (b): Perfil geológico-estructural 04 y (c): perfil vertical de resistividad CE 04.

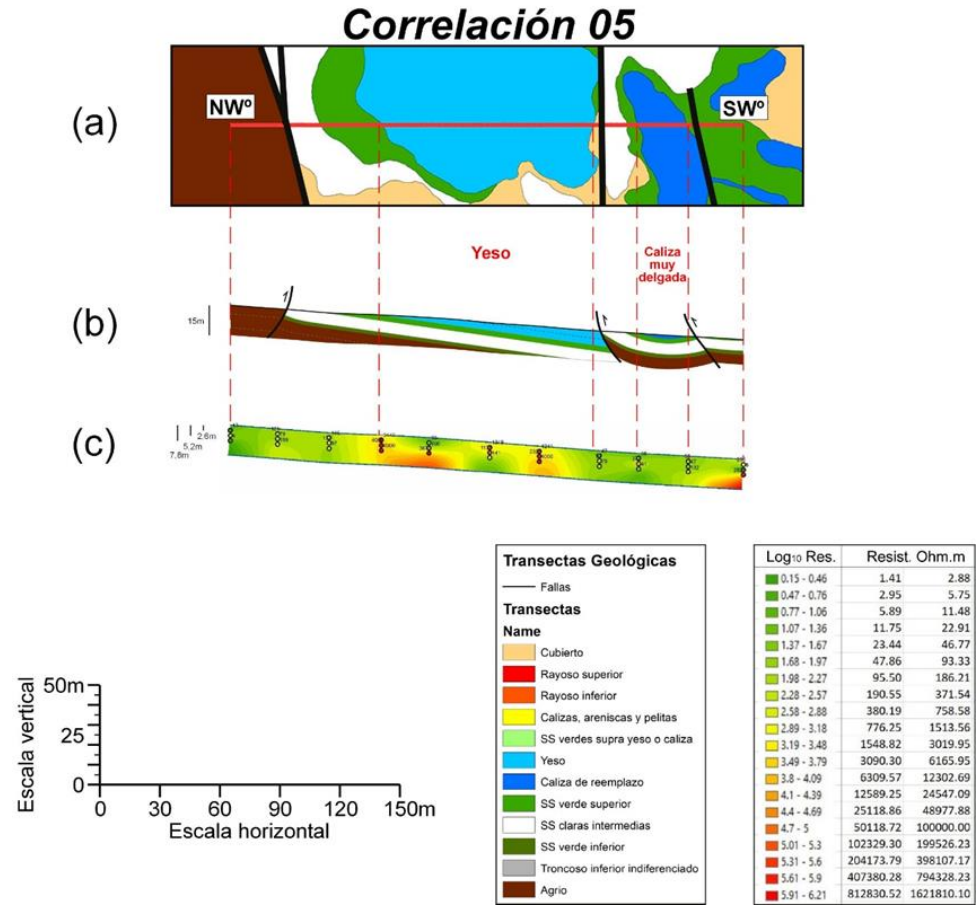


Figura 43: Correlación entre Calicata eléctrica y Transecta geológico-estructural. (a): Transecta 05, (b): Perfil geológico-estructural 05 y (c): perfil vertical de resistividad CE 05.

MUESTREO

Recolección de Muestras

Durante el mes de enero de 2025 se localizaron los lugares más propicios para realizar el muestreo de mineralización de baritina-celestina, teniendo en cuenta no solo la distribución areal sino también los sectores mineralizados más representativos del área de estudio.

Tabla X: Listado y tipo de muestras recolectadas. Características de las canaletas.

Muestra Nº	Coordenadas (POSGAR94, F2)			Propiedad Minera	Emplazamiento	Peso (kgs.)	Longitud canaleta (cm)	Ancho canaleta (cm)	RQD mineral (cm)	RQD mineral (%)
	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)							
15818	2415028	5808886	791	Flanco W	Vetiforme	5	64	30	64	100,00
15819	2414555	5810240	772	Flanco W	Manto (Estratoligado)	5	110	20	69	62,73
15820	2415717	5807659	795	El Emir	Manto (Estratoligado)	5	145	20	114	78,62
15821	2415856	5807658	786	El Emir II	Manto (Estratoligado)	5	75	20	75	100,00
15822	2415755	5807682	799	El Emir	Manto (Estratoligado)	5	93	20	73	78,50
15823	2415315	5810878	938	Alondra	Manto (Estratoligado)	5	58	30	58	100,00
15824	2416005	5811187	924	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	80	20	54	53,00
15825	2415983	5810983	911	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	71	20	64	90,14
15826	2416201	5811074	883	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	39	35	39	100,00
15827	2416285	5811123	858	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	44	35	44	100,00
15828	2416180	5810900	885	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	40	35	40	100,00
15829	2416037	5810788	910	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	125	20	108	86,40
15830	2416098	5810799	905	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	124	20	124	100,00
15831	2416375	5810767	839	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	103	20	103	100,00
15832	2416180	5810334	877	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	89	25	66	74,16
15833	2416309	5810412	870	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	76	25	76	100,00
15834	2416117	5811443	889	Abuelo Herminio	Manto (Estratoligado)	5	79	20	79	100,00
15835	2416433	5811276	822	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	120	20	120	100,00
15836	2416341	5811329	841	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	81	25	64	79,01
15837	2416550	5812984	880	Santa Elena	Manto (Estratoligado)	5	123	25	80	65,04
15838	2416451	5812758	875	Santa Elena	Manto (Estratoligado)	5	86	20	86	100,00
15839	2416385	5811713	854	Danielito	Manto (Estratoligado)	5	110	20	101	91,82
15840	2416368	5811978	858	Danielito	Manto (Estratoligado)	5	50	25	50	100,00
15841	2416342	5811894	859	Danielito	Manto (Estratoligado)	5	105	20	84	80,00
15842	2416285	5812525	873	Tres Hermanos	Manto (Estratoligado)	5	89	25	89	100,00
15843	2416314	5812433	890	Tres Hermanos	Manto (Estratoligado)	5	50	25	44	88,00
15844	2415379	5811215	945	Magistral	Manto (Estratoligado)	5	81	20	81	100,00
15845	2416496	5812089	852	Continental	Manto (Estratoligado)	5	45	30	45	100,00
15846	2416477	5810589	820	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	78	20	78	100,00
15847	2416551	5810217	795	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	151	25	93	61,59
15848	2416487	5812950	878	Santa Elena (Frente explotación)	Manto (Estratoligado)	50	Chip channel sample		>75	
15849	2416423	5811269	831	Cecilia (Frente explotación)	Manto (Estratoligado)	50	Chip channel sample		>75	
15850	2416545	5810703	803	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	110	25	110	100,00
15851	2416080	5811273	909	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	80	20	80	100,00
15852	2416275	5811009	854	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	80	25	60	75,00
15853	2416422	5810646	850	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	80	20	10	87,50
15854	2416283	5810379	872	Cecilia	Manto (Estratoligado)	5	60	30	60	100,00

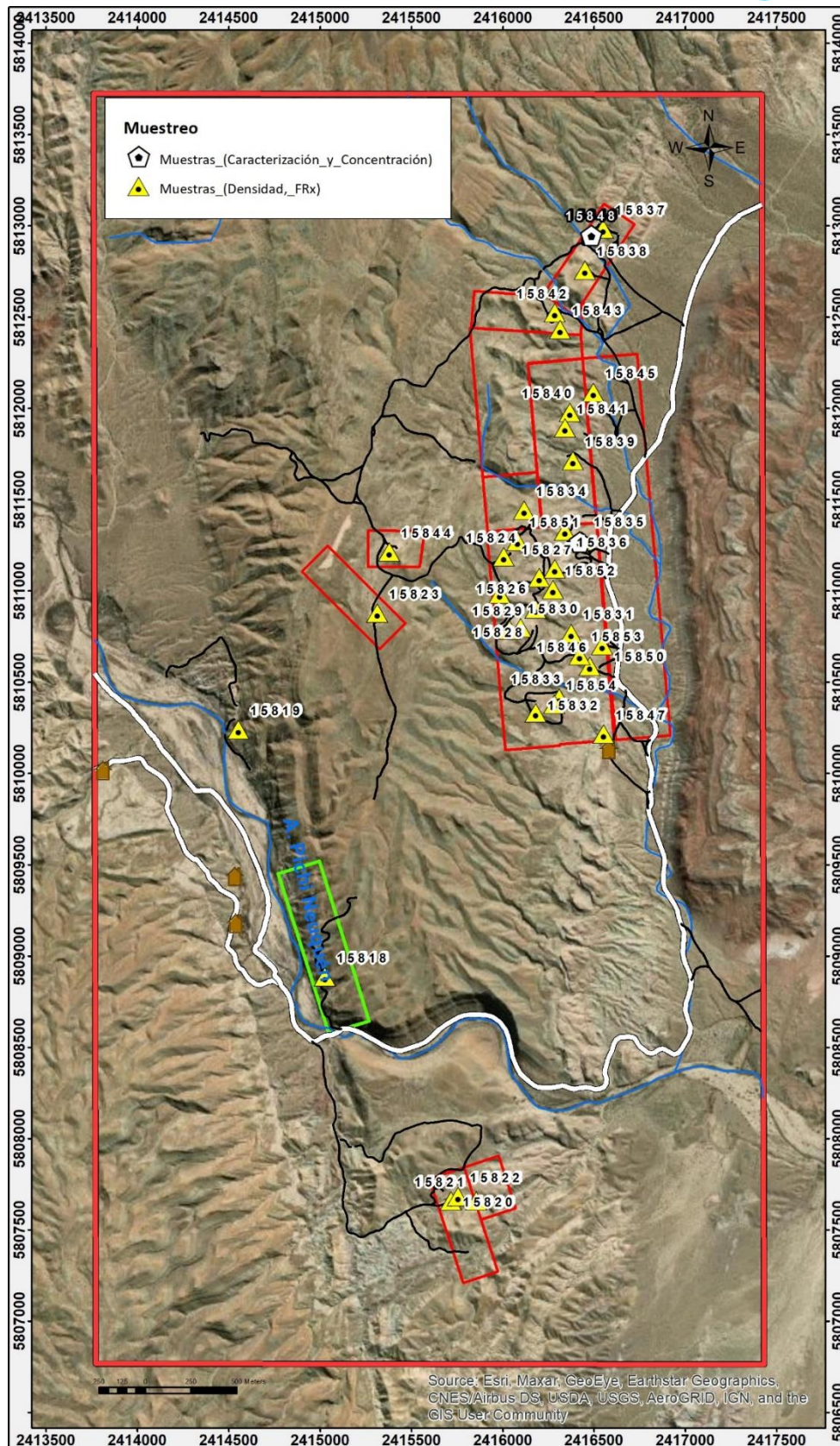


Figura 44: 35 muestras (triángulos amarillos) destinadas a estudios de densidad real y FRx. Y 2 muestras (pentágonos blancos) destinadas a ensayos de caracterización y concentración de baritinas.

Durante el mes de febrero del presente año se realizó la toma de muestras con personal de apoyo (Tabla X y fig. 44). Se recolectaron 35 muestras, de 5kgs. c/u, destinadas a estudios de densidad real y análisis químico por Fluorescencia de Rx. De las mismas también se tomaron muestras “duplicado” de pesos equivalentes. Además, se recolectaron 2 muestras, de 50 kgs. c/u, destinadas a ensayos de caracterización y concentración de baritinas (Tabla XI y fig. 44).

Tabla XI: Listado de la totalidad de las muestras recolectadas y Tipo de Ensayos.

Orden	Muestra Nº	Peso (kgs.)	Duplicado	Ensayos
1	15818	5	SI	Densidad, FRx.
2	15819	5	SI	Densidad, FRx.
3	15820	5	SI	Densidad, FRx.
4	15821	5	SI	Densidad, FRx.
5	15822	5	SI	Densidad, FRx.
6	15823	5	SI	Densidad, FRx.
7	15824	5	SI	Densidad, FRx.
8	15825	5	SI	Densidad, FRx.
9	15826	5	SI	Densidad, FRx.
10	15827	5	SI	Densidad, FRx.
11	15828	5	SI	Densidad, FRx.
12	15829	5	SI	Densidad, FRx.
13	15830	5	SI	Densidad, FRx.
14	15831	5	SI	Densidad, FRx.
15	15832	5	SI	Densidad, FRx.
16	15833	5	SI	Densidad, FRx.
17	15834	5	SI	Densidad, FRx.
18	15835	5	SI	Densidad, FRx.
19	15836	5	SI	Densidad, FRx.
20	15837	5	SI	Densidad, FRx.
21	15838	5	SI	Densidad, FRx.
22	15839	5	SI	Densidad, FRx.
23	15840	5	SI	Densidad, FRx.
24	15841	5	SI	Densidad, FRx.
25	15842	5	SI	Densidad, FRx.
26	15843	5	SI	Densidad, FRx.
27	15844	5	SI	Densidad, FRx.
28	15845	5	SI	Densidad, FRx.
29	15846	5	SI	Densidad, FRx.
30	15847	5	SI	Densidad, FRx.
31	15848	50	NO	Caracterización y concentración.
32	15849	50	NO	Caracterización y concentración.
33	15850	5	NO	Densidad, FRx.
34	15851	5	NO	Densidad, FRx.
35	15852	5	NO	Densidad, FRx.
36	15853	5	NO	Densidad, FRx.
37	15854	5	NO	Densidad, FRx.

Metodología de muestreo

Durante la campaña de muestreo se aplicó el “Protocolo para muestreo lineal en canaleta de minas de baritina-celestina (Bruna Novillo y Marquina, 2017. SEGEMAR)”, aplicable a mantos y vetas. El mismo es recomendable para lograr muestras representativas, es decir, equiprobables y de varianza pequeña. (ANEXO 4).

El muestreo lineal en canaleta consiste en cortar una ranura rectangular, y en forma perpendicular a la estructura mineralizada, para obtener una muestra de un determinado peso de acuerdo a la longitud del canal. Se aplica generalmente en el muestreo de vetas, mantos y cuerpos mineralizados controlados estructuralmente. Se usa en el muestreo superficial, en cuerpos mineralizados, afloramientos tabulares y principalmente en labores mineras subterráneas.

La muestra tipo canaleta (channel sampling), se define como un muestreo tabular que se utiliza para obtener una muestra continua y uniforme en una longitud. Este método se utilizó para las 35 muestras de 5 kg c/u. Mientras que la muestra tipo canaleta pero obteniendo esquirlas de rocas (chips channel sampling) es una denominación de terreno para una muestra que se diseña como canaleta, pero se obtiene como esquirlas o chips. Este método se utilizó para las 2 muestras de 50 kg c/u.

La posición y la longitud de la canaleta dependerán de la extensión y orientación de la característica a muestrear, permaneciendo constante su ancho y profundidad. Cuando se desea obtener una muestra tipo canaleta, la primera operación consiste en marcar en el afloramiento la orientación y el largo, además de los intervalos a los cuales se recupera la muestra. La canaleta debe orientarse de manera perpendicular a cualquier estructura mineralizada (veta, manto, etc.).

Se debe limpiar previamente las herramientas a utilizarse y el sector donde se realizará el canal para la toma de muestra. Se debe marcar con pintura el contorno del canal donde se va a extraer la muestra y el respectivo número de orden (Foto 11).

En este estudio interesa determinar la calidad y densidad de la baritina-celestina. Por este motivo, cuando fue necesario, se dividió la canaleta en tramos de roca mineralizada y roca estéril, descartando esta última en el muestreo. Es decir, la muestra resultante está compuesta por las diferentes bandas mineralizadas con baritina a lo largo de la canaleta (Foto 11). Un muestreo de la canaleta completa (mineral y ganga) sería necesario para un estudio relacionado a explotación.

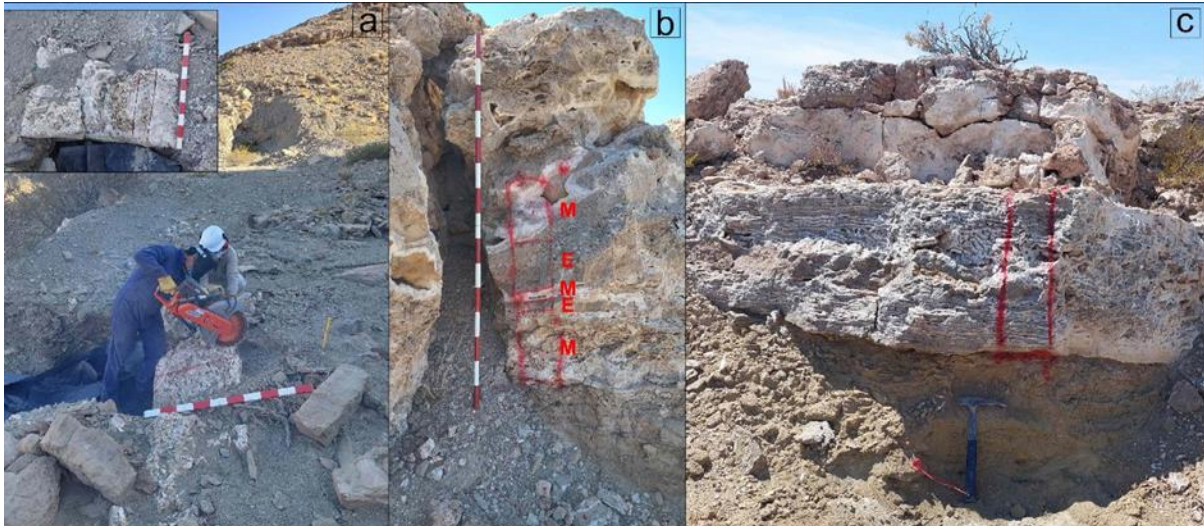


Foto 11: (a) - Veta vertical de baritina. (b) - Manto con baritina. Intervalos de mineral (M) y estéril (E). (c) Manto con baritina. Textura cebrada.

El muestreo inicia con la toma de las coordenadas del punto en cuestión (POSGAR94, Faja 2). A continuación, se marca con pintura roja la traza de la canaleta a realizar. En este punto también se marcan los intervalos de mineral a mostrar y de la ganga a descartar (Foto 11).



Foto 12: (a) - Cortadora de concreto disco diamantado. (b) - Corte de canaleta. (c) - Muestreo en canaleta. (d) - Herramientas de muestreo.

Para realizar la canaleta de muestro se utilizó una cortadora de concreto manual Husqvarna K760 (Foto 12), a combustión, con adaptación de refrigeración de disco por agua. Potencia 5HP, diámetro máximo de disco de 350 mm y profundidad máxima de corte de 127 mm. Peso sin disco ni combustible de 9,8 kgs.. La misma lleva un disco de corte de 24 dientes diamantados, de 35 cm de diámetro y 3,2 mm de grosor. Rotación máxima de

5500 rpm. Apto para cortes de hormigón, cemento, ladrillos y bloques (Foto 12). En la realización de esta tarea se utilizaron los elementos de protección adecuados para tal fin.

Para sacar los fragmentos de muestra de la canaleta se utilizaron una maza, cortafrío y punto. Como la mayoría de las canaletas fueron verticales, se utilizó una lona negra para acumular los fragmentos extraídos y evitar la contaminación cruzada (Foto 12). Posteriormente se realizó sobre ésta el cuarteo correspondiente.

Una vez obtenida la muestra completa o los intervalos de interés y el cuarteo correspondiente, según el tipo de afloramiento, se procedió al embolsado en bolsas de polietileno de alta densidad. Al mismo tiempo se realiza un etiquetado con el número de muestra correspondiente (Foto 13). Eventualmente también se realiza un rotulado con fibrón indeleble.



Foto 13: Recolección de muestra, cuarteo, embolsado y etiquetado.

Para realizar una descripción del muestreo de canaletas más homogéneo se diseñaron unas “Tarjetas de Muestreo” (fig. 45), donde se incluyeron las características más sobresalientes de las muestras y el punto de muestreo. La totalidad de éstas 37 tarjetas pueden verse en el ANEXO 5.

Descripción de campo de la muestra					
N° Muestra	15836	Fecha	20/2/2025		
Propiedad Minera	Cecilia	Coordenadas X, Y, Z (POSGAR 94, F2)	2416341	5811329	841
Ensayos	Densidad, FRx.	Foto	Esquema Canaleta		
<i>Tipo de emplazamiento</i>	Manto (estratoligado).		Canaleta N° 15836 (cm) 81 M 61 E 55 M 32 E 27 M 16 E 10 M 0 M M: mineral (79,01%) E: estéril (20,99%)		
<i>Relación con roca de caja</i>	Concordante.				
<i>Roca de Caja</i>	Caliza (de reemplazo).				
<i>Unidad</i>	Mb. Troncoso superior.				
<i>Aptitud capa (RBz/Bz)</i>	102/12				
<i>Aptitud manto (RBz/Bz)</i>	102/12				
<i>Espesor manto/capa (m)</i>	6-7				
<i>Mineralización</i>	Baritina. Escasa celestina.				
<i>Textura/estructura</i>	Relleno y cebrado.				
<i>Tipo de muestreo</i>	Canaleta (Channel sampling).				
<i>Longitud Canaleta (cm)</i>	81				
<i>Ancho Canaleta (cm)</i>	25				
<i>Densidad mineral en canaleta (%)</i>	79,01				
OBS.	Relleno de espacios abiertos aplanados, concordantes. Niveles con cebrado escaso hacia arriba. Niveles mineralizados hasta los 4m. Viejo frente de explotación en Cecilia.				

Figura 45: Ejemplo de descripción de una muestra y su Tarjeta de Muestreo.

Tipos de ensayos del muestreo

Para su análisis cuantitativo, las 35 muestras (Tablas X y XI), de 5 kgs. c/u, se enviaron al laboratorio del Centro Regional Universitario Zapala (CreUZa), con sede en la misma ciudad.

Los ensayos incluyen su Preparación Mecánica, trituración y molienda, Análisis químico de las mismas mediante Espectroscopía de Fluorescencia de Rayos X (FRx) y determinación de Peso Específico (Tabla XII). En la fluorescencia los elementos a cuantificar son bario, estroncio, calcio, magnesio y silicio.

A continuación se detallan los ensayos cuantitativos del laboratorio (CReUZa):

Tabla XII: ensayos cuantitativos del laboratorio (CReUZa) para 30 muestras de 5 kgs. c/u.

CReUZa - Ensayos de 30 muestras de baritina (5 kgs. c/u)	
Item	
Trituración y molienda.	
Densidad.	
Análisis químico por Espectroscopía de FRx.	

Por otro lado, para ensayos de Caracterización y concentración de baritinas, las 2 muestras (Tablas XI, XIII y XIV), de 50 kgs. c/u, se enviaron al laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Minera (INTEMIN, SEGEMAR) en su sede de la Ciudad Autónoma de Bs. As..

Los ensayos de Caracterización incluyen:

Tabla XIII: ensayos de Caracterización de baritinas para 2 muestras de 50 kgs. c/u.

INTEMIN - Caracterización de 2 muestras de baritina (0 kgs. c/u)		
Código	Cantidad	Item
P 0190	2	Trituración y cuarteo de rocas (por Kg de muestra).
P 0120	6	Preparación de muestra para análisis químico en bowl de Widia (100 g).
Q 0410	2	AQ mayoritarios en minerales y materiales.
G 0516	2	DRX: Análisis cualitativo de fases en roca total pulverizada. Identificación de fases y estimación de su contenido relativo en mayoritarios (>30%), minoritarios (10-30%) y accesorios (<10%); no incluye pulverización de la muestra.
P 0520	2	Caracterización mineralógica con lupa binocular.
M 0130	2	Densidad real.

Los ensayos de Concentración incluyen:

Tabla XIV: ensayos de Concentración de baritinas para 2 muestras de 50 kgs. c/u.

INTEMIN - Concentración de 2 muestras de baritina (50 kgs. c/u)		
Código	Cantidad	Item
P 0140	2	Molienda pasante hasta tamiz malla ASTM N° 100 (150µm) por tres kilos de muestra.
P 0550	2	Separación magnética de arenas.
P 0620	2	Concentración gravitacional en Mesa Wilfley.
Q 0410	2	AQ mayoritarios en minerales y materiales.
M 0130	2	Densidad real.

Resultados

Los resultados originales de las 35 muestras enviadas al laboratorio del Centro Regional Universitario Zapala (CreUZa) se encuentran en los ANEXOS 6 y 7.

Los resultados originales de las 2 muestras enviadas al laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Minera (INTEMIN, SEGEMAR) se encuentran en los ANEXO 8 y 9.

De la integración de los resultados obtenidos surge la siguiente información (Tabla XV), donde se expresan los valores porcentuales de los óxidos de interés, a partir del Análisis Químico por medio de fluorescencia de Rayos X (FRx) en ambos laboratorios citados. También se expresan los valores de densidad real correspondiente a cada muestra.

Tabla XV: Tabla integral de los resultados obtenidos a partir del Análisis Químico por medio de fluorescencia de Rayos X (FRx). Se destaca el porcentaje relativo en los óxidos de interés (<10%: verde, 10-30%: amarillo y >30%: rojo). También se expresa la densidad real de cada muestra.

Muestra N°	Laboratorio	PE (g/cm3)	PPC (g%)	BaO (g%)	SrO (g%)	CaO (g%)	K2O (g%)	MnO (g%)	SO3 (g%)	SiO2 (g%)	Al2O3 (g%)	Fe2O3 (g%)	Na2O (g%)	MgO (g%)	P2O5 (g%)	Sumatoria (g%)
15818	CReUza	3,18	25,790	38,665	23,092	10,450	0,000	0,000	1,197	0,385	0,268	0,153				99,732
15819	CReUza	4,12	3,970	56,389	0,880	8,787	0,000	0,000	28,218	1,418	0,275	0,063				100,000
15820	CReUza	3,89	0,460	1,466	49,353	1,098	0,000	0,000	40,960	6,222	0,409	0,031				99,999
15821	CReUza	3,77	3,670	3,084	45,426	8,009	0,000	0,000	34,560	4,413	0,654	0,183				99,999
15822	CReUza	3,81	2,270	1,704	44,727	5,151	0,000	0,000	35,659	9,950	0,451	0,088				100,000
15823	CReUza	3,74	4,840	0,076	45,470	11,334	0,000	0,000	32,307	5,239	0,377	0,356				99,999
15824	CReUza	3,81	2,110	0,231	48,881	5,720	0,000	0,000	37,580	4,873	0,570	0,036				100,001
15825	CReUza	3,92	7,430	49,439	1,842	13,286	0,000	0,000	26,378	1,232	0,201	0,193				100,001
15826	CReUza	4,05	0,450	23,509	32,599	1,076	0,000	0,000	38,384	3,674	0,263	0,046				100,001
15827	CReUza	3,82	2,050	2,275	46,358	4,305	0,000	0,000	38,222	6,202	0,507	0,080				99,999
15828	CReUza	4,08	4,550	50,844	4,631	9,035	0,000	0,000	28,520	2,063	0,243	0,115				100,001
15829	CReUza	3,85	2,030	2,170	47,894	5,248	0,000	0,000	37,402	4,584	0,609	0,064				100,001
15830	CReUza	3,88	4,960	22,744	27,602	10,581	0,000	0,000	30,818	3,013	0,221	0,061				100,000
15831	CReUza	3,93	7,450	47,934	1,798	13,401	0,000	0,000	24,652	3,624	0,824	0,317				100,000
15832	CReUza	3,97	3,040	25,620	27,163	5,788	0,000	0,000	35,783	2,902	0,246	0,067				100,609
15833	CReUza	3,81	3,200	4,178	41,680	7,698	0,134	0,000	34,816	7,489	0,701	0,105				100,001
15834	CReUza	3,80	2,790	1,108	47,269	7,055	0,000	0,000	36,763	4,382	0,427	0,206				100,000
15835	CReUza	3,60	11,100	28,388	13,532	21,138	0,221	0,420	21,445	2,644	0,967	0,146				100,001
15836	CReUza	3,88	2,180	9,413	38,418	5,256	0,000	0,036	34,743	9,494	0,389	0,071				100,000
15837	CReUza	3,86	2,630	0,167	49,112	2,082	0,000	0,000	38,869	6,640	0,455	0,044				99,999
15838	CReUza	3,63	9,260	6,502	33,499	15,984	0,000	0,000	27,289	6,864	0,427	0,176				100,001
15839	CReUza	3,76	4,110	0,219	46,276	10,392	0,000	0,000	33,815	4,344	0,541	0,313				100,010
15840	CReUza	3,75	4,520	4,400	40,767	9,016	0,000	0,000	31,618	8,982	0,510	0,187				100,000
15841	CReUza	3,80	2,990	0,561	46,617	7,565	0,118	0,000	33,950	7,475	0,467	0,256				99,999
15842	CReUza	3,94	3,070	17,104	34,017	7,657	0,000	0,000	33,029	4,678	0,346	0,101				100,002
15843	CReUza	3,83	2,970	6,777	42,973	6,676	0,105	0,000	35,794	4,005	0,594	0,100				99,994
15844	CReUza	3,89	2,550	8,264	42,878	5,688	0,000	0,000	36,211	3,969	0,367	0,073				100,000
15845	CReUza	3,86	1,640	0,271	50,253	3,378	0,000	0,000	37,974	5,887	0,491	0,107				100,001
15846	CReUza	3,92	1,160	0,850	50,084	2,553	0,000	0,000	38,801	6,068	0,382	0,101				99,999
15847	CReUza	3,82	3,750	0,509	47,001	7,559	0,000	0,000	35,126	5,515	0,397	0,144				100,001
15848	INTEMIN (Caracterización)	3,82	3,370	1,360	46,230	4,100	0,050	0,010	44,190	0,100	0,240	0,090	0,120	0,140	0,030	100,030
15849	INTEMIN (Caracterización)	3,68	10,890	19,130	20,590	13,530	0,130	0,110	33,770	0,730	0,510	0,140	0,420	0,230	0,050	100,230
15848	INTEMIN (Concentración)	3,88	1,880	1,410	52,240	2,460	0,010	0,010	41,550	0,140	0,170	0,010	0,010	0,070	0,010	99,970
15849	INTEMIN (Concentración)	3,93	3,790	19,950	30,880	5,080	0,020	0,020	39,610	0,190	0,240	0,080	0,100	0,090	0,010	100,060
15850	CReUza	3,92	1,770	12,512	37,042	4,746	0,000	0,000	34,382	9,028	0,460	0,059				99,999
15851	CReUza	3,81	3,600	5,207	39,407	9,004	0,067	0,000	30,497	11,149	0,587	0,230				99,748
15852	CReUza	3,81	3,510	6,449	43,146	8,112	0,062	0,000	33,506	4,607	0,538	0,071				100,001
15853	CReUza	3,84	2,420	3,324	45,610	4,949	0,000	0,000	37,828	5,441	0,398	0,031				100,001
15854	CReUza	3,72	4,630	3,054	44,594	9,273	0,000	0,000	33,600	4,204	0,492	0,082				99,929

A partir del análisis realizado, es posible clasificar los elementos que componen cada muestra de acuerdo a su porcentaje en óxidos. En particular, interesan los elementos que componen a la baritina, celestina, yeso/anhidrita y caliza, es decir, los óxidos de bario, estroncio, calcio y azufre. De esta manera se establecieron, para cada muestra en particular (Tabla XV), tres categorías en función de su de porcentaje en óxidos. No confundir esta clasificación arbitraria con la de elementos mayoritarios, minoritarios y accesorios, ya que se toma el mismo rango. En este sentido (Tabla XV), se consideran los siguientes rangos: 0-10% (verde), 10-30% (amarillo) y 30-100% (rojo).

De esta clasificación surge claramente (Tabla XV) un marcado predominio del estroncio (Sr) y el azufre (S), respecto del contenido de bario (Ba) y calcio (Ca), para la mayoría de las muestras analizadas. Es decir, que se puede esperar una mayor proporción de celestina respecto a baritina y anhidrita/yeso en las áreas muestreadas.

Si, además, se clasifican los valores de estos óxidos, en rangos de valores, es posible hacer un mapa de distribución de los tenores de BaO y SrO (fig. 46). En este mapa puede observarse un predominio de celestina en las áreas de las Minas Cecilia, Magistral y Tres Hermanos, mientras que en las minas Danielito y Santa Elena predomina la baritina.

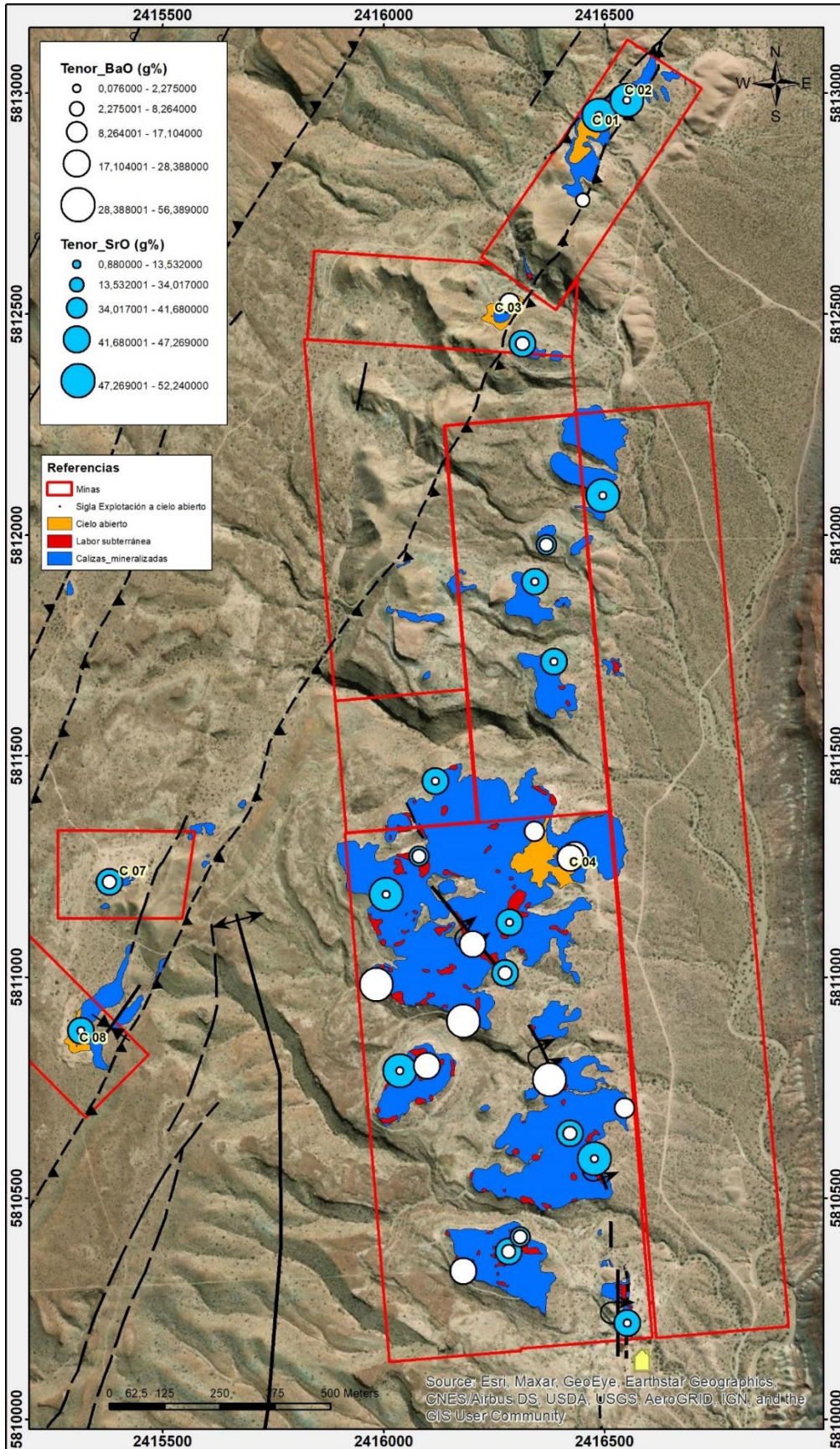


Figura 46: Mapa de distribución de rangos de valores de los tenores de BaO y SrO.

También se puede analizar diferentes tipos de relaciones entre los óxidos de interés. Por ejemplo, la relación entre los óxidos de Ba y Sr:

$$R1 = \frac{BaO}{SrO} \quad (3)$$

De esta relación (Tabla XVI) se observa que de las 35 muestras analizadas solo 6 presentan un predominio del BaO respecto al SrO.

Tabla XVI: Relaciones entre óxidos fundamentales de Ba, Sr y S. Se destaca el predominio de Ba (blanco) o Sr (celeste). También el porcentaje relativo en los óxidos de interés (<10%: verde, 10-30%: amarillo y >30%: rojo).

Muestra Nº	PE (g/cm3)	BaO (g%)	SrO (g%)	CaO (g%)	SO3 (g%)	Relación (BaO/SrO)	Relación (%) (BaO)*100 / (BaO+SrO)	Relación (%) (BaO+SO3)*100 / (BaO+SrO+SO3)
15818	3,18	38,665	23,092	10,450	1,197	1,67	62,61	63,32
15819	4,12	56,389	0,880	8,787	28,218	64,08	98,46	98,97
15820	3,89	1,466	49,353	1,098	40,960	0,03	2,88	46,23
15821	3,77	3,084	45,426	8,009	34,560	0,07	6,36	45,32
15822	3,81	1,704	44,727	5,151	35,659	0,04	3,67	45,51
15823	3,74	0,076	45,470	11,334	32,307	0,00	0,17	41,60
15824	3,81	0,231	48,881	5,720	37,580	0,00	0,47	43,62
15825	3,92	49,439	1,842	13,286	26,378	26,84	96,41	97,63
15826	4,05	23,509	32,599	1,076	38,384	0,72	41,90	65,50
15827	3,82	2,275	46,358	4,305	38,222	0,05	4,68	46,63
15828	4,08	50,844	4,631	9,035	28,520	10,98	91,65	94,49
15829	3,85	2,170	47,894	5,248	37,402	0,05	4,33	45,24
15830	3,88	22,744	27,602	10,581	30,818	0,82	45,18	65,99
15831	3,93	47,934	1,798	13,401	24,652	26,66	96,38	97,58
15832	3,97	25,620	27,163	5,788	35,783	0,94	48,54	69,33
15833	3,81	4,178	41,680	7,698	34,816	0,10	9,11	48,34
15834	3,80	1,108	47,269	7,055	36,763	0,02	2,29	44,48
15835	3,60	28,388	13,532	21,138	21,445	2,10	67,72	78,64
15836	3,88	9,413	38,418	5,256	34,743	0,25	19,68	53,47
15837	3,86	0,167	49,112	2,082	38,869	0,00	0,34	44,28
15838	3,63	6,502	33,499	15,984	27,289	0,19	16,25	50,22
15839	3,76	0,219	46,276	10,392	33,815	0,00	0,47	42,38
15840	3,75	4,400	40,767	9,016	31,618	0,11	9,74	46,91
15841	3,80	0,561	46,617	7,565	33,950	0,01	1,19	42,54
15842	3,94	17,104	34,017	7,657	33,029	0,50	33,46	59,58
15843	3,83	6,777	42,973	6,676	35,794	0,16	13,62	49,77
15844	3,89	8,264	42,878	5,688	36,211	0,19	16,16	50,91
15845	3,86	0,271	50,253	3,378	37,974	0,01	0,54	43,22
15846	3,92	0,850	50,084	2,553	38,801	0,02	1,67	44,19
15847	3,82	0,509	47,001	7,559	35,126	0,01	1,07	43,12
15848	3,82	1,360	46,230	4,100	44,190	0,03	2,86	49,63
15849	3,68	19,130	20,590	13,530	33,770	0,93	48,16	71,98
15850	3,92	12,512	37,042	4,746	34,382	0,34	25,25	55,87
15851	3,81	5,207	39,407	9,004	30,497	0,13	11,67	47,53
15852	3,81	6,449	43,146	8,112	33,506	0,15	13,00	48,08
15853	3,84	3,324	45,610	4,949	37,828	0,07	6,79	47,43
15854	3,72	3,054	44,594	9,273	33,600	0,07	6,41	45,11

De manera similar, si se analiza la relación porcentual de óxido de bario respecto del contenido total de óxidos de bario y estroncio:

$$R2 = \frac{BaO}{(BaO+SrO)} * 100 \quad (4)$$

De esta relación (Tabla XVI) se observa también que de las 35 muestras analizadas solo 6 presentan un predominio del BaO respecto a la suma del BaO y SrO.

Por último, si se analiza la relación porcentual de los óxidos de bario y azufre respecto del contenido total de óxidos de bario, estroncio y azufre:

$$R3 = \frac{(BaO+SO3)}{(BaO+SrO+SO3)} * 100 \quad (5)$$

De esta relación (Tabla XVI) se observa que de las 35 muestras analizadas solo 15 presentan un predominio del BaO y SO₃ respecto a la suma del BaO, SrO y SO₃. Esto significa que solo el 42,86% corresponde a los óxidos de bario y azufre. En consecuencia, y dicho de otra manera, puede inferirse que existe un predominio de celestina (57,14%) respecto de la baritina (42,86%).

Durante los Ensayos de Caracterización se realizó un Análisis de Difracción de rayos X (Rx) y pudieron detectarse los siguientes minerales presentes en las 2 muestras enviadas (Tabla XVII). Cabe recordar que en los afloramientos se identificó la presencia de celestina y baritina, principalmente, y en menor proporción anhidrita/yeso, calcita y óxidos de hierro y manganeso.

Tabla XVII: Componentes detectados en las muestras 15848 y 15849 por Análisis de Difracción de rayos X (Rx).

Identificación		Componentes detectados
Cliente	SEGEMAR	
15848	20377-01	Ce, Ca
15849	20377-02	Ca, Ba, Ce
Referencias: Ba: Baritina (BaSO ₄) Ca: Calcita (CaCO ₃) Ce: Celestina (SrSO ₄)		

Además, a partir de cada muestra, se seleccionó una fracción para realizar un ensayo de tamizado utilizando tamices de la serie ASTM (Tabla XVIII). Donde la molienda pasante hasta tamiz malla ASTM N° 100 (150µm) fue separada para los ensayos de Concentración de cada muestra.

Tabla XVIII: Análisis granulométrico en húmedo.

Malla (ASTM)	Abertura (mm)	Muestra Nº 15848		Muestra Nº 15849	
		Retenido (g)	Retenido (%)	Retenido (g)	Retenido (%)
10	2.00	31,04	8,92	149,80	47,47
10/20	2.00-0.850	146,40	42,08	69,08	21,89
20/35	0.850-0.500	48,19	13,85	21,39	6,78
35/45	0.500-0.355	22,57	6,49	11,82	3,75
45/60	0.355-0.250	17,13	4,92	10,24	3,25
60/70	0.20-0.212	11,13	3,20	8,19	2,60
70/80	0.212-0.180	13,51	3,88	7,76	2,46
80/100	0.180-0.150	11,11	3,19	3,01	0,95
-100	-0.150	46,81	13,46	37,27	11,81
TOTAL		347,89 g	100%	318,56 g	100%

Para el proceso de Concentración, las muestras fueron homogenizadas y cuarteadas, una fracción de cada muestra se sometió a molienda selectiva y tamizado para obtener la fracción #60/100 de la serie de tamices ASTM donde se observó el mayor grado de liberación. A los productos obtenidos del concentrado (Tabla XIX) se le realizaron los análisis químicos, antes mencionados, y de densidad real.

Tabla XIX: Productos obtenidos en el proceso de Concentración.

Productos	Muestra Nº 15848		Muestra Nº 15849	
	Masa (g)	%	Masa (g)	%
Concentrado	652	26,7	1110	53,9
Medianía	1324	54,1	797	38,7
Colas	469	19,2	152,84	7,4
TOTAL	2445	100	2059,84	100

En ambos laboratorios se realizaron análisis de Densidad Real o Peso Específico (PE) para todas las muestras (Tablas XV, XVI y XX). En el caso particular de las muestras Nº 15848 (cielo abierto Mina Santa Elena) y Nº 15849 (cielo abierto Mina Cecilia) se determinó una densidad real en el ensayo de Caracterización y otra, posteriormente, a partir del producto obtenido en el proceso de Concentración.

Tabla XX: Densidad Real en ensayos de Caracterización y Concentración.

Nº Muestra	Densidad Real (g/cm3)		Incremento (%)
	Caracterización	Concentración	
15848	3,82	3,88	1,57
15849	3,68	3,93	6,79

Como resultante, puede observarse (Tabla XX) que tras el proceso de Concentración la muestra de la Mina Cecilia sufre un incremento de su densidad real del 6,79%, mientras que en el caso de la Mina Santa Elena solo se incrementa el 1,57%.

Finalmente, el muestreo realizado en las calizas mineralizadas mantiformes (estratoligadas) del área de estudio fue lo más representativo posible. Por lo tanto, es posible estimar un valor promedio de las densidades a partir de los resultados de las muestras (Tablas XV y XVI). Debe descartarse, sin embargo, la muestra N° 15818 ya que corresponde a una mineralización de tipo vetiforme. Por otro lado, en el caso de las muestras N° 15848 (cielo abierto Mina Santa Elena) y N° 15849 (cielo abierto Cecilia) se deben considerar los resultados de densidad previos al ensayo de concentración (Tabla XX), es decir las muestras originales.

Por lo tanto, por cálculo, se establece que el valor promedio de la densidad de la mineralización de baritina/celestina (o sus variantes barito-celestina o celesto-baritina) del área de estudio es de "3,83 g/cm³". Este valor promedio de densidad será utilizado en cálculos posteriores.

También es posible representar gráficamente la distribución de las densidades en el área de estudio (fig. 47). De allí surge que la región con los rangos más altos de densidades se encuentran el área de mina Cecilia y mina Tres Hermanos. Paradójicamente, en estas dos áreas prevalece la celestina sobre la baritina.

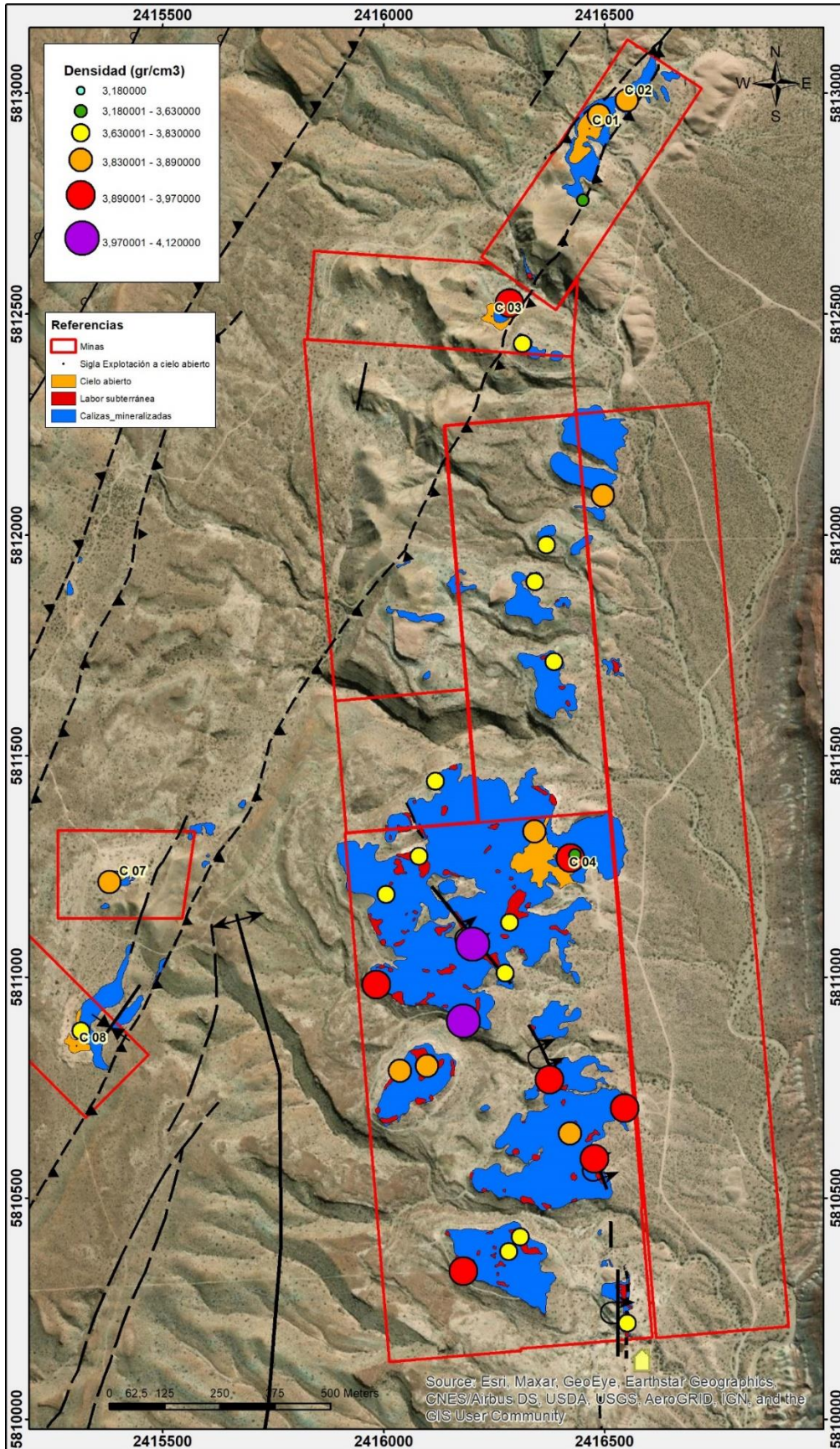


Figura 47: Mapa de distribución de rangos de densidades en el área del Grupo Continental.

RELEVAMIENTO DE CALIZAS MINERALIZADAS Y VETAS - CÁLCULOS

En el área de estudio, se realizó un relevamiento y delimitación de las calizas mineralizadas (figs. 48, 49 y 50), portadoras de depósitos de baritina/celestina estratoligados. Las mismas corresponden a la parte basal del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). Dicha tarea se pudo concretar a partir de la toma de 886 puntos de control de afloramientos y la foteointerpretación de imágenes satelitales.

Así, se pudo determinar la presencia de 68 áreas con mantos o calizas mineralizadas y calcular la superficie de cada una (Tabla XXI).

Por otro lado, en el sector centro-suroccidental del área de trabajo se identificó un sistema de vetas mineralizadas, con orientación marcadamente N-S, cortando exclusivamente a la Fm. Agrio. Específicamente, el área de esta corrida de fracturas rellenas se encuentra al este y norte del A° Pichi Neuquén (fig. 49), donde el curso de agua cambia su recorrido de NO-SE a O-E. El área del tren de vetas tiene una orientación NNO-SSE, es paralela al lineamiento y falla del arroyo antes mencionado y está emplazada sobre el extremo suroeste de la nariz del gran anticlinal que domina la región. Se identificaron 14 vetas, verticales a subverticales, con mineralización de baritina y celestina, con menor proporción de calcita, yeso, cuarzo y presencia subordinada de aragonita, óxidos de hierro y manganeso. Las longitudes varían entre 25 y 90 metros, en general con labores superficiales, artesanales y menores. Los espesores oscilan entre 0,20 y 1,20 metros.

Se destaca una galería o labor subterránea, de orientación N-S, y de 126 metros de longitud (Foto 2a, b y c. Capítulo: "Actividad Minera"). Presenta mineralización vetiforme de baritina y celestina, aunque fue extraída casi en su totalidad. Esta galería es una labor muy antigua y fue conocida como Mina "La Continental", que da el nombre a la región, según cuentan los pobladores de la región.

En este trabajo no se considerarán las mineralizaciones vetiformes de baritina/celestina debido a su modo de emplazamiento, cortando discordantemente a la Fm. Agrio, ubicación y, principalmente, porque han sido casi totalmente explotadas y no tienen pedimentos actuales. Se aclara que la Muestra N° 15818 (Tablas X, XI, XV y XVI. Capítulo "Muestreo") corresponde a una de estas vetas, con valor muy bajo de densidad (3,18 gr/cm³). Solo se hará hincapié a las mineralizaciones de baritina/celestina, de tipo mantiforme (estratoligadas), que están relacionadas a las calizas del Mb. Troncoso superior (Fm. Huitrín).

En cada punto de control, y punto de toma de muestras, se determinó el espesor del manto de caliza mineralizada y el espesor de la mineralización de celestina/baritina. Posteriormente, se estimó un valor promedio de estos espesores para cada área (Tabla XXI).

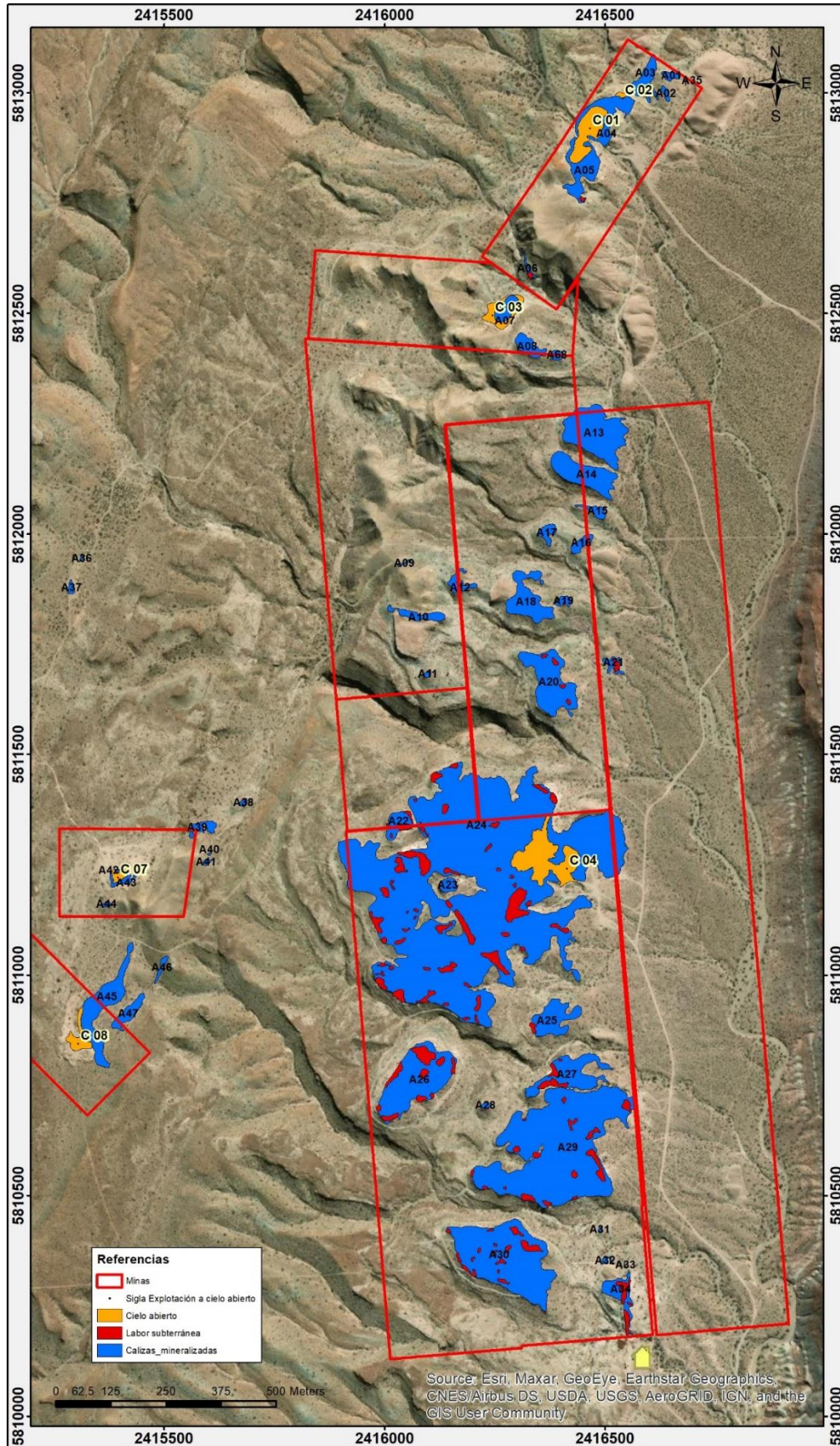


Figura 48: Delimitación de calizas mineralizadas en el sector centro y noreste del área relevada.

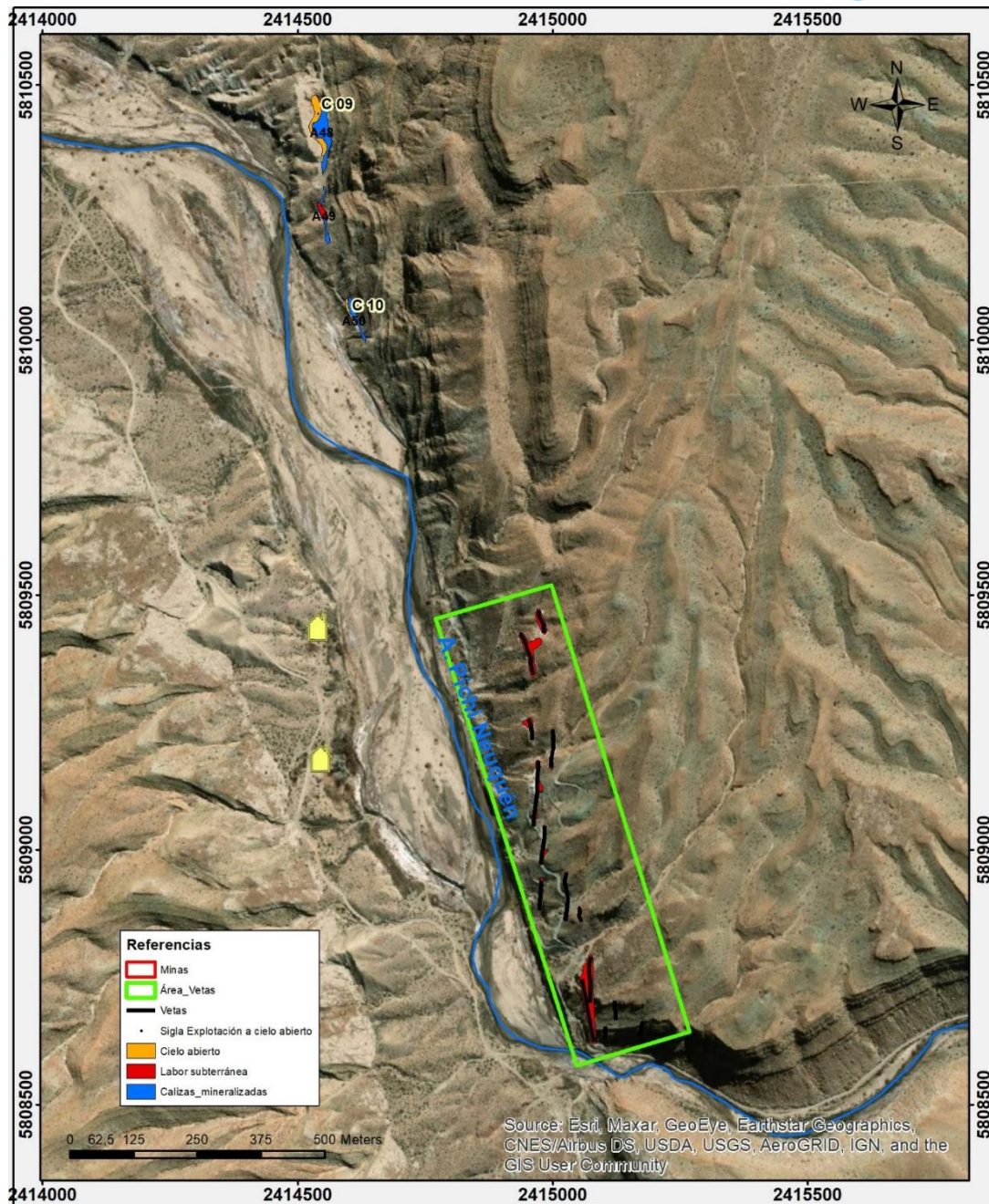


Figura 49: Delimitación de calizas mineralizadas en el sector centro-occidental del área relevada.

A partir de estos datos, superficie del área y espesor promedio, se pudo calcular el volumen de caliza total y el volumen mineralizado en cada área (Tabla XXI).

En las áreas donde se contaba con uno o más muestreos (Tablas X fig. 44. Capítulo: “Muestreo”) se pudo establecer una densidad promedio para el espesor mineralizado. En las áreas carentes de muestreo se asignó, para el espesor mineralizado, un valor de densidad $3,83 \text{ g/cm}^3$. Este último valor corresponde a la densidad promedio establecida para toda el área de estudio (mayores detalles en Capítulo: “Muestreo”). Además, para la caliza no

mineralizada se utilizó el valor de densidad establecido para una caliza estándar, es decir, 2,50 g/cm³.

En base a los valores promedio de densidad establecidos para cada área, y los volúmenes estimados, se determinó el tonelaje de la caliza total y el tonelaje del espesor mineralizado de cada sector (Tabla XXI).

Finalmente, se pudo calcular una ley porcentual (Tabla XXI) de la concentración de baritina/celestina, para cada área, en función de la relación de los tonelajes del espesor mineralizado respecto de la caliza total.

En síntesis, En el área de estudio, el volumen total de calizas mineralizadas es de 1.717.309,78 m³ y un espesor promedio de 2,48 m. Mientras que el volumen mineralizado, específicamente, es de 944.520,32 m³ y un espesor promedio de 0,99 m. Por otro lado, el peso del volumen de caliza total es de 5.572.839,31 Tn y el peso del volumen mineralizado es de 3.640.865,67 Tn, es decir, el 65,33% en peso. Y, como se aclarara previamente, con una densidad promedio del volumen mineralizado de 3,83 g/cm³.

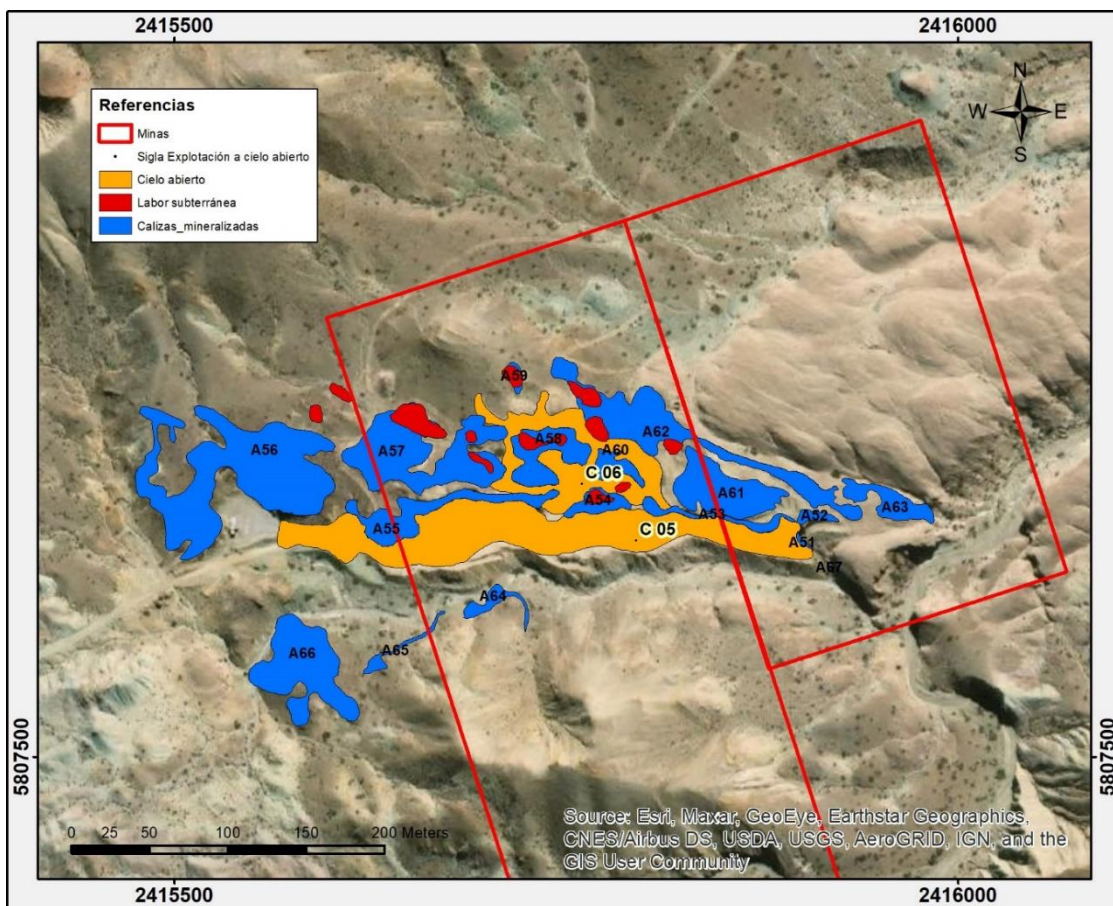


Figura 50: Delimitación de calizas mineralizadas en el sector sur del área relevada, áreas de minas El Emir y El Emir II.

Tabla XXI: Áreas de calizas mineralizadas delimitadas (68) y sus respectivos cálculos de espesores, áreas, volúmenes, tonelajes, leyes porcentuales y densidades.

Área	Superficie (m2)	Muestra Nº	Densidad (gr/cm3) [*]	Espesor Mineralizado promedio (m)	Espesor Caliza Estéril promedio (m)	Espesor Caliza Total promedio (m)	Volumen Mineralizado (m3)	Volumen Caliza Estéril (m3)	Volumen Caliza Total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
A01	613,0		3,83	0,32	0,68	1,00	196,16	416,84	613,00	751,29	1.042,10	1.793,39	41,89
A02	364,0		3,83	0,16	0,34	0,50	58,24	123,76	182,00	223,06	309,40	532,46	41,89
A03	2.636,0		3,83	0,64	0,86	1,50	1.687,04	2.266,96	3.954,00	6.461,36	5.667,40	12.128,76	53,27
A04	5.011,0	15837-38	3,87	2,58	2,67	5,25	12.906,33	13.401,42	26.307,75	49.947,50	33.503,55	83.451,05	59,85
A05	5.035,0	15838-48	3,76	2,50	2,75	5,25	12.587,50	13.846,25	26.433,75	47.266,06	34.615,63	81.881,69	57,72
A06	406,0		3,83	1,44	2,56	4,00	584,64	1.039,36	1.624,00	2.239,17	2.598,40	4.837,57	46,29
A07	1.959,0	15842	3,94	2,00	2,00	4,00	3.918,00	3.918,00	7.836,00	15.436,92	9.795,00	25.231,92	61,18
A08	2.006,0	15843	3,83	1,06	0,64	1,70	2.118,34	1.291,86	3.410,20	8.113,23	3.229,66	11.342,89	71,53
A09	143,0		3,83	0,24	0,76	1,00	34,32	108,68	143,00	131,45	271,70	403,15	32,60
A10	1.821,0		3,83	0,24	2,76	3,00	437,04	5.025,96	5.463,00	1.673,86	12.564,90	14.238,76	11,76
A11	204,0		3,83	0,16	0,84	1,00	32,64	171,36	204,00	125,01	428,40	553,41	22,59
A12	1.312,0		3,83	0,48	1,02	1,50	629,76	1.338,24	1.968,00	2.411,98	3.345,60	5.757,58	41,89
A13	12.741,0		3,83	0,36	1,14	1,50	4.586,76	14.524,74	19.111,50	17.567,29	36.311,85	53.879,14	32,60
A14	7.336,0	15845	3,86	2,50	1,00	3,50	18.340,00	7.336,00	25.676,00	70.792,40	18.340,00	89.132,40	79,42
A15	923,0		3,83	0,20	0,80	1,00	184,60	738,40	923,00	707,02	1.846,00	2.553,02	27,69
A16	1.085,0		3,83	0,96	2,04	3,00	1.041,60	2.213,40	3.255,00	3.989,33	5.533,50	9.522,83	41,89
A17	1.107,0	15840	3,75	1,00	0,50	1,50	1.107,00	553,50	1.660,50	4.151,25	1.383,75	5.535,00	75,00
A18	6.418,0	15841	3,80	1,20	0,80	2,00	7.701,60	5.134,40	12.836,00	29.266,08	12.836,00	42.102,08	69,51
A19	610,0		3,83	0,36	1,14	1,50	219,60	695,40	915,00	841,07	1.738,50	2.579,57	32,60
A20	10.789,0	15839	3,76	1,47	1,53	3,00	15.850,34	16.516,66	32.367,00	59.597,26	41.291,66	100.888,92	59,07
A21	1.018,0		3,83	0,80	1,20	2,00	814,40	1.221,60	2.036,00	3.119,15	3.054,00	6.173,15	50,53
A22	2.627,0		3,83	1,60	3,40	5,00	4.203,20	8.931,80	13.135,00	16.098,26	22.329,50	38.427,76	41,89
A23	1.046,0		3,83	1,12	2,88	4,00	1.171,52	3.012,48	4.184,00	4.486,92	7.531,20	12.018,12	37,33
A24	187.333,0	15824-25-26-27-28-34-35-36-49-51-52	3,84	2,38	2,09	4,47	445.746,38	391.007,68	836.754,07	1.712.476,56	977.519,21	2.689.995,77	63,66
A25	5.607,0		3,83	0,88	1,62	2,50	4.934,16	9.083,34	14.017,50	18.897,83	22.708,35	41.606,18	45,42

Área	Superficie (m2)	Muestra Nº	Densidad (gr/cm3) [*]	Espesor Mineralizado promedio (m)	Espesor Caliza Estéril promedio (m)	Espesor Caliza Total promedio (m)	Volumen Mineralizado (m3)	Volumen Caliza Estéril (m3)	Volumen Caliza Total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
A26	17.340,0	15829-30	3,87	1,78	1,72	3,50	30.823,58	29.866,42	60.690,00	119.133,15	74.666,04	193.799,19	61,47
A27	8.016,0	15831	3,93	2,20	3,30	5,50	17.635,20	26.452,80	44.088,00	69.306,34	66.132,00	135.438,34	51,17
A28	213,0		3,83	0,36	1,14	1,50	76,68	242,82	319,50	293,68	607,05	900,73	32,60
A29	57.917,0	15846-50-53	3,89	4,50	1,50	6,00	260.626,50	86.875,50	347.502,00	1.014.705,84	217.188,75	1.231.894,59	82,37
A30	28.205,0	15832-33-54	3,83	1,81	1,94	3,75	50.943,87	54.824,88	105.768,75	195.284,84	137.062,20	332.347,04	58,76
A31	72,2		3,83	0,48	1,02	1,50	34,66	73,64	108,30	132,73	184,11	316,84	41,89
A32	234,0		3,83	0,36	1,14	1,50	84,24	266,76	351,00	322,64	666,90	989,54	32,60
A33	13,3		3,83	0,16	0,64	0,80	2,13	8,51	10,64	8,15	21,28	29,43	27,69
A34	3.665,0	15847	3,82	2,16	2,84	5,00	7.900,46	10.424,54	18.325,00	30.179,75	26.061,36	56.241,10	53,66
A35	31,3		3,83	0,16	0,34	0,50	5,01	10,64	15,65	19,18	26,61	45,79	41,89
A36	74,9		3,83	0,03	0,37	0,40	2,40	27,56	29,96	9,18	68,91	78,09	11,76
A37	330,0		3,83	0,17	0,53	0,70	55,44	175,56	231,00	212,34	438,90	651,24	32,60
A38	207,0		3,83	1,04	1,46	2,50	215,28	302,22	517,50	824,52	755,55	1.580,07	52,18
A39	1.157,0		3,83	1,28	2,22	3,50	1.480,96	2.568,54	4.049,50	5.672,08	6.421,35	12.093,43	46,90
A40	37,9		3,83	0,56	1,14	1,70	21,22	43,21	64,43	81,29	108,02	189,30	42,94
A41	167,0		3,83	0,76	1,14	1,90	126,92	190,38	317,30	486,10	475,95	962,05	50,53
A42	59,0		3,83	0,40	0,80	1,20	23,60	47,20	70,80	90,39	118,00	208,39	43,37
A43	782,0	15844	3,89	1,00	0,80	1,80	782,00	625,60	1.407,60	3.041,98	1.564,00	4.605,98	66,04
A44	170,0		3,83	0,24	1,46	1,70	40,80	248,20	289,00	156,26	620,50	776,76	20,12
A45	8.796,0	15823	3,74	1,00	1,00	2,00	8.796,00	8.796,00	17.592,00	32.897,04	21.990,00	54.887,04	59,94
A46	522,0		3,83	0,88	1,62	2,50	459,36	845,64	1.305,00	1.759,35	2.114,10	3.873,45	45,42
A47	2.047,0		3,83	0,96	1,24	2,20	1.965,12	2.538,28	4.503,40	7.526,41	6.345,70	13.872,11	54,26
A48	1.936,0		3,83	1,44	2,06	3,50	2.787,84	3.988,16	6.776,00	10.677,43	9.970,40	20.647,83	51,71
A49	658,0	15819	4,12	0,94	1,51	2,45	619,15	992,95	1.612,10	2.550,88	2.482,39	5.033,27	50,68
A50	692,0		3,83	1,04	1,96	3,00	719,68	1.356,32	2.076,00	2.756,37	3.390,80	6.147,17	44,84
A51	27,3		3,83	0,40	0,80	1,20	10,92	21,84	32,76	41,82	54,60	96,42	43,37

Área	Superficie (m2)	Muestra Nº	Densidad (gr/cm3) [*]	Espesor Mineralizado promedio (m)	Espesor Caliza Estéril promedio (m)	Espesor Caliza Total promedio (m)	Volumen Mineralizado (m3)	Volumen Caliza Estéril (m3)	Volumen Caliza Total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
A52	146,0		3,83	0,60	1,90	2,50	87,60	277,40	365,00	335,51	693,50	1.029,01	32,60
A53	401,0	15821	3,77	2,70	3,30	6,00	1.082,70	1.323,30	2.406,00	4.081,78	3.308,25	7.390,03	55,23
A54	441,0		3,83	0,96	1,04	2,00	423,36	458,64	882,00	1.621,47	1.146,60	2.768,07	58,58
A55	1.308,0	15820	3,89	2,36	3,64	6,00	3.085,05	4.762,95	7.848,00	12.000,84	11.907,38	23.908,22	50,20
A56	5.724,0		3,83	0,48	1,32	1,80	2.747,52	7.555,68	10.303,20	10.523,00	18.889,20	29.412,20	35,78
A57	3.461,0		3,83	0,64	1,36	2,00	2.215,04	4.706,96	6.922,00	8.483,60	11.767,40	20.251,00	41,89
A58	1.196,0	15822	3,81	1,41	1,59	3,00	1.689,95	1.898,05	3.588,00	6.438,70	4.745,13	11.183,83	57,57
A59	136,0		3,83	1,12	1,28	2,40	152,32	174,08	326,40	583,39	435,20	1.018,59	57,27
A60	368,0		3,83	0,96	1,34	2,30	353,28	493,12	846,40	1.353,06	1.232,80	2.585,86	52,33
A61	1.721,0		3,83	0,80	1,70	2,50	1.376,80	2.925,70	4.302,50	5.273,14	7.314,25	12.587,39	41,89
A62	2.993,0		3,83	0,88	1,12	2,00	2.633,84	3.352,16	5.986,00	10.087,61	8.380,40	18.468,01	54,62
A63	706,0		3,83	0,72	2,28	3,00	508,32	1.609,68	2.118,00	1.946,87	4.024,20	5.971,07	32,60
A64	304,0		3,83	0,36	0,84	1,20	109,44	255,36	364,80	419,16	638,40	1.057,56	39,63
A65	201,0		3,83	0,24	1,26	1,50	48,24	253,26	301,50	184,76	633,15	817,91	22,59
A66	2.453,0		3,83	0,24	2,76	3,00	588,72	6.770,28	7.359,00	2.254,80	16.925,70	19.180,50	11,76
A67	5,5		3,83	0,20	0,30	0,50	1,09	1,64	2,73	4,17	4,09	8,26	50,53
A68	543,0		3,83	0,16	0,44	0,60	86,88	238,92	325,80	332,75	597,30	930,05	35,78

Total (m2) =
415.627,35

Promedio (m) =	Promedio =	Promedio (m) =	Total (m3) =	Total (m3) =	Total (m3) =	Total (Tn) =	Total (Tn) =	Total (Tn) =	Promedio % [(Ba,Sr)SO4] =
0,99	1,49	2,48	944.520,32	772.789,46	1.717.309,78	3.640.865,67	1.931.973,64	5.572.839,31	46,04

[*] A la caliza mineralizada sin muestreo se le aplicó una densidad = 3,83 gr/cm3. Este valor surge del promedio de los resultados del muestreo.

[**] A la caliza estéril se le aplicó una densidad = 2,50 gr/cm3. Este es el valor correspondiente a una caliza estándar.

RELEVAMIENTO DE LABORES A CIELO ABIERTO, LABORES MENORES Y/O SUBTERRÁNEAS - CÁLCULOS

Durante las tareas de campo, también se realizó un reconocimiento y delimitación las áreas de explotación de las calizas mineralizadas (figs. 48, 49 y 50), tales como labores a cielo abierto, laboreos menores y artesanales, superficiales y/o subterráneos.

En la zona de interés puede observarse una gran densidad de labores mineras artesanales y menores (Fotos 1 y 2. Capítulo "Actividad Minera"), superficiales y subterráneas, muchas de ellas consideradas agotadas actualmente en ese sentido, tales como: galerías, boca mina, pilares, corte de veta, rajos, frentes de explotación, piques, chimeneas, etc. Debido a su complejidad, variabilidad y gran distribución areal, en el presente trabajo no se hizo un relevamiento detallado de estas labores. Desde el punto de vista del trabajo artesanal se consideran agotadas, sin embargo contienen recursos suficientes para una explotación a mayor escala, dependiendo de los requerimientos vigentes de calidad. Se identificaron al menos 117 labores menores diferentes (figs. 48, 49 y 50) en los mantos de caliza, depósitos estratoligados con baritina/celestina, del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). También se reconocieron 14 labores (fig. 49) sobre depósitos vetiformes de baritina/celestina en el flanco occidental del área de estudio. En conjunto, estas labores menores y artesanales abarcan una superficie total de 37.396 m² (Tabla XXII).

Tabla XXII: Superficies de áreas de explotación: cielo abierto y labores menores, superficiales y/o subterráneas, en mantos y vetas.

Explotación	Cantidad	Sigla	Propiedad Minera	Superficie actual (m2)	Total (m2)
Explotación a cielo abierto	1	C 01	Santa Elena	5.111	33.295
	1	C 02	Santa Elena	244	
	1	C 03	Tres Hermanos	2.262	
	1	C 04	Cecilia	10.574	
	1	C 05	Emir I y II	7.430	
	1	C 06	Emir I	3.312	
	1	C 07	Magistral	949	
	1	C 08	Alondra	1.929	
	1	C 09	Flanco W (libre)	1.269	
	1	C 10	Flanco W (libre)	215	
Laboreos superficiales y/o subterráneos (en mantos)	117	-	Varias	29.644	29.644
Laboreos menores superficiales y/o subterráneos (en vetas)	14	-	Flanco W (libre)	7.752	7.752
TOTAL (m2)					70.691

Por otro lado, se relevaron todas las labores a cielo abierto (figs. 48, 49 y 50), activas y no activas, presentes en el área. Se trata de 10 labores a cielo abierto que cubren una superficie total de 33.295 m², distribuidas en distintas propiedades mineras (Tabla XXII).

La sumatoria total de las áreas con explotación de la mineralización de celestina/baritina, es decir, labores a cielo abierto, laboreos menores y artesanales, superficiales y/o subterráneos, cubre una superficie total de 70.691 m² (Tabla XXII).

En cada una de las labores a cielo abierto, además de la superficie explotada (Tabla XXII), se pudo determinar el espesor promedio de la caliza mineralizada y de la mineralización (Tabla XXIII). También se estableció una densidad promedio a partir de los resultados de las muestras afectadas (Tabla XXIII). En función de esto, pudieron estimarse los volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales en peso del recurso extraído en cada labor a cielo abierto (Tabla XXIII).

En conclusión, el volumen total de la caliza mineralizada extraída en toda el área relevada es de 130.843,72 m³ y el volumen total de mineral (celestina/baritina) extraído es de 63.030,73 m³ (Tabla XXIII).

El tonelaje correspondiente para dichos volúmenes de caliza mineralizada extraída es de 411.294,40 Tn y el peso del volumen total de mineral (celestina/baritina) extraído es de 241.761,91 Tn (Tabla XXIII). Esto significa que, del volumen total de caliza mineralizada extraída, el 58,78 % en peso corresponde a mineralización de celestina/baritina.

Tabla XXIII: Cálculo de volúmenes y tonelajes extraídos en labores a cielo abierto.

Propiedad Minera	Sigla Explotación a cielo abierto	Superficie explotada (m2)	Muestra Nº	Densidad (gr/cm3) [*]	Espesor mineralizado promedio (m)	Espesor caliza estéril (m)	Espesor caliza total (m)	Volumen mineralizado (m3)	Volumen caliza estéril (m3)	Volumen caliza total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
Santa Elena	C 01	5.111,00	15837-38-48	3,81	2,54	2,71	5,25	12.981,94	13.850,81	26.832,75	49.493,65	34.627,03	84.120,67	58,84
Santa Elena	C 02	244,00	15837-38-48	3,81	2,54	2,71	5,25	619,76	661,24	1.281,00	2.362,84	1.653,10	4.015,94	58,84
Tres Hermanos	C 03	2.262,00	15842	3,94	2,00	2,00	4,00	4.524,00	4.524,00	9.048,00	17.824,56	11.310,00	29.134,56	61,18
Cecilia	C 04	10.574,00	15824-25-26-27-28-34-35-36-49-51-52	3,84	2,38	2,09	4,47	25.160,13	22.070,41	47.230,53	96.614,89	55.176,01	151.790,90	63,65
Emir I y II	C 05	7.430,00	15820-21	3,83	1,60	2,20	3,80	11.888,00	16.346,00	28.234,00	45.531,04	40.865,00	86.396,04	52,70
Emir I	C 06	3.312,00	15822	3,81	0,97	1,40	2,37	3.212,64	4.636,80	7.849,44	12.240,16	11.592,00	23.832,16	51,36
Magistral	C 07	949,00	15844	3,89	0,70	0,80	1,50	664,30	759,20	1.423,50	2.584,13	1.898,00	4.482,13	57,65
Alondra	C 08	1.929,00	15823	3,74	1,00	1,00	2,00	1.929,00	1.929,00	3.858,00	7.214,46	4.822,50	12.036,96	59,94
Flanco W (libre)	C 09	1.269,00	-	3,85	1,44	2,06	3,50	1.827,36	2.614,14	4.441,50	7.035,34	6.535,35	13.570,69	51,84
Flanco W (libre)	C 10	215,00	-	3,85	1,04	1,96	3,00	223,60	421,40	645,00	860,86	1.053,50	1.914,36	44,97

Total (m2) =
33.295,00

Promedio (m) =	Promedio (m) =	Promedio (m) =	Total (m3) =	Total (m3) =	Total (m3) =	Total (Tn) =	Total (Tn) =	Total (Tn) =	Promedio % [(Ba,Sr)SO4] =
1,62	1,89	3,51	63.030,73	67.813,00	130.843,72	241.761,91	169.532,49	411.294,40	56,10

[*] A la caliza mineralizada sin muestreo se le aplicó una densidad = 3,83 gr/cm3. Este valor surge del promedio de los resultados del muestreo.

[**] A la caliza estéril se le aplicó una densidad = 2,50 gr/cm3. Este es el valor correspondiente a una caliza estándar.

TIPO DE RECURSOS – DELIMITACIÓN Y CÁLCULOS

Conceptos básicos – Código JORC

En este trabajo, para definir los Tipos de Recursos Minerales de Baritina/celestina se utilizará el “Código de Australasia para informar sobre recursos minerales y reservas (Código JORC)”. Su versión original traducida al español se encuentra en el ANEXO 10.

El Código JORC fue preparado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia (JORC)”. Luego de años de revisiones del Código original, fue puesto en vigor en septiembre de 1999.

En este código se definieron y aceptaron los términos Recursos y Reservas Minerales (fig. 51) y en la actualidad se utilizan mundialmente.

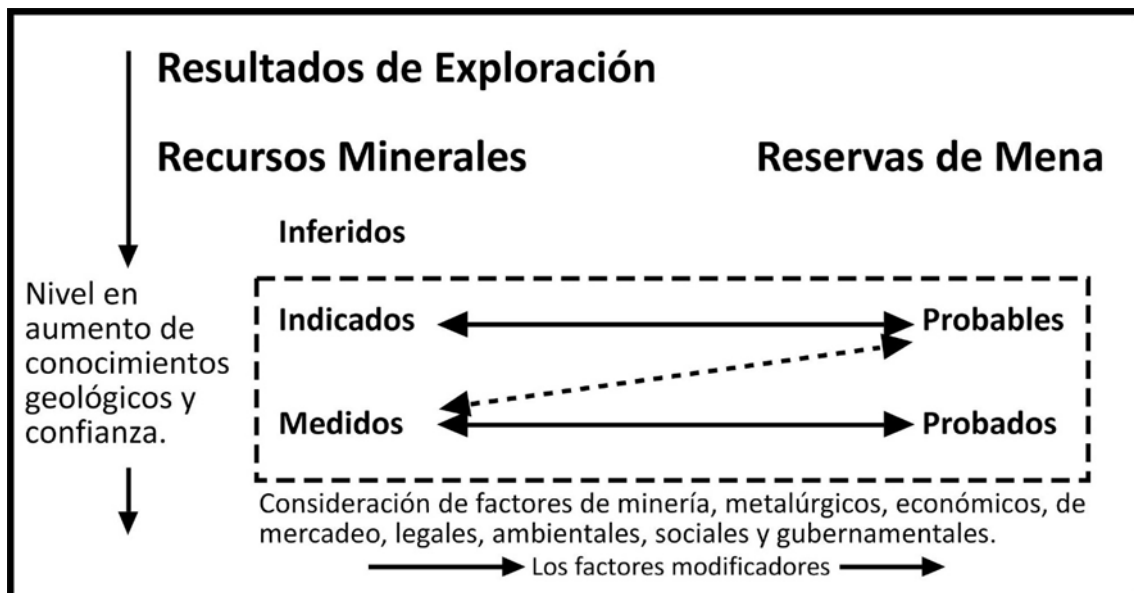


Figura 51: Relación general entre Resultados de Exploración, Recursos y Reservas minerales.

Entonces, del mismo se rescata la siguiente terminología que será utilizada en este trabajo para clasificar los Recursos presentes:

Recursos minerales. Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Los Recursos Minerales se subdividen, en orden ascendente de la confianza geológica, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos (fig. 51).

Recurso Mineral Inferido. Es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta.

Recurso Mineral Indicado. Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como pueden ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar la continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad.

Recurso Mineral Medido. Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada e información confiable sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.

Reserva Mineral. Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de modificaciones por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales (fig. 51).

Reserva Mineral Probable. Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de factores modificadores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente.

Reserva Mineral Probada. Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de modificaciones por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales,

ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran, a la fecha en que se publica el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente.

Delimitación de Recursos – Cálculos

A partir de los datos obtenidos del relevamiento geológico, su análisis, y conforme a la clasificación de Recursos Minerales del Código JORC, antes mencionado, en el área de estudio pudieron definirse y delimitarse Recursos Inferidos, Indicados y Medidos (figs. 52, 53 y 54).

Posteriormente se realizaron cálculos (Tabla XXIV) para determinar espesores, superficies, volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales de estos diferentes recursos de baritina/celestina, involucrados en las diferentes áreas de calizas mineralizadas (estratoligadas).

Finalmente, y a partir de los cálculos anteriores, se pudo determinar la densidad y espesores promedio para cada tipo de recurso, como así también las superficies, volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales totales como se muestra en la Tabla XXV.

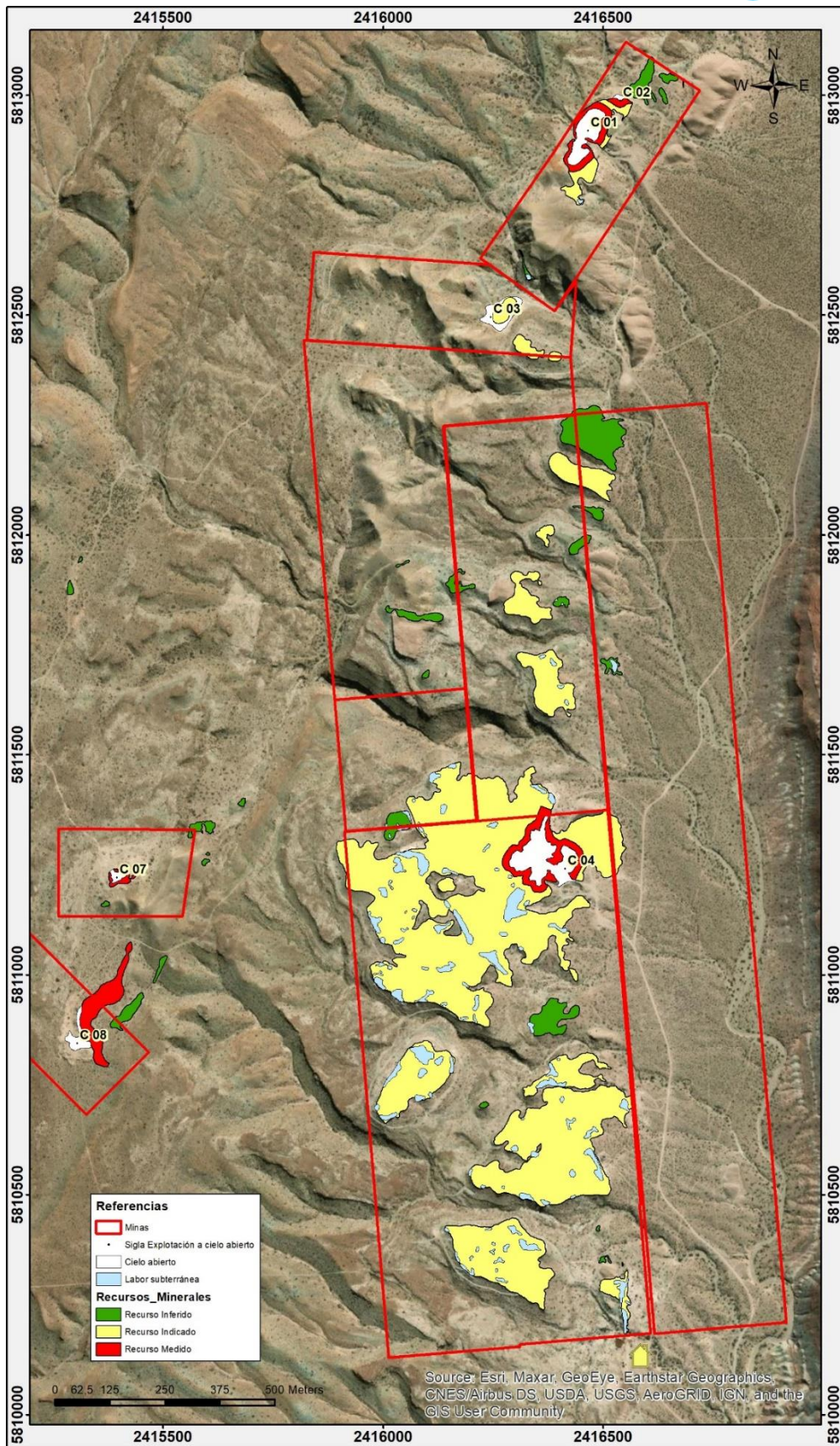


Figura 52: Delimitación de Tipos de Recursos de baritina/celestina en el sector centro y noreste del área de estudio.

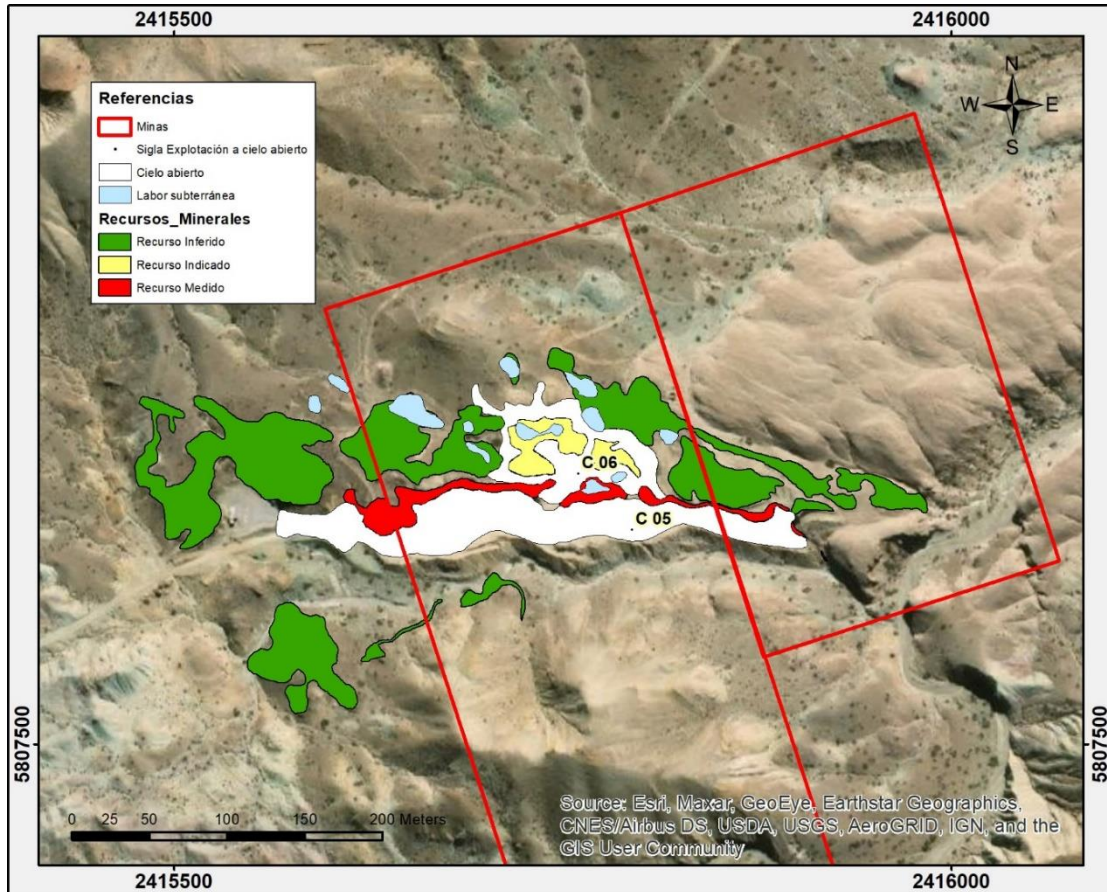


Figura 53: Delimitación de Tipos de Recursos de baritina/celestina en el sector de mina El Emir y El Emir II.

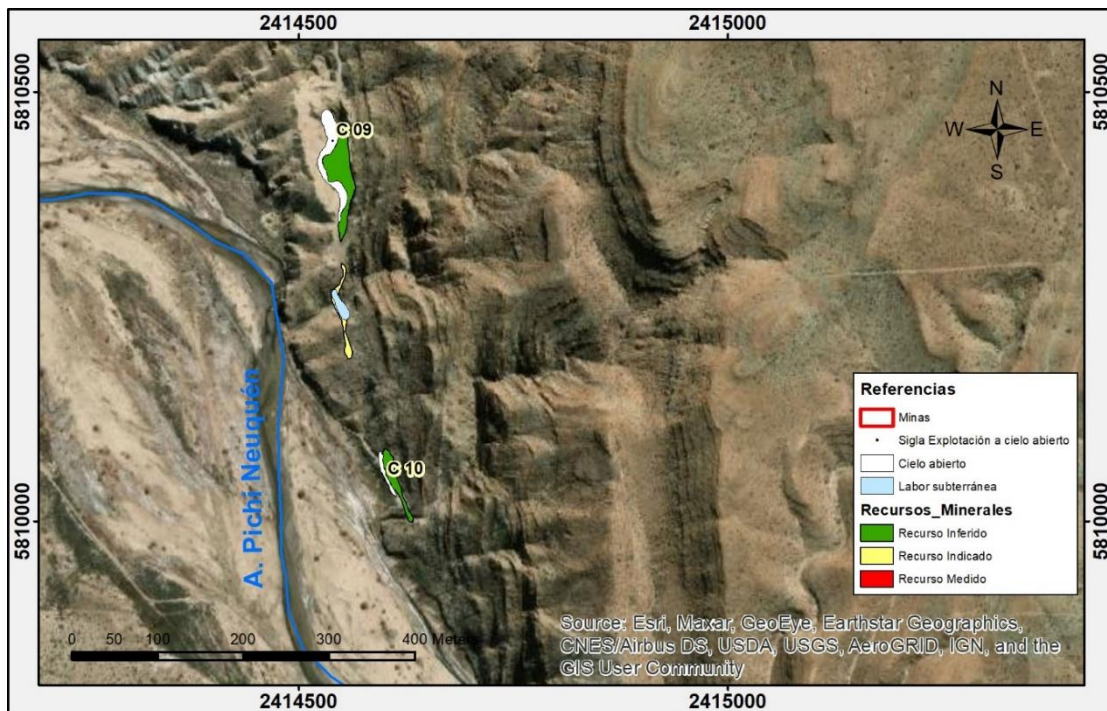


Figura 54: Delimitación de Tipos de Recursos de baritina/celestina en el sector centro-occidental del área de estudio.

Tabla XXIV: Tipos de Recursos minerales de celestina/baritina delimitados en el área de estudio. Cálculos.

Tipo de Recurso	Área	Explotación a cielo abierto	Superficie (m2)	Muestra Nº	Densidad Promedio (gr/cm3)	Espesor mineralizado (m)	Espesor caliza Estéril (m)	Espesor caliza Total (m)	Volumen Mineralizado (m3)	Volumen Caliza Estéril (m3)	Volumen Caliza Total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
Medido	A04, A05	Santa Elena	5.202,0	15837-38-48	3,81	2,54	2,71	5,25	13.213,08	14.097,42	27.310,50	50.374,87	35.243,55	85.618,42	58,84
Indicado	A04, A05	Santa Elena	4.844,0	15837-38-48	3,81	2,54	2,71	5,25	12.303,76	13.127,24	25.431,00	46.908,09	32.818,10	79.726,19	58,84
Medido	A24	Cecilia	8.895,0	15824-25-26-27-28-34-35-36-49	3,88	2,38	2,09	4,47	21.165,06	18.565,94	39.731,00	82.049,88	46.414,85	128.464,73	63,87
Indicado	A23, A24	Cecilia	179.484,0	15824-25-26-27-28-34-35-36-49-51-52	3,84	2,38	2,09	4,47	427.070,21	374.624,99	801.695,20	1.639.949,62	936.562,47	2.576.512,08	63,65
Medido	A42, A43	Magistral	841,0	15844	3,89	0,70	0,80	1,50	588,70	672,80	1.261,50	2.290,04	1.682,00	3.972,04	57,65
Medido	A45	Alondra	8.796,0	15823	3,74	1,00	1,00	2,00	8.796,00	8.796,00	17.592,00	32.897,04	21.990,00	54.887,04	59,94
Medido	A51, A53, A54, A55	El Emir I y II (Caliza inferior)	2.177,3	15820-21	3,83	1,60	2,20	3,80	3.483,68	4.790,06	8.273,74	13.342,49	11.975,15	25.317,64	52,70
Indicado	A58, A60	El Emir I y II (Caliza superior)	1.564,0	15822	3,81	0,97	1,40	2,37	1.517,08	2.189,60	3.706,68	5.780,07	5.474,00	11.254,07	51,36
Inferido	A57, A59, A61, A62	El Emir I y II (Caliza superior)	8.311,0	15822	3,81	0,97	1,40	2,37	8.061,67	11.635,40	19.697,07	30.714,96	29.088,50	59.803,46	51,36
Indicado	A49	Flanco W	658,0	15819	4,12	1,14	1,84	2,98	750,12	1.210,72	1.960,84	3.090,49	3.026,80	6.117,29	50,52
Inferido	A48, A50	Flanco W	2.628,0	15819	4,12	1,14	1,84	2,98	2.995,92	4.835,52	7.831,44	12.343,19	12.088,80	24.431,99	50,52

Tipo de Recurso	Área	Explotación a cielo abierto	Superficie (m2)	Muestra Nº	Densidad Promedio (gr/cm3)	Espesor mineralizado (m)	Espesor caliza Estéril (m)	Espesor caliza Total (m)	Volumen Mineralizado (m3)	Volumen Caliza Estéril (m3)	Volumen Caliza Total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
Indicado	A07	-	1.959,0	15842	3,94	2,00	2,00	4,00	3.918,00	3.918,00	7.836,00	15.436,92	9.795,00	25.231,92	61,18
Indicado	A08	-	2.006,0	15843	3,83	1,06	0,64	1,70	2.118,34	1.291,86	3.410,20	8.113,23	3.229,66	11.342,89	71,53
Indicado	A14	-	7.336,0	15845	3,86	2,50	1,00	3,50	18.340,00	7.336,00	25.676,00	70.792,40	18.340,00	89.132,40	79,42
Indicado	A17	-	1.107,0	15840	3,75	1,00	0,50	1,50	1.107,00	553,50	1.660,50	4.151,25	1.383,75	5.535,00	75,00
Indicado	A18	-	6.418,0	15841	3,80	1,20	0,80	2,00	7.701,60	5.134,40	12.836,00	29.266,08	12.836,00	42.102,08	69,51
Indicado	A20	-	10.789,0	15839	3,76	1,47	1,53	3,00	15.850,34	16.516,66	32.367,00	59.597,26	41.291,66	100.888,92	59,07
Indicado	A26	-	17.340,0	15829-30	3,87	1,78	1,72	3,50	30.823,58	29.866,42	60.690,00	119.133,15	74.666,04	193.799,19	61,47
Indicado	A27	-	8.016,0	15831	3,93	2,20	3,30	5,50	17.635,20	26.452,80	44.088,00	69.306,34	66.132,00	135.438,34	51,17
Indicado	A29	-	57.917,0	15846-50-53	3,89	4,50	1,50	6,00	260.626,50	86.875,50	347.502,00	1.013.837,09	217.188,75	1.231.025,84	81,84
Indicado	A30	-	28.205,0	15832-33-54	3,83	1,81	1,94	3,75	50.943,87	54.824,88	105.768,75	195.115,03	137.062,20	332.177,22	58,20
Indicado	A34	-	3.665,0	15847	3,82	2,16	2,84	5,00	7.900,46	10.424,54	18.325,00	30.179,75	26.061,36	56.241,10	53,66
Indicado	A68	-	543,0	15843	3,83	0,16	0,44	0,60	86,88	238,92	325,80	332,75	597,30	930,05	35,78
Inferido	A01	-	613,0	[*]	3,83	0,32	0,68	1,00	196,16	416,84	613,00	751,29	1.042,10	1.793,39	41,89
Inferido	A02	-	364,0	[*]	3,83	0,16	0,34	0,50	58,24	123,76	182,00	223,06	309,40	532,46	41,89
Inferido	A03	-	2.636,0	[*]	3,83	0,64	0,86	1,50	1.687,04	2.266,96	3.954,00	6.461,36	5.667,40	12.128,76	53,13
Inferido	A06	-	406,0	[*]	3,83	1,44	2,56	4,00	584,64	1.039,36	1.624,00	2.239,17	2.598,40	4.837,57	46,18
Inferido	A09	-	143,0	[*]	3,83	0,24	0,76	1,00	34,32	108,68	143,00	131,45	271,70	403,15	32,55
Inferido	A10	-	1.821,0	[*]	3,83	0,24	2,76	3,00	437,04	5.025,96	5.463,00	1.673,86	12.564,90	14.238,76	11,75
Inferido	A11	-	204,0	[*]	3,83	0,16	0,84	1,00	32,64	171,36	204,00	125,01	428,40	553,41	22,56
Inferido	A12	-	1.312,0	[*]	3,83	0,48	1,02	1,50	629,76	1.338,24	1.968,00	2.411,98	3.345,60	5.757,58	41,80
Inferido	A13	-	12.741,0	[*]	3,83	0,36	1,14	1,50	4.586,76	14.524,74	19.111,50	17.567,29	36.311,85	53.879,14	32,55
Inferido	A15	-	923,0	[*]	3,83	0,20	0,80	1,00	184,60	738,40	923,00	707,02	1.846,00	2.553,02	27,65
Inferido	A16	-	1.085,0	[*]	3,83	0,96	2,04	3,00	1.041,60	2.213,40	3.255,00	3.989,33	5.533,50	9.522,83	41,80
Inferido	A19	-	610,0	[*]	3,83	0,36	1,14	1,50	219,60	695,40	915,00	841,07	1.738,50	2.579,57	32,55
Inferido	A21	-	1.018,0	[*]	3,83	0,80	1,20	2,00	814,40	1.221,60	2.036,00	3.119,15	3.054,00	6.173,15	50,39
Inferido	A22	-	2.627,0	[*]	3,83	1,60	3,40	5,00	4.203,20	8.931,80	13.135,00	16.098,26	22.329,50	38.427,76	41,80
Inferido	A25	-	5.607,0	[*]	3,83	0,88	1,62	2,50	4.934,16	9.083,34	14.017,50	18.897,83	22.708,35	41.606,18	45,31
Inferido	A28	-	213,0	[*]	3,83	0,36	1,14	1,50	76,68	242,82	319,50	293,68	607,05	900,73	32,55
Inferido	A31	-	72,2	[*]	3,83	0,48	1,02	1,50	34,66	73,64	108,30	132,73	184,11	316,84	41,80
Inferido	A32	-	234,0	[*]	3,83	0,36	1,14	1,50	84,24	266,76	351,00	322,64	666,90	989,54	32,55
Inferido	A33	-	13,3	[*]	3,83	0,16	0,64	0,80	2,13	8,51	10,64	8,15	21,28	29,43	27,65

Tipo de Recurso	Área	Explotación a cielo abierto	Superficie (m2)	Muestra Nº	Densidad Promedio (gr/cm3)	Espesor mineralizado (m)	Espesor caliza Estéril (m)	Espesor caliza Total (m)	Volumen Mineralizado (m3)	Volumen Caliza Estéril (m3)	Volumen Caliza Total (m3)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO4]
Inferido	A35	-	31,3	[*]	3,83	0,16	0,34	0,50	5,01	10,64	15,65	19,18	26,61	45,79	41,80
Inferido	A36	-	74,9	[*]	3,83	0,03	0,37	0,40	2,40	27,56	29,96	9,18	68,91	78,09	11,75
Inferido	A37	-	330,0	[*]	3,83	0,17	0,53	0,70	55,44	175,56	231,00	212,34	438,90	651,24	32,55
Inferido	A38	-	207,0	[*]	3,83	1,04	1,46	2,50	215,28	302,22	517,50	824,52	755,55	1.580,07	52,04
Inferido	A39	-	1.157,0	[*]	3,83	1,28	2,22	3,50	1.480,96	2.568,54	4.049,50	5.672,08	6.421,35	12.093,43	46,79
Inferido	A40	-	37,9	[*]	3,83	0,56	1,14	1,70	21,22	43,21	64,43	81,29	108,02	189,30	42,84
Inferido	A41	-	167,0	[*]	3,83	0,76	1,14	1,90	126,92	190,38	317,30	486,10	475,95	962,05	50,39
Inferido	A44	-	170,0	[*]	3,83	0,24	1,46	1,70	40,80	248,20	289,00	156,26	620,50	776,76	20,10
Inferido	A46	-	522,0	[*]	3,83	0,88	1,62	2,50	459,36	845,64	1.305,00	1.759,35	2.114,10	3.873,45	45,31
Inferido	A47	-	2.047,0	[*]	3,83	0,96	1,24	2,20	1.965,12	2.538,28	4.503,40	7.526,41	6.345,70	13.872,11	54,10
Inferido	A52	-	146,0	[*]	3,83	0,60	1,90	2,50	87,60	277,40	365,00	335,51	693,50	1.029,01	32,55
Inferido	A56	-	5.724,0	[*]	3,83	0,48	1,32	1,80	2.747,52	7.555,68	10.303,20	10.523,00	18.889,20	29.412,20	35,71
Inferido	A63	-	706,0	[*]	3,83	0,72	2,28	3,00	508,32	1.609,68	2.118,00	1.946,87	4.024,20	5.971,07	32,55
Inferido	A64	-	304,0	[*]	3,83	0,36	0,84	1,20	109,44	255,36	364,80	419,16	638,40	1.057,56	39,55
Inferido	A65	-	201,0	[*]	3,83	0,24	1,26	1,50	48,24	253,26	301,50	184,76	633,15	817,91	22,56
Inferido	A66	-	2.453,0	[*]	3,83	0,24	2,76	3,00	588,72	6.770,28	7.359,00	2.254,80	16.925,70	19.180,50	11,75
Inferido	A67	-	5,5	[*]	3,83	0,20	0,30	0,50	1,09	1,64	2,73	4,17	4,09	8,26	50,39

[*] A la caliza mineralizada sin muestreo se le aplicó una densidad = 3,83 gr/cm3. Este valor surge del promedio de los resultados del muestreo.

[**] A la caliza estéril se le aplicó una densidad = 2,50 gr/cm3. Este es el valor correspondiente a una caliza estándar.

Tabla XXV: Valores promedio y totales de los Tipos de Recursos minerales de celestina/baritina delimitados en el área de estudio.

Tipo de Recurso	Superficie Total (m2)	Densidad Promedio (gr/cm3) [*]	Espesor promedio mineralizado (m)	Espesor promedio caliza Estéril (m)	Espesor promedio caliza Total (m)	Volumen total Mineralizado (m3)	Volumen total Caliza Estéril (m3)	Volumen total Caliza Total (m3)	Peso total Mineralizado (Tn)	Peso Calizatotal Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza total Total (Tn)	Ley % promedio [(Ba,Sr)SO4]
Medido	25.911,30	3,83	1,64	1,76	3,40	47.246,52	46.922,22	94.168,74	180.954,33	117.305,55	298.259,88	58,60
Indicado	331.851,00	3,86	1,80	1,64	3,44	858.692,94	634.586,03	1.493.278,97	3.310.989,51	1.586.465,08	4.897.454,59	61,39
Inferido	57.865,05	3,84	0,56	1,33	1,89	39.362,89	88.636,02	127.998,92	151.467,46	221.590,06	373.057,52	37,45

[*] A la caliza mineralizada sin muestreo se le aplicó una densidad = 3,83 gr/cm3. Este valor surge del promedio de los resultados del muestreo.

[**] A la caliza estéril se le aplicó una densidad = 2,50 gr/cm3. Este es el valor correspondiente a una caliza estándar.

CONCLUSIONES

Durante el relevamiento geológico del área de estudio se identificaron las unidades litoestratigráficas presentes y estructuras asociadas mediante el levantamiento de columnas litoestratigráficas y transectas geológico-estructurales. En paralelo se reconocieron las áreas y litologías mineralizadas, tipos de emplazamiento y las áreas de explotación actuales y antiguas. Además, se realizó un muestreo representativo de la mineralización de celestina/baritina. Del conjunto, pudo realizarse un mapa geológico, estructural y minero integral (Anexo 1: "Mapa Geológico"), a escala 1:5.000, y diversos mapas temáticos.

En el área de estudio pudo reconocerse que la mineralización de baritina/celestina, y sus variantes de celesto-baritina y barito-celestina, se presenta en dos modos de emplazamiento. En el sector occidental se encuentra un área muy limitada donde la mineralización es de tipo vetiforme y corta discordantemente a la Fm. Agrio. Sin embargo, como se verá más adelante, actualmente carece interés minero. El segundo tipo de depósito reconocido, en el que se basa este trabajo, corresponde a la mineralización de celestina/baritina asociada a la caliza basal del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín), es decir, un depósito de tipo mantiforme o estratoligado.

Existe una notoria relación entre la estructura que afecta a la región y la mineralización y/o la calidad de la concentración del mineral. El área de estudio pudo dividirse en tres sectores morfoestructurales. El sector suroccidental carece de interés minero. El extremo sur y sureste, donde se encuentran las minas El Emir I y II, presenta una melange tectónica con interferencia de varios eventos compresivos. Aquí, las minas mencionadas se encuentran emplazadas sobre el extremo sur de la nariz de la gran estructura anticlinal que domina a la región y presentan dos niveles de calizas mineralizadas.

La tercera región, conocida como Grupo Continental, es la más importante y se ubica en el centro y este del área de estudio. Está compuesta por una gran estructura anticlinal con nariz buzante hacia el sur, cuyo núcleo está compuesto por la Fm. Agrio. En su extremo occidental y suroccidental está limitado por un fallamiento inverso regional, con vergencia al oeste, de orientación NNO. Allí tiene asociado un pliegue por propagación en falla, paralelo, donde se emplazan las 14 vetas con mineralización de baritina/celestina.

En el sector Este de esta región es donde afloran, en una franja N-S, las secuencias sedimentarias de los Mbs. Troncoso inferior y superior (Fm. Huitrín). En la parte basal de este último se encuentran las calizas con depósitos estratoligados de baritina/celestina. En general, se trata de una secuencia homoclinal que buza 10-15° al E. El sector sur está afectado por un retrocorrimiento, con vergencia al oeste, que pone en contacto tectónico

al Mb. Salina y a la Fm. Rayoso inferior, al este, con el yeso del Mb. Troncoso inferior, al oeste. Aquí no están presentes las calizas mineralizadas.

Dicha estructura desaparece hacia el norte por erosión, precisamente al traspasar el Puesto de Arriagada. Desde este último punto y hacia el norte afloran, y prevalecen sobre el yeso, las calizas mineralizadas, alcanzando su mayor expresión sobre Mina Cecilia. En este sector se destaca una estructura de pliegue por propagación en falla, en este caso con vergencia al este, que se va curvando hacia el noroeste. Sobre este lineamiento curvo se ha desarrollado la mayor cantidad de labores mineras artesanales en busca de la “barita extra” o la baritina de mayor densidad. Cabe aclarar que este extenso pliegue por propagación en falla también se extiende hacia el sur, pero solo afectando al yeso.

Otro aspecto relevante de la estructuración del área se evidencia en el sector centro y norte de la estructura anticlinal principal (ANEXO 1: “Mapa Geológico”). Se trata de un sistema de fracturación con orientación marcadamente NE-SO. Se destaca una falla inversa regional, con vergencia al oeste, que afecta diagonalmente a toda la estructura principal en su zona central. Al oeste y noreste de esta se desarrollan otras fallas inversas y fracturas subordinadas.

Gran parte de estas fallas afectan solo a la Fm. Agrio como consecuencia de la denudación y erosión del núcleo del anticlinal. Sin embargo, en el bloque bajo de las fallas inversas del sector más oriental también se conservan las secuencias de la Fm. Huitrín afectadas por éstas. Por esta razón, en el margen occidental de la falla inversa regional se conservan los afloramientos de calizas mineralizadas y yeso del Mb. Troncoso inferior, afectados por esta estructura. De hecho, puede observarse que las propiedades mineras Sata Elena, Tres Hermanos, Danielito I, Magistral y Alondra se encuentran ubicadas en el margen occidental del rumbo de esta estructura regional (ANEXO 1: Mapa Geológico). En la zona de la Mina Santa Elena ésta falla inversa regional afecta a la Fm. Huitrín (fig. 10). Pone en contacto tectónico a las areniscas del Mb. Troncoso inferior con las calizas mineralizadas del Mb. Troncoso superior. Allí se evidencia una concentración de la mineralización y se desarrolló una labor a cielo abierto.

Durante el relevamiento geofísico se utilizaron dos variantes de los métodos geoelectrónicos: los Sondeos eléctricos verticales (SEV), mediante el método tetrapolar simétrico de Schlumberger, y las Calicatas eléctricas (CE), aplicando la configuración electródica fija de Wenner. Por medio de la interpretación de los datos geofísicos relevados se desarrollaron Perfiles verticales de Resistividad. Por un lado, se pudieron realizar 3 perfiles eléctricos a partir de 9 Sondeos eléctricos verticales (SEV), agrupados de a 3. Por otro lado, se realizaron 5 perfiles eléctricos a partir de la misma cantidad de Calicatas eléctricas (CE), con tres medidas por estación.

El primer método (SEV) entrega resultados en una dimensión, tal como lo haría una perforación vertical. Son datos puntuales a diferentes profundidades. Cada uno de los SEV's se ubica en áreas geológicamente diferentes y con marcadas diferencias topográficas entre ambos extremos. En algunos casos no existe evidente similitud entre los sondeos, dando una variabilidad de capas más resistivas y/o más conductoras sin una relación evidente. Por este motivo no fueron considerados para realizar correlaciones con la geología local.

El segundo método (CE) evalúa las variaciones de resistividad en el rumbo de la traza de la calicata, a 2 o 3 profundidades diferentes, con una separación entre estaciones de 25 metros aproximadamente. Hay un pasaje gradual de la topografía y una relación lateral de las unidades litológicas entre cada estación. Por tal motivo, fueron consideradas para tratar de establecer una relación entre la información geológica de superficie y los datos geoelectricos de subsuelo. Con tal fin, se realizaron 5 transectas geológico-estructurales, con sus perfiles geológico-topográficos asociados, sobre las trazas afectadas al área de medición de las calicatas eléctricas.

Del conjunto pudo observarse que existe un contraste de los valores de resistividad entre las calizas mineralizadas/yeso del Miembro Troncoso superior y el resto de las unidades geológicas situadas en el área de estudio. Ambas litologías se manifiestan comparativamente mucho más resistivas que las areniscas, limolitas, arcilitas y calizas de las demás unidades presentes. Sin embargo, dentro del Miembro Troncoso superior y con los datos actuales, no fue posible discriminar si existe un contraste evidente entre los valores de resistividad de las calizas mineralizadas y el yeso. Será necesario realizar un trabajo más detallado, enfocado en el análisis de la respuesta geoelectrica de cada litología en particular.

Ambas litologías, calizas mineralizadas y yeso, están genética y estratigráficamente asociadas. Las calizas con reemplazo de baritina/celestina infrayacen al yeso sedimentario. Este modo de emplazamiento sucesivo es poco frecuente de ver en los afloramientos, por lo general aflora solo una de las unidades y se pone en contacto lateralmente con la otra, generalmente en asociación con algún tipo de estructura de deformación o lineamiento. Por tales motivos, en el trabajo actual se las considera como un conjunto que contrasta en su respuesta eléctrica con el resto de las unidades presentes, como son la Fm. Agrio, Mb. Troncoso inferior, Mbs. La Tosca y Salina y la Fm. Rayoso.

El muestreo de mineralización de baritina-celestina se realizó teniendo en cuenta no solo la distribución areal sino también los sectores mineralizados más representativos del área de estudio. Se recolectaron 35 muestras, de 5kgs. c/u, destinadas a estudios de densidad real y análisis químico por Espectroscopía de Fluorescencia de Rx. Además, se recolectaron 2 muestras, de 50 kgs. c/u, destinadas a ensayos de caracterización y concentración de baritinas.

Se realizó una integración de los resultados (Tabla XV) donde se expresó, para cada muestra, los valores de densidad real y los valores porcentuales de los óxidos mayoritarios presentes y de interés.

A partir de un primer análisis realizado de estos porcentajes, surge claramente (Tabla XV y XVI) un marcado predominio del estroncio (Sr) respecto del contenido de bario (Ba) y calcio (Ca), para la mayoría de las muestras analizadas. Esto permite inferir que se puede esperar una mayor proporción de celestina respecto a baritina y anhidrita/yeso en las áreas muestreadas.

Si, además, se clasifican los valores de estos óxidos, en rangos de valores, es posible hacer un mapa temático de distribución de los tenores de BaO y SrO (fig. 44). En este mapa pudo observarse un predominio de SrO en las áreas de las Minas Cecilia, Magistral y Tres Hermanos, mientras que en las minas Danielito y Santa Elena predomina la BaO.

También se analizaron diferentes tipos de relaciones entre los óxidos de interés. Para el caso de la relación $R1=BaO/SrO$ se observa que de las 35 muestras analizadas solo 6 presentan un predominio del BaO respecto al SrO. Para el caso de la relación porcentual $R2=BaO/(BaO+SrO)*100$ se observa también que de las 35 muestras analizadas solo 6 presentan un predominio del BaO respecto a la suma del BaO y SrO. Por último, si se analiza la relación porcentual $R3=(BaO+SO3)/(BaO+SrO+SO3)*100$ se observa que de las 35 muestras analizadas solo 15 presentan un predominio del BaO y SO₃ respecto a la suma del BaO, SrO y SO₃. Esto significa que solo el 42,86% corresponde a los óxidos de bario y azufre asociado. En consecuencia, y dicho de otra manera, puede inferirse que existe un predominio de celestina (57,14%) respecto de la baritina (42,86%). Esta predominancia de la celestina respecto de la baritina también se observa en los afloramientos y labores.

Durante los Ensayos de Caracterización se realizó un Análisis de Difracción de rayos X (Rx) y pudieron detectarse los minerales celestina, baritina y calcita. En el terreno también se manifiesta, en menor proporción, anhidrita/yeso, calcita y óxidos de hierro y manganeso.

Para el proceso de Concentración, las muestras fueron homogenizadas y cuarteadas, una fracción de cada muestra se sometió a molienda selectiva y tamizado para obtener la fracción #60/100 de la serie de tamices ASTM donde se observó el mayor grado de liberación. A los productos obtenidos del concentrado se le realizaron los análisis químicos, antes mencionados, y de densidad real.

En el caso particular de las muestras N° 15848 (labor a cielo abierto Mina Santa Elena) y N° 15849 (labor a cielo abierto Mina Cecilia) se determinó una densidad real en el ensayo de Caracterización y otra, posteriormente, a partir del producto obtenido en el proceso de Concentración. Como resultante, puede observarse que tras el proceso de Concentración la muestra de la Mina Cecilia sufre un incremento de su densidad real del 6,79% (de 3,68 a 3,93

gr/cm³), mientras que en el caso de la Mina Santa Elena solo se incrementa el 1,57% (de 3,82 a 3,88 gr/cm³).

Como el muestreo realizado en las calizas mineralizadas mantiformes (estratoligadas) del área de estudio fue lo más representativo posible, y con gran distribución areal, se pudo establecer un valor promedio de la densidad de la mineralización de baritina/celestina de "3,83 g/cm³". Este valor promedio se utilizó en diferentes cálculos.

También fue posible representar gráficamente la distribución de las densidades en el área de estudio (fig. 47). De allí surge que la región con los rangos más altos de densidades se encuentran el área de mina Cecilia y mina Tres Hermanos. Paradójicamente, en estas dos áreas prevalece la celestina sobre la baritina.

En el área de estudio, se realizó un relevamiento y delimitación de las calizas mineralizadas (figs. 48, 49 y 50), portadoras de depósitos estratoligados de baritina/celestina. Las mismas corresponden a la parte basal del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). En total, se determinaron 68 áreas con estos mantos mineralizados, que cubren una superficie total de 415.627,35 m². Aproximadamente el 67% de la superficie de estas calizas mineralizadas se encuentran en la propiedad minera Cecilia.

Por otro lado, en el sector centro-suroccidental del área de trabajo se identificaron 14 vetas, verticales a subverticales, cortando discordantemente a la Fm. Agrio, con mineralización principalmente de baritina y celestina, con menor proporción de calcita, yeso, cuarzo, aragonita, óxidos de hierro y manganeso. Presentan una orientación marcadamente N-S, longitudes entre 25 y 90 metros y los espesores oscilan entre 0,20 y 1,20 metros. En general con labores superficiales, artesanales y menores. En los cálculos no se consideraron las mineralizaciones vetiformes de baritina/celestina debido a su modo de emplazamiento, manifestación muy restringida y, principalmente, porque han sido casi totalmente explotadas y no tienen pedimentos actuales. La Muestra N° 15818 corresponde a una de estas vetas, con valor muy bajo de densidad (3,18 g/cm³).

Respecto a las mineralizaciones de baritina/celestina de tipo mantiforme (estratoligadas) que están relacionadas a las calizas del Mb. Troncoso superior (Fm. Huitrín), pudieron determinarse, para cada una de las 68 áreas definidas (Tabla XXI), sus densidades, superficies, espesores de la caliza total y de la mineralización, como así también sus volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales. Estos mismos parámetros también se determinaron para todo el conjunto, como se muestra a continuación:

Área	Superficie (m ²)	Densidad (gr/cm ³)	Espesor mineralizado (m)	Espesor caliza Estéril (m)	Espesor caliza Total (m)	Volumen Mineralizado (m ³)	Volumen Caliza Estéril (m ³)	Volumen Caliza Total (m ³)	Peso Mineralizado (Tn)	Peso Caliza Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza Total (Tn)	Ley % [(Ba,Sr)SO ₄]
Total =	Total (m²) =	Promedio (gr/cm³) =	Promedio (m) =	Promedio (m) =	Promedio (m) =	Total (m³) =	Total (m³) =	Total (m³) =	Total (Tn) =	Total (Tn) =	Total (Tn) =	Promedio % [(Ba,Sr)SO₄] =
68	415.627,35	3,83	0,99	1,49	2,48	944.520,32	772.789,46	1.717.309,78	3.640.865,67	1.931.973,64	5.572.839,31	46,04

[*] A la caliza mineralizada sin muestreo se le aplicó una densidad = 3,83 gr/cm³. Este valor surge del promedio de los resultados del muestreo.

[**] A la caliza estéril se le aplicó una densidad = 2,50 gr/cm³. Este es el valor correspondiente a una caliza estándar.

Durante las tareas de campo, también se realizó un reconocimiento y delimitación las áreas de explotación de las calizas mineralizadas (figs. 48, 49 y 50), tales como labores a cielo abierto, laboreos menores y artesanales, superficiales y/o subterráneos.

Se identificaron, al menos, 117 labores artesanales y menores diferentes en los mantos de calizas mineralizadas del Mb. Troncoso inferior (Fm. Huitrín). Debido a su complejidad, variabilidad y gran distribución areal, en el presente trabajo no se hizo un relevamiento detallado de estas labores. Sin embargo, contienen recursos suficientes para una explotación a mayor escala, dependiendo de los requerimientos vigentes de calidad. También se reconocieron 14 labores (fig. 49) sobre depósitos vetiformes de baritina/celestina que cortan discordantemente a la Fm. Agrio, en el flanco occidental del área de estudio. Estas han sido explotadas en gran parte y carecen de potencial y pedimentos mineros. En conjunto, estas labores menores y artesanales abarcan una superficie total de 37.396 m² (Tabla XXII).

Por otro lado, se relevaron las 10 labores a cielo abierto (figs. 48, 49 y 50), activas y no activas, presentes en el área. Cubren una superficie total de 33.295 m², distribuidas en distintas propiedades mineras (Tabla XXII). En cada una de las labores a cielo abierto, además de la superficie explotada, se pudo determinar el espesor promedio de la caliza mineralizada y de la mineralización (Tabla XXIII). También se estableció una densidad promedio, en cada labor a cielo abierto, a partir de los resultados de las muestras afectadas (Tabla XXIII). En función de esto, pudieron estimarse los volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales en peso del recurso extraído en cada labor a cielo abierto y en su totalidad (Tabla XXIII).

En conclusión, el volumen total de la caliza mineralizada extraída en labores a cielo abierto, en toda el área relevada, es de 130.843,72 m³ y el volumen total de mineral (celestina/baritina) extraído es de 63.030,73 m³. El tonelaje correspondiente para dichos volúmenes de caliza mineralizada extraída es de 411.294,40 Tn y el peso del volumen total de mineral (celestina/baritina) extraído es de 241.761,91 Tn. Esto significa que, del volumen total de caliza mineralizada extraída, el 58,78 % en peso corresponde a mineralización de celestina/baritina.

A partir del análisis de los datos obtenidos del relevamiento geológico y minero, los resultados de las muestras analizadas y conforme a la clasificación de Recursos Minerales

del Código JORC, en el área de estudio pudieron definirse y delimitarse Recursos Inferidos, Indicados y Medidos (figs. 52, 53 y 54).

Mediante cálculos, se pudieron determinar espesores, superficies, volúmenes, tonelajes y leyes porcentuales parciales y totales de los diferentes tipos de recursos de baritina/celestina, involucrados en las diferentes áreas (Tablas XXIV) de calizas mineralizadas (estratoligadas). A continuación se resumen los valores promedio y totales de los Tipos de Recursos minerales de celestina/baritina delimitados en el área de estudio:

Tipo de Recurso	Superficie Total (m ²)	Densidad Promedio (gr/cm ³) [*]	Espesor promedio mineralizado (m)	Espesor promedio caliza Estéril (m)	Espesor promedio caliza Total (m)	Volumen total Mineralizado (m ³)	Volumen total Caliza Estéril (m ³)	Volumen total Caliza Total (m ³)	Peso total Mineralizado (Tn)	Peso Calizatotal Estéril (Tn) [**]	Peso Caliza total Total (Tn)	Ley % promedio [(Ba,Sr)SO ₄]
Medido	25.911,30	3,83	1,64	1,76	3,40	47.246,52	46.922,22	94.168,74	180.954,33	117.305,55	298.259,88	58,60
Indicado	331.851,00	3,86	1,80	1,64	3,44	858.692,94	634.586,03	1.493.278,97	3.310.989,51	1.586.465,08	4.897.454,59	61,39
Inferido	57.865,05	3,84	0,56	1,33	1,89	39.362,89	88.636,02	127.998,92	151.467,46	221.590,06	373.057,52	37,45

[*] A la caliza mineralizada sin muestreo se le aplicó una densidad = 3,83 gr/cm³. Este valor surge del promedio de los resultados del muestreo.

[**] A la caliza estéril se le aplicó una densidad = 2,50 gr/cm³. Este es el valor correspondiente a una caliza estándar.

CONSIDERACIONES FINALES

Mediante el uso de métodos geoelectrónicos, específicamente la medición de calicatas eléctricas, pudo observarse que existe un contraste de los valores de resistividad entre las calizas mineralizadas/yeso del Miembro Troncoso superior (comparativamente más elevados) y el resto de las unidades geológicas situadas en el área de estudio. Sin embargo, dentro del Miembro Troncoso superior y con los datos actuales, no fue posible discriminar si existe un contraste evidente entre los valores de resistividad de las calizas mineralizadas y el yeso. Será necesario realizar un trabajo más detallado, enfocado en el análisis de la respuesta geoelectrónica de cada litología en particular.

Para el proceso de Concentración realizado en el laboratorio, las muestras fueron homogenizadas y cuarteadas, una fracción se sometió a molienda selectiva y tamizado para obtener la fracción #60/100 de la serie de tamices ASTM, donde se observó el mayor grado de liberación. A los productos obtenidos del concentrado se le realizaron los análisis químicos y de densidad real. Tras el proceso de Concentración la muestra de la Mina Cecilia sufrió un incremento de su densidad real del 6,79%, mientras que en el caso de la Mina Santa Elena solo se incrementa el 1,57%.

En la industria petrolera se contempla hasta la fracción retenida por la malla #200 de la serie de tamices ASTM. Por lo tanto, si se considerara las fracciones retenidas entre las mallas #60 y 200 es posible que se incremente la concentración de baritina y aumente notoriamente el valor de 6,79% de incremento de la densidad.

En la actualidad, en la industria petrolera se demanda una densidad de la baritina de 3,90-4,10 gr/cm³ para abastecer los pozos del denominado yacimiento de Vaca Muerta. En el área de estudio se estimó un valor promedio de densidad de 3,83 gr/cm³. Este valor podría mejorarse, como se mencionara anteriormente, si se utiliza hasta la malla ASTM #200 en el proceso de concentración. O incluso puede utilizarse en procesos de dilución de baritinas más densas de otro origen.

Por otro lado, no debe descartarse la utilización del mineral para otras industrias, como la farmacéutica y de las pinturas.

La Cuenca Neuquina presenta numerosos depósitos de Bario y Estroncio hospedados en la Formación Huitrín (Barremiano-Albiano, Cretácico inferior). Estas mineralizaciones están distribuidas a lo largo de una faja de orientación N-S, cercanas al meridiano 70°, entre las localidades de Zapala y Chos Malal, provincia del Neuquén. Entre los distritos y depósitos más importantes se destacan Bajada del Agrio, Cordillera del Salado, Sierra de Chorraica y Balsa Huitrín, entre otros.

La realización de estudios similares al presente en estos yacimientos de baritina/celestina puede aportar nueva información. Determinar su aptitud para el aprovechamiento en la industria petrolera y para abastecer la demanda de los pozos del área de Vaca Muerta. Además de aportar al conocimiento geológico minero de estos distritos productores de baritina, permitiendo definir con mayor precisión los recursos mineros a nivel provincial.

AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue financiada por el Consejo Federal de Inversiones (CFI), Área de Recursos Naturales y Ambiente, Expediente GDE: EX-2024-00088502- -CFI-GES#DC. Se contó con el apoyo de la Dirección Provincial de Minería, Zapala, dependiente de la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén. Se agradece particularmente el apoyo en las tareas de campo de los señores: Guillermo Rebolledo (Chos Malal) y a Mario Marcelo Pallotto, Fabián Badilla, Ricardo Pereyra, Ricardo Marquina y Nelson Urquia (Técnicos de la D.P.M. Zapala).

También se agradece especialmente a la Familia del Puesto Arriagada, Alfredo y Javier, por su recepción y por los aportes vertidos de su experiencia como mineros artesanales, junto a su padre, desde su niñez y por décadas.

BIBLIOGRAFÍA

Amstutz, G. y Fontboté L. (1982). La posición paragenética de minerales de mena en la secuencia de cristalización diagenética; un método para determinar el tiempo de

formación de yacimientos minerales estratoligados. 5º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas, 5:133-148.

Brodtkorb, M.K., Ramos, V.A. y Ametrano, S. (1975). Los yacimientos estratoligados de celestina -baritina de la Formación Huitrín y su origen evaporítico. Provincia del Neuquén. Argentina. II Congreso Iberoamericano Geología Económica, 2:143-168. Bs As.

de Barrio, R.E. (1999). Los depósitos de celestina (baritina) relacionados a la Formación Huitrín, provincia del Neuquén. En Recursos minerales de la República Argentina (Edit. Zappettini, E.). Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35, II: 1095-1102.

de Barrio, R.E., Etcheverry, R.O. y Risi, D. (1992). Guías de prospección de depósitos celestínico-baríticos cretácicos del noroeste de la provincia de Neuquén. Argentina. 4º Congreso Nacional de Geología Económica: 357-363.

Escobar, R.I., De Barrio, R.E., Etcheverry, R.O., Recio Hernández, C. (2013). Características litoestratigráficas y geoquímicas de los depósitos Celesto-Baríticos del Grupo Continental, provincia del Neuquén. Depósitos minerales y Metalogénesis. Asociación Argentina de Geólogos Economistas. 10º Congreso Argentino De Geología Económica, Actas, pp. 9-25. San Juan.

Fontboté, L. & Amstutz, G.C. (1980). New observations on diagenetic cristallization hythmites in the carbonate facies of the Triassic of the Alpujárrides (Betic Cordillera, Southern Spain). Comparison with other diagenetic rhythmmites. 1st Symposium on Diagenesis, Inst. Inv. Geol. Barcelona, Rev. 34:293-310. Barcelona.

Gutiérrez Pleimling, A. R. (1991). Estratigrafía de la Formación Huitrín: un estudio puntual sobre la ruta nacional nº 40, provincia del Neuquén. Boletín de Informaciones Petroleras. Volumen Septiembre: 85 –100. Buenos Aires.

Hayase, K. y Bengochea, A.L. (1975). Consideraciones sobre la génesis de algunos yacimientos de baritina-celestina; provincia de Neuquén; República Argentina. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, 2: 295-314. Buenos Aires.

Lazo, D.G. y Damborenea, S.E. (2011). Barremian bivalves from the Huitrín Formation westcentral Argentina: Taxonomy and paleoecology of a restricted marine association. Journal of Paleontology, 85(4): 719 743.

Legarreta, L. (1985). "Análisis estratigráfico de la formación Huitrín (cretácico inferior), Provincia de Mendoza". Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Legarreta, L. y Gulisano, C.A. (1989). Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior, Argentina). En: Chebli, G. & Spalletti, L. (eds.) Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, 6, 221–243.

Legarreta, L. y Uliana, M.A. (1991). Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of back arc basin fill, Central Argentine Andes. In: MacDonald, D. I. M. (ed.) Sedimentation, Tectonics and Eustasy – Sea-level Changes at Active Margins. International Association of Sedimentologists, Special Publications, 12, 429–450.

Novillo J.B. y Marquina E. (2017). Protocolo para muestreo lineal en canaleta de minas de baritina-celestina. Neuquén, Argentina. Departamento de Geología. SEGEMAR. 1-12. Inédito.

Ramos, V.A. (1978). Estructura. En: Roller, E.O. (Ed.): Geología y recursos naturales de la Provincia del Neuquén, 7° Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 9-24. Buenos Aires.

Zamora Valcarce, G., Zapata, T., del Pino, D. y Ansa, A. (2006). Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio fold-and-thrust belt. En Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.) Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat), Geological Society of America, Special Paper 407: 125-145.

Zamora Valcarce, G., Zapata, T., Víctor A. Ramos, V. A., Rodríguez, F. y Bernardo, L. M. (2009). Evolución tectónica del Frente Andino en Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 65 (1): 192-203. Buenos Aires.

Zapata, T. R., Córscico, S., Dzelalija, F., y Zamora Valcarce, G. (2002). La faja plegada y corrida del Agrio: Análisis estructural y su relación con los estratos terciarios de la cuenca neuquina, Argentina. 5° Congreso de exploración y desarrollo de Hidrocarburos. Actas electrónicas, Mar del Plata.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa Geológico.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 2: Datos originales (sin tratamiento) de SEVs.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 3: Datos originales (sin tratamiento) de Calicatas Eléctricas.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 4: Protocolo para muestreo lineal en canaleta de minas de baritina-celestina (SEGEMAR)

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 5: Planillas de descripción de muestras.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 6: Resultados de laboratorio (CReUZa) - Análisis cuali-cuantitativos.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 7 - Resultados de laboratorio (CReUZa) - Peso Específico.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 8 - Resultados de laboratorio (INTEMIN-SEGEMAR) - Caracterización de baritina-celestina.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 9 - Resultados de laboratorio (INTEMIN-SEGEMAR) - Concentración de baritina-celestina.

Se presenta como archivo adjunto.

Anexo 10: Código de Australasia para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena (Código JORC).

Se presenta como archivo adjunto.