



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

REVISIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO DE LA MINA CERRO BLANCO, PARA LA
REESTRUCTURACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CALIZAS, REGIÓN
METROPOLITANA, CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

VICENTE IGNACIO FEBRÉ LORCA

PROFESORA GUÍA:
VALENTINA FLORES AQUEVEQUE

PROFESORES DE COMISIÓN:
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS
GABRIEL VARGAS EASTON

SANTIAGO DE CHILE

2019

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Geólogo

POR: Vicente Ingacio Febré Lorca

FECHA: 04/06/2019

PROFESORA GUIA: Valentina Flores Aqueveque

REVISIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO DE LA MINA CERRO BLANCO, PARA LA REESTRUCTURACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CALIZAS, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE

El siguiente trabajo de titulación tiene como objetivo hacer una revisión general del modelo geológico de la mina Cerro Blanco propiedad de Polpaico SA con el fin de aportar a la producción de la mina. Este estudio está dividido en tres ejes principales.

Primero se presentan los antecedentes geológicos de la mina Cerro Blanco.

Las unidades presentes corresponden a: Unidad Clástica Inferior, Unidad Calizas de Polpaico y un intrusivo Hipabisal Verde. Las unidades estratificadas son asignadas a la formación Las Chilcas por Thomas en el año 1958, y se les asigna una edad albiana por microfósiles por Gallego en 1992. La secuencia sedimentaria forma un “domo” de pendientes suaves no mayores a 20° tanto EW como NS aproximadamente. Las estructuras que predominan en la zona son fallas normales con dirección aproximada EW, con movimientos de hasta 25 metros en la vertical.

Segundo, se realizó un análisis de microfacies calcáreas con 20 cortes transparentes de rocas distribuidas en toda la mina, con la finalidad revisar la asociación microfacies descritas por Gallego en 1994 para este sector. El ambiente asignado por la asociación de microfacies corresponde a un ambiente de plataforma marina sobre el nivel de olas de tormenta, pero bajo el nivel de olas normal. En este trabajo se describieron siete nuevas microfacies que corresponderían al mismo ambiente descrito por Gallego (1994), encontrándose nueva evidencia de bioclastos como la presencia de braquiópodos punctuae, ooides y espículas de esponja marina que confirman el ambiente marino somero de plataforma marina sometido a retrabajo constante por eventos esporádicos de tormentas y otros eventos.

Y tercero, una estimación de recursos geológicos enfocada en la zona con actividad productiva de la mina Cerro Blanco y la zona prevista para la expansión de su botadero de estéril. En este trabajo se realizaron tres perfiles de dirección N10W, estimándose más de 4 millones de toneladas para el sector de influencia de los perfiles. En la zona de expansión del botadero de estéril por su parte se estimó una cantidad de recurso cercana a las 800 mil toneladas de caliza con una ley del 73%. Los resultados establecen la presencia de recursos importantes para la empresa Polpaico SA en el sector que se busca emplazar la expansión del botadero de estéril de la mina Cerro Blanco.

AGRADECIMIENTOS

Fue un largo recorrido salir de la universidad, una etapa llena de altos y bajos, de gente que llego a mi vida que me hizo crecer y madurar. No podría resumir en una página mi gratitud a todas las personas que han estado estos años en mi vida, ya que “soy” gracias a ellos y ellas.

La paciencia no fue algo que caracterizara mi personalidad en muchas ocasiones, pero si la de mi madre Lilia que me vio caer, levantar, caer otra vez y jamás cedió ni un paso en su amor y preocupación por mi futuro, por esto probablemente hoy estoy aquí.

A mi tía Gladys y Raúl quisiera expresarles el eterno agradecimiento y cariño que tendré por ayudarme en mis difíciles etapas finales que costaron probablemente más de lo que debieron.

A mis hermanas y padre, Muriel, Karina y Carlos por estar conmigo toda mi vida, ayudar reír, compartir y preocuparnos por los otros sin esperar nada a cambio. Mi hermana Muriel me ganó y estoy muy orgulloso de ella.

A Carla mi pareja sin fin, con todo lo que vivimos durante los años de universidad, su apoyo y preocupación, su insistencia y tenacidad, que fueron observadas y admiradas por mí en muchas ocasiones, que también sirvieron de inspiración para dar más allá.

A todos mis amigos y amigas que estuvieron estos años y muchos antes, todos están en mi corazón y algunos en mi PC también.

Todos merecen un sitio de honor, porque soy y seré, lo que ustedes me han hecho.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	10
1.1. Introducción.....	10
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivo General.....	11
1.2.2. Objetivos Específicos	11
1.3. Metodología	12
1.4. Ubicación y vías de acceso.....	15
1.5. Antecedentes	16
1.5.1. Trabajos anteriores.....	16
1.5.2. Antecedentes estimación de recursos	17
2. Marco geológico	18
2.1. Marco Geológico Regional	18
2.1.1. Rocas Estratificadas	19
2.1.2. Rocas Intrusivas	20
2.1.3. Estructuras	21
2.2. Marco Geológico Local.....	21
3. Geología general de mina Cerro Blanco.....	24
3.1. Litología.....	26
3.1.1. Rocas estratificadas	26
3.1.2. Rocas Intrusivas	31
3.2. Estructuras	33
4. Descripción e interpretación de microfacies calcáreas	35
4.1. Introducción.....	35
4.1.1. Matriz.....	35
4.1.2. Aloquemos Inorgánicos	36
4.1.3. Aloquemos Orgánicos	38
4.2. Descripción e interpretación de microfacies calcáreas en mina Cerro Blanco ..	41
4.2.1. Microfacie de algas verdes	41
4.2.2. Microfacie de esponja marina	42
4.2.3. Microfacie de pellets y peloides	43
4.2.4. Microfacie de intraclastos	47
4.2.5. Microfacie de ooides.....	48

4.2.6. Microfacie de estromatolitos	49
4.2.7. Microfacie de escasos bioclastos	50
4.3. Asociación de microfacies calcáreas.....	52
5. Características económicas.....	54
5.1. Análisis de sensibilidad	54
5.2. Evaluación de recursos geológicos.....	54
5.3. Recomendaciones.....	58
6. Discusión	59
7. Conclusiones	61
8. Bibliografía.....	62
Anexos	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación mina Cerro Blanco.....	15
Figura 2:Marco geológico regional, Carta Til-Til Santiago Sernageomin 1999 1:100.000 (detalle sector Cerro Blanco).....	18
Figura 3:Marco geológico regional, Carta Til-Til Santiago Sernageomin 1999 1:100.000 (detalle sector Cerro Blanco).....	18
Figura 4: Columna nivel 650 mina Cerro Blanco unidad de Calizas de Polpaico, Gallego 1994.	23
Figura 5: Mapa geológico mina Cerro Blanco escala 1:5000	25
Figura 6:Limites irregulares presentes en la unidad Clástico Superior entre areniscas (gris) y conglomerados limo-arcillosos (rojo).....	27
Figura 7: Muestra de mano CB-61-C, caliza con vetillas de calcita.....	28
Figura 8: Chert con cuarzo acicular y masivo, muestra CB-61-L	29
Figura 9: Muestra de mano de caliza con chert (gris oscuro).....	30
Figura 10: Contacto de unidad Clástica Superior y Calizas de Polpaico, se observa contacto gradual entre ambas unidades. Foto dirección Sur	30
Figura 11: Intrusivo hipabisal verde intruyendo verticalmente a las Calizas de Polpaico	32
Figura 12: Intrusivo hipabisal verde intruyendo en forma de manto a las Calizas de Polpaico	33
Figura 13: Foto con dirección SSE, donde se observa falla en parte central	34
Figura 14: Alga codicea(?) de 6mm de diametro, Muestra CB-61-F	39
Figura 15:Corte transparente muestra CB-61-F, se observan restos de algas codiceas(A), pellets(B) y fragmentos de foraminíferos(C)	42

Figura 16: Corte transparente muestra CB-68-I, packstone de espículas de esponjas marinas. Se observan braquiópodos punctuae(A), ostrácodos(B), espículas(C) y bioclastos no identificados (Alga coralina? D).	43
Figura 17: Corte transparente muestra CB-28, wackestone de peloides, se sobsevan intraclastos(A) y peloides cementados(B)	44
Figura 18: Corte transparente muestra CB-68-H, mudstone de peloides, se observan peloides cementados por esparita (A) y matriz micritica.	45
Figura 19: Corte transparente muestra CB-15, se observan pellets (A), y fragmentos de algas verdes (B).	46
Figura 20: Corte transparente muestra CB-36-B, se observan peloides(A) y fragmentos de braquiópodos u ostrácodos(?) (B)	47
Figura 21: Corte transparente muestra CB-67-B, se observan intraclastos(A) y cristales de dolomita(B), con fragmentos de algas verdes(C)	48
Figura 22: Corte transparente muestra CB-66-H, se observan ooides con bordes irregulares(A) y peloides(B).....	49
Figura 23: Corte transparente muestra CB-61-I, se observan estromatolitos con crecimiento semiesferoidal(A) que abarca gran parte de la imagen y envuelve otros aloquemos(B)	50
Figura 24: Corte transparente muestra CB-68-J, mudstone de ostrácodos, se observan algunos ostrácodos(A), pero la mayor parte de los aparentes "clastos" blancos son poros(B).....	51
Figura 25: Zonas modificadas del modelo de Wilson.	52
Figura 26: Perfil geológico A-A'	55
Figura 27: Perfil geológico B-B'	55
Figura 28: Perfil geológico C-C'	56
Figura 29: Mapa puntos de control mapeo mina Cerro Blanco.	66
Figura 30: Vista hacia el sur del banco en desuso, secuencia de calizas que gradan de gris a crema, con disminución de la presencia de sílice, 7 mts de altura.	68
Figura 31: Pared de banco en desuso, vista sur, base de caliza gris, al medio presenta lentes de sílice (chert) y arriba caliza crema con alta cantidad de cristales	69
Figura 32: Punto 4 foto 1, pared nivel mina 620, secuencia de calizas, con material clástico producto de erosión rellenando fracturas.	70
Figura 33: Mismo punto 4, misma secuencia más de cerca.....	70
Figura 34: Foto amplia de todo nivel 620, punto 4, se observa material clástico, intrusivo hipabisal a la derecha, vista al SW.....	71
Figura 35: Nivel de explotación 625 vista al sur, leve anticlinal E-W, aparece capa de material clástico que se ensancha hacia el E.....	72
Figura 36: Discontinuidad con intrusivo presente en punto 4, vista SW.....	73
Figura 37: Punto 6, vista al sur, afloramiento de secuencia de calizas con chert intercalado como lentes en parte media del afloramiento.	74
Figura 38: punto 10, vista al sur, se observa secuencia de calizas, 5 metros de alto. ...	75
Figura 39: Foto direccion NNW, se observa en orden ascendente, intrusivo hipabisal con material redepositado arcilloso de caliza, en el techo secuencia de calizas erosionadas, 5 mts de alto.	76

Figura 40: Pared 15 mts de altura, vista al sur, intrusivo hipabisal verde intruye secuencia de calizas tanto arriba como bajo la secuencia.	77
Figura 41: Foto vista al Sur, 15 metros de pared, se observa secuencia caliza y material clástico hacia el Este y hacia el Oeste intrusivo que afecta la secuencia.	78
Figura 42: Foto hacia el Oeste, afloramiento 6 metros, con secuencia de calizas, con arcillas entre fracturas y con actitud horizontal de hasta 20 cm. Calizas con sílice en nódulos diseminados.	79
Figura 43: Muestra CB-17 caliza crema medio con vetillas de calcita y nódulos de sílice diseminados.	80
Figura 44: Afloramiento 1,5 mts, vista hacia el E, muestra estratos de calizas interdigitado con capa de material clástico poco consolidado.	81
Figura 45: Corte de camino 6 mts de altura, foto hacia el Sur, presenta secuencia de material clástico de intercalación de material limo-arcilla (morado) y areniscas (gris), además se observan pequeñas fallas normales.	82
Figura 46: Foto hacia SE, muestra secuencia clástica con bordes sinuosos, de intercalaciones de arenisca y limo-arcilla.	83
Figura 47: Afloramiento de 2,5 mts, foto hacia el norte, secuencia de calizas con niveles sinuosos de espesor variable de material clástico de amplia granulometría (clastos de caliza).	84
Figura 48: Foto hacia el Este, se observa contacto entre secuencia clástica poco consolidadas y calizas fragmentadas en su base.	85
Figura 49: Pared 10 mts, foto hacia SE, estratos rojos a café de caliza con intercalaciones de material clástico en estratos de distintos espesores.	86
Figura 50: Pared borde de camino Cerro Blanco, 10 mts de altura, foto hacia el Este, se observa secuencia de calizas cubierta por material fino.	87
Figura 51: Misma pared Figura 21 pero foto hacia el SW.	88
Figura 52: Calicata 1 azimut 320°, se observa la intercalación de areniscas y material fino (morado), con contactos sinuosos y poco claros, en la parte superior aparece pequeña capa de caliza. 5 mts de profundidad.	89
Figura 53: Detalle Calicata 1 con dirección azimut 320° de secuencia de material estéril clástico, de intercalaciones de areniscas y material fino (limo-arcilla), se observa material gris tamaño arena.	90
Figura 54: Calicata 3, dirección azimut 320° secuencia de calizas de color amarillo-anaranjado, se intercalan pequeñas capas de material clástico poco consolidado.	91
Figura 55: Detalle calicata 3, material clástico entre secuencia de calizas muestra de posición sobre superficie erosionada e irregular. Foto hacia el Este.	92
Figura 56: Estratos subhorizontales en Calicata 4 inundada, de 2 metros de profundidad, se observan intercalación de calizas y material clástico y en su techo intrusivo hipabisal verde cafésoso.	93
Figura 57: Detalle Calicata 4, se observa capa de intrusivo hipabisal fracturado, con capa de material clástico de grano grueso abajo y calizas en la base.	94
Figura 58: Detalle Calicata 5 con estratos de caliza rojiza, material clástico poco consolidado, caliza anaranjada y chert con lentes de caliza, de base a techo.	95
Figura 59: Detalle Calicata 5, se observa capa de material clástico sinuosa entre las calizas.	96

Figura 60: Detalle Calicata 6 poco profunda, se observan calizas en toda su extensión, hacia la parte superior mayor presencia de sílice.	97
Figura 61: Detalle Calicata 7 de 3 mts de profundidad se observan calizas con sílice morado, con gradaciones de crema oscuro capa de material clástico intercalado.....	98
Figura 62: Detalle Calita 8, 1,5 mts de profundidad, en su base se observa capa de calizas, hacia arriba material clástico y fragmentos de caliza de diverso tamaño.	99
Figura 63: Calicata 9, de 5 mts, azimut 250°, se observan 1,5 de calizas en su base y hacia el techo una secuencia clástica de bordes sinuosos de areniscas y material Limo-Arcilla.	100
Figura 64: Detalle Calicata 9, caliza en base de calicata en contacto con sedimentos clásticos finos de Limo-Arcilla.	101
Figura 65: Detalle de pequeño afloramiento de caliza roja, presenta vetas de carbonato de calcio.	102
Figura 66: Detalle de afloramiento de caliza con grandes nódulos de sílice.	103
Figura 67: Foto dirección Este, en la parte alta del afloramiento se observan 2 mts de caliza con estratificación.	104
Figura 68: Foto dirección Norte, de base a techo se observa filón intrusivo hipabisal verde, calizas instruidas por dique del filón intrusivo.....	105
Figura 69: Pequeño valle posiblemente antiguo nivel de explotación, se observa intrusivo de 5-8 mts de espesor y en su techo 2-3 mts de caliza. Foto dirección Norte.	106
Figura 70: Mismo valle que Figura 40, se observa estratificación en calizas, foto hacia el NNW.....	107
Figura 71: Banco nivel 600, se observan estratos de caliza de espesor 5 mts, con algunas delgadas capas clásticas interdigitadas, foto dirección Sur.	108
Figura 72: Muestras tomadas de la secuencia expuesta en la pared nivel 600	109
Figura 73: Pared nivel 600 continuación de Figura 70, se observa la continuación de la secuencia calcárea y afloran nuevos estratos, desaparece la base. Foto dirección Sur.	110
Figura 74: Muestras de los nuevos estratos que afloran en el banco 600 Figura 72	111
Figura 75: Foto dirección SSE, se observa falla al centro de la foto, con secuencias de caliza a ambos lados, en el techo del lado derecho se observa intrusivo hipabisal.	112
Figura 76: Foto dirección SE, 8 mts de alto, se observa intrusivo destruyendo secuencia de calizas.	113
Figura 77: Foto con dirección Este, se observa contacto de intrusivo y calizas de forma lateral y en el techo.	114
Figura 78: Nivel de Extracción 610, foto Sur, se observa secuencia de calizas y delgadas capas de material clástico fino.	115
Figura 79: Foto dirección Sur, continuación de banco 610 e Figura 48, se observan capas superiores a las anteriormente mostradas.	116
Figura 80: Foto dirección Este, afloramiento de intrusivo verde bajo calizas laminadas.	117
Figura 81: Foto dirección este, se observa intrusivo abombando calizas circundantes generando plegamiento en estos (parte izquierda).	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de estimación parcial de recursos geológicos para mina Cerro Blanco .57

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Cerro Blanco es una mina de calizas ubicada en la localidad de Polpaico Región Metropolitana a 45 kilómetros al noroeste de Santiago, propiedad de la empresa Polpaico SA.

Las extracciones se realizan en una operación a cielo abierto con bancos de cinco metros. La producción es destinada en su totalidad a la producción de cemento y áridos para la construcción. Las operaciones de Polpaico SA datan del año 1948 (memorias compañía Polpaico SA) en esta mina. Anterior a esta fecha solo se realizaban labores de minería informal.

Las calizas que se explotan en la mina Cerro Blanco corresponden a niveles calcáreos de la formación Las Chilcas (Thomas, 1958). Cronológicamente estos niveles de caliza han sido asignados desde el Cretácico temprano al Cretácico tardío. Los niveles calcáreos afloran en el cerro Blanco, donde se desarrolla la mina.

El proceso de producción de la caliza consta de las siguientes etapas: extracción del material quebrado (sin tronadura), chancado, molienda, flotación y espesamiento generando lo que se denomina “pasta de caliza”. La ley de corte establecida para las calizas extraídas de la mina Cerro Blanco corresponde a un 60% de CaCO_3 (carbonato de calcio).

La mina Cerro Blanco, en particular, y las Calizas de Polpaico, en general, fueron materia de estudio geológico y económico durante todo el siglo XX, especialmente en la segunda mitad de éste. En primer lugar, por su relevancia para entender la configuración geológica y temporal de Chile central, y en segundo por su importancia en abastecer de un material fundamental para la empresa Polpaico SA.

Las Calizas de Polpaico que afloran en la mina han sido parte central de la discusión sobre la evolución geológica de Chile central desde que Thomas en 1958 las asignó a la formación Las Chilcas. Su ambiente de depositación ha sido largamente discutido hasta la fecha, variando su interpretación desde ambientes lagunares de agua dulce hasta ambientes marinos someros e.g., (Thomas, 1958; Herm, 1965; Corvalán 1980; Gallego, 1994).

Los estudios realizados por la empresa Polpaico SA orientados a conocer la geología de detalle para determinar los recursos disponibles en la mina, han consistido en la

realización de mapeos de superficie, zanjas de muestreo, calicatas y sondajes de aire reverso, en distintas campañas a lo largo de la historia productiva de la mina Cerro Blanco

El presente trabajo exhibe una revisión de la geología de la mina Cerro Blanco, a través de los trabajos realizados en terreno y gabinete. Esta revisión contribuirá a mejorar la capacidad de explotación y ordenamiento de la mina. Junto a esta revisión geológica se realizará una estimación de recursos preliminar.

Para la compañía Polpaico SA resulta fundamental contar con esta revisión geológica ya que se encuentra ad portas de la realización de dos proyectos productivos; expansión botadero de estéril y aumento de la producción de mina Cerro Blanco.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

El objetivo de este trabajo consiste en realizar una revisión del modelo geológico, para la reestructuración de la producción de calizas en la mina Cerro Blanco de Polpaico SA en la Región Metropolitana, Comuna de Til-Til.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un mapa geológico de escala 1:5.000 del cuadrante N6329900-E329500, N6332100-E329500, N6332100-E330750, N6329900-E330750 en datum psad56 que contiene a la mina Cerro Blanco (Anexo Mapas y Perfiles, Ortomosaico Cerro Blanco)
- Revisar y actualizar la interpretación de los procesos sedimentarios que dan lugar a la secuencia sedimentaria observada en la mina Cerro Blanco
- Elaborar columnas estratigráficas de la secuencia que se presenta en la zona, para distintos puntos de extracción en actividad y abandonados.
- Caracterizar la geoquímica de la secuencia sedimentaria presente en la mina Cerro Blanco para determinar leyes de CaCO_3 , SiO_2 , ox. Na, ox. Al, ox. K, ox. Mg.
- Realizar una estimación de recursos preliminar con los nuevos datos aportados en este estudio.

- Actualizar la disponibilidad de recursos en la zona del futuro botadero de estéril de la mina Cerro Blanco

1.3. METODOLOGÍA

La compañía minera Polpaico SA se vio en la necesidad de actualizar el modelo geológico de la mina Cerro Blanco por dos proyectos internos; expandir el botadero de la mina hacia sectores presumidamente sin recursos y reestructurar el ritmo de explotación de la mina. Para lo cual se realizaron trabajos en terreno de mapeo superficial, calicatas, mapeo de bancos, elaboración de columnas estratigráficas, cortes transparentes de roca y análisis químicos de muestreos superficiales en la mina.

- Escala de trabajo:
 - Para el mapa geológico de superficie se utilizó una escala de detalle 1:5.000 con 60 puntos de control (Anexo Mapas y Perfiles, Mapa de puntos de control) en toda la mina Cerro Blanco y perfiles EW escala 1:200 realizados por la compañía en el año 2004 con los sondajes contenidos en ellos.
 -
 - Para las columnas se utilizó una escala de 1:20 representando bancos de explotación activa y abandonados.
- Muestreos:
 - El muestreo se realizó durante los trabajos en terreno en la mina Cerro Blanco durante el año 2018 (Julio-Septiembre).
 -
 - Durante el muestreo se tomaron dos tipos de muestra, muestras individuales de afloramientos o singularidades observadas en la mina y muestras de los estratos que componían cada una de las columnas levantadas.
 -
 - Para el muestreo de muestras individuales se asignó la nomenclatura CB-XX- (A, B, C, etc.), donde "XX" corresponde al punto de mapeo donde se tomó la muestra, la última letra se utilizó para los puntos donde se tomó más de una muestra. Estas muestras se enviaron a laboratorio para su caracterización geoquímica mediante Rayos X en el laboratorio de la empresa.
 -
 - En el caso de la columna estratigráfica se tomó una muestra por cada estrato identificado con la misma nomenclatura anterior manteniendo los prefijos CB-XX según el punto de control correspondiente, identificando los estratos con la última letra de forma ascendente. Estas muestras se enviaron a laboratorio para su caracterización geoquímica mediante Rayos X en el laboratorio de la empresa.
 -

- Las muestras identificadas como CB-XX-ARCX corresponden a pequeños estratos de arcilla o limo en la secuencia.
 -
 - Para uso práctico se denominó gran parte de las calizas en colores crema-crema oscuro, las que corresponderían según el Munsell Soil Color Chart a la tabla 5YR entre 8/4 a 5/4.
- Registro fotográfico:
 - Se registró con fotografías digitales distintos puntos de interés durante el mapeo de superficie. Las fotografías se asignaron con el siguiente código AAAADDMM_HHMMSS, además de incluirse dentro de la libreta el punto de control correspondiente donde fue tomada. Estas incluyen fotografías panorámicas, de estratos particulares y muestras de mano.
 -
- Trabajo en terreno
 - Se realizó una campaña de mapeo de superficie en la zona delimitada como mina Cerro Blanco (Cuadrante N6329900-E329500, N6332100-E329500, N6332100-E330750, N6329900-E330750 datum psad56) escala 1:5.000 durante el período agosto-septiembre 2018 usando como base una imagen aérea (Anexo Mapas y Perfiles Geológicos, Ortomosaico Cerro Blanco) 1:5.000.
 -
 - Se tomaron muestras de mano en distintas ubicaciones dentro de la mina Cerro Blanco, como apoyo para el mapeo y para la construcción de columnas estratigráficas.
 - Se realizó un registro fotográfico de los puntos de interés durante la campaña de mapeo de superficie.
 -
 - Se registraron los datos necesarios en 6 ubicaciones distintas correspondientes a bancos de extracción de mineral (activos e inactivos) para la elaboración de su correspondiente columna estratigráfica.
 -
 - Durante la campaña de mapeo de superficie se escogieron 10 puntos ubicados en la zona de estudio para la ampliación del botadero de estéril en el nivel 560 de la mina Cerro Blanco (Anexo Mapas y Perfiles, Mapa puntos de control). En estos puntos se realizaron calicatas de hasta 7 metros de profundidad y 2 metros de ancho, en las cuales se realizó un mapeo para discriminar principalmente si se trataba de zonas de estéril o mineral.
 -
- Análisis petrográfico
 - Se realizaron y analizaron 25 cortes transparentes correspondientes a distintos afloramientos de la mina Cerro Blanco, estratos particulares de las columnas

levantadas y también uno al intrusivo que cruza la secuencia para su caracterización y clasificación. Los cortes transparentes fueron analizados en el microscopio disponible para uso interno del departamento de Geología en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

- Análisis químico

- Se realizaron 87 análisis químicos de FRX (Fluorescencia de Rayos X) correspondientes a 24 muestras utilizadas para hacer cortes transparentes y 63 muestras que se reparten entre las muestras individuales y las de columnas estratigráficas con el objetivo de determinar leyes de CaCO_3 , SiO_2 , Al, Fe, CaO, MgO, Na_2O y K_2O (Anexo Base de Datos, Tabla de análisis químico muestras de mano).

- Trabajo de gabinete

- Se realizó una recopilación bibliográfica de la zona entre mayo-julio de 2018 comprendiendo aspectos geológicos y económicos de la mina Cerro Blanco y sus alrededores, para tener un contexto de la zona de estudio.
-
- Durante octubre 2018 se integraron los datos obtenidos en la campaña de terreno realizada entre julio-septiembre y datos preexistentes de la zona para elaborar un mapa geológico de superficie de escala 1:5.000 en la mina Cerro Blanco.
-
- En diciembre 2018 con los datos obtenidos en la campaña de terreno de julio-septiembre 2018, se elaboraron 5 columnas estratigráficas de bancos activos e inactivos de la mina Cerro Blanco y una general para toda la mina escala 1:20.
-
- En diciembre 2018 se describieron los 25 cortes transparentes de roca. Se describió principalmente el tipo de roca, mineralogía y flora y fauna fósil.
-
- Base de datos análisis químico (Anexo Base de datos de terreno, Análisis químicos)
-
- Elaboración de informe

1.4. UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

La mina de calizas Cerro Blanco de Polpaico SA, se encuentra ubicada en la región Metropolitana de Chile, en la provincia de Chacabuco, 45 kilómetros al noroeste de Santiago (Figura 1). Se ingresa a las instalaciones de la Planta Cerro Blanco desde la ruta 5 Norte por camino Cerro Blanco hacia el oeste. Este es el único acceso permitido a la mina.

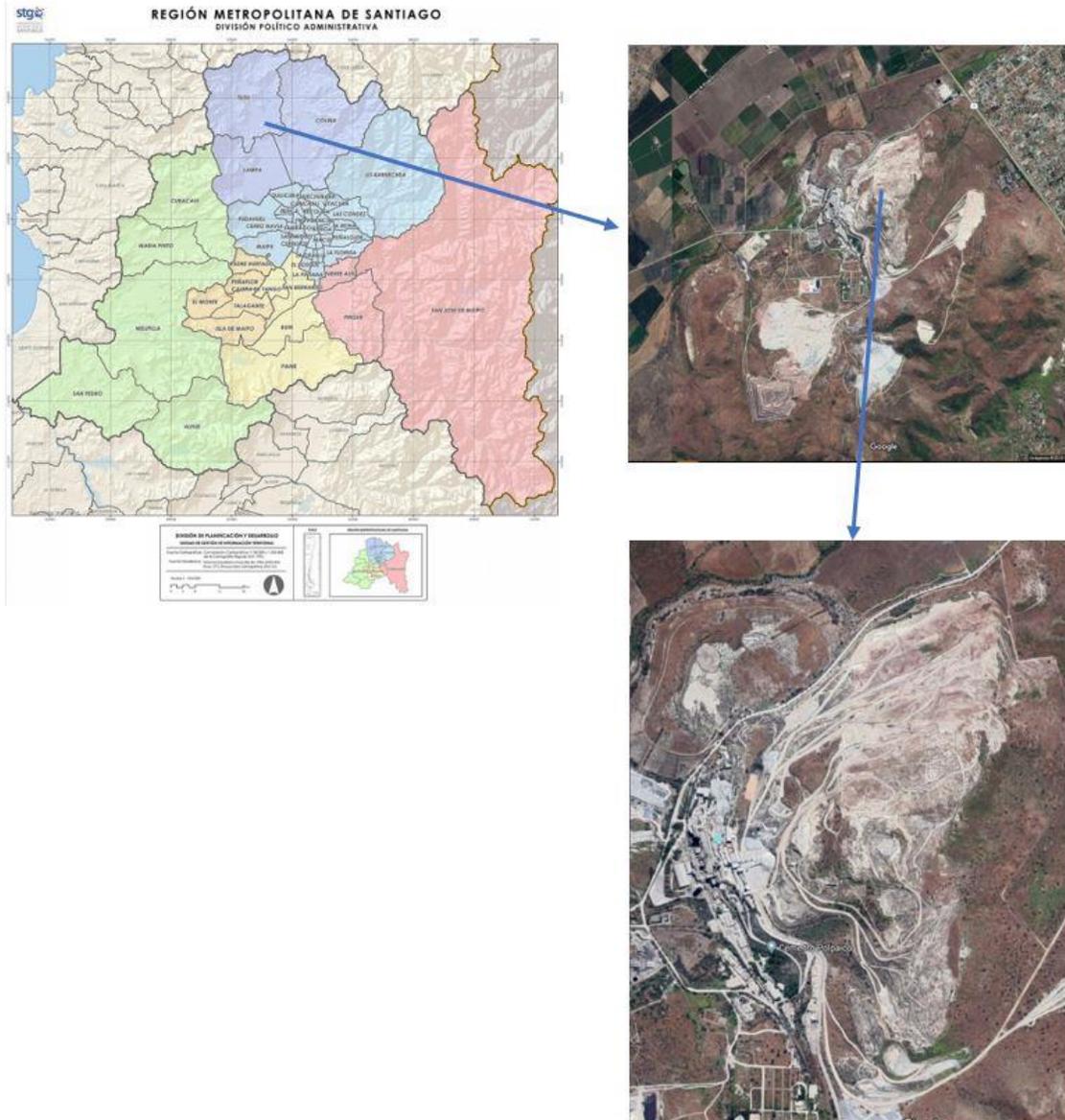


Figura 1: Ubicación mina Cerro Blanco

1.5. ANTECEDENTES

Cerro Blanco y las zonas circundantes han sido explotados desde principios del siglo XX, para producir materiales de construcción como cal y cemento. Los estudios geológicos realizados en la zona se han orientado a determinar la génesis de la secuencia sedimentaria que aflora en la zona. Y se han realizado estudios geológicos orientados a determinar el potencial económico que suponen estas secuencias para la producción de calizas.

1.5.1. Trabajos anteriores

Los estudios geológicos comienzan con la asignación de las secuencias calcáreas Calizas de Polpaico, que incluyen a las calizas que afloran en la mina Cerro Blanco, a la Formación Las Chilcas por Thomas en 1958.

En 1965 Herm realiza un estudio de microfacies para determinar las condiciones de depositación de las Calizas de Polpaico, asignándolas a un ambiente lagunar.

Corvalán realizó distintos aportes, en 1968: separa las Calizas de Polpaico en 2 niveles distintos; el primero en las minas Cerro Blanco y Loma Oriental, y el segundo Calerías Viejas y Cerro Mesa, estableciendo la primera secuencia estratigráfica de la zona. En un estudio de microfósiles, en conjunto con Vergara, en 1980 sobre las calizas que afloran en la mina y en sus cercanías (Calizas de Polpaico), las correlaciona con la transgresión marina de Quiriquina (Campaniano-Maastrichtiano), asignándoles además un ambiente de lagunas marginales conectadas al mar cretácico superior.

Gallego entre 1991 y 1994 realiza una serie de estudios. En 1991 realiza un estudio micropaleontológico, que estableció la columna estratigráfica del sector y asignándole solo un nivel estratigráfico, determinando un solo origen a toda la secuencia. En 1992 en cooperación con Martínez realizan un estudio de microfósiles asignando una edad albiana media a la secuencia. Finalmente, en 1994 realiza un estudio de paleoambiente y mecanismos de depositación para toda la zona y cada una de las minas en particular. Asignando una edad Aptiano-Albiano a la secuencia, y un ambiente de "fan delta" de cuenca marina somera. Además, realiza un detallado estudio de facies sedimentarias en las pertenencias de Polpaico incluida la zona de este estudio.

En el año 2008, Tunik y Alvarez realizaron una columna en el sector, buscando una correlación con secuencias calcáreas de la Formación Saldeño en Argentina, y una edad para la Formación Las Chilcas Valanginiano-Aptiano, a diferencia de los trabajos de Gallego.

Finalmente, en el año 2015, Boyce relaciona las lavas que sobreyacen a las Calizas de Polpaico con las encontradas en el cerro Punta Peuco, asociadas al miembro Pitipeumo, en base al comportamiento estructural y estratigráfico de estas, el autor les asignó una edad media U-Pb de 103 Ma, situando las calizas al mismo miembro y una edad Albiana, en la base de la formación Las Chilcas.

1.5.2. Antecedentes estimación de recursos

Si bien la mina Cerro Blanco data su funcionamiento desde 1948 pasaron 20 años antes de que se hiciera por primera vez una estimación de recursos con datos de terreno geológicos y calicatas poco profundas.

El primer trabajo de estimación de recursos para la mina Cerro Blanco fue realizado por Corvalán en 1968, entregando un mapa geológico de la mina (1:2000), además de asignar 5 niveles distintos para las Calizas de Polpaico en el sector.

En 1972, el ingeniero químico Eduardo Lobos realiza un estudio de leyes en base al trabajo anterior de Corvalán, en el marco de actualizar la disponibilidad de recursos para la mina Cerro Blanco.

Se realizaron campañas de sondajes en los años 1986, 1989 y 2000, siendo esta última la que definió el modelo de bloques utilizado hasta la fecha, con 139 sondajes de polvo con un total de 2.321 metros perforados, con un soporte metro a metro.

El mapeo superficial de la mina Cerro Blanco de Gallego en 1993 fue la base para la elaboración de los trabajos en la campaña de sondajes del año 2000, pero no se encuentran fuentes de dicho mapa, solo algunos perfiles realizados con motivo de la evaluación de reservas en el año 2001.

Las estimaciones de reservas actualizadas en el año 2017 a partir del modelo de bloques actual (Informe de interno de Actualización de recursos y reservas, 2017) son del orden de los 13 millones de toneladas para la mina Cerro Blanco.

2. MARCO GEOLÓGICO

2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La mina Cerro Blanco se encuentra ubicada en el límite fisiográfico entre la denominada Depresión Central y los Valles transversales. Hacia el este y oeste queda confinada entre la Cordillera de los Andes y de la Costa, respectivamente.

El área que rodea al yacimiento se caracteriza por la presencia de un conjunto de cerros de pendiente suave que delimitan al NNW la cuenca de Santiago. Hacia el norte y el oeste este conjunto de cerros está limitado por el valle del Estero de Chacabuco y hacia el este se continua la cadena de cerros El Manzano y Las Tórtolas. El área de estudio se encuentra aislada, ligeramente al norte de un conjunto de cerros Oeste-Este denominados Altos de Polpaico, de los cuales nacen hacia el norte cinco cordones los que se denominan con la misma orientación como: Matapiojo, Calerías Viejas, Mesita, Mesa-Loma Oriental y Guanaco. Justo al norte de este conjunto se encuentra la mina Cerro Blanco en el cerro que lleva el mismo nombre (Gallego, 1994).

A continuación, se realizará una descripción de las unidades presentes en el área de estudio y sus inmediaciones basado en la carta Til-Til Santiago Sernageomin 1999 1:100.000. (Figura 2)

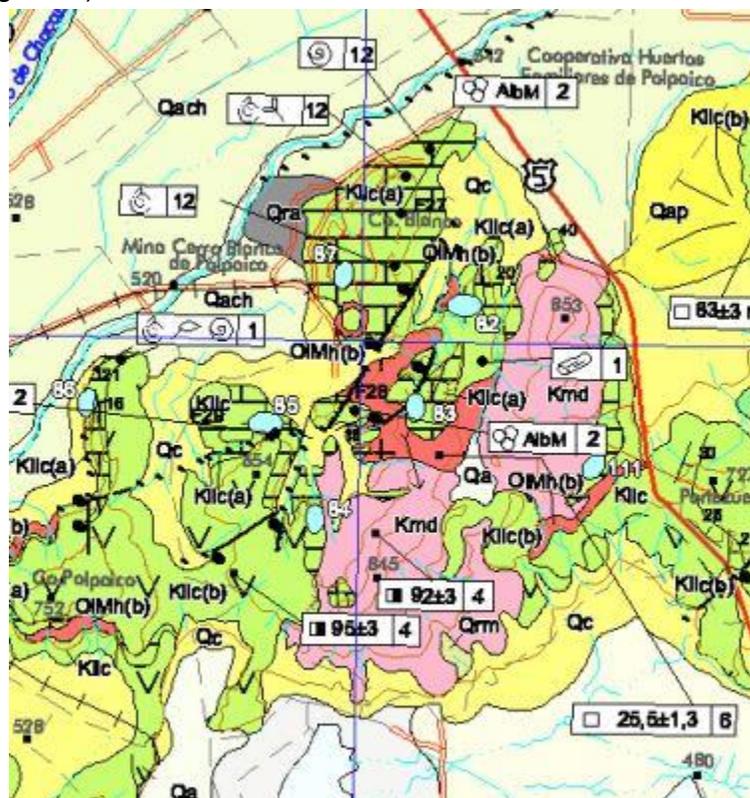


Figura 2: Marco geológico regional, Carta Til-Til Santiago Sernageomin 1999 1:100.000 (detalle sector Cerro Blanco)

2.1.1. Rocas Estratificadas

- Formación Las Chilcas Kilc (Thomas, 1958):

Esta es una secuencia volcánica y sedimentaria que aflora en la parte oriental de la Cordillera de la Costa, desde donde se extiende hacia el este, hasta el portezuelo El Manzano y el área del embalse Huechún. Se dispone en aparente concordancia con la Formación Veta Negra y subyace de forma discordante por erosión a la Formación Lo Valle. Está intruida por granitoides de 100-90 Ma.

Sus niveles superiores que afloran en la zona circundante a la mina Cerro Blanco corresponden a conglomerados y areniscas con restos vegetales, de facies abanicos aluviales, a los cuales se les asocia un distintivo nivel de calizas marinas (Calizas de Polpaico). Hacia el techo de la formación se encuentran lavas basálticas y andesítico basálticas.

Las calizas marinas son portadoras de gastrópodos, bivalvos y estromatolitos. En el cerro Blanco (zona de estudio) se han reconocido además foraminíferos y tintínidos (*Favusella washitensis*, *Hedbergella delrioensis*, *H. infracretacea*, *Ticinella breggiensis*, *T. praeticinensis*, *T. roberti*, *Bonetocardiella conoidea*, *Pithonella ovalis*), que, según Martínez-Pardo et al. (1994) indicarían el Albiano Medio.

Lavas y flujos piroclásticos, cercanos a la base de la formación, han sido datados por U-Pb en circón en 109,6±0,1 y 106,5±0,2 Ma, mientras que edades K-Ar, en roca total, indican valores de 101±3 y 100±3 Ma, interpretadas como edades cercanas a la cristalización. Lavas del cerro Polpaico fueron datadas por K-Ar en plagioclasa en 95±3 Ma (Gallego, 1994). Otras edades K-Ar en roca total, 86±3, 83±3 y 79±3 Ma y en plagioclasa de 83±4 Ma, corresponden, probablemente a edades rejuvenecidas.

- Depósitos Aluviales Qach (Pleistoceno Medio – Pleistoceno Superior)

Corresponden a sedimentos no consolidados, que rellenan gran parte de la cuenca de Santiago y valle del estero de Chacabuco. Forman parte de extensos abanicos aluviales coalescentes con suave pendiente hacia el oeste, provenientes de las hoyas hidrográficas principales. Se interdigitan con depósitos coluviales y aluviales de piedemonte hacia sus cabeceras, mientras que hacia el oeste gradan a depósitos lacustres. Están formados por gravas y arena, con sedimentos finos en menor proporción, hacia el oeste aumenta la cantidad de finos (arenas, limos y arcilla) que alternan con lentes de granulometría gruesa. En el sector norte del valle de Santiago estos presentarían espesores medios de 400-480 metros. Dentro de las zonas circundantes a la zona de estudio solo se reconocen los depósitos aluviales del estero Chacabuco (Qach).

- Depósitos Aluviales de pie de monte Qap (Pleistoceno Superior – Holoceno)(Wall,1999)

Sedimentos no consolidados, ubicados en la desembocadura de quebradas mayores. Están constituidos por una alternancia de depósitos de remoción en masa (flujos de detritos), con depósitos fluviales y mantos de crecida, que se interdigitan, y en parte, progradan sobre depósitos aluviales.

- Depósitos Coluviales Qc (Pleistoceno Superior – Holoceno)(Wall, 1999)

Sedimentos no consolidados, ubicados en las faldas y pie de cerros, a la salida de quebradas mayores. Se constituyen, principalmente, por clastos y bloques, mal seleccionados (escombros de falda). Constituyen mantos adosados a los cerros con pendientes de 4° a más de 10°, y presentan estratificación gruesa paralela a las laderas.

2.1.2. Rocas Intrusivas

- Dioritas cuarcíferas a monzonitas cuarcíferas de piroxeno, anfíbola y biotita y monzogabros de piroxeno Kmd (Sellés, 1999)

Afloran en los alrededores de Til-Til y en las zonas de Lo Aguirre y Altos de Polpaico, donde intruyen estratos del Cretácico Inferior. Son rocas de color gris oscuro a gris rosáceo, textura hipidiomórfica granular, grano medio a grueso, con ortoclasa, frecuentemente, perfitica y ocasionalmente entrecrecimiento gráfico de cuarzo y feldespato, con 51-60% SiO₂. Estas rocas cuentan con edades K-Ar de 100±2 Ma (biotita), 92±3 Ma (plagioclasa) (Gallego, 1994) y 83±3 Ma (roca total mínima).

- Intrusivos Hipabisales OlmH(b)

“Stocks”, filones manto, diques y cuellos volcánicos, cuya composición varía desde gabros a andesitas de piroxeno, forman cuerpos de tamaño inferior a 8 km² y afloran en la zona circundante a la mina Cerro Blanco, como también en la misma zona de estudio. En esta zona afloran basaltos y andesitas basálticas (Olmh(b)), que corresponden a basaltos de olivino, andesitas basálticas de piroxeno y olivino y andesitas de piroxeno (51-54% SiO₂) que afloran en los cerros El Buitre, Coironal, Polpaico, intruyendo a las formaciones Las Chilcas y Lo Valle. Son rocas porfídicas de color gris oscuro para las cuales se han obtenido edades K-Ar en roca total de 24,8±1,6 Ma, 23,4±1,1 Ma y ⁴⁰Ar/³⁹Ar en plagioclasa de 34,3±2,2 Ma (edad plateau) 23,9±1,2 Ma, y 24,5±1,6 Ma (edades media ponderada) (Gana y Wall, 1997; Wall, 1997).

2.1.3. Estructuras

El área de interés de este estudio se encuentra en la depresión intermedia justo al noroeste del centro de la carta Geológica Til-Til Santiago, al sur del estero Chacabuco y al norte de la Laguna de Batuco.

La depresión intermedia, cuyo límite septentrional se encuentra en la zona Casas de Chacabuco, presenta un relleno sedimentario, probablemente Plioceno-Cuaternario, de hasta 800 m de espesor (Avendaño y Araneda, 1994). El cordón transversal de cerro Polpaico – cerros de Colina interrumpe la continuidad del extremo norte de la depresión, dejando hacia el norte el valle del estero Chacabuco, y nuestra zona de estudio, 60 m más alto que el valle de Santiago y cuyo origen pudiera relacionarse con fallas noreste, cubiertas, que se ubicarían a lo largo del estero Colina.

2.2. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

La mina Cerro Blanco pertenece a un complejo de 4 minas de la compañía minera Polpaico, en el cual se explota la unidad Calizas de Polpaico asignado por Thomas en el año 1958 a la base de Formación Las Chilcas.

La unidad de Calizas de Polpaico en primera instancia se le asignó una edad mínima Cenomaniana por encontrarse en concordancia sobre la Fm. Veta Negra (Barremiano-Albiano), restringiéndola a Cenomaniano-Turoniano por la presencia de algas de agua dulce pertenecientes al género *Pucalithus*. En base a lo anterior y por pertenecer a una formación descrita como continental se le asignó una depositación del tipo lacustre.

Herm, en 1965, asigna en base a un estudio de microfacies que las calizas se habrían depositado en un ambiente de “laguna grande separada del mar y somera”. Y que este habría evolucionado a un ambiente de marisma con aguas salobres pero separado del mar. Este estudio lo realizó en base a calizas que se encuentran en la Qda. El Parrón 7 km al oeste de la mina Cerro Blanco.

Corvalán y Vergara en 1980, incorporan el hallazgo de restos del género *Dentalium*, correlacionando las calizas de Polpaico con la transgresión de Quiriquina (Campaniano-Maastrichtiano), ubicando a las calizas en el techo de la Fm. Las Chilcas.

Gallego en 1991 estableció que las Calizas de Polpaico corresponderían a un solo nivel estratigráfico, y que la estratigrafía del sector sería una secuencia volcánica, clástica y calcárea (Calizas de Polpaico) depositados en un ambiente de plataforma marina somera entre los 30 y 100 metros de profundidad durante el Cretácico Inferior (Barremiano –

Albiano sup). Luego en 1992 el mismo Gallego y Martínez establecen, con un estudio de microfósiles, que la edad de las calizas sería Albiano medio.

La mina Cerro Blanco ubicada en el cerro del mismo nombre correspondería a la depositación de calizas en un ambiente marino tipo Delta (Gallego, 1994), con una secuencia clástico calcárea que en la zona de estudio corresponde de base a techo a las unidades denominadas Clástico-Calcárea, Clástica Superior y Calizas Polpaico en su techo. No se habrían observado en el sector ni el techo de las Calizas de Polpaico, ni el contacto de las unidades Clástica Superior y Clástico-Calcárea.

La unidad Clástico-Calcárea corresponde a areniscas calcáreas gruesas y laminadas, intercaladas con niveles calcáreos, y afloran en el portezuelo ubicado al sur de la zona de estudio en una franja NE-SW.

La unidad Clástica Superior corresponde a areniscas rojas, con facies de Areniscas de pómez matriz soportadas y conglomerados finos, en general presenta una laminación muy fina perturbada. Aflora en una franja Norte-Sur en la parte oriental de Cerro Blanco, se desconoce su potencia total.

La unidad Calizas de Polpaico en este sector corresponde a 4 niveles de distintas asociaciones de micro facies (Gallego, 1994). De base a techo el primer nivel corresponde a 4.2 metros de una asociación de calizas re depositadas con intraclastos. El segundo nivel son 3.5 metros de asociaciones de calizas de algas verdes laminadas, con carófitas, foraminíferos, y pellets, pero hacia el techo aparecerían mudstones de escasos bioclastos. El nivel 3 corresponde a 5.3 metros de calizas redepositadas con intraclastos, foraminíferos, algas verdes, filamentos y extraclastos. El último nivel descrito corresponde a 12 metros de calizas marinas bioclásticas alternadas con niveles de areniscas rojas las que pueden alcanzar un espesor de 70 cm (Figura 3).

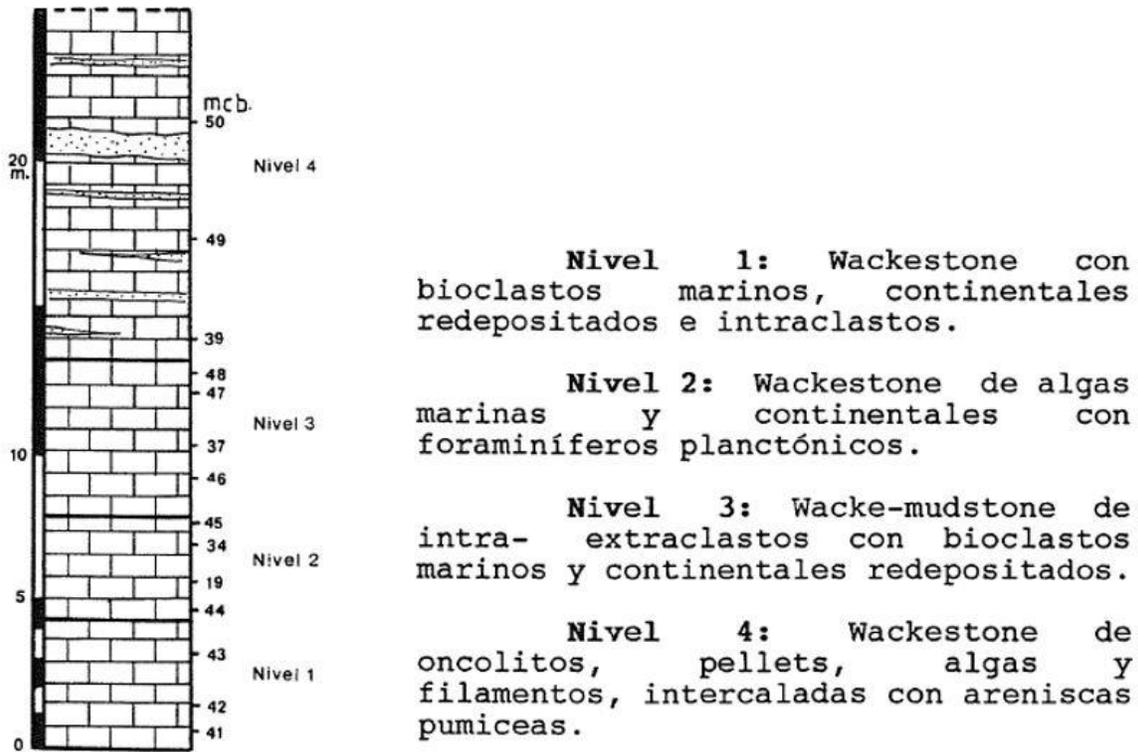


Figura 4: Columna nivel 650 mina Cerro Blanco unidad de Calizas de Polpaico, Gallego 1994.

En el sector también aflora un cuerpo intrusivo tabular, muy alterado y argilizado de color verde, que intruye a las calizas en la parte oriental de la mina Cerro Blanco, tiene un ancho promedio de 16 metros.

Estructuralmente el comportamiento general de los estratos en las áreas centro y sur es de NNW/10-30°W incrementando hacia el oeste, mientras en el sector norte la actitud es NE/20°N, con un manteo más homogéneo, generando una estructura general de semidomo, con el ápice al este del yacimiento.

Las principales estructuras en el yacimiento son fallas normales, las cuales presentan rumbos aproximados NE-SW, N-S, NNW-SSW y E-W. Con manteos que varían entre 60° y 80°, con saltos de hasta 15 metros y 500 metros de traza. Las fallas inversas son muy locales y pequeñas, y las de rumbo son más abundantes, pero con movimientos menores de 2 a 3 metros (Gallego, 1994).

3. GEOLOGÍA GENERAL DE MINA CERRO BLANCO

La geología observada en la mina Cerro Blanco corresponde esencialmente al afloramiento de rocas sedimentarias y a un cuerpo intrusivo de tamaño reducido. La morfología del cerro está definida por el leve plegamiento de las rocas sedimentarias además de las estructuras presentes en la zona.

El cuerpo intrusivo corresponde al último evento presente en el área, no se observan eventos metamórficos importantes, debido a esta intrusión, solo se ha observado a nivel microscópico recristalizaciones, presencia de vetillas de material re movilizado (calcita), y la presencia de minerales metamórficos de muy bajo grado en el mismo intrusivo.

Las rocas sedimentarias presentes en el área corresponden a calizas y unidades clásticas de diversa granulometría. Los estratos se disponen con forma de “domo” teniendo su centro en el sector sur oriental de la mina Cerro Blanco, con predominancia de manteos hacia el noroeste.

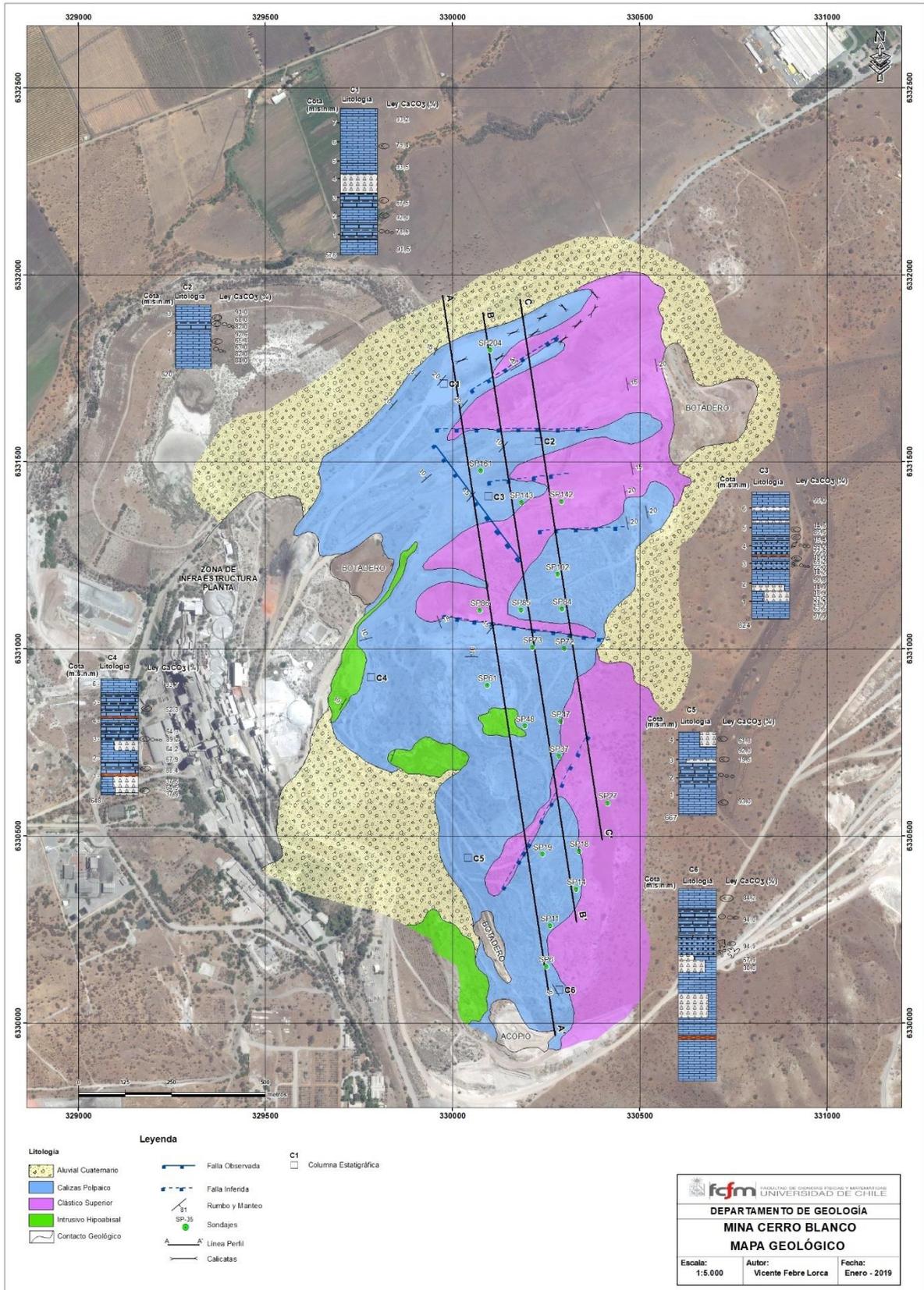


Figura 5: Mapa geológico mina Cerro Blanco escala 1:5000

3.1. LITOLOGÍA

Las rocas en la zona de estudio se dividen en dos grupos, rocas estratificadas e intrusivas, por lo cual se separarán para su descripción de esta forma. La separación de las unidades corresponde a la realizada por Gallego en 1994 para todas las propiedades de Polpaico, presentados en el Cap.2 de este documento. En general la columna estratigráfica establecida por Gallego (1994) de base a techo corresponde a: Unidad Clástica Inferior, Clástica-Calcárea, Clástica Superior y Calizas de Polpaico.

3.1.1. Rocas estratificadas

En el presente trabajo se evidenció en terreno solo la presencia de dos unidades correspondientes a la Unidad Clástica Superior y Calizas de Polpaico.

Unidad Clástica Superior

Corresponde a areniscas medias a gruesas y conglomerados finos de matriz limo-arcillosa con escasos clastos de caliza angulosos. Esta unidad tiene una coloración predominantemente roja. Subyacen a la unidad de Calizas Polpaico en continuidad gradual y establecen el límite actual de explotación de la mina Cerro Blanco.

Aflora principalmente en el sector noreste de la mina Cerro Blanco, pero también se prolonga en una línea norte-sur por la parte oriental del yacimiento, solo interrumpida por pequeños afloramientos de unos pocos metros de las Calizas de Polpaico. Además, esta unidad se prolonga de este a oeste en varias "lenguas" que son limitadas por estructuras (fallas normales) de orientación general EW. En la parte central de la mina se observa un afloramiento aislado que corresponde al antiguo nivel de explotación del rajo "Iris" (Gallego, 1994), el cual se encuentra actualmente inactivo habiendo llegado a su nivel base en esta unidad.

Su potencia total se estima entre los 15 a 20 metros, en base a una campaña de sondajes realizados en el año 2004 donde la máxima profundidad alcanzada en esta unidad fue de 20 metros. Sin embargo, por la disposición de los estratos y siendo los sondajes verticales este solo un espesor aparente que pudiese ser más amplio (sondajes "colgados" en unidad Clástica Superior).

En general esta unidad se presenta con amplios estratos de conglomerados de matriz limo-arcillosa de color rojo intercalados por areniscas de color gris con límites muy irregulares entre ellos, pudiendo deberse a la poca consolidación que presenta esta unidad, probablemente debido a erosión (Figura 6).



Figura 6: Límites irregulares presentes en la unidad Clástico Superior entre areniscas (gris) y conglomerados limo-arcillosos (rojo).

Hacia su techo y cerca del contacto con las Calizas de Polpaico esta unidad tiende a mostrar en ciertos sectores clastos de caliza de tamaño mayor, llegando estos incluso a constituir niveles explotables para la mina Cerro Blanco que corresponden a bloques completos de caliza rodeados de material clástico rojo.

Unidad Calizas de Polpaico

Corresponde a una secuencia de calizas, chert y limo-arcilla con formas lenticulares de colores grises, rojos y crema. Sobreyacen de forma gradual a la unidad Clástica Superior y no se observa su techo dentro de la zona de estudio.

Esta secuencia aflora en la mayoría de la mina Cerro Blanco exponiéndose principalmente en niveles de explotación de la mina activos y abandonados.

Los lentes de caliza tienen aproximadamente 3 metros de espesor máximo y se pueden prolongar por más de 100 metros, intercalados con otros lentes de caliza o chert. Estos se encuentran altamente erosionados, muy fracturados, y con relleno de material fino blanquecino correspondiente al retrabajo de las mismas calizas. Muy frecuentemente estos lentes de caliza se encuentran altamente vetillados por calcita cristalina (Figura 7) y presentan nódulos de sílice masiva de diverso tamaño y color, encontrándose principalmente estos con formas lenticulares, pero también redondeados o amorfos, estos nódulos pueden medir desde unos pocos milímetros hasta incluso centímetros de diámetro. Las calizas presentan en su mayoría tonos crema desde el café hasta crema claro, pero puede presentar tonos rojos en general asociados o a una mayor presencia de nódulos de sílice de este color o a material clástico presente macroscópicamente. Además, puede presentar variaciones locales de coloración dentro de los mismos tonos



Figura 7: Muestra de mano CB-61-C, caliza con vetillas de calcita

crema, esto presumiblemente asociado al retrabajo que habrían sufrido estas calizas en su ambiente de depositación marino deltaico (Gallego, 1994).

Las calizas tienen límites irregulares con pequeñas intercalaciones de arcilla-limo de unos pocos centímetros de espesor que no superan los 50 cm. También pueden estar limitadas por lentes continuos de chert de hasta 1m de espesor máximo. Esta disposición de calizas intercaladas por limo-arcilla pudiera estar asociada a flujos detríticos ocasionales en su ambiente de depositación. Los lentes de chert estarían asociados al relleno de espacios durante la diagénesis por el paso de fluidos meteóricos (Gallego, 1994).

Los lentes de chert corresponden a depocitaciones masivas de cuarzo microcristalino que en ocasiones presenta hábito acicular (Figura 8) lo cual reafirma el origen asignado por Gallego (1994) de flujos de aguas meteóricas calentadas por los cuerpos intrusivos

presentes en la zona los cuales rellenan espacios y poros con sílice. Estos lentes pueden tener color macroscópico negro, gris y rojo en distintas tonalidades, pero no se observa ninguna diferencia significativa entre los distintos colores a nivel microscópico (Figura 9). Estos lentes por lo general no son solo de sílice, también presentan pequeños lentes de caliza intercalados y vetillas de calcita, lo que se manifiesta en leyes que llegan a máximo 70% de sílice. Esto podría indicar que, durante la depositación de la sílice, las calizas aún no se encontraban totalmente litificadas pudiendo ser retrabajadas por los fluidos que depositaron la sílice.

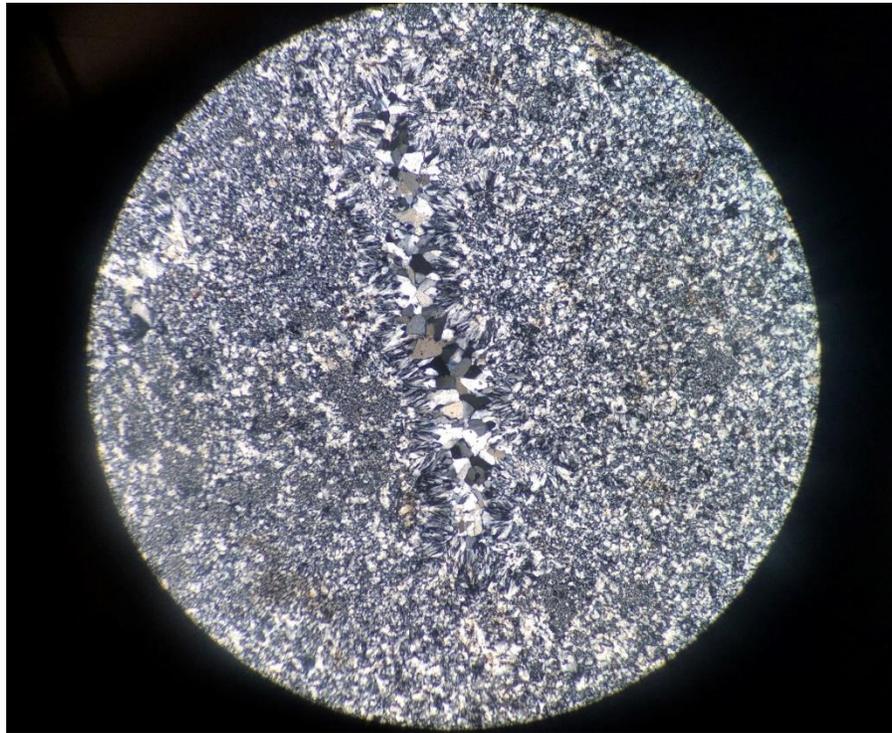


Figura 8: Chert con cuarzo acicular y masivo, muestra CB-61-L



Figura 9: Muestra de mano de caliza con chert (gris oscuro)

Las capas de limo-arcilla presentes en la secuencia pueden ser de diversos colores, verde, rojo, amarillo o blanco, son por lo general de 10cm de espesor pudiendo llegar a los 50 cm, por lo general están asociadas a los límites de lentes o estratos de caliza. Estos representan aumentos en la energía del ambiente de deposición de las calizas, o aumentos de los flujos detríticos provenientes del continente.

Hacia la base de las Calizas de Polpaico podemos encontrar secuencias con mayor presencia de material clástico asociado a la evolución del ambiente de la unidad Clástica Superior hacia el ambiente de las calizas (Figura 10). Esta sección indica que



Figura 10: Contacto de unidad Clástica Superior y Calizas de Polpaico, se observa contacto gradual entre ambas unidades. Foto dirección Sur

probablemente se pasó de lugares cercanos a la fuente continental de detritos a lugares más distales donde la deposición de calizas ocurrió, formando así calizas que serían

erosionadas con regularidad y redepositadas, hasta llegar a un ambiente más o menos estable para la formación de calizas. Esto es consistente con el ambiente deltaico descrito por Gallego (1994).

La unidad Calizas de Polpaico presenta una cantidad variable de aloquemos, biológicos e inorgánicos. A nivel macroscópico se observan pequeñas algas carófitas e intraclastos de pocos centímetros (<3cm), según Gallego (1994) también presenta gastrópodos pero estos no fueron observados a esa escala en este trabajo. Microscópicamente presenta diversos aloquemos, algas verdes, algas azules, gastrópodos, peloides, ooides, espículas de esponja marina, braquiópodos, intraclastos y extraclastos, los que concuerdan con los observados por Gallego en 1994, sumando algunos nuevos como braquiópodos (Figura 14). Mayor detalle sobre la presencia de aloquemos y sus características se encuentran en el Capítulo 5.

3.1.2. Rocas Intrusivas

Intrusivo Hipabisal Verde

Corresponde a un cuerpo intrusivo de color verde que aparece con formas tanto de dique como manto. Intruye a la unidad Calizas de Polpaico. Solo en sondajes se ha observado que intruye a la unidad Clástica Superior dentro de la mina Cerro Blanco.

Aflora principalmente al centro de la mina Cerro Blanco, esto con disposición de manto con rumbo N70E y manteos de 10 -15° NW (Figura 12). Su potencia máxima conocida por los sondajes en esta zona es de 10 metros de espesor. Hacia el sur de la mina aflora como un cuerpo masivo casi en el límite de la zona de estudio, acá sus espesores son inferidos y podrían variar, pero se observa como un cuerpo masivo no tabular. En el sector norte de la mina se encuentra como diques aislados de espesores no mayores a 2-3 metros (Figura 11), en el sector noroeste sin embargo se observa un afloramiento más o menos continuo norte sur que correspondería a un dique que abarca hasta esta zona.

En general presenta un alto grado de meteorización teniendo pocos sectores en los cuales se encuentre consolidado.

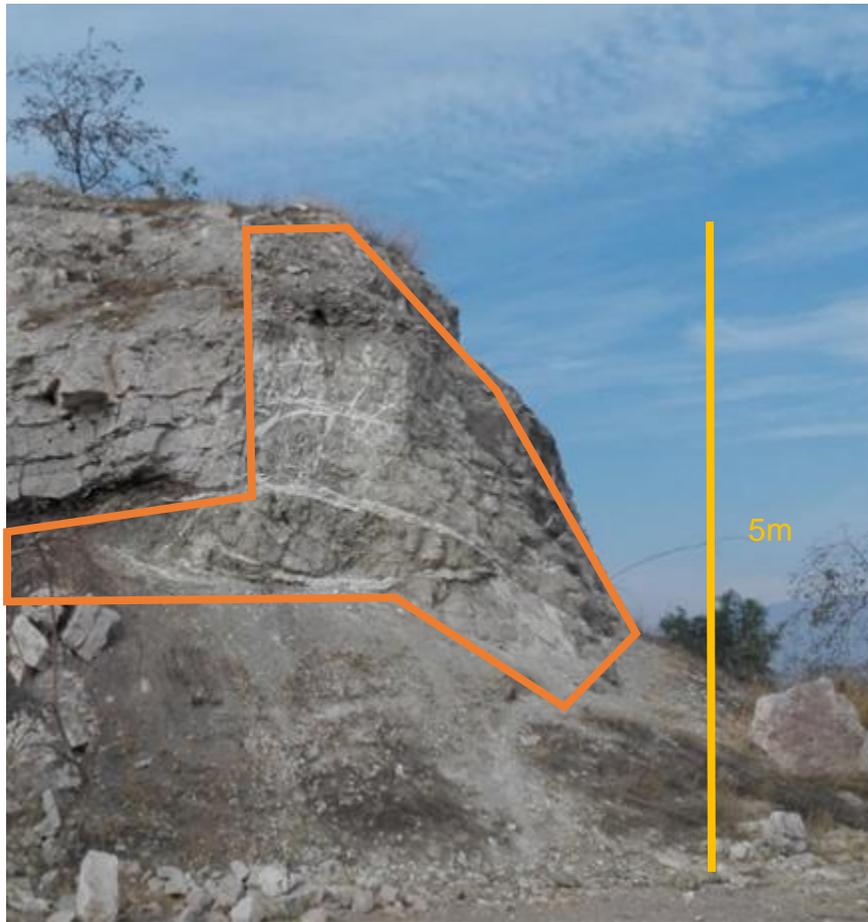


Figura 11: Intrusivo hipabisal verde intruyendo verticalmente a las Calizas de Polpaico



Figura 12: Intrusivo hipabisal verde intruyendo en forma de manto a las Calizas de Polpaico

Microscópicamente el intrusivo corresponde a un Gabro porfírico hipabisal de diópsido con una alteración de muy bajo grado representada por zeolitas y clorita reemplazando a piroxenos y plagioclasas (Anexo Descripciones Petrográficas, Cortes transparentes muestra CB-62). Presenta cúmulos de cristales, principalmente piroxenos, y una masa fundamental microcristalina con plagioclasas y micas.

3.2. ESTRUCTURAS

Las estructuras observadas en la mina Cerro Blanco corresponden principalmente a fallas normales, con dirección EW que generan desplazamientos en bloque de la secuencia sedimentaria generando la disposición observada actualmente en la mina.

El comportamiento general de la secuencia sedimentaria observada en la mina Cerro Blanco corresponde a un “domo” (anticlinal suave) con su centro en el sector central de la mina desplazado al suroriente. Hacia el sector norte de la mina la secuencia presenta una disposición SW con manteos de hasta 20°N horizontalizándose en el sector centro sur de la mina para finalmente en el sector sur tener una disposición NW con un manteo de 15°S. Esta disposición de anticlinal suave puede ser generada por fallas mayores que no se evidencian en la zona de estudio.

La continuidad de los afloramientos de Calizas de Polpaico y la unidad Clástica Superior a lo largo de todo el eje NS de la mina se debe principalmente al efecto provocado por las fallas normales (Figura 13) que van cortando la secuencia haciendo bajar los bloques de caliza hacia sectores en los cuales no afloraría de no haber fallas (Anexo Planos, Sección A-A', B-B' y C-C').

Las fallas normales más importantes presentes dentro de la mina tienen desplazamientos de hasta 15-20 metros y manteos de 60° a subverticales.

Según Gallego (1994), la mina presenta fallas de rumbo e inversas pero estas no fueron observadas en este trabajo.



Figura 13: Foto con dirección SSE, donde se observa falla en parte central

4. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE MICROFACIES CALCÁREAS

4.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se analizan los ambientes de formación y depositación de los distintos aloquemos encontrados en las calizas de la mina Cerro Blanco, con el objetivo de determinar posibles ambientes y mecanismos de depositación de las distintas facies en las cuales se presentan.

Los aloquemos observados en los cortes transparentes de roca y muestras de mano obtenidos en la mina Cerro Blanco corresponden a fragmentos, reemplazos y restos completos de esqueletos y estructuras orgánicas e inorgánicas. Estos son principalmente: espículas de esponja, intraclastos, peloides, oncoides, gastrópodos, algas, extraclastos, ostrácodos, braquiópodos y extraclastos.

Las discusiones y análisis de cada aloquemo son sacadas del libro “A color guide to the petrography of carbonate rocks” (Scholle y Ulmer-Scholle, 2003)

4.1.1. Matriz

Micrita y microesparita

Descripción: Corresponde a barro calcáreo cuyos cristales miden menos de 30µm de diámetro. Se observa como un agregado masivo de color café en distintas tonalidades en el cual están inmersos los aloquemos.

Discusión: Los barros calcáreos pueden ser formados por distintos procesos, como la desintegración de organismos carbonatados, precipitación inorgánica y otros formados en asociación con el metabolismo de microbios. Algunos son sedimentos transportados por el medio acuático y otros precipitados intersticiales sobre o en el fondo marino, también se pueden formar durante la diagénesis tardía. La microesparita corresponde a los cristales mayores a 4 µm de diámetro que son una recristalización del barro micrítico, no es un precipitado primario. Resulta aún muy difícil distinguir el origen del barro calcáreo.

Interpretación: Las Calizas de Polpaico se depositaron en un ambiente de delta marino (Gallego, 1994) a temperaturas relativamente bajas de unos 15°C (Gallego, 1991), por lo que se deduce que dado los constantes aportes de agua dulce y la baja temperatura los puntos de saturación para la precipitación de calcita no se alcanzarían, descartando este método como importante para la acumulación de los niveles de Calizas Polpaico. Posiblemente su origen corresponde erosión de restos orgánicos algales abundantes en

la zona de estudio, como también a la precipitación bioinducida por microbios. La microesparita podría estar asociada a la acción de los cuerpos plutónicos presentes en la zona de estudio que calentaron en algún grado las calizas a las cuales intruyen.

Pseudoesparita

Descripción: Corresponden a cristales de calcita se observan de hasta 1-2mm de diámetro, en agregados masivos.

Discusión: La pseudoesparita corresponde a una recristalización de la fábrica de la calcita a tamaños más grandes de 30-50 μm de diámetro. (Folk, 1965).

Interpretación: Estos causan algo de confusión ya que podrían ser recristalizaciones debido a la acción del intrusivo que se encuentra en la zona, pero los estratos en los cuales se presenta masivamente no corresponden necesariamente a los cercanos al mismo, por lo cual se tendría que suponer una acción selectiva sobre estos estratos.

4.1.2. Aloquemos Inorgánicos

Pellets y Peloides

Descripción: Corresponden a pequeños cuerpos microscopicos esféricos a elipsoidales opacos que ocasionalmente también son formados por cristales de calcita visibles, también presentan escasas estructuras internas como pequeñas cavidades rellenas con esparita u otros, tienen un tamaño de hasta 1,2 mm.

Discusión: Los pellets tienen un origen fecal, son producidos en cualquier lugar que existan crustáceos, holotureanos, gusanos y otros organismos que se arrastren o naden, aunque la mayoría se destruye antes de enterrarse, una rápida cementación generalmente mediada por bacterias ayuda a preservar estos aloquemos, por tanto, Lagoons hipersalinos, planicies mareales de baja energía, y plataformas marinas relativamente profundas son sitios comunes de preservación de estas. Los peloides por otro lado tienen una amplia gama de orígenes y ambientes en los cuales son producidos, la micritización y perforación de granos por algas y hongos son comunes desde ambientes de mar abierto hasta costeros, en particular áreas sujetas a tormentas esporádicas son ideales para su formación moviendo los granos desde áreas en las cuales se depositan hasta estas áreas más tranquilas donde se destruyen. Estos lugares incluyen, pero no están limitados a, “back-bar Grass flats”, lagoons, y plataformas marinas profundas protegidas.

Interpretación: Al encontrarse ambos aloquemos juntos el ambiente podría restringirse a lagoons y plataformas marinas, además indicando posiblemente una zona sujeta a tormentas esporádicas que posiblemente ayudaron al enterramiento rápido de los pellets y a la formación de peloides.

Intraclastos

Descripción: Estos cuerpos se presentan en tamaños microscópicos y macroscópicos, desde algunos milímetros de diámetro hasta varios centímetros. Macroscópicamente corresponden a clastos de caliza de unos pocos centímetros de diámetro con formas, por lo general, subangulosas. Microscópicamente consisten en clastos de caliza redondeados o subredondeados de hasta 5mm de diámetro con micrita abundante, con aloquemos biogénicos, por lo general de calcita cristalina, y en ocasiones minerales no calcáreos como óxidos o hidróxidos de hierro o cuarzo en su interior.

Discusión: Los intraclastos son típicamente producidos en ambientes con condiciones de intermitente alta energía. En estos escenarios, los sedimentos pueden estar débilmente cementados o unidos orgánicamente en ambientes de baja energía para luego ser trabajados por tormentas u otras condiciones de alta energía como tsunamis o sismos, transformándose en clastos que luego son transportados. Los ambientes más comunes de depositación de intraclastos son arrecifes, “fore-reefs slopes”, playas carbonatadas donde procesos químicos y biológicos llevan a rápida cementación; o planicies mareales donde la desecación, cementación y/o dolomitización aceleran la litificación.

Interpretación: Los intraclastos muestran que el ambiente de depositación de estos estratos podría corresponder a periodos intermitentes de alta energía.

Extraclastos

Descripción: Microscópicamente corresponden a clastos de rocas volcánicas sub redondeadas de hasta 3.5mm, poseen cristales de plagioclasa de hasta 0.5mm y una masa fundamental con microcristales muy pequeños o vítrea.

Discusión: Los extraclastos son encontrados típicamente en las proximidades de antiguas fuentes de carbonatos expuestas, porque los clastos de carbonato son rápidamente erosionados o disueltos durante su transporte. La mayoría de los depósitos ricos en extraclastos se forman en proximidad a la fuente de los clastos y con una rápida sedimentación, o en una zona fría o seca con muy baja erosión química.

Intrepretación: Al encontrarse estos clastos en la secuencia podría asumirse que se desarrollaron cerca de alguna fuente externa a la cuenca, pero no lo suficientemente cerca ya que se encuentran con escasa presencia.

Ooides u oolitos

Descripción: Corresponden a estructuras que se componen por un núcleo redondeado y láminas concéntricas con formas principalmente irregulares, aunque pueden ser elipsoidales. En general el núcleo ocupa la mayor parte del oolito y las laminaciones presentan poco desarrollo, tienen un diámetro máximo de 2mm.

Discusión: Los oolitos requieren condiciones adecuadas para la precipitación orgánica e inorgánica y la incrustación biológica de granos. También requiere de rotación constante de los granos para formar las laminaciones concéntricas. Los mejores ambientes para la formación de ooides son deltas y barras mareales, playas lacustres o marinas donde los granos más superficiales son mantenidos en movimiento diariamente.

Interpretación: La presencia de ooides de contornos irregulares y baja cantidad de laminaciones podría indicar que el movimiento que los originó no fue regular sino más bien esporádico y de una energía moderada

4.1.3. Aloquemos Orgánicos

Algas azules-verdes (estromatolitos)

Descripción: Corresponden a estructuras laminares y dendríticas de aparentemente milímetros de largo, que envuelven distintos aloquemos.

Discusión: Los estromatolitos marinos son depositados en ambientes submareales a intermareales. Los ejemplares laminados representan crecimientos en los ciclos de día-noche y envuelven muchas veces peloides o otros tipos de grano que fueron depositados durante tormentas. No tienen una forma esquelética determinada y esta variará según el ambiente en el cual se depositaron.

Interpretación: La presencia de estos depósitos, aunque escasos, y su asociación a otros clastos (intraclastos) representa un ambiente marino intermareal sometido a tormentas, con crecimientos más bien limitados.

Algas verdes

Descripción: Corresponden a fragmentos de algas verdes no identificados, como también a formas tubulares fragmentadas que se observan micro y macroscópicamente. Microscópicamente se observan como tallos ovoidales con paredes calcíticas gruesas y que son de hasta 6mm de diámetro (codiceas? Figura 14).

Discusión: Generalmente se asocian a aguas someras (2-30 metros), son más comunes en aguas tibias, de salinidad moderada. Cuando son disueltas pueden ser formadoras mayores de micrita.

Interpretación: Su abundancia en la zona de estudio podría indicar que son parte importante del proceso de depositación de las calizas de la mina Cerro Blanco, además se encuentran ejemplares fracturados de codiceas de hasta unos centímetros de largo. Indicaría profundidades someras de depositación para la secuencia, así como también es más probable que temperaturas no tan bajas, imperaran.

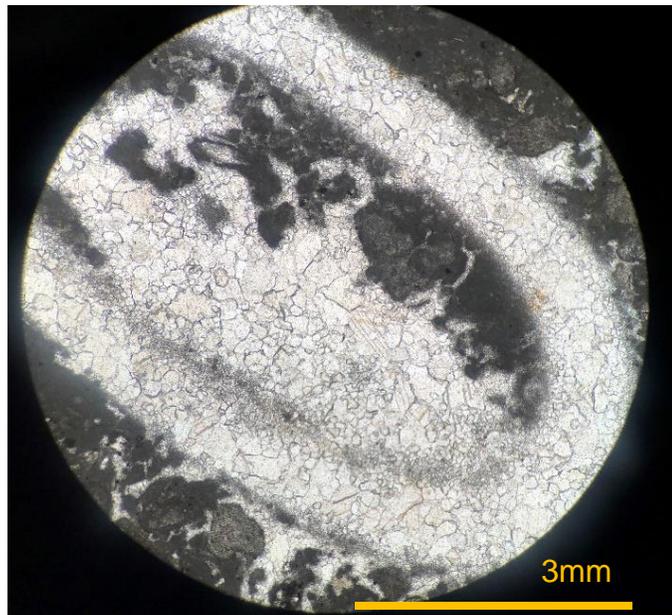


Figura 14: Alga codicea(?) de 6mm de diametro, Muestra CB-61-F

Braquiópodos

Descripción: Corresponden a caparazones fragmentados de 2mm de largo y 1mm de ancho tiene bordes delgados, en su interior se observan “puntos” negros característicos de algunos de estos organismos.

Discusión: Todos los braquiópodos son organismos marinos. Como grupo exhiben un amplio rango de salinidad desde hiposalinos hasta ligeramente hipersalinos. Todos estos organismos son sésiles que viven en plataformas desde altas a bajas latitudes. Cuando viven en aguas templadas y poco profundas tienden a tener caparazones de mayor espesor

Interpretación: Estos organismos nos podrían indicar que las calizas de estos niveles se depositaron en un ambiente marino

Esonja

Descripción: Corresponden a filamentos silíceos alargados de hasta 1.5mm de largo que se presentan microscópicamente diseminados, con formas tabulares o romboidales alargadas.

Discusión: Este grupo se caracteriza por su gran variabilidad y adaptabilidad. Las esponjas son organismos sésiles y bentónicos. Se preservan mejor sus miembros marinos ya que los de agua dulce, aunque son comunes por lo general no logran preservarse. Las esponjas "*Cryptic*" (cavidades) son importantes componentes de asociaciones arrecifales. La mayoría de estos organismos se presenta en ambientes en un rango profundo a somero, pero más raros a altas profundidades.

Interpretación: La presencia de estos organismos podría sugerir que estos niveles de caliza se depositaron en un ambiente preferencialmente marino somero a profundo

Gastrópodos

Descripción: Corresponden a restos microscópicos de hasta 2mm de diámetro, con una forma helicoidal y concha delgada. Asignados en 1980 por Corvalán y Vergara al género "*hydrobia*"

Discusión: Los gastrópodos son un grupo muy amplio y variable de organismos. Estos se pueden encontrar en todas las regiones en ambientes marinos normales, salinos, hipersalinos y de agua dulce como también en ambientes subáereos. Estos organismos son rara vez formadores mayoritarios de los sedimentos, salvo en los casos de ambientes altamente estresados especialmente hipersalinos o de agua dulce. En aguas templadas por lo general se forman gastrópodos con un caparazón más grueso que en aguas frías

Interpretación: Se asignó a este taxón un solo ejemplar encontrado en los cortes transparentes por los antecedentes y la forma observada en el microscopio (Corte transparente, muestra CB-24 del Anexo Descripciones Petrográficas). Al no ser de caparazon grueso se podría interpretar que la zona de estudio constituía una zona de aguas más bien frías.

Ostrácodos

Descripción: Corresponden a restos microscópicos de hasta 1mm de diámetro, con formas ovaladas y conchas relativamente delgadas que presentan junturas con forma de anzuelo (Figura 13).

Discusión: Los ostrácodos son típicamente organismos bentónicos los cuales viven en madrigueras de barro calcáreo. Los ostrácodos se encuentran distribuidos entre latitudes árticas a tropicales, son comunes en aguas dulces, salobres y marinas. Raramente son formadores principales de sedimento.

Interpretación: La presencia de estos organismos indica un ambiente acuático.

4.2. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE MICROFACIES CALCÁREAS EN MINA CERRO BLANCO

Las microfacies descritas a continuación corresponden a las de las calizas ubicadas en la mina Cerro Blanco, que varían desde matriz soportada a aloquemo soportadas, con en general un contenido no mayor al 60% de aloquemos. Éstas se diferenciarán entre sí por el aloquemo más abundante. Para este análisis se utilizaron 20 cortes transparentes de los 25 realizados para este trabajo, ya que los restantes no corresponden a estratos de caliza. La asignación de cada microfacies se efectuará respecto a la clasificación de niveles y microfacies ya anteriormente realizada por Gallego en 1994 para la mina Cerro Blanco, con la finalidad de actualizar/revisar dichos datos. La designación de nombres para las calizas se realizó según la clasificación de nombres Dunham (1962).

4.2.1. Microfacie de algas verdes

Packstone de algas verdes y pellets (Muestra CB-61-F)

Corresponde a un packstone de restos abundantes de algas verdes tubulares (codiceas?), con restos accesorios de intraclastos, foraminíferos, calciesferas, y fragmentos de bioclastos no identificados (Figura 15).

Macroscópicamente corresponde a un nivel de calizas de 40cm de potencia con más de 100 metros de longitud, en el actual nivel mina 610, es una roca con un característico color crema oscuro y tonos magenta. Presenta también restos macroscópicos de intraclastos y algas tubulares.

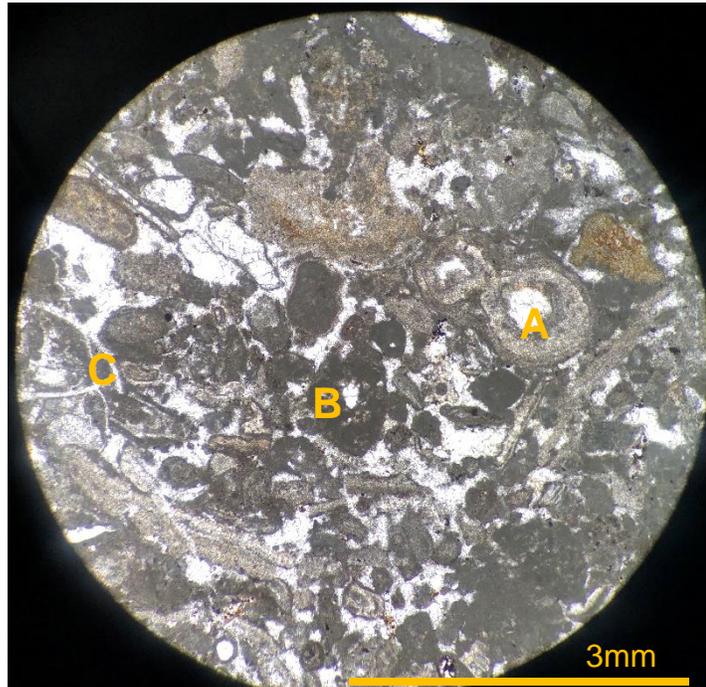


Figura 15: Corte transparente muestra CB-61-F, se observan restos de algas codiceas(A), pellets(B) y fragmentos de foraminíferos(C)

Interpretación: La presencia de pellets podría tener relación con la alta abundancia de restos fragmentados de bioclastos, los cuales pudieron ser productores del núcleo de los pellets. Los restos de algas verdes podrían deberse a flujos provenientes desde el continente, de alta energía que transportaron algas de agua dulce y de la propia cuenca hacia la zona de depositación final. El ambiente de mediana y alta energía, con erosión del lecho marino también se ve evidenciada por la presencia abundante de intraclastos. La presencia de foraminíferos indicaría que este tipo de calizas fue depositado en un ambiente marino.

4.2.2. Microfacie de esponja marina

Wackestone-Packstone de esponja marina e intraclastos (Muestras CB-24, CB-68-I)

Corresponde a wackestone o packstone con abundantes filamentos de esponjas marinas e intraclastos, con restos accesorios de gastrópodos, ostrácodos, braquiópodos punctuae y otros bioclastos fracturados no identificados (Figura 16).

Macroscópicamente corresponde a 130 cm de espesor de caliza color crema medio con mínimo 50 metros de extensión horizontal ubicado en un antiguo nivel de explotación al sur de la mina Cerro Blanco, y también a afloramientos en el camino que une la autopista con el sector Planta de Cerro Blanco.

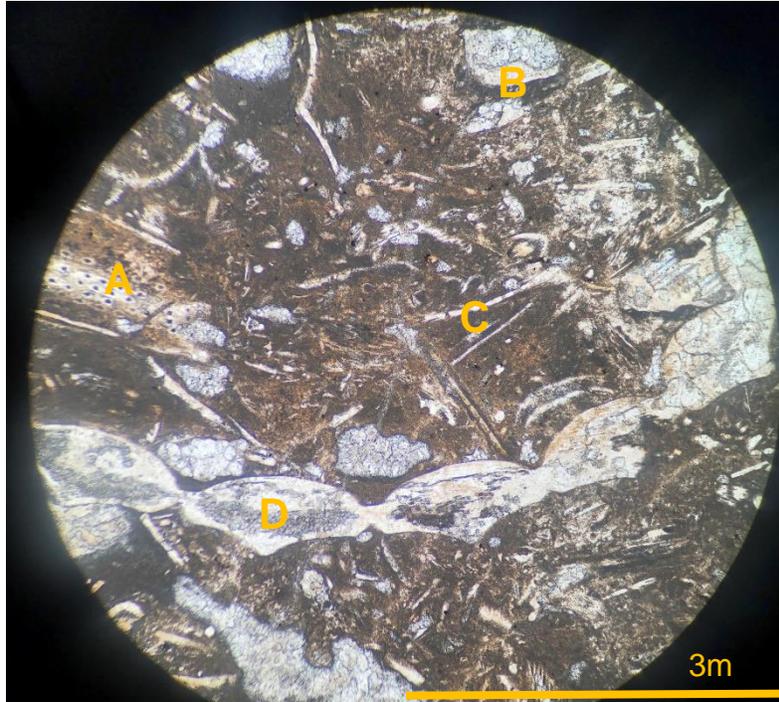


Figura 16: Corte transparente muestra CB-68-I, packstone de espículas de esponjas marinas. Se observan braquiópodos punctuae(A), ostrácodos(B), espículas(C) y bioclastos no identificados (Alga coralina? D).

Interpretación: La presencia de filamentos de esponjas y braquiópodos muestra que el ambiente de deposición es marino, la presencia de intraclastos, espículas de esponja y que los organismos se encuentren en su mayoría fragmentados muestra que el ambiente en el cual se depositaron estas calizas fue con una energía media a alta, pero con un enterramiento rápido dada la alta preservación de microfósiles. Además, la presencia de esponjas es más habitual en ambientes marinos someros por tanto podría interpretarse que corresponde a una zona marina somera con corrientes que erosionaron el fondo marino.

4.2.3. Microfacie de pellets y peloides

Wackestone de peloides e intraclastos (Muestras CB-17-B, CB-54-E, CB-28, CB-22)

Corresponde a wackestone con abundantes peloides e intraclastos pequeños, cementados con esparita, y algunos con peloides de esparita (Figura 17).

Macroscópicamente la muestra CB-54-E corresponde a un estrato de caliza gris de 10 cm de espesor con mínimo 50 metros de extensión en el nivel 600 de mina Cerro Blanco. Los otros puntos son muestras obtenidas de afloramientos de caliza en distintos sectores de la mina (Anexo Mapa de ubicación de puntos de mapeo).

Interpretación: La presencia de estos dos aloquemos juntos indica un ambiente de alta energía esporádica y de energía media constante, en las cuales se forman los peloides y además son transportados los intraclastos desde otros sectores mediante corrientes. El cemento rellenaría los espacios dejados en este ambiente de alta energía cuando se produjo el cambio de energía.



Figura 17: Corte transparente muestra CB-28, wackestone de peloides, se observan intraclastos(A) y peloides cementados(B)

Mudstone de peloides (Muestras CB-26, CB-68-H, CB-48)

Corresponde a mudstone con escasos peloides tanto de micrita como esparita, en ocasiones cementados y escasos bioclastos fragmentados no identificados (Figura 18).

Macroscópicamente corresponde a una caliza con nódulos de sílice abundantes. La muestra tomada en el sector sur de la mina (CB-68-H) está cortada por nódulos de sílice lenticulares alargados de un característico color rojo.

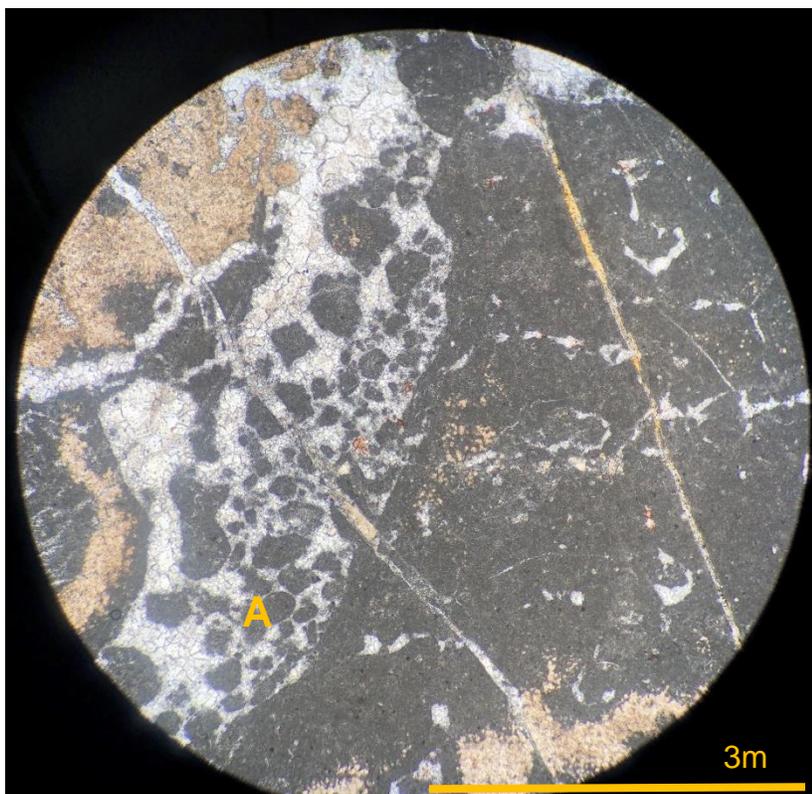


Figura 18: Corte transparente muestra CB-68-H, mudstone de peloides, se observan peloides cementados por esparita (A) y matriz micrítica.

Interpretación: La baja cantidad de aloquemos podría indicar una zona de baja energía. La presencia de peloides indicaría que el ambiente de formación de estos estratos corresponde a un ambiente acuático sometido esporádicamente a alta energía, pero bajo el nivel de olas, siendo afectado solo durante ese periodo. La abundante sílice presente en este tipo de caliza correspondería a una precipitación posterior diagenética.

Wackestone de pellets y algas verdes (Muestra CB-15)

Corresponde a una wackestone con pellets abundantes, algas verdes fragmentadas, escasos ostrácodos y otros fragmentos de bioclastos no identificados. Los pellets son dominantes y en general con formas ovoidales y cementados con esparita.

Macroscopicamente corresponde a calizas ubicadas en la base del frente antiguo de explotación "Rajo Iris" (sector ubicado actualmente en el centro de la mina Cerro Blanco), tiene 60cm de espesor y 100 metros de extensión horizontal.

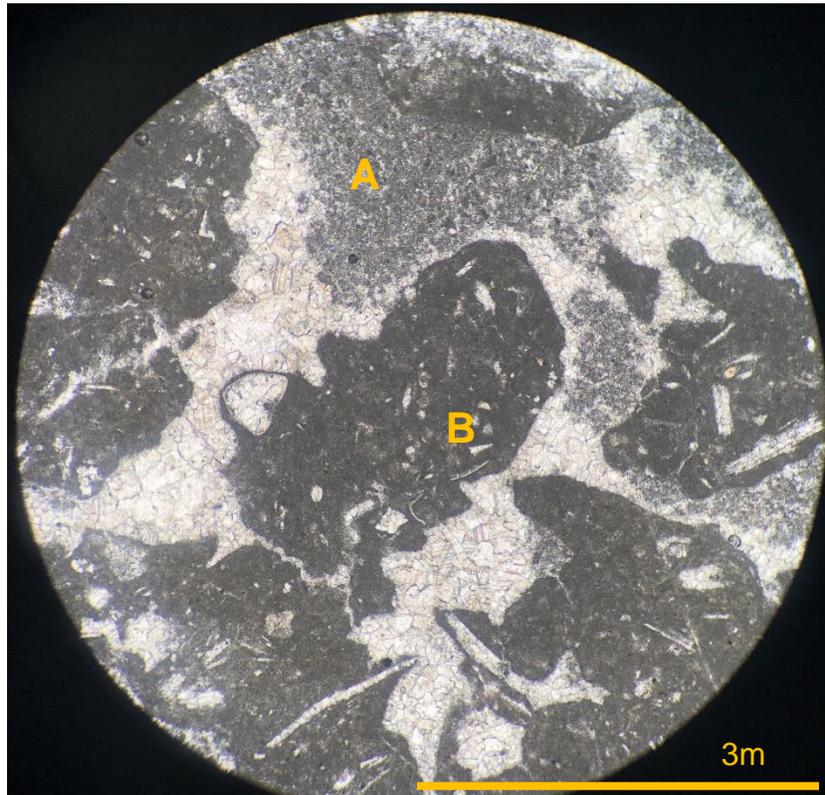


Figura 19: Corte transparente muestra CB-15, se observan pellets (A), y fragmentos de algas verdes (B).

Interpretación: La presencia de abundantes pellets acompañados de ostrácodos y bioclastos no identificados podría indicar que corresponden a residuos fecales de estos organismos. Al encontrarse altamente fragmentados los organismos estaríamos ante un ambiente de energía alta, que enterró rápidamente estos aloquemos.

Wackestone de peloides y braquiópodos (Muestra CB-36-B)

Corresponde a un wackestone de peloides abundantes, pero más bien pequeños, con braquiópodos y ostrácodos accesorios. Además, presenta restos bioclásticos no identificados.

Macroscópicamente corresponde a una caliza color crema medio, con tonos morados en su base, de 55cm de espesor y con una extensión horizontal mínima de 50 metros.

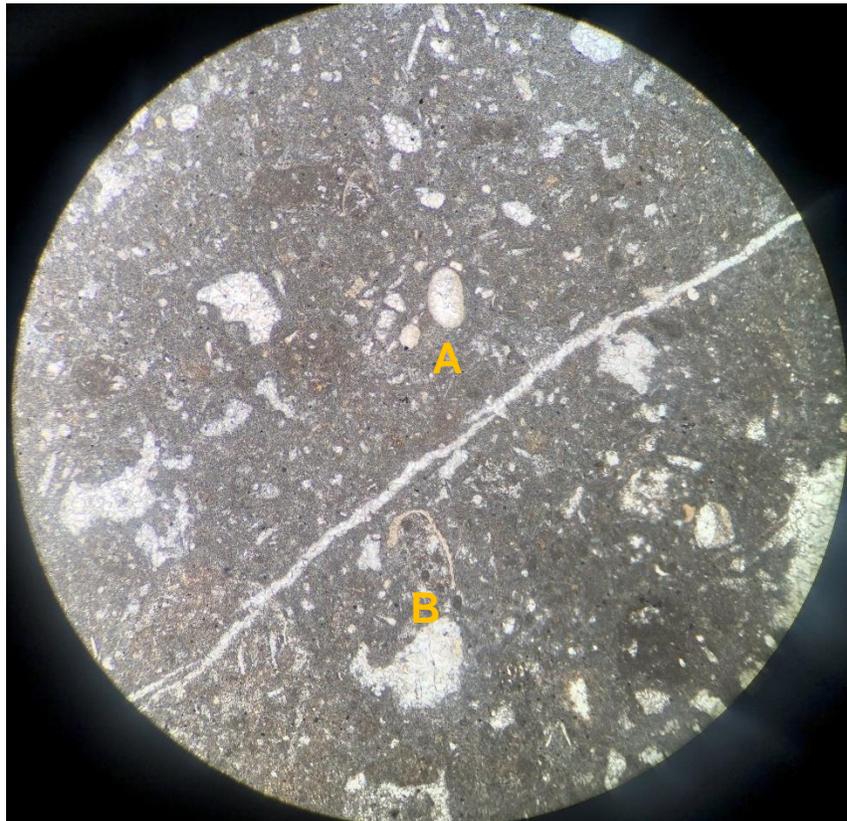


Figura 20: Corte transparente muestra CB-36-B, se observan peloides (A) y fragmentos de braquiópodos u ostrácodos(?) (B)

Interpretación: Correspondería a un ambiente marino de alta-media energía en el cual se formarían peloides pequeños, conservándose los bioclastos de braquiópodos y ostrácodos. Los restos de bioclastos fracturados serían transportados hacia sectores más distales a su fuente.

4.2.4. Microfacie de intraclastos

Wackestone de intraclastos y algas verdes (Muestra CB-67-B)

Corresponde a un wackestone con grandes intraclastos y fragmentos tubulares de algas verdes, además presenta una dolomitización característica, con abundante presencia de dolomita en cristales de gran tamaño.

Macroscópicamente corresponde a un nivel de caliza color crema oscuro en un banco abandonado al sur de la mina Cerro Blanco, de 135cm de potencia de un mínimo de 50 metros de extensión (Anexo Mapa de ubicación de puntos de mapeo).

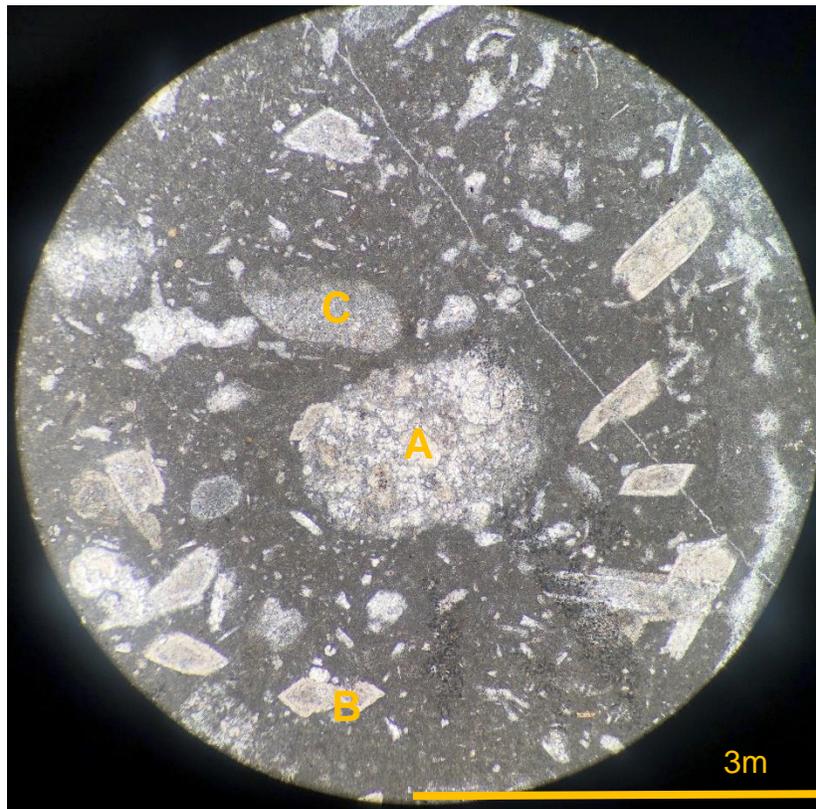


Figura 21: Corte transparente muestra CB-67-B, se observan intraclastos(A) y cristales de dolomita(B), con fragmentos de algas verdes(C)

Interpretación: La abundancia de intraclastos muestra que el ambiente de depositación fue de alta energía, con flujos submarinos que erosionaron el lecho marino, las algas podrían a su vez ser producto del transporte producido por estos mismos flujos desde el continente o de algas formadas en la misma zona. Estos flujos serían más bien esporádicos.

4.2.5. Microfacie de ooides

Wackestone de ooides y peloides (Muestra CB-66-H)

Corresponde a un wackestone con abundantes ooides de bordes irregulares, parecido a oncoides pero no alcanzan a ser mayores a 2mm de diámetro (Ulmer-Scholle, 2003), con peloides de diverso tamaño y escasos ostrácodos.

Macroscópicamente corresponde a un nivel de caliza gris en el nivel 625 de mina Cerro Blanco de 40cm de espesor y 100 metros de extensión horizontal. Se le observan “nódulos” redondos de color gris oscuro de hasta 5mm de diámetro, los que podrían corresponder a oncoides.



Figura 22: Corte transparente muestra CB-66-H, se observan ooides con bordes irregulares(A) y peloides(B)

Interpretación: Correspondería a un nivel depositado en una zona costera marina de alta energía y continuidad por la presencia abundante de ooides que requieren movimiento constante para su formación.

4.2.6. Microfacie de estromatolitos

Wackestone de estromatolitos y peloides (Muestra CB-61-I)

Corresponde a una wackestone de estromatolitos como crecimientos dendríticos y semiesferoidales, con peloides e intraclastos accesorios.

Macroscópicamente es una caliza de color crema muy oscuro de 40 cm de potencia y 100 metros de extensión ubicada en el nivel 610 de explotación de mina Cerro Blanco.

Interpretación: La presencia de estromatolitos asociada a peloides muchas veces incluyéndolos dentro de su estructura muestran una zona plataformal abierta con episodios de alta energía, los que además propiciaron la incorporación de intraclastos probablemente por retrabajos de estas mismas rocas.

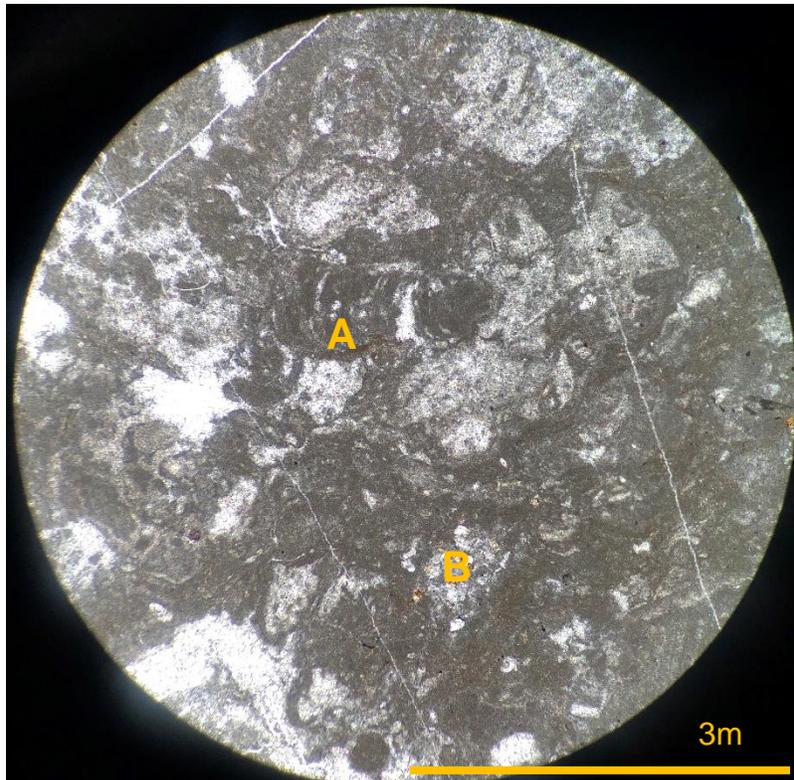


Figura 23: Corte transparente muestra CB-61-I, se observan estromatolitos con crecimiento semiesferoidal(A) que abarca gran parte de la imagen y envuelve otros aloquemos(B)

4.2.7. Microfacie de escasos bioclastos

Mudstone de escasos bioclastos (Muestras CB-17-D, CB-64-E, CB-66-J, CB-68-J)

Corresponde a un mudstone con escasos aloquemos, dominando una matriz micrítica recristalizada. Se observan ooides y peloides pequeños (CB-17-D) y escasos ostrácodos (CB-68-J, Figura 22). Todas las muestras presentan un contenido importante de nódulos de sílice, y solo la muestra CB-68-J presenta poros de <1mm, de forma subredondeada, aparentemente primarios y aislados.

Macroscópicamente corresponden a estratos de distintos niveles de explotación en la mina Cerro Blanco, el 625 al centro (CB-64-E, CB-66-J), 560 al norte (CB-17-D) y al sur en labores abandonadas (CB-68-J). Sus espesores varían entre 60 a 120 cm y su extensión horizontal es de 100 o más metros.

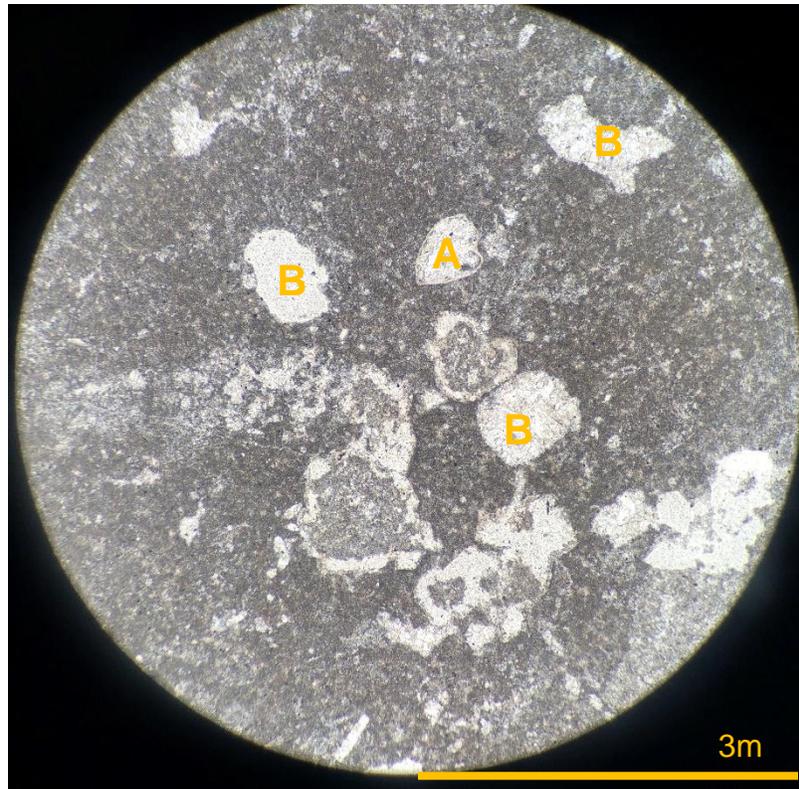


Figura 24: Corte transparente muestra CB-68-J, mudstone de ostrácodos, se observan algunos ostrácodos(A), pero la mayor parte de los aparentes "clastos" blancos son poros(B).

Interpretación: La escasa presencia de bioclastos y la predominancia de barro micrítico podría corresponder a zonas de disolución de organismos como algas, braquiópodos u otros bioclastos, en un ambiente de baja energía y enterramiento lento.

Las microfacies calcáreas descritas en base al muestreo, descripción macro y microscópica realizadas en este trabajo coinciden en general con las microfacies calcáreas descritas por Gallego (1994). En este trabajo se han descrito dos microfacies calcáreas nuevas, microfacies de ooides y microfacies de pellets y peloides. Adicionalmente se identificó la presencia de braquiópodos punctuae en la microfacies de pellets y peloides.

En las microfacies descritas hay una clara preponderancia de organismos acuáticos marinos, lo que coincidiría con lo descrito por Gallego en 1994, lo que se ve reforzado

por la presencia de braquiópodos punctuae, anteriormente no identificados para las Calizas de Polpaico.

4.3. ASOCIACIÓN DE MICROFACIES CALCÁREAS

Las 19 muestras descritas anteriormente corresponderían según la “Standar Microfacies Type” (Wilson, 1975) a:

26% SMF 4: “Microbreccia, bio- and lithoclastic packstone or rudstone” (61-F, 17-B, 54-E,28, 22)

16% SMF 8: “Wackestones and floatstones with whole fossils and well-preserved endo- and epibiota” (15,36-B,67-B)

53% SMF 10: “Bioclastic packstone and wackestone with abraded and worn skeletal grains” (24,68-I,26,68-H,48,66-H,17-D,64-E,66-J,68-J)

5% SMF 20: “Laminated stromatolitic bindstone/boundstone” (61-I)

Según Wilson (1975), las microfacies estándar SMF 8 y SMF 10 se presentan característicamente en ambientes de plataforma marina profunda (FZ 2) o de plataformas marinas someras abiertas (FZ 7). La SMF 4 es típica de ambientes de margen de plataforma (FZ 3). La SMF 20 es característica de plataformas someras abiertas o lagoons aislados (FZ 7) (Figura 24).

Dado que el 56% de las muestras correspondan al tipo SMF 8 y 10 y el resto principalmente a SMF 4 se podría interpretar que estas calizas se depositaron en un ambiente plataformal marino profundo (FZ 2) próximo al margen de la plataforma con mayor pendiente (FZ 3).

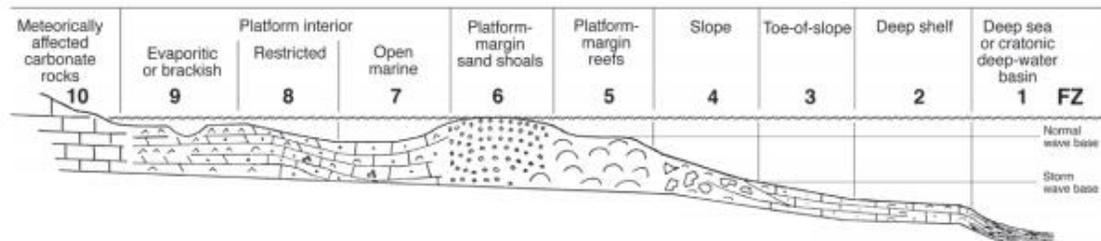


Figura 25: Zonas modificadas del modelo de Wilson.

La presencia de material terrígeno entre los distintos lentes de caliza, material terrígeno dentro de estas y restos fósiles continentales indicaría que existieron flujos turbidíticos que tuvieron lugar cerca de la línea de costa pero que se depositaron bajo el nivel normal de olas. La presencia de la SMF 20 podría indicar el retrabajo de material mucho más cercano a la línea de costa por estas mismas corrientes de turbidez depositándolo en zonas más profundas.

Dado que en su mayoría los restos fragmentados y redepositados corresponden a intraclastos o fragmentos fosilíferos marinos, las corrientes de turbidez corresponderían a flujos internos de la cuenca por posiblemente derrumbes en el margen de la plataforma marina con mayor pendiente.

5. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

5.1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La evaluación de recursos geológicos realizada a continuación corresponde a la integración de diversos datos tanto de este trabajo como históricos del yacimiento. Por tanto, resulta importante la categorización de esta información por confiabilidad a la hora de realizar una estimación.

Los datos utilizados para esta estimación de recursos geológicos son un mapeo de superficie, columnas estratigráficas parciales del cuerpo mineralizado (Unidad de Calizas Polpaico), muestreo de superficie del cuerpo mineralizado, campaña de sondajes (2004) y datos e interpretaciones históricas de la compañía (modelo de bloques, mapeos anteriores y evaluaciones actualizadas de reservas). Cabe destacar que, si bien se utilizaron de manera referencial los datos de sondajes del año 2004, estos no pudieron ser confiablemente empleados al tener un error menor (algunos metros) en su georreferenciación original respecto a la utilizada en este trabajo.

Las características intrínsecas del cuerpo mineralizado (Calizas de Polpaico) corresponden a una continuidad geométrica y espacial (unidad estratigráfica bien definida) y leyes que se mantienen en general entre 65-90%.

Lo anterior sumado a que la propia operación minera de Polpaico SA trabaja calizas con únicamente la condición de que cumplan con leyes sobre el 60% (ley de corte), y no hace ninguna diferencia en el material trabajado entre leyes 60-85%, permiten que esta evaluación de recursos geológicos sea de categorización "Indicados". Además, este trabajo no tiene como finalidad realizar una evaluación económica, sino que proporcionar una cantidad de tonelaje de material disponible en ciertos sectores de la mina.

5.2. EVALUACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS

Para la evaluación de recursos geológicos del cuerpo en explotación de la mina Cerro Blanco se utilizó el modelo clásico de secciones, las cuales representan una forma de abordar el modelamiento de un recurso geológico. Se realizaron 3 secciones de dirección N10W con una distancia de 100 metros entre ellas y un largo de 1955 metros perfil AA',

1665 metros perfil BB', 1470 metros perfil CC' (Anexo Mapa y Perfiles geológicos, Perfiles geológicos AA', BB', CC').

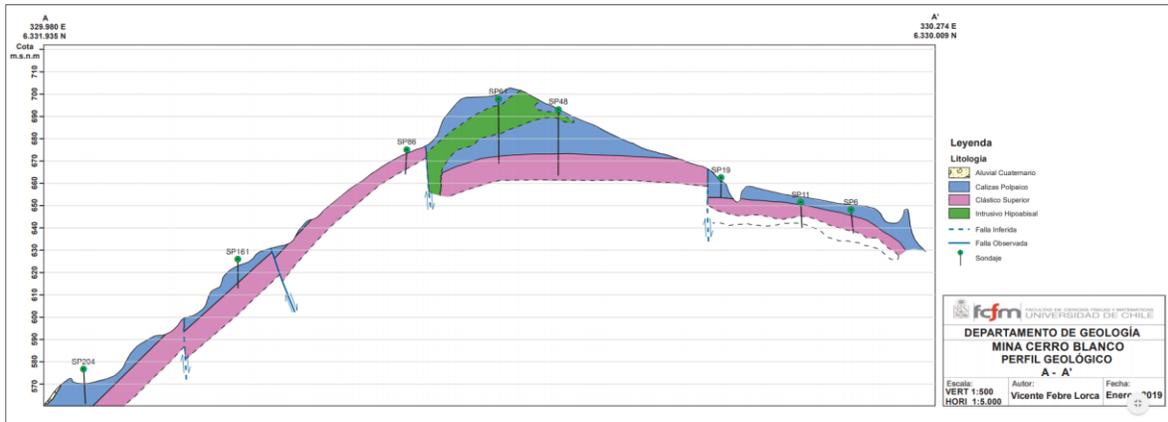


Figura 26: Perfil geológico A-A'

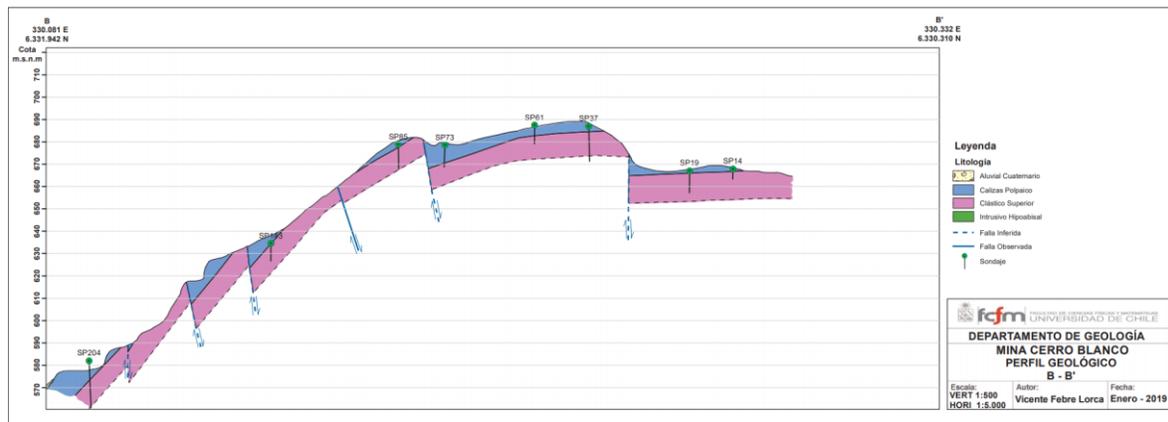


Figura 27: Perfil geológico B-B'

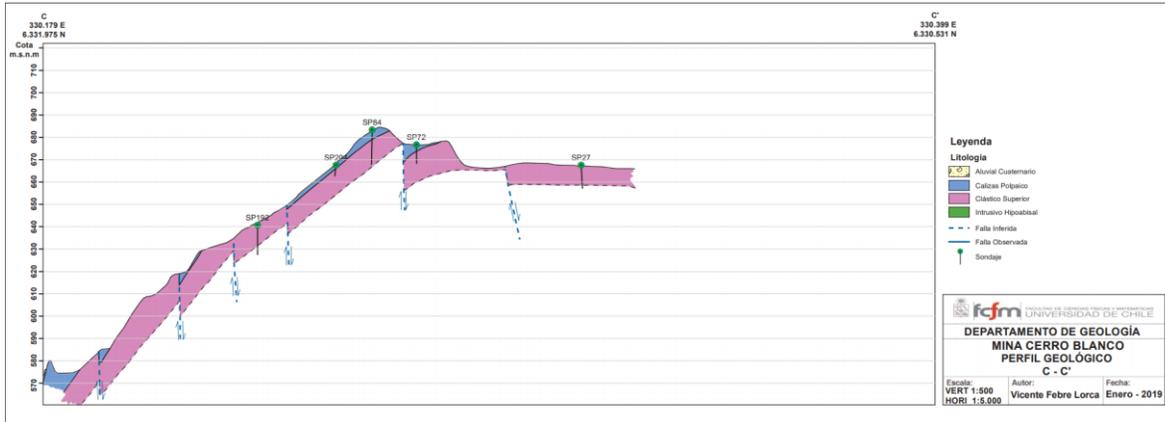


Figura 28: Perfil geológico C-C'

Se utilizó la información del mapeo de superficie, el muestreo vertical de distintos bancos en la mina y sondajes realizados en el año 2004 para delimitar la presencia de calizas y sus leyes promedio. Los datos obtenidos en las campañas de sondajes de polvo de los años 1986 y 1989 no se encuentran disponibles por lo que no constituyeron información para este trabajo.

Para el cálculo de las leyes de CaCO_3 , se utilizaron las leyes de los sondajes realizados en el año 2004 que se encontraban en el área de influencia de los perfiles y las columnas estratigráficas realizadas en este trabajo que fueron analizadas mediante muestras representativas de cada horizonte de caliza. Por lo tanto, los valores de ley de CaCO_3 asignados a cada área de cálculo es un valor estimativo. En los sectores donde no se disponía de sondajes o columnas estratigráficas, se asignó la ley promedio de la mina Cerro Blanco (71% CaCO_3).

Para el cálculo del tonelaje se utilizó una densidad promedio de 2.5 ton/m³, este valor se asignó por referencia bibliográfica histórica de la mina.

Sección	Área (m2)	Influencia (m)	Densidad (ton/m3)	Tonelaje (ton)	Ley CaCO3 (%)
A-A'	1625	100	2,5	406250	75
	1250	100	2,5	312500	74
	4785	100	2,5	1196250	70
	2000	100	2,5	500000	71
	500	60	2,5	75000	71
			Subtotal	2490000	
B-B'	749,5	100	2,5	187375	71
	62,5	50	2,5	7812,5	71
	37,5	100	2,5	9375	71
	650	100	2,5	162500	71
	475	100	2,5	118750	71
	25	50	2,5	3125	71
	250	100	2,5	62500	70
	1400	100	2,5	350000	72
	750	75	2,5	140625	72
	700	80	2,5	140000	75
				Subtotal	1182062,5
C-C'	675	100	2,5	168750	71
	100	100	2,5	25000	71
	125	100	2,5	31250	83
	750	100	2,5	187500	72
	250	100	2,5	62500	74
			Subtotal	475000	
			Total Total Nivel expansión botadero	4147062,5 770187,5	

Tabla 1: Tabla de estimación parcial de recursos geológicos para mina Cerro Blanco

Los recursos geológicos calculados para la mina Cerro Blanco en este trabajo corresponden a 4.147.062 toneladas con una ley promedio de 72%. Existen sectores que presentan tonelajes de hasta 400.000 ton con leyes sobre 75%. Esta estimación corresponde a los sectores alcanzados por la influencia de los perfiles realizados, y no a la totalidad de la mina Cerro Blanco. Uno de los objetivos de este trabajo era determinar si el sector de expansión del botadero de estéril poseía un potencial de recursos geológicos considerables para la explotación, es por esto que los perfiles elaborados se centran en el sector norte donde se ubica la zona de expansión del botadero de estéril. Sin embargo, para realizar una caracterización de todo el eje NS de la mina los perfiles se extendieron a todo lo largo de este eje, incluyendo las zonas históricamente explotadas que hoy poseen un bajo potencial de recursos geológicos expuestos.

Los recursos calculados para el sector de expansión del botadero de estéril en mina Cerro Blanco, nivel 560, se estiman en 770.000 toneladas con un promedio de ley de 73% aproximado, siendo un recurso importante dentro de lo calculado para todo el sector en el cual se realizaron los perfiles y también dentro de los recursos totales estimados para la mina que alcanzan los 13 millones de toneladas (Informe interno Actualización de recursos y reservas, 2017)

5.3. RECOMENDACIONES

La extracción de los recursos presentes en la mina Cerro Blanco no ha ido de la mano de una actualización constante del modelo geológico, lo que podría conducir a errores de estimación del recurso. Por lo cual se recomienda hacer sondajes de 40 metros (como mínimo) en el sector mina nivel 560 y al centro norte de la mina. Esto por un posible potencial de calizas que pudiesen existir en profundidad, al no encontrarse continuidad de los 30 metros de caliza que han sido detectados al centro de la mina (sector con mayor cota en la mina). En este trabajo la presencia continua de calizas en superficie se ha interpretado como resultado del movimiento en bloques provocados por fallas normales de dirección aproximada EW, sin embargo, no se puede descartar, por la ausencia de sondajes profundos, la existencia de niveles de caliza bajo la unidad Clástica Superior.

Adicionalmente, se recomienda realizar la recuperación de los datos de la campaña de sondajes del año 2004, ya que para este trabajo se utilizaron dichos datos como una referencia (geolocalización estimada) que resulto muy útil para la estimación de recursos geológicos. El mejoramiento/replanteamiento en terreno de la geolocalización de los sondajes permitiría una reinterpretación más exacta de los recursos aun disponibles en la mina Cerro Blanco.

6. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo muestran que la geología de la mina Cerro Blanco tiene una complejidad importante debido a la alta meteorización existente, fracturamiento y abundancia de fallas en una zona relativamente pequeña. Las labores mineras si bien facilitan una parte importante de la exploración, al mismo tiempo trabajos pasados por un lado quitan evidencia existente en la zona y también cubren sectores antes expuestos.

Si bien gran parte de la campaña de mapeo se realizó directamente en terreno, una parte importante fue interpretada por datos históricos de la mina como sondajes y perfiles (2004). Estas interpretaciones podrían conducir a errores, ya que actualmente dichos datos no se encuentran correctamente referenciados (geoide de referencia distinto), aunque de todas formas son una fuente no descartable de información relevante sobre la evolución de la mina Cerro Blanco, y su error asociado para la escala utilizada no debería tener un mayor impacto para una interpretación geológica, pero sí económica.

La secuencia observada en este trabajo en la mina Cerro Blanco es la misma en líneas generales que la observada por Gallego (1994), con unidades clásticas en la base y calcáreas en el techo. Las fallas más importantes son normales de dirección aproximada EW, aunque en general no son directamente observables por los altos niveles de meteorización y fracturamiento en el sector, pero sí sus efectos como el corrimiento de la secuencia en magnitudes importantes para el sector entre 10-25 metros. Las fallas de rumbo fueron evidenciadas por Gallego (1994) en este trabajo son escasas.

Por lo anterior no existen en la actualidad sectores en la mina Cerro Blanco donde aflora de manera continua la secuencia completa de la unidad Calizas de Polpaico, lo que significó que la interpretación de microfacies fuera generalizada para todas las muestras tomadas en la mina con una dispersión vertical indeterminada. Si bien se hicieron 5 columnas estratigráficas estas no fueron completamente analizadas con cortes transparentes lo que hace que sean referencias parciales.

La mina Cerro Blanco y la unidad Calizas de Polpaico que aflora en ella correspondería a una secuencia calcárea depositada en un ambiente de plataforma marina sobre el nivel de olas de tormenta, pero bajo el nivel de olas normal, cercano al margen proximal de la plataforma marina. Además, los niveles clásticos depositados entre las calizas corresponderían a turbiditas desde el continente que aportaron además sedimentos y fósiles continentales como extraclastos y algas. La cercanía al margen de la plataforma con el talud se presenta como abundancia de intraclastos y fósiles reabajados que probablemente se redepusieron en zonas más profundas por derrumbes. Esto coincide en gran parte con Gallego (1994) aunque en este trabajo la mayor cantidad de muestras analizadas corresponde a zonas más profundas y lejanas al margen del talud.

La evaluación de recursos geológicos realizada en este trabajo correspondería a recursos indicados, debido a la calidad de la información utilizada para hacer dicha estimación. Es importante notar que las características mismas de una unidad sedimentaria como las Calizas de Polpaico (continuidad, homogeneidad y disposición) facilitan la estimación de recursos. Al mismo tiempo que la necesidad de extracción del recurso no requiere de una exactitud porcentual de leyes tan exacta como otras (ej: cobre, oro, plata) por tanto saber el orden de las leyes o rangos amplios de 60-100% son suficientes para la utilidad de las estimaciones realizadas en esta memoria.

Los recursos estimados para el sector de expansión del botadero de mina Cerro Blanco son del orden de las 700 mil toneladas lo que dentro de los estimados 13 millones restantes en mina Cerro Blanco por el modelo de bloques actual representaría una cantidad importante. Gran parte de estos recursos se encontrarían actualmente cubiertos, en el sector mina nivel 560, por tanto, se hace necesario hacer estudios de mayor precisión para poder determinar con exactitud la cantidad de reservas que se encuentran en el lugar y poder planificar con certeza el futuro de expansión del botadero.

En líneas generales la mina Cerro Blanco requiere de estudios de mayor detalle para determinar el potencial que pudiese existir de recursos, además de recuperar información exacta, por ejemplo, de la ubicación de los sondajes realizados en el año 2004.

Muchos de los sectores en la parte sur de mina Cerro Blanco no han sido objetivos de explotación hace muchos años, y sería de vital importancia realizar estudios más detallados en esos sectores, ya que la información disponible de esos lugares como la campaña del año 2004 muestra errores extraños en la ubicación superficial de ciertas unidades. Además, al no disponerse de material geológico de detalle histórico se hace aún más importante estudiar la mina en su totalidad con un nivel o escala de detalle mayor.

7. CONCLUSIONES

La mina Cerro Blanco está formada por dos unidades estratificadas la Unidad Clástica Superior y la Unidad Calizas de Polpaico (Gallego, 1994), y un intrusivo Hipabisal Verde que corta la secuencia como filón y diques.

La secuencia forma un “domo” con ápice en el SE del yacimiento, con manteos suaves de hasta 20° en los sectores más distales. Se presentan fallas normales importantes con rumbos aproximados EW con manteos de 55 o más grados, y desplazamientos de hasta 25 metros, que determinan la configuración superficial de las dos unidades estratificadas presentes en la mina.

La secuencia que aflora en la mina Cerro Blanco se habría formado en una plataforma marina somera con una evolución desde bajo el nivel de las olas de tormenta hasta sobre este nivel con retrabajo de las calizas a sectores más distales de depositación y aportes desde el continente (Gallego, 1994). Con las siete microfacies descritas en este trabajo se reafirma esta interpretación, agregando nuevas microfacies también correspondientes a este tipo de ambiente de depositación.

Las Calizas de Polpaico constituyen un nivel de explotación de caliza para la fabricación de cemento de la empresa Polpaico SA, por lo cual se hizo una estimación de recursos geológicos tentativa para la zona actual de explotación y con especial enfoque en la zona de posible extensión del botadero de estéril correspondiente a esta mina en su nivel 560.

Los recursos geológicos estimados en este trabajo corresponden a 4.147.062 toneladas de caliza con una ley promedio de 72%, de los cuales 770.000 toneladas con una ley de 73% CaCO₃ corresponderían al nivel de expansión del botadero de estéril.

La actualización constante de la información geológica, mediante sondajes, calicatas y columnas estratigráficas es vital para la actualización de los recursos geológicos de la mina Cerro Blanco. Para esto se recomienda la recuperación de los datos exactos obtenidos en la campaña de sondajes del año 2004. La realización de sondajes de exploración de 40 metros de profundidad (como mínimo) en los sectores centro norte y norte de la mina para confirmar que la unidad Clástica Superior constituye la base de la explotación minera, y la actualización constante de perfiles geológicos, así como el modelo geológico integrado de toda la mina Cerro Blanco.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1. AVENDAÑO, M.; ARANEDA, M. (1994). GRAVIMETRÍA DE LA CUENCA DE SANTIAGO, PARTE II, SECTOR SUR Y CENTRO. IN CONGRESO GEOLÓGICO CHILENO, NO.7, ACTAS, VOL. 1, P. 571-575. CONCEPCIÓN.
- 2. BOYCE, D. (2015). MODELO DE EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y PALEOGEOGRÁFICA DEL MARGEN ANDINO EN CHILE CENTRAL DURANTE EL CRETÁCICO MEDIO-TARDÍO: EL REGISTRO ESTRUCTURAL Y SEDIMENTARIO EN LA FORMACIÓN LAS CHILCAS. REGIÓN METROPOLITANA, CHILE (TESIS DE MAGISTER). UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO, CHILE. PP. 80-83
- 3. CORVALÁN J., VERGARA M. (1968). PRESENCIA DE FÓSILES MARINOS EN LAS CALIZAS DE POLPAICO. IMPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS Y PALEOGEOGRÁFICAS. REVISTA GEOLÓGICA DE CHILE, N°10, PP. 75-83
- 4. CORVALÁN, J. (1968). ESTUDIO GEOLÓGICO Y CUBICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE CALIZA CERRO BLANCO Y LOMA ORIENTAL. INÉDITO, CEMENTO POLPAICO SA.
- 5. DUNHAM, R. (1962). CLASIFICATION OF CARBONATE ROCKS ACCORDING TO DEPOSITIONAL TEXTURE. EN: CLASIFICATION OF CARBONATE ROCKS, A SYMPOSIUM. HAM, W. (ED.) AM. ASSOC. PETROL. GEOL., MEMOIR 1. PP. 108-121
- 6. GALLEGO, A. (1991). EDAD Y PALEOAMBIENTES DE LAS CALIZAS DE POLPAICO EN BASE A MICROFÓSILES, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE. INÉDITO, PROYECTO III, DPTO. DE GEOL., U. DE CHILE.
- 7. GALLEGO, A. (1992). PALEOAMBIENTE Y MECANISMOS DE DEPOSITACIÓN DE LA SECUENCIA QUE AFLORA EN EL SECTOR DE POLPAICO, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE, INÉDITO. TRABAJO DE TESIS II, DEPTO. DE GEOLOGÍA, U. DE CHILE
- 8. GALLEGO, A. (1994). PALEOAMBIENTE Y MECANISMOS DE DEPOSITACIÓN DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA QUE AFLORA EN EL SECTOR POLPAICO, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE (TESIS DE MAGISTER). UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO, CHILE.

- 9. GANA, P.; WALL, R. (1997). EVIDENCIAS GEOCRONOLÓGICAS 40Ar/39Ar Y K-Ar DE UN HIATUS CRETÁCICO SUPERIOR- EOCENO EN CHILE CENTRAL (33°-33°30'S). REVISTA GEOLÓGICA DE CHILE, VOL. 24, No. 2, P.145-163.

- 10. HERM, D. (1965). MICROFACIES DE ALGUNOS SEDIMENTOS CALCÁREOS DEL JURÁSICO Y CRETÁCICO INFERIOR DE CHILE CENTRAL (CORDILLERA DE LA COSTA Y CORDILLERA DE LOS ANDES). RESÚMENES DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE CHILE, N°11, PP. 13-17.

- 11. MARTÍNEZ-PARDO, R.; GALLEGO, A.; MARTÍNEZ-GUZMÁN, R. (1994). MIDDLE ALBIAN MARINE PLANKTONIC MICROFOSSILS FROM THE SANTIAGO BASIN, CENTRAL CHILE: THEIR DEPOSITIONAL AND PALEOGEOGRAPHIC MEANING. REVISTA GEOLÓGICA DE CHILE, VOL. 21, No.2, P. 173-187.

- 12. LOPEZ, E. (2017). INFORME DE ACTUALIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS COMPLEJO MINERO CERRO BLANCO. INÉDITO, POLPAICO SA.

- 13. SCHOLLE, P., ULMER-SCHOLLE D. (2003). A COLOR GUIDE TO THE PETROGRAPHY OF CARBONATE ROCKS: GRAINS, TEXTURES, POROSITY, DIAGENESIS, TULSA, OKLAHOMA, U.S.A. PUBLISHED BY THE AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS.

- 14. THOMAS, H. 1958. GEOLOGÍA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA ENTRE EL VALLE DE LA LIGUA Y LA CUESTA DE BARRIGA. INST. INVEST. GEOL. (CHILE), BOL., No. 2, 86 P.

- 15. TUNIK, M., ÁLVAREZ, P. (2008). ANÁLISIS Y EDAD DE LA SELECCIÓN CALCÁREA DE LA FORMACIÓN LAS CHILCAS (CHILE) Y SUS IMPLICANCIAS PARA LA CORRELACIÓN CON UNIDADES DE ARGENTINA. *REVISTA DE LA ASOCIACIÓN GEOLÓGICA ARGENTINA* 30 (3): 363-379.

- 16. WALL, R.; SELLÉS, D.; GANA, P. 1999. AREA TILTI-SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA. SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (CHILE). MAPAS GEOLÓGICOS, No. 11, 1 MAPA ESCALA 1:100.000, 1 ANEXO, SANTIAGO (CD-ROM VERSIÓN 1.0, 2000).

- 17. WALL, R. 1997. EDADES K-Ar DE INTRUSIVOS HIPABISALES DEL TERCIARIO EN EL BORDE NOROCCIDENTAL DEL VALLE CENTRAL, CHILE. IN CONGRESO GEOLÓGICO CHILENO, No. 8, ACTAS, VOL. 2, P. 1588-1592, ANTOFAGASTA

ANEXOS

Anexo A

Fotos puntos de mapeo

PUNTOS DE MAPEO

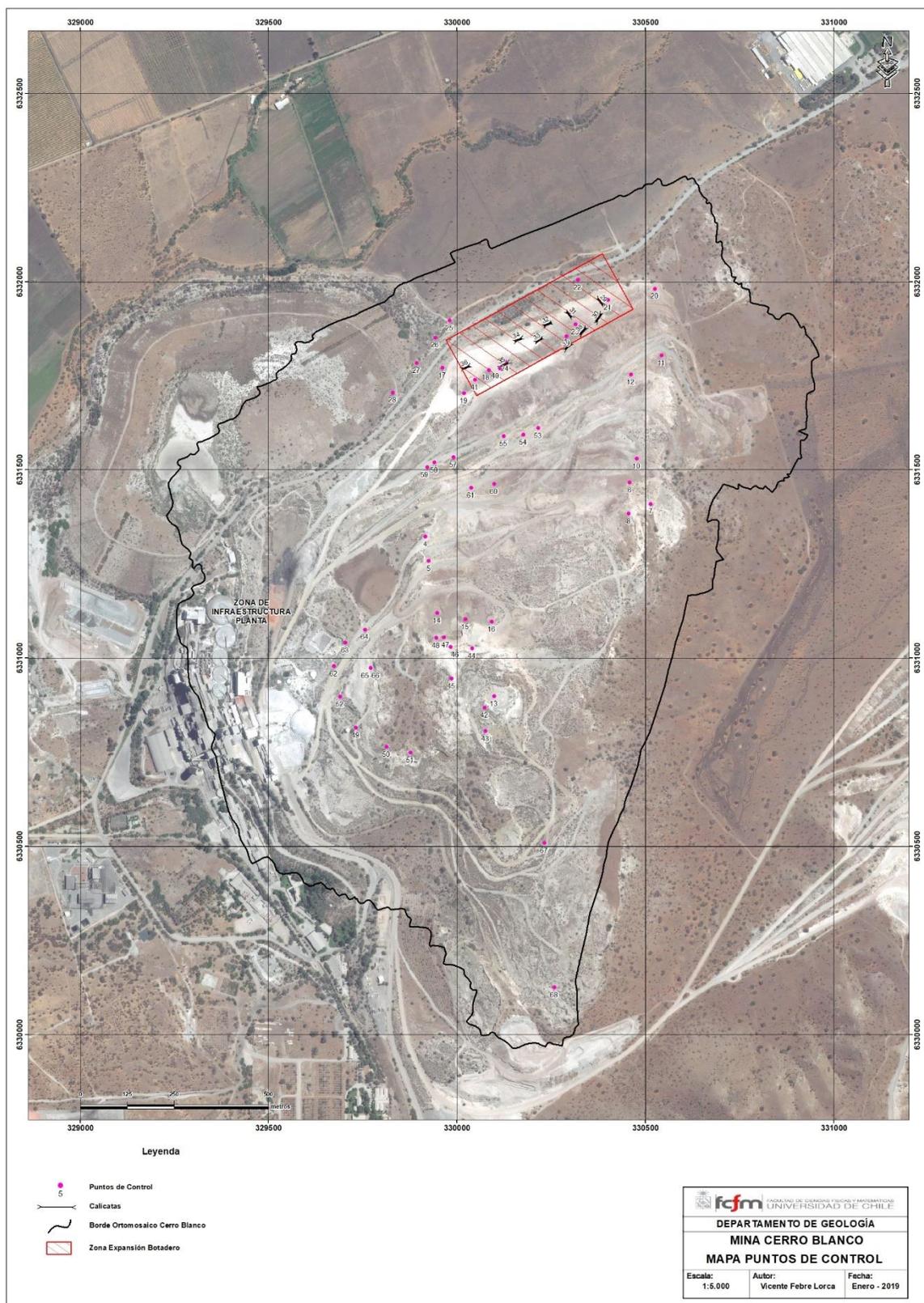


Figura 29: Mapa puntos de control mapeo mina Cerro Blanco.

Punto 2

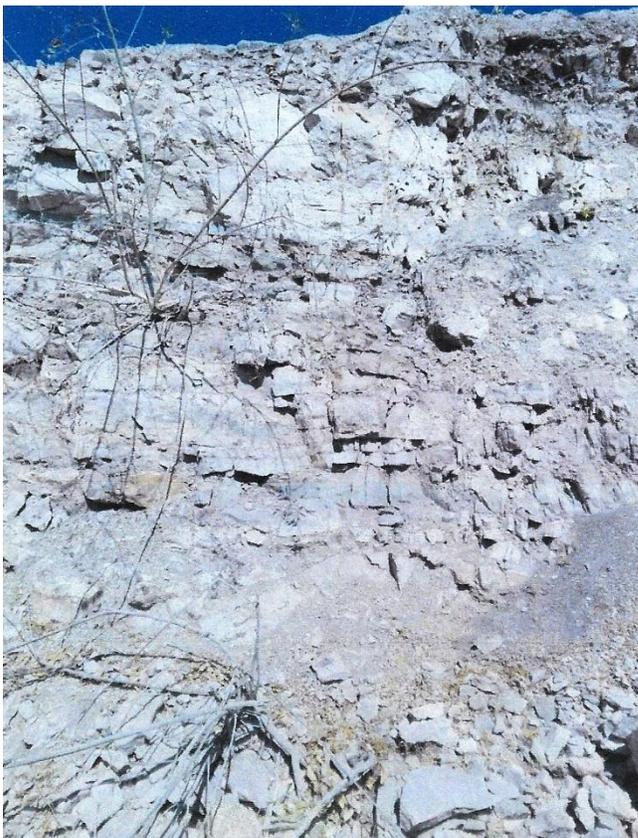


Figura 30: Vista hacia el sur del banco en desuso, secuencia de calizas que gradan de gris a crema, con disminución de la presencia de sílice, 7 mts de altura.

Punto 3



Figura 31: Pared de banco en desuso, vista sur, base de caliza gris, al medio presenta lentes de sílice (chert) y arriba caliza crema con alta cantidad de cristales

Punto 4



Figura 32: Punto 4 foto 1, pared nivel mina 620, secuencia de calizas, con material clástico producto de erosión rellenando fracturas.



Figura 33: Mismo punto 4, misma secuencia más de cerca



Figura 34: Foto amplia de todo nivel 620, punto 4, se observa material clástico, intrusivo hipabisal a la derecha, vista al SW.

Punto 5



Figura 35: Nivel de explotación 625 vista al sur, leve anticlinal E-W, aparece capa de material clástico que se ensancha hacia el E.



Figura 36: Discontinuidad con intrusivo presente en punto 4, vista SW.

Punto 6

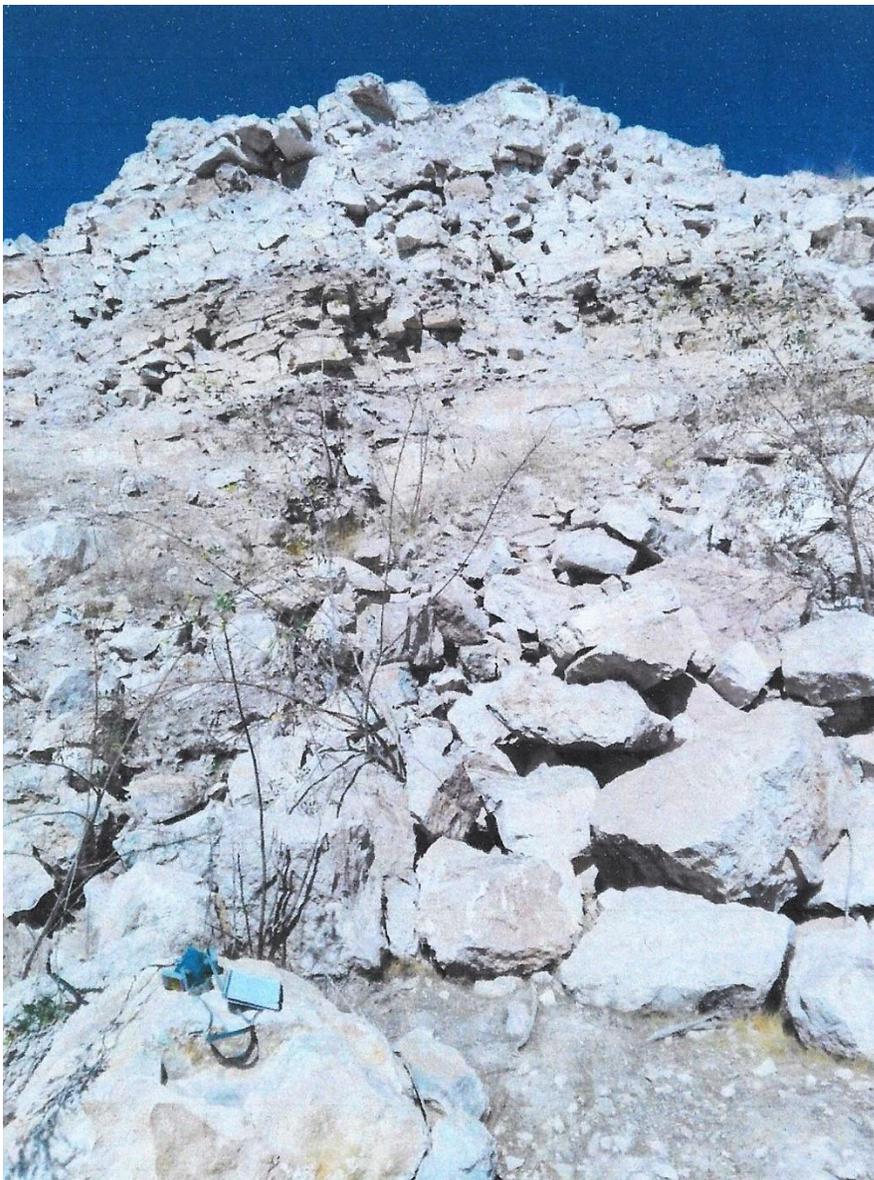


Figura 37: Punto 6, vista al sur, afloramiento de secuencia de calizas con chert intercalado como lentes en parte media del afloramiento.

Punto 10

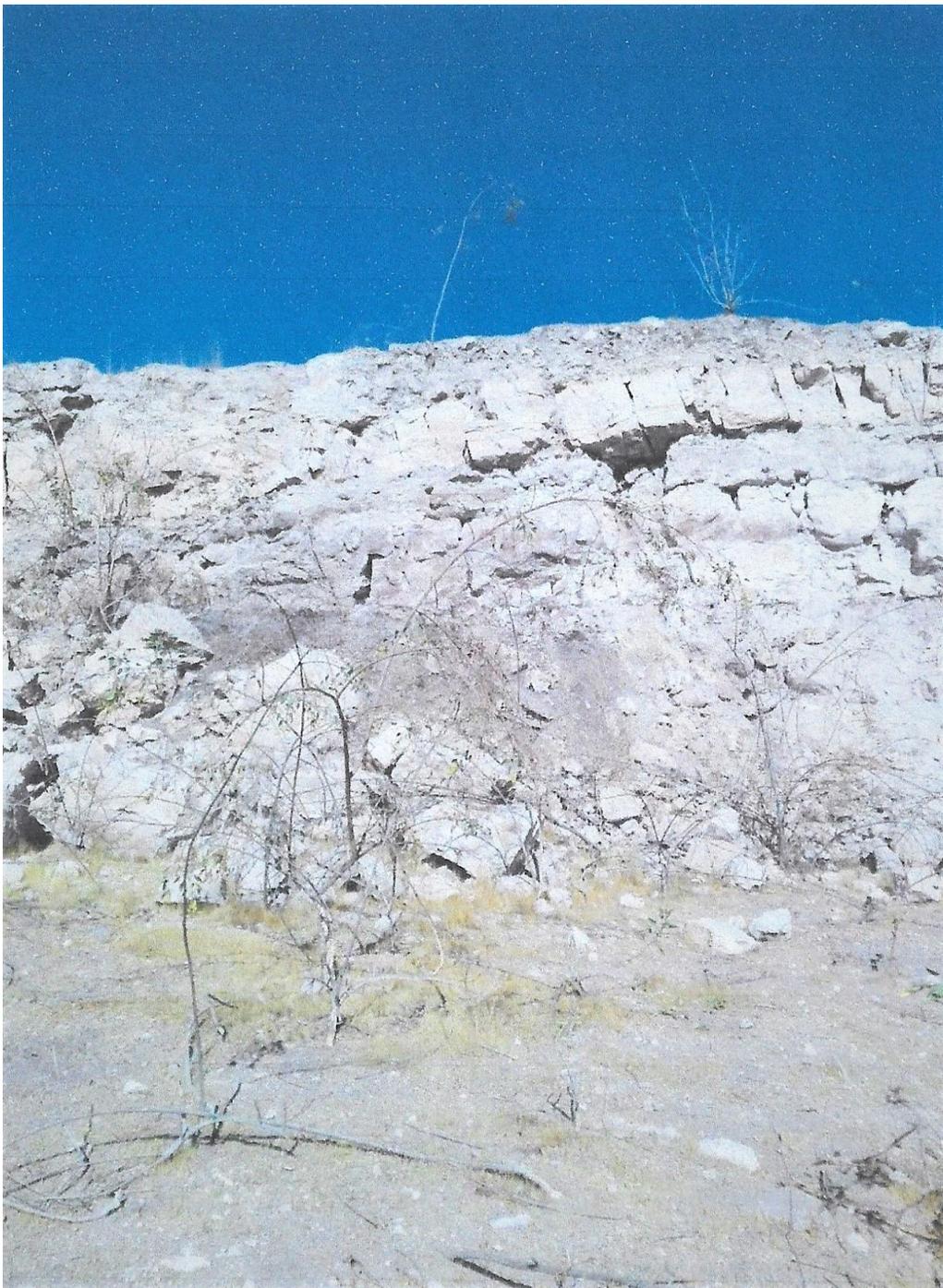


Figura 38: punto 10, vista al sur, se observa secuencia de calizas, 5 metros de alto.

Punto 13



Figura 39: Foto direccion NNW, se observa en orden ascendente, intrusivo hipabisal con material redepositado arcilloso de caliza, en el techo secuencia de calizas erosionadas, 5 mts de alto.

Punto 15



Figura 40: Pared 15 mts de altura, vista al sur, intrusivo hipabisal verde intruye secuencia de calizas tanto arriba como bajo la secuencia.

Punto 16



Figura 41: Foto vista al Sur, 15 metros de pared, se observa secuencia caliza y material clástico hacia el Este y hacia el Oeste intrusivo que afecta la secuencia.

Punto 17



Figura 42: Foto hacia el Oeste, afloramiento 6 metros, con secuencia de calizas, con arcillas entre fracturas y con actitud horizontal de hasta 20 cm. Calizas con sílice en nódulos diseminados.

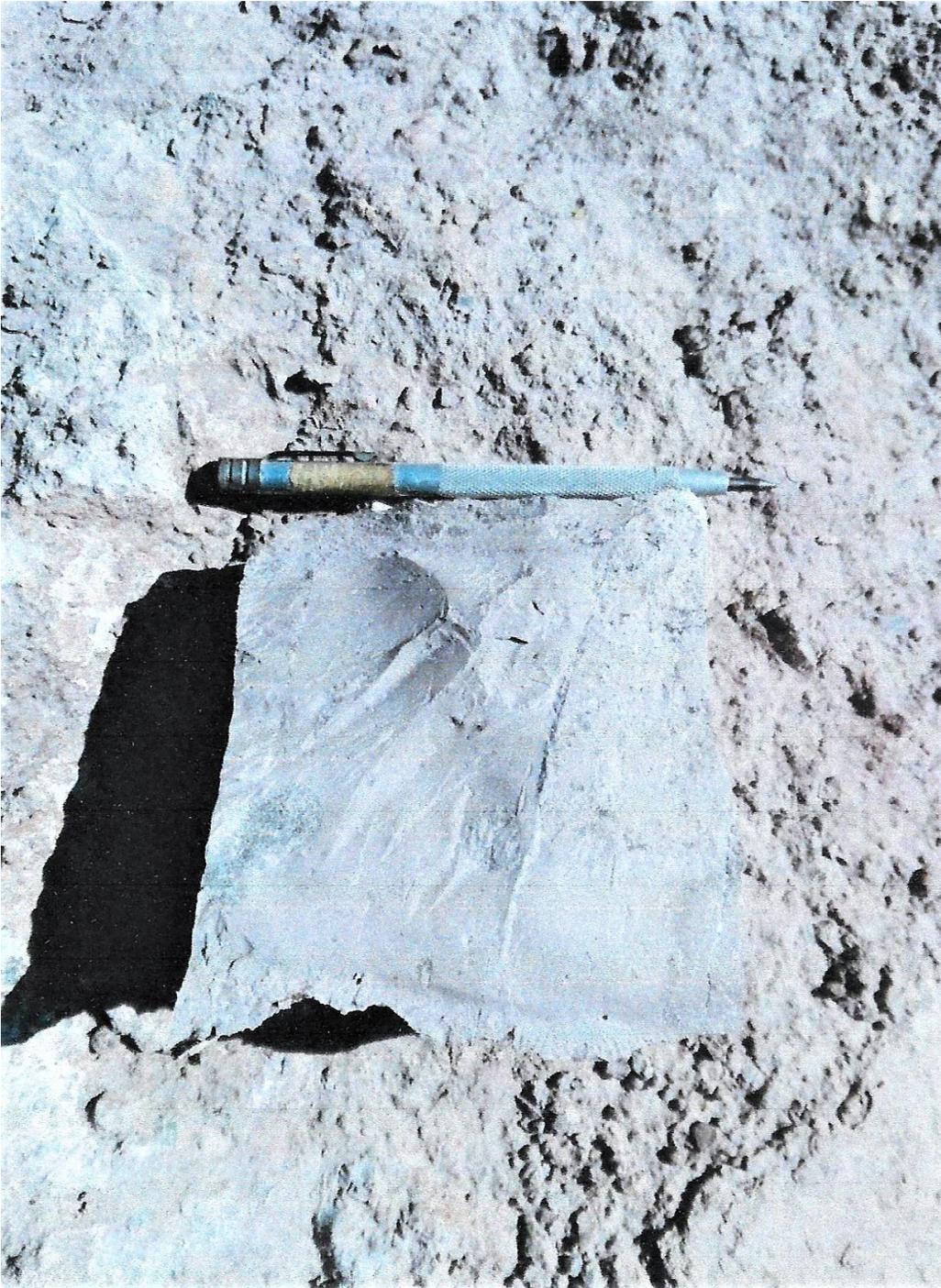


Figura 43: Muestra CB-17 caliza crema medio con vetillas de calcita y nódulos de sílice diseminados.

Punto 19



Figura 44: Afloramiento 1,5 mts, vista hacia el E, muestra estratos de calizas interdigitado con capa de material clástico poco consolidado.

Punto 20



Figura 45: Corte de camino 6 mts de altura, foto hacia el Sur, presenta secuencia de material clástico de intercalación de material limo-arcilla (morado) y areniscas (gris), además se observan pequeñas fallas normales.

Punto 21



Figura 46: Foto hacia SE, muestra secuencia clástica con bordes sinuosos, de intercalaciones de arenisca y limo-arcilla.

Punto 22



Figura 47: Afloramiento de 2,5 mts, foto hacia el norte, secuencia de calizas con niveles sinuosos de espesor variable de material clástico de amplia granulometría (clastos de caliza).

Punto 23



Figura 48: Foto hacia el Este, se observa contacto entre secuencia clástica poco consolidadas y calizas fragmentadas en su base.

Punto 24



Figura 49: Pared 10 mts, foto hacia SE, estratos rojos a café de caliza con intercalaciones de material clástico en estratos de distintos espesores.

Punto 28

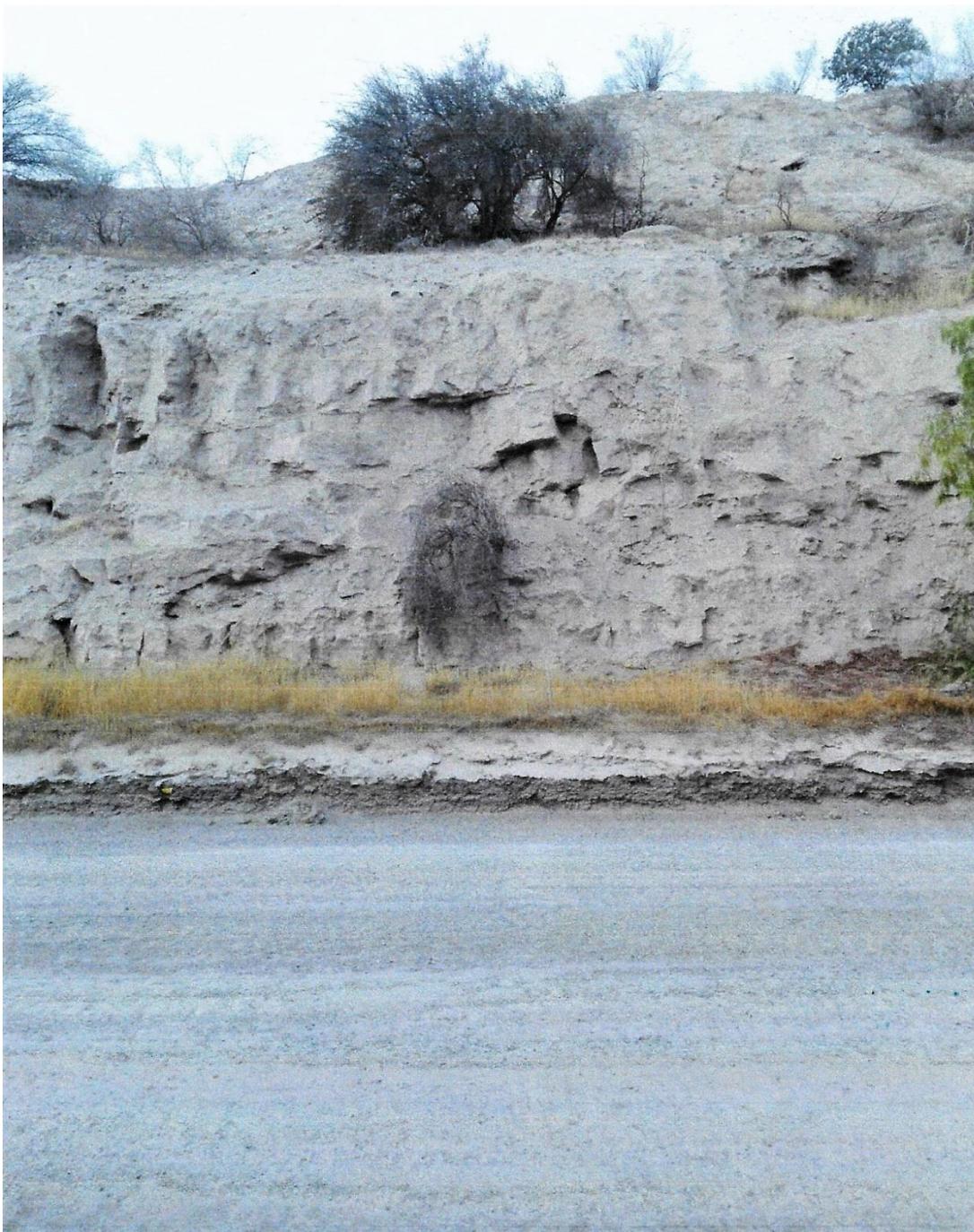


Figura 50: Pared borde de camino Cerro Blanco, 10 mts de altura, foto hacia el Este, se observa secuencia de calizas cubierta por material fino.



Figura 51: Misma pared Figura 21 pero foto hacia el SW.

Punto 29



Figura 52: Calicata 1 azimuth 320°, se observa la intercalación de areniscas y material fino (morado), con contactos sinuosos y poco claros, en la parte superior aparece pequeña capa de caliza. 5 mts de profundidad.



Figura 53: Detalle Calicata 1 con dirección azimut 320° de secuencia de material estéril clástico, de intercalaciones de areniscas y material fino (limo-arcilla), se observa material gris tamaño arena.

Punto 31

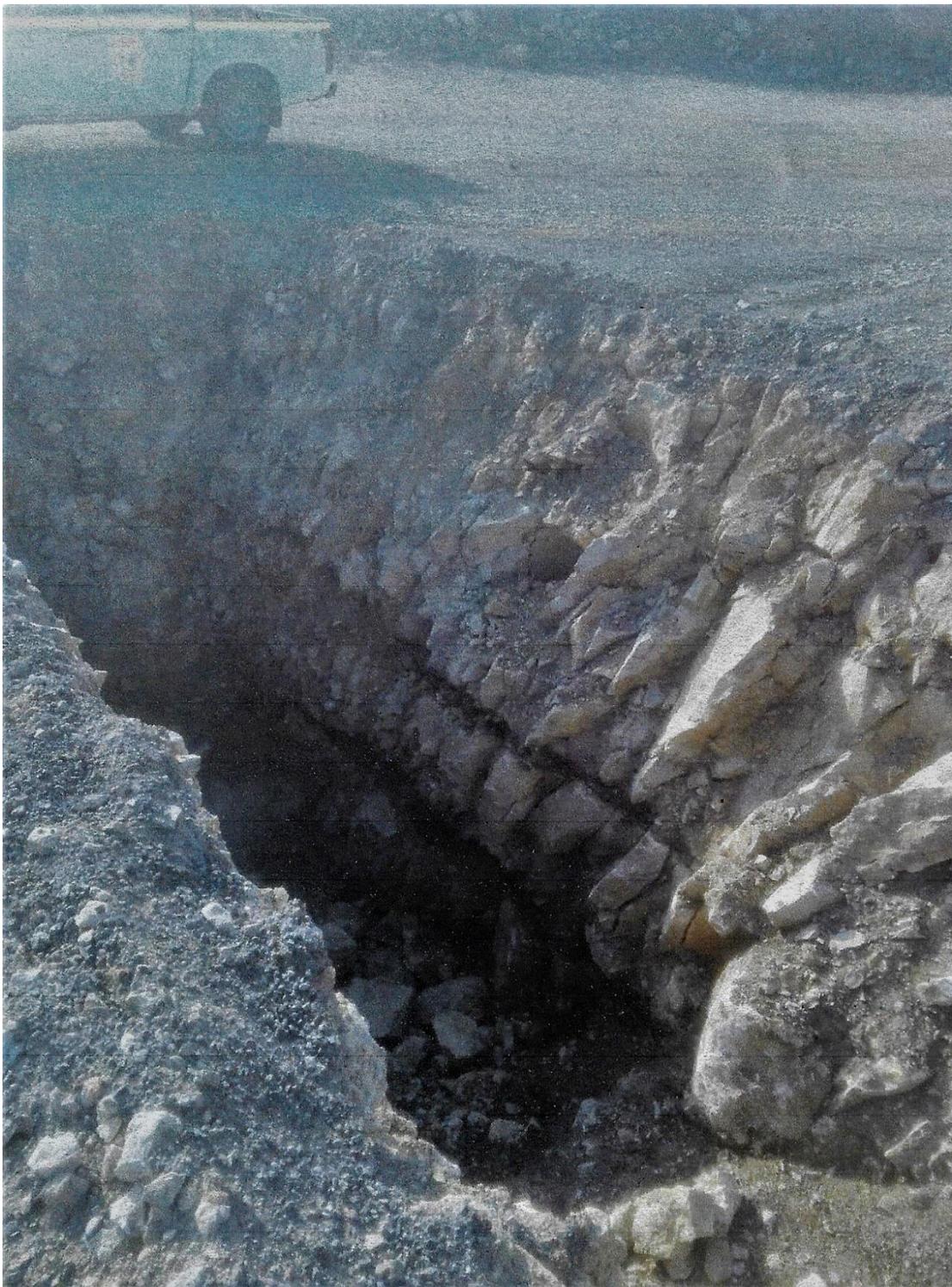


Figura 54: Calicata 3, dirección azimut 320° secuencia de calizas de color amarillo-anaranjado, se intercalan pequeñas capas de material clástico poco consolidado.



Figura 55: Detalle calicata 3, material clástico entre secuencia de calizas muestra de posición sobre superficie erosionada e irregular. Foto hacia el Este.

Punto 33



Figura 56: Estratos subhorizontales en Calicata 4 inundada, de 2 metros de profundidad, se observan intercalación de calizas y material clástico y en su techo intrusivo hipabisal verde cafésoso.



Figura 57: Detalle Calicata 4, se observa capa de intrusivo hipabisal fracturado, con capa de material clástico de grano grueso abajo y calizas en la base.

Punto 34



Figura 58: Detalle Calicata 5 con estratos de caliza rojiza, material clástico poco consolidado, caliza anaranjada y chert con lentes de caliza, de base a techo.



Figura 59: Detalle Calicata 5, se observa capa de material clástico sinuosa entre las calizas.

Punto 35



Figura 60: Detalle Calicata 6 poco profunda, se observan calizas en toda su extensión, hacia la parte superior mayor presencia de sílice.

Punto 36



Figura 61: Detalle Calicata 7 de 3 mts de profundidad se observan calizas con sílice morado, con gradaciones de crema oscuro capa de material clástico intercalado.

Punto 37



Figura 62: Detalle Calita 8, 1,5 mts de profundidad, en su base se observa capa de calizas, hacia arriba material clástico y fragmentos de caliza de diverso tamaño.

Punto 38



Figura 63: Calicata 9, de 5 mts, azimut 250°, se observan 1,5 de calizas en su base y hacia el techo una secuencia clástica de bordes sinuosos de areniscas y material Limo-Arcilla.



Figura 64: Detalle Calicata 9, caliza en base de calicata en contacto con sedimentos clásticos finos de Limo-Arcilla.

Punto 41



Figura 65: Detalle de pequeño afloramiento de caliza roja, presenta vetas de carbonato de calcio.

Punto 46



Figura 66: Detalle de afloramiento de caliza con grandes nódulos de sílice.

Punto 49

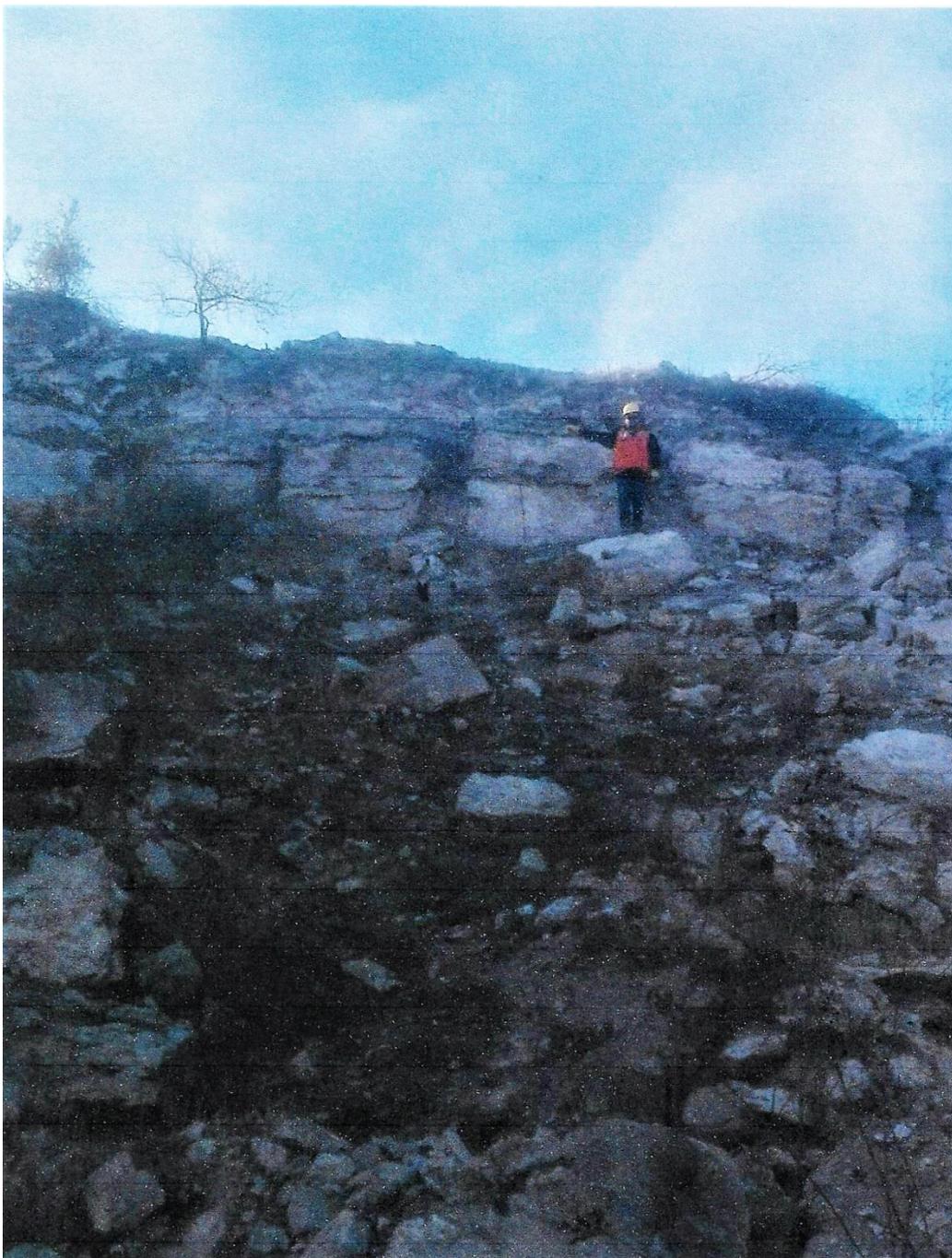


Figura 67: Foto dirección Este, en la parte alta del afloramiento se observan 2 mts de caliza con estratificación.

Punto 50



Figura 68: Foto dirección Norte, de base a techo se observa filón intrusivo hipabisal verde, calizas instruidas por dique del filón intrusivo.

Punto 52



Figura 69: Pequeño valle posiblemente antiguo nivel de explotación, se observa intrusivo de 5-8 mts de espesor y en su techo 2-3 mts de caliza. Foto dirección Norte.



Figura 70: Mismo valle que Figura 40, se observa estratificación en calizas, foto hacia el NNW.

Punto 53



Figura 71: Banco nivel 600, se observan estratos de caliza de espesor 5 mts, con algunas delgadas capas clásticas interdigitadas, foto dirección Sur.



Figura 72: Muestras tomadas de la secuencia expuesta en la pared nivel 600

Punto 54



Figura 73: Pared nivel 600 continuación de Figura 70, se observa la continuación de la secuencia calcárea y afloran nuevos estratos, desaparece la base. Foto dirección Sur.



Figura 74: Muestras de los nuevos estratos que afloran en el banco 600 Figura 72

Punto 57



Figura 75:Foto dirección SSE, se observa falla al centro de la foto, con secuencias de caliza a ambos lados, en el techo del lado derecho se observa intrusivo hipabisal.

Punto 58



Figura 76: Foto dirección SE, 8 mts de alto, se observa intrusivo destruyendo secuencia de calizas.

Punto 59



Figura 77: Foto con dirección Este, se observa contacto de intrusivo y calizas de forma lateral y en el techo.

Punto 60



Figura 78: Nivel de Extracción 610, foto Sur, se observa secuencia de calizas y delgadas capas de material clástico fino.

Punto 61



Figura 79: Foto dirección Sur, continuación de banco 610 e Figura 48, se observan capas superiores a las anteriormente mostradas.

Punto 62



Figura 80: Foto dirección Este, afloramiento de intrusivo verde bajo calizas laminadas.

Punto 64



Figura 81: Foto dirección este, se observa intrusivo abombando calizas circundantes generando plegamiento en estos (parte izquierda).

Anexo B

Columnas estratigráficas

COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

En este trabajo se levantaron 6 columnas en terreno con escala 1:20, correspondientes a distintas ubicaciones de la mina Cerro Blanco (ver Anexos Mapas y Perfiles, Mapa Geológico).

Estas fueron levantadas en los niveles 560 (Columna 1), 600 (Columna 2), 610 (Columna 3), 625 (Columna 4) y dos más en labores abandonadas al Sur de la mina Cerro Blanco (Columnas 5 y 6).

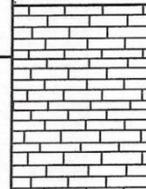
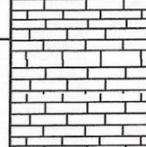
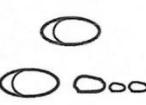
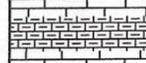
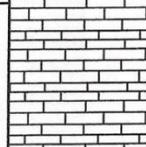
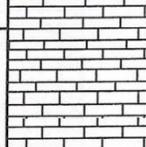
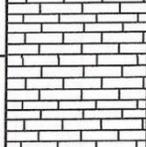
Las Columnas fueron elaboradas posteriormente en el software gratuito SedLog 3.1 para estandarizar las simbologías utilizadas.

La leyenda utilizada por el programa SedLog es la siguiente:

Lithologies		Symbols	
	Lime mudstone		Vertical burrows
	Claystone		Shells
	Limestone		Gastropods
	Wackestone		Brachiopods
	Packstone		Foraminifera
	Chert		Algae
			Bryzoa
			Stromatolites
			Plant material
			Ostracods
			Sponges
			Nodules and concretions
			Intraclasts

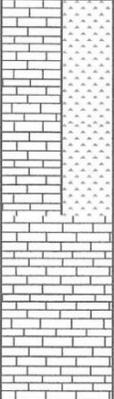
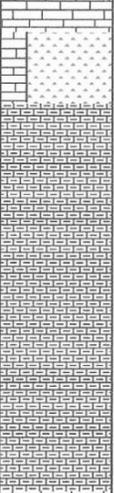
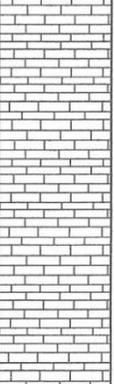
Columna nivel 560, Punto 17, Cota 576 m.s.n.m.

SCALE (m)	LITHOLOGY	STRUCTURES / FOSSILS	COLOR	LEY / CaCO3 (%)
7			Crema oscuro	93,2
6			Crema oscuro	79,4
5			Crema oscuro	93,5
4			Crema medio	30
3			Crema oscuro	67,5
2			Crema oscuro	92
1			Gris	78,6
			Café crema	91,5

Columna Nivel 600, Punto 53-54, Cota 620 m.s.n.m.				
SCALE (m)	LITHOLOGY	STRUCTURES / FOSSILS	COLOR	LEY CaCO3 (%)
3			Crema medio	91
			Crema oscuro Crema medio	68 82
2			Gris Crema oscuro	92,6 65,4
			Café	83,5
1			Crema medio	82
			Gris con matices rojos	84

Columna Nivel 610, Punto 60-61, Cota 631 m.s.n.m

Columna 5, Frente abandonado sector Sur, Punto 67, Cota 667 m.s.n.m.

SCALE (m)	LITHOLOGY	STRUCTURES / FOSSILS	COLOR	LEY CaCO3 (%)
4			Crema oscuro	51,8
3			Crema oscuro	92
2			Crema oscuro	19,5
1			Crema oscuro	93

Columna Nivel 625, Puntos 65-66, Cota 648 m.s.n.m				
SCALE (m)	LITHOLOGY	STRUCTURES / FOSSILS	COLOR	LEY CaCO3 (%)
6			Crema medio	93,7
5			Gris	52,3
4			Gris	52,3
			Gris	64,3
3			Gris	89,8
			Gris	34,2
2			Gris	67,9
			Gris	88,4
1			Gris	25
			Gris	37,5
			Crema	64,3
			Gris	37,4
			Gris	18

Columna 6, Frente abandonado sector Sur, Puerto 66, Cota 646 m.s.n.m.

SCALE (ft)	LITHOLOGY	STRUCTURES / FOSSILS	COLOR	LEY CARGO (%)
10			Crema oscuro	84,2
9			Crema medio	84
8			Crema medio	84,9
7			Crema oscuro	57,9
6			Crema oscuro	30
5			Crema oscuro	70,1
4			Crema medio	21,8
3			Crema oscuro	88,3
2			Crema oscuro	80,2
1			Crema oscuro	71,3
			Crema oscuro	78,4

Anexo C

Mapas y Perfiles Geológicos

Anexo D

Descripciones Petrográficas

MUESTRAS DE MANO

Cada muestra de manos de roca está catalogada por prefijo CB (Cerro Blanco), seguido por el número del punto en el cual fue tomada, para puntos en los cuales se tomó más de una muestra le sigue al número del punto una letra asignada en orden alfabético según el orden en el cual fue tomada. Las únicas muestras distintas son las de material clástico intercalado en las distintas columnas levantadas, a estas se les asigna la sigla ARCX, donde "X" es el número en orden en el cual fueron tomadas.

CB-01

Caliza café grisáceo con nódulos de sílice diseminados, con vetas y vetillas de calcita de hasta 7 cm.

CB-02

Caliza gris tomada de la base del afloramiento, se observan nódulos de sílice de distintos tamaños.

CB-04-A/CB-04-B

Calizas de una misma secuencia, que se encuentran intercaladas por capas de material clástico, muy disgregado, la muestra A corresponde a las capas inferiores de la secuencia, y la B a las cercanas al techo de afloramiento.

CB-15

Caliza de afloramiento de 15m de altura en el cual se presenta el intrusivo hipabisal rodeando a las calizas, muestra tomada de la base de las calizas, se le hizo corte transparente.

CB-17-A

Caliza color crema café con tonalidades ligeramente más claras (manchones), se observan escasos nódulos de sílice gris de 15 mm y vetillas de calcita menores a 2 mm.

CB-17-B

Caliza color gris con cristales de calcita de hasta 2mm (recristalizado), se observan escasas vetillas de calcita de hasta 3 mm.

CB-17-C

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice gris de hasta 10 mm y vetillas de calcita de espesor menor a 3 mm.

CB-17-D

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice abundantes, que se agrupan para formar estructuras también nodulares de hasta 10 cm de diámetro las cuales se encuentran rodeadas por una tonalidad más opaca de la misma caliza.

CB-17-E

Chert como sílice masivo color gris con pequeños lentes de caliza color crema medio.

CB-17-F

Caliza color crema oscuro con pocas zonas de color más oscuro, se observan vetas de calcita menores a 2 mm de espesor.

CB-17-G

Caliza color crema oscuro con manchas de tonos más cercanos al café, se observan abundantes nódulos de sílice gris oscuro diseminados de máximo 3 mm y vetillas de calcita de hasta 5 mm de espesor.

CB-17-H

Caliza color crema oscuro, se observan escasos nódulos de sílice diseminados de hasta 5 mm de diámetro y vetillas de calcita de hasta 2 mm de espesor.

CB-19

Caliza color crema oscuro

CB-19-EXT

Caliza color rojo ladrillo (ligeramente más opaco).

CB-20

Arenisca color gris de grano medio a grueso. Presenta matriz más blanquecina de grano muy fino.

CB-22

Caliza color crema medio con escasos nódulos de sílice.

CB-24

Caliza color rojo ladrillo, se observan nódulos de sílice diseminados de tamaño variable y pequeños clastos no identificados.

CB-25

Caliza color rosado cercano a crema, presenta nódulos de sílice diseminados.

CB-26

Caliza color rosado claro cercano a crema.

CB-28

Calizas color naranja-crema.

CB-36-B

Caliza color crema medio con tonos morados en su base, baja presencia de sílice, se observan clastos de tonos morados y vetillas de calcita de hasta 2 mm de espesor.

CB-36-C

Caliza color gris, se observan nódulos de sílice diseminados y agrupados color gris con tonos rojos y abundantes vetillas de calcita de hasta 5 mm de espesor.

CB-36-D

Caliza color terroso, se observan cristales de calcita (recristalizados) y abundantes vetillas de calcita.

CB-42

Caliza color crema medio.

CB-44

Caliza color terroso

CB-49-A

Se observan pequeñas estructuras de forma no identificada (¿fósiles?).

CB-53-A

Caliza color gris con tonos rojos, se observan clastos de hasta 6 mm de diámetro, aparentemente de caliza, y vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-53-B

Caliza color café, se observan nódulos de sílice diseminados color rojo de hasta 5 mm de diámetro, calcita en cristales visibles (recristalizados), clastos color crema (caliza?) y vetillas de calcita de hasta 2 mm de espesor.

CB-53-C

Caliza color crema medio, se observan escasos nódulos de sílice diseminados de color negro, clastos color crema de hasta 10 mm y abundantes vetillas de calcita de hasta 8 mm de espesor.

CB-54-D

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color café, confundiendo con roca de fondo y vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-54-E

Cliza color gris, se observan nódulos de sílice con formas lenticulares y redondas color café de 4 mm de diámetro y largos de hasta 13 mm, además se observan pequeños cristales de aparentemente calcita.

CB-54-F

Caliza color crema medio, se observan nódulos de sílice diseminados color gris de hasta 10 mm, clastos blancos de aparente calcita de hasta 5 mm de diámetro y vetillas abundantes de hasta 2 mm de espesor.

CB-54-G

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice diseminados y agrupados color rojo, algunos con un tamaño de hasta 30 mm de diámetro, que se agrupan con más pequeños de hasta 10 mm a su alrededor. Se observa además clastos negros de hasta 1 mm y vetillas de calcita escasas de hasta 3 mm de espesor.

CB-54-H

Caliza color crema medio, se observan nódulos de sílice diseminados de color rojo de hasta 10 mm de diámetro y vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-60-A

Caliza color crema medio, se observan cristales de calcita de hasta 10 mm, clastos no identificados muy pequeños y vetillas de calcita de hasta 5 mm de espesor.

CB-60-B

Caliza color crema medio con manchas color morado, se observan nódulos de sílice rojos diseminados de hasta 1 cm de diámetro los cuales están rodeados por caliza de color morado. Se observan también vetillas de calcita de hasta 5 mm de espesor.

CB-60-ARC1

Material clástico color verde de granos tamaño arena fina, limos y arcilla no consolidado.

CB-60-C

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color café o negro de hasta 2 cm de diámetro y vetillas de calcita de hasta 1 mm de diámetro.

CB-60-D

Chert como sílice masiva de color gris, se observan vetillas de caliza de hasta 1 mm de espesor.

CB-60-E

Caliza color crema medio, se observan nódulos de sílice gris circulares de hasta 1,5 cm de diámetro y alargados de eje 4 cm. También presenta una alta cantidad de vetillas de calcita de máximo 1 mm de espesor.

CB-61-F

Caliza color crema oscuro con tono morado, se observa material clástico tamaño arena fina.

CB-61-G

Caliza color crema oscuro, se observan vetas y nódulos de sílice de colores gris y rojo ladrillo, las vetas con una dirección cambiante y sin bordes rectos, vetas de hasta 3 cm de espesor con variaciones. Presenta calcita cristalina en nódulos y vetillas de calcita de hasta 1 mm.

CB-61-H

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris el más grande es de 3 cm de diámetro con bordes irregulares. Además se observan vetillas de calcita de hasta 2 cm de espesor con alta cantidad de vetillas con espesor menor a 2 mm.

CB-61-I

Caliza color crema muy oscuro, se observan nódulos de sílice gris redondos de 5 mm de diámetro y alargados de hasta 3 cm de eje. Se observan vetillas de calcita de hasta 1 mm de espesor.

CB-61-J

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris de hasta 8 cm de diámetro, vetillas de calcita de hasta 5 mm de espesor y extrañas manchas blancas asociables quizá a clastos o fósiles.

CB-61-K

Chert como sílice masiva color gris a gris oscuro, se observan vetillas de calcita de hasta 1 mm de espesor.

CB-61-L

Chert como sílice masiva color gris oscuro a negro, se observan vetillas de calcita de hasta 1 mm de espesor.

CB-61-M

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice gris que se interdigita con la caliza de forma caótica con bordes poco claros en nódulos grandes, además presenta algunos nódulos diseminados de tamaño 2-4 mm de diámetro.

CB-61-N

Caliza color crema medio, se observa sílice gris café como nódulos de hasta 1cm de diámetro y como "dendritas" finas. Se observan además vetillas de calcita de hasta 8 mm y calcita cristalina diseminada.

CB-62

Intrusivo porfídico color verde con minerales amarillos y negros de alteración, se observan piroxenos alterados a muestra de mano. Roca sumamente alterada y erosionada.

CB-64-A

Chert como sílice masiva color gris, se observan vetillas de calcita de hasta 1 mm de espesor.

CB-64-B

Caliza color gris, se observan clastos pequeños no identificados en abundancia, pequeñas estructuras alargadas color gris, ligeramente más oscuro que la roca, de 1 mm de espesor y vetillas de calcita de hasta 4 mm de espesor.

CB-64-ARC1

Material clástico color crema sin consolidar, se infieren tamaños limo y arcilla.

CB-64-C

Caliza color gris, se observan nódulos de sílice color gris oscuro de hasta 1 mm de diámetro y vetillas de calcita de hasta 2mm de espesor.

CB-64-D

Caliza color gris, se observan nódulos de sílice color gris con tono morado de hasta 8 cm de diámetro y vetillas de sílice (principalmente) de hasta 1 mm de espesor.

CB-64-E

Caliza color gris, se observan escasos nódulos de sílice disseminados color negro, clastos o nódulos de material fino (quizá argilizado) color crema y vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-64-F

Caliza color gris, se observa sílice color morado en formas irregulares en ocasiones envolviendo la caliza. Además, se observan vetillas de calcita de hasta 5 mm de espesor.

CB-66-H

Caliza color gris, se observan nódulos redondos color negro de material con dureza baja (igual que caliza) de hasta 5 mm de diámetro.

CB-66-I

Caliza color gris, se observan nódulos de sílice color café con relativa abundancia de hasta 10 mm de diámetro, también presenta abundantes nódulos de calcita cristalina de hasta 10 mm de diámetro y vetillas de calcita de hasta 2 mm de espesor.

CB-66-J

Caliza color gris, se observan abundantes nódulos de sílice color morado o negro de hasta 10 mm de diámetro con una moda de 3-4 mm. Además, presenta vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-66-K

Caliza color crema medio, se observan escasos nódulos de sílice color gris de hasta 2 mm de diámetro y cristales de calcita en fracturas acotadas.

CB-67-A

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris de hasta 2 cm de diámetro, vetillas de calcita y espacios circulares rellenos por calcita cristalina.

CB-67-B

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris de hasta 5 cm de diámetro se ordenan en general de forma horizontal. Además, presenta vetillas de calcita pequeñas.

CB-67-C

Chert como sílice masiva color gris oscuro, se observan lentes de caliza color crema oscuro con pequeños nódulos de sílice en su interior.

CB-67-D

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice diseminados y alineados de color gris.

CB-67-E

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color rojo diseminados y alineados formando incluso "bandas" o lentes de sílice en la roca de hasta 5 cm de largo.

CB-68-A

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color negro o gris de hasta 2 cm de diámetro y pequeños clastos no identificados menores a 2 mm de diámetro.

CB-68-B

Caliza color crema oscuro, se observa sílice en nódulos color crema medio de moda 5 mm de diámetro y otros clastos parecidos al parecer de caliza. Además, se observan vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-68-C

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris de hasta 2 mm de diámetro, nódulos de cristales de calcita de similares características a los de sílice con un diámetro, nódulos de cristales de calcita de similares características a los de sílice con un color ligeramente más oscuro. Además, se observan abundantes vetillas de calcita de hasta 3 mm de espesor.

CB-68-D

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris o negro, los grises por lo general más grandes formando estructuras lenticulares y los negros son redondeados y pequeños. Además, se observan cristales de calcita en toda la roca, vetillas de calcita de hasta 7 mm de espesor y pequeños clastos redondeados u angulosos de hasta 2 mm de diámetro.

CB-68-E

Caliza color crema medio, se observan nódulos de sílice color gris a crema oscuro de tamaño grande rodeados por caliza color crema, además se observan vetillas de calcita en fracturas de hasta 5 mm de espesor.

CB-68-F

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris o rojizo con forma alargada, aunque la mayoría de la sílice se observa masiva de color rojizo.

CB-68-G

Chert como sílice masiva en agregados de lentes color gris oscuro, se observa caliza color crema interdigitada en el chert.

CB-68-H

Chert como bandas de sílice masivo de color gris oscuro o rojo, se observa caliza color crema oscuro entre bandas.

CB-68-I

Caliza color crema medio, se observan nódulos de sílice color gris oscuro grandes de más de 5cm rodeados por caliza crema oscuro. Presenta además vetillas de calcita de hasta 2 mm de espesor.

CB-68-J

Caliza color crema medio u oscuro, se observan nódulos de sílice color gris disseminados y vetillas de calcita de hasta 4 mm de espesor.

CB-68-K

Caliza color crema oscuro, se observan nódulos de sílice color gris oscuro de tamaño variado de hasta 5 cm de diámetro y vetillas de calcita de hasta 1 mm de espesor.

CORTES TRANSPARENTES

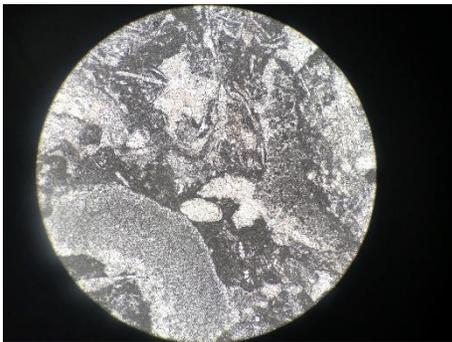
Descripción de cortes transparentes obtenidos en la mina Cerro Blanco, la numeración corresponde a los puntos de terreno del cual se obtuvo la muestra de mano ubicados en el mapa geológico local (anexo XX). Las fotografías que acompañan las descripciones fueron tomadas en microscopio petrográfico XX del laboratorio petrográfico de la Escuela de geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. La nomenclatura NP corresponde a una fotografía a nicoles paralelos, NX corresponde a una fotografía tomada a nicoles cruzados, HA corresponde al largo horizontal de la fotografía, A (número)X, corresponde al aumento utilizado para tomar la fotografía.

CB-15

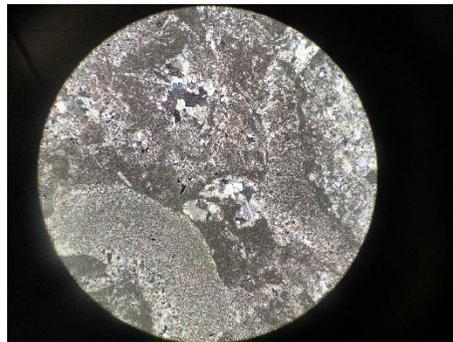
Se observan pellets cementados por esparita (δ) de hasta 3 mm, ostrácodos de 1 mm, fragmentos de bioclastos alargados y posibles fragmentos de algas verdes.

Matriz de barro micrítico 60%, esparita 20%, aloquemos 20%.

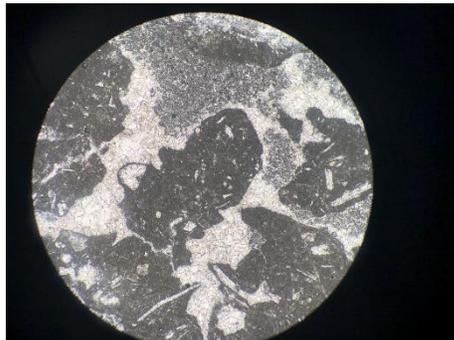
Wackestone bioclástica.



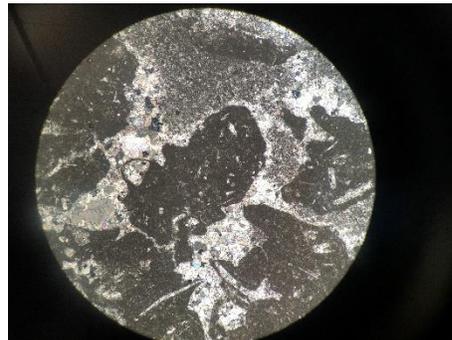
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

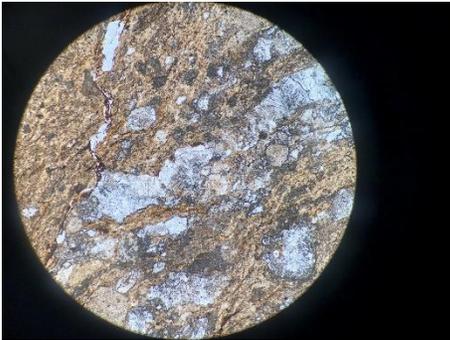


NX, HA=6mm,5x

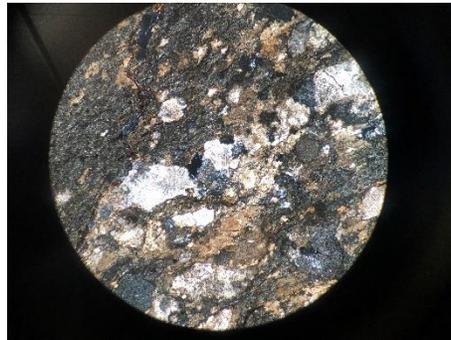
CB-17-B

Se observan peloides de 0,3-0,4 mm e intraclastos de 1 mm, en general presenta abundante esparita cementando y micrita en aloquemos como barro. Presenta extraño mineral café a nicoles paralelo con forma de flujo que podría estar "rompiendo" la roca original y entrando por fracturas. Matriz 80% - Aloquemos 20%

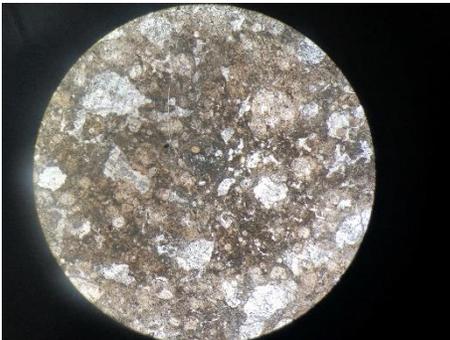
Wackestone de intraclastos



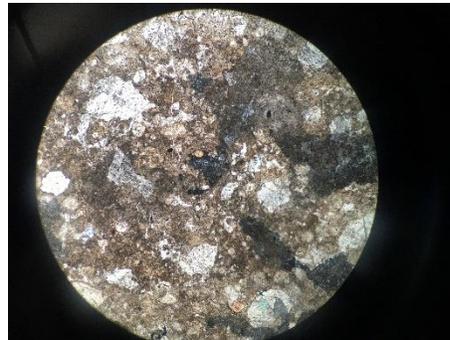
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-17-D

Se observan varios nódulos de sílice de 6 mm con borde irregular en contacto con barro micrítico con ooides de 0,3 mm y peloides de 0,7 mm escasos.

Mudstone de escasos bioclastos



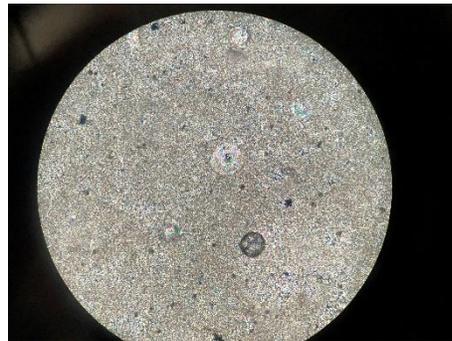
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



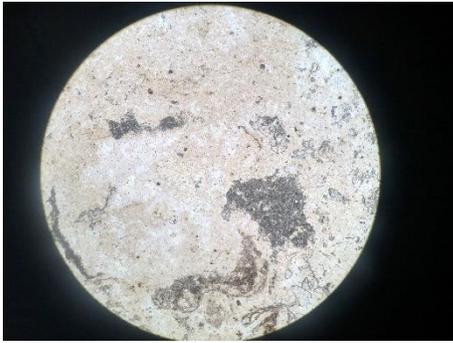
NP, HA=1,6mm,20x



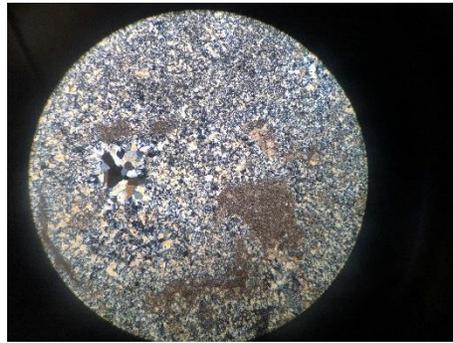
NX, HA=1,5mm,20x

CB-17-E

Se observa cuarzo masivo, en general como cristales muy pequeños de 0,02 mm salvo en particulares zonas se observan de hasta 0,2 mm. Además, se puede ver barro micrítico aislado en diversas formas no regulares de hasta 1,5 mm.



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-22

Se observan intraclastos micríticos y con núcleos de sílice de 1-1,5 mm, peloides micritizados de máximo 0,5 mm y sílice masiva como cristales de cuarzo de 0,02 mm en su mayoría. Pseudoesparita en vetillas y esparita relleno de espacios en cuarzo. Caliza restringida a sectores particulares del corte, en forma alargada o lenticular.

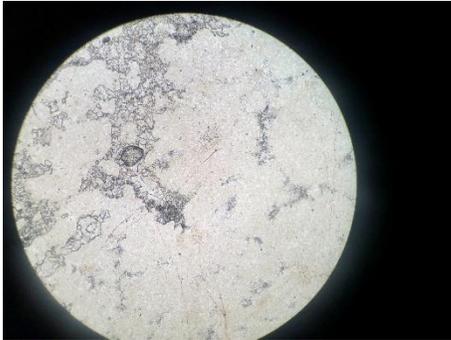
Chert con Mudstone de intraclastos



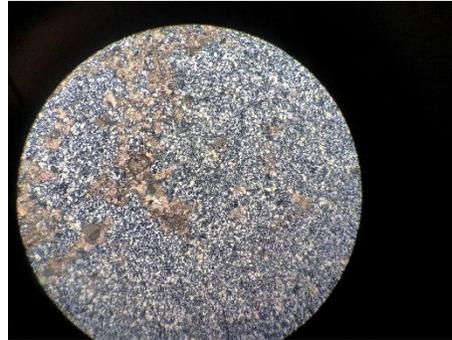
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-24

Se observa una abundancia de aloquemos como espiculitas de hasta 2,5 mm de largo y 0,3 de ancho, intraclastos de hasta 3,5 mm, gastrópodos de hasta 2 mm, extraclastos de 3,5 mm y otros no identificados. La matriz es de un barro micrítico con un rojo poco característico, pseudoesparita en vetillas. 70% matriz de barro micrítico y 30% de aloquemos principalmente bioclastos.

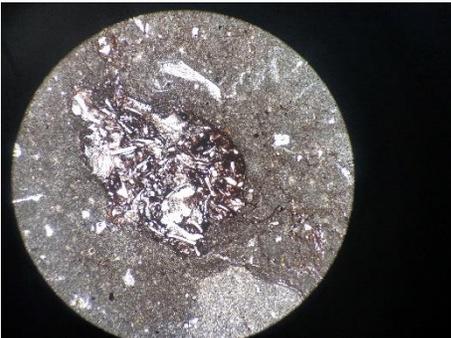
Wackestone de bioclastos



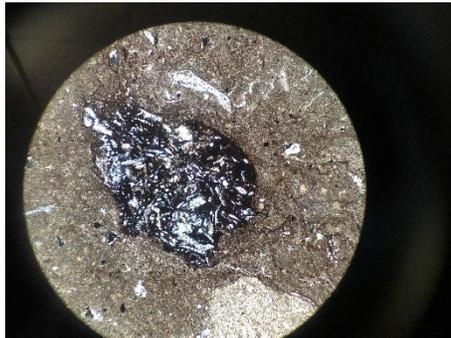
NP, HA=6mm,5x



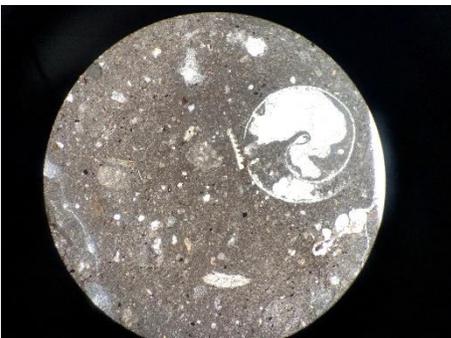
NX, HA=6mm,5x



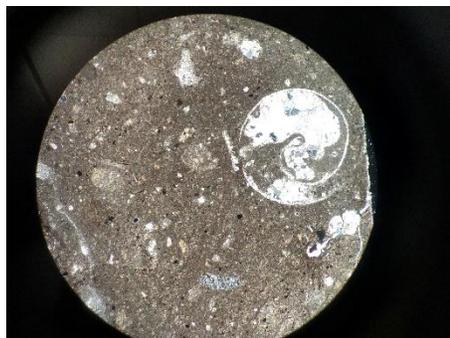
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

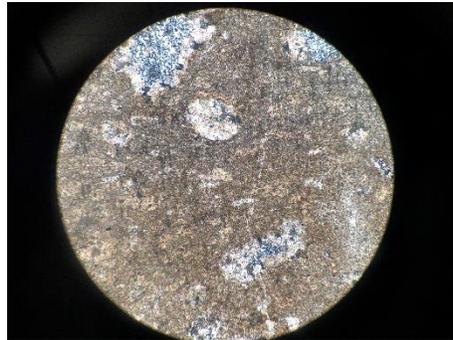
CB-26

Se observan nódulos de cuarzo con formas lenticulares, redondeados e irregulares probablemente reemplazando microorganismos no identificados, con cristales de cuarzo de 0,02 mm y cementados con esparita. Además, se observan peloides de hasta 1 mm. Matriz de barro micrítico 85%, esparita 5%, aloquemos 10%.

Mudstone de peloides



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-28

Se observan peliodes pequeños en general de esparita de hasta 0,2 mm, también intraclastos de micrita con algunos cristales de calcita, cementados con esparita, de hasta 0,75 mm. Se observa vetilla de pseudoesparita de 3 mm de espesor que cruza todo el corte, además de otras de 1 mm o menos. Matriz de barro micritico 65%, esparita 5%, aloquemos 30%.

Wackestone de intraclastos



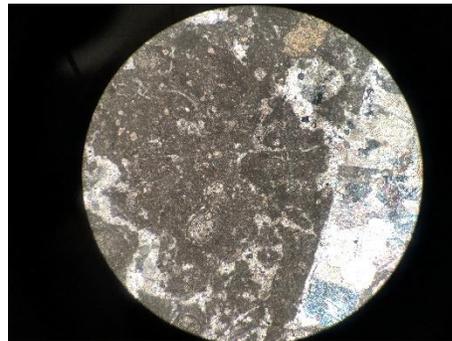
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-36-B

Se observan fragmentos de caparazones no identificados de hasta 0,4 mm de largo, braquiópodos de hasta 0,75 mm, peloides de hasta 0,5 mm en general redondeados y minerales negros de hasta 0,5 mm redondeados no identificados. Matriz barro micritico 60%, esparita 10%, aloquemos 20%.

Wackestone bioclástica



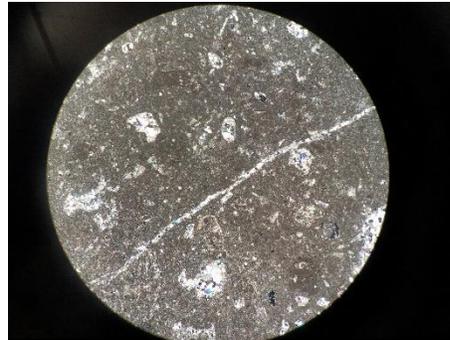
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-44

Se observan intraclastos de hasta 1,5 mm, la roca en general se compone de sílice masiva como cuarzos de tamaño 0,02 mm y esparita con cristales de hasta 3 mm. Presenta cuarzo con hábito acicular. Esparita 50%, aloquemos 2%, sílice 48%.

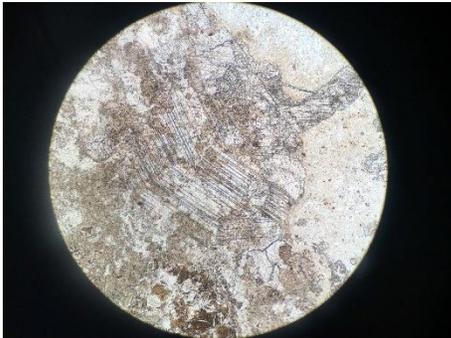
Cristalina con intraclastos



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

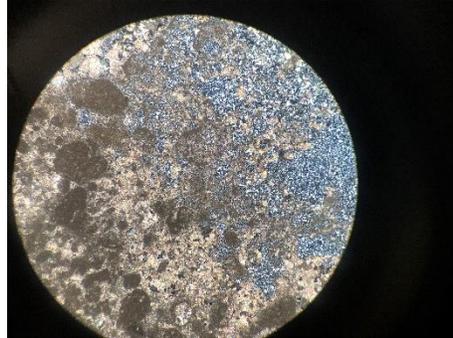
CB-48

Se observan peloides micríticos y esparíticos de hasta 1,2 mm y fragmentos de aloquemos no identificados. Sílice relleno espacios con cristales de cuarzo de 0,2-0,08 mm. Matriz barro micrítico 75%, esparita 5%, aloquemos 15%.

Mudstone de peloides



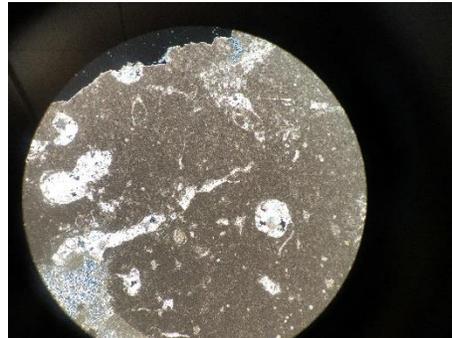
NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x



NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x

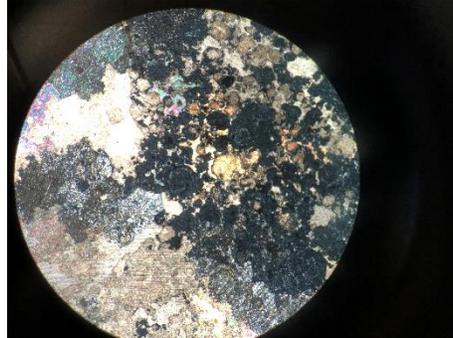
CB-53-B

Se observan nódulos redondeados y ovoides de mineral negro a puntitos en NX de hasta 0,75 mm de diámetro, además se observa relleno de espacios en ocasiones. El resto de la roca es en general esparita y pseudoesparita.

Cristalina



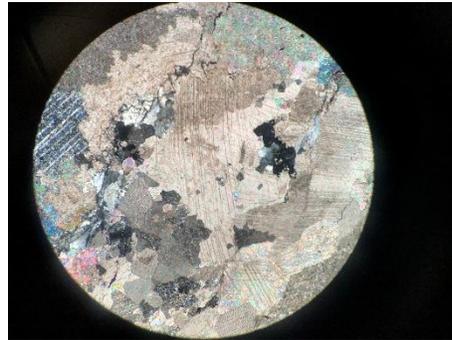
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

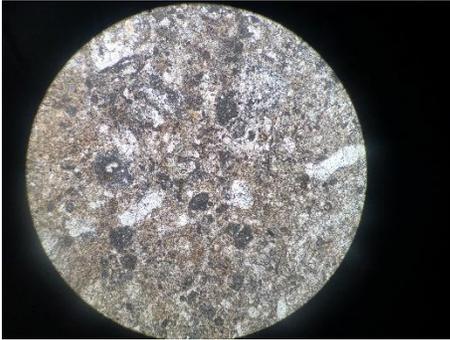


NX, HA=6mm,5x

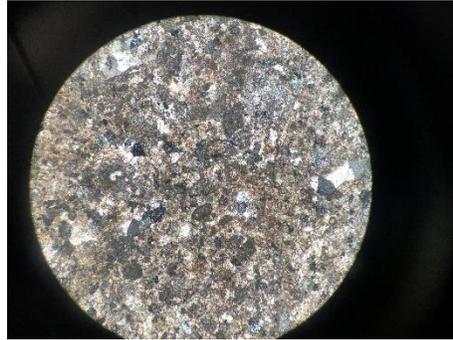
CB-54-E

Se observa aloquemos fragmentados, algunos reemplazados por sílice de diverso tamaño y forma. Aparecen peloides de hasta 0,3 mm e intraclastos de hasta 0,5 mm. Matriz 40%, aloquemos 60%.

Wackestone de pelides



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-61-F

Se observan intraclastos de hasta 5 mm, peloides de hasta 0,8 mm, calciesferas (?) de hasta 0,75 mm, algas verdes tubulares de hasta 8 mm y otros fragmentos bioclásticos no identificados. Matriz de micrita 40%, esparita 5%, aloquemos 55%.

Packstone de algas verdes



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-61-I

Se observan estromatolitos (?), peloides de hasta 0,6 mm, intraclastos angulosos y redondeados de hasta 3 mm, estructura irregular no identificada de 7 mm y fragmentos de bioclastos no identificados. Además, se observan nódulos de sílice masiva con cristales de cuarzo de hasta 0,1 mm. Matriz barro micritico 55%, esparita 5% y aloquemos 40%.

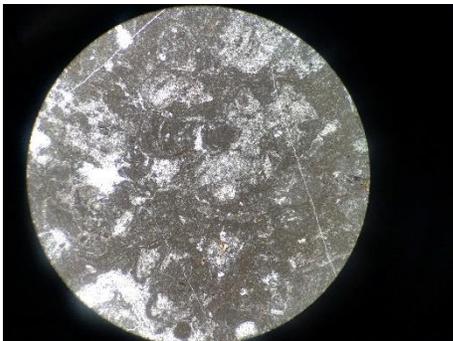
Wackstone de bioclastos



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

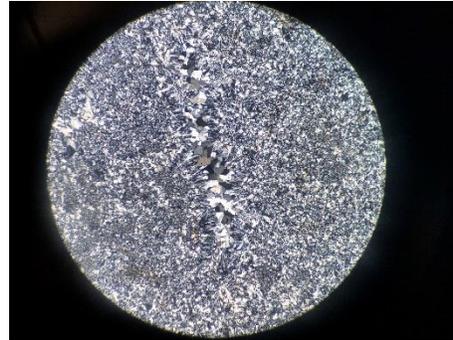
CB-61-L

Se observa sílice masiva con cristales de cuarzo en su mayoría de 0,02 mm, pero también rellenando cavidades con cuarzo acicular y cristales de hasta 0,2 mm. Además, se observan vetillas de calcita de hasta 0,3 mm de espesor.

Chert



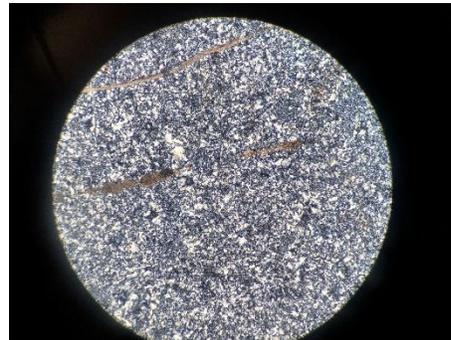
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

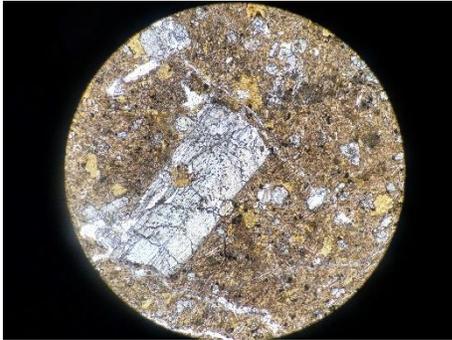


NX, HA=6mm,5x

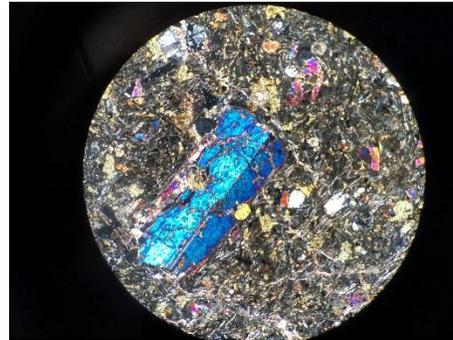
CB-62

Se observan cristales de clinopiroxeno (diópsido) de hasta 3 mm, zeolitas como mineral de alteración amarillo reemplazando a piroxenos de hasta 1 mm, en algunos sectores se forman cúmulos de estos minerales. En masa fundamental se observan plagioclasas y posiblemente micas de tamaños inferiores a 0,1 mm.

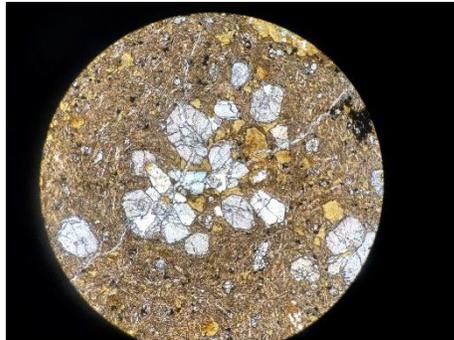
Gabro hipabisal de diópsido



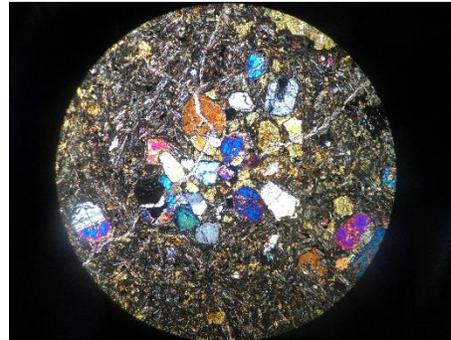
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

CB-64-E

Se observan nódulos de sílice de hasta 6 mm y fragmentos de bioclastos no identificados.
Matriz de barro micrítico 90%, esparita 5%, aloquemos 5%.

Mudstone



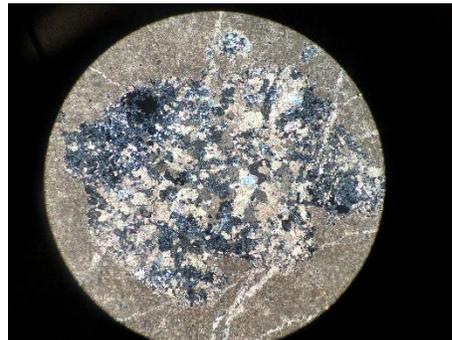
NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x



NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x

CB-66-H

Se observan ooides de hasta 2 mm, peloides de hasta 0,8 mm, escasos ostrácodos < 1 mm de radio y fragmentos de bioclastos no identificados. Matriz de barro micrítico 35%, esparita 10%, aloquemos 60%.

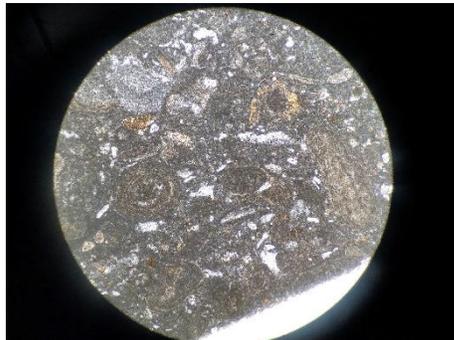
Wackestone bioclástica



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x

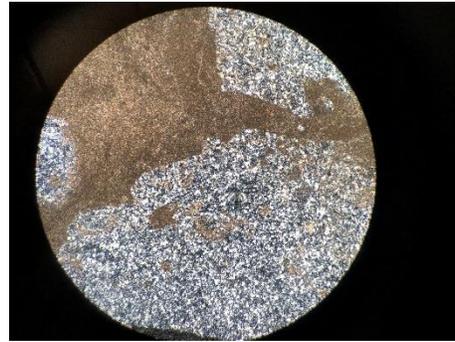
CB-66-J

Se observan nódulos de sílice de mas de 6 mm, con cristales de cuarzo de hasta 0,05 mm y cuarzo acicular en algunos. Además, se observan vetillas de calcita hasta 1 mm de espesor con un evento particular de relleno por sílice cuando la vetilla pasa por un nódulo de sílice.

Mudstone



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

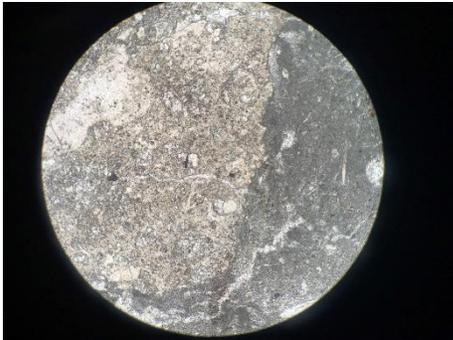


NX, HA=6mm,5x

CB-67-B

Se observan intraclastos de hasta 6 mm, algas azules (?), peloides de hasta 5 mm (?), cristales de dolomita de hasta 0,5 mm y fragmentos de bioclastos no identificados. Matriz de barro micrítico 70%, aloquemos 30%.

Wackestone de intraclastos



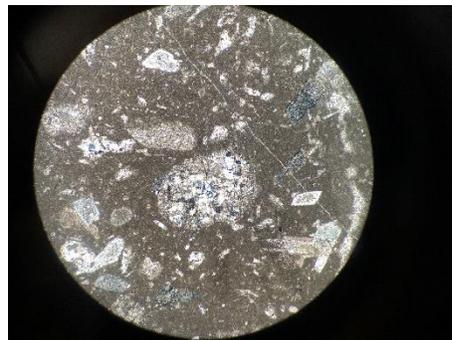
NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x



NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x



NP, HA=6mm, 5x

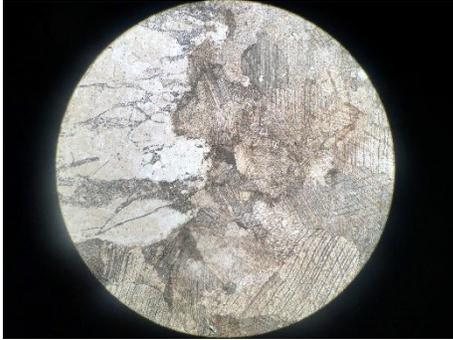


NX, HA=6mm, 5x

CB-68-D

Se observan nódulos de sílice de hasta 4 mm y cristales de calcita (esparita) de hasta 2 mm.

Caliza cristalina



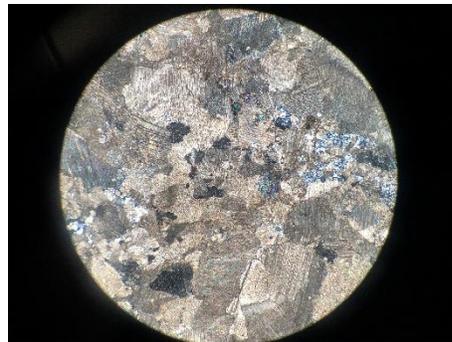
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

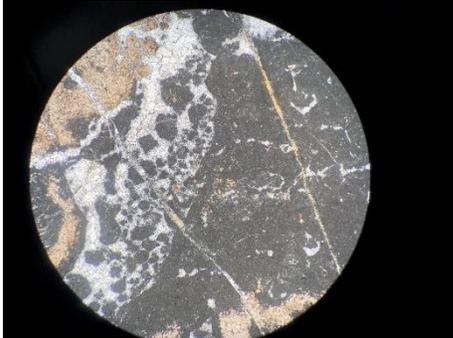


NX, HA=6mm,5x

CB-68-H

Se observan intraclastos micríticos cementados por esparita de hasta 0,7 mm, sílice masiva con cristales de cuarzo de hasta 0,2 mm y sectores con hábito acicular, intraclastos gigantes (?). Matriz 90%, esparita 5%, aloquemos 5%.

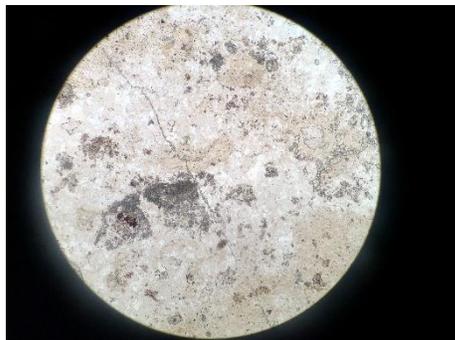
Mudstone – chert



NP, HA=6mm, 5x



NX, HA=6mm, 5x



NP, HA=6mm, 5x

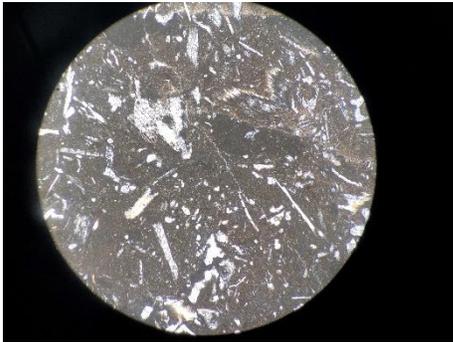


NX, HA=6mm, 5x

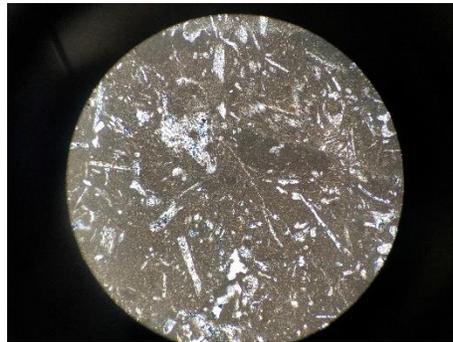
CB-68-I

Se observan corales (?) elípticos, braquiópodo punctuae (?) fragmentado de 2 mm, espículas de hasta 1,5 mm, briozoo (?) de tamaños pequeños hasta 0,5 mm, intraclastos de hasta 3 mm, ostrácodos de hasta 1 mm y fragmentos de bioclastos. Matriz de barro micrítico 40%, aloquemos 60%.

Pachstone bioclástica



NP, HA=6mm,5x



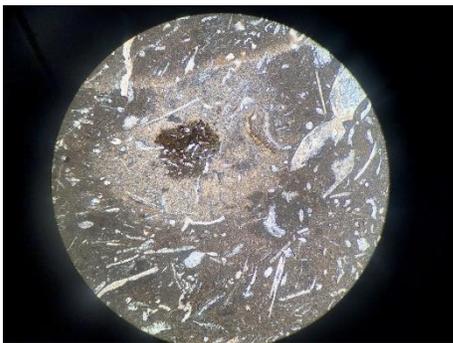
NX, HA=6mm,5x



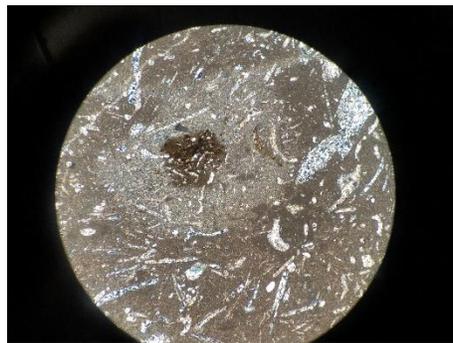
NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

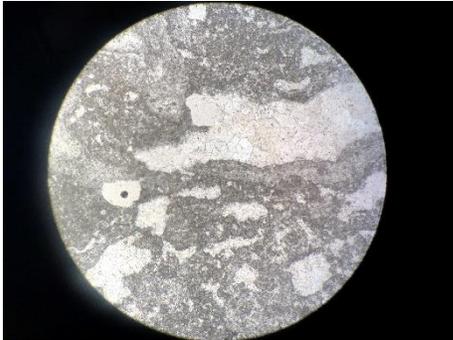


NX, HA=6mm,5x

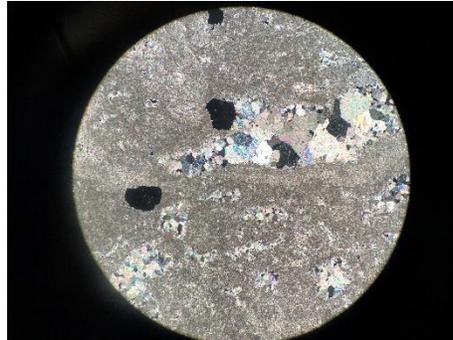
CB-68-J

Se observan gastrópodos pteropodos (?) y ostrácodos de 1 mm escasos, poros de forma redondeada de hasta 1,2 mm, y esparita relleno de cavidades biogénicas (?). Matriz de barro micrítico 80% esparita 8%, aloquemos 2%.

Mudstone bioclástica.



NP, HA=6mm,5x



NX, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x



NP, HA=6mm,5x

Anexo E

Base de datos de terreno

Tabla 1: Puntos de mapeo												
ID	Coord. N	Coord. E	Cota	Fecha	ID Muestra	Az/Manteo	Litología	Unidad	Estructuras	Az/Mateo Estr.	Observaciones	Foto
1	6.331.415	330.037	419	03-04-2018	01-CB-A,01-CB-B	170/20N	Caliza gris, caliza café	Cal. Polpaico			Secuencia de calizas (30 a 60 cm).Material fino de hasta 20 cm. capas delgadas de silice hasta	143742
2	6.331.331	329.995	428	03-04-2018	02-CB	170/15N	Caliza gris a blanca	Cal. Polpaico			Disminución hacia el techo de silice masiva	150045
3	6.331.351	330.078	430	03-04-2018		150/20S	Caliza gris a blanca	Cal. Polpaico			Caliza gris con silice masiva, calizas blancas presentan cristales grandes y euhedrales de calcita.	151319
4	6.331.275	329.920	433	10-04-2018	04-CB-A,04-CB-B	250/20N	Caliza	Cal. Polpaico			Discontinuidad hacia el W, se observa capa de arcilla (?) lenticular.	100456; 100519; 100546
5	6.331.220	329.924	442	10-04-2018			Caliza	Cal. Polpaico	Ant-Sin	155/15	Se observa anticlinal y sinclinal de lados con pendiente suave (15°) y dirección 155°, se observa misma discontinuidad de punto anterior.	103322; 103403
6	6.331.462	330.461	638	17-04-2018		165/20N	Caliza	Cal. Polpaico				141016
7	6.331.403	330.517	655	17-04-2018		165/20N	Caliza	Cal. Polpaico			Sobre secuencia se observan arcillas	
8	6.331.379	330.456	665	17-04-2018		170/20N	Caliza blanca	Cal. Polpaico			Sobre secuencia de punto 6 y 7	
10	6.331.526	330.481	633	17-04-2018		160/15N	Caliza café	Cal. Polpaico			Capa de Silice entre la secuencia	151501
11	6.331.799	330.542	587	17-04-2018		170/20N	Calizas grises	Cal. Polpaico			Capa de Silice entre la secuencia	
12	6.331.754	330.467	595	17-04-2018		160/15N	Caliza café amarillenta	Cal. Polpaico			Pareciera haber capa de arcilla sobre ella	
13	6.330.894	330.102	707	09-05-2018			Caliza	Cal. Polpaico	Intrusivo			
14	6.331.114	329.953	661	09-05-2018		160/15N	Caliza	Cal. Polpaico				
15	6.331.099	330.027	677	09-05-2018	15-CB	270/25S	Caliza	Cal. Polpaico				113104
16	6.331.096	330.094	680	09-05-2018		210/15W	Caliza	Cal. Polpaico				115845
17	6.331.767	329.962	542	01-05-2018	17-CB	199/20N	Caliza	Cal. Polpaico				113256
18	6.331.764	330.087	588	01-05-2018		212/20N	Caliza	Cal. Polpaico				
19	6.331.702	330.023	597	01-05-2018	19-CB;19-CB-EXT	220/22N	Caliza	Cal. Polpaico				115719
20	6.331.980	330.527	602	11-05-2018	20-CB	200/15E	Clástico(Areniscas-Arcilla)	Cal. Polpaico				141144
21	6.331.947	330.400	594	11-05-2018			Clástico(Areniscas-Arcilla)	Cal. Polpaico				143652
22	6.332.001	330.323	578	11-05-2018	22-CB		Caliza	Cal. Polpaico				151116
23	6.331.885	330.314	588	11-05-2018			Clástico+Caliza	Cal. Polpaico			Contacto calizas y capa clasica poco consolidada	152902
24	6.331.786	330.133	583	11-05-2018	24-CB	230/20N	Caliza	Cal. Polpaico				153904
25	6.331.891	329.985	557	14-05-2018	25-CB		Caliza	Cal. Polpaico				
26	6.331.847	329.946	563	14-05-2018	26-CB	210/25E	Caliza	Cal. Polpaico				
27	6.331.776	329.895	570	14-05-2018		220/15E	Caliza	Cal. Polpaico				
28	6.331.702	329.833	575	14-05-2018	28-CB	223/18E	Caliza	Cal. Polpaico				115714; 115709
29	6.331.996	330.373	546	17-07-2018			Arcilla-Areniscas	Clástico nuevo				2

Tabla 1: Puntos de mapeo (continuación)

ID	Coord. N	Coord. E	Cota	Fecha	ID Muestra	Az/Manteo	Litología	Unidad	Estructuras	Az/Mateo Estr.	Observaciones	Foto
30	6.331.952	330.369	549	17-07-2018			Arcilla-Areniscas	Clásico nuevo				
31	6.331.966	330.293	549	17-07-2018		25	Caliza	Cal. Polpaico				2
32	6.331.935	330.235	558	17-07-2018		60-75/30	Caliza	Cal. Polpaico				2
33	6.331.897	330.209	542	18-07-2018		250	Caliza/Hpabisal	Cal. Polpaico				2
34	6.331.896	330.156	575	18-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico				1
35	6.331.844	330.135	576	18-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico				2
36	6.331.821	330.016	573	18-07-2018	CB-36-(B-D)(B-Conte)	234/25N	Caliza	Cal. Polpaico				1
37	6.331.873	330.286	587	18-07-2018		250	Caliza/Clásico	Cal. Polpaico				2
38	6.331.923	330.328	579	18-07-2018			Clásico/Caliza	Clásico nuevo			Contacto en la base	
39	6.331.838	330.289	589	18-07-2018			Caliza/Clásico	Cal. Polpaico			Contacto lateral dir 250	
40	6.331.772	330.120	586	18-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico			Pared, borde con esteril	
41	6.331.739	330.051	588	18-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico			caliza roja con veillas de calcita	1
42	6.330.864	330.076	661	24-07-2018	42-OB		Caliza/Intrusivo	Cal. Polpaico			Pared de afloramiento intrusivo con forma de filón	
43	6.330.804	330.078	658	24-07-2018			Caliza/Intrusivo	Cal. Polpaico				
44	6.331.023	330.045	662	24-07-2018	44-OB	90/10	Caliza	Cal. Polpaico				
45	6.330.942	329.989	699	24-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico			Suelo de caliza con silice	
46	6.331.025	329.988	699	24-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico			suelo de caliza gris con nodulos silice	151833
47	6.331.046	329.972	691	24-07-2018			Caliza	Cal. Polpaico			silice en banda con AZ=164	
48	6.331.047	329.952	688	24-07-2018	48-OB		Caliza	Cal. Polpaico				
49	6.330.811	329.736	635	635	49-OB/49-OB-A			Cal. Polpaico				
50	6.330.759	329.816	644			210/17N		Cal. Polpaico				
51	6.330.746	329.879	651					Cal. Polpaico				
52	6.330.892	329.689	628			30/10N						
53	6.331.604	330.218	589	01-08-2018	53-OB-A-53-OB-B53-OB-C							
54	6.331.592	330.179	585	01-08-2018	54-OB-D-E-F-G-H							
55	6.331.588	330.123	617	01-08-2018		225/10N						
57	6.331.535	329.993	618	01-08-2018		155/55N						
58	6.331.519	329.942	619	01-08-2018								
59	6.331.504	329.923	618	01-08-2018		231/10N						
60	6.331.459	330.101	631	06-08-2018	60-OB-A-B-C-D-E-ARC1-ARC2		Caliza	Cal. Polpaico			Columna nivel 610	142851
61	6.331.450	330.037	628	06-08-2018	61-OB-(F-N)(ARC3-6)	225/12N	Caliza	Cal. Polpaico			Columna nivel 610	150256
62	6.330.973	329.672	605	13-08-2018	62-OB		Caliza/Intrusivo	Cal. Polpaico			Miñad intrusivo y caliza	93113
63	6.331.034	329.708	622	13-08-2018	63-OB		Caliza/Intrusivo	Cal. Polpaico			muestra contacto callint	
64	6.331.073	329.760	636	13-08-2018		70/10N	Caliza/Intrusivo	Cal. Polpaico			Veias material fino/abombamiento	100854
65	6.330.967	329.768	652	13-08-2018	64-OB-(A-F)(ARC1)(I)		Caliza	Cal. Polpaico			Columna nivel 625	
66	6.330.967	329.777	646		66-OB(G-K)(ARC3)		Caliza	Cal. Polpaico				
67	6.330.976	329.777	656									
68	6.330.511	330.229	658		67-OB-(A-E)		Caliza	Cal. Polpaico			Columna antigua 1 SE	
68	6.330.122	330.261	648		68-OB-(A-K)		Caliza	Cal. Polpaico			Columna antigua 2 SE	

Tabla 1: Puntos de mapeo campaña de terreno en mina Cerro Blanco, colores rojos demarcan puntos con una coordenada de distinto datum (WGS84), color verde muestra puntos en los cuales se mandó muestra a realizar corte transparente

Tabla 2: Análisis químico muestras de mano

FECHA	CÓDIGO	Sio2Total	AL	Fe	Cao	Mgo	Na2O	K2O	CaCo3	Ca-MgCO3	TOTAL	Sc
13-12 2018	CB-01	16,3	0,4	0,2	45,9	0,5	0	0,08	82	83	98,88	94,1
13-12 2018	CB-02	8,8	0,4	0	50,3	0,4	<0,03	0,08	89,8	90,7	99,08	200,2
13-12 2018	CB-03	6,7	0,1	0	52	0,4	<0,01	0,04	92,8	93,6	99,94	276,1
13-12 2018	CB-04-A	10,5	0,1	0	49,8	0,3	<0,02	0,04	88,9	89,4	99,74	168,1
13-12 2018	CB-04-B	7,6	0,2	0	51,2	0,4	<0,02	0,05	91,4	92,2	99,45	237,6
13-12 2018	CB-15	8,5	0,3	0,1	50,4	0,5	0,08	0,07	90	90,9	99,08	208
13-12 2018	CB-17	8	0,6	0,1	50,5	0,7	<0,04	0,09	90,1	91,5	98,89	218,7
13-12 2018	CB-17-A	7	0,2	0	51,3	0,6	0,02	0,06	91,5	92,7	99,16	256,8
13-12 2018	CB-17-B	18,1	0,8	0,3	44	1,7	0,07	0,08	78,6	82	98,47	85,2
13-12 2018	CB-17-C	7	0,4	0	51,5	0,5	0,03	0,05	91,9	92,9	99,45	257
13-12 2018	CB-17-D	31,1	0,4	0,2	37,8	0,3	0,07	0,03	67,5	68,1	98,97	43,2
13-12 2018	CB-17-E	7,9	0,2	0	51	0,4	0,08	<0,01	91	91,8	99,38	228,5
13-12 2018	CB-17-F	5	0,4	0,1	52,4	0,6	0,02	0,06	93,5	94,8	99,16	360,8
13-12 2018	CB-17-G	19,1	0,2	0,1	44,5	0,5	0,01	0,04	79,4	80,5	99,04	82,5
13-12 2018	CB-17-H	5,5	0,3	0	52,2	0,5	0,02	0,05	93,2	94,2	99,25	331,5
13-12 2018	CB-19	12,9	0,6	0,2	47,7	0,7	<0,05	0,08	85,1	86,5	98,78	129
13-12 2018	CB-19-EX	12,9	0,4	0,3	47,9	0,4	<0,02	0,08	58,5	86,3	71,88	130,6
13-12 2018	CB-20	43	8,5	3,2	22,6	1,1	2,01	1,34	40,3	42,7	85,74	17
13-12 2018	CB-22	67,1	0,5	1,2	17,2	0,1	0,04	0,03	30,6	30,7	97,84	9,1
13-12 2018	CB-24	26,3	1,2	0,9	39,4	0,4	0,16	0,14	70,4	71,2	97,26	52,1
13-12 2018	CB-25	36,6	0,4	0,4	34,7	0,2	<0,05	0,06	61,9	62,4	98,76	33,6
13-12 2018	CB-26	15,3	0,3	0,1	46,5	0,7	0,08	0,07	82,9	84,3	98,98	107,1
13-12 2018	CB-28	17,9	0,5	0,2	44,7	1,1	0,07	<0,02	79,8	82,2	98,87	88,8
13-12 2018	CB-36-B	22,9	0,4	0,3	42,2	0,5	0,09	0,03	75,2	76,3	98,69	65,1
13-12 2018	CB-36-C	30,3	0,5	0,4	37,8	0,6	0,06	0,06	67,5	68,9	98,46	44,2
13-12 2018	CB-36-D	15,9	1,3	0,6	44,7	1,9	<0,05	0,11	79,7	83,7	97,61	96,1
13-12 2018	CB-42	41,7	0,3	0,4	31,6	0,8	0,01	0,05	56,3	57,9	98,85	26,9
13-12 2018	CB-44	43,3	0,5	0,8	30,4	0,5	0,05	0	54,3	55,3	98,15	24,8
13-12 2018	CB-48	16	0,1	0,2	46,2	0,6	0,06	0	82,4	83,7	99,06	102,1
13-12 2018	CB-49	60,7	0,4	0,5	20,5	1,2	<0,03	0,05	36,7	39,2	98,65	12
13-12 2018	CB-49-1	1	0,2	0	54,6	0,5	0,03	4	97,5	98,6	103	1843,9
13-12 2018	CB-53-A	13,2	0,9	0,6	47,1	0,5	0,15	0,14	84	85,1	97,84	122,9
13-12 2018	CB-53-B	14,5	0,6	0,3	46,8	0,8	0,09	0,01	83,5	85,1	98,89	114,6
13-12 2018	CB-53-C	15,5	0,8	0,5	45,9	0,6	0,03	0,13	82	83,2	98,23	103,1
13-12 2018	CB-53-D	32,8	0,5	0,3	36,6	0,4	0,02	0,06	65,4	66,3	98,66	39,6
13-12 2018	CB-53-E	5,4	0,3	0,3	51,9	0,8	0,08	<0,01	92,6	94,6	98,88	331,2
13-12 2018	CB-53-F	4	0,1	0	53,1	0,4	0,03	0,04	94,7	95,6	99,14	468,8
13-12 2018	CB-54-G	30,4	0,3	0,6	38	0,3	<0,04	0,07	67,9	68,5	98,67	44,3
13-12 2018	CB-54-H	7,5	0,3	0,2	51	0,5	<0,04	0,07	91	92,1	99,07	238,7
13-12 2018	CB-60-A	3	0,2	0	53,6	0,4	0,02	0,05	95,7	96,5	99,15	623,3
13-12 2018	CB-60-ARC1	55,6	10,7	6,6	12,2	3,8	<0,03	1,15	21,8	29,6	82,35	7,1

Tabla 2: Análisis químico muestras de mano (continuación)

FECHA	CÓDIGO	Sio2Total	AL	Fe	Cao	Mgo	Na2O	K2O	CaCo3	Ca-MgCO3	TOTAL	Sc
13-12 2018	CB-60-ARC2	58,1	11,7	6,1	10,6	4,2	<0,07	0,56	18,9	27,6	81,76	5,9
13-12 2018	CB-60-B	35,1	0,3	0,4	35,6	0,1	0,02	0,06	63,5	63,8	98,76	3,6
13-12 2018	CB-60-C	66,4	0,1	0	18,6	0	<0,04	0,04	33,2	33,1	99,64	10
13-12 2018	CB-60-D	82,2	0,7	1,8	8,4	<0,2	0	0,3	14,9	14,6	97,2	3,6
13-12 2018	CB-60-E	7,6	0,4	0,2	50,9	0,5	<0,01	0,07	90,8	91,8	98,97	233,4
13-12 2018	CB-61-ARC3	73,7	2	0,8	12,5	0,5	<0,04	0,29	22,3	23,3	96,79	6
13-12 2018	CB-61-ARC4	76,5	2,4	1	10,6	0,7	<0,07	0,15	18,9	20,4	96,25	4,9
13-12 2018	CB-61-ARC5	79,5	2,6	1	8,6	0,8	<0,05	0,29	15,4	17	95,99	3,8
13-12 2018	CB-61-ARC6	75	2,2	1	11,5	0,7	<0,06	0,13	20,5	22	96,33	5,4
13-12 2018	CB-61-F	4	0,4	0,2	52,8	0,6	0,09	<0,05	94,2	95,5	98,89	443,8
13-12 2018	CB-61-G	28,6	0,5	0,5	38,8	0,4	<0,01	0,06	69,3	70,2	98,36	47,8
13-12 2018	CB-61-H	21	0,3	0,2	43,5	0,4	<0,05	0,07	77,6	78,4	99,07	73,4
13-12 2018	CB-61-I	8,1	0,2	0,1	50,5	0,8	0,07	<0,03	90,2	91,9	99,17	218,9
13-12 2018	CB-61-J	13	0,3	0,1	47,9	0,6	<0,06	0,07	85,6	86,8	99,27	130,8
13-12 2018	CB-61-K	82,1	1	1,8	8,2	0	<0,02	0,05	14,6	14,6	96,75	3,5
13-12 2018	CB-61-N	4	0	0	53,2	0,5	<0,01	0,07	95	96	99,57	479,6
13-12 2018	CB-62	44,7	12	7,1	12,1	6,5	2,37	5,36	21,5	35,1	75,07	8,4
13-12 2018	CB-63	39,3	0,5	0,5	32,6	1	<0,01	0,05	58,2	6,4	98,55	29,4
13-12 2018	CB-64-A	79,8	0,6	1,2	10,1	0	<0,03	0,03	18	17,8	97,83	4,5
13-12 2018	CB-64-ACR1	27,6	2,8	2,1	36	2,3	<0,02	0,39	64,3	69,1	94,59	43,9
13-12 2018	CB-64-B	62,3	0	<0,2	20,9	0	<0,05	0,04	37,4	37,3	99,74	12
13-12 2018	CB-64-C	62,1	0	<0,2	21	0	<0,02	0,04	37,5	37,5	99,64	12,1
13-12 2018	CB-64-D	74,6	0,1	0	14	0	<0,04	0,03	24,9	24,7	99,53	6,7
13-12 2018	CB-64-E	7,5	1	0,5	49,5	1,6	0,13	0,34	88,4	91,8	97,63	220,1
13-12 2018	CB-64-F	30,4	0,3	0,5	38	0,3	0,11	0,06	67,9	68,6	98,66	44,4
13-12 2018	CB-65-G	63	0,6	1,5	19,2	0,2	<0,01	0,04	34,2	34,7	97,44	10,8
13-12 2018	CB-66-H	7	1	0,4	50,3	1,2	0,14	<0,03	89,8	92,3	98,14	238,5
13-12 2018	CB-66-I	34,4	0,4	0,1	36	0,2	<0,01	0,06	64,3	64,8	98,96	37,2
13-12 2018	CB-66-J	44,6	0,6	0,8	29,6	0,4	0,07	0,1	52,9	53,8	97,97	23,5
13-12 2018	CB-66-K	5,4	0,2	0,1	52,5	0,7	<0,01	0,07	93,7	94,7	99,87	340,1
13-12 2018	CB-67-A	5,7	0,7	0,1	52,1	0,3	<0,01	0,06	93	93,7	99,06	309,9
13-12 2018	CB-67-C	76	1,4	1,7	10,9	0,8	0,01	0,07	19,5	21,1	96,37	5,1
13-12 2018	CB-67-D	7,6	0,1	0	51,5	0,3	<0,01	0,05	91,9	9,6	99,85	239,1
13-12 2018	CB-67-E	46,6	0,4	0,4	29	0,1	0,04	0,05	51,8	52,2	98,55	22,1
13-12 2018	CB-68-A	22,1	0,4	0,2	42,8	0,3	<0,01	0,06	76,4	77,1	98,86	68,4
13-12 2018	CB-68-B	27,8	0,2	0	40	0,2	<0,04	0,06	71,3	71,7	99,36	51,3
13-12 2018	CB-68-C	8,7	0,2	0	50,6	0,3	<0,04	0,06	90,2	90,9	99,26	206,1
13-12 2018	CB-68-D	12,2	0,4	0,2	48,3	0,4	0,07	0,04	86,3	87	98,97	139,5
13-12 2018	CB-68-E	77,8	0,1	0	12,2	<0,2	<0,03	0,03	21,8	21,5	99,43	5,6
13-12 2018	CB-68-F	28,7	0,1	0,3	39,3	0,2	0	0,06	70,1	70,5	99,06	48,7
13-12 2018	CB-68-G	68	0,5	1	16,8	0	<0,03	0,04	30	29,9	98,04	8,8
13-12 2018	CB-68-H	39,7	0,7	0,7	32,5	0,3	0,12	0,02	57,9	58,6	98,02	28,8
13-12 2018	CB-68-I	3,1	0,6	0,1	53,2	0,7	0,14	0,01	94,9	96,3	98,84	569,7
13-12 2018	CB-68-J	4,9	0,2	0	52,7	0,3	0,07	0	94	94,7	99,27	375,7
13-12 2018	CB-68-K	13,2	0,9	0,4	47,2	0,6	0,05	0,11	84,2	85,4	98,11	122,8

Tabla 2; Análisis químicos realizados sobre muestras de mano tomadas en campaña de terreno en mina Cerro Blanco, análisis de componentes oxidados mayores.

Tabla 3.1 Columnas estratigráficas; Columna nivel 610

Columna	Punto	Muestra	Desde	Hasta	Cota	Litología	Slíce macro	Vetas/Vetillas	Fósiles Macro	Color Slíce	Color	Descripción
N610	60	A	0	90	631	Caliza	No	Calcita	No		Crema medio	Roca presenta vetas de hasta 5mm de calcita, con calcita recristalizada diseminada de hasta 10 mm de radio, con algunos pequeños clastos no identificados
N610	60	B	90	100		Caliza	Si	Calcita	No	Rojizo	Crema medio/ Magenta oscuro	Roca presenta vetas de hasta 5mm de calcita y venillas de <1mm. Presenta sílice nodular de hasta 1 cm de radio diseminado, las partes con mayor concentración de sílice son las color magenta.
N610	60	ARC1	100	110								
N610	60	C	110	150		Caliza	Si	Calcita	No	Café-negro	Crema oscuro	Presenta venillas de hasta 1 mm. Se observan nódulos de sílice de hasta 2 cm que también pueden contener calcita café.
N610	60	ARC2	150	160								
N610	60	D	160	190		Chert	Si	Calcita	No	Gris	Gris	Chert que presenta tonos grises y cafés. Las venillas son muy delgadas, de hasta 1 mm.
N610	60	E	190	270		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema medio	Presenta venillas de hasta 5 mm. Nódulos de sílice de hasta 1,5 cm de diámetro, pero también alargados de hasta 4 x 0,5cm. Se observan muchas venillas < 1mm.
N610	61	F	270	310		Caliza	No	Calcita	No		Magenta oscuro/ crema oscuro	Roca en contacto con material clástico, se observa color mucho más oscuro, baja presencia de sílice. Venillas < 1 mm. Pareciera tener más material clástico.
N610	61	ARC3	310	315								
N610	61	G	315	345		Caliza	Si	Calcita/Slíce	No	Gris-rojizo	Crema oscuro	Roca con vetas de sílice muy cambiantes de dirección con borde sinuoso, en algunos sectores se acumula más pareciendo formar nódulos, vetas de hasta 3 cm de ancho con variaciones. Presenta también algunos nódulos de calcita recristalizada. Venillas de calcita <1mm.
N610	61	ARC4	345	350								
N610	61	H	350	390		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Presenta nódulos de sílice pequeños y uno de hasta 4x3cm con bordes irregulares. Vetillas de calcita de hasta 1 cm., vetilleo muy intenso de vetillas < 2 mm.
N610	61	NO	390	395								
N610	61	I	395	435		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema muy oscuro	Vetillas de calcita <1mm. Nódulos de sílice alargados de hasta 3 cm y redondeados de 5 mm de diámetro.
N610	61	ARC5	435	440								
N610	61	J	440	520		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Vetillas de calcita de hasta 5 mm con vetilleo moderado <1mm. Presenta "manchas blancas" asociables a quizás microfósiles o clastos. Sílice en grandes nódulos de hasta 8 cm de diámetro, baja cantidad de nódulos pero existen 2 a 3 mm.
N610	61	K	520	530		Chert	Si	Calcita	No	Gris-gris oscuro	Gris-gris oscuro	Venillas < 1 mm. Presenta manchones oscuros de sílice y algunos tonos más claros.
N610	61	J	530	580		Caliza						
N610	61	ARC6	580	595								
N610	61	L	595	605		Chert	Si	Calcita	No	Gris oscuro-negro	Gris oscuro-negro	Venillas <1mm. En su mayoría gris oscuros pero tiene sectores mucho más oscuros.
N610	61	M	605	655		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Venillas <1mm. Presenta sílice masivo que se "mezcla" con la caliza, con nódulos muy grandes y de formas caóticas, además presenta algunos nódulos más pequeños 2 a 4 mm. diseminados en la caliza.
N610	61	N	655	685		Caliza	Si	Calcita	No	Gris-café	Crema medio	Vetas de caliza de hasta 8 mm, con vetilleo intenso <3mm. Nódulos de sílice no mayores a 1 cm, presenta sílice "dendrítico". Muestra calcita cristalina diseminada.
N610	61	NO				Caliza-ARC						Caliza que se observa en la parte alta del banco que tiene intercalada una capa de material clástico fino, no se pudo sacar muestra por la altura.

Tabla 3.2 Columnas estratigráficas; Columna nivel 625

Columna	Punto	Muestra	Desde	Hasta	Cota	Litología	Sílice macro	Vetas/Vetillas	Fósiles Macro	Color Sílice	Color	Descripción
N625	65	A	0	10	652	Chert	Si	Sílice	No	Gris	Gris	Vetillas < 1 mm de sílice. Sílice masivo con algunas tonalidades café claro.
N625	65	B	10	30		Caliza	Si	Calcita	No	tonos rojos	Gris	Caliza con muchos clastos pequeños, con vetillas de calcita de hasta 4 mm. Se observan pequeñas estructuras alargadas muy delgadas (1mm) de color gris ligeramente más oscuro que la roca.
N625	65	ARC1	30	45		Arcilla					Crema medio	Tiene tamaño arcilla y limo
N625	65	C	45	70		Caliza	Si	Calcita	No	Gris oscuro	Gris	Vetillas de calcita <2mm. Sílice escaso en nódulos <1mm de diámetro.
N625	65	D	70	100		Caliza	Si	Sílice	No	Morado grisáceo	Gris	Vetillas de sílice principalmente <1mm. Nódulos de sílice >8cm de diámetro.
N625	65	ARC2	100	105								
N625	65	E	105	160		Caliza	Si	Calcita	No	Morado-negro	Gris	Vetillas de hasta 3 mm de calcita. Nódulos de sílice escasos de hasta 5 mm. Presenta "clastos" o nódulos de material fino poco consolidado, quizás argilizado.
N625	65	F	160	235		Caliza	Si	Calcita	No	Morado grisáceo	Gris	Vetillas de hasta 5 mm de calcita. Presenta sílice masivo de forma irregular en gran cantidad encerrando caliza en ocasiones. 80/20 de caliza sílice.
N625	65	G	235	285		Caliza	Si	Calcita	No	Morado grisáceo	Gris	Misma anterior
N625	66	H	0	40	656	Caliza	No	Calcita	No		Gris	Presenta "nódulos" de mineral negro de dureza baja, la misma que caliza, de hasta 5 mm. Coordenadas de este punto de inicio N6330976 E329777.
N625	66	I	40	85		Caliza	Si	Calcita	No	café	Gris	Vetillas de hasta 2 mm. Nódulos de sílice y calcita recristalizada, gran abundancia de los segundos, de hasta 10 mm con los de sílice siendo los menos abundantes.
N625	66	J	85	120		Caliza	Si	Calcita	No	Morado-negro	Gris	Vetillas de hasta 3 mm. Nódulos de sílice particularmente abundantes, puede llegar hasta el 40 % de a roca en algunos casos, miden hasta 10 mm de diámetro, con una moda de 3 a 4 mm.
N625	66	ARC3	120	125								
N625	66	J	125	245		Caliza						En este caso representa el mismo estrato pero los nódulos son con una moda más grande pero con menor abundancia.
N625	66	K	245	335		Caliza	Si	No	No	Gris	Crema medio	Nódulos de sílice muy pequeños (1-2 mm) de baja abundancia, presenta calcita recristalizada en fracturas acotadas, probable cambio de unidad.

Tabla 3.3 Columnas estratigráficas; Columna nivel 600

Columna	Punto	Muestra	Desde	Hasta	Cota	Litología	Sílice macro	Vetas/Vetillas	Fósiles Macro	Color Sílice	Color	Descripción
N600	53	A	0	100	589	Caliza	No	Calcita	No		Gris de tonos rojos	Vetillas de hasta 3 mm de calcita. Presenta clastos de hasta 6 mm, aparentemente de caliza. En su mayoría clastos pequeños.
N600	53	C	100	125		Caliza	Si	Calcita	No	Negro	Crema medio	Se observa vetilleo intenso con vetillas de hasta 8 mm, con mayoría de entre 1 y 2 mm. Nódulos de sílice casi inexistentes. Se observan clastos de color crema de hasta 10 mm.
N600	53	B	125	175		Caliza	Si	Calcita	No	Rojo	Café	Vetillas de hasta 2 mm de calcita. Presenta cristales de calcita al parecer recristalizados en su superficie, además de clastos de color crema que podrían ser de caliza. Nódulos de sílice de hasta 5 mm escasos.
N600	54	D	175	205		Caliza	Si	Calcita	No	Café	Gris- crema oscuro	Vetillas de hasta 3 mm de calcita. Nódulos de sílice se confunden con caliza, tienen un color parecido excepto que sílice se nota más grisácea.
N600	54	E	205	215		Caliza	Si	No	No	Café	Gris	Nódulos de sílice con formas alargadas y redondas. Redondas de 4 mm de diámetro y largos hasta 13 mm. Se observan pequeños cristales de aparentemente calcita.
N600	54	F	215	235		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema medio	Vetillas de hasta 2 mm de calcita. Vetilleo moderado. Nódulos de sílice de hasta 10 mm. Clastos blancos de aparente calcita de hasta 5 mm.
N600	54	G	235	245		Caliza	Si	Calcita	No	Rojo	Crema oscuro	Vetillas de hasta 3 mm escasas. Nódulos de sílice de hasta 30 mm, con varios más pequeños de aproximadamente 10 mm. Clastos muy pequeños < 1mm negros.
N600	54	H	245	315		Caliza	Si	Calcita	No	Rojo	Crema medio	Vetillas de hasta 3 mm de calcita. Nódulos de sílice roja de hasta 10 mm de ancho poco abundantes.

Tabla 3.4 Columnas estratigráficas; Columna nivel 560

Columna	Punto	Muestra	Desde	Hasta	Cota	Litología	Sílice macro	Vetas/Vetillas	Fósiles Macro	Color Sílice	Color	Descripción
N560	17	A	0	80	542	Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema Café	Presenta vetas de calcita <2mm. Nódulos de sílice escasos de diámetro < 15 mm. Presenta manchones de colores ligeramente más claros.
N560	17	B	80	170		Caliza	No	Calcita	No		Gris	Caliza recristalizada, con cristales de hasta 2 mm y escasas vetillas de hasta 3 mm.
N560	17	C	170	250		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Vetas de calcita <3 mm. Nódulos de sílice de abundancia media, de tamaños pequeños hasta 10 mm.
N560 170	17	D	250	330		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Vetas de calcita < 2 mm . Nódulos de sílice abundantes reunidos en estructuras de hasta 10 cm de diámetro rodeadas por una caliza más oscura dentro del mismo rango de color, también se observa otro color de caliza ligeramente más claro. En general esta primera parte de la columna se observan 3 colores de caliza dentro del rango crema oscuro, con más o menos opacidad.
N560	17	E	330	430		Chert	Si	Calcita	No	Gris	Crema medio	Capa definida por sílice masivo, en forma de lentes de hasta 1m de espesor, que se prolongan como un manto, poseen laminaciones pequeñas entre estos de caliza color crema medio, además de vetas de calcita de hasta 3 cm.
N560	17	F	430	540		Caliza	No	Calcita	No		Crema oscuro	Se observa solo caliza con vetas de calcita finas de <2mm. Más homogéneo el color, en ocasiones se oscurece un poco.
N560	17	G	540	650		Caliza	Si	Calcita	No	Gris oscuro	Crema oscuro	Color crema oscuro mas o menos homogéneo en tonos muy cercanos al café. Vetas de hasta 5 mm. Nódulos de sílice pequeños pero abundantes, moda 3mm.
N560	17	H	650	780		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Color más homogéneo. Nódulos de sílice poco abundantes de tamaño pequeño (5mm). Vetas <2mm

Tabla 3.5 Columnas estratigráficas; Columna antiguo nivel Sector Suroriental cota 658

Columna	Punto	Muestra	Desde	Hasta	Cota	Litología	Sílice macro	Vetas/Vetillas	Fósiles Macro	Color Sílice	Color	Descripción
Sector SE1	67	A	0	135	658	Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Nódulos de sílice de tamaño medio <2cm, pero en afloramiento se observan abundantes. Las vetillas de calcita también se presentan en ocasiones como relleno de espacios circulares.
Sector SE1	67	B	135	270		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Nódulos de sílice de tamaño más grande de hasta 5 cm., en diversos tamaños, en general dispuestos en forma horizontal elongada en pequeñas partes. Vetillas de calcita pequeñas.
Sector SE1	67	C	270	295		Chert	Si	Calcita	No	Gris oscuro	Crema oscuro	La sílice es masiva, con lentes elongados en la horizontal muy largos, lo cual domina sobre la poca caliza presente, presenta pequeños nódulos también de sílice en las partes que tienen mayor densidad de calizas. 90% sílice.
Sector SE1	67	D	295	370		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Color ligeramente mas oscuro que lo anterior. Nódulos de sílices diseminados, formando en ocasiones secciones horizontales mas densas en la roca, pero a nivel de muestra principalmente caliza, vetillas casi inexistentes.
Sector SE1	67	E	370	445		Caliza	Si	Calcita	No	Rojo	Crema oscuro	Sílice muy abundante, de característico color rojo, forma tanto nódulos aislados como acumulaciones horizontales alargadas, incluso llega a formar "bandas" de sílice roja delgadas de hasta 5 cm, con caliza entre ellas, esto varía lateralmente. 30% de sílice aproximadamente.

Tabla 3.6 Columnas estratigráficas; Columna antiguo nivel Sector Suroriente cota 648

Columna	Punto	Muestra	Desde	Hasta	Cota	Litología	Sílice macro	Vetas/Vetillas	Fósiles Macro	Color Sílice	Color	Descripción
Sector SE2	68	A	0	70	648	Caliza	Si	No	No	Negro-gris	Crema oscuro	Sílice en nódulos <2cm, poco abundante (5%), se observan pequeños clastos no identificados de 2 mm.
Sector SE2	68	B	70	150		Caliza	Si	Calcita	No	Crema medio	Crema oscuro	Sílice en nódulos de moda aproximada 5mm, se observan también clastos del mismo tamaño de caliza u otros, difícil distinguir entre estos y los de sílice por dureza parecida, vetillas de hasta 3 mm.
Sector SE2	68	C	150	220		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema oscuro	Nódulos pequeños < 2 mm poco abundantes, tiene un intenso vetilleo en pequeñas vetillas <3mm. Posee nódulos de calcita recristalizada pequeños parecidos a los de sílice de un color más oscuro. Se observan algunos nódulos de mineral amatillo rojizo, pequeños y poco abundantes, dureza a alta.
Sector SE2	68	ARC1	220	240								
Sector SE2	68	D	240	340		Caliza	Si	Calcita	No	Gris-negro	Crema oscuro	Sílice abundante en nódulos de distintos tamaños, en general los más grandes grises, que pueden tener formas alargadas con calcita entre medio. Los negros son más pequeños por lo general redondeados. La calcita se encuentra muy recristalizada, con cristales visibles, las vetillas pueden llegar a ser de hasta 7 mm. Se observan clastos pequeños < 1 mm redondeados y angulosos.
Sector SE2	68	E	340	465		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema medio	Sílice en general en nódulos grandes, de color gris a crema oscuro, se marca el borde con la caliza donde están dispuestos poseen un color mucho más claro vetillas de calcita en fracturas abiertas de hasta 5 mm. Se observan nódulos de sílice más pequeños pero poco abundantes.
Sector SE2	68	F	465	590		Caliza	Si	Calcita	No	Gris-rojizo	Crema oscuro	Sílice en nódulos alargados, también con disposición concordante a la estratificación, se observan nódulos mas redondos y no achatados, pero la mayoría se presenta en habito masivo, con un color rojizo característico, entre los nódulos o lentes de sílice se observa misma caliza crema oscuro de su alrededor.
Sector SE2	68	G	590	640		Chert	Si	Calcita	No	Gris oscuro	Crema oscuro	Sílice masivo, con caliza intersticial, con pequeñas cantidades de esta, se observan en lentes alargados y discontinuos de sílice, estos no necesariamente compactos y homogéneos, pueden presentar variaciones en su tamaño y a veces so "agregados" de nódulos más pequeños que conforman los lentes, pero en su mayoría es sílice (80%), vetillas delgadas poco abundantes.
Sector SE2	68	H	640	670		Chert	Si	Calcita	No	Gris oscuro-rojo	Crema oscuro	Bandas de sílice masivo, de variaciones de color rojo y gris oscuro característicos de esta banda en la mina. Caliza entre medio sin mayor relevancia (15%). Sílice se presenta como lentes grandes y bandas de color rojo.
Sector SE2	68	I	670	790		Caliza	Si	Calcita	No	Gris oscuro	Crema medio-oscuro	Presenta vetas de calcita <2mm. Nódulos de sílice grandes >5cm, rodeados de caliza crema oscuro. La caliza crema medio se presenta mas aparte con baja cantidad de sílice.
Sector SE2	68	J	790	910		Caliza	Si	Calcita	No	Gris	Crema medio-oscuro	<presenta vetas de calcita <4mm. Nódulos de sílice de tamaño variable en general pequeños, se ven mas bien mezclados los distintos colores de caliza. Sílice <10%.
Sector SE2	68	K	910	1030		Caliza	Si	Calcita	No	Gris oscuro	Crema oscuro	<presenta vetas de calcita <1mm. Nódulos de sílice de tamaño variable <5cm. Sílice principalmente gris aunque presenta también tonos marrones.