



Universidad Nacional del Comahue  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Geología y Petróleo

Trabajo final de Licenciatura en Ciencias Geológicas

**Descripción geológica de los sondeos exploratorios de  
la mina de baritina-celestina Barda Klein, Depto.  
Pehuenches, Neuquén**

**Alumno: Sepúlvera, Ariel Osvaldo**  
Leg: ING- 943  
DNI: 27.541.038  
**Director: Lic. Danieli, Juan Carlos**

**Neuquén  
Noviembre 2023**

## RESUMEN

La presente contribución constituye el trabajo final de la Licenciatura en Ciencias Geológicas, y está focalizada en la descripción geológica de los sondeos exploratorios de la mina de celestina y baritina Barda Klein localizada en el departamento Pehuenches, Provincia del Neuquén. Los estudios realizados corresponden a los depósitos estratoligados de Sr-Ba alojados en la Formación Huitrín, tomando como referencia en este yacimiento los resultados de los estudios geofísicos realizados por el Instituto de Recursos Minerales dependiente de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de la Plata, llevados a cabo en noviembre de 2015, a solicitud de la empresa titular de la mina Barda Klein. Los análisis realizados comprenden: la descripción geológica de los testigos, donde se identificaron los principales niveles de Sr-Ba, los estudios geológicos de superficie y geofísicos previos, permitiendo alcanzar un conocimiento geológico a detalle, la distribución espacial de la mineralización y la estimación de reservas de la zona de estudio. Además se contrastaron los estudios de peso específico y difracción de rayos x, sobre las muestras mineralizadas de los tramos seleccionados, en conjunto con los datos obtenidos en el informe INREMI (2016). Donde se ratificó la predominancia de celestobaritina a medida que aumenta la profundidad, también reflejado en dicho informe. Asimismo se realizaron la descripciones petrográficas de las muestras mineralizadas, completando la información acerca de la presencia y el estado de la celestina/baritina en profundidad, vinculado a la exploración de la mina Barda Klein. Se integró la información obtenida de las descripciones de los sondeos con los datos de laboratorio disponibles, y los modos de distribución de la mineralización relacionados a la tectónica y diagénesis en el manto mineralizado, para la elaboración de secciones transversales y longitudinales. En este último se estima la probable geometría del depósito en 2 bloques, norte y sur; ambos presentan diferentes morfologías separadas por discontinuidades estructurales. Acorde a los resultados alcanzados en este trabajo, se pudo determinar en primera instancia que las reservas del yacimiento se encontrarían condicionadas por la tectónica. Una ampliación del relevamiento geológico de superficie en el área norte y oriental de la propiedad, podría arrojar posibilidades de prospección para la búsqueda de nuevos recursos en las inmediaciones del yacimiento. El cálculo de las reservas y recursos potenciales obtenido mediante el método de McKelvey (1973), determinó que estas ascienden a 76.900 t de mineral con una ley promedio de 55% de  $\text{SrSO}_4 + \text{BaSO}_4$  en calidad de recursos indicados, adicionales a las 17.797 t de reservas medidas e indicadas informadas por INREMI (2016).

**palabras clave:** celestina, baritina, manto mineralizado, reservas, tectónica, barda Klein.

## **ABSTRACT**

This present contribution is focused on the geological description of exploratory wells of the Barda Klein's Celestine and Barite Mine located in the Pehuenches departament, Neuquén province. The studies carried out correspond to the stratified deposits of Sr-Ba located in the Huitrín Formation, taking as a reference in this deposit the results of the geophysical studies carried out by the Institute of Mineral Resources dependent on the Faculty of Natural Sciences and Museum of the University Nacional de la Plata, carried out in November 2015, at the request of the company that owns the Barda Klein mine. The analysis carried out include the geological description of the boreholes where the main levels of Sr-Ba were identified, the previous geological surface and geophysical studies, allowing for a detailed geological knowledge, the spatial distribution of mineralization and the estimation of reserves in the study area. In addition, the studies of specific weight and x-ray diffraction on the mineralized samples of the selected sections were contrasted together with the data obtained in the INREMI report (2016), where the predominance of celestobarite was confirmed as the depth increases, reflected in said report. Likewise, petrographic descriptions of the mineralized samples were made completing the information about the presence and state of celestine/barite at depth. The information obtained from the descriptions of the boreholes was integrated with the available laboratory data, and the modes of mineralization distribution related to tectonics and diagenesis in the mineralized mantle for the elaboration of transversal and longitudinal sections. The latter one estimates the probable geometry of the deposit in 2 blocks, north and south, both presenting different morphologies separated by structural discontinuities. According to the results achieved in this work, it was possible to determine in the first instance that reservoir reserves would be conditioned by tectonics. An extension of the geological surface survey in the northern and eastern area of the property could provide prospecting possibilities for the search of new resources in the vicinity of the deposit. The calculation of the reserves and potential resources obtained through the method of McKelvey (1973), determined that these amount to 76,900 t of ore with an average grade of 55% SrSO<sub>4</sub> + BaSO<sub>4</sub> as indicated resources, in addition to the 17,797 t of measured and indicated mining reserves reported by INREMI (2016).

**keywords:** celestine, barite, mineralized mantle, reserves, tectonics, barda Klein.

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS**

Voy agradecer en primer lugar a mis padres y hermanos por el continuo apoyo brindado a lo largo de mi vida y carrera universitaria.

A mi director Juan Carlos Danieli por brindarme su tiempo, conocimiento y apoyo a lo largo del desarrollo de la tesis, fue una persona muy importante en el cierre de mi carrera no solo conocí a un gran director sino también a un gran ser humano del cual aprendí muchas cosas.

A Susana de la Puente por dedicarme su tiempo, conocimiento y apoyo, a lo largo de la carrera y en la última etapa de la tesis.

A Eduardo Canale del Auza (Asentamiento Universitario Zapala) por brindar su tiempo en el preparado de los cortes delgados y las muestras para los estudios en Rx.

A Gisela Pettinari por estar en el momento justo dándome aliento, que sin duda alguna esa charla me dio el apoyo suficiente para poder llegar donde estoy hoy, fue una gran profesora con una gran humanidad.

A todos los profesores que conforman la carrera los cuales me ayudaron a formarme como profesional y persona.

A mis amigos de la infancia por los hermosos tiempos vividos.

A mi amigo y hermano Claudio Daniel Astroza por estar incondicionalmente conmigo.

A los amigos que hice en la biblioteca y en la carrera por las increíbles anécdotas que voy guardar siempre y también mutuo apoyo el cual me llevo a terminar la carrera.

A la minera Cordillera del Viento (MCV) por brindarme el espacio necesario para la realización del trabajo final, así como también el acceso a la propiedad minera, proporcionarme los recursos necesarios y facilitarme la información preexistente para desarrollar el trabajo.

A la Universidad Nacional del Comahue por darme de forma gratuita la posibilidad de formarme como profesional.

Gracias UNCo.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS .....	iv
INDICE.....	v
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.2 Ubicación del área de estudio .....	2
1.3 Antecedentes.....	3
2 MARCO GEOLÓGICO LOCAL .....	4
2.1 Marco geológico .....	4
2.2 Estratigrafía .....	5
2.3 Marco estructural.....	7
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	9
3.1 Mineralogía y clasificación .....	9
3.2 Baritina.....	10
3.3 Celestina .....	11
3.4 Génesis y yacimiento .....	11
3.5 Yacimientos del Distrito Balsa Huitrín-Continental.....	13
4 YACIMIENTO .....	16
4.1 Geología, estructura y mineralización del yacimiento .....	16
4.2 Ubicación y denominación inicial de los sondeos programados. Objetivo previsto .....	21
4.3 Localización de los sondeos exploratorios.....	22
4.4 Descripción de los testigos y selección de cajas para análisis químico y determinación de peso específico .....	22
5 METODOLOGÍA.....	24
6 RESULTADOS.....	27
6.1 Tramos con presencia del mineral de interés .....	27
6.2 Descripciones petrográficas .....	30
6.2.1 Muestra Bk1 0.5m.....	30
6.2.2 Muestra Bk1 03-54m .....	30
6.2.3 Muestra Bk2-42m .....	32
6.2.4 Muestra Bk3-112m .....	33
6.2.5 Muestra Bk4i-45m .....	33
6.2.6 Muestra Bk4i-50m .....	34
6.2.7 Muestra Bk4i-55m .....	35
6.3 Análisis de difracción de rayos X .....	37
6.3.1 Muestra Bk1 05m.....	37
6.3.2 Muestra Bk2 42m.....	37
6.3.3 Muestra Bk4i 45m .....	38
6.3.4 Muestra Bk4i 55m .....	38
6.4 Descripción de los tramos mineralizados y estériles. Interpretación.....	39
6.4.1 Sondeo Bk1 vertical .....	39
6.4.2 Sondeo Bk2 vertical e inclinado .....	39
6.4.3 Sondeo Bk3 inclinado .....	40
6.4.4 Sondeo Bk4 vertical e inclinado .....	41
6.4.5 Sondeo Bk5 vertical.....	42

6.5	Correlación de los datos y resultados obtenidos mediante sondeos, con los estudios de superficie y registros gravimétricos previos .....	43
6.6	Configuración geométrica probable del manto mineralizado. Estimación de recursos identificados .....	46
7	DISCUSIÓN .....	48
7.1	Interpretación de los registros de los sondeos .....	48
8	CONCLUSIÓN .....	53
9	BIBLIOGRAFÍA .....	54
10	ANEXO .....	57

## **1. INTRODUCCIÓN**

El interés comercial de la celestina y baritina produjo un gran impacto en la industria minera por los múltiples usos industriales que presentan. En el vértice sudoeste del departamento Pehuenches de la Provincia del Neuquén, se encuentra localizado el yacimiento Barda Klein ( $37^{\circ}39'00''\text{S}$ - $70^{\circ}00'40''\text{O}$ ), constituido por un manto mineralizado de celestina y baritina.

Al igual que la gran mayoría de los yacimientos y depósitos similares en la comarca, sólo existen registros y antecedentes de estudios de carácter regional, con énfasis en sus características mineralógicas y genéticas. En muy pocos casos se han llevado a cabo trabajos de reconocimiento exploratorio y geológico-minero de detalle. Con respecto al yacimiento Barda Klein, además de los antecedentes de investigaciones anteriores, se tomaron como referencia los resultados de estudios geológicos mineros recientes. Entre los que se incluyen los relevamientos geofísicos realizados en noviembre de 2015 por el Instituto de Recursos Minerales dependiente de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata (INREMI). En función de los mismos la titular del yacimiento Barda Klein, Minera Cordillera del Viento (MCV) decidió la realización de sondeos exploratorios siguiendo las recomendaciones del mencionado estudio, a saber:

- a) La mineralización de la mina de baritina Barda Klein es discontinua en el rumbo, con tendencia a formar bolsones o sectores arrosariados, por lo tanto, con pérdida de continuidad en sentido lateral.
- b) Los estudios magnetométricos no han aportado resultados concluyentes por la carencia de minerales magnéticos en los cuerpos mineralizados. Los registros gravimétricos si bien no son concluyentes por cuanto se trata de un método indirecto, los perfiles realizados identificaron un manto que podría contener cuerpos baríticos-celestínicos en profundidad. Se trataría de la continuidad de los cuerpos baríticos, arrosariados o bolsoneiros, observados en superficie y que fueron motivo de aprovechamiento en los últimos años.
- c) El ángulo de inclinación del banco mineralizado se sitúa entre los  $70^{\circ}$  y  $75^{\circ}$ . Este es un factor condicionante en el método de explotación ejecutado hasta el presente en la mina Barda Klein, conformado mayormente por laboreo subterráneo de galerías sobre banco y pilares de estabilización.
- d) La metodología de extracción a cielo abierto se encuentra limitada en profundidad por la fuerte inclinación del banco mineralizado. Por lo tanto, la explotación subterránea parece ser la más adecuada en combinación con laboreo a cielo abierto para aquellas porciones con afloramientos en superficie del mineral.

### **1.1 Objetivos**

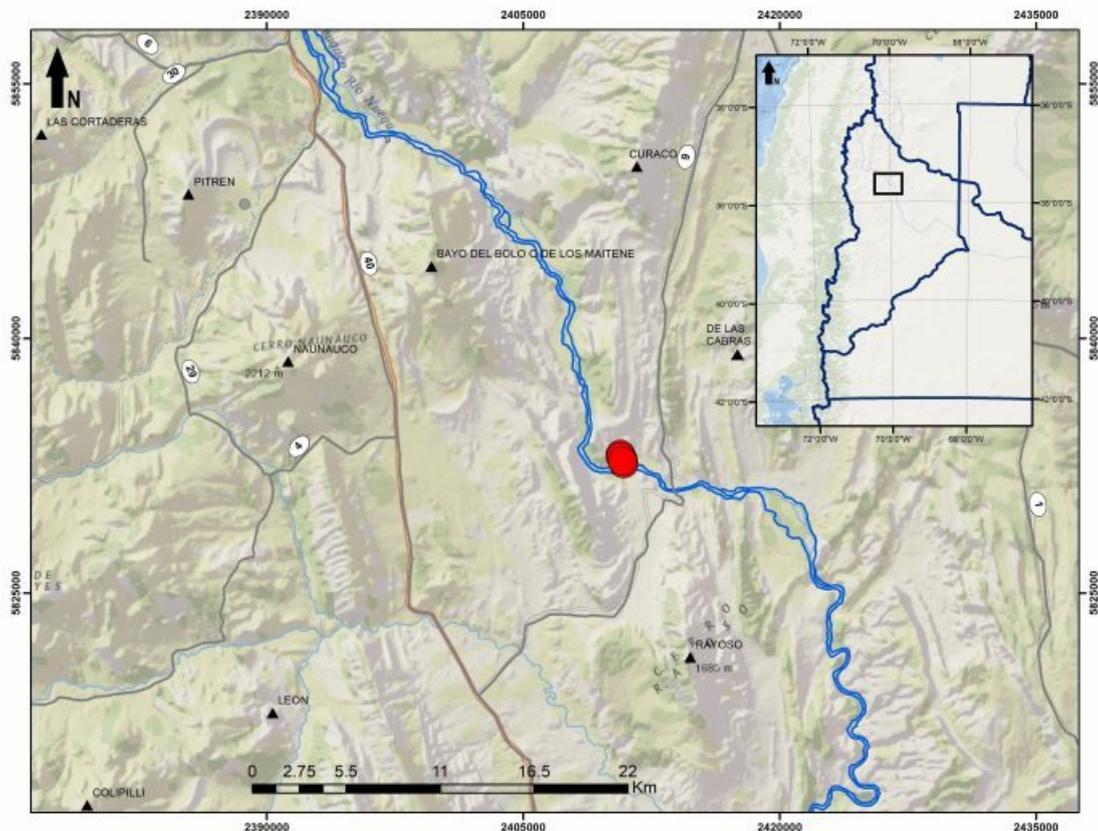
El objetivo general de la presente contribución consiste en un relevamiento geológico de la mina Barda Klein con una escala 1:5000, identificando el/los principales niveles de baritina-celestina, descripción mineralógica y distribución espacial de los cuerpos mineralizados.

## Los objetivos particulares:

- Describir litología, mineralogía y discontinuidades estructurales en siete sondeos exploratorios.
- Correlacionar los datos obtenidos con la expresión geológica de superficie con las indicaciones e inferencias de estudios geofísicos del yacimiento.
- Delimitación de bloques y distribución lateral y vertical de la mineralización.
- Caracterización estructural y sedimentaria del área de estudio.
- Posibilidades de aplicación de la metodología exploratoria en otros depósitos de la comarca.

## 1.2 Ubicación del área de estudio

La mina Barba Klein se encuentra ubicada 4 km al Noroeste de la Balsa Huitrín (37°39'05" S-70°00'42" O), 70 km al sur de la localidad de Chos Malal (Fig. 1). Desde dicha localidad se puede acceder por la ruta nacional 40 en dirección a Buta Ranquil, hasta el cruce con la ruta provincial 9, ubicado en proximidades de Laguna Auquincó, y desde allí hacia el sur en dirección a Balsa Huitrín. Unos 4 km antes de la balsa, una huella minera que desvía hacia el oeste, permite llegar hasta el yacimiento luego de recorrer unos 3 km. Desde Zapala, también se accede por la ruta 40 hasta la intersección con ruta la provincial 9, en pampa de Naunauco, y desde allí hacia Balsa Huitrín donde se debe cruzar el río Neuquén para arribar a la huella minera de ingreso (Escobar, 2016).



**Figura 1:** Mapa de ubicación del área de estudio representada por un círculo de color rojo y su localización en la Provincia del Neuquén delimitada por el recuadro de color negro.

### 1.3 Antecedentes

Los depósitos de Ba y Sr de la Cuenca Neuquina comenzaron a ser objeto de estudio a mediados de los años 60 por parte de instituciones oficiales (Banco Nacional de Desarrollo, Dirección Nacional de Geología y Minería, etc.). Los estudios se enfocaron primeramente en las características de los yacimientos y sus materiales, al igual que en sus variadas condiciones geológicas y económicas (Oliveri et al., 1964, Angelli et al., 1976). Las investigaciones posteriores estuvieron orientadas a los aspectos genéticos de las mineralizaciones, señalando las condiciones geoquímicas del Sr-Ba y su distribución en base a las características geológicas del entorno regional. En función de lo cual se indicó una estrecha vinculación de los mantos de celestina al origen evaporítico, así como también la precipitación de baritina a los ambientes marinos costeros. Estas mineralizaciones se relacionan con dos grandes ciclos de sedimentación marina, uno de edad jurásica y otro de edad jurásica superior a cretácica inferior (titoneocomiano). En el Cretácico Superior prevaleció un tercer ciclo de continentalización en el área, que solo fue interrumpido por una transgresión marina efímera posteriormente en este periodo. Los depósitos de Sr-Ba están representados por las formaciones Tábanos, Auquilco del Jurásico Medio a Superior (Calloviano y Oxfordiano respectivamente) y la Formación Huitrín del Cretácico Inferior. Así mismo, se infirió que la removilización epi diagenética de la mineralización fue post diagenética, producida por la acción de aguas meteóricas (Brodtkorb et al., 1975).

Por su parte De Barrio (1999), alude que la génesis de estas mineralizaciones se debió a que fue liberado el Sr de los materiales aragoníticos, junto con el  $\text{SO}_4^{2-}$  procedente de los niveles de yeso suprayacente. Donde se formaría la celestina como reemplazo de las rocas calcáreas de la Formación Huitrín, en un ambiente caracterizado por una concentración anómala de Sr, proveniente de una importante actividad orgánica compuesta por matas algales.

En la Formación Huitrín (Escobar et al., 2013), adjudicaron un posible origen asociado a la circulación de aguas meteóricas o a fluidos termales, que dio lugar a procesos kársticos con formación de oquedades, brecha de colapso y espacios donde la depositación epigenética es considerable, donde domina la textura de relleno de espacios vacíos. Según De Barrio (2014), en base a la ubicación de los depósitos de Sr-Ba, propuso un origen asociado a la actividad magmática del Grupo Molle, y otro, relacionado a la circulación de fluidos hidrotermales provenientes de salmueras de cuenca o aguas formacionales. Posteriormente Escobar (2016), postuló que los fluidos eran hidrotermales no magmáticos, provenientes de una salmuera de cuenca de aguas formacionales, que fueron movilizadas por anomalías térmicas del magmatismo eoceno. Además, en lo que se refiere a los depósitos de celestina y baritina, mencionó una clara tendencia a la asociación con calizas, calizas dolomíticas y a niveles yesosos de la Formación Huitrín. Los resultados del informe INREMI (2016), se basaron en la evaluación geológico/minera y en los relevamientos geofísicos llevados a cabo en la Mina Barda Klein. El objetivo de dicho estudio se orientó fundamentalmente en realizar una estimación de los recursos barítico-celestínicos existentes y de realizar reconocimientos de campo, con el fin de incorporar nuevos sectores de explotación y definir mediante métodos geofísicos de investigación indirecta, la continuidad del cuerpo mineralizado en dirección lateral y en profundidad. El informe INTEMIN (2018) son resultados de laboratorio sobre análisis químicos y densidad, para determinar la concentración de Ba y Sr en muestras tomadas sobre sondeos.

## 2. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

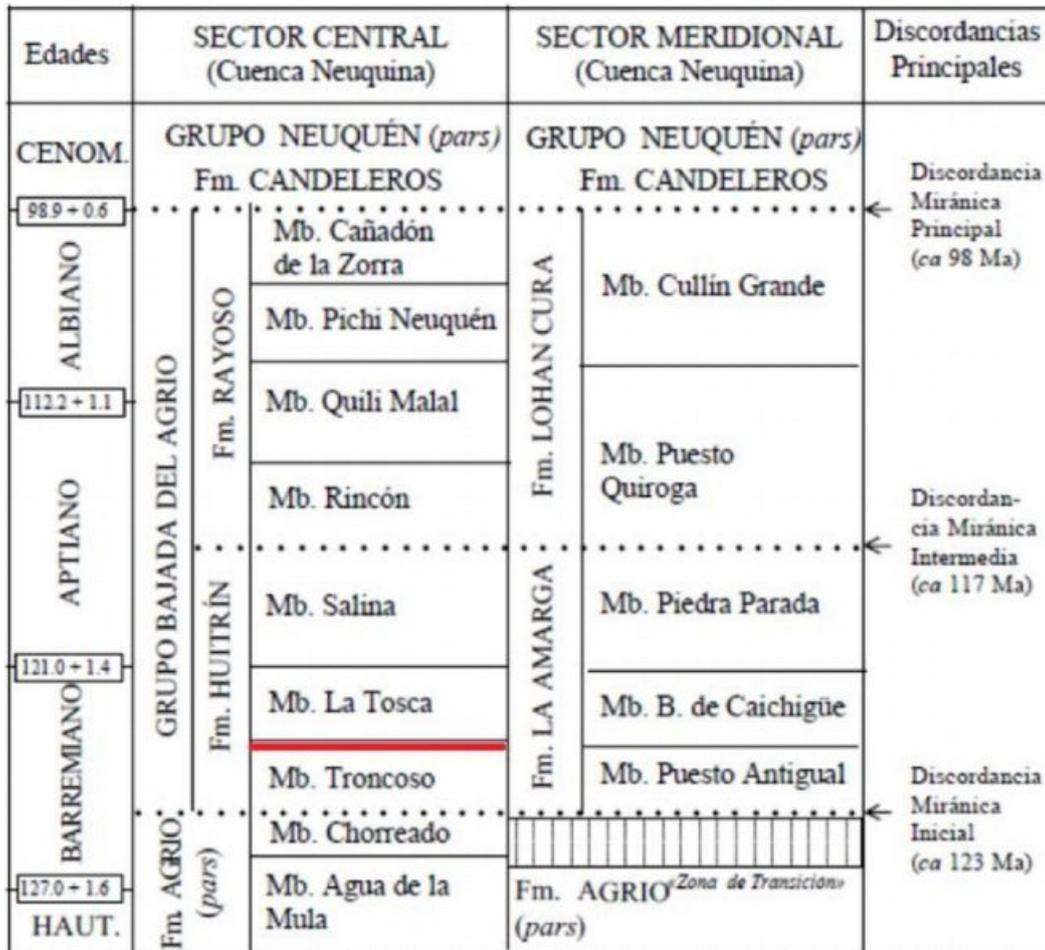
### 2.1 Marco Geológico

Las áreas de mayor subsidencia de la Cuenca Neuquina fueron afectadas a comienzos del Pliensbachiano por una transgresión eojurásica, depositando a la Formación Los Molles la cual está integrada por conglomerados hasta lutitas negras. A principios del Calloviano la cuenca se restringe generando condiciones hipersalinas, dando origen a la precipitación de las evaporitas de la Formación Tábanos, ambas unidades son vinculadas a depósitos volcanogénicos y evaporíticos de baritina. Posteriormente un cambio en las condiciones de sedimentación, ocasionadas por un brusco descenso del nivel mar, generó la depositación de sedimentos fluviales y eólicos pertenecientes a la Formación Lotena, sucedidos por margas y carbonatos, denotando un ambiente de plataforma. Las nuevas restricciones originadas en el Oxfordiano, permitió grandes acumulaciones de yeso correspondientes a la Formación Auquilco, facies a las que se asocian depósitos de celestina y baritina. En el Tithoniano inferior tuvo lugar la máxima expansión de la cuenca, donde también se manifestaron variaciones del patrón de subsidencia. En el Cretácico Inferior se originó una nueva somerización generando una alternancia entre las facies evaporíticas y clásticas de las formaciones Huitrín y Rayoso. A la primera unidad se la vincula con importantes acumulaciones evaporíticas de celestina con baritina subordinada. Los depósitos estratoligados de celestina-baritina de la región están comprendidos en la unidad morfoestructural de la Faja Plegada y Corrida del Agrio, donde es común la presencia de intrusiones diorítico-andesíticas del Grupo Molle (Eoceno inferior-Eoceno medio) (Brodtkorb et al., 2011). Estos se encuentran distribuidos a lo largo de la citada faja entre las localidades de Bajada del Agrio y Chos Malal. Las mineralizaciones presentan un marcado control litoestratigráfico y estructural, y se las puede reconocer en forma discontinua a lo largo de muchos kilómetros debido a la estructuración que presenta la secuencia evaporítica sedimentaria (Escobar, 2016).

Según Escobar et al., (2015) los depósitos de celestina y baritina se distribuyen en grandes áreas con una clara tendencia a agruparse en distritos, conformando “clusters” y exponiendo características epigenéticas con evidencias de procesos de reemplazo, disolución y relleno de la roca hospedante. Estos manifiestan una mineralogía prácticamente monomineral de celestobaritina y baritocelastina como fases preponderantes, son de yaciencia estratoligada y vetiforme, y se hallan distribuidas en forma periférica al magmatismo cretácico superior-eoceno que afecta la región. Las mineralizaciones mayormente se presentan como: mantos o lentes estratoligados y concordantes con la estratificación, reemplazando a las facies carbonáticas y yesíferas, cuerpos abolsonados que se hallan relleno cavidades de disolución y/o fracturas, cuerpos irregulares cementando brechas de colapso kárstico o tectónicas y vetas brechosas relacionadas a fracturas de cizalla (Escobar, 2016), siendo las morfologías abolsonadas y mantiformes las que se presentan en la mina Barda Klein.

La zona de trabajo de la presente contribución está localizada entre los cerros Rayoso y las Cabras, asociada a evaporitas y sedimentitas de la Formación Huitrín (Barremiano-Albiano). Esta unidad corresponde a la sección inferior del Grupo Bajada del Agrio, el cual incluye a las sedimentitas que se emplazan entre el Grupo Mendoza y el Grupo

Neuquén, o más precisamente entre el techo de la Formación Agrío y la base de la Formación Candeleros. El Grupo Bajada del Agrío se halla constituido en su parte inferior por la Formación Huitrín y en la parte superior por la Formación Rayoso. La Formación Huitrín ha sido dividida en tres miembros: Troncoso inferior-Troncoso superior, Salinas y la Tosca (Leanza, 2003) (Fig.2).



**Figura 2:** Localización y división estratigráfica de la Formación Huitrín, el color rojo representa la mineralización de Sr-Ba en el Miembro Troncoso superior (modificado de Leanza, 2003).

## 2.2 Estratigrafía

### Miembros Troncoso inferior y superior

“La Formación Huitrín (Barremiano superior-Aptiano inferior) se dispone en discordancia a través de su Miembro Troncoso inferior mediante una profunda incisión labrada en los términos superiores de la Formación Agrío (Miembros Agua de la Mula y Chorreado)” (Leanza, 2003). Este límite discordante (base del Miembro Troncoso) lo desvincula genéticamente de las unidades subyacentes y es de carácter regional. Asimismo, la incisión está ubicada en el área de Balsa Huitrín, y conforma un valle excavado con un ancho de 400 m y una profundidad de 15 metros, cubierta paraconcordantemente por las areniscas continentales del Miembro Rincón (Formación

Rayoso), (Legarreta et al., 1989, Vergani *et al.*, 2002, Veiga et al., 2011 en Leanza 2003).

Leanza (2003) señaló que el Miembro Troncoso inferior, está dividido en una sección basal compuesta por depósitos fluviales, integrado por areniscas de tamaño medio, porosas, presentando una tonalidad ocre, castaño amarillenta, verdosa o blanquecina, exponiendo una estratificación entrecruzada en artesa. Las areniscas eólicas de la parte superior presentan una estratificación entrecruzada de alto ángulo. Posteriormente se halla el Miembro Troncoso superior, el cual contiene facies evaporíticas como anhidrita, halita, silvinita y terrígenos finos. La anhidrita es la base de la unidad y se encuentra en subsuelo como en superficie, a la cual suprayace un paquete de haluros conformado por halita y silvinita, cuyo registro sedimentario se encuentra actualmente sólo en el subsuelo de la Cuenca Neuquina (Gabriele, 2016).

#### Ambiente

La sección basal del Miembro Troncoso inferior manifiesta condiciones de progradación de un sistema fluvial, que fue depositando desde la base, las facies arenosa fina y conglomerádica hacia su techo, donde confeccionó un relleno irregular del paleorelieve de valles preexistentes. El tramo superior presenta facies arenosas de origen eólico, exhibiendo una naturaleza retrogradante que dio origen a notorios campos de dunas (Vergani et al., 2002 en Leanza 2003). Posteriormente la depositación de sedimentos clásticos fue interrumpida por una brusca inundación, originando los depósitos evaporíticos del Miembro Troncoso superior. El ambiente sedimentológico está vinculado a una planicie supralitoral con cuerpos de agua salina, evidenciando una etapa en que la evaporación superó al abastecimiento de agua, posiblemente como resultado de áreas restringidas con mínima comunicación con el mar abierto (Leanza, 2003).

#### **Miembro La Tosca**

Esta unidad se conforma por dolomitas y calizas castaño claro o gris de tonalidades blanquecinas de tipo *wackestone*, *packstone* esqueléticas y *grainstone* oolíticas, densas, con fuerte olor fétido. Estas presentan una estratificación tabular bien definida u ondulada de granulometría fina a mediana.

“En los planos de estratificación es muy común la presencia de bivalvos bien preservadas, con conchillas de color negro, desarticuladas y enteras” (Leanza et al., 2005).

#### Ambiente

El mismo autor, hizo referencia a la presencia de invertebrados permitiendo señalar un ambiente de aguas salobres. En cuanto a los foraminíferos hallados en las intercalaciones pelíticas, denotan una fuerte influencia marina. La estratigrafía de granulometría fina con la alternancia de calcáreos micríticos y pelitas laminares, juntamente con la coloración gris, sugieren condiciones marinas protegidas del movimiento de las olas con una circulación levemente restringida.

## **Miembro Salina**

“El Miembro Salina cubre concordantemente al Miembro La Tosca a través de un contacto neto y es cubierto paraconcordantemente por el Miembro Rincón de la Formación Rayoso” (Leanza, 2003).

El contacto paraconcordante del Miembro Rincón con el Miembro Salina, establece un límite de secuencia depositacional donde (Ponce et al., 2002 en Leanza 2003) mencionaron, que podría estar asociado a un importante cambio en las condiciones climáticas. Dicha discordancia puede presentar una semejanza con la Discordancia Mirámica Intermedia (Intra-Aptiana) en el sector meridional de la Cuenca Neuquina, reconocida por Leanza et al., (1995 en Leanza 2003).

Este miembro está formado por arcilitas y en menor proporción por limolitas y areniscas dispuestas en estratos tabulares gruesos a muy gruesos de color abigarrado. Los tonos predominantes son: verdosas, rojizas, amarillentas, grises, castaños claros a oscuros. La tonalidad rojiza se debe a la vinculación litológica entre las areniscas y las fangolitas, mientras los colores verdes azulados corresponden a su cercanía con los niveles de poco espesor de margas. Asimismo presentan algunos niveles de pelitas laminares de color oscuro con predominancia de palinomorfos. También es frecuente la presencia de concreciones calcáreas de morfología aplanada de color castaño oscuro. La depositación de yeso se presenta en forma lenticular con poca extensión areal y espesor. Los bancos de sal de roca (halita) son característicos de esta unidad, donde se verifica su presencia en sondeos por su alta solubilidad. Por lo general se halla en afloramientos muy perturbados (Leanza et al., 2005).

### **Ambiente**

Según la litología existente en el Miembro Salina, las asociaciones de pelita-yeso-caliza pertenecen a un ambiente de agua panda, expuesto regularmente a condiciones subaérea correspondiente a un ambiente de lagunas someras de tipo sabkhas marginales y barreales (*mudflats*) (Uliana et al., 1975a en Leanza 2003). Alternativamente (Ponce et al., 2002 en Leanza 2003) postularon, que estas sedimentitas podrían pertenecer a un paleoambiente lacustre, que lo desvinculan de un sistema fluvial por la presencia de estromatolitos, interpretando que las sales se habían incorporado por el nivel freático y se precipitaron dentro del lago por evaporación.

## **2.3 Marco estructural**

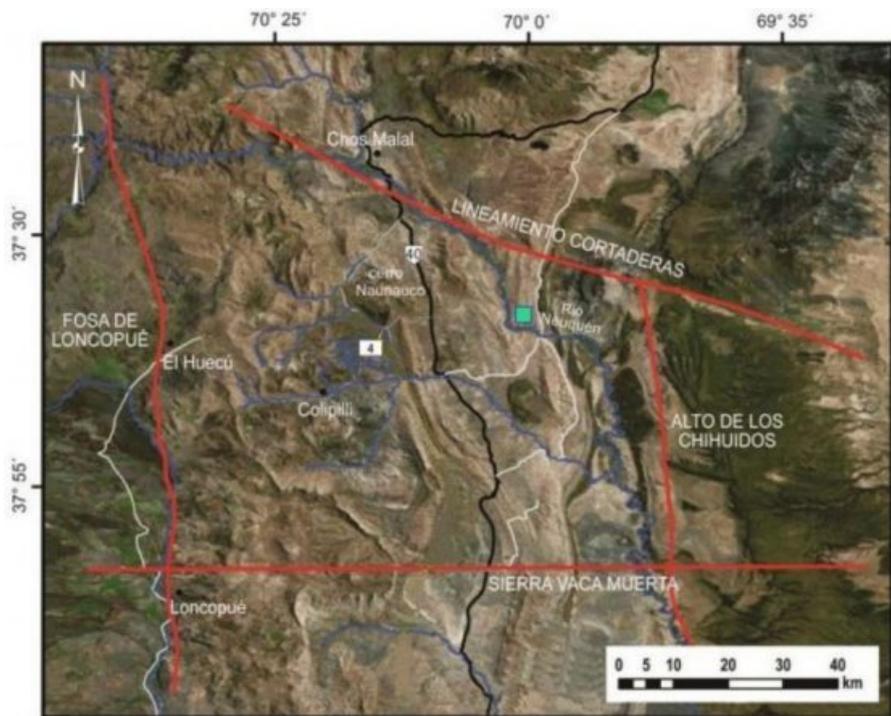
### **Faja plegada y corrida del Agrio**

La faja plegada y corrida del Agrio se localiza en el sector occidental de la Provincia del Neuquén, entre las localidades de Las Lajas y Chos Malal (Zamora Valcarse et al., 2009). Esta unidad limita al norte con el lineamiento Cortaderas de sentido NO-SE, hacia el sur con un comportamiento similar al de Cortaderas, se encuentra la Sierra de Vaca Muerta, mientras al oeste se ubica la fosa de Loncopué y finalmente al este se localiza el Dorso de los Chihuidos (Fig.3), (Ramos 1978, Vergani et al., 1995, Zapata et al., 1999, Mosquera et., 2006, Repol 2006 en Salvioli 2017). En la FPCA afloran fundamentalmente las secuencias sedimentarias marinas y continentales que se

depositaron en la Cuenca Neuquina entre el Triásico Tardío y Cretácico Temprano en un ambiente de retroarco, las cuales fueron deformadas durante la orogenia Andina desde el Cretácico Tardío hasta la actualidad, (Legarreta et al., 1989, Vergani et al., 1995, Cobbold et al., 2003, Howell et al., 2005, Ramos et al., 2005, Ramos et al., 2006, Arregui et al., 2011A, Ramos et al., 2011 en Irastroza et al., 2019). Esta unidad geotectónica se caracteriza por grandes pliegues de rumbo meridional, con una estructuración y una estratigrafía que permiten separarla en dos sectores donde predominan las estructuras de piel fina y gruesa (Ramos, 1998; Zapata et al., 2002; Zamora Valcarse et al., 2006 en Giacosa 2020).

La zona interna se ubica hacia el oeste y está controlada por la deformación de piel gruesa, y hacia el este, una zona externa con deformación de piel fina con la participación del basamento (Irastroza et al., 2019). La zona interna fue interpretada como parte del sistema extensional los Tres Chorros (Vergani et al., 1995 en Zamora Valcarse et al., 2011), y está compuesta por una sucesión de altos en el basamento dominando el estilo estructural, generando braquianticlinales (Zamora et al., 2009). Estos fueron originados parcialmente por la inversión de las estructuras extensionales previas (Zamora Valcarse et al., 2011 en Lebinson 2019). La serie estructural está integrada por: Sinclinal del Pichaihue, Anticlinal de la sierra de Chorriaca, Anticlinorio de Tralahue.

Por otra parte, la zona externa cuenta con un predominio de pliegues de menor longitud de onda, cuyo nivel principal de despegue es la Formación Auquilco. Algunos de estos evolucionaron a pliegues de propagación y pliegues de flexión, con un nivel de despegue en la sección superior de las facies evaporíticas de la Formación Huitrín, dando origen a zonas triangulares como la de Pichi Mula. Esta zona de gran extensión se encuentra separada por grandes pampas, evidenciando la presencia del basamento (Zamora Valcarse et al., 2011). Las estructuras más sobresalientes son: Anticlinal de la loma de Naunauco, Anticlinal del cerro de la Visera, Pampa de Naunauco (Leanza et al., 2005).



**Figura 3:** Localización y límites de la Faja Plegada y Corrida del Agrío (modificado de Salvioli, 2017), el cuadrado de color verde representa la ubicación de la mina Barda Klein.

### 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 3.1 Mineralogía y clasificación

Los sulfatos son minerales que se definen por estar integrados de un átomo de S con disposición tetraédrica de 4 oxígenos. Los enlaces formados por la unión S–O son de tipo covalentes y muy fuertes, estos componen una unidad estructural elemental formando el grupo  $SO_4$  (Klein et al., 2006 en Salvioli 2017). Este grupo está dividido en dos: a) sulfatos anhidros y b) sulfatos hidratados. El primero incluye los minerales principales de: baritina, celestina, anhidrita, crocoíta y el segundo está compuesto por: yeso, antlerita, brochantita, y las series de alunita, beudantita y hamlinita entre otros. “El grupo de la baritina está conformado por los sulfatos de Ba, Sr y Pb; estos son isoestructurales.” El estroncio (Sr) y el bario (Ba) forman una solución sólida o una serie continua, donde los extremos están constituidos por los minerales de celestina ( $SrSO_4$ ) y baritina ( $BaSO_4$ ). Sus radios iónicos son semejantes, lo que permite la sustitución entre  $Ba^{+2}$  y el  $Sr^{+2}$ , igualmente, los reemplazos en cantidades considerables en baritinas de Sr por Pb aumentan la densidad del mineral (Salvioli, 2017). Sin embargo en las celestinas, el Ca puede permutar al Sr en valores restringidos de aproximadamente del 2-3% (Deer et al., 1992 en Salvioli 2017).

Los integrantes de esta serie con una superioridad en átomos de Ba son denominados estronciobaritina o celestobaritina (baritina rica en Sr), y aquellos que se encuentran cerca al extremo de Sr, son definidos como baritocelstina (celestina rica en Ba) (Salvioli, 2017). A su vez, los autores Hanor (1968), Burkhard (1978) en Salvioli (2017) subdividieron los sulfatos en relación al contenido en mol % de  $SrSO_4$  en: baritina (0-10%), celestobaritina (10-50%), baritocelstina (50-90%) y celestina (90-100%). Con respecto a las proporciones, la mayoría de las baritinas contiene menos del 7% mol de  $SrSO_4$  y la mayor parte de las celestinas incluyen menos del 4% mol  $BaSO_4$ .

En cuanto al origen de las soluciones que contienen Ba puede sobresalir entre otras características, por su contenido en Th, donde la baritina formada en el fondo marino contiene aproximadamente 34 ppm de Th, mientras la de origen continental sólo alcanza 0,1 ppm de Th (Gozalvez et al., 2004).

### 3.2 Baritina

La baritina se caracteriza por su alta densidad, una exfoliación característica y forma de los cristales (Dana et al., 1960). Este mineral se halla normalmente como cristales bien formados, pero también como concreciones globulares, fibras, lamelas y agregados (Gozalvez et al., 2004). Comúnmente está presente como ganga en filones metálicos, también se lo vincula especialmente con las menas de plata, cobre, plomo, cobalto, antimonio y manganeso. En cuanto a los filones se originan en calizas junto a la calcita, asimismo se puede presentar como masas en las arcillas que cubren las calizas, y en las areniscas en las menas de cobre (Dana et al., 1960).

Cristalográficamente se clasifica en el sistema rómbico bipiramidal; habitualmente los cristales son tabulares y paralelos a la base. En algunos casos genera un rombo por la presencia de un prisma, pero cuando no presenta caras, se producen estructuras prismáticas rectangulares alargadas. Si los cristales son tabulares y están dispuestos en grupos divergentes (Fig.4), se originan rosas del desierto o rosa de barita (Pineda, 2016).

**Composición:** Sulfato bórico  $SO_4 Ba BaO = 65,7\%$ ;  $SO_4 = 34,3 \%$ .

<b>Color</b>	Incoloro, blanco y tonos pálidos azulados, amarillentos o rojizos. Transparente a traslucido.
<b>Brillo</b>	Vítreo, en algunos ejemplares perlado
<b>Raya</b>	Blanca
<b>Dureza</b>	3-3.5
<b>Densidad</b>	4.5 g/cm <sup>3</sup>
<b>Exfoliación</b>	Perfecta paralela a la base, esto es según {001} y pobre según el prisma {210}

**Tabla 1:** Propiedades físicas del mineral baritina (extraído de Dana et al., 1960).



**Figura 4:** Cristales de baritina en formas  $2m/2m/2m$  (extraído de Klein et al., 1996).

### 3.3 Celestina

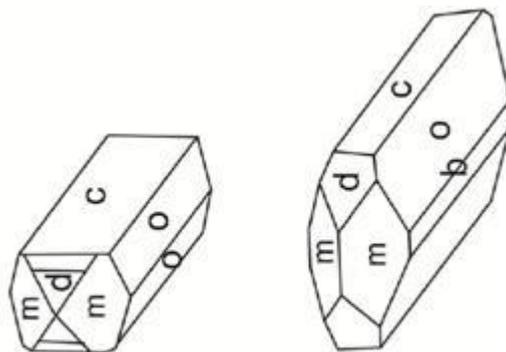
La celestina es la principal mena de estroncio y el quinceavo elemento más abundante del mundo. Es similar a la baritina pero con menor peso específico, puede ser necesario un ensayo de llama para distinguir estas dos especies. Este mineral se lo encuentra habitualmente diseminado en areniscas y calizas, tapizando cavidades de dichas rocas o bolsadas. Además está asociada a la dolomita, calcita, halita, yeso, azufre, fluorita, también como ganga en los filones de plomo (Dana et al., 1960).

La celestina cristaliza en el sistema ortorrómbico (Fig.5). Regularmente es de hábito tabular paralelo a 001 o prismático paralelo a “a” o “b”, incluso radial, fibroso o granular. Podemos distinguir que sólo existen dos minerales que contienen suficiente estroncio: la celestina ( $\text{SrSO}_4$ ) y la estroncianita ( $\text{SrCO}_3$ ), siendo esta última la más rentable, ya que con respecto a la celestina no tendría que ser procesada para obtener carbonato de estroncio (Gonzales et al., 2015).

**Composición:** Sulfato de estroncio  $\text{SO}_4\text{Sr}$   $\text{SrO} = 56,4 \%$ ;  $\text{SO}_3 = 43,6 \%$

<b>Color</b>	Incoloro, blanco a veces azulado o rojizo. Transparente a traslucido
<b>Brillo</b>	Vítreo a perlado
<b>Raya</b>	blanca
<b>Dureza</b>	3.95-3.97
<b>Densidad</b>	3-3.5 $\text{g/cm}^3$
<b>Exfoliación</b>	Perfecta paralela a {001} y pobre al prisma {210}

**Tabla 2:** Propiedades físicas del mineral celestina (extraído de Dana et al., 1960).



**Figura 5:** Sistema ortorrómbico de la celestina, hábito tabular (modificado de Gonzalves et al., 2015).

### 3.4 Génesis y yacimientos

#### Ciclo exógeno

En el ciclo exógeno, la celestina es el mineral primario de Sr de mayor relevancia, y su precipitación se realiza en un ambiente evaporítico. La fracción de Sr del agua de mar es de 8 g/t, y de este contenido solo el 62,58% se halla disponible para formar dicho mineral, y el 37,42% para asociarse con otros minerales evaporíticos. El contenido medio de Ba es de 0,48% en las celestinas de procedencia evaporítica, de igual modo la

mayor parte de este se encuentra presente en el mar e ingresa en la celestina durante la evaporación. La depositación de celestina inicia en la zona límite de la precipitación de carbonatos y sulfatos de calcio. Esta comienza cuando la disminución del volumen del agua de mar por evaporación, se halla entre 1/3 y 1/5 del volumen original, donde alcanza la saturación y empieza la precipitación de  $\text{SrSO}_4$  (Muller 1962 en Brodtkorb et al., 1985). La presencia de iones de bario en las celestinas en el ambiente marítimo, asocia su origen a la meteorización de los feldespatos potásicos existentes en el basamento, para su posterior transporte fluvial hacia los océanos. Luego es adsorbido por las arcillas, y al llegar al mar es liberado debido a los cambios físicos y químicos que allí acontecen (Brodtkorb et al., 1985), generando la secuencia de precipitación: carbonatos, celestina y carbonatos, celestina, yeso en ambientes evaporíticos marinos. En relación a los procesos evaporíticos existentes, los mantos de celestina podrían estar por debajo o por encima de los bancos de yeso, de igual forma también puede hallarse digitaciones laterales entre estos dos minerales.

Por otra parte, en comparación con la génesis de los minerales Sr-Ba en un ambiente hidrotermal, la principal diferencia radica en que el Sr se integra en otros minerales de ganga, mientras la celestina se origina en casos aislados con un excedente de Sr en los fluidos, incluso cuando la cantidad de éste en las aguas hidrotermales es insuficiente (Brodtkorb et al., 2011).

En cuanto a la paragénesis, esta es ratificada por varias formaciones salinas de distintas localizaciones y edades, desde el Pérmico al reciente, como por ejemplo en Alemania (Hemmelte West), España (Granada) y Gran Bretaña (Gloucestershire) (Muller 1962 en Brodtkorb et al., 1985).

Por su parte Etcheverry et al., (1983), clasifican los yacimientos de sulfato de bario en: filonianos (relleno de cavidades, con o sin reemplazo), estratiformes (mantos, lentes, nódulos) y residuales. En los primeros, la génesis es de preferencia hidrotermal, mientras que para los estratiformes se propone un origen sedimentario. Los depósitos estratiformes se caracterizan por exhibir una paragénesis monomineral de sulfato de bario, que es relacionado ocasionalmente con escasas proporciones de sulfuros, sílice, carbonatos, materiales arcillosos y orgánicos.

En una escala global la distribución espacial de estos yacimientos, se caracteriza por su emplazamiento en una serie de geosinclinales, con mayor regularidad en formaciones de distintas edades que van desde: el Paleozoico, Precámbrico alto, en terrenos del Mesozoico y Cenozoico y en los actuales fondos oceánicos. Especialmente los yacimientos estratiformes relacionados a las formaciones paleozoicas, son los más abundantes y representativos, estableciendo la mayor producción a escala mundial. Estos se ubican en el sudoeste de Arkansas y California (EEUU) conformando grandes volúmenes (Etcheverry et al., 1983). Entre los depósitos de mayor importancia económica y metalogénica, podemos mencionar: Alemania con las acumulaciones de baritina de Meggen, que fueron estudiados entre otros, por (Hoffmann 1969, Tocco et al., 1969, Zimmerman 1970 Moro 1980 y Moro et al., 1981 en Etcheverry et al., 1983), los ubicados en los Montes Cabrieres, al sur de Francia, los situados en la región suroccidental de la isla de Cerdeña, Italia y los de Badajoz y Zamora.

Por lo que se refiere al mineral de celestina, se deposita usualmente en rocas sedimentarias (calizas, dolomías, lutitas y areniscas) y depósitos evaporíticos (yeso, anhidrita y halita). La mineralización se puede encontrar de manera diseminada en cuerpos irregulares, rellenando o revistiendo cavidades y en estructuras vetiformes hidrotermales. Los principales productores de celestina en el mundo son tradicionalmente: México, España, China y Turquía. Estos países contribuyen con parte de la materia prima para manufacturar los distintos productos derivados de este mineral

(sulfato de estroncio, sulfuro de estroncio, y hexaferrita de estroncio). La celestina comercialmente es empleada para la producción de carbonato de estroncio ( $\text{SrCO}_3$ ) (Rocha, 2008).

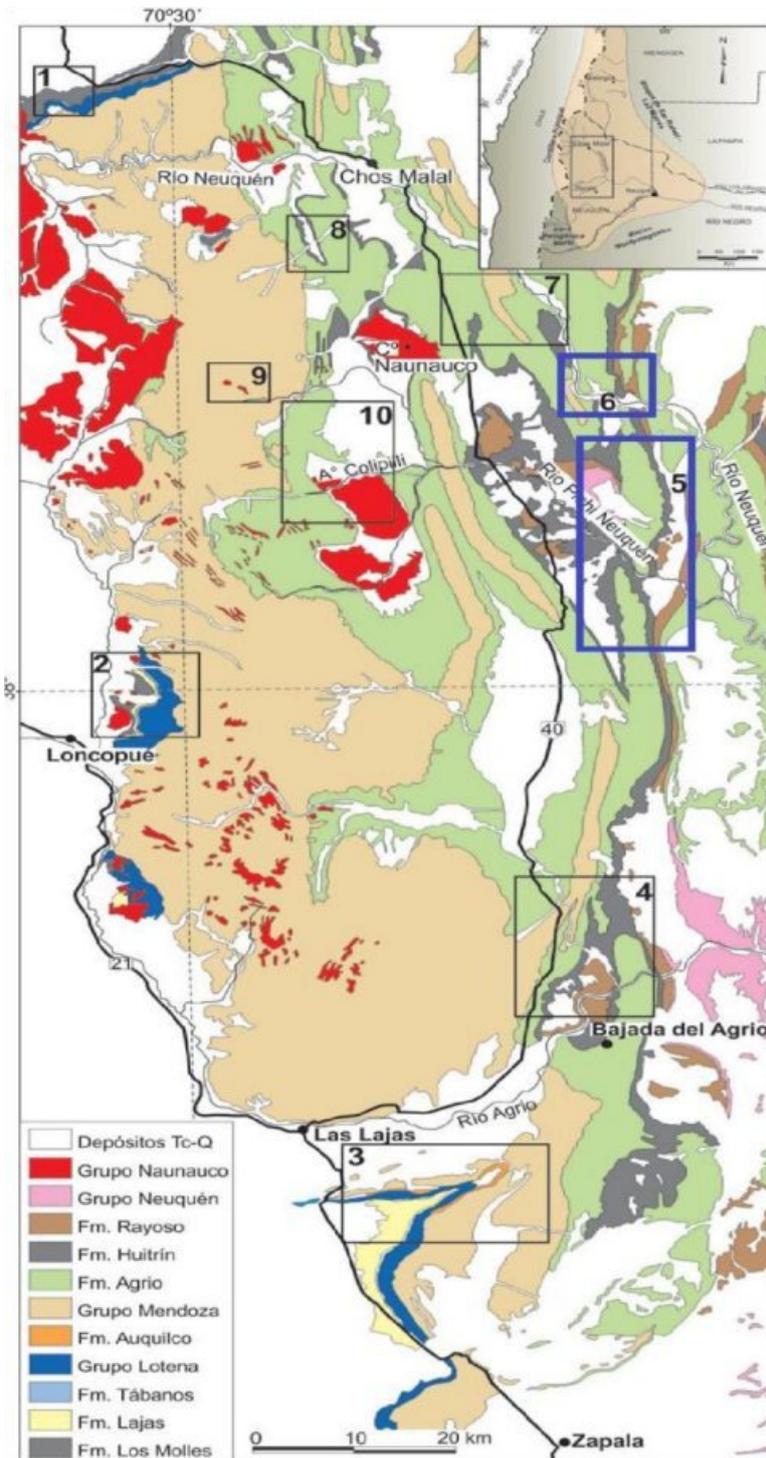
### **3.5 Yacimientos del Distrito Balsa Huitrín-Continental**

El distrito minero Grupo Continental se ubica aproximadamente 20 km al sur de Balsa Huitrín. Entre sus principales yacimientos se destacan las minas: Cecilia, Graciela, Alondra y Santa Elena (Fig.7). Estas se sitúan en el flanco SE del cerro Rayoso y cercanas entre sí, presentando características sedimentológicas y mineralógicas semejantes (Escobar, 2016). Hacia el norte se hallan manifestaciones similares que se suceden de manera discontinua, vinculadas siempre al mismo nivel estratigráfico. Entre ellas se encuentran la mina Rayoso (paraje las Aletas), ubicada a unos pocos km al norte, aproximadamente sobre el flanco oriental del cerro homónimo, e inmediatamente al NO de Balsa Huitrín, se sitúa la mina Barda Klein. Las minas Cecilia, Graciela, Alondra y Santa Elena presentan en toda la corrida, una mineralización mantiforme de habito tabular, con espesores medios de una magnitud 2 m, corridas de 1 a 1,5 km con escape de 2-3 m en calizas. Los depósitos más significativos de este sector se encuentran unos pocos kilómetros al norte, en el flanco oriental del cerro el Salado, las minas: La Maruca, El Danielito y Rayoso. Los cuales son lenticulares, brechados con una potencia media de 0,50 a 0,80 m, con una longitud de corrida de 20-50 m y subhorizontales (Brodtkorb et al., 2011).

En el Grupo Continental y mina Barda Klein se desarrollaron yacimientos mantiformes singenéticos con removilización epigenética. Estos son concordantes y en su sección basal presentan una deposición singenética, donde manifiestan una textura cebrada (Fig.6), integrada por la alternancia de bancos milimétricos a centimétricos de carbonatos intercrecido con celestina y celestina pura. La parte superior está formada por estalactitas y relleno de cavidades, en que el mineral dominante es la celestina. Es habitual que las estalactitas formadas en estas cavidades, posean su núcleo de baritina rodeado por capas concéntricas de celestina de varios colores. Estas pueden estar cubiertas por patinas de limolitas donde se apoya el yeso hialino recristalizado. En la mina Barda Klein es notorio la cantidad de limolitas que recubren las estalactitas, mientras que la baritina se presenta en forma pulverulenta y formando pequeñas rosetas. Las manifestaciones del Grupo Continental son repeticiones de un único banco por fallamiento, localizadas en el ala oriental del cerro Rayoso con un espesor promedio de 1.50 m. En Barda Klein, está fuertemente inclinado hacia el este y hacia el norte con 1000 m de largo, el banco de celestina se transforma transicionalmente a yeso (Brodtkorb et al., 1975).



**Figura 6:** El círculo rojo señala una textura cebrada relíctica, en masa de celestina–baritina recristalizada por diagénesis.



**Figura 7:** Los distritos junto con las mineralizaciones de Sr-Ba: 1-mina Arroyo Nuevo, 2-área Loncopué, 3-Distrito Mallín Quemado, 4-Distrito Bajada del Agrio, en los recuadros azules el distrito de interés y la zona de estudio: 5-Distrito Continental, 6- Barda Klein, 7- Distrito Naunauco, 8-Distrito-Cordón el Salado y Taquimilán, 9-área Cerro El Diablo, 10- Distrito Copilli (Modificado de Salvioli, 2017).

## 4. YACIMIENTO

### 4.1 Geología, estructura y mineralización del yacimiento

En la mina Barda Klein afloran secuencias sedimentarias evaporíticas del Cretácico Inferior. La unidad más antigua está representada por el Miembro Agua de la Mula de la Formación Agrio, compuesta por una alternancia rítmica de pelitas grises oscuras y calizas ocráceas, cuyos afloramientos se exponen al oeste de los niveles estratoligados de celestina-baritina. Hacia el oriente se sobreponen los Miembros Troncoso inferior, Troncoso superior, La Tosca y Salina, integrantes de la Formación Huitrín (Leanza, 2003) (Fig. 8).

El piso de la mineralización barítica corresponde al Miembro Troncoso inferior, representado predominantemente por areniscas finas a medianas, castañas claras a oscuras, en bancos tabulares, ocasionalmente con estratificación entrecruzada y ondulitas en la parte cuspidal. Además suele presentar por diagénesis rellenos de celestina y baritina en venillas y fracturas.

Continúa la secuencia con el Miembro Troncoso superior, el cual aloja el manto mineralizado que ha sido objeto de explotación, integrado fundamentalmente en la sección basal por carbonato de calcio finamente granular, sucedidas hacia su techo por yeso blanquecino a grisáceo (Fig.9) de textura laminar y nodular, con predominancia de yeso pulverulento. La mineralización, de hábito bolsón o distribuido tipo abultamiento algal estratoligado (Fig.10 y 11), está constituida por celestina y baritina en masas bien cristalizadas y en forma de estalactitas por removilización kárstica. “Estas bolsadas o sectores con sulfato removilizado, presentan una mayor pureza barítica, por lo que han sido explotadas selectivamente en forma manual artesanal” (INREMI, 2016).

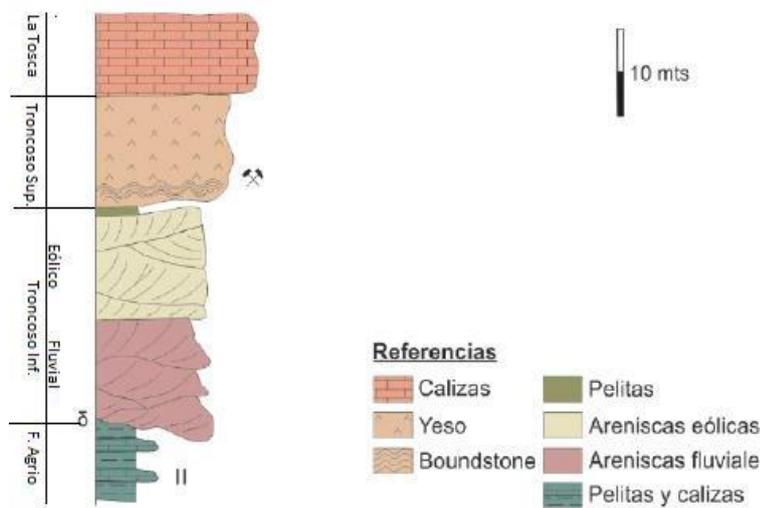
Por encima del Troncoso superior se asientan calizas del Miembro La Tosca (*grainstones* y *mudstones*) de coloraciones grises a castañas, con estratificación paralela en banquitos de hasta 10 cm, con moldes de bivalvos. Posteriormente continúa el Miembro Salina compuesto por pelitas varicolores, con grosera estratificación y ocasionales intercalaciones de yeso. Completando la estratigrafía local, se hallan los depósitos pleistocénicos constituidos por niveles aterrazados del río Neuquén, depósitos coluviales holocénicos y fluviales-aluvionales modernos, los cuales enmascaran parcialmente los afloramientos, especialmente en proximidades de la planicie de inundación del río o de los cursos temporarios que surcan el sector oriental de la propiedad minera.

Con relación a la posición estructural de la mineralización, esta se encuentra alojada en el flanco occidental de un sinclinal asimétrico, con eje buzante hacia el SSE, de rumbo general NNO. El horizonte mineralizado está afectado por fallas inversas con desplazamiento de rumbo que provocan la repetición de bancos, rasgo estructural que se visualiza particularmente en las areniscas del Miembro Troncoso inferior. Adicionalmente, se han observado fallas transversales de rumbo general E-O que generan desplazamientos de los estratos en magnitudes de unos pocos metros (INREMI, 2016).

Como ya se ha indicado, la mineralización barítica es de carácter estratoligado vinculada singularmente al Miembro Troncoso superior, es sobrepuesta, y a veces reemplazada lateralmente por niveles de yeso y de calizas del Miembro la Tosca. Hacia

los sectores centro y sur del yacimiento, el plegamiento de las capas favorecido por la plasticidad del yeso y niveles arcillosos de la Formación Agrio, han generado el despegue de estos horizontes con sobrecorrimientos (Fig.12) y repliegues internos en parte de la secuencia evaporítico-sedimentaria. De este modo es factible observar la duplicación de las areniscas del Troncoso inferior y del horizonte yesoso en varios sectores del depósito, lo cual podría explicar la presencia de algunos niveles de baritina por encima de las calizas de La Tosca.

En las partes aflorantes del manto mineralizado, predomina como relleno de cavidades y oquedades kársticas generalmente en los niveles del yeso, y esporádicamente en las calizas del Miembro La Tosca. Según consigna el informe de INREMI (2016), en dichas cavidades se ha producido la depositación esencialmente de baritocelatinas, es decir minerales mucho más ricos en Ba y por lo tanto con mayor peso específico.



**Figura 8:** Columna Estratigráfica de la Mina Barda Klein (modificado de Escobar, 2016).

Las estructuras de disolución kárstica presentan cavidades con una diversidad de formas y tamaños, desde algunos milímetros hasta más de uno o dos metros, y se desarrollan preferentemente por encima del nivel freático. Lo cual ha orientado, juntamente con la mayor concentración de baritina, la explotación selectiva de dichos sectores, tanto en superficie como en laboreos subterráneos de poca profundidad.

El banco mineralizado presenta potencias que van desde pocos centímetros hasta máximos de 6-8 metros. En el sentido del rumbo los afloramientos son discontinuos, lenticulares y de orientación preferencial N-S (Fig.16). La inclinación general del banco es de 75° hacia el E (Fig.14), con variaciones locales de 60 a 65°. Hacia el sur la secuencia sedimentaria es cortada por el curso del río Neuquén, mientras que en el sector norte los niveles evaporíticos tienden a acuñarse por plegamiento. Recobrando una pobre expresión morfológica fuera de los límites de la pertenencia minera, donde ha sido reconocida y explotada parcialmente mediante pequeños laboreos subterráneos. La explotación llevada a cabo en la mina Barda Klein ha tenido dos modalidades: durante los primeros años de su actividad extractiva (mitad del siglo pasado), la explotación se realizó mediante galerías, socavones (Fig.13) y piques sobre el banco mineralizado aflorante. La labor subterránea de mayor desarrollo, corresponde a una

galería de unos 60 metros sobre manto, con acceso a través de una cortaveta (Fig.15) de 113 m de longitud con cota de ingreso en los 752 msnm. Durante los sucesivos períodos de explotación se han mantenido pilares de sostenimiento que dejan a la vista las características del manto mineralizado. En ambos extremos de la galería (sur y norte) queda expuesto el manto mineralizado con menor potencia de mineral a la vista (0,80 m a 1m), al igual que en un pique de reconocimiento de 5 metros de profundidad, ubicado pocos metros al sur del ingreso a la galería de explotación, señalando la continuidad del mineral, como así la presencia de agua del subálveo del río Neuquén. En años más recientes la explotación se desarrolló mediante excavaciones a cielo abierto, preferentemente en los sectores de mayor potencia y peso específico del mineral allí presente.



**Figura 9:** La línea de color amarillo delimita la exposición del manto superficial.



**Figura 10:** La línea de color rojo delimita el hábito bolsonar de la mineralización en estratos subverticales.



**Figura 11:** Vista hacia el sur, socavones sobre manto y exploración a cielo abierto. La línea de color rojo marca la tendencia bolsonar de la mineralización mantiforme.



**Figura 12:** La línea de color rojo delimita un pliegue de caliza recubriendo un núcleo de baritina/celestina. Sobrecorrimientos en cercanías del sondeo Bk1.



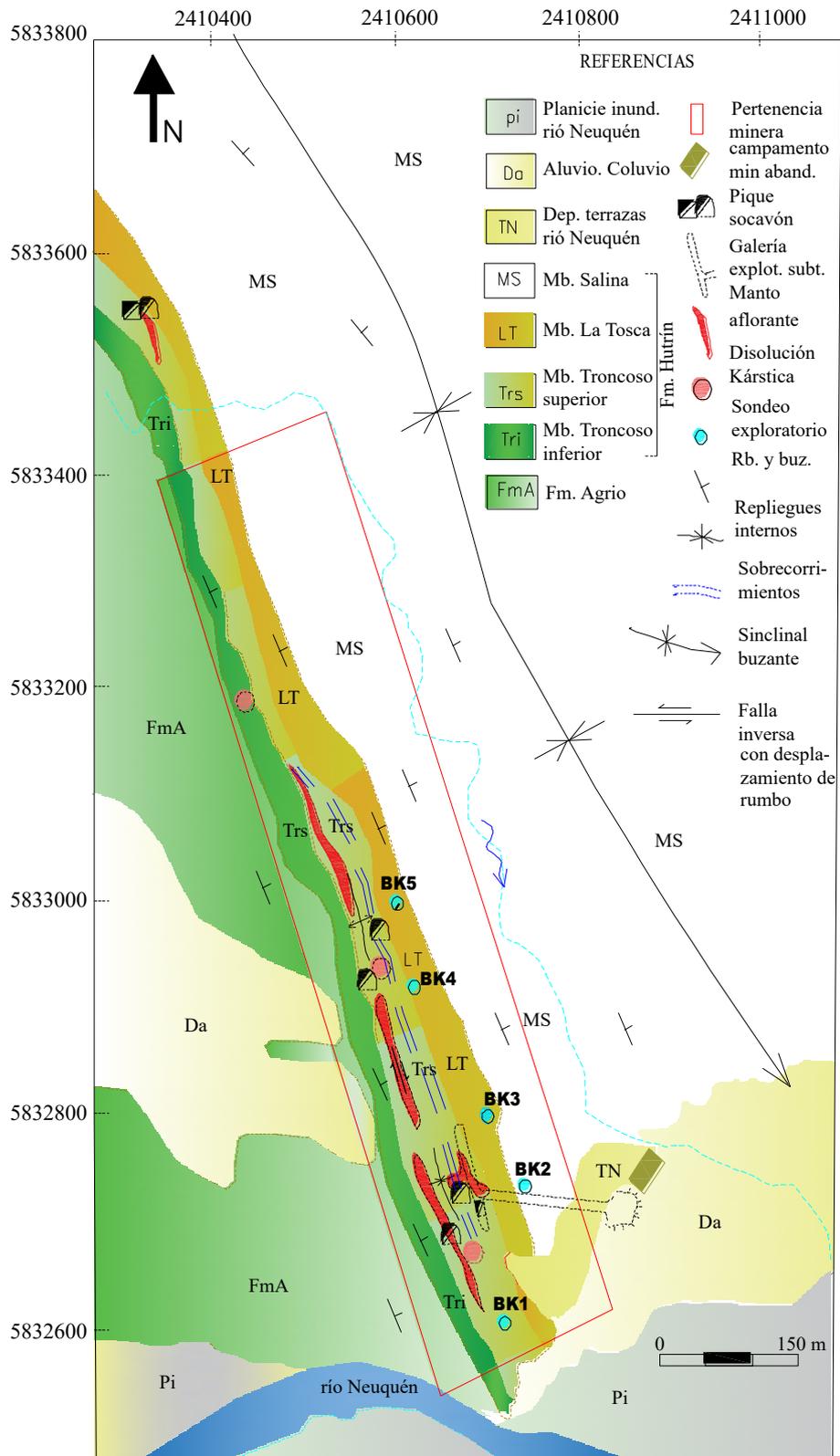
**Figura 13:** La línea de color rojo delimita los socavones de reconocimiento y explotación a cielo abierto.



**Figura 14:** Pilares de sostenimiento sobre mineral. Nótese el fuerte buzamiento del mismo (75° E).



**Figura 15:** Mineral acopiado en la galería de explotación s/frente norte. Al fondo ingreso por corvetas.



**Figura 16:** En color rojo se observa en forma discontinua la mineralización de Sr-Ba, de rumbo NNO-SSE (Bosquejo y modificado de INREMI, 2017).

#### 4.2 Ubicación y denominación inicial de los sondeos programados. Objetivo previsto.

Sondeo	Coordenadas/ Geográficas	Cota bpm/msmm	Inicio Perforación	Buzamiento del manto	Distancia horizontal al manto	Angulo de perforación	Profundidad estimada al piso del manto
BK1	37° 39' 05" S 70° 00' 42" O	750	Se ubica en el sector SE de la mineralización. Inicio de la perforación sobre calizas.	50° E, en calizas	35 m	90°	46 m
BK2	37° 39' 00" S 70° 00' 40" O	756	Sobre zona plegada y posible sobrecoimiento. Inicio de la perforación sobre yeso.	52° E	40 m	90°	56 m
BK3	37° 38' 57" S 70° 00' 43" O	756	Inicia perforación sobre en arcilitas moradas y verdosas.	48° E	40 m	90°	50 m
BK4	37° 38' 52" S 70° 00' 47" O	774	Inicia perforación sobre calizas ferruginosas y arcilitas verdes con yeso.	64° E	35 m	90°	75 m
BK5	37° 38' 49" S 70° 00' 48" O	782	Sobre extremo norte, zona reconocida. Inicio de la perforación sobre yeso.	58° E	35 m	90°	60 m

**Tabla 3:** Ubicación y designación de los sondeos exploratorios.

### 4.3 Localización de los sondeos exploratorios

Inicialmente se programaron cinco sondeos cuya ubicación se ilustra en la Fig.17 detallando en cada caso coordenadas geográficas, cota y características de cada locación en relación al piso del manto mineralizado aflorante.



**Figura 17:** Ubicación de los sondeos exploratorios en la mina Barda Klein (Imagen Google Earth 2023).

Durante la ejecución de los sondeos se incorporaron dos nuevos en las locaciones de los pozos BK2 y BK4, dirigidos con ángulos de  $45^\circ$  y  $55^\circ$  respectivamente, al tiempo que se redireccionó el BK3 a  $45^\circ$ .

### 4.4 Descripción de los testigos y selección de cajas para análisis químico y determinación de peso específico.

En el trabajo de campo se realizó la descripción macroscópica de la litología (Fig.18), alteraciones, discontinuidades y mineralizaciones (logueo). Finalizada esta tarea se identificó y seleccionó los tramos con presencia de mineral de interés en cada sondeo (Fig. 19). Se apartó las cajas para el posterior muestreo destinado a análisis químicos, determinación de Pe y eventualmente cortes para examen microscópico o ensayos físicos de concentración, según el siguiente detalle y de acuerdo a la notación registrada por la empresa perforista en las cajas de testigos. El esquema identificador que se indica seguidamente, se basa en la inscripción y nomenclatura registrada en las cajas y

fija las equivalencias con las denominaciones iniciales de los sondeos. En el anexo I se incorporan los logs de los sondeos aquí descritos.

**Denominación inicial según programación:** BK1, BK2, BK3, BK4, BK5

**Denominación según registros de la perforista:** PB, PA 2v/2i, 3i PD, 4v/4i, PC



**Figura 18:** Descripción litológica de los sondeos.



**Figura 19:** Selección de los tramos del mineral de interés.

## 5. METODOLOGÍA

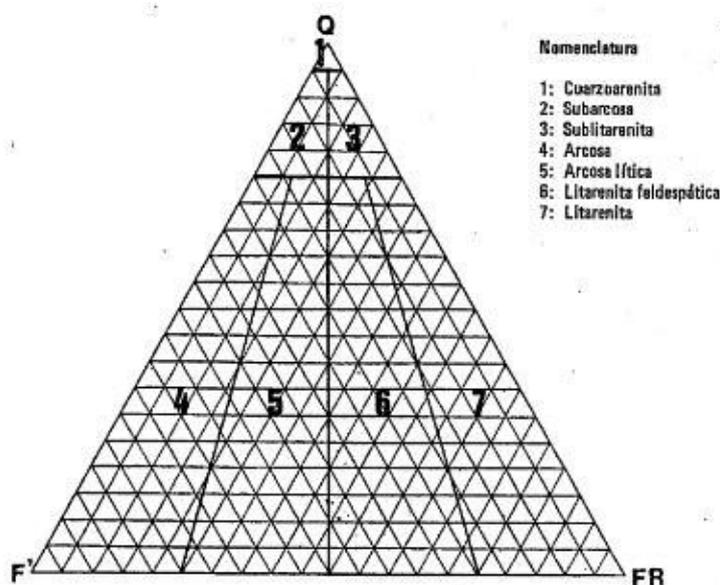
La metodología de trabajo se dividió cronológicamente en varias etapas, comenzando con un trabajo de gabinete inicial, en el que se llevó a cabo la recopilación de información sobre los antecedentes en la zona de interés, la geología regional, los datos vinculados a la actividad minera extractiva y estudios geológicos mineros del yacimiento en estudio (INREMI, 2016).

En cuanto al trabajo de campo comenzó por organizar, reagrupar y ordenar las cajas de cada sondeo bajo un esquema identificatorio detallado con anterioridad. Posteriormente se llevó a cabo la descripción macroscópica de los testigos, con el objetivo de identificar la mineralización de Sr-Ba. En el que se describió: litología, mineralogía, texturas, estructuras sedimentarias, alteraciones-meteorización, consistencia, tipo de discontinuidades, porcentaje de recuperación de los testigos, por el método de Jorge Castilla Gómez y Juan Herrera Herbert (2012). Este trabajo se efectuó con lupa de mano y CIH. Los instrumentos y la financiación para realizar las actividades de campo fueron aportados por el director del presente trabajo. Una vez finalizada la descripción macroscópica, se seleccionaron 15 cajas con la identificación de niveles de mineralización de Sr-Ba. Para el muestreo posterior destinado a análisis químicos, determinación de Pe y eventualmente cortes para examen microscópico o ensayos físicos de concentración, de acuerdo a la notación mencionada con anterioridad. La determinación de Pe se llevó a cabo en el Laboratorio químico del AUZapala.

En la segunda etapa del trabajo de campo, se realizó un relevamiento de datos que se basó en el levantamiento de perfiles y geología de superficie, a una escala 1:500, con toma de puntos con GPS en los lugares donde se realizaron los sondeos exploratorios. Además, se levantó con una escala de detalle, 1:100 o 1:50 perfiles transversales a la línea de cada sondeo. Estas tareas se desempeñaron con brújula, cinta métrica, GPS y piqueta. Se observó detalladamente: litología, la disposición estratigráfica vinculada a la mineralización, discontinuidades estructurales y su relación con respecto a la distribución espacial de las secciones aflorantes del manto mineralizado, así como también su buzamiento, espesor y tipo de mineralización.

Por otra parte, en el trabajo de laboratorio se completó la descripción macroscópica, mediante la descripción de los cortes delgados y clasificación de las muestras, a través del uso de lupa, HCl y microscopio petrográfico. Esta labor se desarrolló en el laboratorio de mineralogía perteneciente a la Universidad Nacional del Comahue.

La clasificación de las rocas sedimentarias (Fig.20) se realizó por el método de Folk (1974).



**Figura 20:** Triángulo de clasificación que relaciona Q (cuarzo), F (feldespato) y FR (fragmento de roca), (extraído de Castro Dorado, 1989).

Asimismo, en el laboratorio CIMAR localizado en la Universidad Nacional del Comahue, se realizó mediante difracción de RX la determinación cualitativa de las cantidades de Sr y Ba.

Los resultados obtenidos del análisis de Difracción de Rayos x (DRX), se realizó por medio del procedimiento de rutina:

- Molienda muestra total pasante # 100.
- Montaje en porta muestra de aluminio de carga frontal.
- Los difractogramas se pasaron desde los  $3^\circ 2\theta$  hasta los  $65^\circ 2\theta$ , a una velocidad angular de  $3^\circ/\text{minuto}$ , se utilizó ánodo CuK,  $\lambda=1,5414 \text{ \AA}$ , 40 Kv, 30 mA, velocidad de barrido  $3^\circ/\text{minuto}$ , step 0,02, porta muestra horizontal y goniómetro vertical.

El software utilizado para la interpretación fue HighScore Plus y la base de datos Crystallography Open Database (COD). No fue posible realizar la semicuantificación por no tener el método que permita evaluar los minerales de las muestras analizadas, por ello se expresan en orden relativo de abundancia en orden decreciente.

Equipo utilizado: marca Rigaku, modelo SmartLab, perteneciente a la UEPROBIENUN-co.

## Clasificación de reservas

Este método hace referencia a los términos reserva y recurso, categorizando a la reserva de los materiales de interés según el grado de existencia en términos como, probada, indicada y posible McKelvey (1973) (Fig.21).

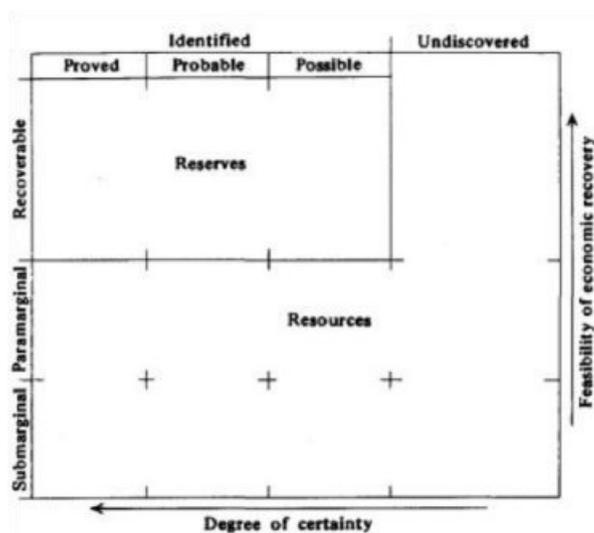
**Reservas:** indica al material económicamente recuperable en depósitos identificados.

**Recurso:** incluye depósitos que no han sido descubiertos, así como depósitos que han sido identificados pero no se pueden recuperar actualmente.

**Reserva probada:** concierne a depósitos que fueron muestreados en algún sector de su exposición.

**Reserva indicada:** corresponde a depósitos completamente ocultos, los cuales existe evidencia geológica y se conoce la ubicación específica, pero no admite el mineral depositado en estructuras desconocidas en distritos no descubiertos.

**Reserva posible:** se refiere a depósitos cuya existencia se conoce a partir de al menos una exposición del mismo.



**Figura 21:** En esta figura se observa la categorización de los recursos y reservas (extraído de McKelvey, 1973).

Entre las distintas labores que se desarrollaron en el trabajo de gabinete final, se digitalizó el registro de los sondeos con una aplicación de gráficos vectoriales estándar llamada Illustrator. Se correlacionó la información obtenida de los estudios realizados previamente en los laboratorios, con los datos relevados en la segunda etapa de campo, en un perfil longitudinal a lo largo del rumbo de la mineralización en el depósito. En lo que se determinó en forma prefigurada los patrones de distribución de la mineralización, relacionados a la tectónica y diagénesis del yacimiento mina Barda Klein. La elaboración de las secciones digitales transversal y longitudinal, se confeccionaron con el software Autocad. En forma tentativa, se evaluó y se estimó los recursos identificados por la exploración y categorización preliminar de reservas comprobadas y recursos

potenciales del yacimiento. El cálculo de reserva se realizó por medio de métodos convencionales de extrapolación geométrica solo para reservas de afloramientos superficiales, dando la posibilidad de diseñar bloques pudiéndose medir en las tres dimensiones (largo, ancho y alto). Se estimó los recursos identificados por la exploración mediante sondeos, categorizando preliminarmente reservas comprobadas (medidas e indicadas) y recursos potenciales del yacimiento. El cálculo de reservas y recursos se realizó con el método de McKelvey (1973).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Tramos con presencia del mineral de interés

A continuación en la tabla, se enumeran los niveles identificados con evidencias macroscópicas de mineralización de Sr-Ba, conjuntamente con los datos descriptivos de litología y discontinuidades estructurales del tramo correspondiente en cada sondeo.

Sondeo	Nro de caja	Tramo mts.	Mineralización
Bk1 (PB)	5 23	21-25 80-83	Brecha pelítica con fragmentos de celestina. Arenisca con venilleo de celestina + calcita.
Bk2 (PA 2v)	11,12,13	31-37, 53-56	Yeso nodular con brecha carbonática + celestina en venillas.
Bk2 (PA 2i) 55°	2	24-26	Yeso laminar con brecha de celestina + calcita.
Bk3 (3i) 45°	8,9	27-30	Yeso laminar a nodular con venillas de celestina (¿?) + calcita intercalados en fangolitas brechosas.
Bk4 (Pd)	14,16,17	45-55	Brecha yesífera con fragmentos carbonáticos y celestina botroidal en relleno de diaclasas.
Bk5 (PC)	5,16,18	15-18, 41-48	Yeso laminar y nodular brechado con fragmentos de celestina y calcita.

**Tabla 4:** Identificación de los niveles de interés correspondiente a cada sondeo exploratorio.

Una vez que se identificó los tramos con presencia de la mineralización, se muestreó cada uno de ellos conservando las fracciones de los testigos con evidencia macroscópica de celestina/baritina en las manifestaciones más frecuentes: masiva, en venas y vetillas, en masas con textura cebrada incorporadas en carbonatos y/o yeso de hábito laminar, o nodular y recristalizadas en cavidades de disolución. En los laboratorios del Asentamiento Universitario Zapala, se determinó el PE de cada compuesto, los resultados se ilustran en la tabla 5.

<b>Muestras</b>	<b>Peso Específico g/cm<sup>3</sup></b>
“2V” BOX 16	2.38
“2V” BOX 11	2.65
“PB” BOX 23	2.73
“5V” BOX 13	2.32
“3I” BOX 08	2.31
“4I” BOX (16-14-17)	3.68
“2V” BOX 12	2.88
“PV” BOX 05	3.50
“5V” BOX (16-18)	2.73
“3I” BOX 05	2.33

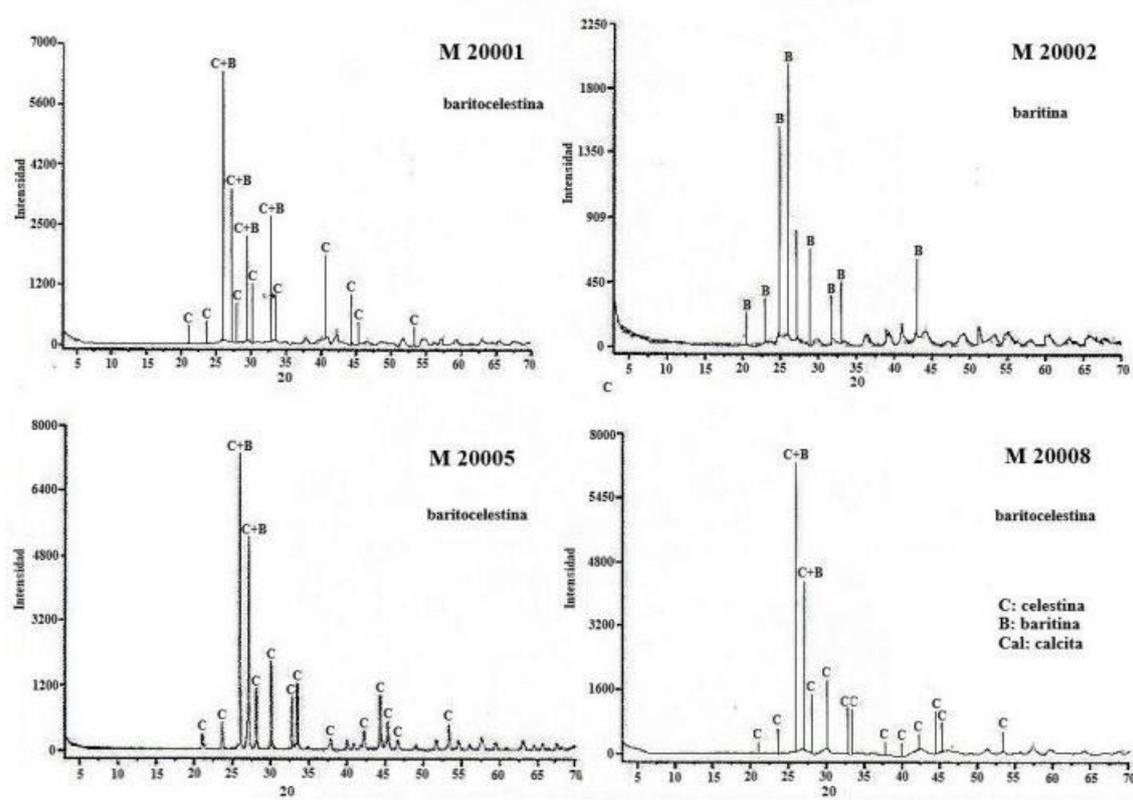
**Tabla 5:** Pesos específicos de los tramos con mineralización vista. Laboratorios AuZa (2018).

Se comparó los resultados obtenidos con la densidad de bulto (muestreo de volumen para ensayos químicos y de concentración gravitacional) indicados en el informe de (INREMI, 2016) (Tabla 6), y se observó que los valores de peso específico resultan semejantes en orden de magnitud.

<b>N de Bloque</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Altura medida (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad de Bulto (g/cm<sup>3</sup>)</b>
1	4	7	35	980	2,86
2	7	8	20	1120	2,75
3	5	8	20	800	2,85
4	1.5	5	18	135	2,97
5	2.5	8	15	300	3,06
6	4	6	30	720	3,31

**Tabla 6:** Parámetros utilizados para la determinación de recursos medidos en afloramientos expuestos en superficie, susceptibles de explotación a cielo abierto (extraído de INREMI, 2016).

De igual modo a lo observado en su momento por el mencionado estudio, las densidades del material muestreado en los testigos de los sondeos, estarían reflejando una predominancia del Sr sobre el Ba. Al respecto apunta el informe de INREMI (2016): “dicha predominancia ya se había reflejado en los difractogramas de RX (Fig. 22), por lo que la especie más abundante es la celestobaritina.”.



**Figura 22:** Las muestras M 20001, M 20005, M 20008 reflejan el dominio del mineral de (C) celestina sobre la (B) baritina (extraído de INREMI, 2016).

## 6.2 Descripciones Petrográficas

Las descripciones de las muestras que se recolectaron en la mina de celestina/baritina Barda Klein, permitió completar la información acerca de la presencia y el estado de la celestina/baritina en profundidad. La extracción de las muestras se realizó en los sectores con presencia del mineral de interés, en los sondeos realizados en la zona de estudio. El objetivo de estas descripciones ha sido detectar la presencia de celestina/baritina en el cemento de areniscas y rocas carbonáticas, para su evaluación en relación a la exploración minera en el área.

Las muestras (seis en total) se identificaron con la letra BK (Barda Klein), según la denominación inicial asignada por la empresa, de acuerdo al orden de perforación y la profundidad que fueron tomadas.

Se destaca que no se observó microscópicamente celestina/baritina en el cemento de las rocas estudiadas. Si se presenta en venillas y superficie de discontinuidad evidenciando un aumento de los cristales a medida que aumenta la profundidad.

### 6.2.1 Muestra Bk1 0.5 m: Litarenita Feldespática

Roca de grano medio a fino, de color grisáceo a blanco, compuesta por cuarzo y fragmentos líticos con un cemento carbonático. La celestina/baritina se encuentra rellenando cavidades parcialmente, dando a la roca un aspecto poroso, en bandas de cristales con hábito botroidal y en venillas de 0,5 cm de espesor (Fig. 23).



**Figura 23:** Bk1 0.5, litarenita feldespática. 1) Muestra de mano.

### 6.2.2 Muestra Bk1-54 m: Litarenita Feldespática

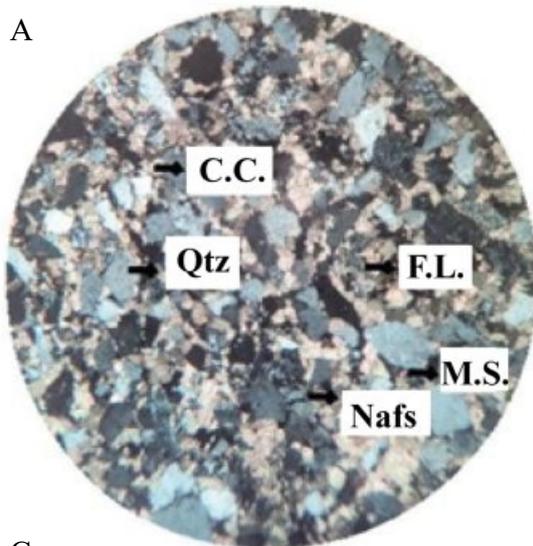
Roca de grano medio a fino, de color grisáceo a blanco, compuesta por cuarzo y fragmentos líticos. A escala microscópica se observan granos de cuarzo, feldespato (Fig. 24-A), escasas muscovitas (Fig. 24-B), clorita de hábito laminar (Fig. 24-C), biotita (Fig. 24-D), y fragmentos líticos por cuarzo policristalino (Fig. 24-A). Se observa abundante cuarzo anguloso a subanguloso, en algunos casos presenta extinción ondulosa. La roca en ocasiones se encuentra atravesada por venas, compuestas por calcita y celestina o baritina (estos minerales no pueden diferenciarse por petrografía). Se pueden observar dos tipos de venillas; una posee cristales de calcita gruesos subhedrales en los bordes y celestina/baritina con un tamaño de grano fino y de forma subhedral en la parte central; (Fig. 24-E) la otra venilla, transversal a la anterior, posee

cristales de tamaño fino de celestina/baritina (Fig. 24-F). Se pudo distinguir una venilla principal y transversales subparalelas entre ellas. Además se pudieron diferenciar venillas de distinta generación las más finas son posteriores a las venas más gruesas. El cemento de la roca es carbonático.

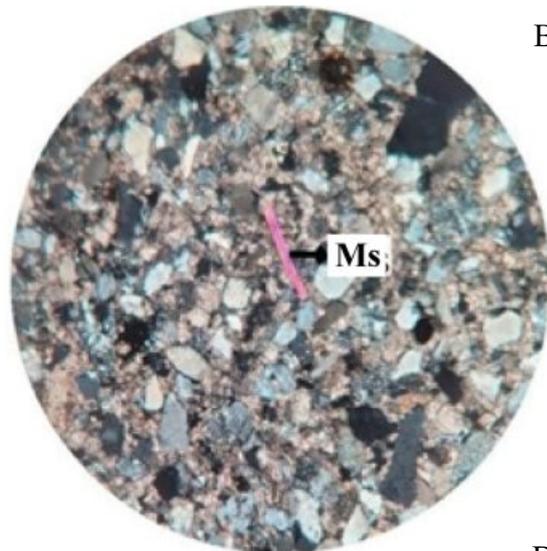
1



A

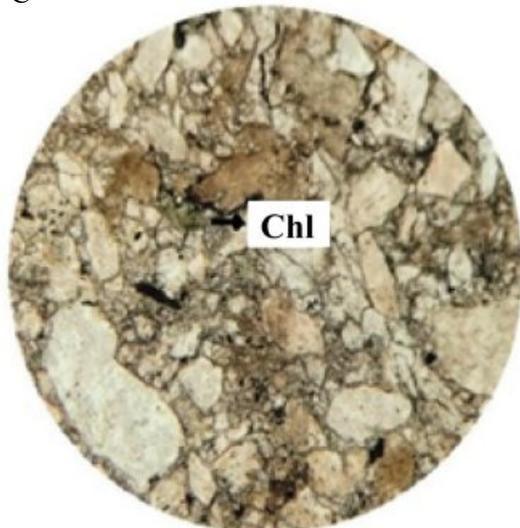


2

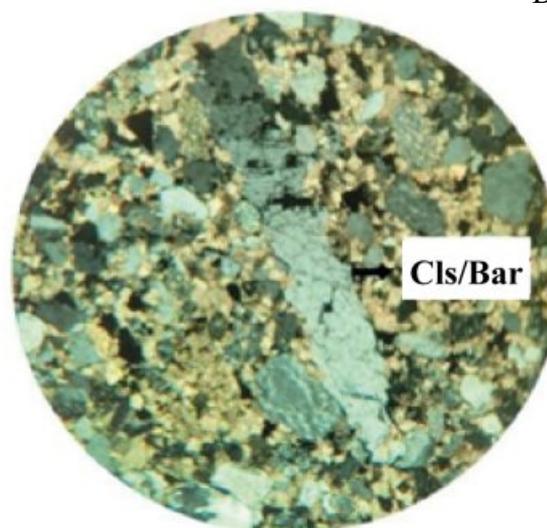


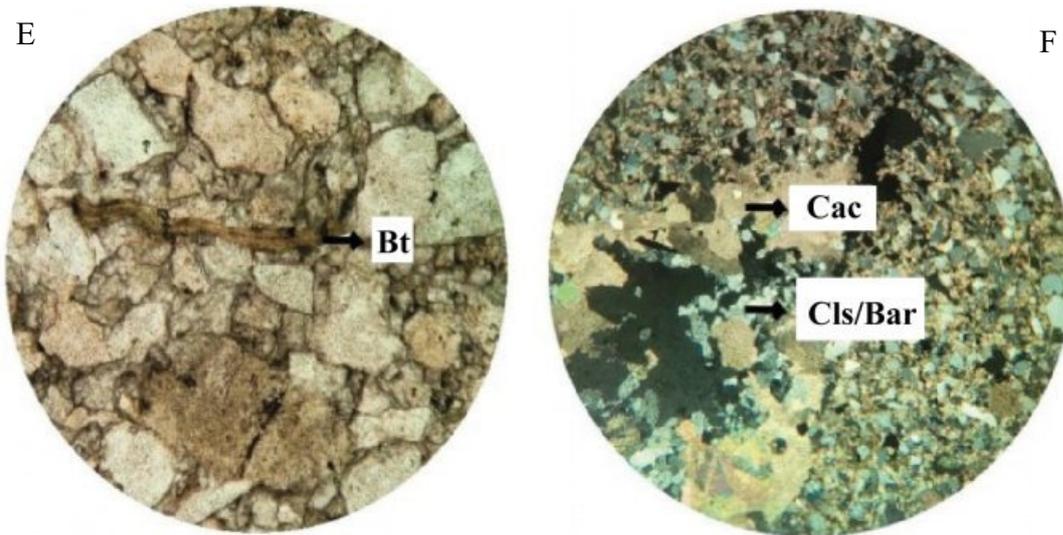
B

C



D





**Figura 24:** Bk1 03-54 m, litarenita feldespática. 1) Muestra de mano. 2) Fotomicrografías A. Granos de cuarzo (Qz), muscovita (Ms), feldespatos sódicos (Nafs), y fragmentos líticos (F.L.) de cuarzo policristalino con un cemento carbonático (C.C.) en mosaico (nicoses cruzados). B. Ms de hábito tabular (nicoses cruzados). C. Clorita (Cl) de hábito tabular (nicoses paralelos). D. Vena de celestina/baritina. E. Biotita (Bt) de hábito tabular (nicoses paralelos). F. Venillas con celestina/baritina (Cls/Bar) en su parte central y calcita (Cac) en los bordes (nicoses cruzados).

### 6.2.3 Muestra Bk2-42 m: Brecha de yeso nodular

Brecha de yeso nodular de grano fino, color blanco en fragmentos de 0,3 a 5 cm y celestina/baritina con un tamaño de 0,3 a 1 cm. Los fragmentos están unidos por venas de carbonato con un espesor 0,01 cm (Fig. 25).

1



**Figura 25:** Bk2-42m, brecha de yeso nodular. 1) Muestra de mano.

#### 6.2.4 Muestra Bk3i-112 m: Yeso

Yeso macizo a fibroso-laminar de color gris oscuro.

1



**Figura 26:** Bk3i-112 m, yeso macizo a fibroso.

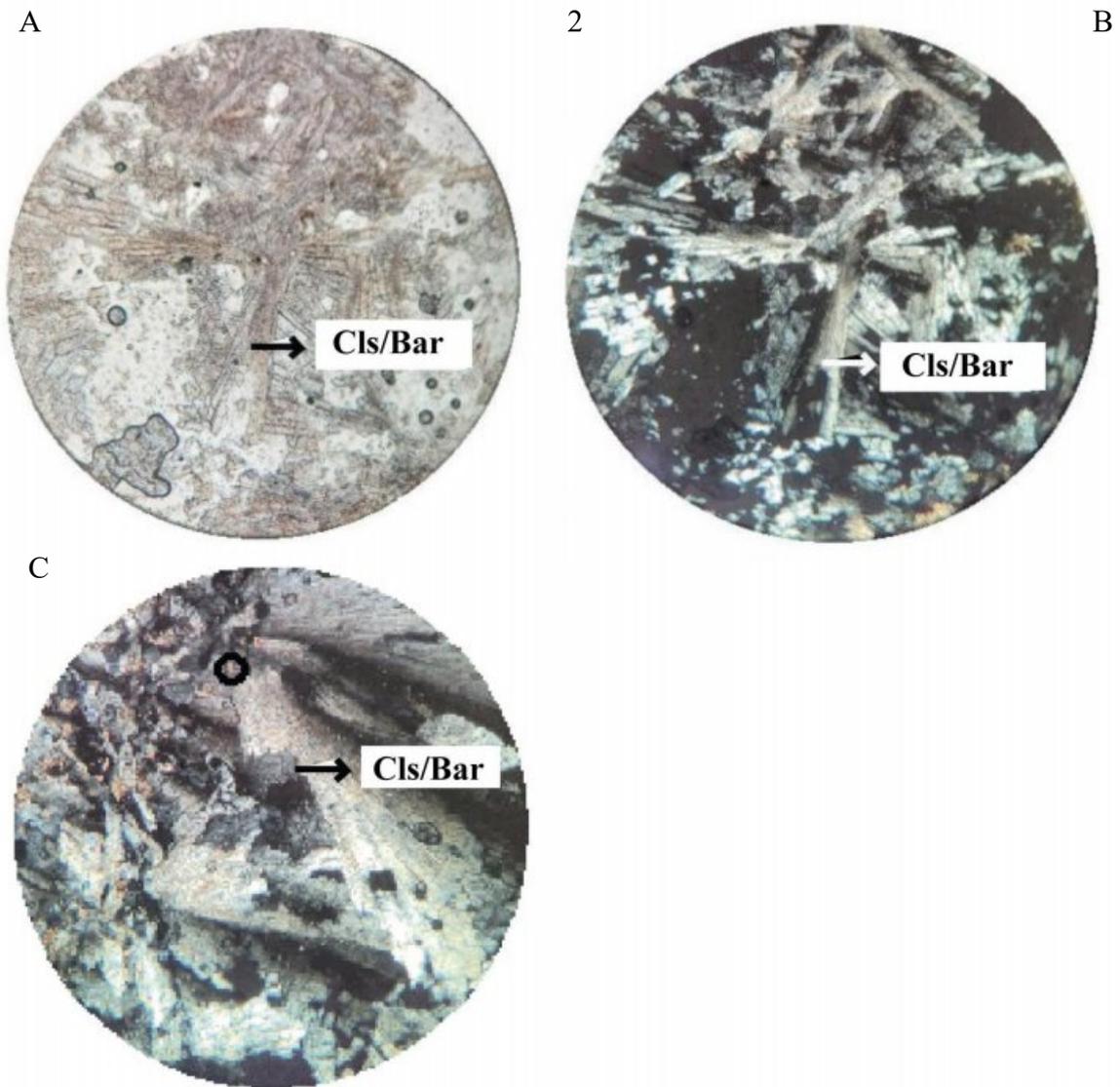
1) Muestra de mano.

#### 6.2.5 Muestra Bk4i-45 m: Celestina/Baritina

Roca de grano fino, blanquecina a amarronada con sectores donde predomina la calcita y otros donde predominan granos finos de celestina/baritina como constituyentes principales. A escala microscópica predominan cristales de celestina/baritina de mayor desarrollo (tamaño mediano a grueso), de hábito tabular/fibroso dispuestos de forma radial (Fig. 27 A y B) y carbonato, probablemente calcita, microcristalino secundario como alteración (Fig. 27-C).

1





**Figura 27:** Bk4i-45 m, celestina/baritina (Cls/Bar). 1) Muestra de mano. 2) Fotomicrografías. A (nicoles paralelos), B-C (nicoles cruzados). Cristales de Cls/Bar de hábito radial. C. El círculo señala la alteración de calcita.

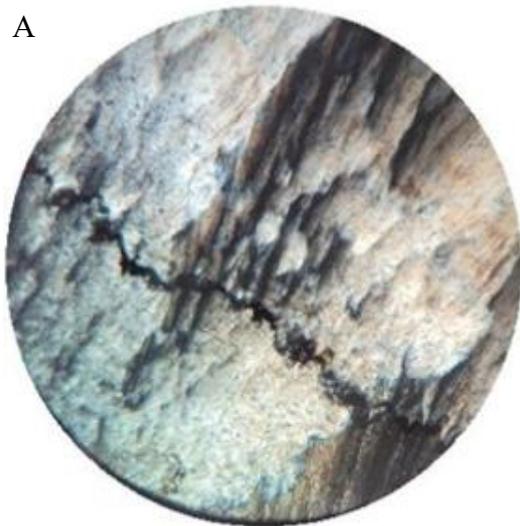
#### 6.2.6 Muestra Bk4i-50 m: Celestina/Baritina

Roca de grano fino, blanquecina, amarronada por alteración, en sectores donde predomina la calcita, y en tonalidades celeste, en sectores con presencia de cristales de mayor desarrollo de celestina y de grano fino de celestina/baritina. A escala microscópica predominan cristales de mayor desarrollo (tamaño de grano grueso), de hábito tabular/fibroso dispuestos en forma radial (Fig. 28 A y B) y carbonato microcristalino de alteración. Bandas de celestina botroidal que pasa transcionalmente a láminas de celestina/baritina de cristales más finos con abundante carbonato microcristalino, probablemente calcita.

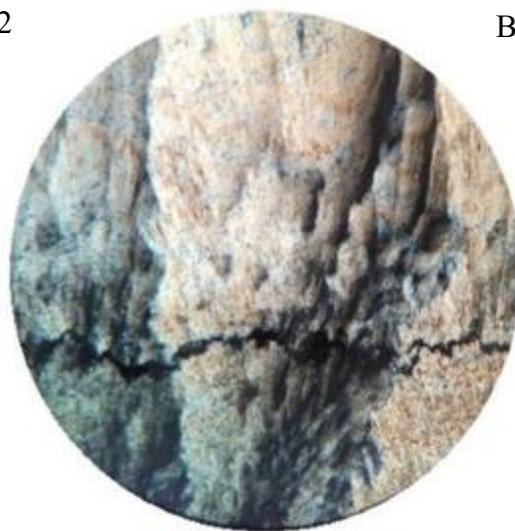
1



A



2

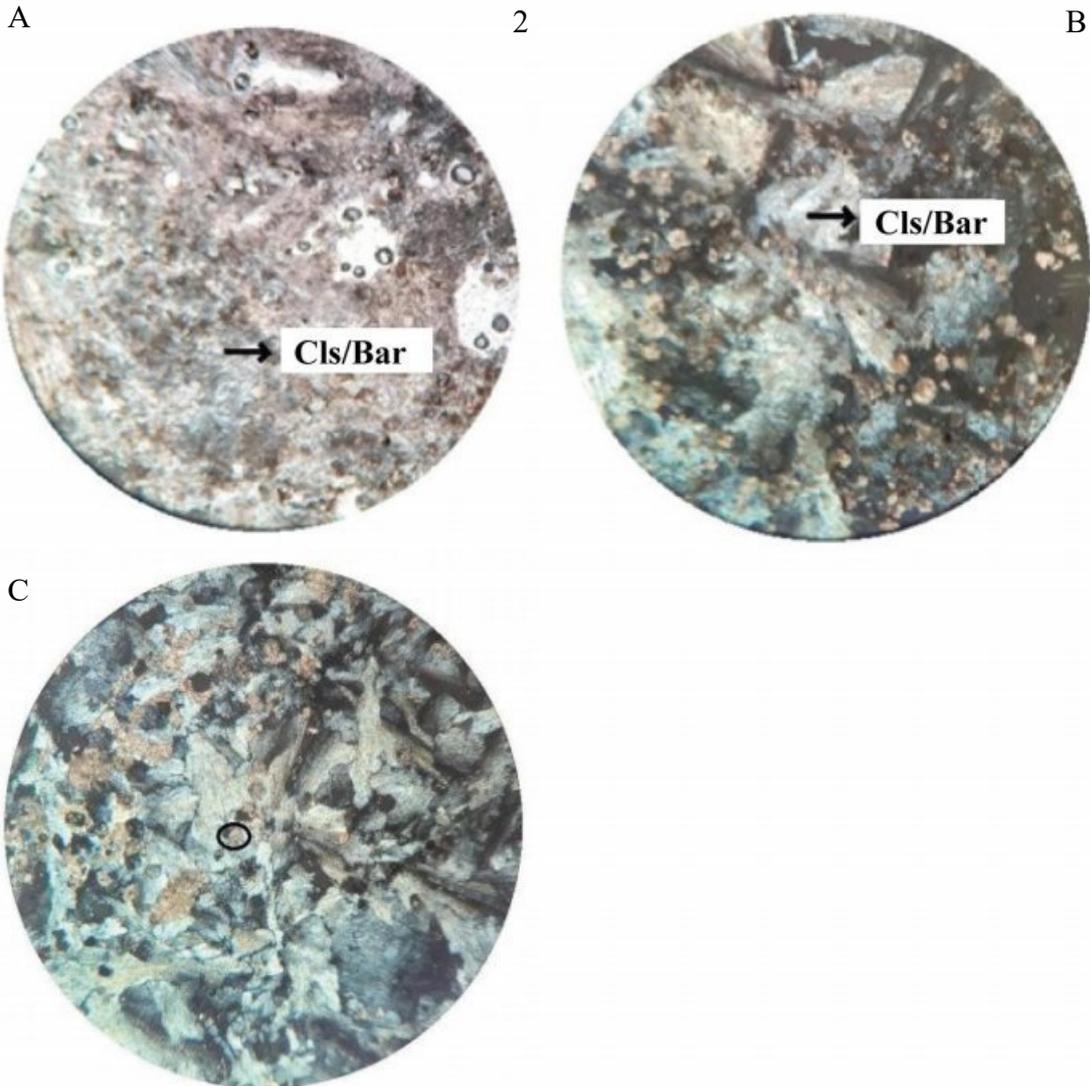


B

**Figura 28:** Bk4i-50 m, celestina/baritina (Cls/Bar). 1) Muestra de mano. 2) Fotomicrografías. A-B (nicoses cruzados). Cristales gruesos de Cls/Bar de hábito radial mostrando la variación del color de interferencia al girar la platina.

### 6.2.7 Muestra Bk4i-55 m: Celestina/Baritina

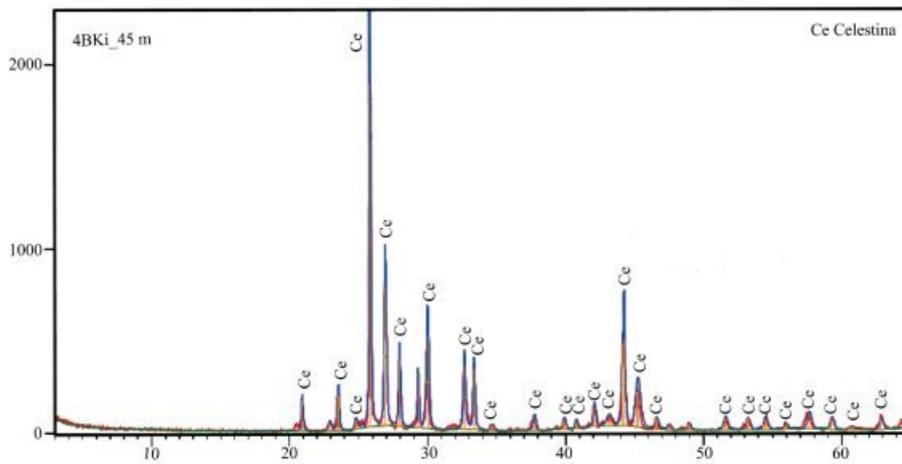
Roca de grano fino blanquecina, amarronada por alteración, en sectores donde predomina la calcita, con tonalidades celeste, en sectores con presencia de cristales de celestina y de grano fino de celestina/baritina. A escala microscópica predominan cristales de celestina/baritina de mayor desarrollo (tamaño de grano medio), de hábito tabular/fibroso dispuestos en forma radial (Fig. 29 A y B) y carbonato microcristalino secundario. En ocasiones es atravesada por venillas mayormente de calcita. Una de las venillas, de un espesor de 0,7 cm, contiene calcita en su parte central y celestina/baritina en drusa en sus bordes.



**Figura 29:** Bk4i-55 m, celestina/baritina (Cls/Bar). 1) Muestra de mano. 2) Fotomicrografías. A (nicos paralelos), B-C (nicos cruzados). Cristales de Cls/Bar de hábito radial con calcita microcristalina de alteración. C. El círculo señala la alteración a calcita.

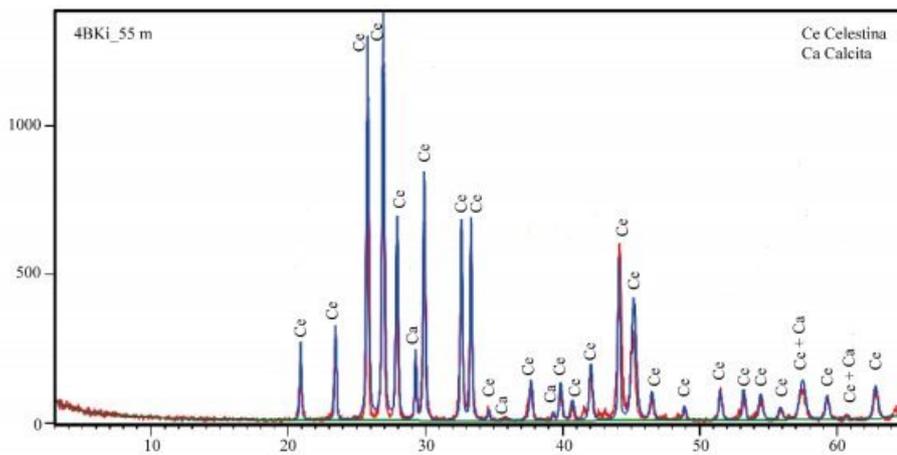


### 6.3.1. Muestra BK4i\_45 m



**Figura 32:** En la muestra BK4i\_45 m se observa la presencia de celestina (Ce) como único mineral presente (modificado de CIMAR, 2023).

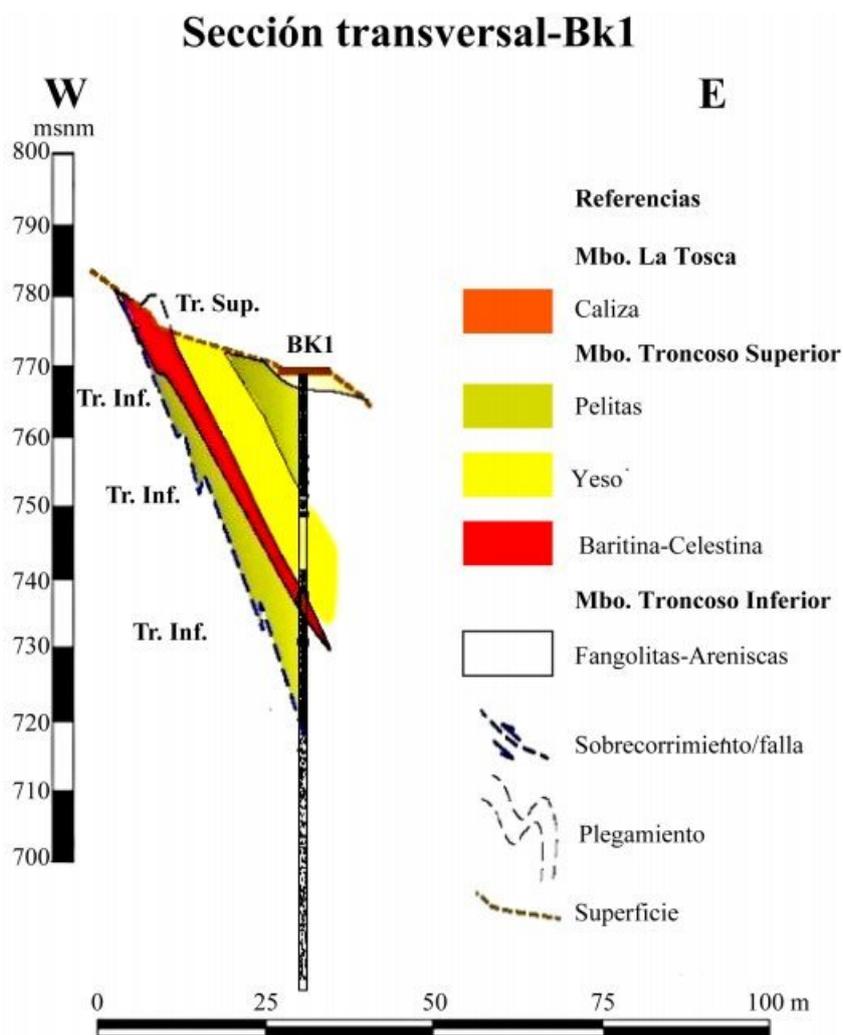
### 6.3.1. Muestra BK4i\_55 m



**Figura 33:** En la muestra BK4i\_55 m se observa la abundancia del mineral Celestina (Ce) por sobre la Calcita (Ca) (modificado de CIMAR, 2023).

## 6.4 Descripción de los tramos mineralizados y estériles. Interpretación de los registros en secciones transversales

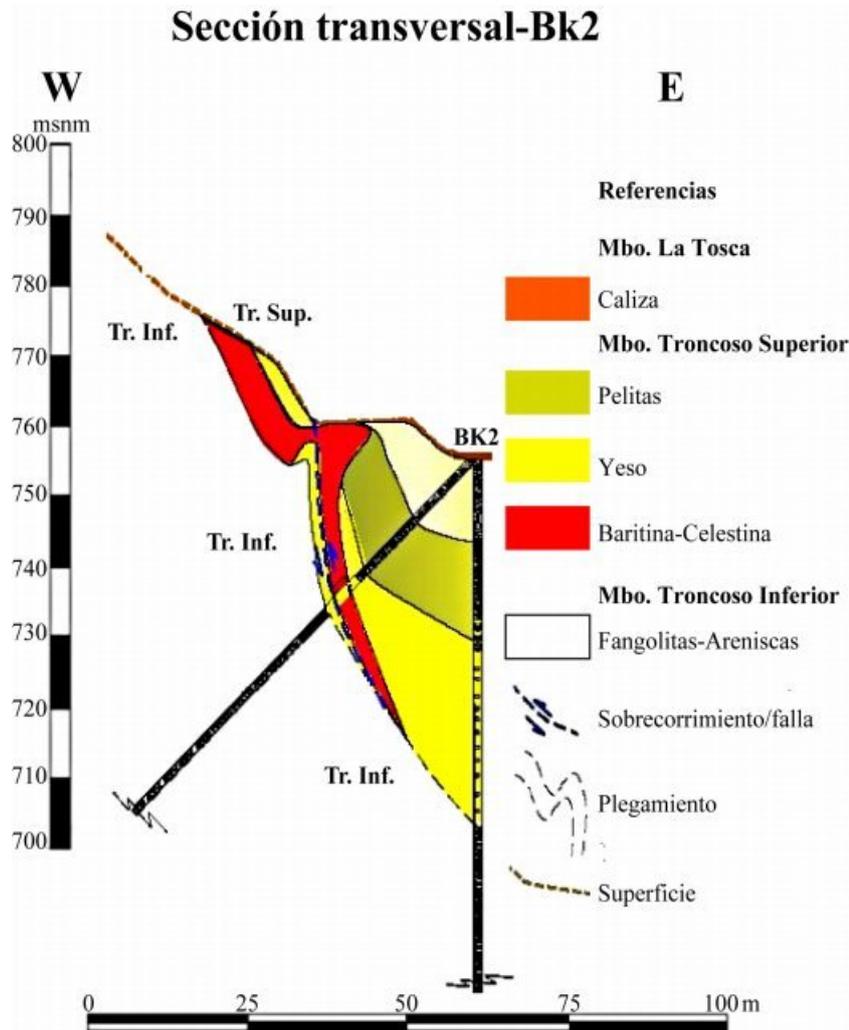
**6.4.1 Sondeo BK1 (vertical):** Se intersecta el techo del nivel de yeso brechado (Troncoso superior-posible plano de sobrecorrimento) con fragmentos de pelitas grises. Entre los 31 y 34 mbbp corta el mineral en fangolitas rojas, con intercalaciones de celestina diagenética (recristalizada) en masas irregulares y venillas. Continúa sobre pelitas, con pasaje transicional a areniscas grises claras (Troncoso inferior-piso del manto mineralizado) y finaliza en 87 mbbp de la mencionada unidad (Fig.34). El buzamiento del manto en exposiciones superficiales es de 65° E, con un espesor real del sector mineralizado en brecha carbonática + yeso laminar de 1,26 m.



**Figura 34:** Sección vertical sondeo Bk1 (adaptado y modificado de Danieli, 2017).

**6.4.2 Sondeo BK2 (inclinado: 55°W):** A partir de 24 mbbp se perfora el yeso laminar terroso con brecha de celestina y calcita hasta los 27 mbbp, finalizando con 2 metros de yeso compacto y venas de celestina. Continúa hacia el piso con una sucesión de pelitas y fangolitas brechoides, hasta las areniscas finas grises verdosas del Troncoso inferior. El tramo mineralizado confirma la presencia del manto, que en esta locación se encuentra discontinuado por plegamiento (Fig.35).

**6.4.2 Sondeo BK2 (vertical):** A los 24 mbbp se localiza el horizonte de yeso brechado con intercalaciones de pelitas oscuras, pasando transicionalmente a yeso nodular compacto con concreciones de calcita y arcilitas grises. El sondeo (Fig.35) ingresa a partir de los 97 mbbp en pelitas arenosas, muy probablemente del Troncoso inferior, finalizando a los 104 mbbp de profundidad. El segmento mineralizado cortado por el BK2 inclinado, se acuñaría traslapando a yeso en sentido O-E, formando parte de un cuerpo de celestina distribuido tipo abultamiento algal estratoligado y de baja ley.

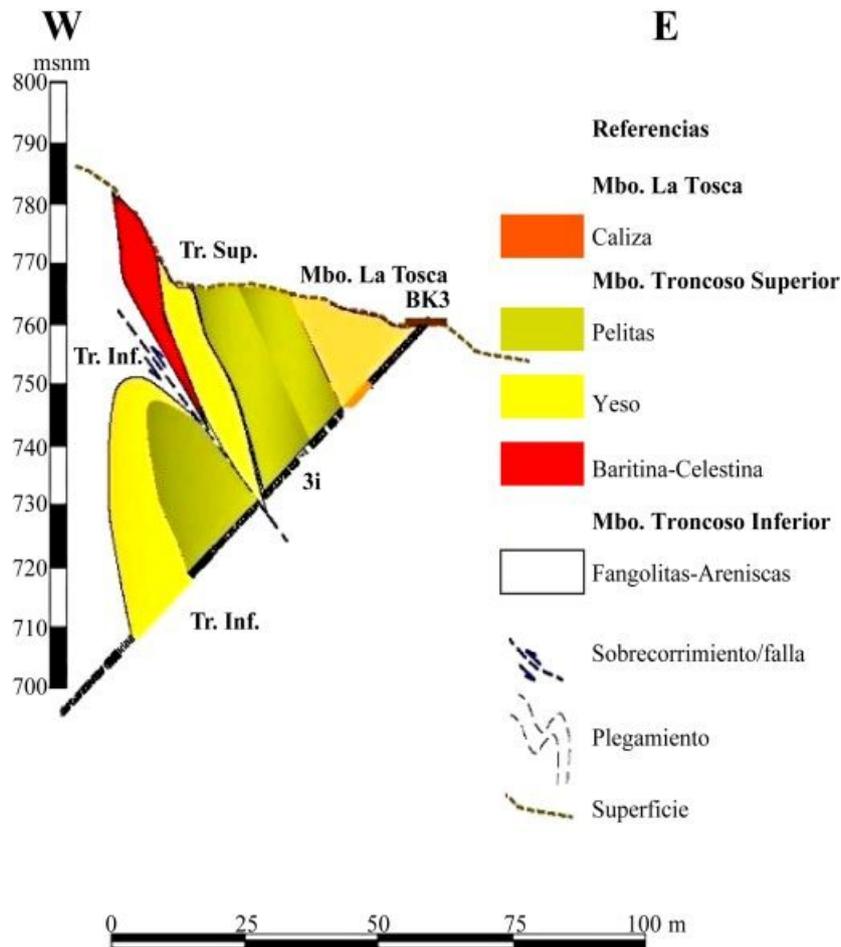


**Figura 35:** Sección vertical e inclinado sondeo Bk2 (adaptado y modificado de Danieli, 2017).

**6.4.3 Sondeo BK3 (inclinado 45°W):** A los 42 mbbp se encuentra un nivel de 1 m de yeso laminar con venilleo de calcita, seguidos por pelitas grises brechoides compuestas por fragmentos de hasta 2 cm y calcita recristalizada. Se calculó un RQD de 30%, donde se interpretó como plano de sobrecorrimiento (falla). La secuencia continúa con pelitas compactas hasta los 60 mbbp, cortando un nivel de yeso laminar a nodular hasta los 75 mbbp, continuando con pelitas grises brechoides arenosas y masivas hacia el final del sondeo a los 119 mbbp. El sondeo no cortó mineral, por su inclinación era esperable que intersectará el manto, y considerando la profundidad alcanzada luego de haber atravesado los niveles yesíferos que sobreyacen al mineral (Fig.36). Se estimó que su inexistencia se deba muy probablemente al desplazamiento y/o acuñamiento del manto

mineralizado. Dicha discontinuidad sería expuesta en labores subterráneas pocos metros por debajo del piso conocido del mineral, conforme se esquematiza en la sección transversal del Bk inclinado.

### Sección transversal-Bk3

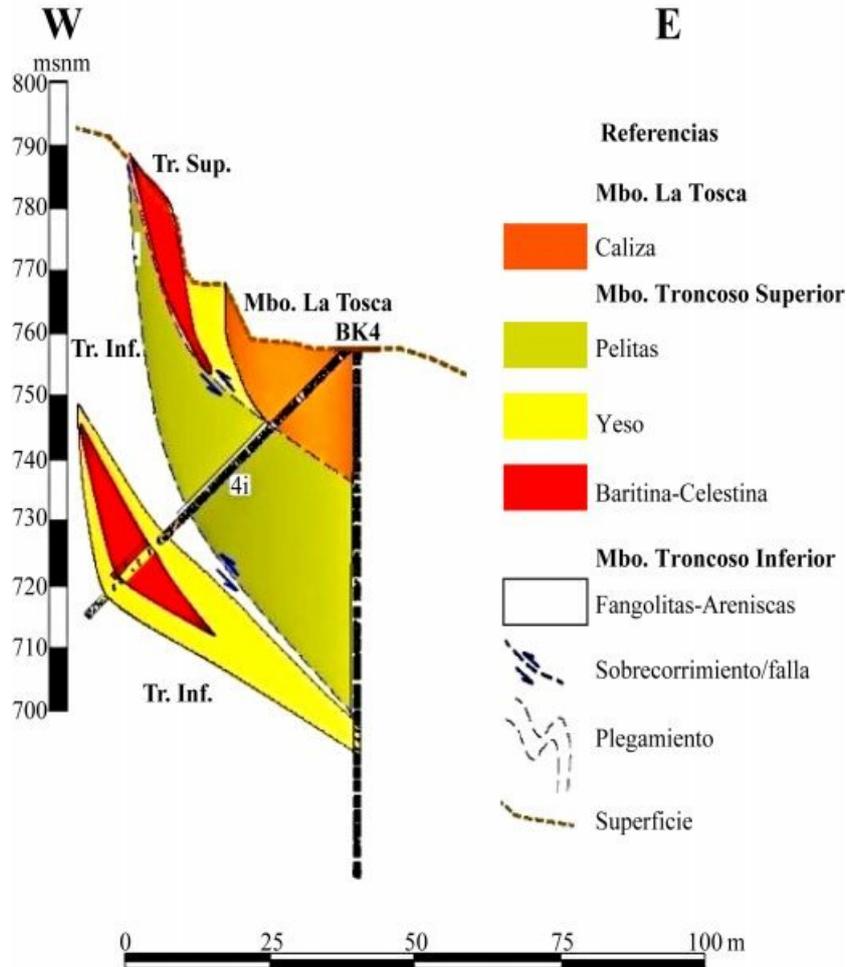


**Figura 36:** Sección inclinada sondeo Bk2 (adaptado y modificado de Danieli, 2017).

**6.4.4 Sondeo BK4 (inclinado 45° W):** A los 38 mbbp se emplaza un nivel de pelitas grises brechadas con fragmentos de fangolitas rojas y venas de yeso, y entre 45 y 53 metros se corta el mineral de interés. Esta sección está constituida por yeso brechado con fragmentos carbonáticos, celestina botroidal en oquedades y diaclasas diagonales. La mineralización presenta discontinuidades visibles marcadas por intercalaciones de horizontes brechosos y diaclasamiento intenso (Fig.37).

**6.4.4 Sondeo BK4 (vertical):** Entre 76 y 89 mbbp se intersecta un tramo de brecha pelítica con yeso y calcita recristalizada en una matriz fango-sósten, con un alto grado de fragmentación y disgregación, evidenciado por el bajo RQD (inferior a 25%). No hay presencia de mineral, se interpretó que el tramo corresponde al nivel de yeso del techo del manto, que pertenece a Troncoso superior desplazado por un plano de sobrecorrimiento, según se esquematizó en el corte transversal (Fig.37).

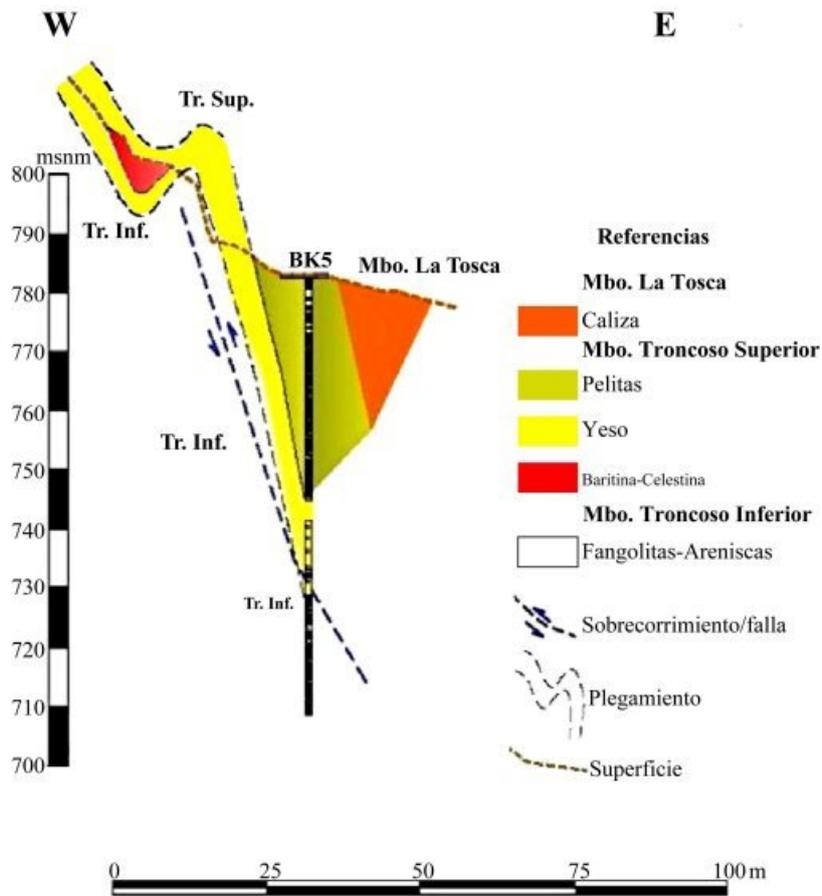
## Sección transversal-Bk4



**Figura 37:** Sección vertical e inclinada del sondeo Bk4 (adaptado y modificado de Danieli, 2017).

**6.4.5 Sondeo BK5 (vertical):** A partir de los 38 mbbp se perfora el yeso laminar con pelitas negras intercaladas, pasando transicionalmente a yeso nodular compacto con pelitas brechadas hacia la base, hasta los 54 mbbp. El sondeo (Fig.38) alcanzó los 74 m de profundidad sin cortar mineral. En superficie, tanto el manto como las arcilitas y calizas suprayacentes (Mbo. La Tosca), presentan abruptos cambios de buzamiento por repliegues internos. Se interpretó que la mineralización se adelgaza hasta el acuñaamiento en profundidad, siendo sustituida tanto vertical como lateralmente por yeso. El plano de corrimiento sobre la base del yeso se mantendría hasta la posición de este sondeo, desplazando el piso de la mineralización a posiciones más cercanas a superficie, a medida que aumenta la distancia hacia el NO, de acuerdo a la esquematización que se graficó en la transecta correspondiente a esta posición.

### Sección transversal-Bk5



**Figura 38:** Sección vertical del sondeo Bk5 (adaptado y modificado de Danieli, 2017).

### 6.5 Correlación de los datos y resultados obtenidos mediante sondeos, con los estudios de superficie y registros gravimétricos previos

Los resultados del laboratorio correspondientes al tramo mineralizado de los testigos muestreados (techo del manto integrado mayormente por brecha carbonática con baritocelastina + yeso con baritina/celestina y calcita) han sido informados en su momento a la empresa MCV, por los laboratorios del INTEMIN (Instituto Nacional de Tecnología Minera, 2018). En el mencionado informe se indica presencia de celestina con notorio predominio sobre baritina, en muestras correspondientes al tramo mineralizado con celestina y baritina drusiforme y en venilla, obtenidas de los sondeos BK1, BK4 y BK2 inclinados. Para el caso, el informe reporta densidades medias entre 3,59 y 3,85 g/cm<sup>3</sup>.

Se seleccionaron en la Tabla 7 los resultados que refieren a los tramos mineralizados con concentraciones variables de baritina-celestina, pudiéndose distinguir que en cada pozo se observan mayores concentraciones de baritina en los niveles mineralizados más cercanos a superficie, presentando concentraciones de baritina que ocasionalmente pueden llegar al 68%.

Pozo/caja/ tramo	% SO <sub>3</sub>	% BaO	% SrO	Densidad g/cm <sup>3</sup>	% Ley (BaSO <sub>4</sub> +SrSO <sub>4</sub> )	Espesor real (m)
PB 5 1 <sup>a</sup>	34	7,61	1,5		<b>14,21</b>	
PB 5 2 <sup>a</sup>	32,10	15,85	1,6		<b>26,92</b>	
PB 5 3 <sup>a</sup>	31,60	5,49	1,6		<b>11,17</b>	<b>1,26</b>
PB 5 1B	33,50	20,56	29,50	<b>3,70</b>	<b>83,50</b>	
PB 5 2B	23,40	42,10	1,43	<b>3,59</b>	<b>66,53</b>	
PB 5 3B	12,30	23,32	0,27	<b>3,80</b>	<b>35,91</b>	
4i 17 1 <sup>a</sup>	34	1,04	1,5		<b>4,25</b>	
4i 17 2 <sup>a</sup>	34	3,65	1,6		<b>8,33</b>	
4i 17 3 <sup>a</sup>	34	0,26	1,6		<b>3,22</b>	<b>3,00</b>
4i 17 1B	37,40	0,52	48,40	<b>3,76</b>	<b>86,08</b>	
4i 17 2B	37,20	1,08	48,30	<b>3,78</b>	<b>87,13</b>	
4i 17 3B	40,90	0,10	52,90	<b>3,85</b>	<b>93,78</b>	
4i 16 2 <sup>a</sup>	34	14,85	1,5		<b>25,37</b>	
4i 16 3 <sup>a</sup>	34	3,16	1,6		<b>7,60</b>	
4i 16 2B	34,40	5,47	40,80	<b>3,64</b>	<b>81,01</b>	<b>2,00</b>
4i 16 3B	38,40	5,32	46,15	<b>3,81</b>	<b>89,76</b>	
4i 14 1 <sup>a</sup>	33,3	2,27	1,5		<b>6,25</b>	
4i 14 2 <sup>a</sup>	27,4	24,4	1,5		<b>39,88</b>	
4i 14 3 <sup>a</sup>	24,9	44,8	1,6		<b>70,86</b>	<b>3,00</b>
4i 14 1B	37,90	6,80	44,42	<b>3,77</b>	<b>88,62</b>	
4i 14 2B	33,15	18,96	28,80	<b>3,71</b>	<b>79,77</b>	
i 14 3B	31,30	21,74	25,77	<b>3,73</b>	<b>78,65</b>	

**Tabla 7:** Concentraciones de celestina/baritina de los tramos mineralizados interceptados por los correspondientes sondeos. Las densidades de color rojo equivalen a las densidades de bulto que calculó INREMI, con las muestras seleccionadas de afloramientos de superficie para ensayos de recuperación metalúrgica (extraído de INTEMIN, 2018).

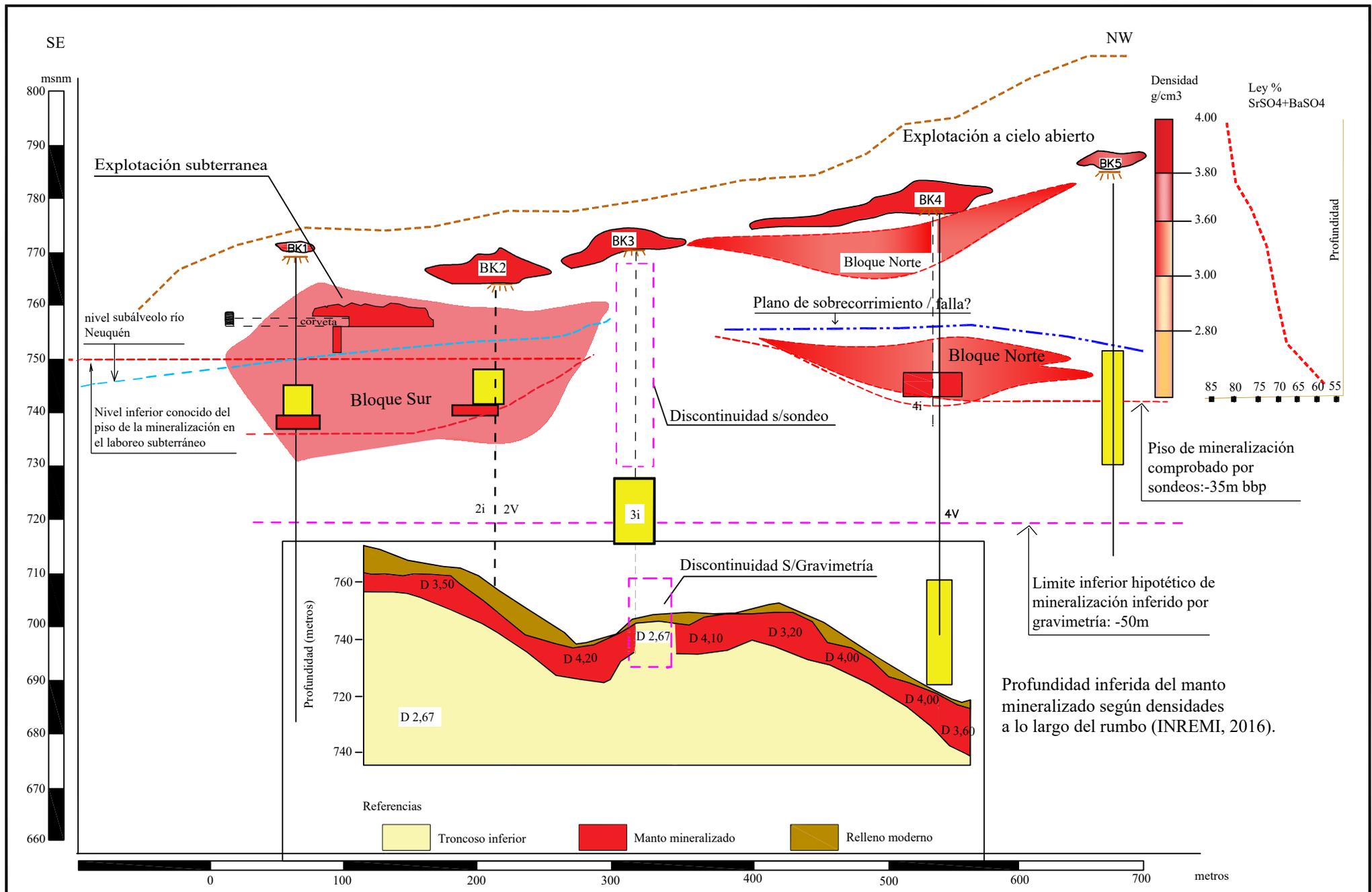


Figura 39 : Corte esquemático logitudinal. Correlación entre la mineralización en superficie y registros de los sondeos (adaptado y modificado de Danieli, 2017).

## **6.6 Configuración geométrica probable del manto mineralizado. Estimación de recursos identificados**

El corte longitudinal (Fig.39) prefigura tentativamente la configuración del cuerpo mineralizado en profundidad, donde se integró los datos y estimaciones existentes a partir del estudio geológico minero del INREMI (2016), con la información obtenida por los sondeos a saber:

- a) La existencia de mineral aflorante a lo largo de la corrida del manto, expuesto por erosión y por explotación a cielo abierto.
- b) La presencia de mineral en los laboreos subterráneos, en la mayoría de los casos desarrollados para extraer selectivamente los minerales de mayor ley y densidad.
- c) La evidencia de la continuidad de la mineralización que se observó en los testigos, tres de los siete sondeos, y los detalles de las discontinuidades de los principales niveles estratigráficos guía (yeso del techo, o pelitas y areniscas del piso) en cada caso.

En principio se verificó una correlación con la discontinuidad sugerida por gravimetría entre el BK3 y el BK4, este hecho se comprueba tanto en la variabilidad de espesores y calidad del mineral en los laboreos de explotación (a cielo abierto y subterráneos). En relación con los dos niveles de yeso atravesados por el BK3i con ausencia de mineralización, y la profundidad a la que el manto es interceptado por el sondeo 4i, prácticamente en la misma cota en que fue cortado con el BK1 y el BK2i. Con dichos registros se infirió una probable geometría del depósito, la cual muestra que se encontraría segmentado en dos bloques (bloque Sur y bloque Norte), debido a posibles discontinuidades (plegamiento y sobrecorrimientos) entre los sondeos BK3 y BK4. El bloque Sur, con mayor cantidad de evidencias comprobables, integraría un cuerpo de forma groseramente tabular a lenticular con espesamientos y acuñaientos del manto por efecto de plegamiento. El bloque Norte, exhibe por su parte mayores discontinuidades por desplazamiento y fragmentación a lo largo de un probable plano de corrimiento en profundidad (falla), tanto en afloramientos de superficie como en registros de los sondeos BK3 y el BK5. En donde se acentúan al mismo tiempo, por el cierre progresivo del plegamiento en dirección a la charnela del sinclinorio en esta última posición.

Además se integró los datos de los bloques de los recursos medidos dados por INREMI (2016) susceptibles de explotación a cielo abierto, con la información que se obtuvo de los sondeos (campana exploratoria 2018). Correlacionando los parámetros de superficie (espesores, densidad y ley) asignados a los bloques B6, B1 y B2 con los correspondientes al segmento sur del depósito, mientras los parámetros indicados para los bloques B3, B4 y B5 se los vinculó con el segmento norte del yacimiento (Tabla 8). Se comparó y se examinó los registros antes mencionados, con la probable geometría del manto mineralizado según el esquema de la sección longitudinal de la Fig. 27, esto permitió el cálculo de los recursos medidos e indicados, que a continuación se detalla en la Tabla 9.

N° de Bloque	Espesor (m)	Altura Medida (m)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad de bulto (g/cm <sup>3</sup> )	Tonelaje (t)	Ley %	Contenido fino (t)	Posición Geográficas (Gauss Kruger)
1	4	7	35	980	2,86	2802,8	70	1962	N 5833115 E 2410631
2	7	8	20	1120	2,75	3080	55	1694	N 5832907 E 2410610
3	5	8	20	800	2,85	2280	78	1778	N 5832951 E 2410583
4	1,5	5	18	135	2,97	400,95	82	328	N 5832999 E 2410572
5	2,5	8	15	300	3,06	918	72	661	N 5833082 E 2410526
6	4	6	30	720	3,31	2383,2	85	2025	N 5832743 E 2410664
SUB TOTAL				4055		11864,95	73,66	8448	

**Tabla 8:** Bloques de recursos medidos P/explotación a cielo abierto (INREMI). En el recuadro de color rojo los bloques correlacionables con el bloque Sur. En el recuadro de color azul los vinculados con bloque Norte (Parámetros utilizados para el cálculo de los recursos medidos), (extraído de INREMI, 2016).

Parámetros	Bloque Sur	Bloque Norte
Geometría probable del cuerpo mineralizado		
Profundidad mineralización s/sondeo (m)	35 m	14m (bloque sup.) 30m (bloque inf.)
Longitud s/rumbo (m)	250 m	130 m
Espesor promedio en superficie (m)	5 m	3 m
Espesor real del manto con mineralización s/sondeo (m)	1,26 m	2,60 m
Densidad promedio del manto mineralizado (g/cm <sup>3</sup> )	2,97	2,96
Tonelaje estimado (t)	<b>64.900 t</b>	<b>12.000t</b>
Ley BaSO <sub>4</sub> +SrSO <sub>4</sub>	<b>55 %</b>	<b>62%</b>

**Tabla 9:** Datos de los recursos indicados del bloque uno y el bloque dos.

Según los cálculos realizados el total de los recursos indicados en el bloque Sur, sumado al bloque Norte es de 76.900 t con una ley de 55% SrSO<sub>4</sub>+BaSO<sub>4</sub>.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1 Interpretación de los registros de los sondeos

El tonelaje de los recursos indicados se sumaría a las 17.797 toneladas de reservas (medidas + indicadas) estimadas en el informe de INREMI (2016), por lo cual el horizonte de recursos probables, quedaría acotado pocos metros por debajo del piso definido por los sondeos (en general -35 mbbp). De acuerdo a las discontinuidades registradas en los mismos, se infirió que la mineralización se encontraría distribuida en bolsonadas por replegamientos internos, particularmente en el bloque Norte.

Estas características morfoestructurales similares, son frecuentes en varios de los depósitos de baritina-celestina de comarcas vecinas (Distrito Continental y Bajada del Agrio), igualmente afectados por el estilo estructural en el sector externo de la faja plegada. En estos distritos la Formación Huitrín forma parte de estructuras homoclinales (Fig.42), preservando las características morfológicas de la mineralización estratoligada, asociada con frecuencia a abultamientos algales que se interdigitan con yeso y/o fangolitas, presentando mayor regularidad y continuidad espacial. Por el contrario, en los flancos de anticlinales, y por efecto de las deformaciones internas favorecidas tanto por el yeso como por los horizontes pelíticos. El manto mineralizado se comporta plásticamente acompañando la deformación hasta la fragmentación y/o acuñaamiento tectónico, con menor frecuencia suelen observarse incrementos en su espesor por efecto de repliegues (Fig 40 y 41) y sobrecorrimientos internos.



**Figura 40:** Deformaciones internas del manto por plegamiento con fragmentación y cambios de buzamiento. La línea celeste representa un plano de falla y las líneas de color rojo simbolizan el plegamiento del manto. Ej. Mina Santa Bárbara, Comarca Bajada del Agrio.



**Figura 41:** Misma vista desde otro ángulo. Nótese el laboreo (socavón) sobre manto horizontal y a la derecha el manto replegado sobre el núcleo de areniscas (Troncoso inf.)



**Figura 42:** Manto de posición subhorizontal. Estructura homoclinal. Explotación mediante cámaras y pilares. Nótese la uniformidad del banco mineralizado. Mina Cecilia, Distrito Continental.



**Figura 43:** Explotación mediante socavones en afloramientos superficiales, mina Barda Klein. Mineralización de baritocelastina recristalizada por disolución kárstica.



**Figura 44:** Barda Klein. Manto buzante: Explotación a cielo abierto en sectores superficiales. Mina con evidencias de disolución kárstica.

Con relación a las estructuras de disolución que se presentan en los afloramientos más superficiales del manto mineralizado (Fig.44), de Barrio et al., (2014) destacan que la exposición subaérea de los horizontes carbonáticos y yesíferos del Miembro Troncoso superior, favoreció la generación de un ambiente kárstico, generándose cavidades, oquedades y orificios de muy variadas dimensiones, desde unos pocos milímetros hasta varios metros de diámetro (Fig.43). Como ya se indicó en el capítulo correspondiente a la geología del depósito, dichas cavidades se presentan con formas elongadas copiando la estructura laminar algal de los *boundstones*.

Siguiendo a los mencionados autores, en las cavidades kársticas (Fig.44) la circulación de fluidos acuosos hipersalinos ha provocado la generación de estalactitas y estalagmitas. Numerosas determinaciones difractométricas realizadas con anterioridad (de Barrio et al., 2009), confirman que los procesos de removilización de materiales originalmente con predominancia de Sr sobre el Ba, precipitan posteriormente como sulfatos ricos en Ba, que indistintamente tienen coloraciones blanquecinas o fuertemente celestes, estas últimas, llamativamente con valores porcentuales muy bajos en SrO.

Los mejores ejemplos de los procesos kársticos señalados corresponden a las minas del Grupo Continental (minas Graciela, Cecilia y otras) y menos frecuentemente en las minas 4 de Noviembre y Santa Bárbara del área de Bajada del Agrio. De todos modos, son numerosas las oquedades y cavidades tapizadas generalmente con baritocelásticas de hábito concrecional-fibroso y mamelonar-botroidal (Fig.45), muchas veces también precipitadas sobre fragmentos y clastos de rocas carbonáticas algales (Fig.46). Tanto los aspectos estructurales relacionados a las fases de plegamiento del sector externo de la Faja Plegada y Corrida del Agrio, como los procesos diagenéticos de disolución kárstica que evidencian reprecipitación de sales con predominio de baritina sobre estroncio, se consideraron al momento de correlacionar e interpretar los registros de los sondeos. De hecho, la explotación selectiva de la mineralización en las diversas situaciones descritas, mayormente en las exposiciones más superficiales del manto, dan cuenta que la extracción minera se ha orientado en forma preferencial a los minerales que presentan densidades entre 3,97 y 4,10 g/cm<sup>3</sup>, condición que aparentemente se mantiene hasta profundidades por encima del nivel freático.

Con respecto a la continuidad de la mineralización en profundidad inferida por gravimetría (estudio de INREMI 2016), persiste la incertidumbre ya que en el mencionado informe, se estima que el manto “probablemente mineralizado mantiene una profundidad promedio del orden de los 50 metros”, indicando al mismo tiempo que el método aplicado es indirecto y los valores registrados se consideran especulativos. De todos modos existe una marcada coincidencia entre las discontinuidades indicadas por gravimetría, con el registro de los sondeos, especialmente en proximidades del sondeo BK3, en el cual la perforación dirigida no cortó el manto mineralizado, pero sí los niveles yesíferos y horizontes pelíticos con fuerte brechamiento. Lo cual se ha interpretado como un plano de sobrecorrimiento según se ha esquematizado en las secciones correspondientes. Considerando que el sondeo BK5 vertical, tampoco interceptó mineralización, y dada la probable continuidad en profundidad de las calizas del Miembro La Tosca, se podía inferir que las densidades compatibles con el registro gravimétrico que figuran en el perfil esquemático de la sección longitudinal (Fig.27), estén asociadas a la presencia de las calizas dolomíticas de esta unidad. Al respecto es bien conocido en los registros de la exploración petrolera, el comportamiento en

subsuelo del Miembro La Tosca, y según (Leanza et al., 2005) resulta claramente discernible por su alto valor de resistividad, así como su respuesta al valor acústico y de densidad.



**Figura 45:** Texturas mamelonares y botroidales de  $\text{BaSO}_4 + \text{SrSO}_4$ , pertenecientes a la mina Barda.



**Figura 46:** Reemplazo de baritocelstina en calizas algales, mina Barda Klein.

## 8. CONCLUSIÓN

- La realización de los sondeos exploratorios permitió identificar la continuidad del mineral hasta profundidades variables entre 30 y 35 m, corroborando las características morfológicas, mineralógicas y estructurales anticipadas en el estudio de INREMI (2016).
- Se verificó una visible correspondencia entre las discontinuidades indicadas por la gravimetría y las identificadas particularmente entre los sondeos 3i y 4i, lo cual se ha interpretado como una segmentación del depósito en dos bloques (norte y sur).
- Se comprobó que hasta las profundidades de 30-35 metros, el manto habría quedado expuesto a procesos de diagénesis que permitieron la solubilización parcial de celestina con incremento relativo de baritina, particularmente en los sectores más superficiales donde predominan procesos kársticos. En ellos, la disolución de yeso y carbonatos ha permitido el colapso de depósitos de terrazas fluviales del río (conglomerados polimícticos). Los cuales se pueden reconocer en socavones en la posición del BK2 y en los primeros metros de esta perforación incorporados en una “mélange” de rocas dentro del manto.
- En las partes más profundas del manto mineralizado se acentúa la predominancia de celestina sobre baritina, también se detectó sectores con niveles de elevada concentración de  $\text{SrSO}_4$ , lo cual es consistente con las indicaciones de los estudios previos y con los resultados de las muestras informados por INTEMIN (2018).
- Teniendo como referencia las indicaciones gravimétricas hipotéticas de un piso del manto en los 50 m, el dato real de la profundidad dado por los sondeos (30/35 m), y las características morfológicas genéticas de comarcas vecinas (vg distrito minero Continental), sumadas a las discontinuidades provocadas por discontinuidades tectónicas, en el límite inferior de la mineralización en este depósito, probablemente no superaría los 40 metros de profundidad.
- En vista de los resultados expuestos, las posibilidades de ampliación de reservas en la mina Barda Klein estarían limitadas en el ámbito de la propiedad minera a las condiciones estructurales impuestas por la tectónica.
- Una ampliación del relevamiento geológico de superficie en el área norte y oriental de la propiedad, podría arrojar posibilidades de prospección para la búsqueda de nuevos recursos en las inmediaciones de este yacimiento.
- El cálculo de las reservas y recursos potenciales obtenidos, determinó que estas ascienden a 76.900 t de mineral con una ley promedio de 55% de  $\text{SrSO}_4 + \text{BaSO}_4$  en calidad de recursos indicados, adicionales a las 17.797 t de reservas medidas e indicadas con una ley media de 73% informadas por INREMI (2016).
- Se verifica que la aplicación de métodos de prospección gravimétrica puede ser de utilidad para definir características estructurales en mineralizaciones de Sr/Ba similares dentro del sector externo de faja plegada.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Brodtkorb, Milka K. de, Ramos, Víctor Alberto y Ametrano, S.** 1975. Los yacimientos estratoligados de Celestina-Baritina de la Formación Huitrín y su origen evaporítico. Provincia del Neuquén. 2º Congreso Ibero Americano de Geología Económica, Actas 2: 143-168, Buenos Aires.
- Brodtkorb, Milka K., Danieli, J. C.** 2011. Yacimientos de Celestina y Baritina. En: Leanza H, Arregui C., Carbone, O., Danieli J. C., y Vallés J.M. (Eds), Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 745-754, Neuquén.
- Brost D. A., Walden P. P., V. E. McKelvey.** 1973. Summary of United States Mineral Resources. U.S. Geological Survey, Vol 682: 9-18.
- Castilla G. J., Herrera H. J.** 2012. El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Exploración de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Laboratorio de tecnologías Mineras, 87 p, Madrid.
- Dana J., Hurlbult, C.** 1960. Manual de mineralogía. Tratado moderno para las enseñanzas en universidades y escuelas especiales y para guía de ingenieros y geólogos (2ºed). Barcelona, Reverté S.A., 600 pp.
- Danieli J. C.** 2017. Resultados de la exploración mediante sondeos. Mina Barda klein. Dpto Pehuenches. Neuquén. Informe interno. Minera Cordillera del Viento.
- de Barrio, R. E.** 1999. Los depósitos de celestina (baritina) relacionados a la Formación Huitrín, Neuquén y Mendoza. En: Zappettini. E. O. (Ed), Recursos minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 35: 1095-1102, Buenos Aires.
- de Barrio, R. E., Del Blanco, M., García, M., Martín-Izard, A.** 2009. Estructuras estromatolíticas y su relación con las mineralizaciones de Ba-Sr emplazadas en la Formación Huitrín, Cuenca Neuquina. IX Congreso Argentino de Geología Económica, Actas: 45-51, Catamarca.
- de Barrio, R. E., Etcheverry, R. O., Del Blanco, M. A., Domínguez, E. A., Recio Hernández, C., Escobar, R. I., y Salvioli, M. A.** 2014. Nuevos datos y esquemas genéticos de los depósitos barítico-celestínicos vinculados a la secuencia jurásico-cretácica de la Cuenca Neuquina en la provincia de Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 71 (2): 184-200.
- Escobar, R. I., de Barrio, R.E., Etcheverry, R. O. y Recio Hernández, C.** 2013. Características litoestratigráficas y geoquímicas de los depósitos celesto-baríticos del grupo Continental, Provincia del Neuquén. X Congreso Argentino de Geología Económica, Actas: 9-25, San Juan.

**-Escobar, R. I., Ballivián, C. A., Nigro, J., Cavarozzi, C., de Barrio, R. E. y Etcheverry R. O.** 2015. Hallazgo de magmatismo andesítico en el área del río Salado, sector central de la provincia del Neuquén. III Simposio de Petrología Ígnea y Metalogénesis Asociada (PIMA), 64-65, Río Negro.

**-Escobar, R. I.** 2016. Geología y génesis de las mineralizaciones barítico celestínicas asociadas a la secuencia Cretácica entre las localidades de Bajada del Agrio y Chos Malal, Provincia del Neuquén. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, 207 p.

**-Etcheverry, R., Fernández, R., Ametrano, S., Schalamuk, I., Brodtkorb, Milka Kronegold de.** 1983. El Distrito barítico de Canota, provincia de Mendoza. II Congreso Nacional de Geología Económica, 2: 669-682, San Juan.

**-Gabriele, Norberto A.** 2016. Evapofacies del Miembro Troncoso Superior de la Formación Huitrín (Cretácico Inferior, Cuenca Neuquina, Argentina): paleoambientes, evolución de controles. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, 23 (1): 35-69.

**-Giacosa, R. E.** 2020. Geología Estructural y Tectónica de los Depósitos de Baritina de Mallín Quemado. Cuenca Neuquina. Instituto de geología y recursos minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Serie Contribuciones Técnicas Recursos Minerales, N° 43, 42 pp. Buenos Aires.

**-González Partida E., Piedad Sánchez N., González Ruiz L. E., Martínez L., Vázquez Ramírez J. T.** 2015. Características Generales y Geológicas de la Celestina en la Sierra de Alamitos, Plataforma de Coahuila- Límite Cuenca de Sabinas, México: Hacia una Clasificación Genética, a partir del análisis de inclusiones fluidas. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica, N°14, 1-17 pp.

**-Gozalvez, M. R., Herrmann, C. J. y Zappettini, E. O.** 2004. Minerales Industriales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 39, 371 pp. Buenos Aires.

**-Irastroza, A., Turienzo M., Martin, Peralta, F. M., Irastroza, M. F., Zavala, C. Sánchez. N.** 2019. La estructura del frente de deformación de la Faja plegada y corrida del Agrio a los 38° 20' S, Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 76 (3): 213-228.

**-INTEMIN-SEGEMAR,** 2018, Informe 18M079. Analisis químico y determinación de la densidad real. Informe interno. Minera Cordillera del Viento. Buenos Aires.

- Instituto de Recursos Minerales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata,** 2016. Estudio Geológico Minero Geofísico (Magnetometría y Gravimetría) de la mina Barda Klein, Departamento Pehuenches, Provincia de Neuquén. Inédito. Informe Interno Minera Cordillera el Viento. Buenos Aires.
- Klein, C. y Hurlbult, C. S., Jr.** 1996. Manual de Mineralogía Cuarta Edición. Basado en la obra de J. D. Dana. Barcelona, Reverté S.A., 379 pp.
- Leanza, H. A.** 2003. Las sedimentitas huitrinianas y rayosianas (Cretácico Inferior) en el ámbito central y meridional de la cuenca Neuquina, Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino, Serie Contribuciones Técnicas – Geología, 2: 1-31. Buenos Aires.
- Leanza, H. A., D. Repol, P., Sruoga, C. A., Hugo, L. A. Fauqué y J. C. M. Zanettini.** 2005. Hoja geológica 3769-31, Chorriaca, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos minerales, Boletín 354, 93 pp. Buenos Aires.
- Lebinson, F. O.** 2019. Evolución tectónica de las estructuras andinas al Sur del Río Neuquén (~37° 35' L. S.), extremo septentrional de la faja plegada y corrida del Agrio, provincia de Neuquén. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur (inédito), 209 pp., Bahía Blanca.
- Pineda, C. O.** 2016. Geología de los yacimientos de Barita en Los Municipios de Galena y Aramberri, Nuevo León. Tesis Profesional, Instituto Nacional Politécnico Nacional (inédito), 99 pp., Ciudad de México.
- Rocha, R. M.** 2008. Yacimientos de Celestina en la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Tesis de grado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (inédito), 185 pp.
- Salvioli, M. A.** 2017. Geología y génesis de los depósitos baríticos-polimetálicos (Ba Fe-Pb-Cu-Zn-Mn) del área de Copilli, sector centro-occidental de la Cuenca Neuquina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata (inédito), 277 pp.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., 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.

## **10. Anexo: Registros descriptivos de los sondeos**

Sondeo BK1-PB1-Vertical Cota 770 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 07" O 70° 00'

Litología				Recuperación de Testigos									
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90				
-4 -12 -16 -20 -24 -28 -32 -36 -40	770		Fangolitas rojas brechadas, conglomerados, brechas de fangolitas grises	2	3	D	St	25					
			Brechas de fangolitas grises con fragmentos de fangolitas rojas y laminillas de yeso.	4	3	D	St	30					
			Fangolitas brechadas, con intercalaciones de pelitas negras.	2	3	S	St	40					
			Yeso laminar terroso (brecha) con intercalaciones de fangolitas brechadas y pelitas negras.	3	3	F	St	30					
			Yeso laminar con concreciones de celestina y cemento carbonático.	2	3	S	St	42					
			Yeso laminar con celestina y fangolitas verdes intercaladas.	2	3	S	St	42					
			Fangolitas rojas con celestina diagenética?	3	3	D	St	42					
			Yeso con fangolitas y pelitas verdes, celestina en venillas.	3	3	D	St	52					
			Pelitas grises a oscuras con venas de yeso y cemento carbonático	2	3	D	St	52					

Sondeo BK1-PB1-Vertical Cota 770 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 07" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos											
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/ eje del testigo	% Recuperación normal	Escala de Recuperación (%)						
								10	30	50	70	90		
44	770		3	3	F	St	30							
48			2	3	Cl	St	75							
52			3	3	Cl	St	75							
56			2	3	D	St	75							
60			2	3	D	St	75							
64			2	2	S D	St	75							
72			2	2	S D	St	75							
74			2	2	S D	St	75							

Sondeo BK1-PB1-Vertical Cota 770 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 07" O 70° 00'

Litología		Recuperación de Testigos						
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	
	770						<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>10</span> <span>30</span> <span>50</span> <span>70</span> <span>90</span> </div>	
-78			Areniscas finas compactas grises a gris oscuro con laminación paralela, venillas de calcita y celestina?	2	2	S D	St	75
-82								
-86								
-90								
-94								
-98								
-102								
-106								
-110								

Sondeo BK2-2v-Vertical Cota 756 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 02" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos										
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90				
4	756		Conglomerado polimítico subredondeado con lentes de areniscas finas, friables.	4	3	--	--	10					
8			Fangolitas rojas y grises brechadas con cristales y láminas de yeso hacia la base.	3	4	CL	Sp	35					
12			Brechas de pelitas grises con megacristales de yeso.	3	3	F	Sp	40					
16			Yeso láminar a brechoso con intercalaciones de pelitas oscuras.	2	3	F	Sp	52					
20			Yeso textura nodular (calcita en cada núcleo) con intercalaciones pelíticas.	2	3	S	Sp	52					
24			Yeso nodular carbonático, pelitas negras intercaladas con nódulos de calcita.	2	3	S	Sp	70					
28													
32													
36													



Sondeo BK2-2v-Vertical Cota 756 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 02" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos											
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Litología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal						
	756							<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>10</span> <span>30</span> <span>50</span> <span>70</span> <span>90</span> </div>						
-76			Pelitas grises brechosas, compactas con cemento carbonático. Gradan a pelitas arenosas hacia el piso.	2	2 1	S	Sp	70						
-80														
-84														
-88														
-92														
-96														
-100									Pelitas grises arenosas compactas.	2	2 1	CL	Sp	85
-104														
-108														

Sondeo BK2-2i-Inclinado 55° Cota 756 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 02" O 70° 00'

Litología		Recuperación de Testigos											
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Litología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	Escala de Recuperación (%)				
									10	30	50	70	90
4	756		Conglomerado polimítico, clastos grandes subredondeados, matrix arenosa.	4	3	--	--	20	[Green dashed line at 20%]				
8			Sucesión de fangolitas rojas disgregables.	3	4	Cl	Sp	40	[Green dashed line at 40%]				
24			Yeso laminar con brecha de celestina y calcita.	2	3	CL	Sp	10	[Green dashed line at 10%]				
28			Yeso mas venas y fragmentos de celestina.	3	3	F	Sp	10	[Green dashed line at 10%]				
32			Pelitas negras brechoides con celestina recristalizada?	3	3	D	Sp	50	[Green dashed line at 50%]				
36									[Green dashed line at 90%]				

Sondeo BK2-2i-Inclinado 55° Cota 756 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 02" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos				
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal
	756						
-40							
-44							
-48							
-52				2	2	CL Sp	50
-56				2	2	CL Sp	60
-60				3	3	S Sp	70
-64							
-68				2	2	S Sp	70
-72							

Pelitas grises brechadas hacia la base con laminación paralela.

Pelitas grises brechadas con clastos pelíticos, chicos a medianos mas yeso recristalizado.

Sondeo BK2-2i-Inclinado 55° Cota 756 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 02" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos									
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90				
									756			
-72			Pelitas grises brechadas con clastos pelíticos, chicos a medianos mas yeso recristalizado.	3	2 3	F	ST	60				
-76			Pelitas grises a verdosas.	2	2	S	Sp	50				
-80			Pelitas grises brechosas con intercalaciones de fangolitas rojizas y venillas diagonales de yeso.	2	2	S	Sp	50				
-84			Fangolitas rojizas gradan a pelitas grises compactas.	2	2	D	Sp	70				
-88			Pelitas grises brechoides con fragmentos pelíticos medianos y laminitas de yeso.	2	2	CL	Sp	70				
-92												
-96												
-100												
-104												

Sondeo BK3-3i-Inclinado 45° Cota 769 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 59" O 70° 00'

		Litología				Recuperación de Testigos							
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90				
										769			
4			Pelitas rojas y verdes brechadas, gradan a amarillentas con nódulos de yeso y óxidos de Fe.	3	3	D	Ob	70					
8													
12													
16													
20			Arcillas ferruginosas compactas.	3	4	CL	Ob	43					
24			Fangolitas grises con intercalaciones de yeso laminar y pelitas negras. Gradan a fangolitas brechosas con yeso nodular a pulveriento. Yeso laminar a nodular con venillas de celestina? + calcita.	2	3	S	ST	30					
28													
32													
36				2	3	F	ST	43					
				3	5								

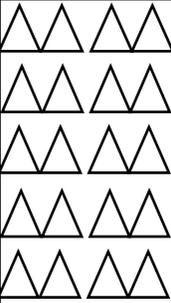
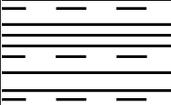
Sondeo BK3-3i-Inclinado 45° Cota 769 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 59" O 70° 00'

Litología				Recuperación de Testigos				
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal
	769							<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>10</span> <span>30</span> <span>50</span> <span>70</span> <span>90</span> </div>
-40			Fangolitas grises con intercalaciones de yeso laminar y pelitas negras. Gradan a fangolitas brechosas con yeso nodular a pulvuriento.					
-44			Yeso laminar con venillas de calcita.	3	3	S	ST30	
-48			Pelitas grises compactas con cemento carbonático. Gradan hacia el techo a pelitas brechoides con fragmentos de 2 cm y calcita recristalizada.	2	2	D	Ob 30	
-52				3	3	F		
-56			Pelitas negras grisáceas compactas con cemento carbonático.	3	3	S	Ob 50	
-60				2	2	S	Ob 70	
-64			Yeso granular fino, grada a yeso nodular con calcita recristalizada.					
-68				2	2	CL	ST 75	
-72								

Sondeo BK3-3i-Inclinado 45° Cota 769 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 39" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos										
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90					
									769				
76			Pelitas grises compactas que gradan a fangolitas rojizas con areniscas calcáreas intercaladas.	2	2 1	CL	Ob 60						
84			Pelitas grises breschosas con cemento carbonático.	2	2	S	Ob 35						
100			Pelitas grises compactas que gradan hacia la base a pelitas brechoides con laminillas de yeso.	3	3	D	Ob 60						

Sondeo BK3-3i-Inclinado 45° Cota 769 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 59" O 70° 00'

Litología		Recuperación de Testigos												
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90					
										769				
-112			Yeso macizo a fibroso-laminar de color grisáceo.	2	3	S	Ob	50						
-116		 	Pelitas brechosas, que gradan hacia la base a pelitas negras compactas.	3	4	CL	Ob	65						
-120														
-124														
-128														
-132														
-136														
-140														
-144														

Sondeo BK4-4-Vertical Cota 742 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 54'' O 70° 00'

		Litología				Recuperación de Testigos							
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90				
										742			
4			Fangolitas rojas compactas con venas de yeso, pasan a pelitas grises y hacia la base fangolitas rojas.	4	3	D	Ob	60					
8													
12													
16													
20			Fangolitas a pelitas grises a rojizas, brechadas hacia la base, con yeso recristalizado.	3	4	D	Ob	50					
24			Fangolitas rojas brechadas, con pelitas grises hacia la base, con yeso recristalizado y laminar.	2	3	S	Ob	55					
28													
32			Pelitas grises brechoides, con yeso laminar y recristalizado.	2	3	CLST		55					
36													

Sondeo BK4-4-Vertical Cota 742 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 54" O 70° 00'

Litología				Recuperación de Testigos				
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal
	742							
-40		△△	Pelitas grises brechosas, con cemento carbonático y láminas de yeso. Clastos subangulosos, mas óxido de Fe disgregable.					
-44		△△		2 3	2 3	F ST	50	
-48		△△						
-52		△△						
-56			Pelitas grises compactas en el tramo superior, brechadas en el tramo medio con láminas de yeso y baja recuperación, compactas hacia la base.					
-60		△△		3 3	3 3	S Ob	50	
-64		△△						
-68		△△						
-72				2	3	S Ob	55	

Sondeo BK4-4-Vertical Cota 742 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 54" O 70° 00'

Litología				Recuperación de Testigos					
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Litología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	
			Pelitas grises brechoides con nivel de yeso y calcita brechadas.	2	3	D	Ob	50	
-78			Pelitas grises brechosas con cristales de yeso y calcita, longitud de testigo de 1m, el resto triturado.	2	3	D	Ob	70	
-82			Pelitas grises brechosas con cristales de yeso y calcita, longitud de testigo de 1m, el resto triturado.	2	3	D	Ob	70	
-86			Pelitas grises brechosas con cristales de yeso y calcita, longitud de testigo de 1m, el resto triturado.	2	3	D	Ob	70	
-90			Pelitas grises brechosas con cristales de yeso y calcita, longitud de testigo de 1m, el resto triturado.	2	3	D	Ob	70	
-94			Pelitas grises brechosas con cristales de yeso y calcita, longitud de testigo de 1m, el resto triturado.	2	3	D	Ob	70	
-98			Pelitas grises brechosas con cristales de yeso y calcita, longitud de testigo de 1m, el resto triturado.	2	3	D	Ob	70	
-102			Pelitas grises compactas con yeso y calcita recrystalizada.	2	2	S	Ob	70	
-104			Pelitas grises a negras compactas con cristales de yeso y cemento carbonático, brechoides hacia la base.	2	2	S	Ob	70	
-106			Pelitas grises a negras compactas con cristales de yeso y cemento carbonático, brechoides hacia la base.	2	2	S	Ob	70	

Sondeo BK4-4-Vertical Cota 742 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 54" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos				
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal
	742						
-110			Pelitas grises a negras compactas con cristales de yeso y cemento carbonático, brechoides hacia la base.	2	2	S Ob	65
-114							
-118							
-122							
-126							
-130							
-134							
-138							
-142							

Sondeo BK4-4i-Inclinado Cota 742 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 00" O 70° 00'

Litología				Recuperación de Testigos				
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal
	742							<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>10</span> <span>30</span> <span>50</span> <span>70</span> <span>90</span> </div>
4			Pelitas grises y verdosas brechadas, clastos medianos subangulares.	4	3	S	Ob40	
8								
12								
16			Fangolitas rojas, pelitas grises brechadas, clastos subangulares con calcita recristalizada.	3	4	S	Ob50	
20								
24								
28			Pelitas grises brechoides a compactas, yeso recristalizado y cemento carbonático.	2	3	D	Ob65	
32								
36								

Sondeo BK4-4i-Inclinado Cota 742 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37°38' 54" O 70° 00'

		Litología				Recuperación de Testigos							
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología		Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	10 30 50 70 90				
	742												
-40			Pelitas grises brechadas con lentes y fragmentos de fangolitas rojas, venas de yeso sin orientación preferencial.	3	3	D	Ob	50					
-44			Brecha yesífera con fragmentos carbonáticos y celestina botroidal en el relleno de diaclasas transversales.	3	3	D	ST	45					
-48													
-52													
-56													
-60			Pelitas negras grisáceas compactas con pasaje a areniscas finas y grises, restos de hidrocarburos en diaclasas y quedades.	2	2	CI D	ST	60					
-64													
-68													
-72													

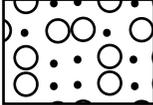
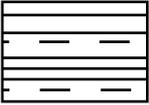
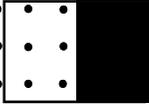
Sondeo BK5-5-Vertical Cota 782 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 38' 49" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos				
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal
	782						
-4			Fangolitas rojas con laminas de yeso en pasaje transicional a fangolitas grises hacia la base.	3	3	S Sp40	
-8							
-12			Pelitas grises brechosas, con yeso laminar y recristalizado.	3	3	D ST55	
-16							
-20							
-24							
-28							
-32			Fangolitas rojas con pequeños cristales de yeso.	2 3	3 5	S Sp60	
-36							

Sondeo BK5-5 Vertical Cota 770 msn  
 Coordenadas Geográficas: S 37° 39' 00" O 70° 00'

Litología			Recuperación de Testigos						
Profundidad (m)	Cota (m)	Simbología	Litología	Alteración-Meteorización	Consistencia	Discontinuidad-Tipo	Angulo c/eje del testigo	% Recuperación normal	
	770								
40			Fangolitas grises gradan a yeso laminar con intercalaciones de pelitas negras.	2 3	3 5	S	Sp	60	
44			Yeso laminar y nodular brechado, con fragmentos de celestina y calcita. Grada hacia la base pelitas brechadas.	2 3	2 3	S	Sp	60	
48			Pelitas grises a negras con nódulos de yeso y pelitas negras brechadas.	3	3	CL	Sp	55	
52									
56									
60									
64									
68									
72									

Índices Característicos de Rocas y Discontinuidades			
Alteración	Consistencia	Tipo	Ang. c/Eje testigo
1 - No alterada 2 - Levemente alterada 3 - Moderadamente alt. 4 - Muy alterada 5 - Completamente alt. 6 - Suelo residual	1 - Muy consistente 2 - Consistente 3 - Poco consistente 4 - Dura 5 - Blanda 6 - Muy blanda 7 - Disgregada	S - Estratificación D - Diaclasamiento F - Falla CL - Cont. Litológico	P - Paralelo (0°) SP - Subparalelo (0° a 45°) Ob - Oblicuo (45°) ST - Subtransversal (45° a 90°) T - Transversal (90°)

Referencias Litológicas			
	Conglomerado/ Arenisca conglomeradica		Fangolitas
	Yeso laminar a nodular		Pelitas oscuras a ferruginosas/ Areniscas
			Fangolitas Brecha- das + yeso
			Baritina-celestina