



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

EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO BECKER, REGIÓN DEL MAULE, CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

ADOLFO IGNACIO ZUÑIGA BILBAO

PROFESOR GUIA:
DANIEL MONCADA DE LA ROSA

MIEMBROS DE LA COMISION:

GREGORY DE PASCALE
SOFIA REBOLLEDO LEMUS

SANTIAGO DE CHILE

2019

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE:** Geólogo
POR: Adolfo Ignacio Zúñiga Bilbao
FECHA: 06/08/2019
PROFESOR GUÍA: Daniel Moncada

EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO BECKER, REGIÓN DEL MAULE, CHILE

Este estudio tiene por objetivo realizar una exploración geológica para determinar la continuidad y dirección preferencial de las vetas en el proyecto Becker ubicado localidad de Abarca a 45 Km del nororiente de la ciudad de Talca, en la Región del Maule y comprende un área total de 5 km². Los datos se obtuvieron mediante una campaña en terreno dividida en tres diferentes etapas para facilitar la obtención de estos y el alcance del estudio. Estas etapas consistían en realizar un estudio detallado en 4 diferentes zonas del camino, un estudio en la superficie recopilando la aparición de clastos de cuarzo para determinar alguna posible orientación preferencial de las vetas, y un estudio de los esteros del sector en busca de evidencias estructurales.

Luego de ser procesados y analizados los datos, se identificaron diferentes alteraciones espaciadas generando halos con orientación norte-sur y una distribución externa a interna de alteración propilítica general en todo el sector, alteración argílica, silicificación y finalizando con una veta en el centro. La tendencia de los clastos de cuarzo y los afloramientos de vetas presentaban una dirección similar a las alteraciones. Con las evidencias de fracturamiento y brechización se plantea un lineamiento con rumbo norte-sur. Junto a estos datos se propone una dirección preferencial norte-sur de las vetas mineralizadas del proyecto.

Se concluye que el proyecto Becker corresponde a un yacimiento epitermal de intermedia a baja sulfuración con vetas de cuarzo mineralizadas en oro y plata con orientación N°15E y subvertical cruzando el proyecto, con lo cual se sugiere realizar más exploraciones en la superficie y trincheras perpendicular al rumbo de las vetas mineralizadas.

Dedicada a mi familia

especialmente a mi madre

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron a lo largo de este proyecto y mi transcurso por la universidad: A mi familia, que me apoyo incondicionalmente durante todo este tiempo en mis estudios.

A mi profesor guía Daniel Moncada el cual siempre me apoyo, me dio la oportunidad y me tuvo paciencia en la realización de este proyecto pese a las dificultades. Junto con Agustín y Martin que me acompañaron en terreno. A la Javi, Perseo y Apolo que me ayudaron en la elaboración y me animaron. A la minera Carlin Chile, que me ofreció la posibilidad de realizar este proyecto, en especial a Michael, Patrick y Rick que me otorgaron su conocimiento y me acogieron de la mejor manera durante mi estadía.

A mis amigos de geología los cuales me alegraban los días y tuvimos grandes aventuras en terreno y dificultades, pero siempre nos ayudábamos. A mis dos grandes equipos Niupi y Roca Junior con los cuales vivimos grandes alegrías y conocí a mis grandes amigos en la universidad.

A Todos, Muchas gracias.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Presentación del problema	1
1.2. Ubicación y Acceso.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Metodología	4
1.4.1. Toma de datos en terreno	4
1.4.2. Análisis de datos	4
2. Antecedentes.....	5
2.1. Marco Geomorfológico	6
2.2. Marco Geológico Regional.....	8
2.2. Geología estructural	10
2.3. Clima y vegetación	12
3. Resultados	13
3.1. Estudio del camino.....	13
3.1.1. Zona 1	15
3.1.2. Zona 2	19
3.1.3. Zona 3	23
3.1.4. Zona 4	30
3.2. Estudio de la superficie en el proyecto	32
3.3. Estudios en los esteros.....	37
3.4. Litología del Proyecto.....	39
3.4.1. Andesita	39
3.4.2. Diorita	40

3.5. Geología estructural del Proyecto	42
3.5.1. Fallas	42
3.5.2. Vetas y vetillas	47
3.6. Alteración del Proyecto.....	49
3.6.1. Alteración Propilítica	49
3.6.2. Silicificación	50
3.6.3. Alteración Argílica.....	51
4. Discusiones.....	54
4.1. Estudios del camino y de la superficie.....	54
4.2. Fallas	56
4.3. Alteraciones	57
4.4. Dirección de las vetas	58
4.5. Tipo de yacimiento.....	60
5. Conclusiones y sugerencias	61
6. Bibliografía	63
7. Anexos.....	66

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación y accesos del proyecto Becker, extraído del informe técnico de Santana (2018).	2
Figura 2: Principales morfoestructuras de la segmentación andina entre los 33°S y 36°S, extraída de Tapia (2010).	6
Figura 3: Mapa Geológico de Chile, escala 1:1.000.000, Sernageomin (2003).	9
Figura 4: Franja metalogénica de yacimientos de vetas polimetálicas epitermales y mesozonales del Cretácico Superior	11
Figura 5: Caminos estudiados del proyecto Becker en naranjo	14
Figura 6: Afloramiento de andesita en la zona 1	15
Figura 7: Afloramiento de andesita en zona 1, resaltadas las fracturas	16
Figura 8: Diagrama de rosetas de la zona 1	18
Figura 9: Gráfico de polos en la zona 1	18
Figura 10: Veta de cuarzo de la zona 2 lado Este	20
Figura 11: Zona 2, lado oeste sin editar	21
Figura 12: Zona 2, lado Oeste	21
Figura 13: Zona 2, lado este sin editar	22
Figura 14: Zona 2, lado Este	22
Figura 15: Zona 3, parte a sin editar	24
Figura 16: Zona 3, parte a	24
Figura 17 : Zona 3, parte b sin editar	26
Figura 18: Zona 3, parte b	26
Figura 19: Zona 3, sin editar, parte c	28
Figura 20: Zona 3, parte c	28
Figura 21: Zona 3, parte d sin editar	29
Figura 22: Zona 3, parte d	29
Figura 23: Zona 4, sin editar	31
Figura 24: Zona 4	31
Figura 25: Clastos de cuarzo en Becker	32
Figura 26: Datos del estudio en la superficie en la parte central Becker	33

Figura 27: Datos del estudio en la superficie en el proyecto Becker.....	34
Figura 28: Cuarzo bandeado observado en el terreno.....	35
Figura 29: Datos del estudio en la superficie, resaltados los clastos de cuarzo de gran tamaño.....	36
Figura 30: Afloramiento de andesita brechizada en el estero.....	37
Figura 31: Mapa de los datos totales de la exploración.....	38
Figura 32: Andesita en el proyecto Becker.....	39
Figura 33: Diorita en el proyecto Becker.....	40
Figura 34: Mapa de litología del proyecto Becker.....	41
Figura 35: Andesita con múltiples fracturas.....	42
Figura 36: Brechas en la zona de contacto.....	43
Figura 37: Desplazamientos de vetas.....	43
Figura 38: Puntos con evidencia de falla tomados en Becker.....	45
Figura 39: Propuesta de lineamientos en Becker.....	46
Figura 40: Vetillas de cuarzo en andesita.....	47
Figura 41: Mapa de vetas y vetillas.....	48
Figura 42: Muestra con silicificación.....	50
Figura 43. Afloramiento de andesita con alteración argílica.....	51
Figura 44: Mapa de alteraciones de Becker.....	53
Figura 45: Explicación del nivel de cuarzo.....	54
Figura 46: Esquema de la relación entre zona 2 y zona 3.....	55
Figura 47: Mapa de vetas propuestas en el proyecto Becker.....	59
Figura 48: Modelo de zonaciones típico de las alteraciones en un depósito epitermal de baja e intermedia sulfuración, extraído de Buchanan (1981).	60

Índice de tablas

Tabla 1: Datos estructurales zona	17
Tabla 2: Set datos estructurales zona 1	66
Tabla 3: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 1 al 8.	67
Tabla 4: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 9 al 15.	68
Tabla 5: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 16 al 25.	69
Tabla 6: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 26 al 30.	70
Tabla 7: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 31 al 39.	71
Tabla 8: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 40 al 46.	72
Tabla 9: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 47 al 55.	73
Tabla 10: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 56 al 65.	74
Tabla 11: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 66 al 74.	75
Tabla 12: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 75 al 83.	76
Tabla 13: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 84 al 95.	77
Tabla 14: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 96 al 107.	78

1. Introducción

1.1. Presentación del problema

El proyecto Becker, perteneciente a la Minera Carlín, corresponde a un área que se extiende aproximadamente 5 km², en donde se presentan múltiples vetas de cuarzo enriquecidas de oro y plata.

En esta área se han realizado estudios para determinar la continuidad y dirección preferencial de las vetas en profundidad realizando sondajes cercanos a estas.

Es por esto por lo que la obtención de datos relacionados puntualmente a la dirección y continuidad de la veta se ve complejizado por la meteorización superficial del suelo y la vegetación propia del sector presente en toda el área de estudio.

Este problema ha causado en la minera Carlin el desconocimiento del potencial geológico del proyecto y a su vez el retraso para la explotación del sector.

1.2. Ubicación y Acceso

El proyecto Becker se encuentra ubicado en la Comuna de Péncahue, Región del Maule, situado en la localidad de Abarca a 45 Km del nororiente de la ciudad de Talca. Este comprende un área total de 5 km².

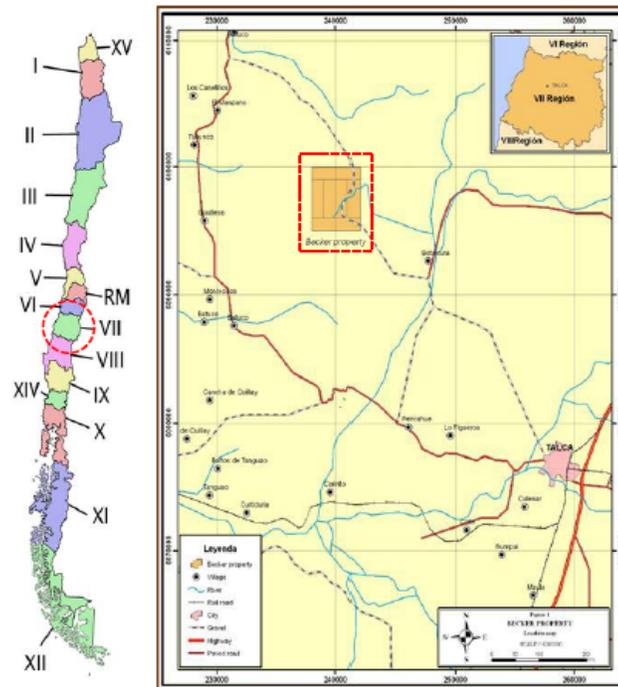


Figura 1: Mapa de ubicación y accesos del proyecto Becker, extraído del informe técnico de Santana (2018).

Para acceder desde la ciudad de Talca a la zona del proyecto se debe tomar la Ruta Cuatro Norte por 2,8 km para acceder a la ruta K-60-J, luego en la ruta K-60-J cruzar Río claro y avanzar recto por 13,2 km en dirección a la comuna de Péncahue. Continuar recto, tomando la ruta K-260 en Péncahue en dirección a la localidad de Botalcura por 13,2 km.

Llegando a Botalcura, girar a la izquierda siguiendo en la misma ruta K-260, por 11,5 Km más, el destino se encontrará al oeste de la quebrada de Los Guindos, como se puede apreciar en la figura 1.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la continuidad y dirección preferencial de las vetas en profundidad, específicamente en el proyecto Becker.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la distribución de las alteraciones y estructuras presentes en el proyecto.
- Realizar un mapa geológico de la zona de estudio en términos de litología, alteración y estructuras.
- Proponer un modelo geológico con la distribución de las vetas para la zona de estudio.

1.4. Metodología

Para llevar a cabo el estudio, se realizará una exploración geológica del sector en donde se buscará evidencias geológicas y estructurales para determinar la dirección de las vetas mineralizada y proponer un modelo geológico del proyecto.

La investigación es de carácter cualitativa, los datos serán obtenidos de manera documental, y exploratoria con la finalidad de ser aplicada en el estudio para el proyecto Becker.

1.4.1. Toma de datos en terreno

La obtención de datos en terreno requirió de 3 diferentes etapas. La primera etapa fue realizar un estudio descriptivo en terreno de los cortes de caminos existentes insertos dentro del sector. En la segunda etapa se llevó a cabo un estudio de la superficie en el proyecto para determinar la presencia y cantidad de clastos de cuarzo, con esto detectar la posible orientación de las vetas en el área proyecto. En la tercera etapa se realizó un mapeo en los esteros existentes dentro del área del proyecto junto al geólogo estructural Rick Horne, en busca de más evidencias estructurales y litológicas del proyecto.

1.4.2. Análisis de datos

El análisis de datos de terreno se realizó ocupando Argis junto con Excel en donde se incorporaron los datos tomados en terreno y se procesaron para obtener las alteraciones y estructuras presentes en el proyecto, así también la creación de mapas. También se ocupó el programa Dips para realizar estudios estructurales en algunas zonas.

2. Antecedentes

El proyecto Becker se localiza en la Cordillera de la Costa, a 210 km al sur de Santiago a 40 km al noroeste de Talca en la Región del Maule.

Su descubrimiento fue en 1995 por Arauco Resources Corporation y su exploración hasta la fecha ha sido escasa. La información del sector es carente por lo cual la mayor parte de la información es de carácter regional.

Las exploraciones previas confirman la presencia de vetas de cuarzo mineralizadas de oro y plata en el proyecto formando un yacimiento polimetálico con valores promedio de 6g/t Au. Y con producciones anuales de 100.000 oz Au por año desde el 2007 (Santana, 2018).

Se han realizado trincheras en el sector para verificar la continuidad de las vetas sin resultados positivos.

2.1. Marco Geomorfológico

La región de Chile Central se divide en cinco unidades morfoestructurales continentales: Plataforma Costera, Cordillera de la Costa, Depresión Central y Cordillera Principal (Melnick, 2007) como se puede observar en la siguiente figura, resaltando en un círculo rojo la zona de estudio.

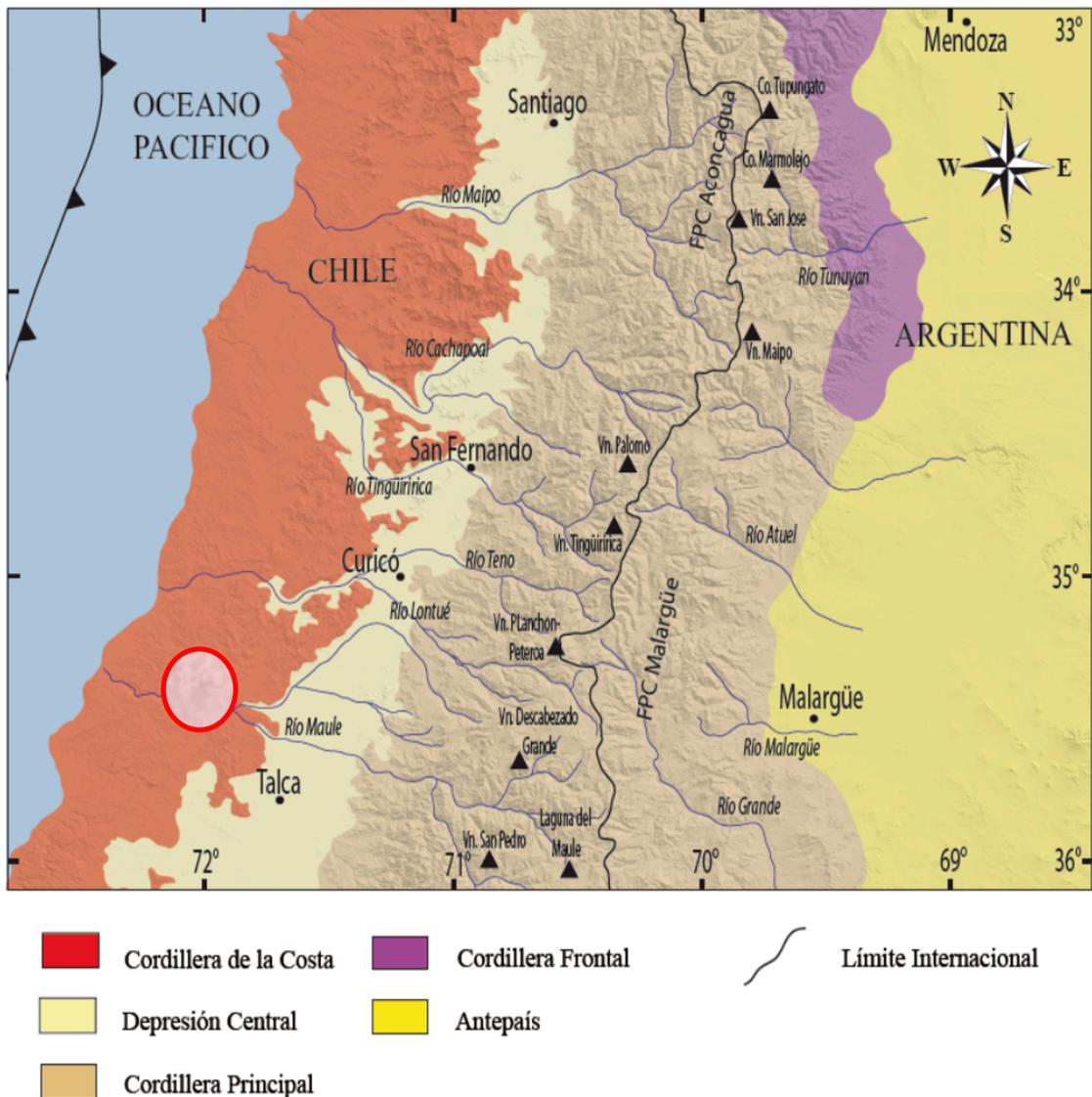


Figura 2: Principales morfoestructuras de la segmentación andina entre los 33°S y 36°S, extraída de Tapia (2010).

La plataforma costera consiste en secuencias sedimentarias marinas y continentales Cenozoicas exhumadas (Melnick, 2007; Sernageomin, 2003).

La Cordillera de la Costa presenta alturas que no sobrepasan los 2.000 m.s.n.m. m y entre los ríos Tinguiririca y Bio-Bio tiene alturas máximas que oscilan entre 500-700 m s.n.m. Está conformada por granitoides y basamento metamórfico del Paleozoico Superior en su flanco occidental y por secuencias volcánicas y sedimentarias Mesozoicas en la parte más oriental.

La Depresión Central se extiende desde los 33°S hasta los 40°S, corresponde a una cuenca llena de depósitos aluviales pleistocénicos a holocénicos con algunos niveles de depósitos piroclásticos. Se caracteriza por presentar una topografía extremadamente suave (entre 450 y 750 m s.n.m.) que es producto del relleno cuaternario, el cual en algunos lugares puede llegar a los 500 m de espesor (Araneda, 2000).

La Cordillera Principal se encuentra formada por rocas cenozoicas de las formaciones Abanico y Farellones, y por rocas mesozoicas fuertemente deformadas. Las primeras afloran tanto en la franja occidental como en la oriental de la Cordillera Principal, mientras que las otras se encuentran en vertiente oriental de la misma, dispuestas en una dirección preferente N-S a NNE-SSW (Thiele, 1980; Charrier et al., 2002; Fock et al., 2006; Farías et al., 2008).

2.2. Marco Geológico Regional

El marco geológico del área de estudio, dada su escasa, se basa en el Mapa Geológico de Chile a escala 1:1.000.000 Sernageomin (2003), en donde se definen las formaciones presentes a continuación y se observan en la figura 3.

Rocas volcánicas Jurásicas (J3i):  Unidad representada de color celeste constituida de secuencias volcánicas continentales y marinas: lavas y aglomerados basálticos a andesíticos, tobas riolíticas, con intercalaciones de areniscas, calizas marinas y conglomerados continentales formadas en el periodo Jurásico (Sernageomin, 2003).

Rocas intrusivas Jurásicas (Jig):  Unidad representada de color rojo constituida de dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita formadas en el periodo Jurásico Inferior (202-178 Ma) (Sernageomin, 2003).

Mapa Geológico de Chile escala 1:1.000.000, Sernageomin

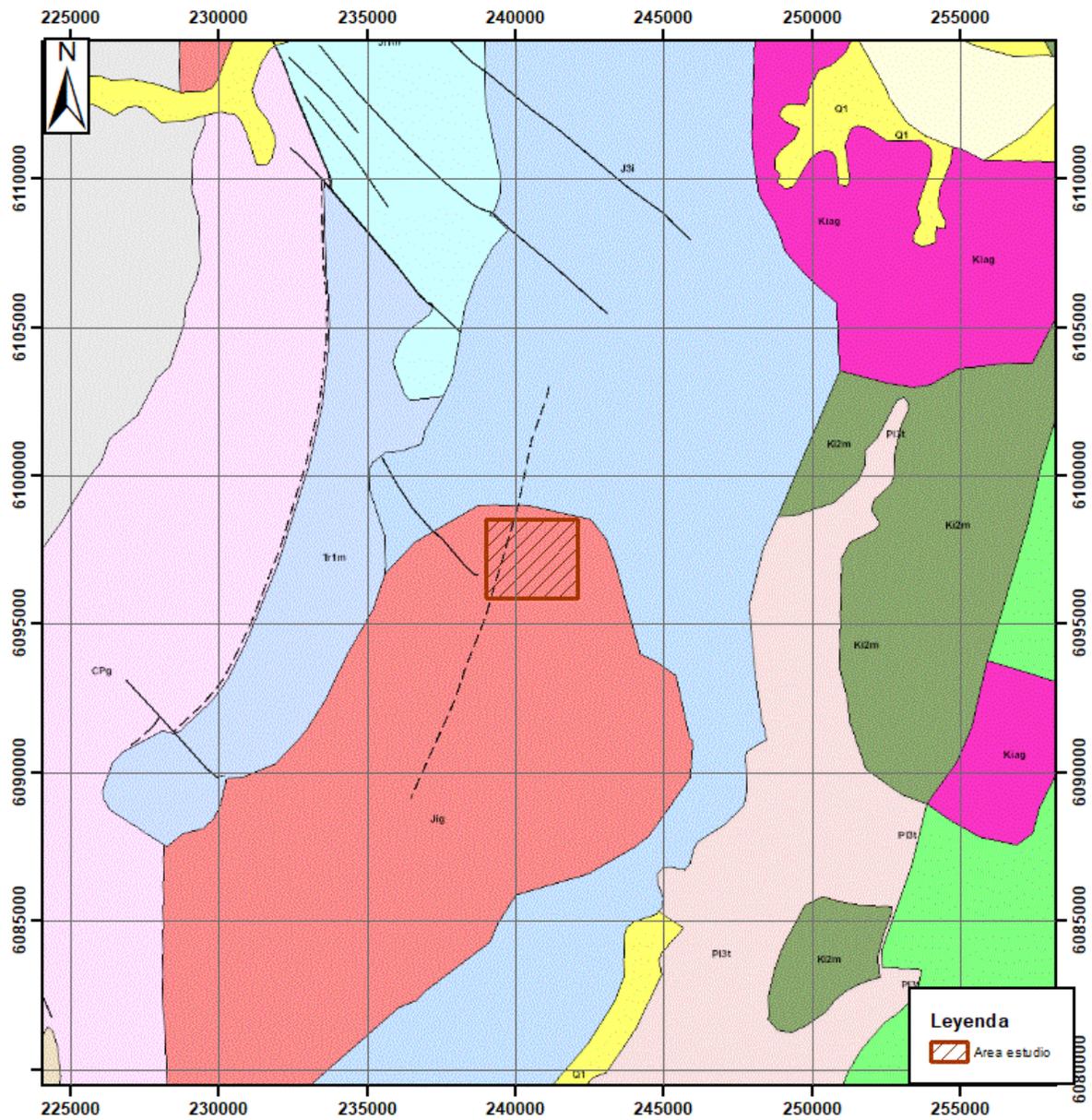


Figura 3: Mapa Geológico de Chile, escala 1:1.000.000, Sernageomin (2003).

2.2. Geología estructural

Las estructuras geológicas presentes en la zona de estudio muestran una distribución acotada, con orientaciones preferenciales NS a NE en la Cordillera Principal y NNE a NW en la Cordillera de la Costa. Además, destaca la presencia de lineamientos que delimitan los márgenes oriental y occidental de la Depresión Intermedia (Alfaro 2011).

Las características estructurales regionales controlan fuertemente los yacimientos en este sector. Según Gopper (2011), los yacimientos polimetálicos están controlados por estructuras subverticales y rocas asociadas a conductos y calderas de complejos volcánicos del Cretácico Superior. La roca caja es variable, predominantemente del Cretácico Inferior, aunque con ejemplos que van del Jurásico hasta la parte baja del Cretácico Superior.

Al sur del Megakink del Maipo, los intrusivos cretácicos giran a un lineamiento NNE – SSW, en reglas generales paralelo a la disposición de las formaciones estratigráficas. De esta forma, al sur del río Maipo se puede intuir estructuras que siguen este lineamiento (Sernageomin, 2003), citado en Gropper (2011), como se ve en la figura 4.

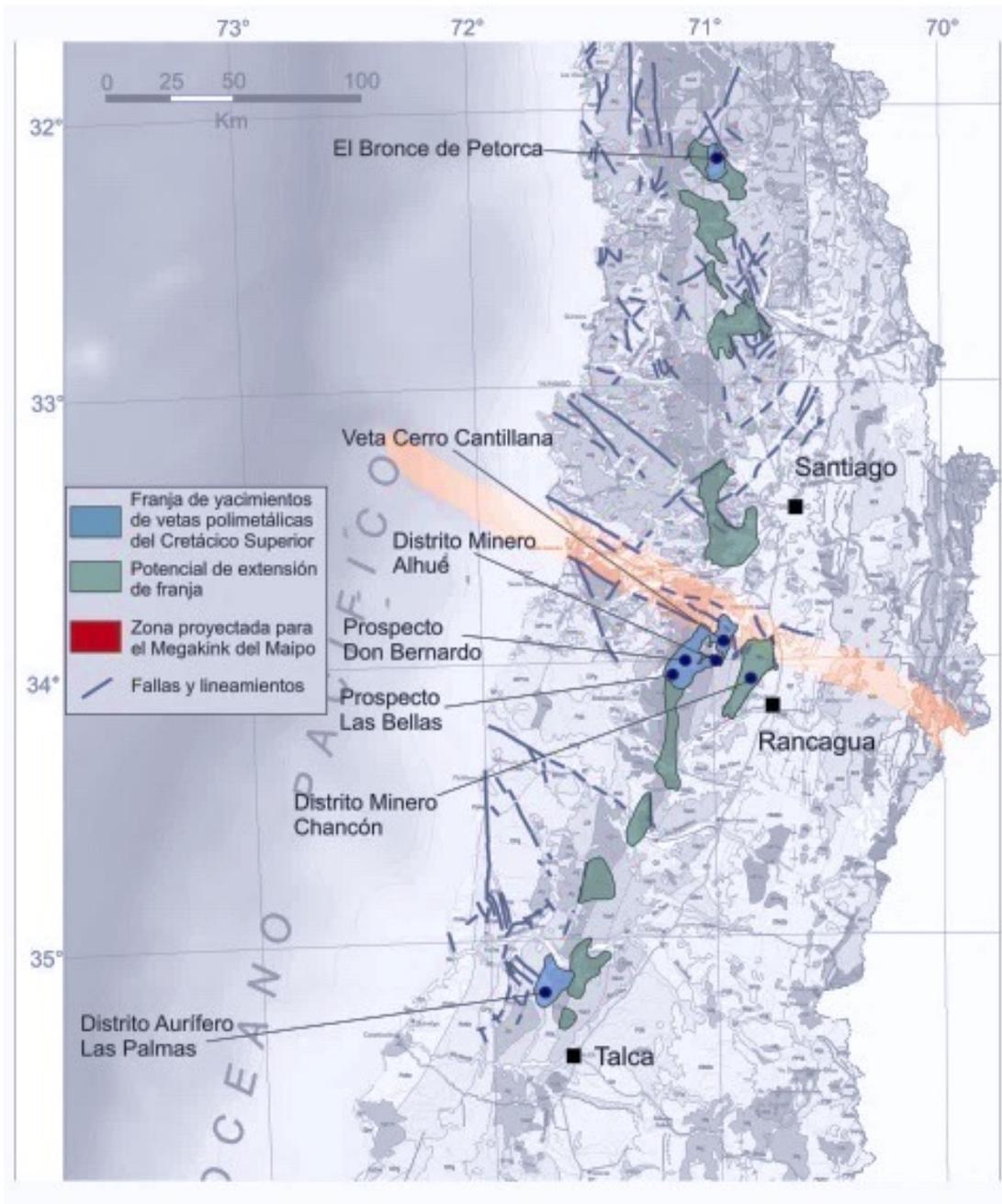


Figura 4: Franja metalogénica de yacimientos de vetas polimetálicas epitermales y mesozonales del Cretácico Superior, Gopper (2011).

2.3. Clima y vegetación

El clima presente en el área donde se ubica el proyecto Becker es mediterráneo continental y se caracteriza por ser templado con las estaciones del año marcadas, inviernos fríos y húmedos, y veranos cálidos y secos presentando una duración de 5 meses. Las temperaturas son bastante extremas, con diferencias importantes entre el día y la noche, con una temperatura media anual de 13°C. Los inviernos son fríos con frecuentes lluvias y nieblas, también son frecuentes las heladas desde mediados de otoño hasta principios de primavera, llegando por debajo de los 0 °C en la mayoría de los inviernos. Los veranos son, por lo general calurosos y secos, con máximas que frecuentemente sobrepasan los 30 °C, pero con mínimas frescas, superando ligeramente los 10 °C. El total de las precipitaciones entre mayo y agosto alcanza al 70% a 75% del total anual, lo que indica que en estas latitudes las precipitaciones que no son invernales alcanzan ya cierta importancia.

El proyecto Becker se encuentra ubicado en la Forestal Arauco, lo que significa que la mayor parte del terreno se encuentra cubierta con plantaciones forestales de pinos. En los ríos donde no hay plantaciones, la vegetación es densa con abundantes árboles nativos.

3. Resultados

El estudio realizado en la salida a terreno en el proyecto Becker se divide en tres diferentes etapas para así facilitar la obtención de datos y el alcance del estudio. En dichas etapas se obtuvieron los resultados descritos a continuación.

3.1. Estudio del camino

El sector se caracteriza por una gran cobertura de suelo producto de la meteorización superficial y vegetación del sector, por lo que dificulta la obtención de datos y limita los lugares donde se podría obtener información. La primera etapa fue realizar un estudio descriptivo en terreno en diferentes zonas de los caminos existentes insertos dentro del sector. Las zonas anteriormente mencionadas se observan en la figura 5 resaltadas en naranja y son descritas en detalle a continuación.

Caminos estudiados en Becker

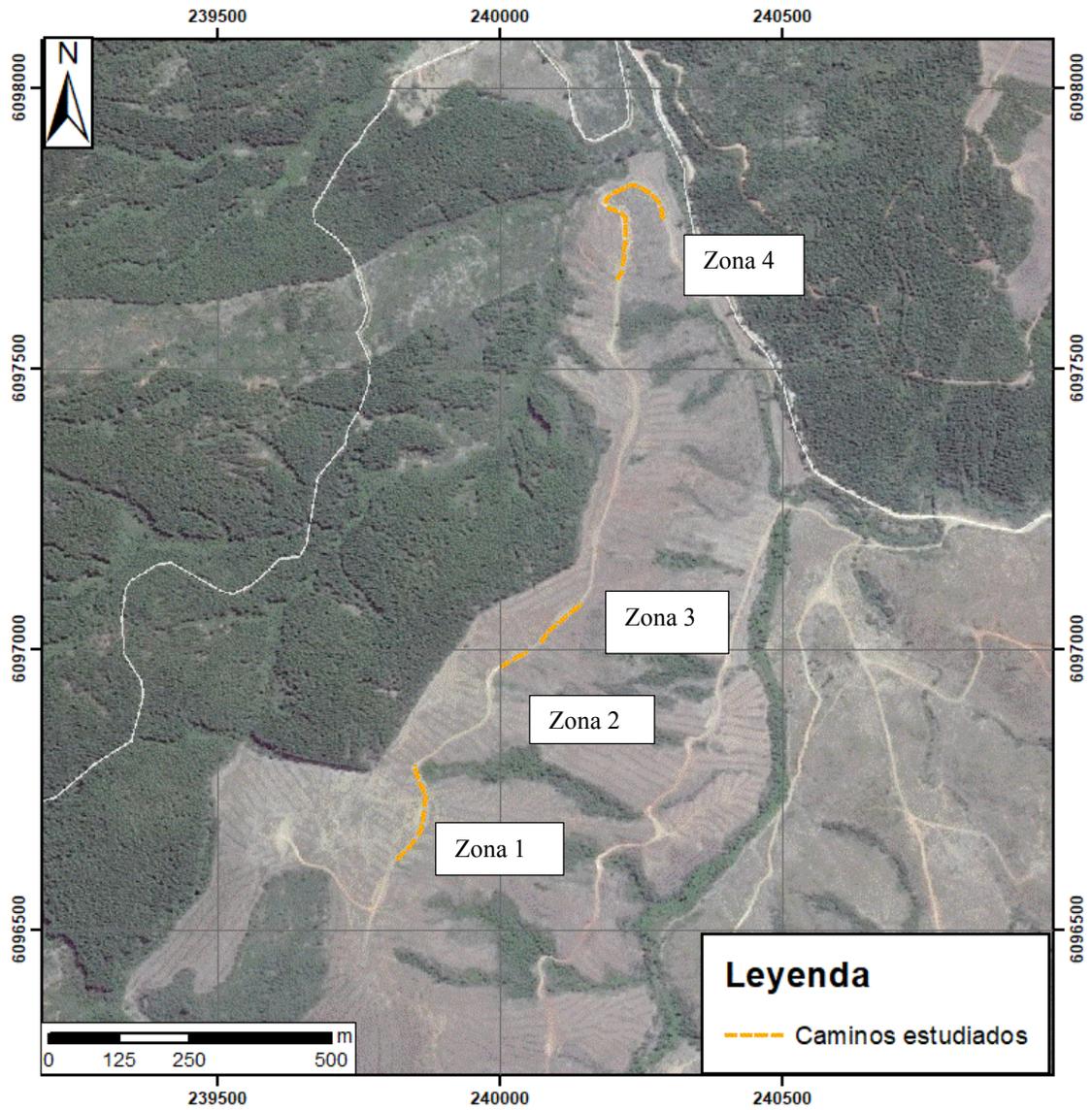


Figura 5: Caminos estudiados del proyecto Becker en naranja

3.1.1. Zona 1

Esta zona está ubicada en la parte sur del proyecto Becker. Se observa un afloramiento de andesita brechizada y alterada a arcillas principalmente, limonitas y clorita dándole un tono a la roca más anaranjado, con múltiples fracturas sinuosas en todo el afloramiento como se ve en la figura 6 y en la figura 7 se encuentran resaltadas en rojo.

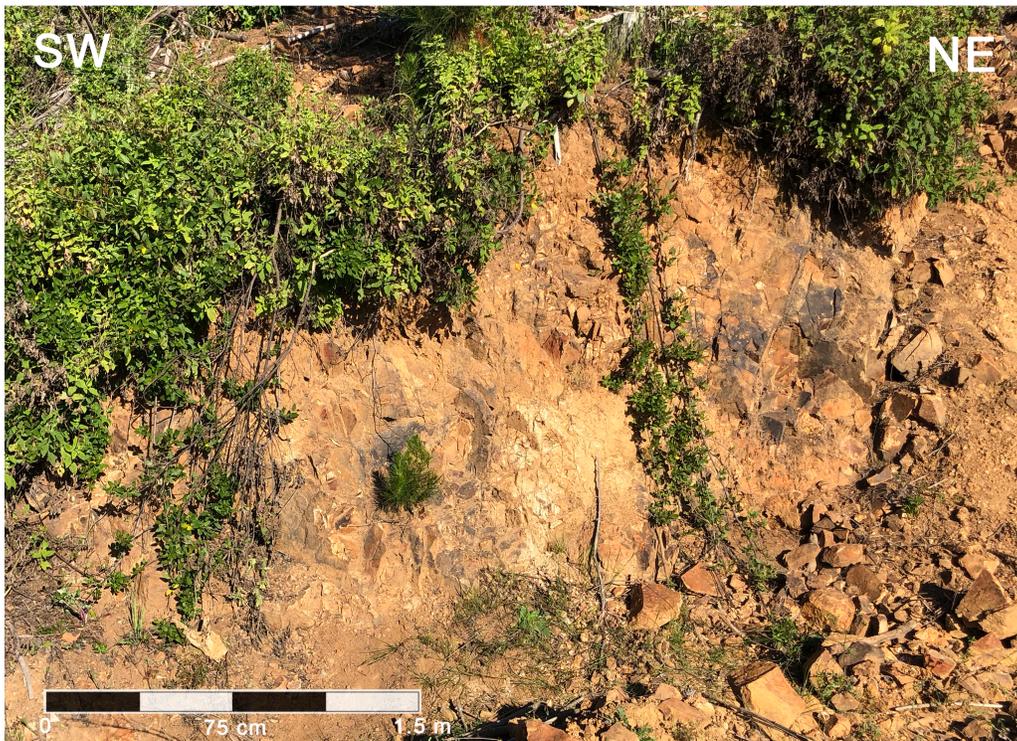


Figura 6: Afloramiento de andesita en la zona 1

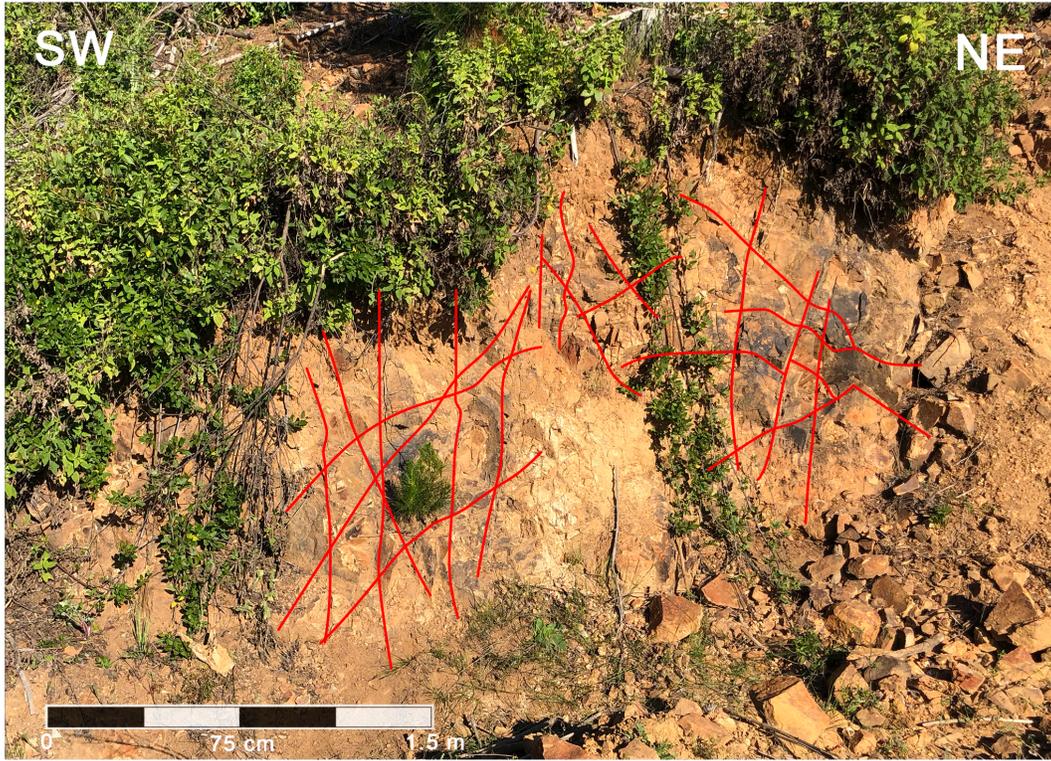


Figura 7: Afloramiento de andesita en zona 1, resaltadas las fracturas

Además, en esta descripción litológica se obtuvieron datos estructurales en el afloramiento como se describe a continuación.

Azimut	Manteo
218	85
223	90
215	90
220	82
305	75
315	74
155	60
155	55
155	66
163	45
215	65
196	65
15	65
10	45

Tabla 1: Datos estructurales zona

Estos datos generan el siguiente diagrama de roseta, en el cual se aprecia una leve tendencia NNE - SSW los que corresponderían a los dos sets medidos en el programa Dips con promedio de azimut/manteo de $219^{\circ}/87^{\circ}$ y $157^{\circ}/57^{\circ}$. Sin embargo, no se logra apreciar una tendencia clara en los datos, tratándose de algo caótico y la observación de fracturas sinuosas concuerda que se trata de una distribución caótica de la misma.

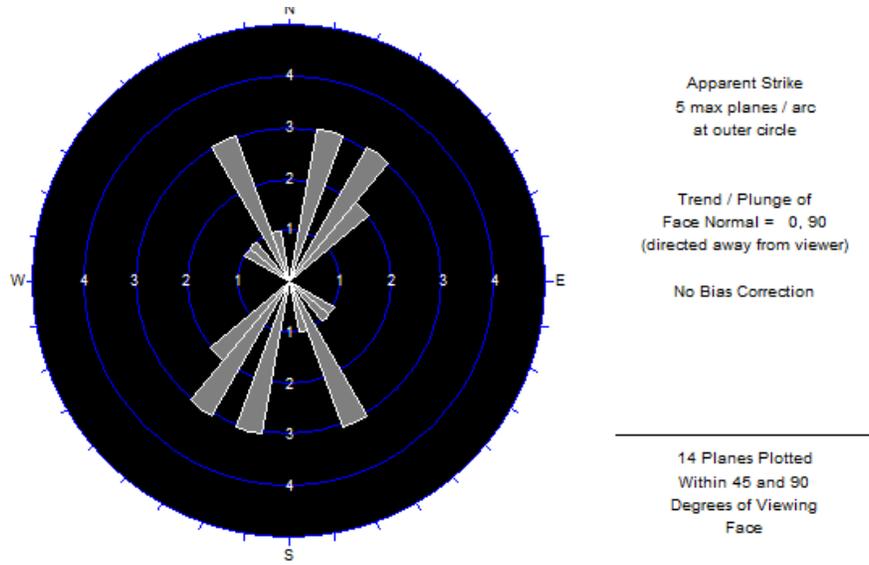


Figura 8: Diagrama de rosetas de la zona 1

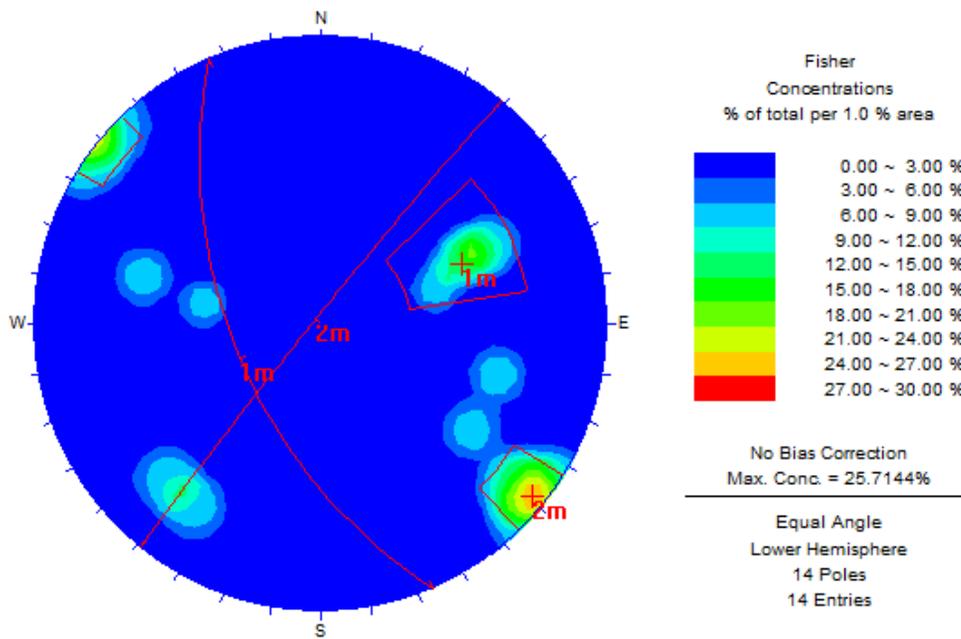


Figura 9: Gráfico de polos en la zona 1

3.1.2. Zona 2

Esta zona está ubicada en el área central del proyecto Becker. En el sector hay una litología variada; en el techo se puede observar suelo marrón, producto de la meteorización superficial y vegetación del sector, presentando clastos de cuarzo (1%) de 8 a 10 cm y erráticos clastos de andesita en forma aleatoria (0.2%) de 2 a 5 cm de espesor. Continuando hacia la base se aprecia un nivel de 20 cm de espesor con alto porcentaje de clastos de cuarzo (70%) con tamaños variables de 3 a 12 cm, angulosos, en donde sus largos máximos son paralelos a la superficie de contacto. En la base se observa un suelo arcilloso rojizo compuesto de andesita meteorizada a arcillas con limonita en box de pirita. Intruyendo en este nivel se observan dos vetas de cuarzo masivo, la veta del lado oeste presenta un espesor de 60 cm, con bordes de contacto irregulares y una orientación de N15°E/90°. La veta del lado este presenta un espesor de 1 m, bordes de contacto definidos y una orientación de N10°E/90°. Las dos vetas son paralelas, al lado este al final de la figura se observa un bloque de cuarzo masivo perteneciente a una veta, pero sin continuidad vertical, esto se puede explicar debido a movimientos superficiales del terreno.



Figura 10: Veta de cuarzo de la zona 2 lado Este

Las figuras 11 y 13, se observa una fotografía de la zona 2 distribuidas en secuencia de oeste a este. En las figuras 12 y 14, que son las fotografías editadas de la figura 11 y 13 respectivamente, se observan el suelo resaltado de color marrón, los niveles de cuarzo en color verde, en rojo las vetas y en amarillo el bloque de cuarzo. Lo que no esta resaltado corresponde a andesita meteorizada



Figura 11: Zona 2, lado oeste sin editar

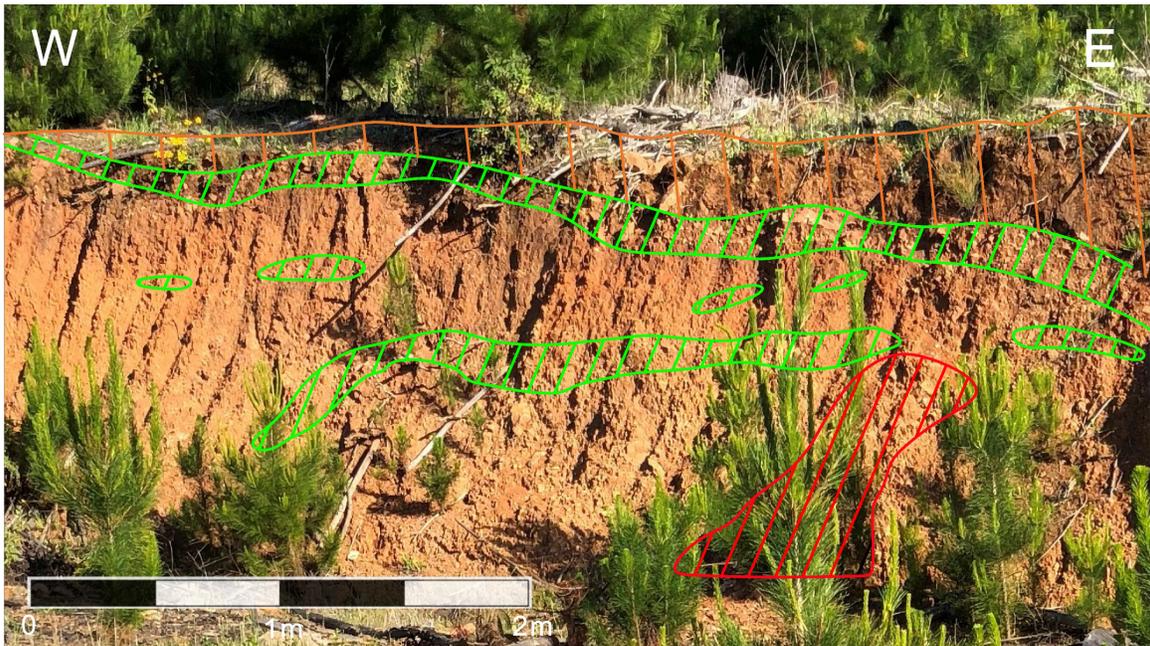


Figura 12: Zona 2, lado Oeste



Figura 13: Zona 2, lado este sin editar

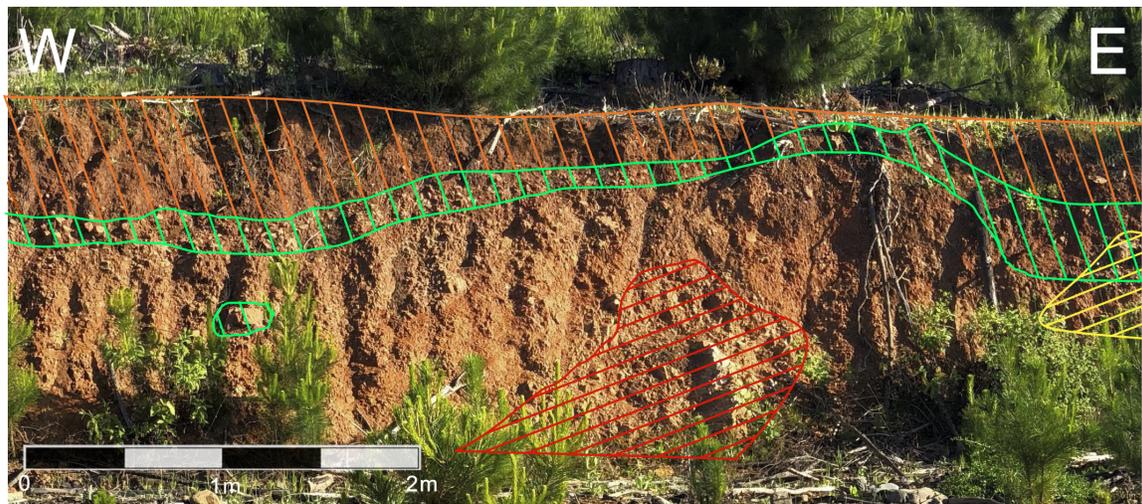


Figura 14: Zona 2, lado Este

3.1.3. Zona 3

Ubicada en la zona central del proyecto Becker, al E de la zona anterior. Estas dos zonas se diferenciaron ya que entre medio de ambas no existe afloramientos y no se les puede dar una continuidad lateral.

En este sitio la litología es similar a la observada en la zona 2.

Al ser una zona más extensa se dividió en cuatro partes nombradas de oeste a este a, b, c y d. El lado oeste de la zona, parte a, se observa suelo rojizo en toda la extensión de la pared con clastos de cuarzo (2%) con tamaños variables de 2 a 15 cm, angulosos, dispuestos de forma caótica.

Las fotos se encuentran orientadas de oeste a este, en la figura 16 se observa el suelo resaltado en marrón y en la base se observa una remoción superficial.



Figura 15: Zona 3, parte a sin editar



Figura 16: Zona 3, parte a

En el centro de la zona, parte b, en el techo se observa un suelo marrón de 30 a 40 cm de espesor al igual que la zona anterior, presentando clastos de cuarzo (1%) de 7 a 10 cm. Se aprecia nuevamente en la base del suelo, un nivel de 30 cm de espesor con alto porcentaje de clastos de cuarzo (70%) con tamaños variables de 3 a 10 cm, angulosos, en donde sus largos máximos son paralelos a la superficie de contacto, además se observaban erráticos clastos de andesita (0.5%) de 1 cm de espesor.

En la base se observa un suelo arcilloso rojizo compuesto de andesita meteorizada a arcillas con limonita en box de pirita. Intruyendo a este nivel se observa un bloque de cuarzo masivo de 1 m de espesor, con apariencia similar a una veta, pero presentando múltiples fracturas y contactos no definidos. Este bloque de cuarzo masivo se le han realizado análisis químicos para determinar su concentración mineralógica, el cual presento valores promedio de oro y plata cercanos a 15 g/t. En esta zona se han realizado trincheras para mayor estudio de este bloque de cuarzo, pero este no presenta continuidad en profundidad.

La figura 17 es una fotografía del sector sin editar, en la figura 18 se resalta del suelo de color marrón, el nivel de cuarzo en color verde y en amarillo el bloque de cuarzo. Lo que no esta resaltado corresponde a andesita meteorizada.



Figura 17 : Zona 3, parte b sin editar



Figura 18: Zona 3, parte b

Continuando hacia el E, en la parte c y d, se observan bloques de cuarzos inmersos en una matriz de andesita meteorizada a arcillas. Estos bloques de presentan de diferentes tamaños de 15 cm a 1 m de largo con formas irregulares, sin presentar ninguna orientación preferencial ni relación entre ellas.

En el techo se observa un suelo marrón de 40 cm de espesor al igual que la zona anterior, presentando clastos de cuarzo (2%) de 4 a 9 cm. En las figuras 20 y 22 se ve resaltado en marrón el suelo y de amarillo los bloques de cuarzo, lo que no se encuentra resaltado corresponde a andesita meteorizada.



Figura 19: Zona 3, sin editar, parte c

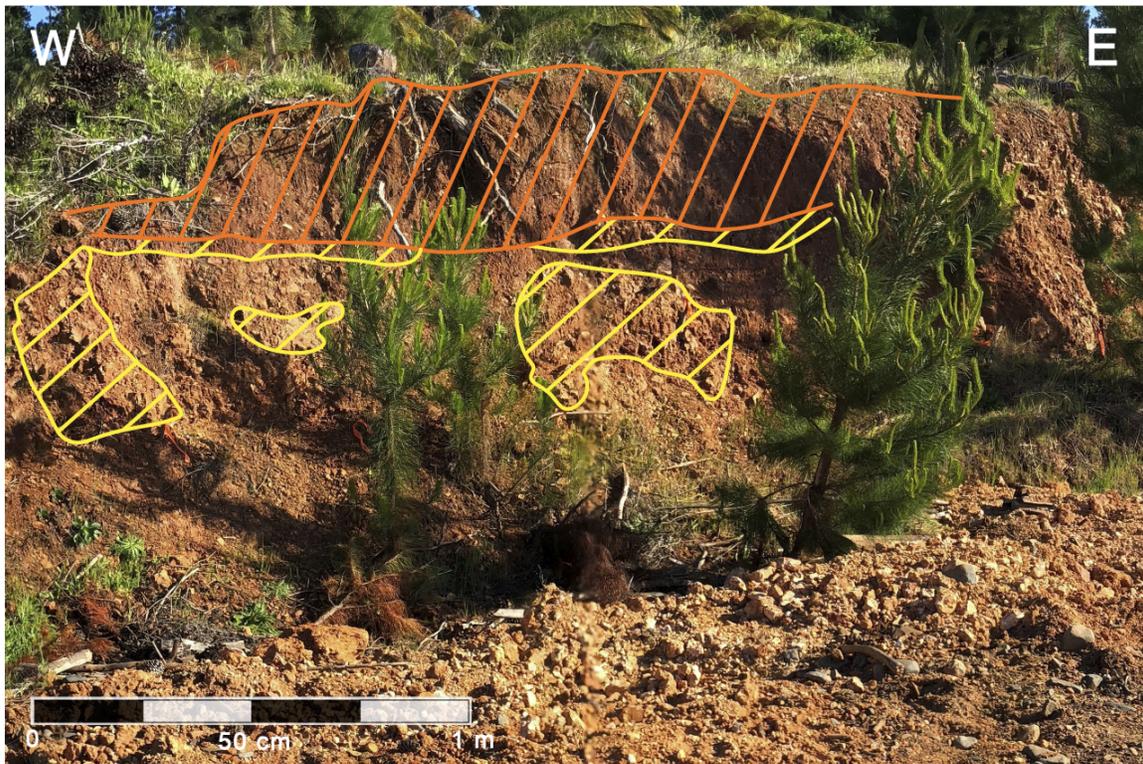


Figura 20: Zona 3, parte c



Figura 21: Zona 3, parte d sin editar



Figura 22: Zona 3, parte d

3.1.4. Zona 4

Zona ubicada en la parte norte del proyecto Becker, en ella se observa principalmente andesita brechizada y alterada a arcillas con limonita, con numerosas fracturas sinuosas y presentadas de forma caótica, siendo muy similar a la litología observada en la Zona 1.

En la parte central de esta zona, se observó un afloramiento con andesita silicificada y adyacente a unos 2 m de esta, una veta de cuarzo masivo de 1 m de ancho, pero sin continuidad vertical, intruyendo a la andesita alterada a arcillas. Se observan lineamientos de clastos de cuarzo en la parte superior, pero con contactos no definidos y formas irregulares.

En la figura 24 se puede observar de color marrón el suelo, de amarillo bloques de cuarzo, de rojo una veta y en blanco andesita silicificada.

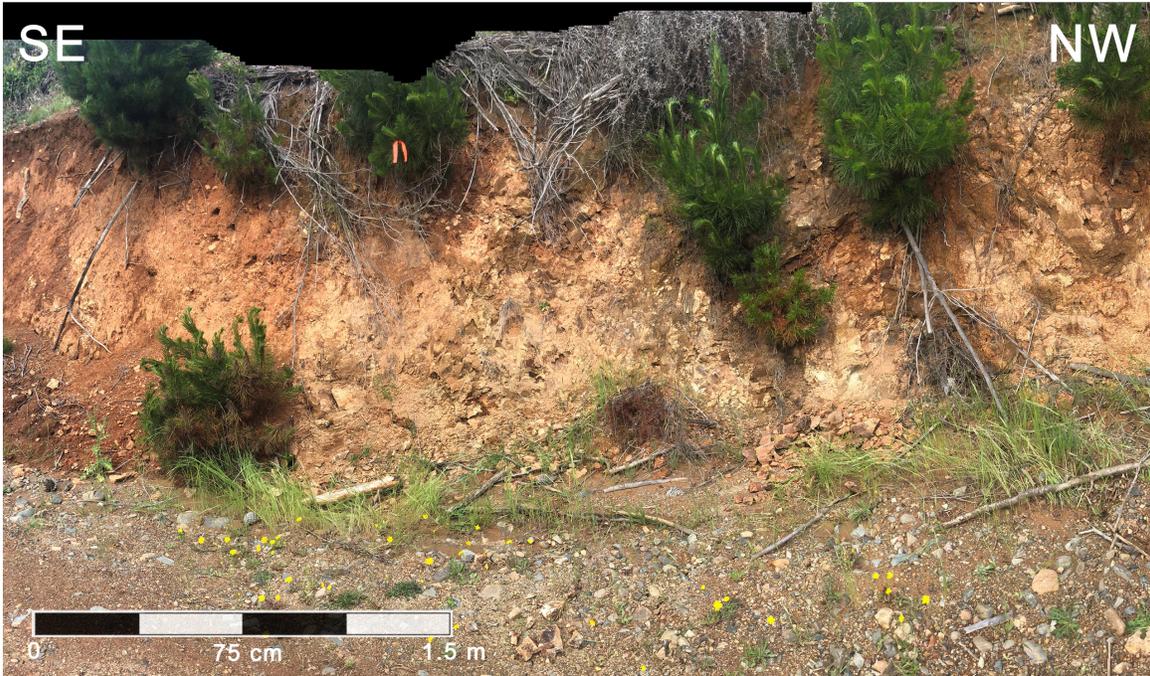


Figura 23: Zona 4, sin editar

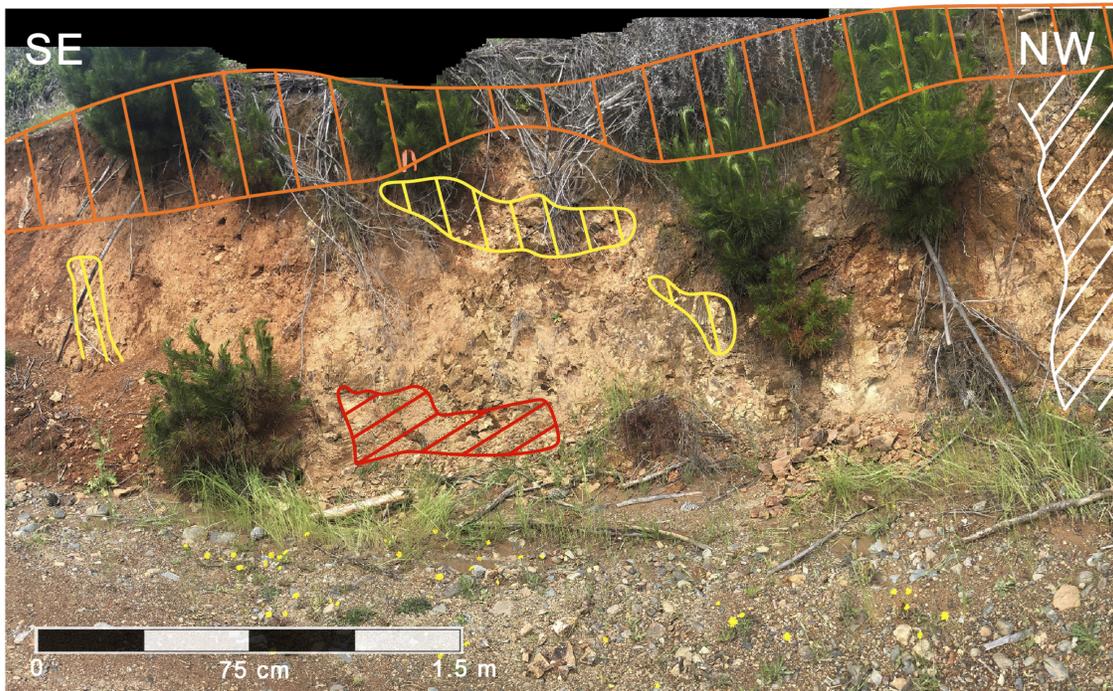


Figura 24: Zona 4

3.2. Estudio de la superficie en el proyecto

Se llevo a cabo un estudio de la superficie en el proyecto Becker para determinar la distribución de clastos de cuarzo y determinar una posible orientación de la principal estructura.

Debido a la gran meteorización superficial, la roca caja ha sido meteorizada a suelo dejando como remanentes residuos de cuarzo provenientes de vetas y algunas andesitas silicificadas. La roca expuesta en el sector es escasa, pero debido a las excavaciones para la forestación de pino, se pueden encontrar numerosos clastos los cuales son evidencias de lo que se tiene en profundidad.

Para ello se realizó un mapeo delimitando la zona donde se observaban clastos de cuarzo y luego diferenciando donde se concentraban con un alto porcentaje de clastos de cuarzo y/o mayores de 30 cm de diámetro, un ejemplo es el de la figura 25 donde se observan grandes clastos de cuarzo de más de 30 cm. Este estudio se realizó principalmente en la parte central del proyecto Becker.



Figura 25: Clastos de cuarzo en Becker.

Datos del estudio en la superficie, parte central Becker

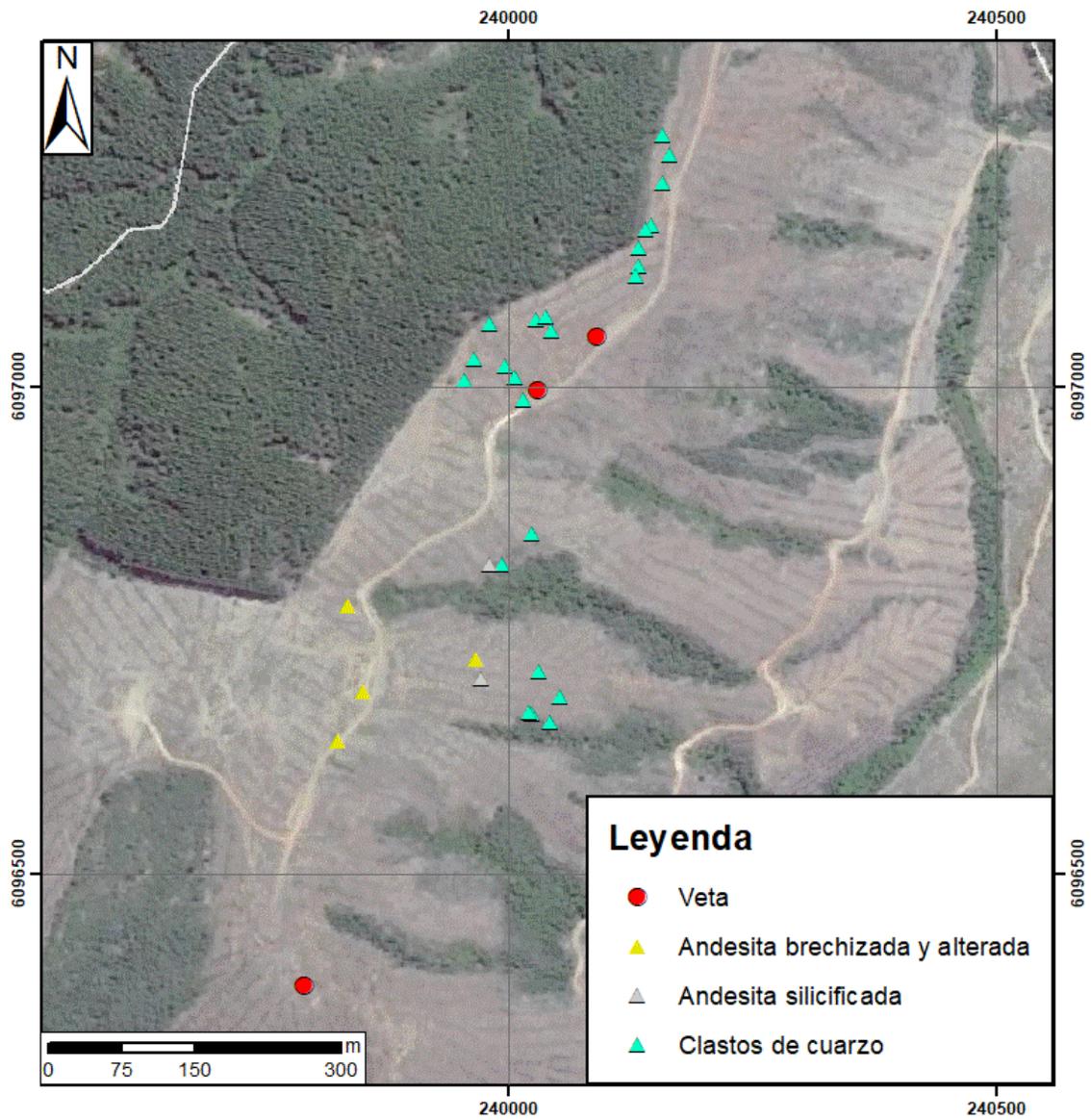


Figura 26: Datos del estudio en la superficie en la parte central Becker

Datos del estudio en la superficie

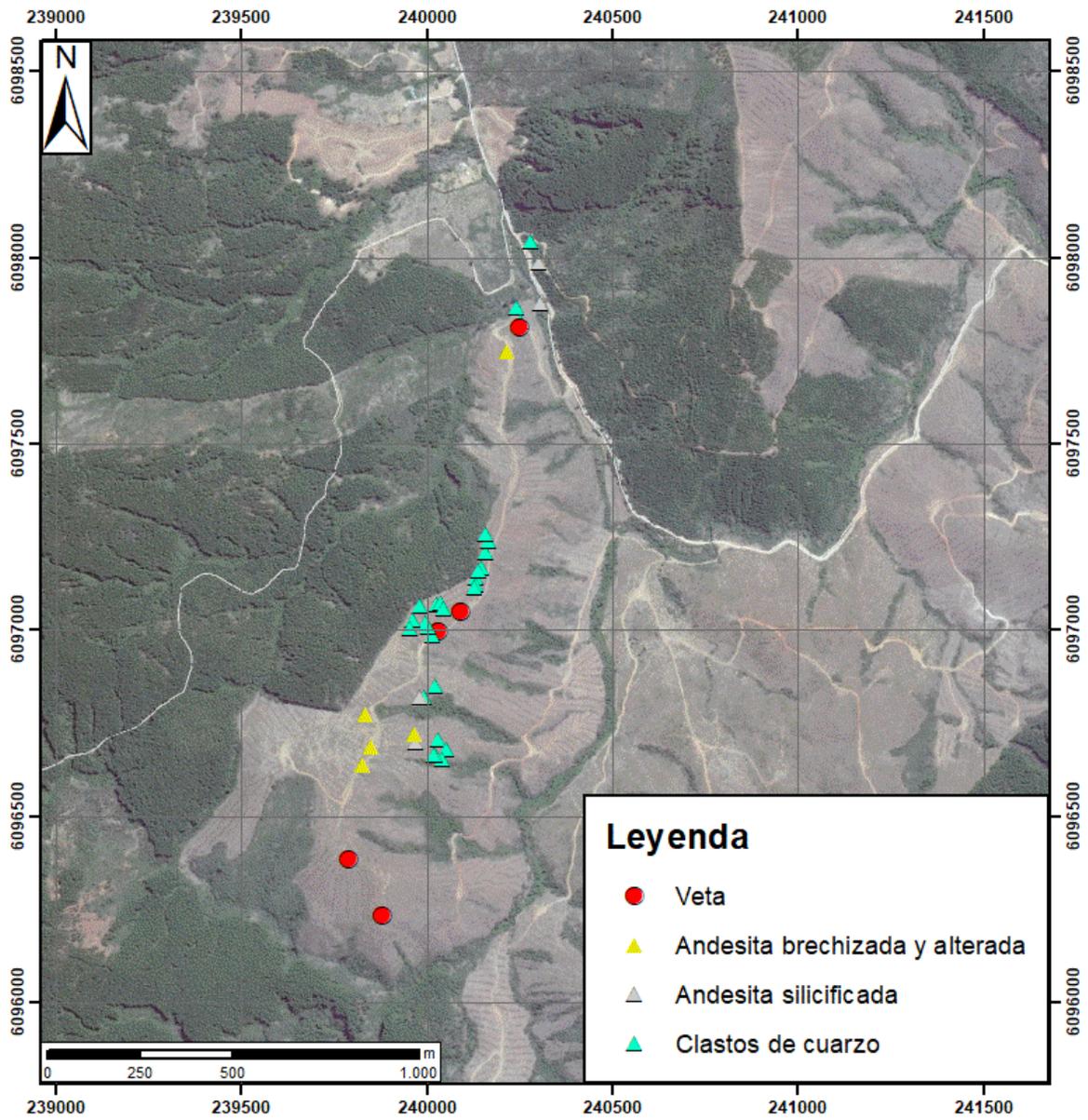


Figura 27: Datos del estudio en la superficie en el proyecto Becker

En los mapas anteriores se observan los datos obtenidos en la exploración superficial del sector vistos a diferentes escalas, la figura 26 enfocada en parte central del terreno, mientras que en la figura 27 en todo el proyecto en donde además se agregaron los datos observados en el estudio anterior. Los mapas reflejan un área con posible tendencia norte-sur de los datos donde fue posible ver clastos de cuarzo. Los clastos de cuarzo observados en terreno están compuestos de cuarzo masivo o bandeado como se observa en la figura 28.



Figura 28: Cuarzo bandeado observado en el terreno

Dentro de los datos donde se observaron clastos de cuarzo, se diferenciaron los puntos donde era alto el porcentaje de clastos de cuarzo y/o mayores a 30 cm, los cuales se resaltan de color morado en la figura 29, donde se aprecia una tendencia norte-sur más notoria.

Datos del estudio en la superficie

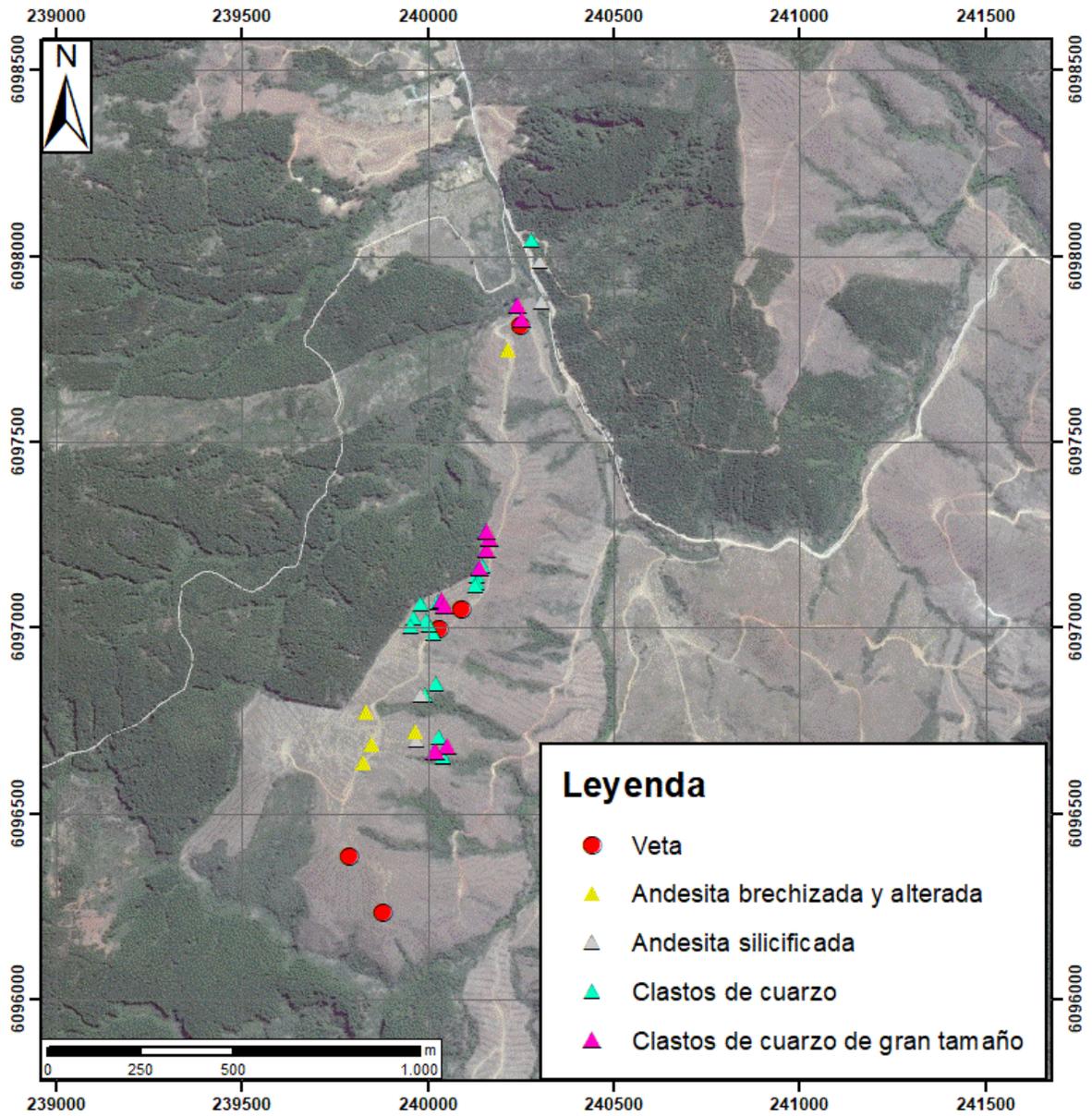


Figura 29: Datos del estudio en la superficie, resaltados los clastos de cuarzo de gran tamaño

3.3. Estudios en los esteros

Se realizó un mapeo en los esteros existentes dentro del proyecto junto al geólogo estructural Rick Horne en busca de evidencias estructurales debido a que, como se trata de una zona con una gran cubierta superficial de suelo, se puede llegar a observar afloramientos de rocas in situ sin tratarse de suelos o de algún desplazamiento superficial. Los puntos totales de control se reflejan en la figura 31.

Esta parte del estudio se extendió fuera del proyecto Becker para obtener más información geológica. Además, se realizó una distinción entre vetas y vetillas de cuarzo donde estas miden menos de 5 cm de espesor.



Figura 30: Afloramiento de andesita brechizada en el estero

Datos totales de exploración

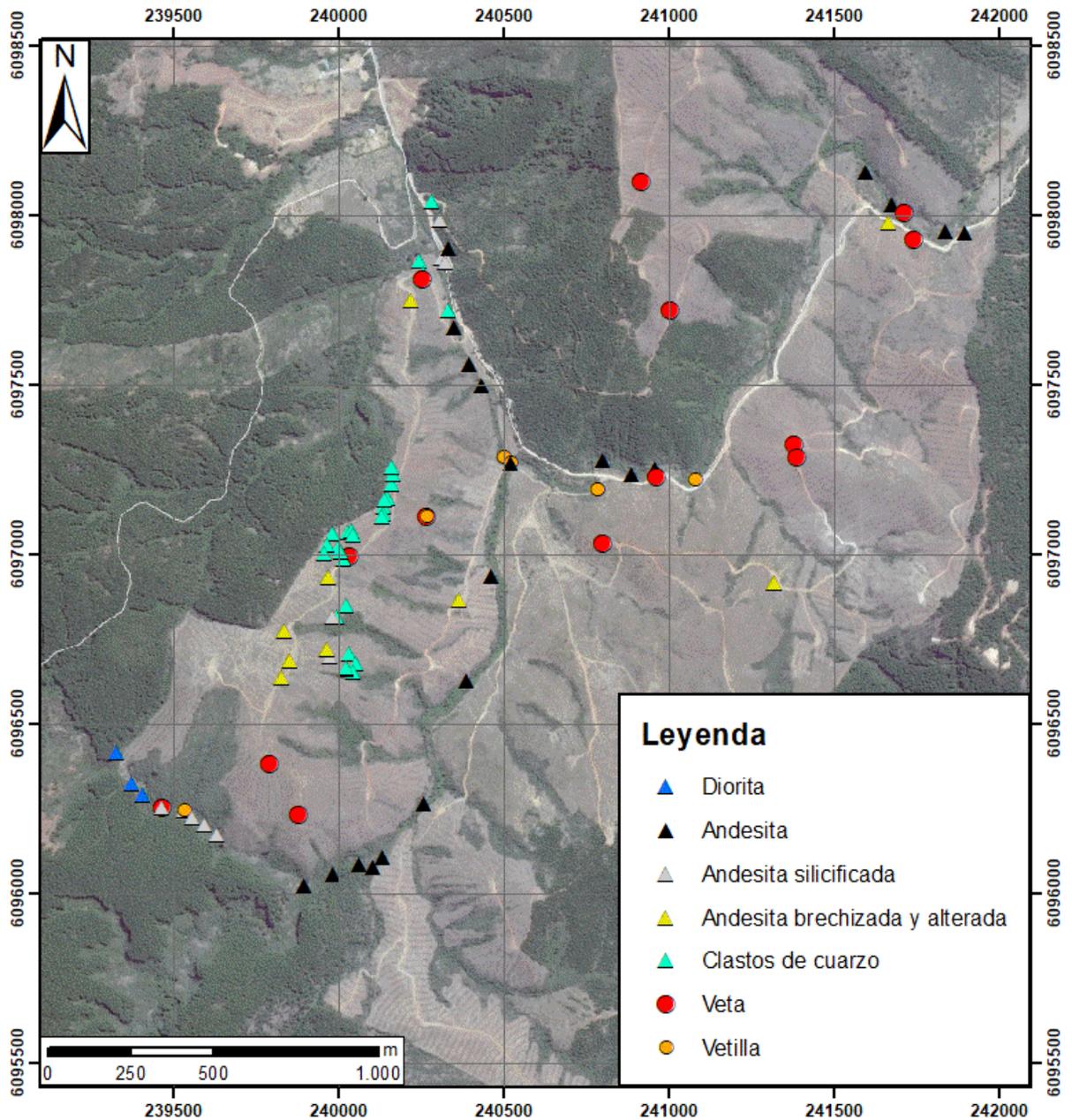


Figura 31: Mapa de los datos totales de la exploración

Con los datos obtenidos en terreno en las tres diferentes etapas se realizaron los mapas de litología, lineamientos, vetas y alteración del proyecto Becker.

3.4. Litología del Proyecto

3.4.1. Andesita

Roca ígnea volcánica de composición intermedia con textura porfídica, se observaron fenocristales tabulares de plagioclasa en una matriz grisácea. Se pudo examinar en esta litología diferentes tipos de alteraciones, lo cual generaba tonalidades distintas en la matriz y minerales de esta, como en la figura 32. La litología dominante en el sector es la Andesita, cubriendo en su totalidad a excepción de la zona suroeste del proyecto como se observa en el mapa de litología en la figura 34.



Figura 32: Andesita en el proyecto Becker

3.4.2. Diorita

Afloramiento ubicado en el sector suroeste del área de estudio, de composición félsica, presenta textura fanerítica con tamaño de cristales de 1 a 4 mm. En donde éste fue observado, se encontró muy fracturado y múltiples vetillas de cuarzo en la zona cercana a la litología de andesita como se observa en la siguiente figura.

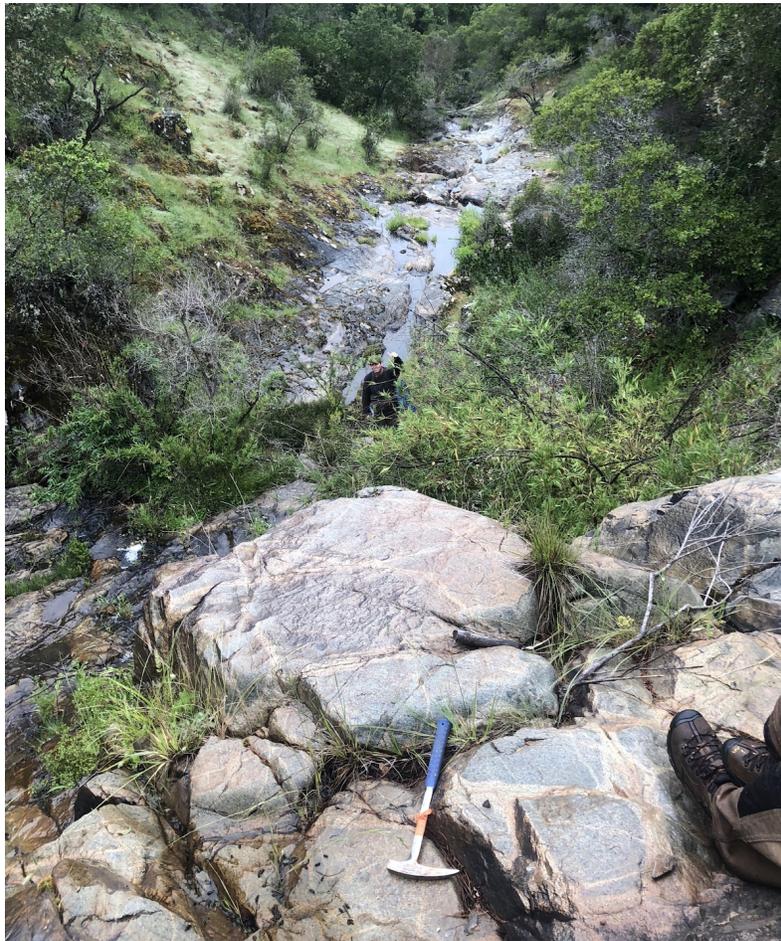


Figura 33: Diorita en el proyecto Becker

Mapa de litología del proyecto Becker

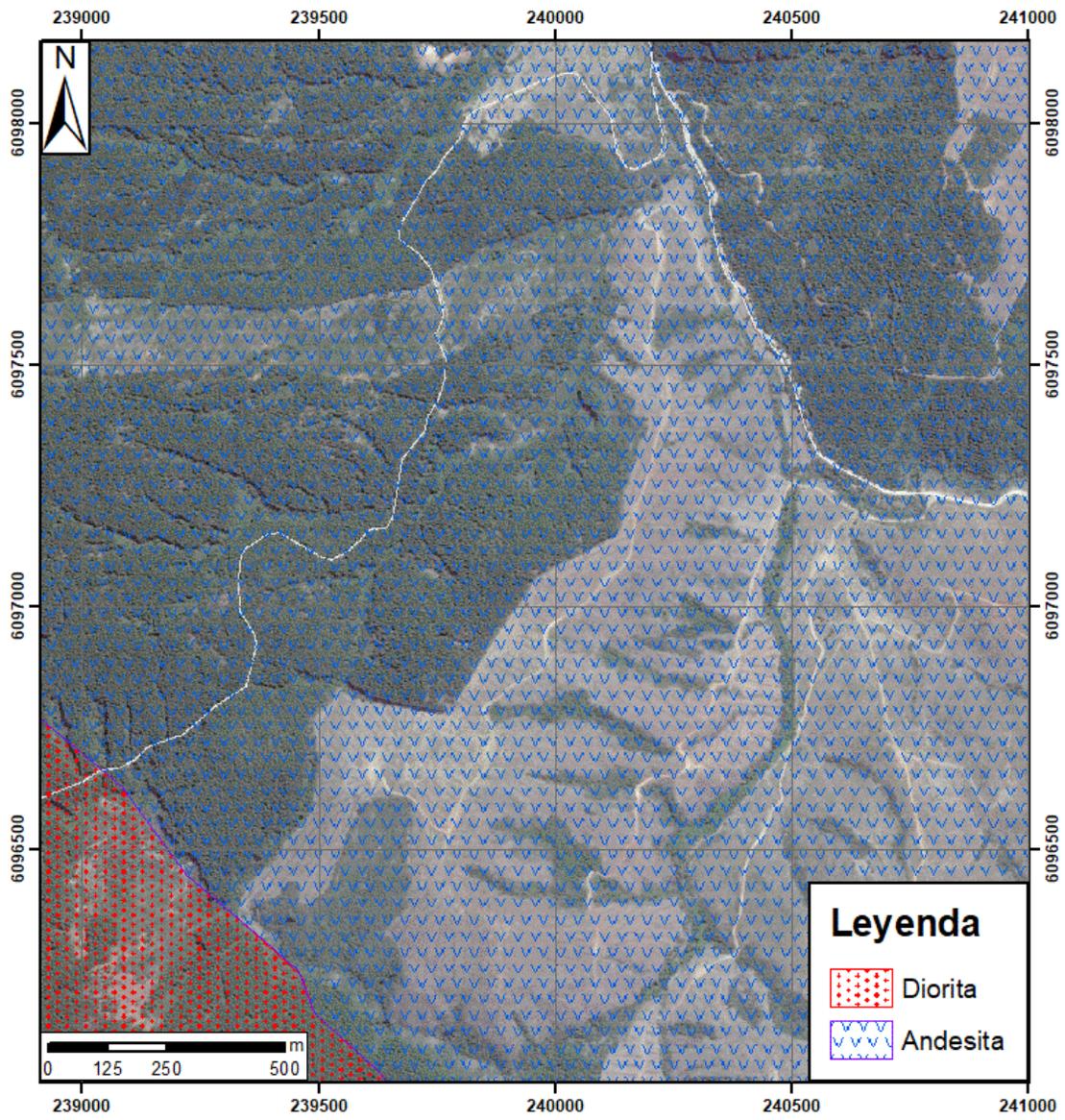


Figura 34: Mapa de litología del proyecto Becker

3.5. Geología estructural del Proyecto

3.5.1. Fallas

En el Proyecto Becker se identificaron evidencias de fallas en los esteros en forma de múltiples fracturas en andesita como se observa en la figura 35 o brechas en zonas de cizalle como la figura 36, también se encontraron pequeños desplazamientos en vetas como la figura 37. Solo en algunos afloramientos se les pudo medir la dirección y rumbo de las fracturas, ya que en otros la roca se encuentra fracturada de forma tan caótica que no se puede determinar la dirección preferencial. En la figura 38 se observan los puntos tomados en terreno y en anexo se encuentra la tabla con la información de estos.



Figura 35: Andesita con múltiples fracturas



Figura 36: Brechas en la zona de contacto



Figura 37: Desplazamientos de vetas

Con los datos obtenidos se pudieron definir dos lineamientos principales en el sector como se ve en la figura 39 en una línea azul. Un lineamiento norte-sur en el centro del proyecto en la litología de andesita presentando andesita brechizada y acotadas brechas de 1 m de espesor en la zona de cizalle.

El otro lineamiento noroeste-sureste en la parte sur del proyecto pone en contacto diorita y andesita, presentándose brechas y andesita brechizada en la dirección del contacto de las dos litologías.

Con las observaciones en terreno no se pudo determinar a qué tipo de falla corresponden ya que no se observaron indicadores cinemáticos.

Puntos con evidencia de falla

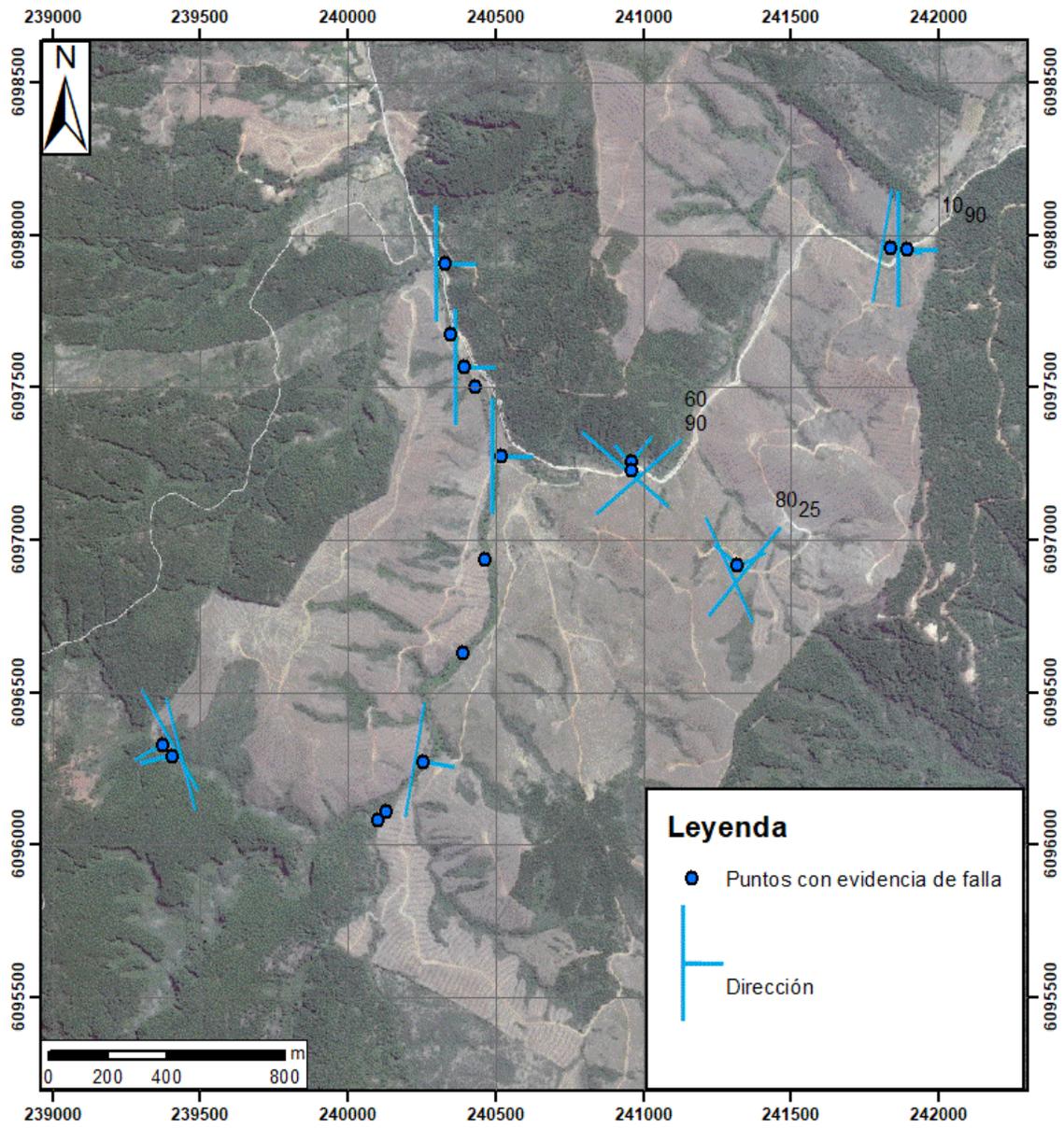


Figura 38: Puntos con evidencia de falla tomados en Becker

Propuesta de lineamientos en Becker

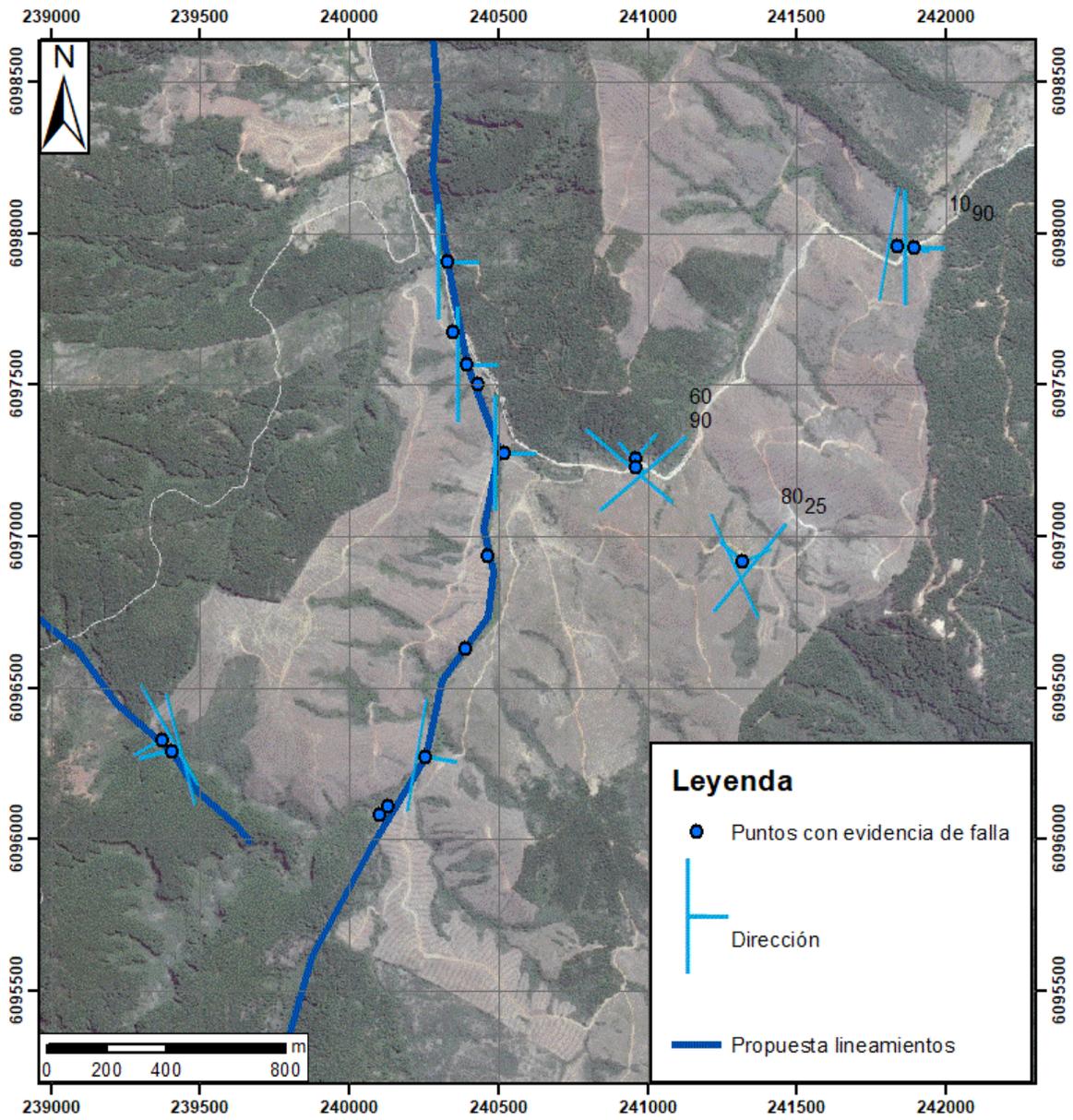


Figura 39: Propuesta de lineamientos en Becker

3.5.2. Vetas y vetillas

Al estar las vetas y vetillas compuestas de cuarzo, los grandes bloques de cuarzo presentes en el sector generan una confusión con las vetas y dificulta la obtención de datos. Por lo cual se tomaron los puntos a las principales, de mayor tamaño y las confiables dentro del sector.

En la figura 40 se observan vetillas de cuarzo con dirección $250^{\circ}/45^{\circ}$ de 0.5 a 3cm de espesor con textura de diente de perro en andesita, las cuales van perpendicular a una vetilla de cuarzo con textura bandeada, la cual sigue dirección preferencial de las vetas dentro del sector.

En la figura 41 se observa un mapa en el cual se observaron vetas y vetillas en el sector y en donde, en general, se aprecia una tendencia principal nortesur en la dirección de las principales vetas del proyecto Becker.



Figura 40: Vetillas de cuarzo en andesita

Mapa de vetas y vetillas

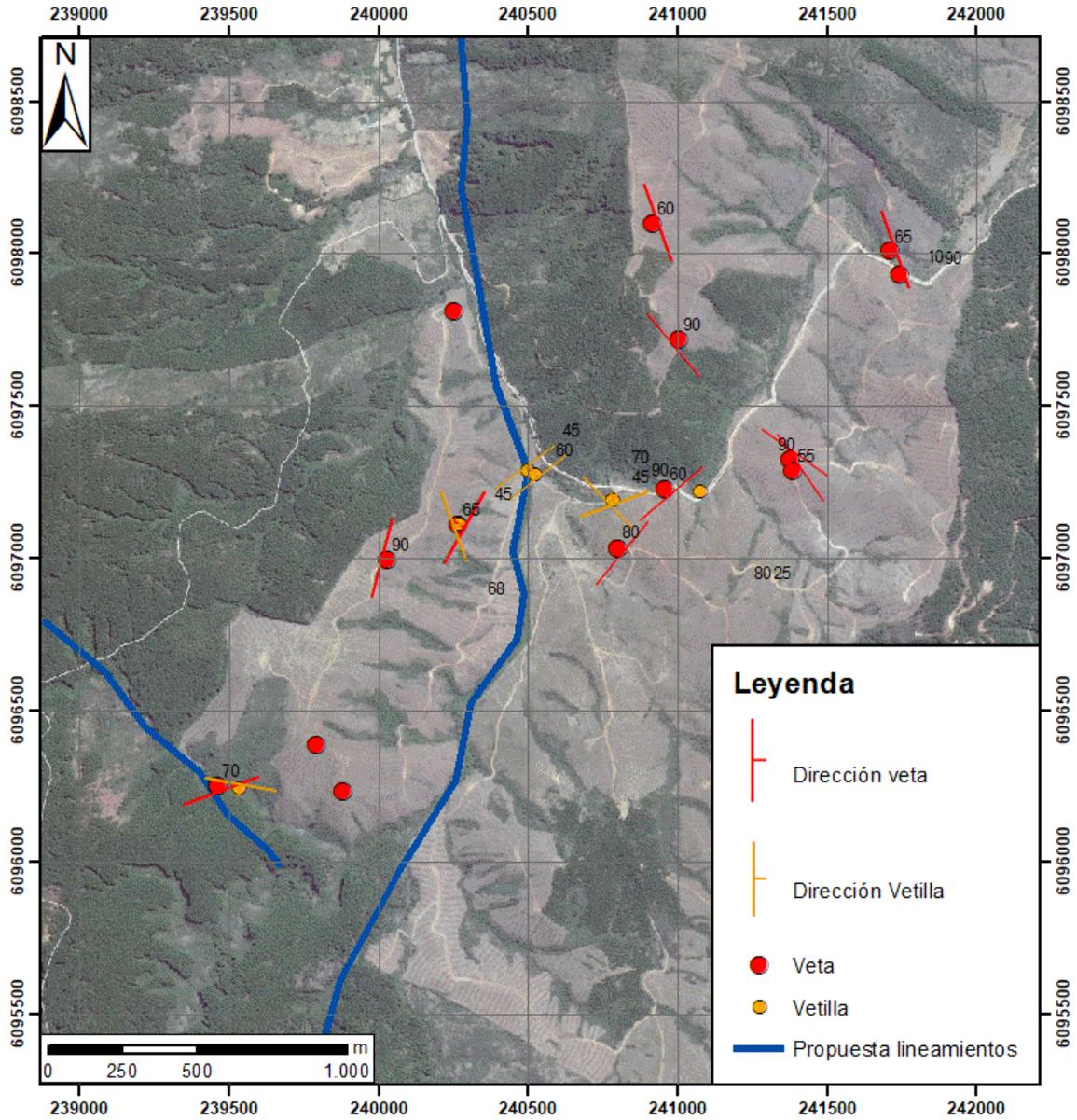


Figura 41: Mapa de vetas y vetillas

3.6. Alteración del Proyecto

En el proyecto Becker se pueden observar diferentes tipos de alteraciones las cuales se detallarán a continuación.

3.6.1. Alteración Propilítica

La alteración predominante del sector es la alteración propilítica y se presenta en las andesitas reemplazando los fenocristales a epidota y en la matriz con clorita y epidota generándole una tonalidad verdosa. También se presenta esta alteración rellenando vetillas.

Los minerales de clorita y epidota también se observan presentes en las otras zonas de alteración como en la figura de silicificación, se observa mineralización de clorita y epidota.

Esta se produce debido a la circulación de fluidos hidrotermales con un ph que puede ser de neutro a alcalino y con temperaturas bajas entre 200° a 250°C, provocando un bajo grado de hidrólisis de los minerales de las rocas

3.6.2. Silicificación

Esta alteración es producto de la circulación de fluidos enriquecidos de sílice en una roca caja, y al cambiarse las condiciones iniciales, precipita y reemplaza sílice. Se observa silicificación en la andesita con intensidad mediana a alta con gran presencia de pirita. Los afloramientos que presentan esta alteración se observaron en los esteros en la parte central del proyecto y en los cortes de camino cerca de vetas como la figura 42.



Figura 42: Muestra con silicificación

3.6.3. Alteración Argílica

Esta alteración es producto de la circulación de fluidos hidrotermales con una temperatura entre 150° a 300°C y con un ph ácido entre 4 y 5, cambiando las condiciones iniciales de la roca caja y generando arcillas. Se pudo observar en diferentes zonas de los cortes del camino y cercanas a vetas como la figura 43, generando andesita brechizada y alterada como sale en el mapa con una intensidad y pervasividad de alteración de mediana a alta, presentando predominantemente arcillas y en menor medida clorita y epidota producto de una anterior alteración propilítica. En los esteros no se observó esta alteración.



Figura 43. Afloramiento de andesita con alteración argílica

En el proyecto Becker, se pudo observar en sector norte la presencia de una alteración propilítica general en toda el área, una alteración argílica en andesita en un lugar acotado visto en los cortes del camino y, en el centro de esta, silicificación percibida en el estero.

De forma similar al sector norte se distribuye las alteraciones en el sector central del proyecto.

En el sector sur, se pudo ver andesita silicificada en un lugar acotado y alteración propilítica en el resto del sector.

En el estero que cruza norte-sur el proyecto en cambio se logró solo percibir alteración propilítica a excepción de la zona norte.

Las diferentes alteraciones espaciadas en el proyecto generan halos con dirección norte-sur y una distribución externa a interna de estas, partiendo por una alteración propilítica general en todo el sector, una alteración argílica, silicificación y finalizando con una veta en el centro como se aprecia en la figura 44.

Mapa de alteraciones Becker

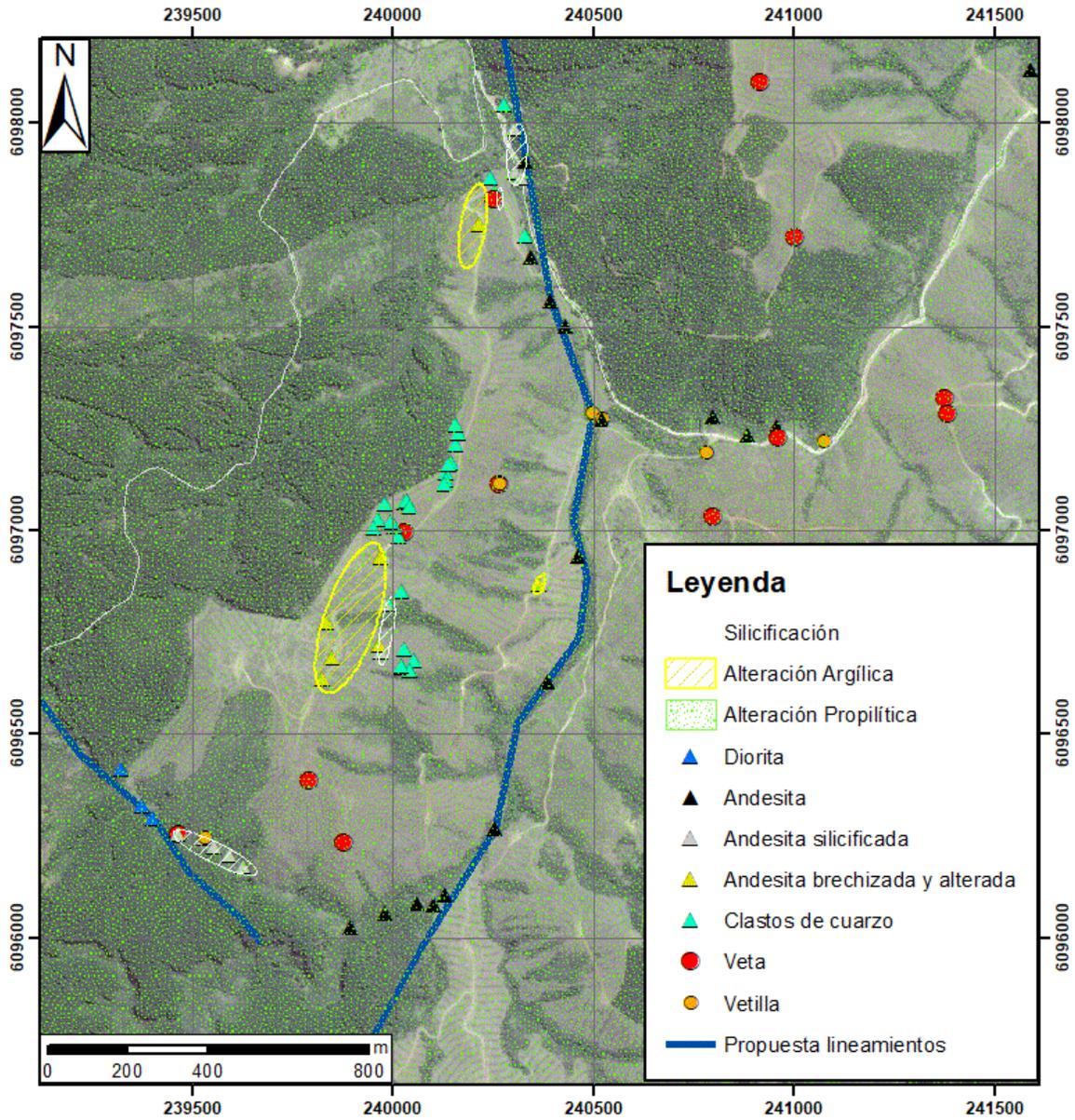


Figura 44: Mapa de alteraciones de Becker

4. Discusiones

4.1. Estudios del camino y de la superficie

El estudio de clastos de cuarzo en el área del proyecto dio como resultado una tendencia preferencial norte-sur y esto se hace más notorio si solo tomamos en cuenta los clastos de gran tamaño, donde estos forman una tendencia más lineal. Esta tendencia coincide con la ubicación del punto en donde se observó el afloramiento de veta en la zona 2.

Los niveles de clastos de cuarzo son paralelos a la zona de contacto entre suelo y andesita alterada en la zona 2 y en varios sectores dentro del proyecto. Esto se puede deber producto del movimiento superficial del suelo provocando la erosión en la parte superior de las vetas, generando y desplazando los niveles clastos de cuarzo como se ve en la figura 45.

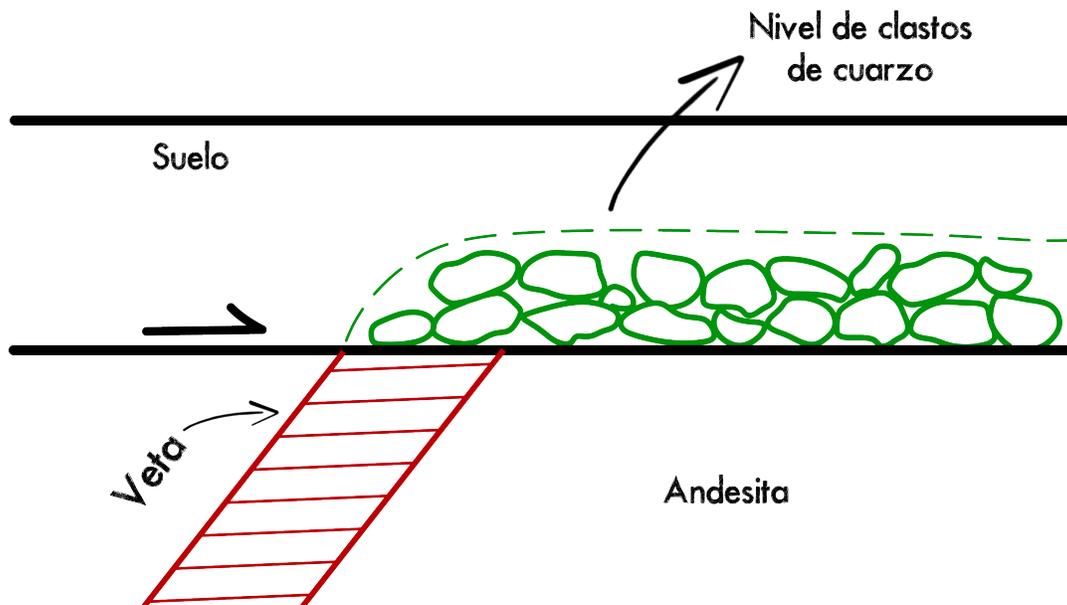


Figura 45: Explicación del nivel de cuarzo

En la zona 2 se presenta una veta de cuarzo con bordes concisos y dirección N15°E, pero en la zona 3 se presenta un bloque de cuarzo fracturado y con bordes no definidos. Entremedio de ambas zonas se aprecia un suelo con clastos angulosos y espaciados de forma caótica, esto se puede interpretar como que la zona 3 es producto de un deslizamiento lateral de la zona 2 generando, como se ve en la figura 46, un bloque de cuarzo no compacto similar a una veta, pero sin continuidad en profundidad. Además, en la zona 2 como en la zona 3 se describieron bloques de cuarzo que se pueden interpretar como desplazamientos de vetas, los cuales generan estos bloques irregulares. En la figura 46 se ve un esquema de la relación entre las dos zonas

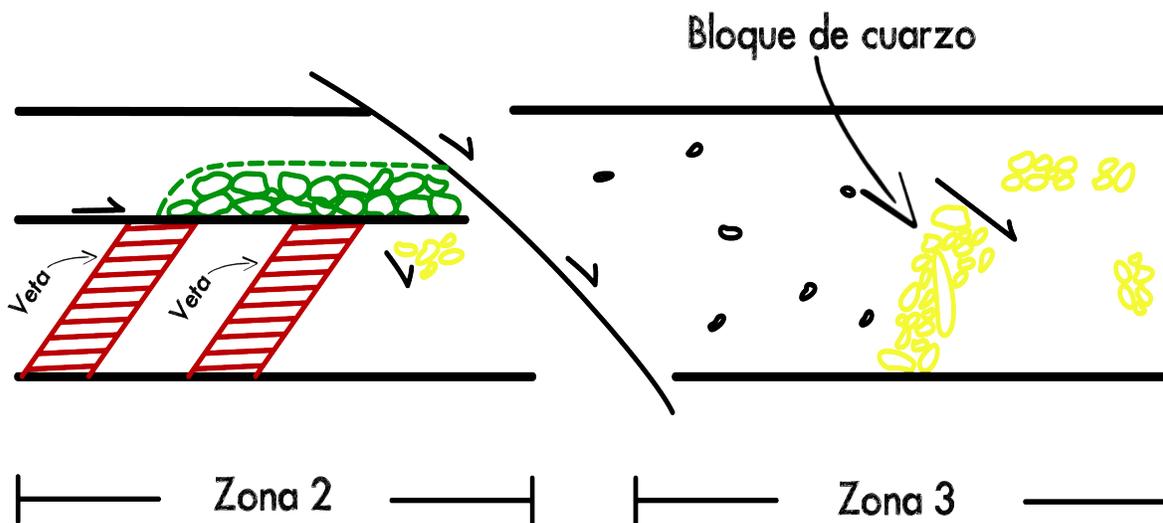


Figura 46: Esquema de la relación entre zona 2 y zona 3

Esto nos hace notar que la zona estudiada presenta deslizamientos de suelo, lo cual dificulta aún más la obtención de información en profundidad. La distribución dada por los clastos de cuarzo, nos dan indicios de la dirección preferencial norte sur de la veta, pero no su ubicación exacta.

4.2. Fallas

Dentro del proyecto, se pudieron observar varias evidencias de fallas en los esteros, existiendo dos lineamientos principales dentro del sector. El primero con dirección noroeste-sureste en la parte sur del proyecto poniendo en contacto diorita con andesita, generando múltiples vetillas de cuarzo y fracturas. Este lineamiento podría ser la continuación de una falla al oeste propuesta por Sernageomin (2003) en el mapa geológico de Chile, la cual posee la misma dirección, pero finaliza antes de llegar a la zona de estudio.

El segundo lineamiento con dirección norte-sur pasando por el centro del proyecto se definió uniendo evidencias de fallas como múltiples fracturas en andesitas y brechización en puntos de control del sector, la dirección de estas fracturas es norte-sur y se presentan alineadas unas con otras. No se pudo observar evidencia para determinar en qué tipo de falla consiste ni la temporalidad entre ambas debido a la escasa información ni la observación de evidencias cinemáticas, pero este lineamiento controla la orientación de las alteraciones y vetas dentro del proyecto. Este segundo lineamiento podría ser la falla norte sur inferida por Sernageomin (2003) en el mapa geológico de Chile, la cual presenta la misma dirección, pero cruza más al oeste. Esta diferencia se puede deber a la gran escala regional al momento de realizarse el mapa de Sernageomin (2003) induciendo a errores locales y pudiéndose tratar de la misma falla.

4.3. Alteraciones

Al estudiar los caminos, se observó que la zona 1 junto con la zona 4 presentaban andesita brechizada con alteración argílica, y más al este se observó silicificación junto a una veta. Esto nos ayuda a determinar la orientación principal de las vetas debido a la dirección preferencial norte-sur de las alteraciones que se generan dentro del proyecto, formando una distribución externa a interna de alteración propilítica, alteración argílica, silicificación y finalizando con una veta en el centro.

En los ríos se observó alteración propilítica en la mayoría de las andesitas, a excepción de dos áreas, una en el sur y otra en el norte, en donde se observó silicificación en andesita. En el sur, la silicificación presentaba en el centro una veta de cuarzo. En cambio, en el norte se observó silicificación junto a varios clastos de cuarzo de gran tamaño, pero no se identificó una veta in situ debido a la densidad de la vegetación y el difícil acceso.

La alteración argílica no fue observada en los ríos, esto se debe a que como la componen principalmente arcillas, estas fueron erosionadas por los ríos dejando pocos indicios y dificultando su identificación en terreno.

4.4. Dirección de las vetas

Junto a todos los datos recopilados de las distribuciones de las diferentes alteraciones, los afloramientos de vetas de cuarzo y la tendencia de los clastos de cuarzo, se puede proponer una dirección de la principal veta mineralizada de N15°E con manteo subvertical, donde su dirección pasa por la veta mapeada en la zona 2 y el halo de la alteración de silicificación, es paralela a la estructura principal del proyecto y en dirección a la tendencia de los clastos de cuarzo observados en el terreno como se puede observar en la figura 47.

También se estudió la posible dirección de vetas para el sector denominado Los Guindos al Este del área de estudio, en donde se observa que no se trata del mismo yacimiento ya que la dirección de las vetas con los datos obtenidos en terreno es norte-sur en los dos sectores, además en la quebrada entre los dos proyectos no se encontró evidencias de vetas de cuarzo mineralizada ni silicificación, solo se encontró indicios de alteración propilítica y estructuras de falla.

Propuesta de vetas de cuarzo en Becker

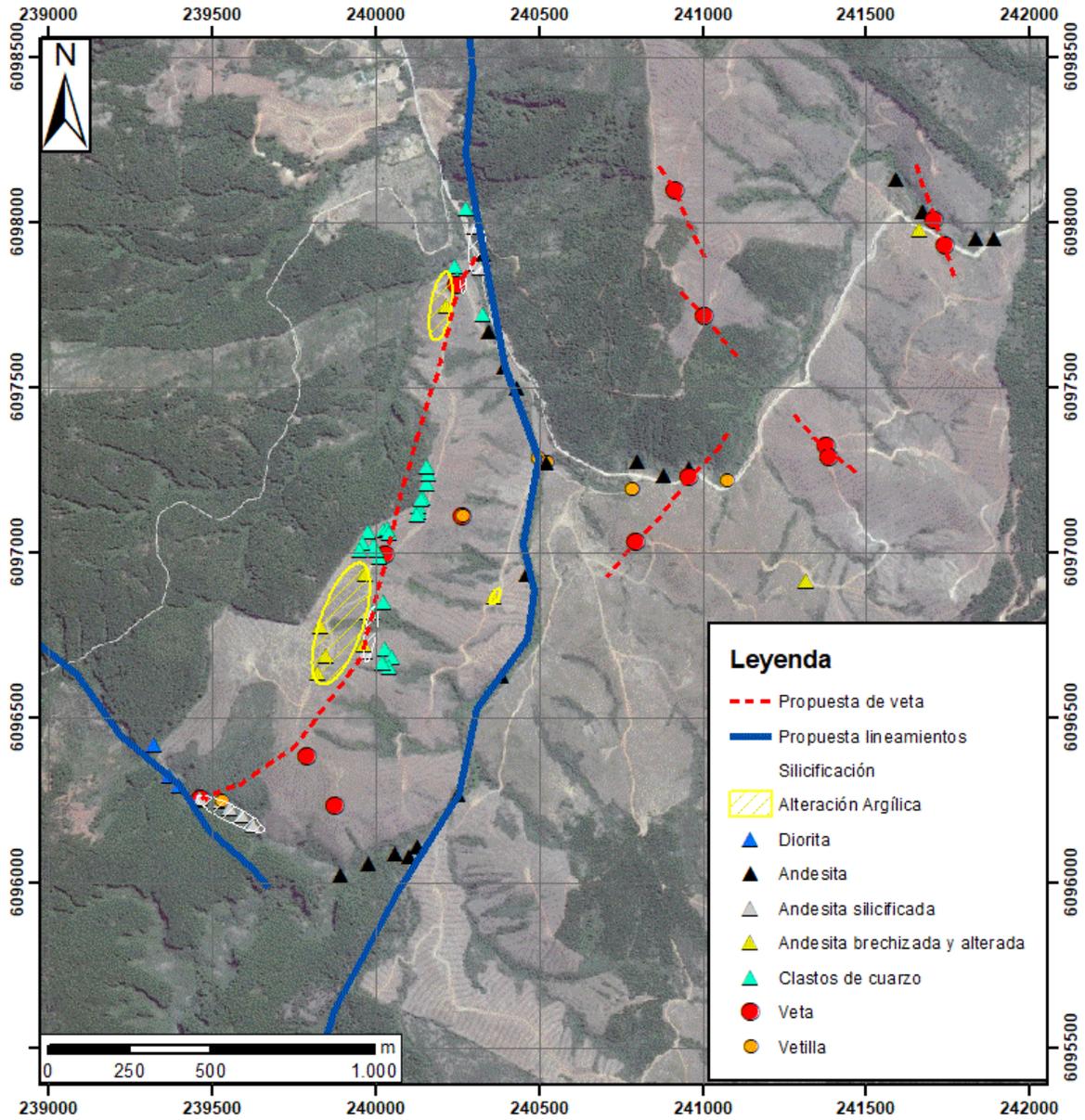


Figura 47: Mapa de vetas propuestas en el proyecto Becker

4.5. Tipo de yacimiento

La zona estudiada presenta una alteración propilítica predominante en toda el área, acompañada de una alteración argílica hacia el interior y en el centro y en menor extensión silicificación con una orientación principal norte-sur controlada por la falla que cruza por el estero del proyecto Becker, como se puede ver en el mapa de alteraciones.

Además, las vetas de cuarzo masivo o bandeado mineralizadas con alto contenido de oro y plata en el centro de esta zonación presentan también orientación norte-sur.

Los tipos de yacimientos se caracterizan principalmente por sus tipos de alteración, zonación y mineralización que ellos presentan, es por ello por lo que el proyecto Becker coincide con un yacimiento de tipo epitermal de sulfuración intermedia a baja, similar al modelo de Buchanan, 1981.

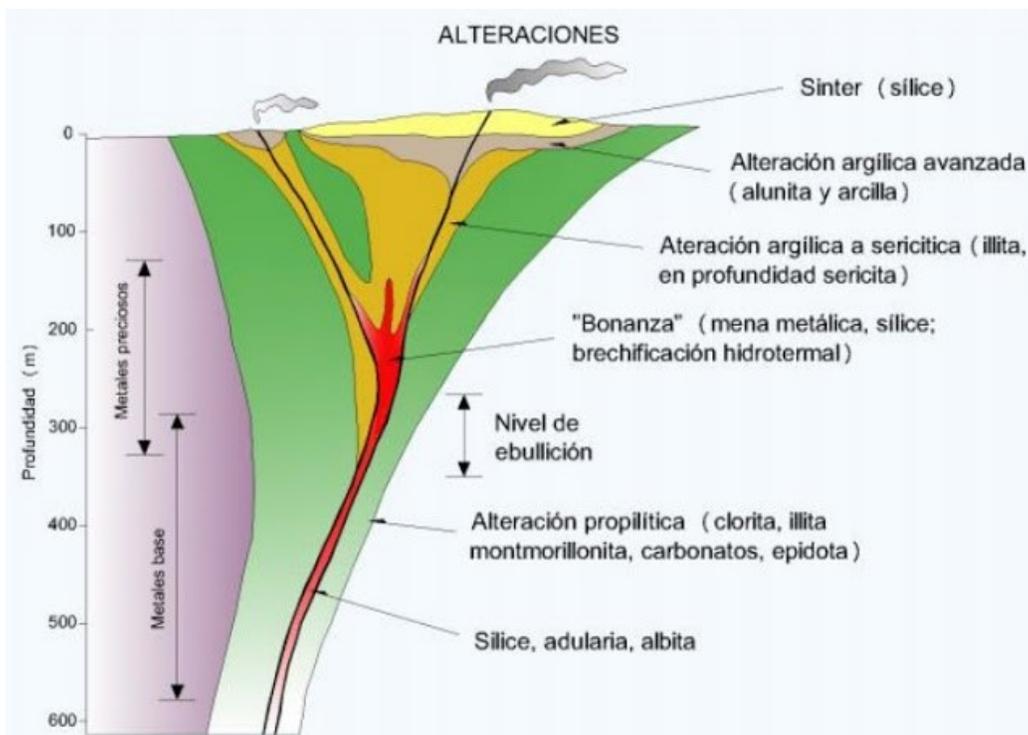


Figura 48: Modelo de zonaciones típico de las alteraciones en un depósito epitermal de baja e intermedia sulfuración, extraído de Buchanan (1981).

5. Conclusiones y sugerencias

El proyecto Becker se caracteriza por tener vetas de cuarzo masivo o bandeado con mineralización de oro y plata junto a diferentes tipos de las alteraciones, la alteración propilítica que se encuentra de forma general en toda el área del proyecto, una alteración argílica hacia el interior y en el centro y en menor medida silicificación, presentándose con una orientación preferencial norte-sur

El área de estudio presenta dos lineamientos importantes, el primero con dirección noroeste-sureste en la parte sur del proyecto, el cual pone en contacto diorita con andesita, generando múltiples vetillas de cuarzo y fracturas. El segundo lineamiento con dirección norte-sur en el centro del proyecto presenta evidencias de fracturamiento y brechización con rumbo norte-sur. Junto a estos datos se propone una dirección preferencial norte-sur de las vetas del proyecto donde se presentan de forma paralela a la estructura principal del proyecto, en dirección a la tendencia de los clastos de cuarzo y distribución de alteraciones observados en el terreno.

Por los datos obtenidos en terreno, el proyecto Becker es un yacimiento epitermal de intermedia a baja sulfuración con vetas de cuarzo mineralizadas en oro y plata con orientación N°15E y subvertical.

No se observó relación entre el proyecto Becker y el proyecto Los Guindos, dado a que no se presentaron vetas de cuarzo ni indicios de silicificación en la quebrada entre estos sectores.

Se sugiere seguir la exploración con la dirección propuestas en las vetas de cuarzo, realizando trincheras cerca de la zona 2 en dirección oeste-este perpendicular al rumbo las vetas, también se sugiere realizar un estudio superficial de los clastos de cuarzo en un área más amplia, ya que debido al tiempo se realizó solo en la zona central del proyecto, pudiéndose expandir a todo el sector.

6. Bibliografía

- Escobar, P. (2013). Inventario de remociones en masa desencadenadas por el sismo del 27 de febrero de 2010 en Chile central. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Geología.
- Fock, A., Charrier, R., Farías, M., y Muñoz, M.A. (2006). Fallas de vergencia oeste en la Cordillera Principal de Chile Central: Inversión de la cuenca de Abanico (33°-34°S). Asociación Geológica Argentina, Serie Publicación Especial, v. 6. pp 48-55.
- Fred, Y. Pérez-Corona (2017). Caracterización de lineamientos estructurales y sus implicaciones hidrogeológicas en la cuenca de Villa Hidalgo (San Luis Potosí) integrando métodos geofísicos potenciales
- Gropper, J. (2011). “Franjas Metalogénicas de Edad Jurásica y Cretácica en la cordillera de la Costa de Chile Central, entre los 32° y los 35° 20’ de Latitud Sur” Santiago, Universidad de Chile, Departamento de Geología. 2011.
- Groves, D.; Goldfarb, R.; Gebre-Mariam, M.; Hagemann, S.; Robert, F. (1998). “Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types”. Ore Geology Reviews.

- Leddy, P. (2014). Análisis del riesgo de inversión de un proyecto de exploración de vetas angostas de oro. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Geología.

- Melnick, D. (2007). Neogene seismotectonics of the south-central Chile margin. Subduction related processes over various temporal and spatial scales.

- Melnick, D., Bookhagen, B., Strecker, M y Echtler, H. (2009). Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco peninsula, Chile. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (1978-2012), Vol. 114, No. B1.

- Morelli, P. (2008). Estudio Geológico del Sistema de Alteración Hidrotermal de Pajonales, Provincia de Vallenar, Región de Atacama. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Geología.

- Muñoz, C (1993). “Metodologías de exploración de yacimientos metalíferos en la cordillera de la costa, entre las latitudes 34°45’ y 36°00’ sur, VII región, Chile” Memoria para optar al Título de Geólogo, Universidad de Chile, Departamento de Geología. 1993.

- Portus, O. (2007) Caracterización Geológica, Alteración y Mineralización de los Depósitos de Oro en Alto Loica, Cordillera de la Costa, Región Metropolitana: su Potencial como Prospecto Minero. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Geología.
- Santana Mineral Limited (2018). Becker Gold Project, Initial Drilling at Lajuelas Prospect.
- Sernageomin (2003). Mapa Geológico de Chile: versión digital. Publicación Geológica Digital N° 4. [Material cartográfico digital]. Escala 1:1.000.000. Santiago: servicio Nacional de Geología y Minería. 1 CD-ROM (versión 1.0, 2003), 25 pp.
- Tapia, F. (2010) Análisis estructural del sector occidental de la faja plegada y corrida de Malargüe en el curso superior del río Colorado de Lontué (35°18' y 35°23's), región del Maule, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Geología.
- Townley, B.; Maksaev, V.; Palacios, C.; Hernández, T.; Hurtado, R.; Jorquera, R.; González, E. (2000). "Mineralización aurífera en la Cordillera de la Costa en Chile central: Distritos Antena (V Región) y Colliguay (Región Metropolitana)". En: Actas del IX Congreso Geológico Chileno, (Puerto Varas, 31 de julio a 4 de agosto de 2000). 2000, Vol. 2, p. 171-175.

7. Anexos

<i>Asimut</i>	<i>Manteo</i>	<i>Set</i>
218	85	2
223	90	2
215	90	2
220	82	2
305	75	
315	74	
155	60	1
155	55	1
155	66	1
163	45	1
215	65	
196	65	
15	65	
10	45	

Tabla 2: Set datos estructurales zona 1

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
1	239835	6096776	351	Andesita brechizada y alterada	Brechizada y alterada	N/A	N/A	Zona 1, punto de referencia para las fotografías. Se observa andesita alterada y brechizada y se extiende a lo largo del camino.
2	240039	6096989	332			N/A	N/A	Zona 2, punto de referencia para las fotografías.
3	240093	6097044	323			N/A	N/A	Zona 3, punto de referencia para las fotografías.
4	240217	6097750	234	Andesita brechizada y alterada	Brechizada y alterada	N/A	N/A	Zona 4, punto de referencia para las fotografías. Se observa andesita alterada y brechizada a lo largo de todo el camino.
5	239790	6096386	336	Veta Principal		N/A	N/A	En la pared aflora una veta de cuarzo de 1m de espesor, se obtuvo una muestra de laboratorio DM-2.
6	239878	6096236	310	Veta Principal		N/A	N/A	Se observa en el suelo una veta de cuarzo posiblemente la continuación de la anterior, se obtuvo una muestra de laboratorio DM-1.
7	239763	6096420	360	Sondaje		N/A	N/A	Punto referencial de un sondaje.
8	240030	6096998	332	Veta		15	90	Veta de cuarzo en la zona 2.

Tabla 3: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 1 al 8.

<i>PGPS</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>Litología</i>	<i>Estructura</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Manteo</i>	<i>Observaciones</i>
9	240015	6096987	337	Rodado veta		N/A	N/A	Se observan clastos de cuarzo hacia el lado Este, hacia el lado Oeste disminuyen significativamente en cantidad y tamaño, se podría decir que es un límite Oeste de la presencia de clastos de cuarzo en esta zona.
10	240006	6097010	337	Rodado veta		N/A	N/A	Se observan nuevamente clastos de cuarzo hacia el lado Este y hacia el lado Oeste disminuyen significativamente en cantidad y tamaño, otro posible límite Oeste de la presencia de clastos de cuarzo en esta zona.
11	239996	6097022	345	Rodado veta		N/A	N/A	Se observan clastos de cuarzo en menor cantidad y tamaño.
12	239980	6097065	353	Rodado veta		N/A	N/A	Clastos de gran tamaño de cuarzo.
13	239964	6097029	355	Rodado veta		N/A	N/A	Clastos de cuarzo en gran cantidad.
14	239954	6097007	357	Quebrada		N/A	N/A	Se observa baja cantidad de clastos de cuarzo, luego de una quebrada disminuyen drásticamente al Oeste, posible falla y límite Oeste de la zona con presencia de clastos de cuarzo
15	239968	6097012	352	Quebrada		N/A	N/A	Quebrada donde hacia el Oeste disminuyen drásticamente los clastos de cuarzo, misma quebrada que el punto anterior. Límite Oeste de la zona con presencia de clastos de cuarzo y posible falla.

Tabla 4: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 9 al 15.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
16	239958	6097014	353	Quebrada		N/A	N/A	Quebrada donde hacia el Oeste disminuyen drásticamente los clastos de cuarzo, misma quebrada que el punto anterior. Limite Oeste de la zona con presencia de clastos de cuarzo y posible falla.
17	239850	6096689	354	Andesita brechizada y alterada	Brechizada y alterada	N/A	N/A	Se observa a lo largo del camino andesita alterada y brechizada.
18	239825	6096638	359	Andesita brechizada y alterada	Brechizada y alterada	N/A	N/A	Se observa a lo largo del camino andesita alterada y brechizada.
19	240244	6097867	199	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Clastos de gran tamaño de cuarzo.
20	240254	6097831	202	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Dos clastos de gran tamaño de cuarzo en el suelo, cercanos entre si de 1 metro de ancho cada uno.
21	240250	6097813	201	Veta		0	90	Veta de cuarzo en la base de la pared del camino, se encuentra descrita en la zona 4, con dirección norte sur y subvertical.
22	240090	6097052	330	Rodado veta		N/A	N/A	Clasto de cuarzo, posible veta.
23	240028	6097070	328	Rodado veta		N/A	N/A	Clastos de cuarzo, en donde hacia el Oeste disminuyen drásticamente su aparición.
24	240038	6097072	332	Rodado veta	Gran tamaño	10	Ind.	Clasto de cuarzo de gran tamaño, de 1.7 m de ancho y 4.7 m de largo observable.
25	240044	6097058	338	Rodado veta	Gran tamaño	10	Ind.	Clasto de cuarzo de gran tamaño, de 1 m de ancho y 2 m de largo observable.

Tabla 5: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 16 al 25.

<i>PGPS</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>Litología</i>	<i>Estructura</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Manteo</i>	<i>Observaciones</i>
26	240133	6097143	312	Rodado veta		N/A	N/A	Se observan clastos de cuarzo en constante aparición hasta este punto, hacia el Este disminuye su aparición y se observan en menor cantidad y de menor tamaño, se puede determinar este punto como el límite Este de la observación de clastos de cuarzo en esta zona.
27	240133	6097124	321	Rodado veta		N/A	N/A	Se repite similar al punto anterior, se observan clastos de cuarzo en constante aparición desde el Oeste hasta este punto y luego disminuyen. Puede tratarse del límite Este del área de aparición de los clastos de cuarzo en esta zona.
28	240130	6097115	319	Rodado veta		N/A	N/A	Se repite similar al punto anterior, se observan clastos de cuarzo en constante aparición desde el Oeste hasta este punto y luego disminuyen. Puede tratarse del límite Este del área de aparición de los clastos de cuarzo en esta zona.
29	240146	6097167	309	Rodado veta		N/A	N/A	Se repite similar al punto anterior, se observan clastos de cuarzo en constante aparición desde el Oeste hasta este punto y luego disminuyen. Puede tratarse del límite Este del área de aparición de los clastos de cuarzo en esta zona.
30	240140	6097162	310	Rodado veta	Gran tamaño	14	Ind.	Clasto de cuarzo de gran tamaño, 1 m de ancho y 3 m de largo. Posible veta con orientación N14E subvertical.

Tabla 6: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 26 al 30.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
31	240158	6097210	303	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Clasto de cuarzo de gran tamaño, 1 m de ancho y 1.3 m de largo en el subsuelo. Sigue la aparición del anterior clasto de gran tamaño en dirección norte sur.
32	240165	6097239	297	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Clasto de cuarzo de gran tamaño con gran presencia de pirita. 0,8 m de ancho y 1 de largo en el subsuelo.
33	240158	6097259	298	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Clasto de cuarzo de gran tamaño, 1.2 m de ancho y 2 m de largo en el subsuelo. Siguen todos estos clastos de gran tamaño una dirección preferencial norte sur (N15E).
34	239993	6096819	309	Rodado veta		N/A	N/A	Se observan clastos de cuarzo justo debajo de una pendiente abrupta en la ladera E del cerro. La dirección de esta pendiente abrupta es de N15E en dirección aproximada de la zona 2 y 3 estudiadas anteriormente.
35	239980	6096819	315	Andesita silicificada		N/A	N/A	Se observa en terreno la presencia de andesita silicificada con alto porcentaje de pirita.
36	240024	6096850	307	Rodado veta		N/A	N/A	Pequeña acumulación de clastos de cuarzo.
37	239927	6096706	331	Intrusivos rodados		N/A	N/A	Se observa alta cantidad de rodados de intrusivos.
38	239971	6096701	324	Andesita silicificada		N/A	N/A	Se observa a continuación de los rodados de intrusivo, andesita silicificada, la cual se asemeja bastante al intrusivo en su cara expuesta y a simple vista.
39	239966	6096721	323	Andesita brechizada y alterada	Brechizada y alterada	N/A	N/A	Se observa nuevamente andesita, pero ahora se presenta brechizada y alterada a arcillas.

Tabla 7: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 31 al 39.

<i>PGPS</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>Litología</i>	<i>Estructura</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Manteo</i>	<i>Observaciones</i>
40	240031	6096708	307	Rodado veta		N/A	N/A	Se observan varios clastos de cuarzo y hacia el Oeste de observo andesita silicificada.
41	240053	6096682	302	Rodado veta	Gran tamaño	10	Ind.	Gran cantidad de clastos de cuarzo alineados en dirección N15E.
42	240043	6096656	299	Rodado veta		N/A	N/A	Gran cantidad de clastos de cuarzo se observan en este punto y hacia el Este, hacia el Oeste no se observan clastos de cuarzo.
43	240024	6096665	303	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Gran cantidad de clastos de cuarzo, en mayor porcentaje y tamaño que el punto anterior, puede ser una posible veta por la gran acumulación.
44	240021	6096667	307	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Gran cantidad de clastos de cuarzo, en mayor porcentaje y tamaño al igual que el punto anterior, puede ser una posible veta.
45	240280	6098044	209	Andesita silicificada		N/A	N/A	Andesita silicificada en el suelo, al medio del camino en un portón hacia el recinto Norte.
46	240308	6097878	196	Andesita silicificada		N/A	N/A	En el rio se observa andesita silicificada con un ancho más de 5 metros, presenta algunos rodados de cuarzo en los alrededores

Tabla 8: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 40 al 46.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
47	240304	6097988	193	Andesita silicificada		N/A	N/A	En el camino del portón, esta en el suelo no aflora.
48	240329	6097907	219	Andesita	Falla	0	Ind.	Presencia de alineamientos de falla en andesita, milonita. No se observa indicador para determinar el movimiento de la falla.
49	240331	6097722	185	Rodado veta	Gran tamaño	N/A	N/A	Rodados de cuarzo de gran tamaño en el río. No se ve su origen.
50	240346	6097673	186	Andesita	Falla	N/A	N/A	Brecha de contacto en Andesita, indicador de falla, pero no se puede determinar qué tipo de falla representa.
51	240392	6097565	187	Andesita	Falla	0	Ind.	Se observa brecha de contacto en la Andesita indicando movimiento o falla y se observan algunos clastos de cuarzo en el sector.
52	240432	6097502	183	Andesita	Fracturada	N/A	N/A	Se observan múltiples fracturas en la Andesita, este es otro indicador de falla, pero no se ha podido determinar la dirección ni la orientación del movimiento.
53	240498	6097287	183	Vetilla		54	60	Vetilla de cuarzo de 2 cm espesor, en andesita
54	240520	6097274	177	Vetilla		232	45	Se observan tres vetillas de cuarzo paralelas de 3 cm de espesor.
55	240520	6097274	177	Andesita	Falla	0	Ind.	Falla dextral en andesita, se desplaza 25 cm el bloque derecho al sur. Pero se trata de un movimiento secundario al movimiento principal que estábamos observando.

Tabla 9: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 47 al 55.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
56	240322	6097865	195	Andesita silicificada		N/A	N/A	Andesita silicificada en el borde del camino.
57	240094	6097051	318			N/A	N/A	Punto de referencia del corte en el camino 1.
58	239325	6096417	224	Diorita		N/A	N/A	Se observa en la zona Sur Oeste del proyecto Becker, diorita muy fracturada con la presencia de vetillas de cuarzo en distintas direcciones con un espesor de 0,2 a 1 cm en forma de enrejado.
59	239374	6096326	285	Diorita	Falla	150	Ind.	Se observa una brecha de contacto en la diorita. Evidencia de alguna falla en este sector.
60	239374	6096326	285	Dique		170	Ind.	Dique en diorita.
61	239404	6096293	272	Diorita	Falla	165	Ind.	Brecha de contacto en diorita, se observan diferentes fallas en la diorita, pero todas en la misma dirección.
62	239404	6096293	272	Dique		165	Ind.	Dique en diorita.
63	239464	6096255	266	Veta		250	70	Veta de cuarzo de 2 m de ancho en andesita silicificada, presenta un alto porcentaje de pirita. La andesita silicificada se presenta a ambos lados de la veta, la dirección de la veta no se observa de forma clara.
64	239464	6096255	266	Andesita silicificada		N/A	N/A	Andesita silicificada con alto porcentaje de pirita.
65	239531	6096246	266	Andesita silicificada		N/A	N/A	Continua la andesita silicificada con pirita, se observan pequeñas vetillas de cuarzo.

Tabla 10: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 56 al 65.

<i>PGPS</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>Litología</i>	<i>Estructura</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Manteo</i>	<i>Observaciones</i>
66	239531	6096246	266	Vetilla		100	Ind.	Vetilla de cuarzo de 2 cm de espesor en andesita silicificada.
67	239557	6096225	261	Andesita silicificada		N/A	N/A	Se sigue observando andesita silicificada.
68	239593	6096204	266	Andesita silicificada		150	Ind.	Pequeño alineamiento de concentración de pirita en andesita silicificada.
69	239629	6096177	257	Andesita silicificada		N/A	N/A	Andesita silicificada con alto porcentaje de pirita. No se pudo seguir al Este por difícil acceso, pero este es el último punto en el cual se observó andesita silicificada.
70	240254	6096270	218	Andesita	Falla	10	Ind.	Andesita con presencia de clorita y epidota formando una alteración propilítica. Se observan diaclasas en la andesita con una dirección preferencial de la principal diaclasa de N10E.
71	240129	6096109	195	Andesita	Falla	N/A	N/A	Se observan diaclasas en andesita con alteración propilítica, múltiples fracturas de forma caótica.
72	240102	6096082	197	Andesita	Falla	N/A	N/A	Se observan diaclasas en andesita con alteración propilítica, múltiples fracturas de forma caótica al igual que el punto anterior.
73	240060	6096088	202	Andesita		N/A	N/A	Andesita alterada y diaclasada, pero en baja cantidad, menos que el punto anterior. Presenta clorita, epidota y algo de sílice.
74	239980	6096061	229	Andesita		N/A	N/A	Andesita con clorita, epidota.

Tabla 11: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 66 al 74.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
75	239893	6096026	209	Andesita		N/A	N/A	Andesita con clorita, epidota.
76	240365	6096868	203	Andesita brechizada y alterada	Brechizada y alterada	180	68	Se observa un clasto de cuarzo de 1 m de ancho en andesita alterada y brechizada, dirección Norte Sur, se encuentra fracturada.
77	240461	6096938	181	Andesita	Falla	N/A	N/A	Evidencia de falla con brecha de contacto en andesita, presenta línea de falla, pirita diseminada y baja silicificación.
78	240386	6096630	188	Andesita	Fracturada	N/A	N/A	Se observa andesita con alteración propilítica, la cual se encuentra con múltiples fracturas, puede ser evidencia de falla.
79	240399	6096813	196			N/A	N/A	Se observan clastos de cuarzo que caen de la cima en donde se aprecia un afloramiento blanco posiblemente se trate de una veta.
80	240418	6097102	182			N/A	N/A	Rodado de clastos de cuarzo que caen de la cima, de 1 m por 1,5 m.
81	240264	6097113	255	Veta		210	65	Veta de cuarzo en andesita, es el origen de los rodados de los puntos anteriores. Se observan vetillas perpendiculares a la veta principal. El ancho es difícil medirlo, pero es mayor a 1.5 m.
82	240264	6097113	255	Vetilla		340	45	Vetilla de 3 cm de espesor en andesita, va en dirección perpendicular a la veta de cuarzo.
83	240781	6097192	184	Vetilla		250	45	Vetilla de cuarzo de 0.5 a 3 cm de espesor con textura de diente de perro.

Tabla 12: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 75 al 83.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
84	240781	6097192	184	Vetilla		315	70	Vetilla de cuarzo de 0.5 a 3 cm de espesor con textura bandeada.
85	240799	6097279	180	Andesita		N/A	N/A	Andesita con baja alteración propilítica.
86	240883	6097237	174	Andesita		N/A	N/A	Andesita con clorita y epidota, presentando escasas fracturas.
87	240957	6097256	161	Andesita	Falla	310	90	Andesita con alteración propilítica, se observan marcas de falla en dirección N50E.
88	241075	6097220	157	Vetilla		N/A	N/A	Vetillas de cuarzo de 0.5 cm de espesor, en diferentes direcciones.
89	240959	6097229	165	Veta	Falla	230	60	Se observan tres vetas de cuarzo masivo en andesita, similar dirección, se ve textura de diente de perro.
90	241591	6098132	139	Andesita		N/A	N/A	Andesita fracturada, se observan rodados de cuarzo.
91	241673	6098033	138	Andesita		N/A	N/A	Andesita con alteración propilítica.
92	241708	6098010	135	Veta		160	65	Veta de sílice de 10 cm de espesor, en andesita silicificada.
93	241836	6097955	131	Andesita	Falla	10	10	Andesita con alteración propilítica, se ven espejos de falla.
94	241892	6097953	144	Andesita	Falla	0	Ind.	Andesita silicificada
95	241739	6097932	160	Veta		N/A	N/A	Se observa un set de vetillas de de cuarzo de 5 cm de espesor, las cuales se van juntando a profundidad.

Tabla 13: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 84 al 95.

PGPS	X	Y	Z	Litología	Estructura	Rumbo	Manteo	Observaciones
96	241663	6097980	162	Andesita brechizada y alterada		N/A	N/A	Andesita brechizada y alterada con andesita silicificada alternadas unas con otras.
97	241003	6097720	295	Veta		320	90	Veta de cuarzo que mide 5 m de ancho con dirección N40W y veta de cuarzo de 2 m de ancho con similar dirección a 10 m más al oeste.
98	240914	6098100	357	Veta		160	60	Veta de cuarzo que mide 5 m de ancho en andesita alterada.
99	240228	6097880	106			N/A	N/A	Punto de referencia.
100	239970	6096936	342	Andesita brechizada y alterada		N/A	N/A	Andesita alterada y brechizada, muy fracturada y meteorizada.
101	243609	6096270	116	Andesita	Falla	260	35	Falla, presenta espejos de falla en arcilla.
102	240797	6097035	200	Veta		220	80	<i>Repaso de un punto anterior.</i>
103	241318	6096916	224	Andesita brechizada y alterada	Falla	220	80	Espejos de fallas, falla rellena con epidota en andesita alterada.
104	241318	6096916	224	Andesita brechizada y alterada	Falla	335	25	Dos direcciones distintas.
105	241375	6097326	223	Veta		125	90	Sistema de vetas de cuarzo de 20 cm de espesor.
106	241384	6097289	228	Veta		145	55	Sistema de vetas de cuarzo de 15 cm de espesor.
107	240985	6007677	357	Veta		210	30	Veta de cuarzo con textura de dientes de perro

Tabla 14: Datos obtenidos en el proyecto Becker, puntos del 96 al 107.