



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO
MINERALÓGICO DE SN EN VETA LORENA – PROYECTO
TAUCANE, DISTRITO DE SAN JOSÉ – AZÁNGARO – PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. TONNY ARIAS RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS DEL p
df

AUTOR

TONNY ARIAS RAMOS

RECUENTO DE PALABRAS

22393 Words

RECUENTO DE CARACTERES

135175 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

137 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 6, 2023 1:12 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 6, 2023 1:15 PM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

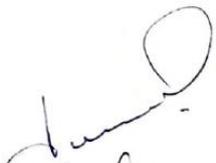
- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)




Dra. Sofía Lourdes Benavente Fernández
Directora de la Unidad de Investigación


Ing. Luis Ortiz Gallegos
ASESOR

Resumen



DEDICATORIA

A mi MADRE Rosa, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional.

A mi PADRE Timoteo, por su comprensión, trabajo y sacrificio en todos estos años.

A mis HERMANOS René y Víctor, por su apoyo en los momentos difíciles que nos ha tocado vivir.

A mi ESPOSA Roxana, por ser el apoyo incondicional en mi vida y poder alcanzar mis objetivos.

A mi HIJO Ian Emmanuel, por su afecto, cariño y ser la motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis.

Tonny Arias Ramos



AGRADECIMIENTOS

A Dios, tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno; a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, a cada docente que formó parte de mi proceso integral de formación profesional.

Al Ing. Luis Ortiz Gallegos como asesor de la presente tesis, por su aporte, sugerencias y apoyo en la revisión y corrección para mejorar el presente trabajo.

A la empresa MINSUR S.A., representado en la gerencia de exploraciones por el Ingeniero Miroslav Kalinaj, por su apoyo y la facilidad para realizar el presente trabajo; a los Ingenieros Néstor Chávez, Daniel Alayza y Walter La Torre, por su apoyo y las experiencias compartidas.

A mi familia, amistades, compañeros de estudio y trabajo, con quienes compartí muchas experiencias inolvidables, a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa e indirecta.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurrir dentro de su repertorio de información mental.

Tonny Arias Ramos



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.2.1. Problema General.....	24
1.2.2. Problemas Específicos	25
1.3. JUSTIFICACIÓN	25
1.3.1. Justificación Teórica	26
1.3.2. Justificación Práctica.....	26
1.3.3. Justificación Metodológica	26
1.4. HIPÓTESIS	26
1.4.1. Hipótesis General.....	26
1.4.2. Hipótesis Específicos	27
1.5. OBJETIVOS.....	27
1.5.1. Objetivo General	27



1.5.2. Objetivos Específicos..... 27

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES	28
2.2.	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	30
	2.2.1. Unidades Geomorfológicas	30
2.3.	PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS.....	31
	2.3.1. Procesos Endógenos	31
	2.3.2. Procesos Exógenos	31
	2.3.3. Procesos Bióticos Y Antrópicos	32
2.4.	FACTORES GEOMORFOLÓGICOS	32
	2.4.1. Factor Estructural	32
	2.4.2. Factor Litológico	33
	2.4.3. Factor Erosional	33
2.5.	ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	33
	2.5.1. Rocas Sedimentarias	33
	2.5.2. Rocas Intrusivas	36
2.6.	TECTÓNICA.....	39
	2.6.1. Dominio Cordillera Oriental	41
	2.6.2. Dominio Altiplano Occidental	41
	2.6.3. Dominio Altiplano Oriental	41
2.7.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	43
	2.7.1. Falla.....	43
	2.7.2. Rasgos Fisiográficos Relacionados con Fallas	44
2.8.	GEODINÁMICA EXTERNA	45



2.9. SISMICIDAD	45
2.10. METALOGENIA	46
2.11. MARCO TEÓRICO	48
2.11.1. Alteraciones Hidrotermales.....	48
2.12. PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN MINERA	50
2.13. GEOQUÍMICA	51
2.14. MINERALOGÍA.....	51
2.15. MINERALIZACIÓN.....	51
2.16. MINERAL	52
2.17. ESTAÑO (Sn)	52
2.17.1. Características Del Estaño	53
2.17.2. Casiterita (SnO ₂)	53
2.17.3. Estaño en el Mundo.....	54
2.17.4. Estaño en el Perú.....	54
2.18. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM):	55
2.19. ESPECTROMETRÍA.....	55
2.19.1. Selección de Muestras.....	56
2.19.2. Interpretación de Espectros	56
2.20. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.....	57
2.20.1. Veta o Filón	57
2.20.2. Mantos.....	58
2.21. FLUIDOS MINERALIZANTES	59
2.22. FALLAS Y FISURAS	59
2.23. PERFORACIÓN DIAMANTINA	60

CAPÍTULO III



MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
3.2.	ETAPAS DE INVESTIGACIÓN.....	61
	3.2.1. Recopilación de Información	61
	3.2.2. Trabajo en Campo	61
	3.2.3. Trabajo en Gabinete	62
3.3.	EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS	63

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.	UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA.....	64
4.2.	ACCESIBILIDAD.....	66
4.3.	CLIMA Y TEMPERATURA	66
4.4.	DRENAJE E HIDROLOGÍA	67
	4.4.1. Humedad Relativa.....	67
	4.4.2. Precipitación.....	67
	4.4.3. Régimen de Descargas	68
4.5.	FLORA Y FAUNA	68
	4.5.1. Ecorregiones y Zonas de Vida	68
	4.5.2. Flora y Vegetación	69
	4.5.3. Fauna	69
4.6.	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	69
	4.6.1. Unidades Geomorfológicas.....	69
4.7.	GEOLOGÍA LOCAL	72
	4.7.1 Rocas Sedimentarias	72
	4.7.2. Rocas Intrusivas	77



4.7.3. Brechas.....	79
4.8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	81
4.8.1. Primer Sistema de Fallas (Falla Taucane).....	81
4.8.2. Segundo Sistema de Fallas.....	81
4.8.3. Tercer Sistema de Fallas	82
4.8.4. Cuarto Sistema de Fallas.....	82
CAPÍTULO V	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1. ESPECTROMETRÍA (TERRASPEC).....	83
5.1.1. Descripción de Muestras	83
5.1.2. Resultado de Análisis de Espectrometría	85
5.2. GEOLOGÍA ECONÓMICA	88
5.2.1. Alteraciones Hidrotermales.....	88
5.2.2. Mineralización.....	90
5.2.3. Mineralogía	96
5.3. ESTUDIO DE MICROSCOPIA	96
5.3.1. Muestra N° 1	97
5.3.2. Muestra N° 2	100
5.3.3. Muestra N° 3	102
5.3.4. Muestra N° 4	104
5.3.5. Muestra N° 5	106
5.3.6. Muestra N° 6	109
5.3.7. Muestra N° 7	111
5.3.8. Distribución Elemental con SSD (Solid State Detector)	113
5.4. FASES DE MINERALIZACIÓN	115



5.5. PROGRAMA DE PERFORACIÓN DIAMANTINA	117
5.5.1. Sección 002	118
5.5.2. Sección 003	120
5.6. MODELO EXPLORATORIO DEL YACIMIENTO	122
VI. CONCLUSIONES	124
VII. RECOMENDACIONES	125
VIII. REFERENCIAS	126
ANEXOS	132

Área : GEOLOGÍA DE MINAS

Tema : EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

Fecha de Sustentación: 8 de enero 2020.



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa Geológico Regional. (De La Cruz, 1995)	37
Figura 2. Mapa de los Dominios Geotectónicos. (Carlotto et al., 2009).....	40
Figura 3. Bloques litosféricos. (Carlotto et al., 2005).....	42
Figura 4. Franja metalogénica de estaño en Sudamérica. (Chavez & Alayza, 2015)	47
Figura 5. Equipo de escaneo del espectrómetro. (Chavez N. & Alayza D., 2015)	55
Figura 6. Cartografiado geológico en área de estudio.....	62
Figura 7. Mapa de Ubicación del Proyecto Taucane.	65
Figura 8. Caudales medios mensuales al 75%. (Chavez & Alayza, 2015).	68
Figura 9. Mapa Geomorfológico.	71
Figura 10. Secuencias de areniscas sub-horizontales de la Fm. Huancané.	76
Figura 11. Principales formaciones estratigráficas.	76
Figura 12. Dique de Monzogranito con 15m de potencia y orientación 310°.....	78
Figura 13. A: Muestra de mano de monzogranito con textura porfirítica. B: En sección delgada fenocristales de cuarzo (qtz) redondeados y cristales de plagioclasas idiomórficos (pl).	78
Figura 14. A: Brecha de falla. B: Brecha con alineamiento de fragmentos producto de reactivaciones de la falla.	79
Figura 15. A: Fragmentos de arenisca anguloso y en matriz pirita, calcita y casiterita. B: Detalle de la muestra.....	79
Figura 16. Mapa Geológico local del Proyecto Taucane con estructuras mineralizadas.	80
Figura 17. Muestras para Terraspec en Sistema de Vetas Lorena. (Chavez & Alayza, 2015)	83



Figura 18. Muestra PM-121. Espectro de la illita asociada a montmorillonita.	84
Figura 19. Muestra PM-30. Espectro de la muscovita asociada a illita.....	85
Figura 20. Mapa de Alteraciones y Geoquímica de Sn.	87
Figura 21. Mapa de Alteraciones.....	89
Figura 22. Geología del proyecto Taucane mostrando una línea de Sección.....	90
Figura 23. Sección geología con secuencias sedimentarias cortada por diques de monzogranito y vetas.	90
Figura 24. Labor artesanal al NW, roca huesped de la veta Lorena es un dique de monzogranito (MZG) con leve cloritización.	91
Figura 25. Brecha mineralizada compuesta de clastos de arenisca de 3-4cm WK oxidados y MOD VLT FEOX (GT,LIM) cerca al contacto de arenisca y limolita. Pot=0.4m, longitud=10m, Az=310°/46°.....	92
Figura 26. Fotografía que muestra la dirección de la Veta Lorena.	92
Figura 27. A: Sondaje TAU008B, se muestra uno de los tramos mineralizados. B: Detalle de la mineralización masiva de galena argentífera.	93
Figura 28. A y B: Sondaje TAU007, reemplazamiento masivo de horizontes calcáreos por calcita, pirita y galena.	93
Figura 29. A, B y C: TAU004, mineralización de pirita cristalizada de grano medio a fino de aspecto terroso. D: En círculo rojo detalle de la mineralización de estaño color beige.	94
Figura 30. Sistema de vetas Kelly de rumbo NS al noroeste del proyecto Taucane.	95
Figura 31. A: TAU013 tramo 300.80-303.80, estructura de reemplazamiento (PO 50%, PY 30%, GN 8%, SP 3%, CCP 1%), calcita - siderita. B: TAU013 tramo 323.80-326.60, con mineralización igual que la anterior.....	96



Figura 32. A: Muestra N° 1 para análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). B: Metraje perforado de donde se obtuvo la Muestra N° 1.	97
Figura 33. Muestra N° 1 - Estimación cuantitativa puntual de la calcita (cal).	98
Figura 34. Muestra N° 1 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst) y la pirita (py).....	98
Figura 35. Cristales euhedrales de pirita (py) y casiterita (cst) en los bordes.	99
Figura 36. Pirita (py) cristalizada en forma granular y casiterita (cst) con formas aciculares y radiales.	99
Figura 37. Muestra N° 2 para análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). A: Muestra de mano. B: Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra. .	100
Figura 38. Cristales euhedrales de pirita (py) y casiterita (cst) aciculares y radiales. .	101
Figura 39. Pirita (py) en forma granular y rellenos de casiterita (cst) en espacios vacíos.	101
Figura 40. Muestra N° 3 para análisis SEM. A: Muestra de mano. B: Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.	102
Figura 41. Pirita (py) granular hospedando casiterita (cst) en sus espacios vacíos.	103
Figura 42. Casiterita masiva y con formas aciculares.	103
Figura 43. Muestra N° 4 para análisis SEM. A: Muestra de mano. B: Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.	104
Figura 44. Muestra N° 4 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst).	105
Figura 45. Muestra N° 4 - Estimación cuantitativa puntual de la arsenopirita (apy)...	105
Figura 46. Cristales de pirita (py) fracturados con relleno de casiterita (cst) y arsenopirita (apy).	106
Figura 47. Muestra N° 5 para análisis SEM. A: Muestra de mano. B: Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.	106



Figura 48. Muestra N° 5 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst).	107
Figura 49. Muestra N° 5 - Estimación cuantitativa puntual de varios elementos.....	107
Figura 50. Pirita (py) masivo y granular con rellenos de casiterita (cst).	108
Figura 51. Cristal de pirita (py) asociada con la casiterita (cst) masiva.	108
Figura 52. Muestra N° 6 para análisis SEM. A: Muestra de mano. B: Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.	109
Figura 53. Cristales de pirita (py) hospedando casiterita (cst) masiva.	110
Figura 54. Casiterita (cst) masiva y granular favorable respecto a la pirita (py).....	110
Figura 55. Muestra N° 7 para análisis SEM. A: Muestra de mano. B: Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.	111
Figura 56. Muestra N° 7 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst).	111
Figura 57. Muestra N° 7 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst) masiva.	112
Figura 58. Cristales de pirita (py) granulares hospedando casiterita (cst) aciculares..	112
Figura 59. Pirita (py) bien desarrollada con forma euhedral asociado a la casiterita (cst) radiales y aciculares bien cristalizadas.	113
Figura 60. Casiterita (cst) bien desarrolladas con hábito acicular y asociada a pirita (py) euhédrico granular.	114
Figura 61. Uso de detector de electrones retrodispersados (SSD) para determinar la distribución de elementos presentes en las muestras.	114
Figura 62. Sección 002 donde se muestra los sondajes TAU007 y TAU009. (Chavez N. & Alayza D.).....	119
Figura 63. Sección 003 donde se muestra los sondajes TAU002, TAU002B, TAU004, TAU008, TAU008B y TAU012. (Chavez N. & Alayza D.)	121



Figura 64. Modelo exploratorio del proyecto Taucane. (Chavez N. & Alayza D., 2015).

..... 122



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Macusani 29-V y Azángaro 30-V.....	38
Tabla 2 Propiedades físicas de la Casiterita (SnO ₂).	53
Tabla 3 Tabla de control de muestras para valoración de espectros.	56
Tabla 4 Plantilla para la valoración de espectros.	57
Tabla 5 Concesiones mineras tituladas.	64
Tabla 6 Vías de acceso al área del Proyecto.	66
Tabla 7 Secuencia Paragenética inferida de Taucane.	116
Tabla 8 Programa de perforación diamantina.....	117



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

SIGLAS:

DDH : Diamond Drill Hole

GPS : Sistema de Posicionamiento Global

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

SEM : Microscopía electrónica de barrido

SSD : Solid State Detector

UNIDADES DE MEDIDA:

cm : Centímetro

km : Kilómetro

m : Metro

mm : Milímetro

m s.n.m. : Metros sobre el nivel del mar

Ma : Millones de años

pH : Potencial hidrógeno

µm : Micras

ABREVIATURAS GEOLÓGICAS:

Ag : Plata

Apy : Arsenopirita

As : Arsénico

Au : Oro

Bi : Bismuto

CAL : Calcita

CMD : Cuarzo Monzodiorita



Ccp	: Calcopirita
Cst	: Casiterita
Cu	: Cobre
E	: Este
Fe	: Hierro
Fm.	: Formación
Gn	: Galena
Gpo.	: Grupo
N	: Norte
NE	: Noreste
Mg	: Magnesio
Mn	: Manganeso
Mo	: Molibdeno
MZD	: Monzodiorita
MZG	: Monzogranito
NE	: Noreste
NO	: Noroeste
Pb	: Plomo
Po	: Pirrotita
Py	: Pirita
Qz	: Cuarzo
S	: Sur
Sb	: Antimonio
Sd	: Siderita
SE	: Sureste



Sn	: Estaño
SO	: Suroeste
Sp	: Esfalerita
W	: Oeste
W	: Wolframio
Zn	: Zinc



RESUMEN

El presente estudio de investigación se enmarca esencialmente en el reconocimiento de nuevas zonas de interés en mineralización estannífera de la estructura mineralizada denominada Veta Lorena ubicada en el distrito de San José, provincia de Azángaro, región Puno. El objetivo del estudio es describir las características geológicas de la Veta Lorena e interpretar el comportamiento mineralógico del Sn en dicha estructura mineralizada. La presente tesis aplica la metodología de investigación descriptiva, la cual enmarca la descripción de las características geológicas de la estructura mineralizada en relación a la revisión bibliográfica, datos de campo, cartografiado geológico, muestreo geoquímico y perforaciones diamantinas; la metodología es explicativa para las interpretaciones y el análisis del comportamiento mineralógico del Sn, de acuerdo a los resultados de laboratorio respecto al estudio de espectrometría y estudio mineralógico. La estructura mineralizada presenta un sistema de fracturamiento con dirección (NO – SE) y buzamiento subvertical hacia el SO. Superficialmente en el área de estudio se determinó la presencia de vetillas emplazadas en las areniscas de la Formación Huancané ligadas a diques volcánicos monzograníticos. La estructura mineralizada se especifica como un yacimiento de tipo hidrotermal emplazada en vetas y mantos en distintos niveles de estratificación con mineralización de tipo semi masiva de Ag, Pb, Zn y Sn. De acuerdo con los trabajos de perforación diamantina y los estudios de laboratorio, se concluye que la mineralización está asociada a dos eventos principales: mineralización polimetálica Ag-Pb-Zn-Cu y mineralización de Sn.

Palabras Clave: Estudio geológico, mineralización estannífera, espectrometría, estudio mineralógico, perforación diamantina.



ABSTRACT

This research study is essentially framed in the recognition of new areas of interest in tin mineralization of the mineralized structure called Veta Lorena located in the district of San José, province of Azángaro, Puno region. The objective of the study is to describe the geological characteristics of the Lorena Vein and to interpret the mineralogical behavior of Sn in said mineralized structure. This thesis applies the descriptive research methodology, which frames the description of the geological characteristics of the mineralized structure in relation to the bibliographic review, field data, geological mapping, geochemical sampling and diamond drilling; the methodology is explanatory for the interpretations and analysis of the mineralogical behavior of Sn, according to the laboratory results regarding the spectrometry study and mineralogical study. The mineralized structure presents a fracturing system with direction (NW - SE) and subvertical dip towards the SW. Superficially in the study area, the presence of veinlets located in the sandstones of the Huancané Formation linked to monzogranitic volcanic dikes was determined. The mineralized structure is specified as a hydrothermal-type deposit located in veins and mantles at different stratification levels with semi-massive mineralization of Ag, Pb, Zn and Sn. According to the diamond drilling works and the laboratory studies, it is concluded that the mineralization is associated to two main events: Ag-Pb-Zn-Cu polymetallic mineralization and Sn mineralization.

Keywords: Geological study, stanniferous mineralization, spectrometry, mineralogical study, diamond drilling.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, las etapas de prospección y exploración minera en diversos proyectos localizados en la región Puno, que comprende la Cordillera Oriental y la precordillera de Carabaya, se ha vuelto de gran importancia en distintos puntos estratégicos que alberga mineralización polimetálica principalmente con contenido de estaño. Se ha venido desarrollando varios estudios exploratorios en el sur del país, el cual ha servido como base fundamental para cuantificar y describir anomalías para tomar decisiones en los programas exploratorios.

Cabe mencionar que la Unidad Minera San Rafael posee gran potencial en la extracción de dicho mineral estratégico. Las influencias y las distintas vertientes mineralógicas en la zona de estudio nos indican cuan extenso podría llegar a desarrollar dichas anomalías con gran potencial estannífero, pero existen zonas competentes donde podría darse una respuesta positiva en el desarrollo de estudios avanzados.

Es esencial describir y cuantificar dichos recursos minerales, en base a un trabajo de interpretación geológica de todas las zonas estratégicas, para proponer proyectos de perforación diamantina y actividades de estudio exploratorio.

Por lo tanto, el incremento de recursos minerales es primordial para el hallazgo de nuevos yacimientos y estructuras mineralizadas de gran potencial estannífero, por lo tanto, el estudio geológico y análisis mineralógico del mineral de estaño en la veta Lorena, nos brindará información sobre las características y la asociación mineralógica con el que se desarrolló en su estado natural de formación.



El estudio exploratorio es una fase de estudio fundamental para dichos hallazgos y se demuestra en cada etapa del estudio, aplicando diversas técnicas operativas de forma directa e indirecta para la obtención de información valiosa que contribuyen a un fin principal, y es motivo principal de la realización del presente estudio de investigación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La importancia de los hallazgos mineralógicos de Sn en la franja metalogénica de mineralización polimetálica cercanas a la unidad minera San Rafael, nos proporciona un gran interés por desarrollar estudios de prospección y exploración geológica para localizar hallazgos como la estructura mineralizada denominada Veta Lorena, motivo por el cual se requiere describir las características geológicas, su proceso de formación y evolución. Inicialmente en la zona de estudio se tuvieron indicios de estructuras mineralizadas de menor magnitud y se desconocía la fuente de donde provenían dichas estructuras mineralizadas.

Según estudios anteriores, se tuvo un reconocimiento inicial de la zona de estudio, donde se encontraron estructuras que afloran en el área de estudio, con una longitud discontinua de aproximadamente 1000m, con anchos que varían entre 0.10-1.50m, formando pequeños clavos en la unión de dos estructuras, que en varios casos fueron explotados artesanalmente por los habitantes del sector.

La estructura mineralizada se emplaza cortando areniscas de la Formación Huancané, limolitas del Grupo Moho y los diques monzograníticos, lo cual probaría que los fluidos mineralizantes son posteriores a la intrusión; las rocas encajonantes se encuentran con moderada a fuerte argilización. Superficialmente en el área de estudio, existen numerosas ocurrencias mineralizadas, conformada por una variedad de elementos como Sn, W, Sb, Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Mn, Fe y Mo.



Debido a la ocurrencia de dichos hallazgos anteriormente en estudios de expansión, se prioriza un estudio detallado para describir las características geológicas de la veta Lorena e interpretar el comportamiento mineralógico del Sn para identificar el área de interés de la estructura mineralizada del Proyecto Taucane.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La estructura mineralizada (veta Lorena) en el Proyecto Taucane, cuenta con algunos estudios de caracterización geológica en una primera etapa, pero aún no se cuenta con información necesaria que describa las características geológicas a detalle y la interpretación del comportamiento mineralógico para determinar las dimensiones de dicha estructura mineralizada, en tal sentido, ubicar zonas de interés para un hallazgo significativo de mineralización en contenidos de Sn.

Estos hechos han motivado realizar un trabajo de investigación en forma sistemática y selectiva con aplicación de criterios geológicos en la zona de estudio. Por lo tanto, es imprescindible interpretar el comportamiento de la mineralización a profundidad de la veta Lorena y tener una idea del descubrimiento de zonas de interés para el hallazgo de Sn.

1.2.1. Problema General

De acuerdo con el planteamiento del problema nos lleva a la formulación de la siguiente interrogante:

- ¿De acuerdo con el estudio geológico se podrá describir las características geológicas e interpretar el comportamiento mineralógico del Sn en la veta Lorena del Proyecto Taucane?



1.2.2. Problemas Específicos

Y como interrogantes específicos se tienen formuladas las siguientes:

- ¿Con el estudio geológico lograremos describir las características litológicas, estructurales y mineralógicas de la veta Lorena mediante perforaciones diamantinas?
- ¿Se logrará interpretar el comportamiento mineralógico del Sn en la veta Lorena del Proyecto Taucane?

Dar respuesta a estas interrogantes a través del presente estudio ha sido el objetivo fundamental de la presente investigación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la información recopilada sobre la mineralización ubicada en la zona de investigación, así como la existencia de cuerpos de sulfuros polimetálicos que afloran en la zona del Proyecto Taucane, se describe con mayor amplitud las características geológicas e interpreta el comportamiento mineralógico para identificar el área de interés en Sn de la estructura mineralizada del Proyecto Taucane.

Los estudios relacionados a estas estructuras mineralizadas previamente son escasos, se tienen trabajos realizados en el área de estudio por pobladores de la zona o labores antiguas las cuales fueron exploradas por los lugareños y personas interesadas en el hallazgo de mineralización de interés, ello muestra que no se efectuaron estudios de gran nivel o detallado en el área de estudio. Se tiene en cuenta los tipos de justificación como son:



1.3.1. Justificación Teórica

La investigación tiene por esencia buscar las soluciones a problemas científicos, es muy importante estar seguros de que la zona de estudio nos ayuda a entender con mayores detalles el comportamiento de este tipo de yacimiento.

1.3.2. Justificación Práctica

Aplicando el conocimiento teórico a la práctica, se estará resolviendo un problema del conocimiento científico sobre el análisis de la estructura mineralizada en el Proyecto Taucane.

1.3.3. Justificación Metodológica

Empleando la metodología descriptiva y analítica en relación con datos de campo y mediante métodos científicos se obtendrán los resultados requeridos para el estudio del Proyecto Taucane, una vez que sean demostrados su validez y confiabilidad podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

El estudio geológico nos ayudará a describir las características geológicas e interpretar el comportamiento mineralógico del Sn en la veta Lorena en el Proyecto Taucane.

La importancia del cumplimiento de las etapas de estudio como la prospección geoquímica, el cartografiado geológico, las perforaciones diamantinas y su posterior análisis e interpretación en laboratorio y gabinete, son indispensables para determinar los puntos específicos de mineralización en contenido de Sn para determinar nuestra zona específica de interés.



De acuerdo con la mención, se deduce como una hipótesis alternativa motivo por el cual se le dará una respuesta efectiva realizando el presente proyecto de investigación.

1.4.2. Hipótesis Específicos

- El estudio geológico, permitirá describir las características litológicas estructurales y mineralógicas de la veta Lorena mediante perforaciones diamantinas.
- La interpretación de la estructura mineralizada nos ayudará a determinar el comportamiento mineralógico del Sn en la veta Lorena del Proyecto Taucane.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

- Describir las características geológicas e interpretar el comportamiento mineralógico del Sn en la veta Lorena del Proyecto Taucane.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Describir las características litológicas, estructurales y mineralógicas de la veta Lorena mediante perforaciones diamantinas.
- Interpretar el comportamiento mineralógico del Sn en la veta Lorena del Proyecto Taucane.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Alayza (2016), en su tesis de pregrado titulado: “Generación de un modelo exploratorio local mediante la caracterización de la ocurrencia polimetálica del prospecto Taucane en la pre cordillera de Carabaya-Puno”, describe los hallazgos en la zona de estudio en relación a estudios previos efectuados en la campaña en mención de la presente tesis, en el cual desarrolla las primeras etapas de estudio conforme al programa de prospección geológica para determinar la génesis de la mineralización propias del tipo de yacimiento en estudio.

Chavez & Alayza (2015), en su reporte técnico denominado “Reporte Técnico Exploración Proyecto Taucane” se desarrolló un informe que muestra los trabajos realizados a mediados del año 2014, en ella se muestra las primeras actividades de perforación diamantina con la finalidad de obtener información geológica de las vetas Lorena y Kelly, dichos trabajos exploratorios concluyeron a inicios del año 2015, de acuerdo con los resultados se obtuvieron valores favorables de Ag y Pb.

Villon (2013), efectúa un reporte técnico titulado: “Exploración Regional Puno (Sn)”, dichos estudios mencionan las principales formaciones geológicas que se establecen en el área de estudio con importantes indicios de mineralización en Sn, los estudios enmarcan gran parte de noroeste de la región de Puno, los hallazgos en mineralización de elementos importantes como de Sn y Au impulsaron a establecer programas de exploración geológica a nivel local para determinar targets que puedan evidenciar el potencial mineralógico del área de estudio.



Bendezú (2010), desarrolla un reporte técnico que se establece principalmente en la provincia de Azángaro y región de Puno, en su estudio establece su principal hallazgo de Sn en estructuras presentes en el área de estudio, dichas estructuras mineralizadas, asimismo, contienen importantes valores de Ag, Zn y Pb, dicho hallazgo representa un importante objetivo para la exploración, los valores determinan que es una zona propiamente de mineralización polimetálica pero que requiere una especial atención para dar continuidad a los hallazgos que podrían darse al realizar una prospección geológica a detalle.

Lazo (2008), en un informe técnico que desarrolló que titula: “Informe de programa de perforación diamantina Proyecto Taucane Este”, nos muestra los primeros antecedentes de mineralización polimetálica que es de principal atención para la empresa Minsur S.A, ésta primera campaña de perforación por parte de la empresa en la zona de estudio, reveló importantes estructuras mineralizadas que se interceptaron como mantos y vetas con presencia de Ag, Pb, Zn, Cu y anomalías de Sn en el target denominado como Taucane Este, asimismo, el hallazgo de dichas anomalías no fueron muy importantes respecto a los valores que se proyectaron inicialmente, por lo tanto, los objetivos trazados inicialmente no obtuvieron resultados favorables en dicho programa de perforación que se tuvo en el año 2008.

Salcedo, Lazo & Chavez (2007), a mediados del 2007 se efectuó un estudio de reconocimiento geológico en el prospecto Taucane-Canuni, en el estudio desarrollado se tuvieron los primeros indicios de estructuras mineralizadas (vetas) en la superficie con anomalías de estaño, éstos primeros indicios dieron a conocer la existencia de algunos posibles targets que en su momento dieron realce a formular nuevos objetivos de prospección en la zona de estudio.



De La Cruz (1995), en relación con el estudio efectuado y mostrado en el Boletín N° 58, serie A del INGEMMET, que titula: “Estudio geológico de los cuadrángulos de Velille, Yauri y Azángaro”, en la zona de estudio se detalla de manera genérica un área polimetálica (Pb, Ag, Cu) en prospectos y zonas de interés, pero no se tienen estudios que mencionen propiamente a Taucane y/o labores artesanales halladas en la zona en sus registros históricos.

2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona del desarrollo del estudio efectuado de Taucane se ubica en la ecorregión altiplánica de la puna que en relación con la altitud se encuentra desde los 4000 hasta los 5200 m de altitud. El relieve del área de estudio presenta mesetas propiamente de la región y las zonas onduladas, es predominante la disposición de lagos y pequeñas lagunas que se extienden y se pierden de acuerdo con las precipitaciones pluviales presentes en la región en los meses de diciembre a marzo.

El área de estudio y las zonas de influencia con el proyecto Taucane comprende dos unidades morfoestructurales propiamente que son: El Altiplano y la Cordillera Oriental.

2.2.1. Unidades Geomorfológicas

2.2.1.1. Cordillera Oriental

Comprende formaciones de montañas y demás morfoestructuras que fueron originadas en el Paleozoico, en sus inicios se dieron lugar en el tectonismo hercínico y en el periodo Devónico, en el cual se establecieron las deformaciones de las formaciones propiamente del paleozoico. La formación de esta cordillera se origina en este periodo del paleozoico y tiene como base a las formaciones propiamente del precámbrico.



La cordillera oriental se encuentra dispuesto de sur a norte del Perú de manera paralela a la cordillera occidental y en la zona sur se presenta una deflexión muy importante de este a oeste en el cual tenemos una metalogenia propia de yacimiento auríferos y contenidos metálicos bien marcados. (Martínez & Monge, 2000)

2.2.1.2. El Altiplano

El altiplano es una unidad geomorfológica que está ligada a la zona sur oriental de nuestro país, las altitudes varían de acuerdo con la proximidad de la cordillera oriental, éstas van de 4000 a 4300 m de altitud, asimismo, se presentan unidades de montañas y conos volcánicos que oscilan entre los 5000 m de altitud y en la región predomina la cordillera del Barroso. (Palenque & Estremera, 2008)

2.3. PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

2.3.1. Procesos Endógenos

Estos procesos son propios del interior de la capa superficial de la corteza de nuestro planeta, propiamente en estos ambientes se disponen los distintos eventos orogénicos que implica el origen de las cadenas de montañas y cordilleras en nuestro país y también los epirogénicos que implican los fenómenos de deformaciones que se presentan en estos ambientes naturales. (Lugo Hubp, 2010)

2.3.2. Procesos Exógenos

Los fenómenos exógenos se producen propiamente por agentes de meteorización, erosión, gelifracción, entre otros; estos agentes que se presentan en la zona de estudio son propias del viento, agua, gravedad, temperatura, radiación solar, humedad, entre otros. (Lugo Hubp, 2010)



2.3.3. Procesos Bióticos Y Antrópicos

En el primer caso son procesos que relacionan a la interacción del hombre con los seres vivos (plantas y animales), dicha interacción produce cambios en relación a las actividades propiamente de los seres vivos in situ, el intercambio energético que se presenta produce los fenómenos bióticos en la naturaleza.

Los procesos antrópicos, propiamente es el actuar del hombre en relación a su interacción con los procesos de transformación e intercambio de fuentes de materia y energía que establece en su entorno en la naturaleza, el hombre interactúa directa o indirectamente con éstas fuentes y es donde se produce una transformación, una de las principales actividades que se identifica del hombre es la actividad agrícola, la siembra de productos naturales para su alimentación, la crianza de animales para obtener fuente de alimentación. (Carmona, 2014)

2.4. FACTORES GEOMORFOLÓGICOS

2.4.1. Factor Estructural

Estos factores se identifican con respecto a las esfuerzos y deformaciones de la corteza con relación a las formaciones geológicas que se presentan en la zona de estudio, estos esfuerzos desarrollados a lo largo del tiempo geológico muestran la intensidad de la geodinámica que desarrolló posteriormente estructuras y formas en el relieve terrestre que se presentan en las formaciones geológicas actualmente, dichas geoformas son muy diversas y obedecen a patrones diferentes de eventos geológicos.

Las deformaciones son propias del tectonismo a nivel regional que se dio referente a importantes estructuras geológicas como fallas y pliegues, los cuales se tienen presente en nuestra región como parte de la caracterización geológica del área de estudio. (Palacios & Marcos, 1996)



2.4.2. Factor Litológico

El factor litológico es fundamental para determinar las geoformas en el área de estudio como tal se establece en la región de Puno, estas formaciones litológicas conforman la distribución de rocas de origen sedimentario en los cuales se presentan intrusiones de estructuras como diques de rocas ígneas. (Lugo Hubp, 2010)

2.4.3. Factor Erosional

El relieve terrestre básicamente estará ligada a la composición mineralógica de estas formaciones, el agente erosivo y de meteorización actuarán en las rocas de acuerdo con su distribución en la naturaleza, la resistencia a la erosión de las rocas implicará a la formación de crestas, planicies, elevaciones abruptas, entre otros. (Lugo Hubp, 2010)

2.5. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

2.5.1. Rocas Sedimentarias

2.5.1.1. Grupo Ambo (Ci – a)

Fue identificado por Newell (1949), dicha formación se distribuye a lo largo del Altiplano en el sur del país, presenta muchas geoformas de moderada a escabrosa, subyace a la Fm. Ananea y se extiende por debajo del Gpo. Tarma.

Su litología está compuesta por areniscas, lutitas, conglomerados que afloran cercanos a la cordillera oriental, estas intercalaciones son producto de origen continental, ambientes pantanosos.

2.5.1.2. Grupo Tarma (Cs – t)

Nombrado así por Newell (1946), se encuentra establecida por una serie pelítica y calcárea que se encuentra dispuesta en la zona central de nuestro país. Litológicamente está compuesta por una secuencia de limo arcillas, areniscas y calizas, los cuales se encuentran en simetrías que varían de estratos potentes y delgadas, las areniscas presentan



un grano fino y están cementadas con material calcáreo y se presentan laminaciones horizontales.

2.5.1.3. Grupo Copacabana (Pi – c)

Según Douglas (1920), identifica una serie de estratos pelíticos y calcáreos en la localidad del mismo nombre, el cual se extiende a lo largo del Lago Titicaca hasta Bolivia, estas formaciones están compuestas por escarpas bien pronunciadas que se encuentran en planos estratificados. Litológicamente se conforma de calizas micríticas con una potencia de 500 m, los cuales tienen intercalaciones con calizas arenosas y limo arcillas con composición calcárea distribuidas en estratos bien potentes.

Estas formaciones que se encuentran notoriamente identificados a lo largo del altiplano, las rocas se visualizan con gran facilidad por sus características físicas respecto a su coloración característico. Las estratificaciones de caliza que presentan microfósiles y algunas intercalaciones de lutitas carbonosas, los cuales se distinguen por el ambiente de formación que queda bien diferenciada. El Gpo. Copacabana en la parte inferior está compuesta por intercalaciones de arenisca calcárea y culmina en una serie de estratos propiamente calcáreos.

2.5.1.4. Grupo Mitu (Ps – mi)

Denominado así por Mc Laughlin (1924), se encuentra aflorando en el centro de nuestro país, el cual viene extendiéndose referente a la cordillera oriental y presenta muchas secuencias de origen volcánico, éstas secuencias se encuentran distribuidas formando distintas geoformas que se distinguen a lo largo de la cordillera, ello es muy importante para su fácil distinción con otras secuencias el cual se puede diferenciar rápidamente.



Litológicamente se compone de secuencias clásticas con intercalaciones de areniscas rojas y la otra secuencia propiamente volcánica el cual se dispone de fonolitas y lavas andesíticas porfiríticas y de composición microcristalina de feldespato potásico, cuarzos, plagioclasa, piroxeno y anfíbol; éstas secuencias vienen intercaladas por areniscas de composición arcósica.

2.5.1.5. Formación Muni (Kis-m)

Identificado por De la Cruz (1995), en el cual se describen dichas formaciones principalmente en el Cerro Surupana.

Litológicamente se compone de limolitas, arenisca con serie de composición feldespática bien definido con intercalaciones de limolitas y arcillolitas de coloración rojiza y tonalidades que varían de gris verdosa a violácea y colores blanquecinos con intercalaciones de calizas que presentan fósiles y algunas capas delgadas de yeso de manera puntual.

2.5.1.6. Formación Huancané (Ki-hua)

Denominado así por Newell (1949), dicha formación se encuentra establecida propiamente en la localidad de Huancané de la región de Puno, su formación es particular y típica por la coloración rojiza que presenta.

Litológicamente comprende la secuencia de areniscas limolitas rojizas que forman una estratificación bien reconocida, asimismo, se comprende de material arenoso y una secuencia de conglomerados que claramente vienen a ser de origen continental, las estratificaciones presentan muchos rastros de erosión de ambiente fluvial producto de transporte producido por el viento.



2.5.1.7. Grupo Moho (Kis-mo)

Identificado principalmente por Newell (1949), está compuesto por secuencia de areniscas y arcillas de coloración rojiza, el cual tiene intercalaciones con limos de capas delgadas, asimismo, se diferencia principalmente una secuencia de lutitas con intercalación de limolitas de coloración gris a marrón.

2.5.2. Rocas Intrusivas

2.5.2.1. Cuarzo Monzodiorita

Son rocas intrusivas que presentan distintas estructuras como diques que se componen de minerales principales de grano medio, se compone principalmente de 5 a 10% de cuarzo, feldespato potásico 4 a 5%, plagioclasa 25 a 30%, y biotita como mineral accesorio (Calsina & Campos, 2014).

2.5.2.2. Monzodiorita

Es una roca intrusiva que se presenta con distintas formas de acuerdo con su estructura, la composición mineralógica de la monzodiorita está conformada principalmente de 50 a 45% de plagioclasa, 4 a 5% de feldespato potásico, <5% de cuarzo, 16% de hornblenda y 5 a 4% de biotita (Quispe Sanchez, 2020).

2.5.2.3. Monzogranito

Es una roca intrusiva que presenta distintas estructuras de formación de acuerdo a las condiciones de formación, mineralógicamente está compuesta por 5 a 10% de cuarzo, 40 a 45% de feldespato potásico, 35 a 40% de plagioclasa y 5 a 7% de biotita, estos porcentajes pueden ser variables de acuerdo al ambiente formación y su distribución de acuerdo a los elementos presentes en dicho ambiente, por lo general, se presentan en diques.

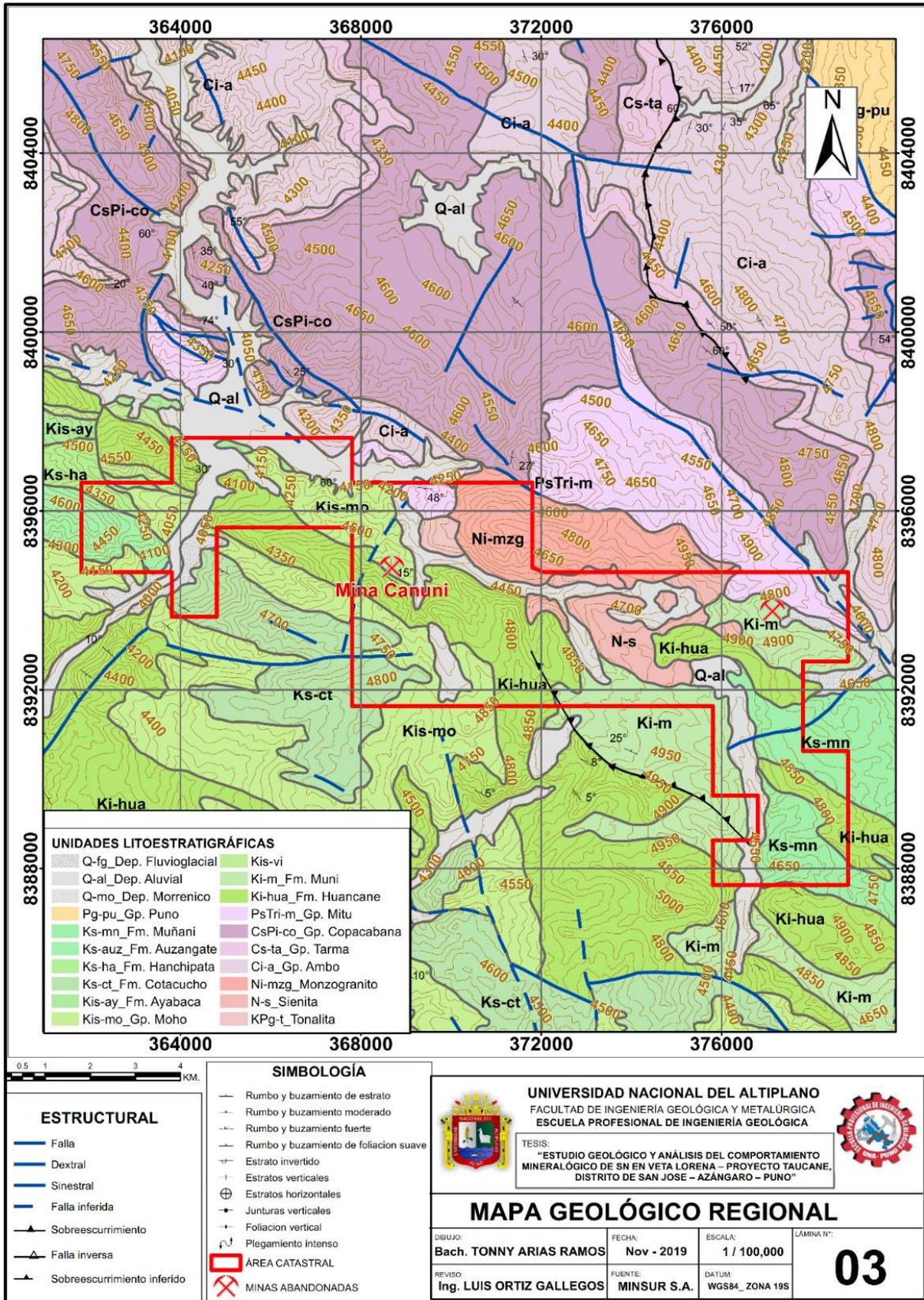


Figura 1. Mapa Geológico Regional. (De La Cruz, 1995)

Tabla 1.
Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Macusani 29-V y Azángaro 30-V.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRAESTRATIGRÁFICA		DESCRIPCIÓN	INTRUSIVOS						
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. Aluviales	Qh-al	Gravas y arenas en matriz arenolimosas, incluye depósitos coluviales y de terraza.							
			Dep. Glaciofluviales	Qh-gf	Gravas subredondeadas a subangulosas en matriz arenolimosas intercaladas con arenas.							
			Dep. Glaciares	Qh-gl								
		PLEISTOCENO	Dep. Fluvioglaciares	Qh-fg	Gravas, arenas en matriz limoarenosas. Arenas y materiales residuales no consolidados.							
			Dep. Morrénicos	Qpl-mo	Bloques y gravas angulosas a subangulosas en matriz arenosa limosa.							
	NEOGENO	PLIOCENO	Fm. Arco Aja		Np-ar				(50 m.) Conglomerados polimícticos de clastos subredondeados a subangulosos mal clasificados en matriz arcillosa, intercalados con areniscas limosas y limoarcillitas rojizas.	Subvolcánicos	N-ri	Riolitas
				Mbo. Yapamayo	Np-ya				(500 m.) Toba blanco grisáceas de composición riolítica, sin estratificación definida.			
			Mbo. Chacacuniza	Nm-ch	(200 m.) Tobas litoclásticas bien estratificadas de composición riolítica con cristales de cuarzo, plagioclasa, feldespatos potásico, sanidina, biotita y líticos volcánicos.							
			Fm. Cayconi	PN-ca	(150 m.) Basaltos gris oscuros de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasas de olivino.							
	PALEOCENO	OLIGOCENO							Yurac Apacheta	Nm-yu/mgr	Monzogranito	
		EOCENO	Gpo. Puno	P-pu	(80 m.) Conglomerados polimícticos (clastos subredondeados a subangulosos de calizas, cuarzitas, areniscas rojas) en matriz areniscosa intercaladas con areniscas conglomerádicas.				San Francisco de Quenamari	Nm-sf/mgr	Monzogranito	
			PALEOCENO	Fm. Auzangate	KsP-au				(400 m.) Areniscas arcóscas, lodolitas y limoarcillitas rojizas en estratos medianos gruesos con laminación paralela.	Yurac Apacheta	Nm-yu/mgr	Monzogranito
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Fm. Vilquechico	Ks-vi	(350 m.) Areniscas cuarzosas y arcosas gris blanquecinas intercaladas con limoarcillitas laminares gris verdosas, violáceas y oscuras.							
			Gpo. Moho	Fm. Ayavacas	Kis-ay				(20 m.) Calizas micríticas, silicificadas con nódulos de chert.			
		INFERIOR	Fm. Viluyo	Ki-vi	(<150 m.) Areniscas cuarzosas y arcóscas estratificadas con limoarcillitas rojas laminares.							
			Fm. Huancane	Ki-hn	(<200 m.) Areniscas cuarzosas de grano medio, color blanquecino, ocasionalmente se intercalan areniscas rojas.							
	JURÁSICO	SUPERIOR	Fm. Muni	JsKi-mu	(100 m.) Limoarcillitas intercaladas con lodolitas y areniscas arcóscas marrón rojizas, en estratos medianos a delgados con laminación paralela y sesgada con nódulos y lentes de yeso.							
	PALEOZOICO	PERMIANO	SUPERIOR	Gpo. Mitu	PsT-mi				(500 m.) Lavas andesíticas porfíricas de naturaleza plagiofírica y en menor cantidad feldespatos potásico, cuarzo, piroxenos y anfíboles, brechas con litoclastos volcánicos de color rojizo.	Coasa	PTr-co/gr	Granodioritas
INFERIOR			Gpo. Copacabana	Pi-c	(300 m.) Calizas micríticas y espáticas gris claras con niveles de dolomitas y calizas nodulares en la base.							
CARBÓNIFERO		SUPERIOR	Gpo. Tarma	Cs-t	(200 m.) Calcarenitas beige y rojizas con areniscas feldespáticas verdes, intercaladas con calizas micríticas grises.							
		INFERIOR	Gpo. Ambo	Ci-a	(800 m.) Areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras con estratificación sesgada intercaladas con limoarcillas negras carbonosas y voláceas.							
SILÚRICO			Fm. Ananea	SD-a	(>1000 m.) Pizarras y filitas gris oscuras intensamente fracturadas con venillas de cuarzo.							
DEVÓNICO												

Fuente. De La Cruz (1996)



2.6. TECTÓNICA

La tectónica que se establece en nuestro país se establece en relación con los dominios que se presentan de acuerdo a su formación en el tiempo geológico, estos dominios presentan una particularidad de acuerdo a su distribución y los esfuerzos geotectónicos que dieron lugar a la formación de muchos eventos de gran relevancia en nuestro país.

Los dominios tectónicos vienen siendo controlados por los sistemas de fallas a nivel regional que se extienden a lo largo de las regiones en nuestro país, sus inicios dieron lugar a establecer formaciones de origen sedimentario, asimismo, producto del magmatismo y la orogenia, los cuales establecen los distintos periodos de formación y las características geológicas. (Carlotto, 2010)

En nuestro país estos dominios tectónicos presentan muchas particularidades con respecto a su potencia de acuerdo con la zona de la corteza en los cuales se establecieron sus anomalías y en tanto, se distinguen las estructuras relacionado a cada uno.

Los dominios tectónicos que se establecieron en nuestro país de acuerdo con lo mencionado son trece: Arico-Mollendo-Tacna, Pisco-Chala, Cordillera Oriental, Altiplano Oriental, Altiplano Occidental, Cordillera Occidental, Casma, Zona Subandina, Llanura Amazónica, Alto Condora-Caylloma, Amotapes, Sechura-Lancones y Olmos-Loja. (Mamani et al., 2009)

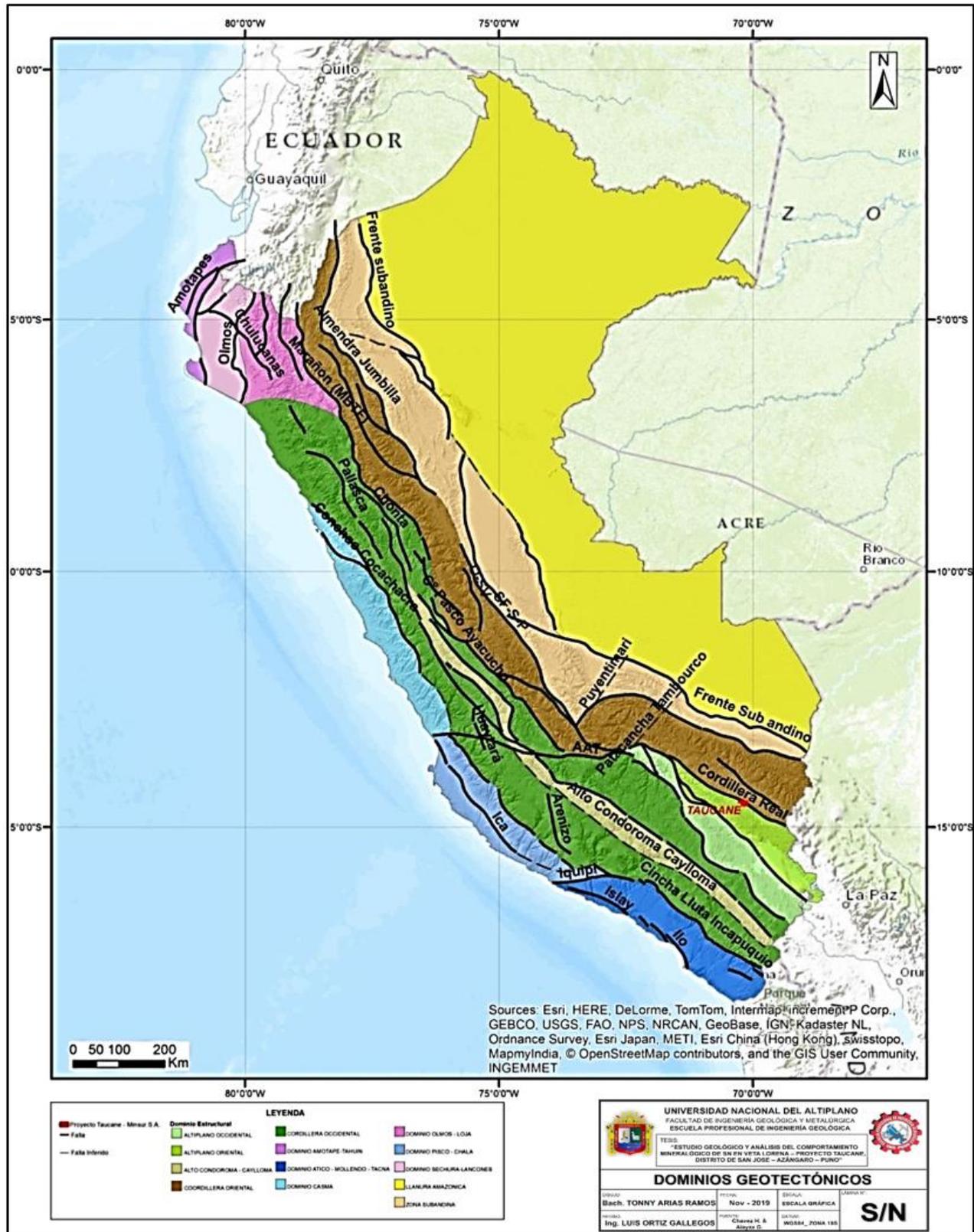


Figura 2. Mapa de los Dominios Geotectónicos. (Carlotto et al., 2009)



2.6.1. Dominio Cordillera Oriental

Éste dominio se caracteriza fundamentalmente por basamentos de rocas metamórficas y formaciones de rocas sedimentarias paleozoicas los cuales estuvieron afectadas por esfuerzos compresivos de un tipo de cuenca de antepaís y de ambiente de divergencia propiamente de un ambiente de trasarco los cuales dieron lugar a la formación de éste dominio que se extiende a lo largo de la zona sureste de nuestro país con una importante extensión y de control estructural y geotectónico que se presenta al norte de la región de Puno. Se presentan muchos sistemas de fallas que vienen a desarrollarse en el Paleozoico y en el Mesozoico. (Carlotto et al., 2009)

2.6.2. Dominio Altiplano Occidental

Se encuentra dispuesta a lo largo del dominio de la cordillera occidental y, asimismo, se encuentra en relación con la dirección del altiplano oriental, este dominio se compone principalmente por rocas de origen volcánico y rocas basálticas del Oligoceno.

Este dominio se dio origen en el Mesozoico dando lugar a importantes sistemas de fallas como el Sistema de Fallas Cusco – Lagunillas – Mañazo y Urcos – Sicuani – Ayaviri. (Carlotto et al., 2009)

2.6.3. Dominio Altiplano Oriental

Se encuentra establecido entre los dominios de altiplano occidental y la cordillera oriental, las estructuras dominantes en el altiplano se encuentran controlado por las principales fallas estableciendo un sistema bien enmarcado denominado Urcos-Sicuani-Ayaviri, principalmente se puede identificar esta cuenca tectónica en la localidad de Putina.

De acuerdo con el tiempo geológico, el dominio se estableció en el mesozoico y posteriormente se establecieron procesos sedimentarios y actividades magmáticos que son típicos del cenozoico y se establecieron distintas formaciones controladas estructuralmente por estos eventos de gran magnitud estableciendo una convergencia, asimismo, se tuvieron zonas de subducción. (Carlotto et al., 2009)

De acuerdo a los eventos geotectónicos de este dominio se conformaron fallas muy importantes que brindaron estructuras de mineralización polimetálica, asimismo, se dieron importantes hallazgos de yacimientos y puntos de interés en la prospección de estaño en la zona de estudio, uno de éstos principales yacimientos que se tienen en el país es la de San Rafael, el cual está en proceso operativa para la extracción de éste mineral que tiene gran relevancia en nuestro país, siendo una reserva muy importante el cual se requiere mantener y mejorar. (Clark et al., 1984)

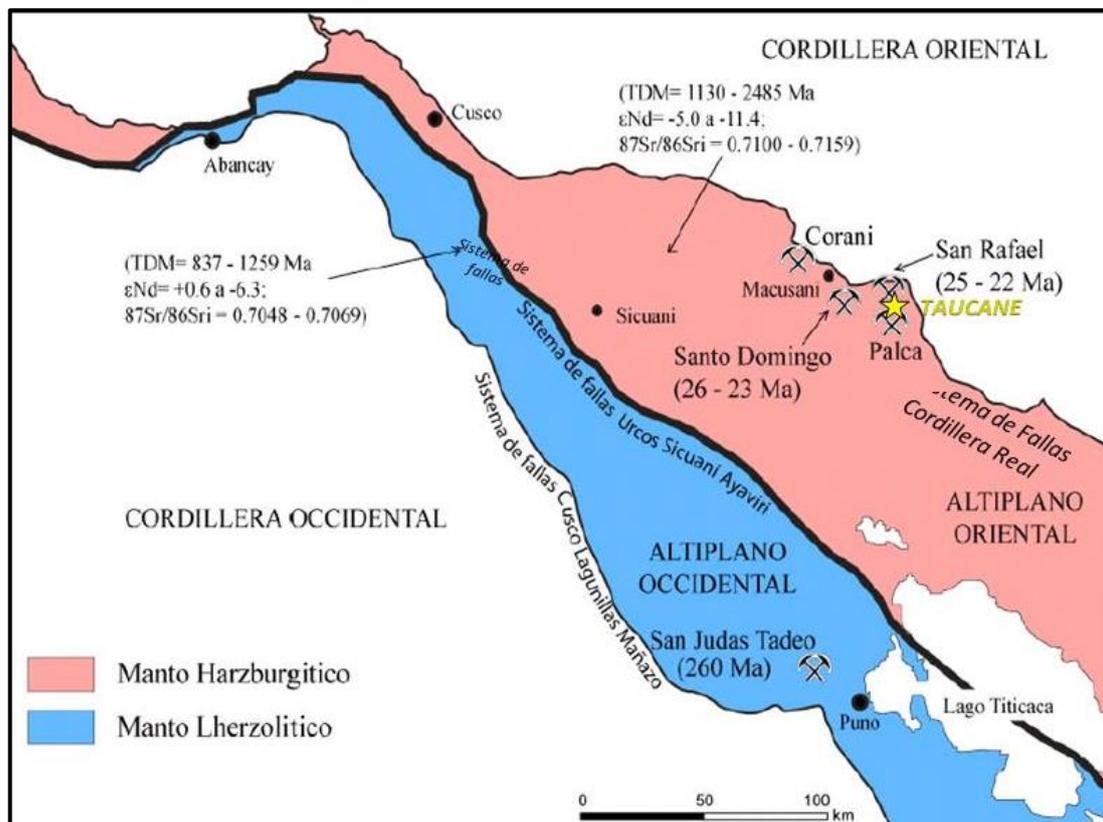


Figura 3. Bloques litosféricos. (Carlotto et al., 2005)



2.7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

En esencia, la geología estructural forma un papel muy importante en el control de las geoformas que se encuentran distribuidas a lo largo de la región y la zona de estudio, los esfuerzos compresivos o de distensión se establecen en la corteza de acuerdo a las formaciones litológicas que se presentan constituidas y estas vienen controlando la mineralización en las zonas de interés, estas estructuras nos apoyan a identificar cuales fueron los esfuerzos que dominan en todo el área de estudio, la interpretación de estos esfuerzos se basa en el análisis del comportamiento estructural que nos ayudará a reconocer mejor el tipo de yacimiento que se desea identificar y las posibles zonas gran interés con respecto a la geología económica. (Hobbs, 1981)

La interpretación estructural es importante para entender los esfuerzos que determinaron las estructuras en la formación geológica, éstas pueden ser favorables para el hallazgo de algún recurso en particular o básicamente para entender la geología del área de estudio, muchas veces será de acuerdo al objetivo que se requiere conseguir, generalmente ello nos apoyará a entender mejor cuales fueron los esfuerzos responsables de controlar las estructuras mineralizadas, éstas pueden favorecer o desfavorecer de acuerdo a la interpretación realizada, los métodos de estudio pueden ser cambiantes y darse de muchas maneras. (Hobbs, 1981)

2.7.1. Falla

La falla es una estructura geológica que se establece de acuerdo a uno o mas esfuerzos que provoca un desplazamiento entre bloques en una dirección que se dispone en paralelo al plano de ruptura, éste fenómeno produce una zona de cizallamiento en el cual se presenta un relleno de material arcilloso o gouge que es producto de la fricción de éstos bloques de roca, generalmente éstos esfuerzos acompañan zonas de ruptura



paralelas entre sí que por lo general son de menor intensidad que la ruptura principal pero que de igual forma forman un control muy importante en la resistencia del macizo rocoso, asimismo, estas estructuras geológicas pueden venir acompañados de fluidos mineralizados que podrían emplazarse a lo largo de éstas estructuras y formen estructuras mineralizadas de acuerdo a un control estructural inicial y con el análisis respectivo se identifique el origen de las mismas.

Las fallas pueden estar distribuidas de acuerdo con su intensidad y los esfuerzos cortantes que se presenten en ellas, de acuerdo con ello, el ancho de la falla puede variar de centímetros a varios metros, de acuerdo con la longitud puede variar de cientos de metros a kilómetros, ello dependerá si es que se formó a nivel local o regional, en tanto, estas formaciones también se distribuyen de acuerdo con los movimientos que puedan haber ocasionado dicha estructura geológica. (Niemeyer, 1999)

Las fallas se presentan de distinta forma, éstas pueden desarrollarse con mucha o poca magnitud, de acuerdo con ello puede originarse rocas producto del esfuerzo y formar brechas de falla, entre otros; la naturaleza de dichos esfuerzos controlará la formación de nuevas estructuras geológicas, asimismo, el control estructural con la interpretación de fallas nos ayuda a definir mejor su origen y predecir futuros procesos geológicos que puedan tener otro objetivo de estudio. (Niemeyer, 1999)

2.7.2. Rasgos Fisiográficos Relacionados con Fallas

Los lineamientos son rasgos físicos típicos de indicios de falla que pueden controlar una determinada área de estudio, asimismo, se tienen valles, ríos y otros rasgos que puedan apoyar en la identificación de estructuras producto de esfuerzos y deformaciones producidas por los procesos tectónicos.



Asimismo, se tienen presentes distintos tipos de dominios estructurales que van relacionado a la presencia de fallas y microfallas, la morfología y las geoformas determinadas en el área de estudio revelan los procesos de deformación a las que fueron sujetas en un inicio, el objetivo principal es determinar éstas zonas de debilidad en el terreno, en tal sentido, las deformaciones en el terreno pueden interpretarse de muchas formas pero debe establecer un único patrón que identifique la geodinámica y los procesos de falla propiamente que influyeron para determinar su origen y su influencia en las demás estructuras halladas con respecto a su importancia para la interpretación de los esfuerzos. (Niemeyer, 1999)

2.8. GEODINÁMICA EXTERNA

La geodinámica externa principalmente se desarrolla por acción de agentes físicos que influyen de manera directa en las formaciones geológicas como rocas o suelos, los cuales son afectadas por dichos agentes como el agua, aire, temperatura, gravedad, entre otros; algunos de los fenómenos de gran proporción es el movimiento de masas y /o reptación de suelos, asimismo, se distinguen los procesos erosivos y de meteorización que influyen directamente en el moldeamiento de las formaciones geológicas produciendo cambios en el relieve terrestre y favoreciendo el constante cambio en las propiedades del terreno. (Zavala, 2013)

2.9. SISMICIDAD

El país está localizado en el Cinturón del Fuego, ello lo localiza entre los países más activos sísmicamente de Sudamérica, las actividades sísmicas en nuestro país tienen muchos antecedentes históricos, los esfuerzos propiamente de las ondas sísmicas son de alta magnitud, en el Perú tenemos presente la cadena montañosa de la Cordillera de los Andes, en tal sentido, su origen se remonta a que la geodinámica desde su formación es muy activa, su orogenia fue desarrollada activamente por éstos procesos sísmicos y los



cuales se muestran claramente en el proceso de convergencia entre las placas de Nazca y la Sudamericana, las cuales dieron origen a éste proceso de levantamiento y formación de las cadenas de montañas y el nacimiento de las cordilleras en nuestro país. (Tavera & Buforn, 1998)

Éstos procesos orogénicos desarrollados hace millones de años atrás, dieron lugar a que nuestro país hoy en día presente muchas deformaciones y eventos sísmicos, la presencia de actividad sísmica es notoriamente relacionada a la actividad volcánica que se centra en la zona suroeste de nuestro país, el control estructural es muy complejo y se distinguen los trece dominios geotectónicos en el país, los principales eventos sísmicos se producen en la zona sur del país debido a la alta concentración de actividad volcánica. (Tavera & Buforn, 1998)

El campo de distribución de la actividad sísmica en nuestro país se concentra principalmente en el sur, es la zona de mayor incidencia sísmica, el registro histórico nos muestra que la convergencia de placas es muy intensa y constante.

2.10. METALOGENIA

La metalogenia del sur del país y en relación con la cordillera oriental para el hallazgo de estaño en el sur del país se presenta bien definida en la zona norte de la región de Puno y se distribuye a lo largo del país de Bolivia, en dicho país tenemos las grandes reservas de Sn que actualmente vienen siendo explotadas en dicho país, en el Perú la mina más grande dedicado a la extracción de estaño es San Rafael.

La presencia de estaño en la región de Puno se establece principalmente a lo largo de la cordillera oriental y por lo tanto, la importancia en su hallazgo presenta muchas desafíos por su especial comportamiento en la naturaleza.

En la parte norte de la región de Puno se presenta una deflexión muy importante en relación con la concentración de dicho mineral, asimismo, esta curvatura se dirige hacia Bolivia y la metalogenia del estaño es de mucha importancia debido a que las minas más importantes de estaño en Bolivia se encuentran localizadas en la misma franja metalogénica que se desplaza al norte de la región de Puno, la misma que después de pasar por el país de Bolivia, ingresa a la parte norte de Argentina y el país de Chile.

La zona de estudio se establece claramente en la franja de la provincia metalogénica XIX, el cual se constituye de Sn-Cu-W, por lo tanto, se menciona claramente su distribución en el mapa metalogénico, las unidades de producción actualmente en el Perú es la de San Rafael y en Bolivia se tienen a Cerro Rico y Llallagua.

(Chavez & Alayza, 2015)

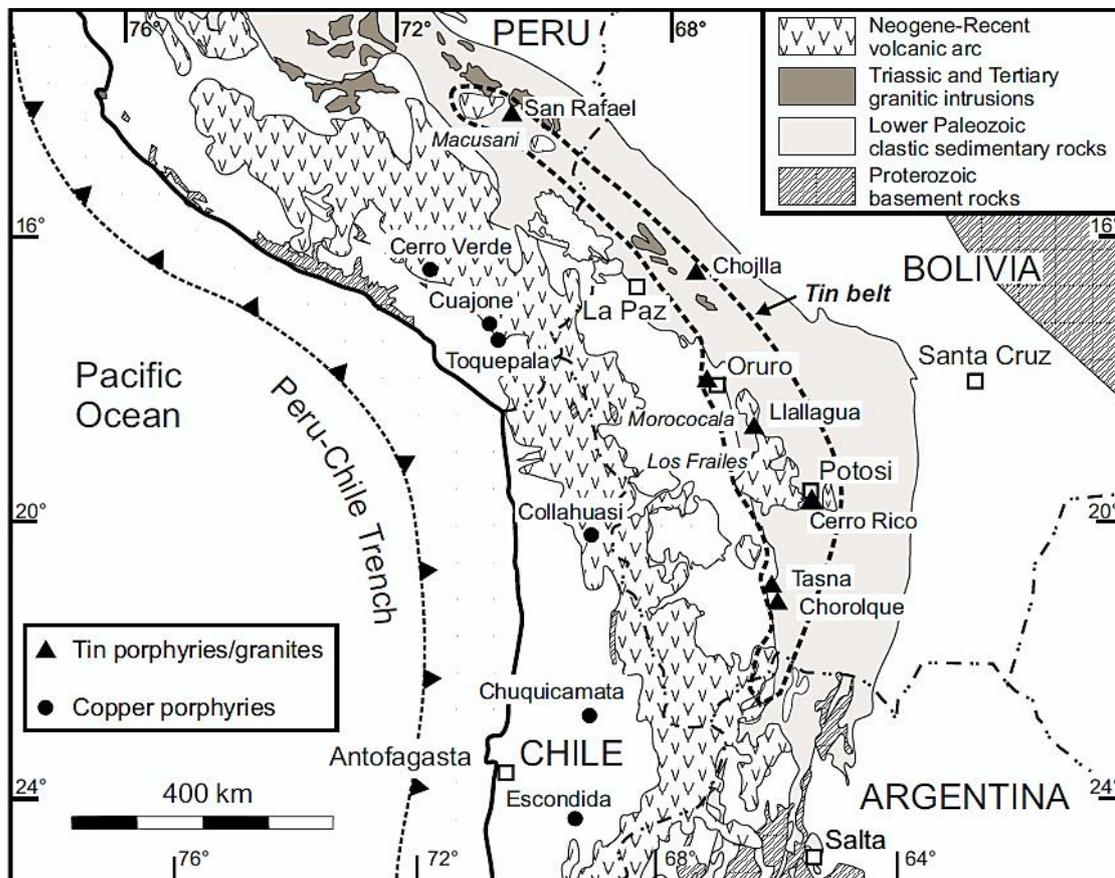


Figura 4. Franja metalogénica de estaño en Sudamérica. (Chavez & Alayza, 2015)



2.11. MARCO TEÓRICO

2.11.1. Alteraciones Hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales son aguas o fluidos mineralizados que ascendieron de las profundidades a las superficie, en dicho trayecto se producen intercambios iónicos y enlaces químicos que producen la formación de nuevos minerales que propiamente pasarán a formar parte de la roca, la variabilidad de presión y temperatura controlarán los procesos físico químicos a los cuales estarán sujetas al poseer una nueva composición química que pasará a formar parte de un grupo de ensambles mineralógicos y los cuales serán identificados para ser clasificados de acuerdo a modelos de alteración hidrotermal. (Atkinson, W. et al., 2007)

2.11.1.1. Alteración Argílica

La alteración argílica propiamente se establece en valores de temperatura que oscila de los 400 a 480 °C, la presencia de arcillas como la caolinita o la montmorillonita determinan la presencia de alteración argílica de acuerdo con el modelo de yacimiento que serán interpretadas de acuerdo con la interacción de dichos minerales con las rocas y mineralización propiamente en el área de estudio.

Esta alteración hidrotermal puede tener varias fases y varía de acuerdo con los minerales de arcilla de acuerdo con la temperatura de formación, en la alteración argílica intermedia, el mineral indicador es la Illita que tiene una temperatura de formación de 150 a 200 °C, el pH varía de 4 a 6. (Hedenquist, 2000)

2.11.1.2. Carbonatación

En la carbonatación, como mineral indicador tenemos a los carbonatos secundarios que se establecen con relación a la roca caja de los procesos epigénicos con relación a los depósitos que se presentan en el yacimiento.



Estos procesos son muy variables debido a que los minerales carbonatados presentan gran incidencia a gran número de minerales asociados a mineralización de valor económico, dos de los procesos que más se presentan son la dolomitización y la ankeritización, ambos procesos son muy conocidos en la identificación de este tipo de alteraciones hidrotermales. (Hedenquist, 2000)

2.11.1.3. Cloritización

La cloritización es una alteración hidrotermal muy común con una formación que se estabiliza a los 250 °C aproximadamente con rangos variables de menos a más, ésta alteración se origina por la alteración de otros minerales como la biotita, los anfíboles y/o piroxenos con la interacción de fluidos y la separación de sílice que se puede dar en éstos ambientes de alteración hidrotermal, para su reconocimiento es muy típico la coloración verde opaco o verde gris, el cual puede darse con un intercambio de tonalidades que se muestran presentes en la roca con éstos minerales debidamente alterados.

Las cloritas son fácilmente reconocibles, asimismo, mayormente podemos encontrarla establecida cercana a la zona de los sulfuros y se presenta relacionada con la alteración propilítica. (Hedenquist, 2000)

2.11.1.4. Turmalinización

Alteración hidrotermal que se caracteriza por el hallazgo de a turmalina propiamente en la roca, es un buen indicador de mineralización ligada a depósitos de Sn y W, es muy importante determinar a qué tipo de roca viene asociada, para identificar la relación de Fe/Mg y de acuerdo con qué elemento se verifique una mayor concentración, se identificará mineralización en Sn o de W, es muy importante reconocer esta relación para determinar las zonas de interés. (Hedenquist, 2000)



2.11.1.5. Alteración Fílica

Esta alteración hidrotermal propiamente tiene un rango de formación con relación a la temperatura de 350 °C que varía de acuerdo con el ambiente de estabilidad del ensamble mineralógico, los minerales que conforman esta alteración propiamente están compuestos de cuarzo, sericita y pirita.

La alteración fílica presenta una variabilidad de estos minerales con relación al tipo de ambiente de formación ya que se tienen asociaciones minerales que pueden contener clorita y rutilo, la sericita junto a cuarzo, topacio, fluorita y casiterita, están ligados directamente a yacimientos con buenas anomalías de Sn, W y Mo, por lo tanto, es muy importante su distribución y los minerales que se encuentran asociadas a ella en su ambiente de formación. (Hedenquist, 2000)

2.12. PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN MINERA

La prospección y exploración en la minería son dos etapas fundamentales con el que se inicia la búsqueda de elementos que presenten anomalías para su búsqueda de acuerdo a los objetivos trazados en los estudios, estas pueden ser de valor económico o su búsqueda puede estar orientada a otros objetivos como los estudios de investigación y la adquisición de nueva información en relación a su hallazgo.

La prospección es una etapa inicial de un estudio geológico, esta etapa se da inicio con la planificación de obtener alguna información de relevancia como determinar zonas de interés en la búsqueda de un elemento mineral, para ello se utilizan métodos de estudio de manera puntual y directa como la obtención de muestras, análisis en campo y en laboratorio, posteriormente se analiza ampliar el nivel de búsqueda y se masifican los trabajos en la etapa de exploración. (Gómez, 2012)



2.13. GEOQUÍMICA

Es la relación de la química con los procesos geológicos, en dicha rama de estudio geológico se establecen distintos tipos de estudios en relación con los elementos naturales como el agua, suelo y roca, para determinar las anomalías de los elementos que se requiere analizar e interpretar. (Arce, 2017)

2.14. MINERALOGÍA

Es la una de las ramas de la geología que se encarga de estudiar las propiedades fisicoquímicas de los minerales, ello implica su naturaleza, origen y formación en los cuales puede presentar varias características propias de cada mineral.

Para determinar las características de los minerales es indispensable conocer todas sus propiedades físicas y químicas con los que podamos realizar un reconocimiento exhaustivo y certero en campo y en laboratorio, para lograr dichos objetivos se tienen distintas herramientas que son de necesidad al momento de su identificación y descripción. (Atkinson, W. et al., 2007)

2.15. MINERALIZACIÓN

La mineralización se establece de acuerdo a las condiciones en que los minerales son adheridos a las rocas para que éstos formen parte de ello, en relación a ello, la mineralización implica la alimentación de elementos que en gran parte para el desarrollo de potencial económico se da con elementos de valor económico y, por ende, se procede a evaluar el potencial económico que implica su emplazamiento en las rocas que son objetos de estudio los cuales brindarán las características que son típicas de la mineralización de uno o más elementos de interés económico para fines de nuestro estudio. (Dávila, B. J., 1995)



2.16. MINERAL

El mineral es una sustancia inorgánica que posee propiedades fisicoquímicas definidas los cuales son propias de cada uno, éstas propiedades pueden ser identificados de acuerdo a las características que presentan indistintamente unas de otras, estas propiedades ya se encuentran definidas, la tarea es identificarlas en relación a la información que se posee de cada una de ellas, entre las propiedades fisicoquímicas que usualmente son de mayor eficacia en primera instancia son la dureza, color, brillo, maleabilidad, raya, sistema de cristalización, comportamiento ante los ácidos, conductividad eléctrica, entre otros. (Klein & Cornelius, 2018)

2.17. ESTAÑO (SN)

El estaño (Sn) es uno de los elementos químicos que viene siendo de alta demanda en el mundo, el cual se encuentra distribuido en la corteza terrestre en su estado natural, es un metal que tiene una coloración blanquecina y plateada, fácilmente puede ser trabajada debido al estado de temperatura en la que puede ser moldeada por ser muy maleable.

El estaño es uno de los elementos que producto de la aleación con el cobre se forma el bronce, el cual fue usado desde la antigüedad, por sus beneficios y bondades, el estaño es un mineral muy requerido para la creación de objetos de bronce y posteriormente otros objetos que fueron siendo creados con el pasar del tiempo. (Glave & Kuramoto, 2002)

Es muy importante resaltar las bondades que se tuvieron en la edad de bronce en el cual dicho elemento fue muy requerido para la creación de objetos de gran utilidad en esos tiempos, asimismo, se tiene información que varias culturas en el mundo tuvieron al bronce como material de excelencia sus creaciones. (Glave & Kuramoto, 2002)

2.17.1. Características Del Estaño

El estaño en su estado original se muestra con una coloración plateada y en su estado refinado ya toma otras tonalidades similares a la del cobre, asimismo, una de las bondades a resaltar de este metal es que es muy manejable y maleable, se oxida con mucha dificultad y presenta una alta resistencia a las sustancias corrosivas, otra de sus ventajas es que fácilmente puede tener aleación con otros metales. (Glave & Kuramoto, 2002)

2.17.2. Casiterita (SnO₂)

La casiterita es un mineral que está conformado por óxido de estaño (SnO₂), se compone principalmente de 78% de estaño, posee una coloración negro parduzco, presenta una dureza de 6.5 de acuerdo con la escala de Mohs. Principalmente se encuentra en vetas, depósitos pluviales, otros, generalmente va acompañado de elementos como W y Mo. (Glave & Kuramoto, 2002)

Tabla 2
Propiedades físicas de la Casiterita (SnO₂).

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CASITERITA	
Fórmula Química:	SnO ₂
Cristalización:	Tetragonal, prismas gruesos bien desarrollados, fibrosa, radiada, masiva, granular.
Color:	Marrón a negro, incolora.
Dureza:	6 a 7
Índice de refracción:	1.997-2.098
Densidad:	6.7-7.1 gr/cm ³
Exfoliación:	Indistinta
Brillo:	Adamantino a submetálico
Transparencia:	Transparente a opaca
Birrefringencia:	0.096 a 0.098

Fuente. Bach. Tonny Arias Ramos



2.17.3. Estaño en el Mundo

En el mundo, el estaño se viene produciendo con un orden de producción de mayor a menor, siendo China el mayor productor del mundo, le siguen Indonesia, Perú, Brasil y Bolivia; en la actualidad el Perú busca el objetivo de convertirse como segundo productor mundial de estaño, es un objetivo que viene siendo objeto de impulsar el presente estudio de investigación como otras que vienen con relación a obtener dichos logros a corto plazo. (Brescia, 1984)

2.17.4. Estaño en el Perú

En el Perú el estaño marcó un hito muy importante en la historia, después de haberse creado la aleación de estaño y cobre, el bronce fue un elemento de vital importancia para nuestros antepasados, de acuerdo con los objetos hallados en el pasado del periodo incaico, se cuentan con joyas y demás objetos de mucho valor histórico que fueron formados a partir de dichos elementos.

En la actualidad, el estaño demuestra que no solo es un elemento que ofrece nuestro país al mundo como materia prima, sino que como país somos una de las potencias en exportar dicho elemento al mundo, la importancia de mejorar las reservas de este elemento es motivo de realizar estudios relacionados al hallazgo de nuevas reservas de este elemento muy importante. (Brescia, 1984)

La empresa Minsur, impulsa el crecimiento de los estudios con relación al hallazgo de nuevas reservas que puedan repotenciar aún más lo que se viene trabajando actualmente, en los últimos años se muestra la importancia de mejorar la producción de dicho elemento y se trazaron los objetivos bien específicos de continuar con dicha labor para mostrar al mundo que Perú es potencia mundial en la producción de estaño al mundo. (Brescia, 1984)

2.18. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM):

Es un método de análisis basado en el sistema óptico de reflexión, el cual proyecta un haz de electrones para emitir una imagen de alta resolución, las muestras son analizadas con gran precisión y este método ofrece muchas bondades que no se lograban con otros métodos que buscaban el mismo objetivo. (Renau-Piqueras & Faura, 1994)

Este método nos brinda imágenes que presentan una alta definición y la resolución es óptima para su análisis e interpretación, los objetivos para su análisis pueden ser elementos orgánicos e inorgánicos, realizada el análisis nos muestra la morfología del objetivo en la imagen y otras propiedades que serán identificadas de acuerdo con los objetivos trazados. (Renau-Piqueras & Faura, 1994).

2.19. ESPECTROMETRÍA

Es una técnica analítica para el cual se utiliza un equipo manual o portátil, para lo cual nos brinda una lectura de los espectros de emisión de los minerales de alteración, con el cual recopilamos información de reflectancia espectral de las muestras objeto de estudio. (Chavez & Alayza, 2015)

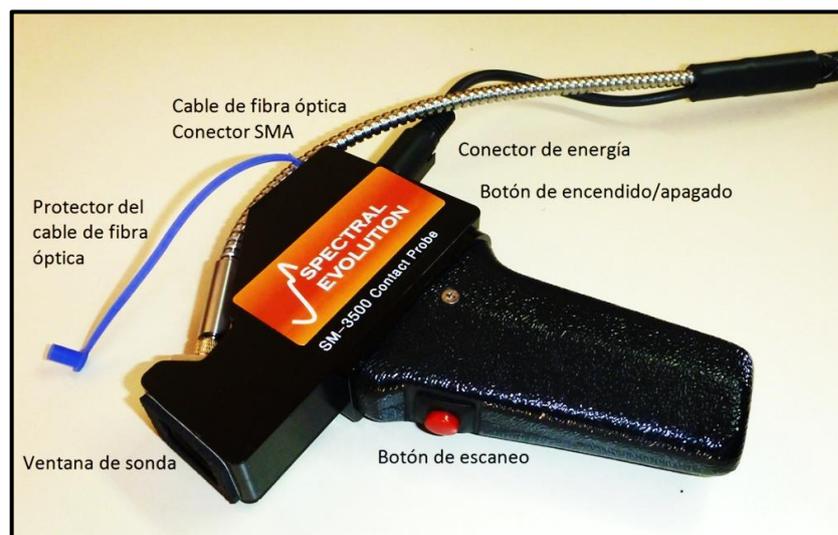


Figura 5. Equipo de escaneo del espectrómetro. (Chavez N. & Alayza D., 2015)

2.19.1. Selección de Muestras

Para cumplir con las recomendaciones de uso del equipo de espectrometría, se deben cumplir con los siguientes requisitos para la obtención y preparación de las muestras:

- Muestras argilizadas (deben cumplir con dicha alteración).
- Rocas de colores claros o áreas alteradas blanquecinas.
- Muestras de vetas y roca caja.
- Superficies fracturadas.
- Brechas.
- Superficies frescas o meteorizadas.
- Escoger muestras sin o con poco contenido de sulfuros.
- Las muestras deben estar limpias, usar un cepillo metálico para limpiarlas.
- Todas las muestras deben presentar superficie plana o casi plana para evitar ruido en el espectro.

2.19.2. Interpretación de Espectros

Para continuar con los siguientes pasos de la interpretación de datos, se debe haber culminado con la identificación de los espectros proporcionados en el programa del equipo, se debe de asegurar los siguientes aspectos:

Tabla 3

Tabla de control de muestras para valoración de espectros.

VALOR	DESCRIPCIÓN
1	Fuerte
2	Moderado
3	Débil
4	Trazas

Fuente. Chavez & Alayza (2015).

Para la interpretación de los datos, se tiene predeterminado el cuadro de valoraciones para asignar a la información obtenida en los análisis efectuados en las muestras cumpliendo todos los requisitos anteriormente mencionados.

Tabla 4
Plantilla para la valoración de espectros.

MUESTRA	HOLEID	From	To	1400	2200	2350	Smec	chl	Yeso	Calcite	goe	Hem	Comentarios
1	DDH-02	51.500	51.501		2206				2				ANHIDRITA?
2	DDH-02	51.500	51.501		2206				2				ANHIDRITA?
1	DDH-03	53.300	53.301		2219							2	
3	DDH-03	53.300	53.301			2336		1				2	

Fuente. Chavez & Alayza (2015).

2.20. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

Las estructuras geológicas a nivel macroscópico se refieren a las formaciones litológicas y/o mineralógicas halladas en la naturaleza, estas pueden haber sido originadas por eventos tectónicos, eventos magmáticos, procesos antropogénicos, entre otros; la disposición de dichas estructuras dará lugar a interpretar cuales fueron sus orígenes de formación inicialmente y/o en lo posterior.

Es importante determinar las estructuras de origen magmático, como las intrusiones de rocas ígneas como vetas o diques que posiblemente vienen enriquecidos de mineralización y elementos anómalos que pueden tener importancia en nuestros objetivos trazados. (Oyarzún, 2009)

2.20.1. Veta o Filón

Estructura longitudinal de forma irregular o paralelepípeda que por lo general se presenta mineralizada y posee elementos de valor económico, tiene una potencia variable, una longitud y una profundidad que se determina por lo general con perforación diamantina o algún método directo.



Las vetas presentan distintas características morfo-estructurales, éstas generalmente vienen rellenando cavidades o espacios vacíos producto de fallas o eventos tectónicos que dejan espacios vacíos de forma continua y alargada, las vetas en gran parte llevan consigo valores elevados de minerales y elementos de alto valor y rendimiento económico. (Atkinson, W. et al., 2007).

Estas estructuras acompañan soluciones hidrotermales que vienen siendo alimentadas desde el origen de su formación, para su aprovechamiento en su explotación, estas estructuras deben ser dimensionadas y cubicadas en relación con su volumen y valores de ley respecto a los elementos de interés para su aprovechamiento e iniciar su explotación de acuerdo a técnicas apropiadas para el tipo de terreno donde se encuentra dispuesta para su aprovechamiento.

La alimentación de los elementos en las soluciones hidrotermales que favorecieron y brindaron de gran valor económico a la veta dependerá del ambiente de formación, el tipo de roca caja donde se emplazó la veta, los elementos presentes en ella, la solución de los fluidos mineralizantes, entre otros; dichas propiedades son motivo de poner mayor atención a los análisis de laboratorio y determinar los orígenes de las fuentes de alimentación de los minerales y su continuidad a lo largo de la estructura mineralizada. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.20.2. Mantos

Estructura de forma tabular subhorizontal que se dispone con aporte de mineralización y emplazamiento de fuentes minerales de valor económico que generalmente está controlado por las condiciones del terreno en estratificaciones con forma de mineralización estratoligadas, el control litológico es muy importante para definir su estado de formación. (Tuanama & Gómez, 2021)



2.21. FLUIDOS MINERALIZANTES

Son concentraciones de elementos minerales que se componen en soluciones que por lo general es una combinación de agua proveniente de origen magmático y/o meteórico con dichos elementos, los cuales se disponen en temperaturas entre los 350 a 400 °C, éstas soluciones son pieza clave de la formación de los yacimientos minerales que hoy en día conocemos y de acuerdo a su concentración varía su potencial económico, asimismo, el tipo de yacimiento que forma de acuerdo a las condiciones de emplazamiento en las rocas o ambientes favorables para su deposición.

Los fluidos mineralizantes aprovechan varios factores para su deposición como los espacios vacíos o poros que es propio de las rocas, condiciones favorables de presión, temperatura y pH, los cuales son vitales para su emplazamiento y su transporte a lo largo de las estructuras que se forman con relación a estos eventos tectónicos y se originan depósitos minerales con potencial económico. (Atkinson, W. et al., 2007).

2.22. FALLAS Y FISURAS

Las fallas son estructuras de gran importancia para la formación de vetas o filones que son alimentados por importantes cantidades de soluciones minerales, los cuales determinan el proceso de formación y disposición de estas estructuras mineralizadas, su aprovechamiento dependerá si es económicamente rentable para su explotación o no cuenta con las características para ser aprovechado.

Las fisuras son estructuras de menor intensidad que las fallas que de igual forma establecen una importante geofoma para el emplazamiento de elementos de gran potencial económico que puede ser cubicado y si cuenta con las características de rentabilidad, poder ser explotado de acuerdo con sus características de formación y su potencialidad. (Atkinson, W. et al., 2007)



2.23. PERFORACIÓN DIAMANTINA

Es un proceso operativo que se caracteriza por ser un método directo para la obtención de muestras mediante la obtención de cores o testigos de perforación, de acuerdo a éstos trabajos, nuestro estudio puede componer de información del subsuelo y poder identificar las zonas de interés de acuerdo al objetivo de perforación, así como se tienen objetivos para el hallazgo de zonas con mineralización, también se constituyen estudios para fines geotécnicos los cuales de igual forma obtienen testigos pero para fines de estabilidad de taludes, terreno, infraestructura, riesgo geológico, riesgos hidrogeológicos, entre otros.

Enfocándose en el hallazgo de zonas con potencial económico referente a estructuras mineralizadas, el trabajo de perforación diamantina se inicia con una buena planificación antes de efectuar los trabajos, inicialmente ya se debe tener previsto las zonas de interés donde se están proyectando los sondajes a perforar, es muy importante identificar estructuras mineralizadas en superficie, los cuales deben ser proyectadas y ser interpretadas para que al momento de efectuar la perforación logremos dar con buenos interceptos de mineralización, es muy importante verificar el avance continuo de la perforación, verificar que no se presenten desviaciones con respecto al azimut del sondaje y asimismo la inclinación, una pequeña variación puede ser muy lamentable al culminar la perforación ya que no se lograrían concretar los objetivos de manera correcta de acuerdo a la planificación inicial.

La identificación de las características litológicas, mineralógicas, estructurales y de alteraciones se logra constatar en el logueo geológico, es muy importante verificar que la información sea veraz y que las muestras obtenidas sean las más representativas posibles, de ello dependerá los resultados del estudio. (García & Arrasco, 2018)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis aplica la metodología de investigación descriptiva, la cual enmarca la descripción de las características geológicas de la estructura mineralizada en relación a la revisión bibliográfica, datos de campo, cartografiado geológico elaborado, muestreo geoquímico asociado a unidades estratigráficas, perforaciones diamantinas para desarrollar el modelo geológico del tipo de yacimiento; y la metodología explicativa para las interpretaciones y el análisis del comportamiento mineralógico del Sn, de acuerdo a los resultados de laboratorio respecto al estudio de espectrometría y estudio mineralógico.

3.2. ETAPAS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Recopilación de Información

El presente trabajo recopilará gran parte de información geológica y mineralógica, asimismo información de reportes e informes realizados con anterioridad.

En esta fase se tratará de obtener toda la información disponible relacionada a los yacimientos de tipo filoneano relacionada a la ocurrencia de mineralización estannífera y polimetálicos, también información de trabajos e informes de investigación del área de estudio.

3.2.2. Trabajo en Campo

Se estudiará en campo las características del Proyecto Taucane, como la descripción de las características y mapeo geológicos a una escala de 5k y 10k, mapeo de alteraciones, mapeo de estructuras mineralizadas, toma de datos estructurales, toma de muestras, perforación diamantina, toma de fotografías de la zona de estudio.

Esta etapa fue fundamental para nuestra investigación, ya que ella abarcó todo el proceso del proyecto, es decir la exploración afinada y detallada donde se pudo obtener los datos necesarios, lo cual nos permitió llegar a la mejor interpretación posible.



Figura 6. Cartografiado geológico en área de estudio.

3.2.3. Trabajo en Gabinete

Como parte del estudio de exploración se consideraron trabajos de espectrometría y microscopía, con el objetivo de definir las alteraciones hidrotermales del proyecto Taucane que se realizaron en la prospección geoquímica de superficie, se tomaron datos mediante el procedimiento de logeo geomecánico y geológico de los testigos de perforación de los sondajes y se tomaron las muestras de interés para definir las zonas de interés de la veta Lorena del proyecto en mención.

En esta etapa se generaron los mapas geológicos, estructurales, mineralización, alteraciones y se elaboraron secciones geológicas.

En base a los mapas levantados y trabajos de campo juntamente con el cartografiado local, se determinó los diferentes tipos de litología, estructuras mineralizadas, anomalías y alteraciones.



3.3. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

- GPS (Garmin Oregon 450).
- Brújula (Tipo Brunton).
- Lupas (Iwamoto Achromatic de 10x y 20x).
- Martillo de Geólogo (Estwing).
- Cámara fotográfica (Panasonic Lumix).
- Libreta Geológica (Rite in the Rain).
- Planos (geológico y satelital)
- Formatos de Logueo Geológico.
- Flexómetro (Stanley).
- Tablero.
- Lápices de Color.
- Lápiz Rayador.
- Lápiz imantado.
- Protactor.
- Ácido Clorhídrico (HCl al 10%)
- Marcadores permanentes e indelebles.
- Bolsas de polietileno para muestras y precintos de seguridad.
- Tarjetas de muestreo.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA

El Proyecto Taucane políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de San José, provincia de Azángaro y región de Puno, a una altitud variable entre 4,000 y 4,980 m de altitud. Geológicamente se encuentra dentro de la franja de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos del Oligoceno-Mioceno y epitermales de Ag-Pb-Zn (Au), se ubica en el extremo SW de la cordillera Oriental del extremo S del Perú. En los cuadrángulos de Azángaro (30-V) y Macusani (29-V). El Proyecto Taucane abarca 12 concesiones mineras tituladas.

Tabla 5
Concesiones mineras tituladas.

CODIGO	NOMBRE	TITULAR	HECTAREAS
10125700	SAN ANTON 2000 700	MINSUR S.A.	500
10125600	SAN ANTON 2000 450	MINSUR S.A.	500
010125700A	SAN ANTON 2000 700 A	MINSUR S.A.	100
10124100	SAN ANTON 2000 1000	MINSUR S.A.	1000
10309310	SAN ANTON SUR	MINSUR S.A.	1000
10265310	CERRO ANTASUSUYA	MINSUR S.A.	400
10177711	SAN ANTON UNO	MINSUR S.A.	600
10177811	SAN ANTON DOS	MINSUR S.A.	900
10280411	SAN ANTON TRES	MINSUR S.A.	1000
10340811	TAUCANESUR	MINSUR S.A.	800
10351014	SAN ANTON CUATRO	MINSUR S.A.	400
10351114	SAN ANTON CINCO	MINSUR S.A.	1000

Fuente. Chavez N. & Alayza D. (2015).

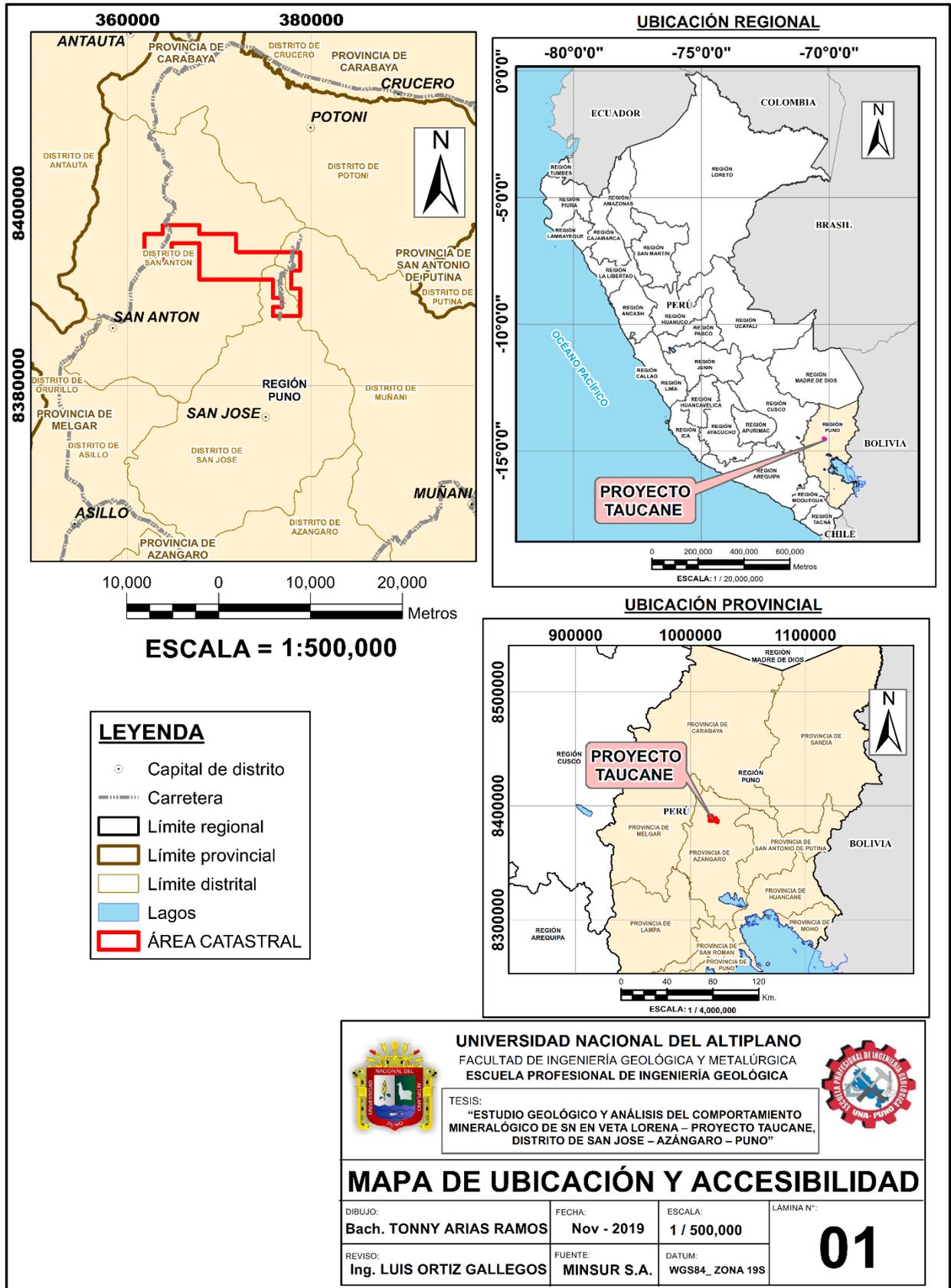


Figura 7. Mapa de Ubicación del Proyecto Taucane.

4.2. ACCESIBILIDAD

El acceso desde la ciudad de Lima se realiza de la siguiente manera:

Tabla 6
Vías de acceso al área del Proyecto.

RUTA	DISTANCIA (Km.)	TIEMPO (Hrs.)	ACCESO
Lima – Juliaca	1266	3	Vía aérea
Juliaca – Azángaro	73.4	1	Carretera asfaltada y carretera afirmada
Azángaro – San José	38.5	1	Carretera afirmada y trocha carrozable
San José - Proyecto Taucane	25	0.7	Carretera afirmada y trocha carrozable
TOTAL	1402.9	5.7	

Fuente. Bach. Tonny Arias Ramos.

4.3. CLIMA Y TEMPERATURA

La temperatura mensual media, varía entre los 7.3 °C y 10.9 °C, con una temperatura promedio anual de 9.3 °C. Los registros en la zona de estudio de carácter local muestran una variación entre los 7.5 °C y 11.0 °C, con una temperatura promedio anual de 9.4 °C.

Existe un comportamiento estacional, alcanzando los valores más altos en los meses de septiembre a abril y los más bajos durante los meses de mayo a agosto.



4.4. DRENAJE E HIDROLOGÍA

Hidrográficamente la zona de estudio da origen a vertientes provenientes de las quebradas Quelhuiri y Taucane en las partes altas. El drenaje principal es de tipo subparalela que es característico de rocas sedimentarias y tipo subdendrítica.

Las características geológicas del área de estudio, determinan que las Formaciones estratigráficas tienen una baja conductividad hidráulica por lo que el sistema hidrogeológico de mayor importancia es el somero, asimismo, es importante resaltar que debido a que este sistema corresponde a los depósitos aluviales que recubren los valles, no tiene una buena capacidad de retención de fluidos y por tanto no constituye un buen acuífero, es decir, la oferta de recursos hídricos subterráneos no es significativa en comparación con los superficiales en relación al área de estudio ambiental.

4.4.1. Humedad Relativa

La humedad atmosférica promedio varía entre 52,0% y 58,7% durante el periodo de los meses más fríos (mayo a septiembre, época seca), y entre 58,0% y 71,2% durante el periodo de los meses más cálidos (octubre a abril, época húmeda). El valor de humedad promedio en esta estación a lo largo del periodo de registro es de 60,9%.

4.4.2. Precipitación

Se registró como precipitación promedio total anual 616,7 mm aproximadamente y, un mínimo y máximo anual de 387,0 mm y 881,0 mm, respectivamente. Durante la época húmeda, la precipitación mensual total promedio se estimó en 84,0 mm, mientras que la época seca se estimó en 6,8 mm. Durante los meses de octubre a abril, la precipitación mensual total promedio se estimó en 83,7 mm, mientras que durante los meses de mayo a septiembre se estimó en 8,2 mm.

4.4.3. Régimen de Descargas

Para la estimación del régimen de descargas anuales y mensuales promedio se definió 11 puntos de interés. En la Figura N° 08 se presentan las descargas mensuales con una persistencia del 75%.

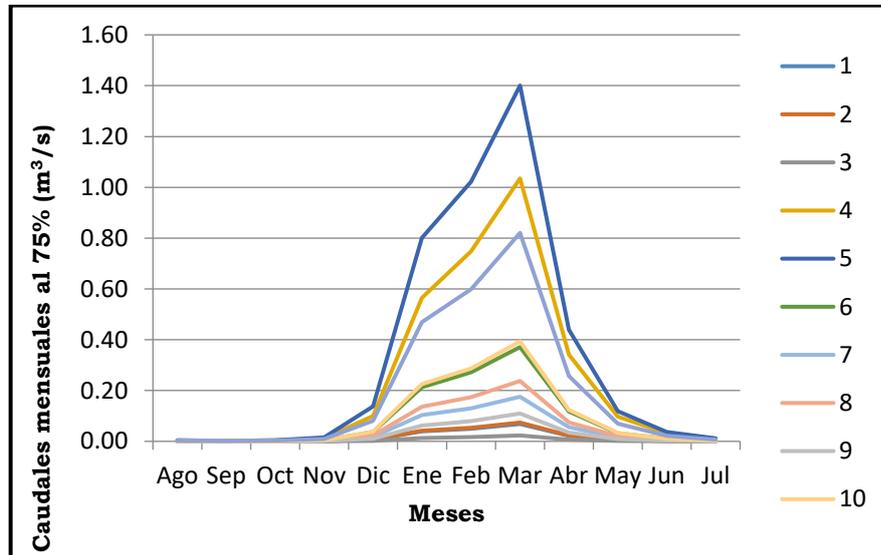


Figura 8. Caudales medios mensuales al 75%. (Chavez & Alayza, 2015).

4.5. FLORA Y FAUNA

La descripción del aspecto biológico comprendió el análisis de la información de flora y vegetación, fauna terrestre (aves, mamíferos, reptiles y anfibios) y vida acuática (calidad de hábitat, peces y organismos plantónicos y macrobentónicos), así como de entrevistas realizadas a pobladores locales y la revisión de fuentes de información secundaria (estudios realizados anteriormente en la zona, publicaciones, fuentes bibliográficas, entre otros).

4.5.1. Ecorregiones y Zonas de Vida

El área de estudio se ubica dentro de la ecorregión Puna. En base a la ubicación del área de estudio ambiental, y al Mapa Ecológico del Perú y al Diagrama Bioclimático, se determinó que se ubica en la zona de vida: páramo muy húmedo – Subalpino Subtropical.



4.5.2. Flora y Vegetación

Se logró registrar un total de 64 especies vegetales, agrupadas en 24 familias y 16 órdenes. De las 64 especies de flora, se encontraron 62 angiospermas, y 02 pteridofitas. Por otro lado, los registros obtenidos incluyen la presencia de aproximadamente 81% de especies herbáceas, 8% tanto para especies sub arbustivas y arbustivas, y 3% de especies suculentas. Se determinaron un total de doce formaciones vegetales y coberturas del suelo cubriendo la totalidad de la extensión del área de estudio ambiental.

4.5.3. Fauna

Se lograron registrar un total de 49 especies de aves, tres especies se encuentran incluidas en las listas de especies amenazadas de la legislación nacional: Gallareta gigante, perdiz de la puna y zambullidor plateado. Se lograron registrar un total de 9 especies de mamíferos, la taruca está considerada como vulnerable, al igual que la vicuña. También dos especies de anfibios como la rana y una especie de reptil como la lagartija. No se registraron especies de peces.

4.6. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

4.6.1. Unidades Geomorfológicas

4.6.1.1. Cordillera de Carabaya

La cordillera de Carabaya es la unidad geomorfológica que conforma una cadena montañosa que es parte de la cordillera Oriental de los Andes y se extiende en dirección noroeste-sureste a lo largo de unos 95 km, por el departamento de Puno; y se prolonga dentro del territorio boliviano por la llamada cordillera de Apolobamba.

4.6.1.2. Colinas Altas

Esta unidad abarca desde la diferencia de altitudes de la cordillera oriental, con una altitud variable entre 4700- 5000 m.s.n.m. se caracteriza por ser un paisaje típico de



mesetas altas separadas por suaves colinas y en algunos casos por cerros agrestes. Con pendientes promedios de 30°- 45°. (AMEC PERÚ 2006).

4.6.1.3. Colinas Bajas

Presentan elevaciones entre los 4500 a los 4700 m.s.n.m., tienen un relieve suave, producto de la erosión. Estas geoformas presentan de igual manera sub unidades de laderas altas y bajas. (AMEC PERÚ 2006).

4.6.1.4. Depósitos Glaciares

Se considera a las acumulaciones sueltas que ocurren rellenando, tapizando las laderas o flancos de los picos montañosos y colinas, producto de la destrucción y derrubiación de los paquetes sedimentarios expuestos, favorecidos por la acción del intemperismo. (AMEC PERÚ 2006).

4.6.1.5. Depósitos Fluvioglaciares

Materiales acumulados debido al trabajo realizado en forma combinada por el proceso fluvial y el proceso glaciar. Los materiales conformantes de estos depósitos son heterogéneos en cuanto a la forma y el tamaño, mayormente con bloques redondeados de dimensiones diversos cementados por materiales finos (arenas, limos y arcillas) dando lugar a las tillitas. La acción fluvial se limita al cauce del río, en los riachuelos que conectan a las diferentes lagunas. El cauce fluvial es poco desarrollado, con anchos de 2.0 a 3.0 m., el material de relleno lo conforman bolones, gravas subangulosas a subredondeadas de composición calcárea, arenosa y microdiorítica, en su mayor parte, con arena gruesa y algo de limo. (AMEC PERÚ, 2006).

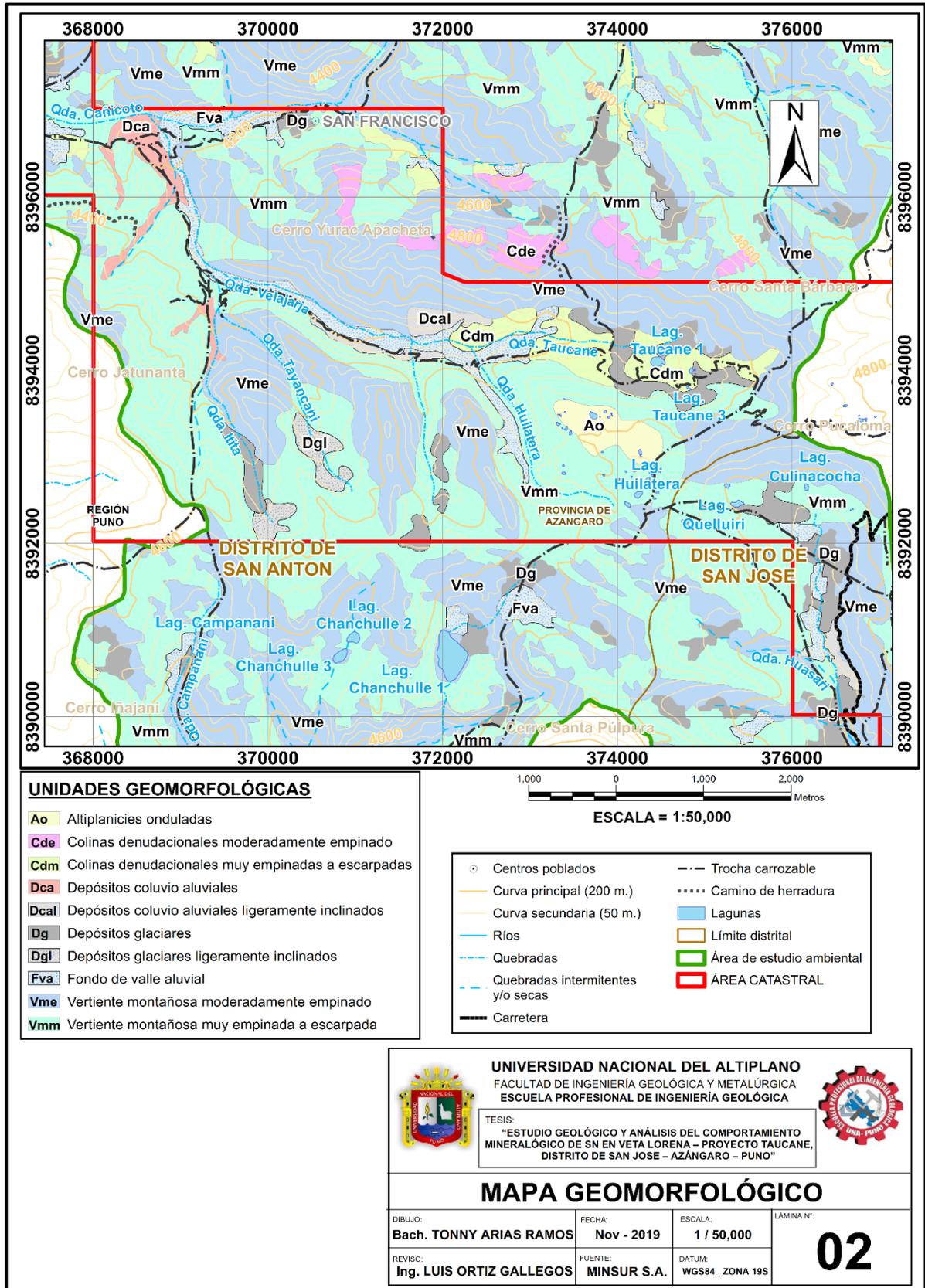


Figura 9. Mapa Geomorfológico.



4.7. GEOLOGÍA LOCAL

4.7.1 Rocas Sedimentarias

4.7.1.1. Grupo Ambo (CI-a)

El Grupo Ambo, se ha reconocido en forma de pequeños afloramientos como "techos colgados" sobre los cuerpos intrusivos en los alrededores del cerro Yurac Apacheta, el afloramiento principal se encuentra al norte del área de trabajo en la carretera Taucane- Potoni, Litológicamente está conformado por una alternancia de areniscas y limoarcillas, en estratos de 10 cm a 1 m de potencia, las areniscas son principalmente arcósicas y micáceas (muscovita), textura de grano fino a medio, coloración gris a marrón con cemento de cuarzo y con presencia de limoarcillas de color gris a negro, presenta foliación débil. Estructuralmente esta unidad se encuentra plegada, cuyo eje central es la parte alta de la pre-cordillera de Carabaya de rumbo NO-SE; asimismo, se pueden observar fallas normales que caen hacia ambos flancos.

4.7.1.2. Grupo Tarma- Copacabana (Cs-Ta, CsPi-co)

En el área de estudio no se han logrado identificar afloramiento alguno perteneciente a cualquiera de los grupos. Sin embargo, el conglomerado del Grupo Mitu contiene fragmentos de calizas y areniscas que podrían pertenecer a estas unidades. Por lo tanto, en concordancia a la posición estratigráfica en el área de estudio, ambos grupos se localizarían por debajo de las formaciones del Mesozoico.

Afloramientos de estas unidades se encuentran al norte del proyecto Taucane, en la carretera Taucane-Potoni (flanco NE de la pre-cordillera de Carabaya), litológicamente el Grupo Tarma consiste en areniscas feldespáticas blanquecinas a verdosas, a veces blancas con intercalaciones de calizas, teniendo que hacia el tope está compuesta por una intercalación de calizas y areniscas calcáreas. Mientras que el Grupo Copacabana está compuesto generalmente de calizas en capas gruesas de colores claros.



4.7.1.3. Grupo Mitu (PsTri-m)

Afloramientos pertenecientes al Grupo Mitu, se han cartografiado cerca a la Falla Taucane, y en los alrededores a los intrusivos QMD-MZD. Estos afloramientos consisten en conglomerados con clastos de cuarcita, arenisca y caliza; los cuales podrían corresponder a la base de los conglomerados del grupo Mitú que ha sido re-trabajado bajo forma de clastos y guijarros que corresponderían a las areniscas y calizas de los Grupos Ambo, Tarma y Copacabana subyacentes.

Cerca de la Falla Taucane, los estratos del conglomerado buzan hacia el sur, y hacia el norte del intrusivo, buzan al NE. En las partes altas se encontraron algunos "techos colgados" de conglomerado sobre los intrusivos, que fueron arrancados en el proceso de intrusivos.

4.7.1.4. Unidad Quilcapunco (Ki-qui)

Esta unidad fue descrita por T. Sempere (2004), resulta ser nueva desde el punto de vista estratigráfico, y lo ha denominado "Unidad Quilcapunco", del nombre de un pueblo ubicado a 10km al este de Putina, a lo largo del borde NE de la faja de Putina aflora un conjunto estratigráfico particular que subyace a la Fm Muni y sobreyace al Gr Mitu, su espesor puede alcanzar los 400m, está principalmente compuesta por areniscas fluvio-eólicas blanquecinas, pero también se observan localmente delgados niveles de pelitas rojas y conglomerados en la base.

La Unidad Quilcapunco ha sido identificada en el área del Proyecto Taucane, en el sector oeste, en las inmediaciones de la localidad de Chullo y río Taucane. También se han identificado en los sondeos de perforación diamantina, en los niveles más profundos debajo de las rocas de la Fm Muni. Esta unidad fue cartografiada por INGEMMET como Fm Huancané, esta interpretación es descartada tanto por su posición estratigráfica



(debajo de la Fm Muni), como también, por las características descritas por T. Sempere (2004).

Litológicamente está compuesta por areniscas cuarzosas de grano fino, con escasa intercalaciones de micro conglomerado, la coloración varía de gris blanquecina a rosáceas, en afloramiento se le observa de aspecto masivo bastante fracturado y fallado producto de la cercanía a la Falla Taucane e intrusivos.

4.7.1.5. Formación Muni (Kis-m)

En el Cuadrángulo de Azángaro (30-v), De la Cruz B. (1995) describe en el cerro Surupana la Fm Muni, que está constituido litológicamente por limolitas areniscosas y arcillas de colores que varían entre rojo ladrillo, violáceo y gris verdoso a blanquecino, con algunos depósitos de yeso y horizontes de caliza de más de 1 m de espesor con restos de moldes fosilíferos de gasterópodos, el conjunto alcanza aproximadamente 400 m de grosor, asimismo indica que sobreyace discordantemente a las formaciones Paleozoicas y subyace en discordancia erosional a la Formación Huancané.

Por las características descritas en el Proyecto Taucane, la Fm Muni afloran al sur y suroeste del Cerro Pucaloma, pero teniendo su mayor exposición en la quebrada Huilatera, donde se caracteriza por la coloración rojiza de sus afloramientos, estimándose la potencia de esta unidad en 380m aproximadamente, esto con trabajos de perforación diamantina mapeo geológico. En la parte inferior consiste de intercalaciones de limolita y arenisca de grano medio a fino de coloración rojiza con estratificación laminar, seguida de niveles de calizas hasta de 2m de potencia, interestratificado con areniscas calcáreas gris de grano fino con capas de 10 a 30cm de potencia. En la parte superior, se tiene secuencias de limolita rojas intercaladas con areniscas calcáreas de grano fino y calizas arenosas gris amarillentas en paquetes de 1-2 m.



De acuerdo con la descripción, las secuencias de la Fm Muni se habrían desarrollado en un ambiente de plataforma carbonatada, aunque no habiéndose identificado fósiles de fauna ni de flora.

4.7.1.6. Formación Huancané (Ki-hua)

Fue estudiada por Newell (1949) quien describe implícitamente una transición entre la Formación Muni, compuesta de pelitas y limolitas rojas que se intercalan hacia arriba con canales arenosos en forma estrato-creciente, y la Fm. Huancané, la cual hacia su base se intercala con pelitas rojas. Esta unidad se caracteriza por presentar facies arenosas y localmente conglomerádicas que indican que se depositó en un ambiente fluvial de tipo trenzado, localmente, bastante proximal, donde se desarrollaban episódicamente procesos eólicos que retrabajan la arena disponible en forma de dunas.

En el área de estudio, en especial en el Cerro Pucaloma, se estima una potencia aproximada de 200 m. La descripción se establece que, a la base está compuesta de areniscas cuarzosas con intercalaciones de areniscas feldespáticas color blanquecino, seguida de intercalaciones de micro-conglomerado con clastos sub-redondeados de cuarzo y cuarcita, donde es común observar estratificación cruzada (paleocanales) e intercalaciones de areniscas de granulometría fina a gruesa.

Hacia la parte superior, la Formación Huancané consiste en areniscas cuarzosas de color blanquecino a rosácea de grano fino a medio, presentando ocasionalmente estratificación cruzada. Por las características descritas el ambiente de formación de esta secuencia estaría en el límite de ambiente entre continental y playa.



Figura 10. Secuencias de areniscas sub-horizontales de la Fm. Huancané.

4.7.1.7. Grupo Moho (Kis-mo)

Newell, N.D. describió con este nombre a una secuencia cercana del pueblo de Moho, de piso al techo consiste principalmente de areniscas limoarcillitas de color rojizo abigarrado con niveles de caliza, sobre la cuales se intercalan estratos delgados de limolitas y lutitas arcillíticas marrones a gris verdosas. Esta secuencia se encuentra en los alrededores del cerro Pucaloma, teniendo que parte de esta unidad ya fue erosionada, la potencia estimada aproximada es de 30 m, teniendo hacia la base, bancos de limolita y arenisca de grano fino color rojizo de 20 a 40 cm; hacia la parte intermedia caliza areniscosa de grano fino a medio de color gris con potencias de 2-5 m; y hacia el tope, secuencias de limoarcillita intercalada con arenisca calcárea de coloración rojiza.



Figura 11. Principales formaciones estratigráficas.



4.7.2. Rocas Intrusivas

4.7.2.1. Monzogranito (MZG)

Se ha reconocido en forma de diques, tanto en el cartografiado geológico como en los sondajes perforados en la veta Lorena. En afloramientos tiene una dirección entre N280°-290°E y buzamiento de 30°-50°SO, las potencias superficiales son variables desde algunos centímetros a unos metros.

De acuerdo con las observaciones de campo, estas rocas instruyen las formaciones sedimentarias. En general la roca predominante es el monzogranito que se presenta en forma de diques con textura fanerítica a porfirítica con fenocristales de feldespatos alcalinos de 2-3cm, plagioclasa, cuarzo y biotita (que en algunas muestras se asemeja a flogopita).

Los diques tienen potencias que varían desde 1 hasta 25m, con longitudes que llegan a superar los 500m, las orientaciones predominantes son 250°/60°, 320°/70° y 190°/60°. Se observa que los diques con orientación entre 310° - 320° cortan a los diques con orientación de 230° - 250°, lo cual indica que los intrusivos de rumbo 310° son más jóvenes que los de rumbo 230°.

Los intrusivos presentan arcillas como minerales de alteración predominante (illita - esmectita) que van de débil a moderada intensidad, también es posible encontrar afloramientos silicificados con intensidad débil y es común observar intemperización moderada.



Figura 12. Dique de Monzogranito con 15m de potencia y orientación 310°.

La estimación de su composición es de cuarzo: 5-10% en fenocristales redondos <6mm, feldespato potásico: 50%, plagioclasa: 40% y biotita: 5%.

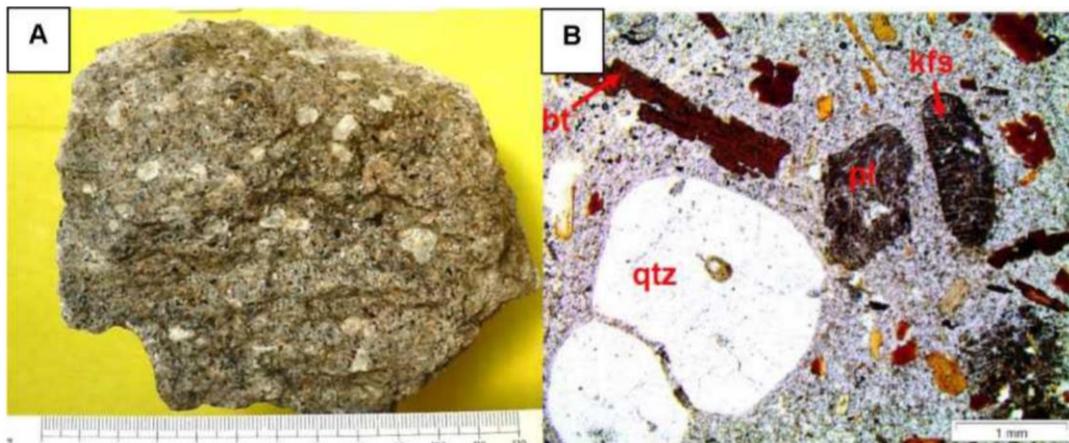


Figura 13. A: Muestra de mano de monzogranito con textura porfirítica. **B:** En sección delgada fenocristales de cuarzo (qtz) redondeados y cristales de plagioclasas idiomórficos (pl).

La biotita y el feldespato potásico con sus trazas de sobrecrecimientos de los fenocristales indican una historia de cristalización en varias etapas relacionada a la formación de varias etapas del dique. La roca presenta una muy débil alteración a clorita-sericita-calcoita-pirita.

4.7.3. Brechas

4.7.3.1. Brecha Falla

Están asociadas al sistema Falla Taucane y sus ramales, se caracterizan por tener mayor movimiento, aun conservando algunas estrías de fallas, los fragmentos son subangulosos y subredondeados, la matriz es roca molida producto del movimiento de la falla. Se presenta monomictica o polimictica, con clasto o matriz soportada, también puede presentar mineralización triturada, producto de arrastre de estructuras mineralizadas cercanas.



Figura 14. A: Brecha de falla. *B:* Brecha con alineamiento de fragmentos producto de reactivaciones de la falla.

4.7.3.2. Brecha Hidrotermal

Este tipo de brecha se ha identificado en los sondajes de perforación, se caracterizan por la presencia de mineralización en la matriz, corresponde a una brecha con fragmentos angulosos a subredondeados, pueden ser polimicticas o monomicticas, la matriz presenta mineralización de pirita, calcita, galena y ocasionales parches de baritina.

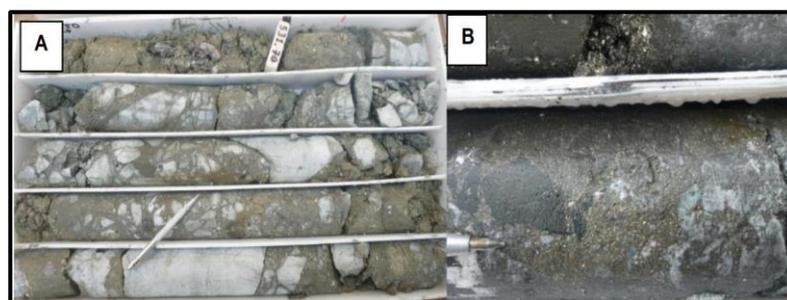


Figura 15. A: Fragmentos de arenisca anguloso y en matriz pirita, calcita y casiterita. *B:* Detalle de la muestra.

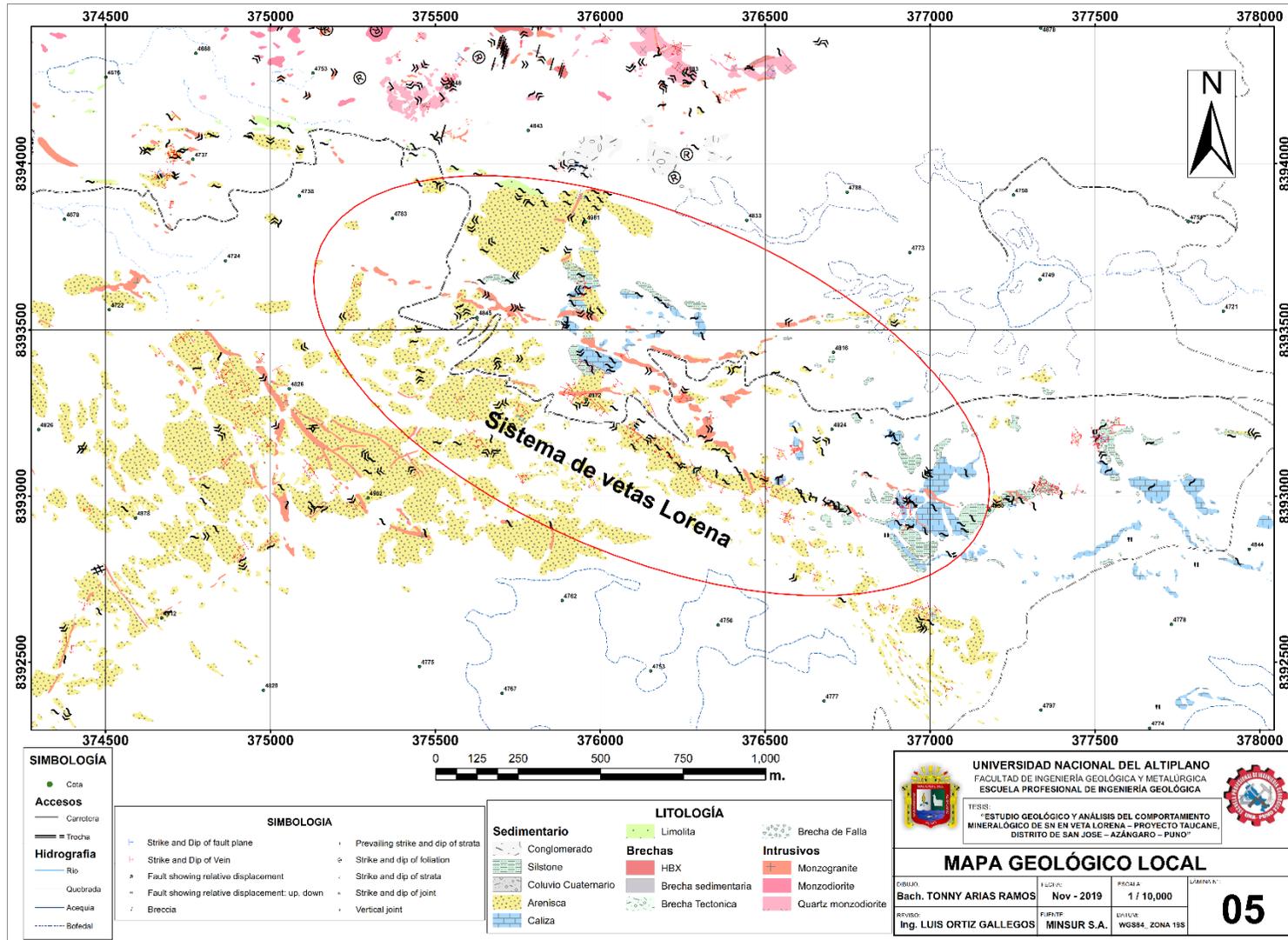


Figura 16. Mapa Geológico local del Proyecto Taucane con estructuras mineralizadas.



4.8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

En el área de estudio ambiental se reconocen dos patrones estructurales, limitados por fallamientos y relacionados a la edad de las rocas, así se tiene un bloque Paleozoico hacia el noreste, y otro Mesozoico hacia el suroeste correspondiente a la cuenca sedimentaria Putina.

Se han definido cuatro (4) sistemas de fallas, las que se describen a continuación:

4.8.1. Primer Sistema de Fallas (Falla Taucane)

También denominada regionalmente, Sistema de Fallas Cordillera Oriental (Carlotto, 2009). Corresponde a fallas de primer orden profundas con rumbo general NO-SE, localmente la falla tiene azimut de $N100^{\circ}$ - 110° E y buzamiento entre 60° - 70° SO.

Limita las unidades litológicas del paleozoico que aflora al N y unidades sedimentarias mesozoicas que afloran al S; así mismo este sistema de fallas controlaron el emplazamiento de cuerpos intrusivos compuestos por MZD y QMZ. El movimiento se infiere que sean dextrales por analogía con lo observado a escala regional.

4.8.2. Segundo Sistema de Fallas

Son de rumbo andino cuyo azimut es $N135^{\circ}$ - 140° E con buzamiento entre 50° - 60° SO, este sistema de fallas son tensionales de la Falla Taucane, y controlan el emplazamiento de los diques de composición MZG, cortando unidades sedimentarias e intrusivos de carácter QMZ y MZD.

Así mismo estas fallas han sido favorables para el emplazamiento de estructuras mineralizadas, tales como los sistemas de vetas Lorena y Kelly.



4.8.3. Tercer Sistema de Fallas

Son de carácter local con azimut $N30^{\circ}-40^{\circ}E$ y buzamiento de $70^{\circ}-80SE$, controlan el emplazamiento de diques de composición MZG ubicadas al SO de la veta Kelly. En el cerro Santa Bárbara, controlan vetas y diques de composición MZD.

4.8.4. Cuarto Sistema de Fallas

Este sistema de fallas se interpretó de acuerdo con los sondajes perforados en el sistema de vetas Lorena, son fallas de última generación cortando todas las anteriores, con rumbo $N315^{\circ}W$ con buzamiento entre $45^{\circ}-50^{\circ}NE$, al parecer este sistema favoreció para la mineralización de Sn, y posteriormente fueron reactivadas provocando zonas de brechas disturbaron la mineralización.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ESPECTROMETRÍA (TERRASPEC)

5.1.1. Descripción de Muestras

Zona con una extensión mayor de 1.8km de longitud, en la que aflora la veta Lorena y sus ramales. La estructura está compuesta principalmente de óxidos de hierro, baritina y sulfuros de plomo, zinc y plata. La roca hospedante son areniscas cuarzosas, areniscas arcósicas, calizas y diques de composición monzogranítica. Del área se recolectaron 37 muestras.

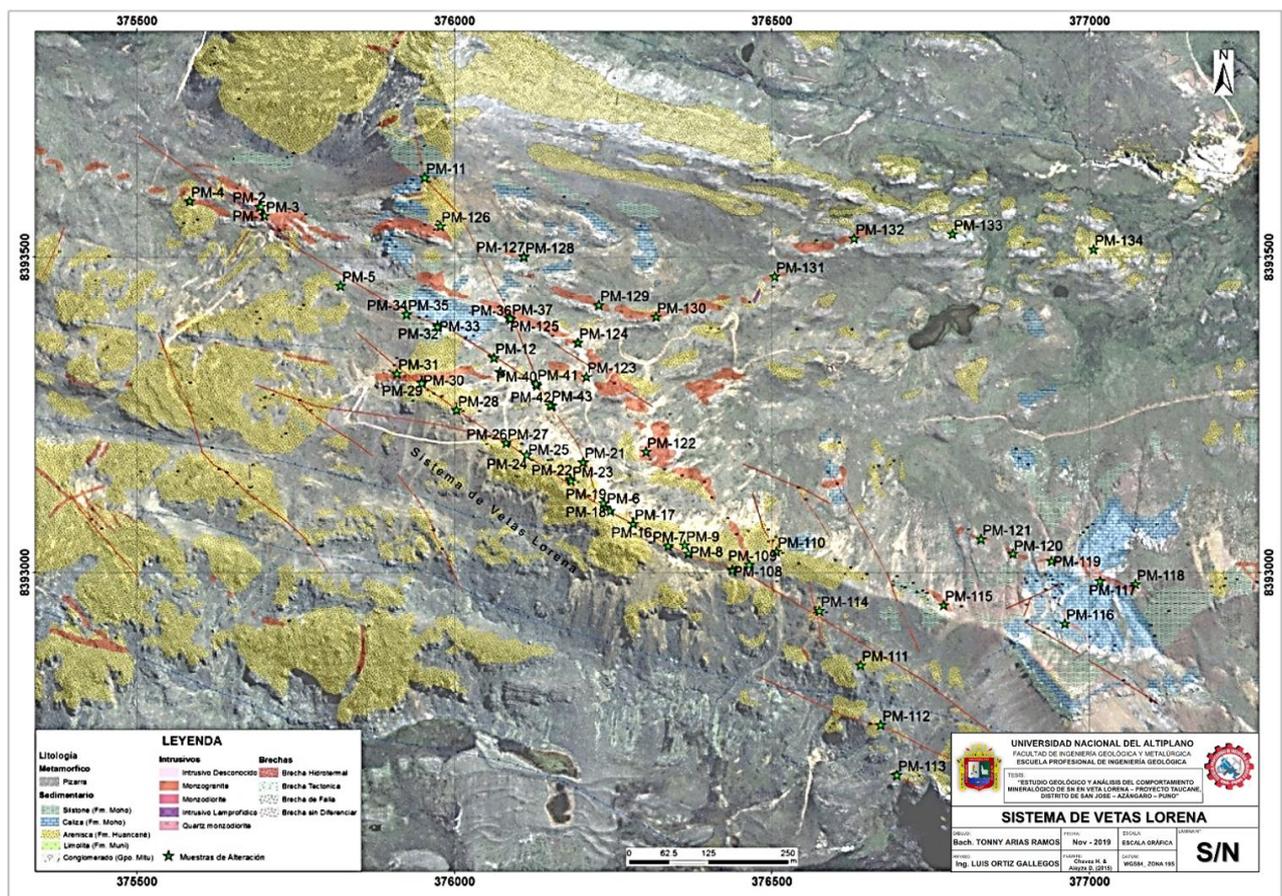


Figura 17. Muestras para Terraspec en Sistema de Vetas Lorena. (Chavez & Alayza, 2015)

En los trabajos de cartografiado geológico se identificaron las alteraciones argílicas, epidotización y cloritización, esta última muy restringida y en trazas en los

diques de monzogranito. Con los análisis de espectrometría, se identificó la alteración fílica y se confirmó la existencia de la alteración argílica de baja temperatura. No se determinó la existencia de la alteración de turmalina.

A continuación, desarrollaremos las alteraciones que fueron identificadas en orden de abundancia:

a) Alteración Argílica

La alteración argílica predomina en todo el sector Lorena, tanto en las areniscas como en los diques de monzogranito. En los trabajos de espectrometría, se identificaron los siguientes minerales: illita>>dickita y montmorillonita. Cabe mencionar que se encontraron trazas de pirofilita en algunos espectros, lo que podría indicarnos zonas más calientes. La muestra obtenida es de un dique de monzogranito porfirítico con fenocristales de feldespato potásico de hasta 2cm, con 3% biotita y <1% de cordierita.

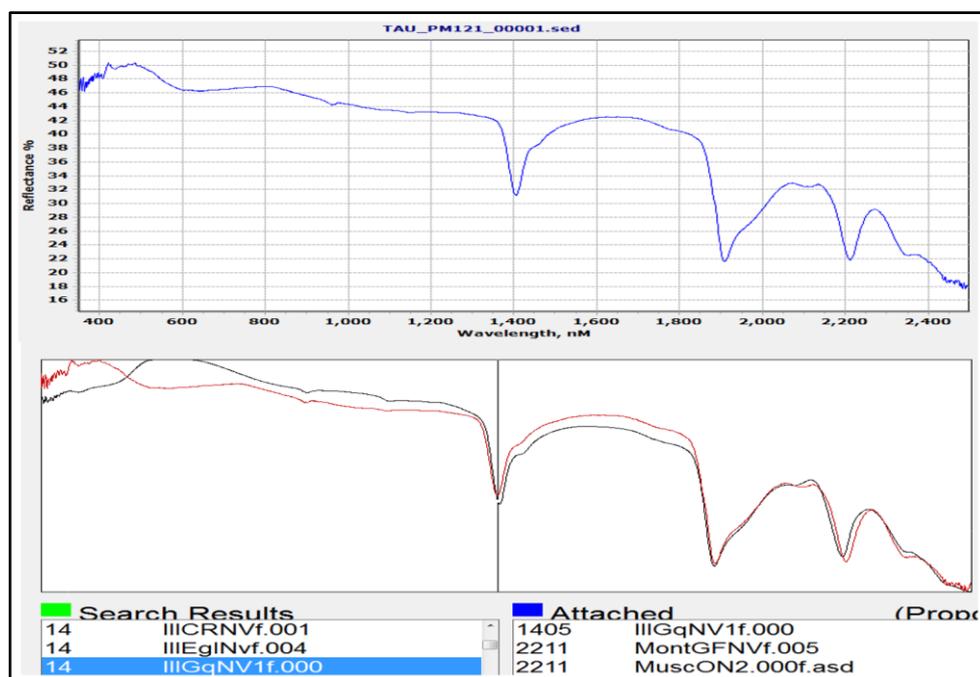


Figura 18. Muestra PM-121. Espectro de la illita asociada a montmorillonita.

En el análisis se identificó el espectro de la illita asociada a montmorillonita y muscovita. Su rasgo distintivo se encuentra en la longitud de onda 221 μm .

b) Alteración Fílica

Esta alteración se encuentra restringida a la zona de contacto de los diques de composición monzogranítica con las areniscas de la Fm. Huancané y en las rocas cajas de las vetas. La muestra es de roca caja y macroscópicamente se define como una arenisca arcósica de grano fino color beige, ligeramente oxidada y débil argilización.

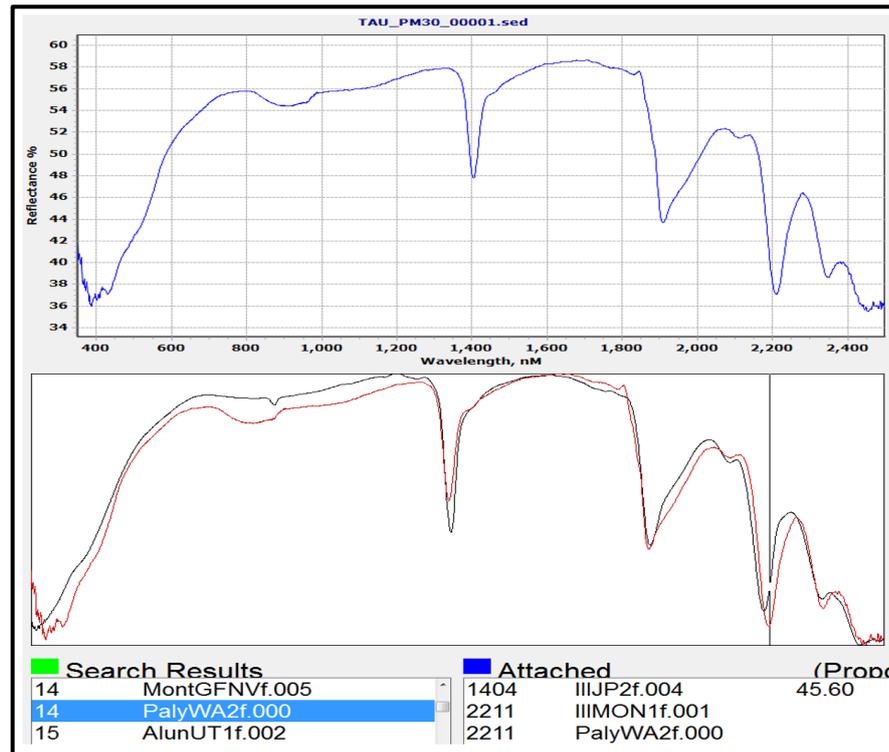


Figura 19. Muestra PM-30. Espectro de la muscovita asociada a illita.

En el análisis de la muestra se identificó el espectro de la muscovita asociada a la illita. Su rasgo distintivo se encuentra en la longitud de onda 2211 μ m.

5.1.2. Resultado de Análisis de Espectrometría

En los dominios sedimentarios (Sistema de Vetas Lorena), se determinó que los minerales de alteración en la arenisca son especialmente arcillas. Se pudo corroborar el predominio de la illita sobre esmectitas. Estos minerales de alteración están directamente relacionados a estructuras mineralizadas, fracturas y fallas. La alteración argílica es de intensidad débil a moderada en el sector Lorena.



En el sector Lorena, en las rocas sedimentarias e intrusivas, la presencia de illita es mucho mayor que la ocurrencia de esmectita y podría inferirse la transformación de esmectita a illita para lo cual se requiere una fuente de potasio, probablemente sean los diques de monzogranito. Debido a que tiene los límites de estabilidad de los minerales del grupo de la illita se encuentran entre $<150^{\circ}$ - 200°C y de sus fluidos con un pH 4-6, se puede mencionar que nos encontramos ubicados en la parte alta un sistema epitermal. En función al ambiente identificado, de baja temperatura donde los fluidos llegaron con un pH ligeramente ácido, especialmente nos hallaríamos alejados de la fuente que transporta y deposita casiterita.

Las anomalías geoquímicas de Sn superficiales podrían indicarnos un ambiente de mineralización más ligero, con desarrollo de alteraciones asociadas a fluidos muy ácidos hacia la superficie, siguiendo de cierto modo el patrón de los yacimientos de estaño bolivianos como el caso del yacimiento Cerro Rico. Cabe mencionar que se localizaron en algunos diques de monzogranito del sector Lorena espectros de clorita, pero de muy débil intensidad.

La alteración fílica, que tiene por temperatura de estabilidad 300° - 400° , se le ha identificado asociada a las estructuras mineralizadas en el sector Lorena. La mayoría de las muestras con esta alteración proviene de rocas en contacto con una estructura mineral (roca caja).

La alteración fílica es de muy débil intensidad y pobre extensión. Se pudo observar que en los tramos con presencia de alteración fílica en las estructuras mineralizadas, la geoquímica superficial del estaño tiene sus valores más altos (0.1-3% Sn).

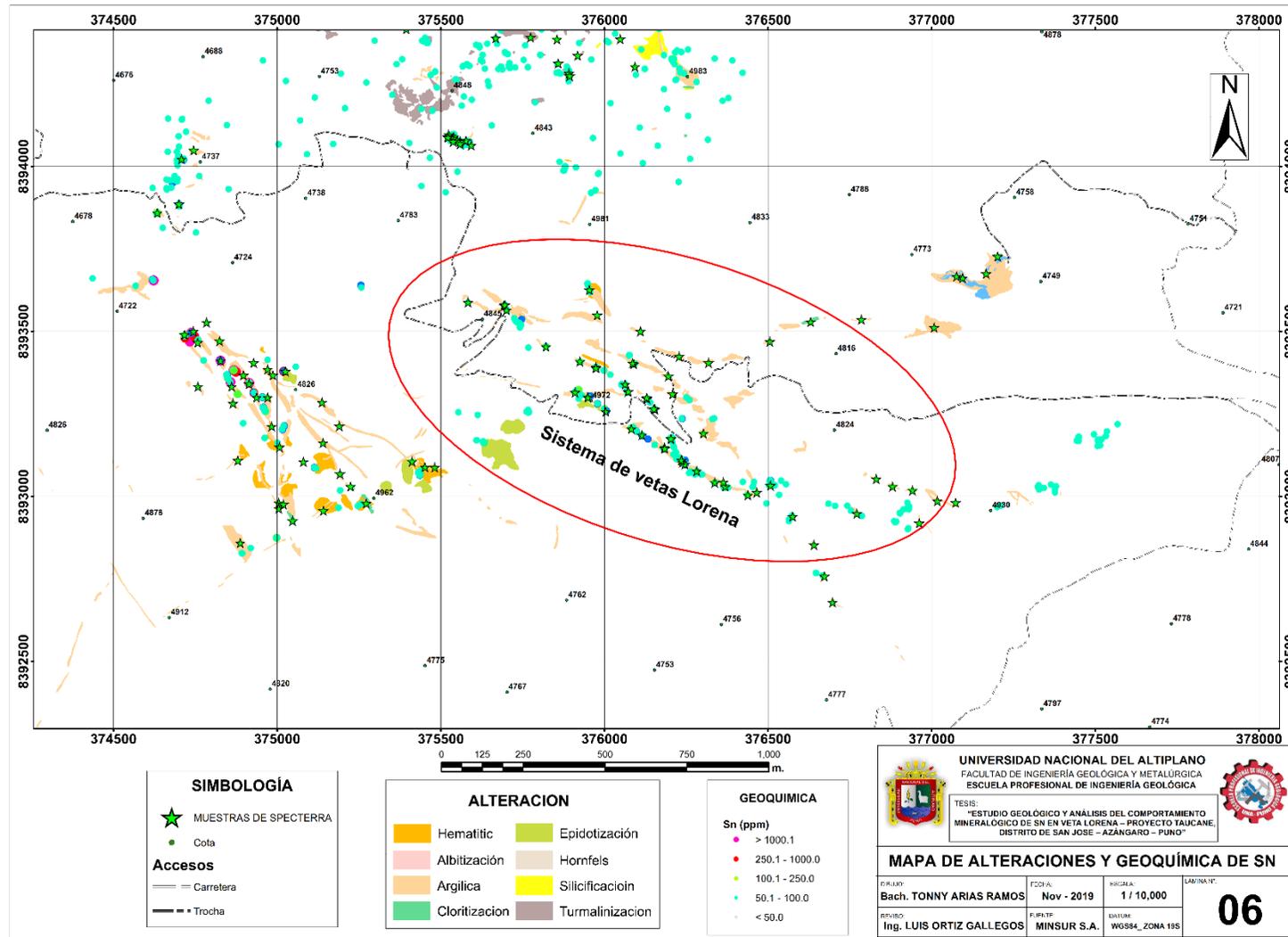


Figura 20. Mapa de Alteraciones y Geoquímica de Sn.



5.2. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.2.1. Alteraciones Hidrotermales

5.2.1.1. Alteración Argílica

Están directamente relacionados a estructuras mineralizadas, fallas y brechas. La alteración argílica es intermedia, de intensidad moderada a fuerte en el sistema de vetas Lorena.

Los minerales de alteración en la arenisca son esencialmente arcillas (caolinita, montmorillonita), mientras que en los intrusivos predomina la illita sobre las esmectitas.

5.2.1.2. Carbonatación

Se han descrito en los logueos de testigos de perforación, están relacionados a zonas de vetas y mantos, se caracteriza por la moderada a fuerte presencia de carbonatos, que se corroboró con la prueba al ácido, probablemente resulte confusa en horizontes de arenisca calcárea, debido a la composición de la roca. En los intrusivos también se tiene carbonatos, debido a la alteración de las plagioclasas.

5.2.1.3. Alteración Clorítica

En los sectores de Lorena se presenta como mineral de alteración en los diques de monzogranito (MZG), pero de muy débil intensidad. Probablemente la alteración se deba a la transformación de minerales máficos como cordierita y biotita en clorita.

5.2.1.4. Alteración fílica

La alteración fílica se ha identificado mediante el estudio de espectroscopia, asociadas a estructuras mineralizadas, la intensidad es muy débil y restringido.

Se observa estos tramos en sistema de vetas Lorena, en donde la geoquímica superficial del estaño responde a los valores más altos (0.1-3% Sn).

La información colectada y analizada podría sugerir, que aquellos sectores en superficie con concentraciones anómalas en estaño y con alteración filica, podrían ser buenos objetivos de perforación para el sistema Lorena.

5.2.1.5. Silicificación

La silicificación es una alteración de escasa propagación y de débil intensidad. Se manifiesta por el aumento de la dureza de roca, producto del incremento de sílice.

De acuerdo con la profundidad de la perforación diamantina se percibió claramente distintos tramos con moderada intensidad de sílice masiva pero su presencia no indica necesariamente el comportamiento mineralógico de casiterita en las estructuras de mineralización.

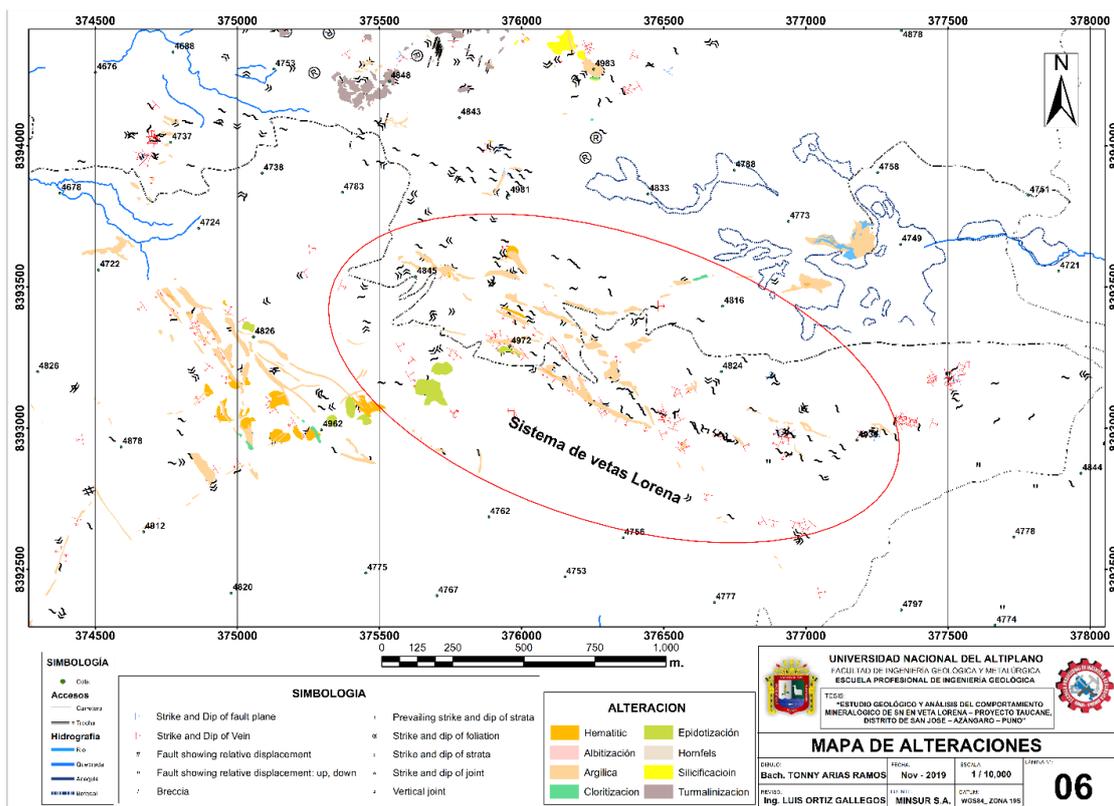


Figura 21. Mapa de Alteraciones.

5.2.2. Mineralización

De acuerdo con los trabajos de cartografiado y perforación diamantina, en el área del Proyecto Taucane se han identificado dos áreas con mineralización, las cuales se describen a continuación:

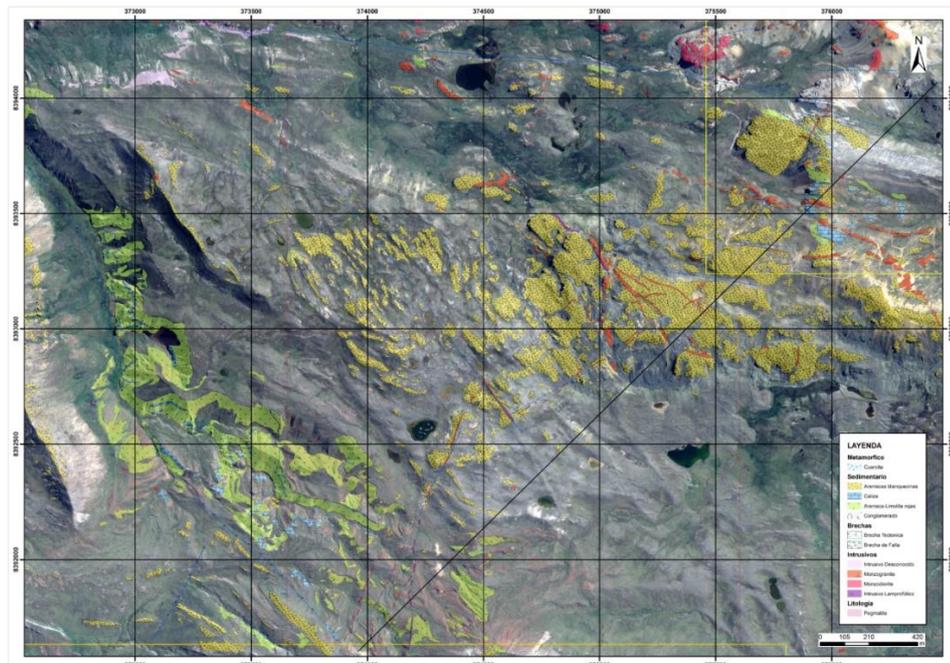


Figura 22. Geología del proyecto Taucane mostrando una línea de Sección.

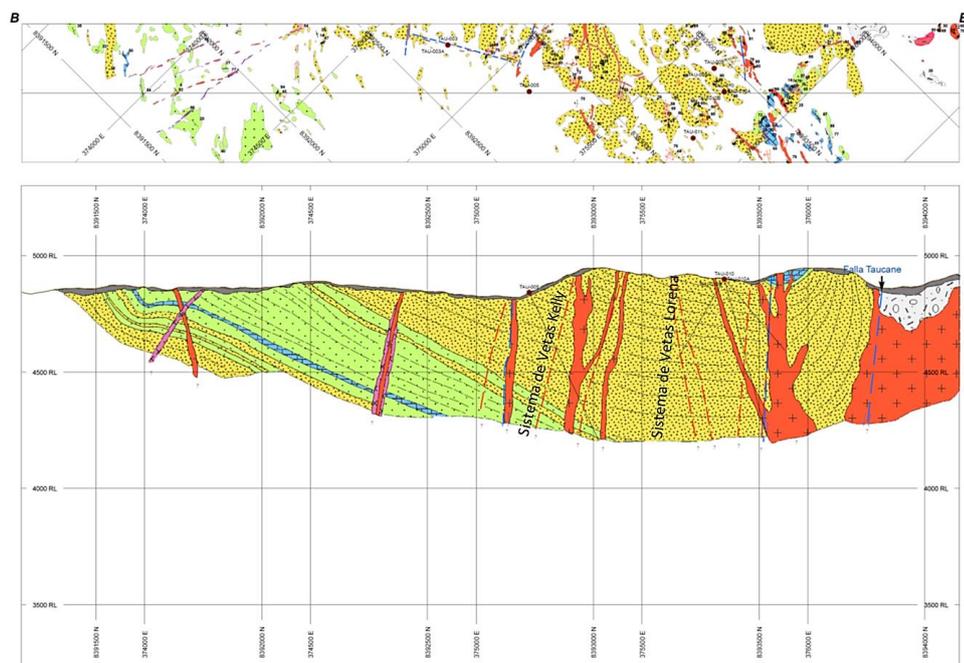


Figura 23. Sección geología con secuencias sedimentarias cortada por diques de monzogranito y vetas.

5.2.2.1. Veta Lorena

Aflora en el cerro Pucaloma, con azimut 110-140° y buzamiento 60°-80°SO, tiene una extensión longitudinal discontinua de aproximadamente 1300m, con anchos variables entre 0.10-1.50m, se presenta ramaleada formando pequeños clavos en la unión de dos estructuras, que en varios casos fueron explotados artesanalmente.

El sistema de vetas Lorena forma lazos sigmoides, en la unión de las estructuras se pueden observar pequeños clavos los cuales contienen mineralización de Ag, Pb, Cu, Mo, Bi, As y Sb.

Se emplaza cortando areniscas de la Formación Huancané, limolitas del Grupo Moho y los diques de composición MZG, lo cual evidenciaría que los fluidos mineralizantes son posteriores a la intrusión; las rocas encajonantes se encuentran con moderada a fuerte argilización.



Figura 24. Labor artesanal al NW, roca huesped de la veta Lorena es un dique de monzogranito (MZG) con leve cloritización.

En superficie la estructura se presenta brechada, compuesta predominantemente de fragmentos de arenisca con matriz fuertemente oxidada, la mineralización evidenciada está compuesta por pirita diseminada y en parches, galena argentífera en venas y parches, baritina en parches y óxidos de Hierro (goethita-hematita).

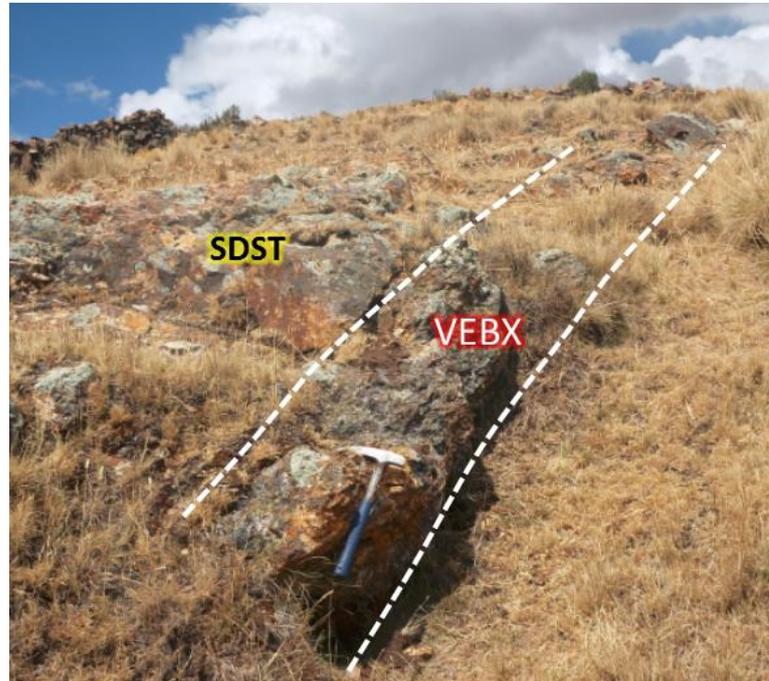


Figura 25. Brecha mineralizada compuesta de clastos de arenisca de 3-4cm WK oxidados y MOD VLT FEOX (GT,LIM) cerca al contacto de arenisca y limolita. Pot=0.4m, longitud=10m, Az=310°/46°.



Figura 26. Fotografía que muestra la dirección de la Veta Lorena.

De acuerdo con los trabajos de perforación diamantina en esta veta, la mineralización se presenta en vetas, vetillas, mantos reemplazando horizontes calcáreos y como relleno en zonas de brechas. Cuyos "feeders" parecen ser controlados por canales verticales a sub-verticales cortando todas las secuencias sedimentarias y diques de MZG.

En los horizontes de areniscas calcáreas se desarrolló fuerte reemplazamiento de carbonatos de texturas bandeada, en algunos casos auto-brechadas, posiblemente asociadas a zonas de fuerte disturbación tectónica. Los minerales reconocida según su abundancia son: pirita (PY) masiva, calcita (CAL), pirrotita (PO), galena (GN), esfalerita (SP), casiterita (CST), arsenopirita (APY), calcopirita (CCP) y siderita (SD).



Figura 27. A: Sondaje TAU008B, se muestra uno de los tramos mineralizados. **B:** Detalle de la mineralización masiva de galena argentífera.

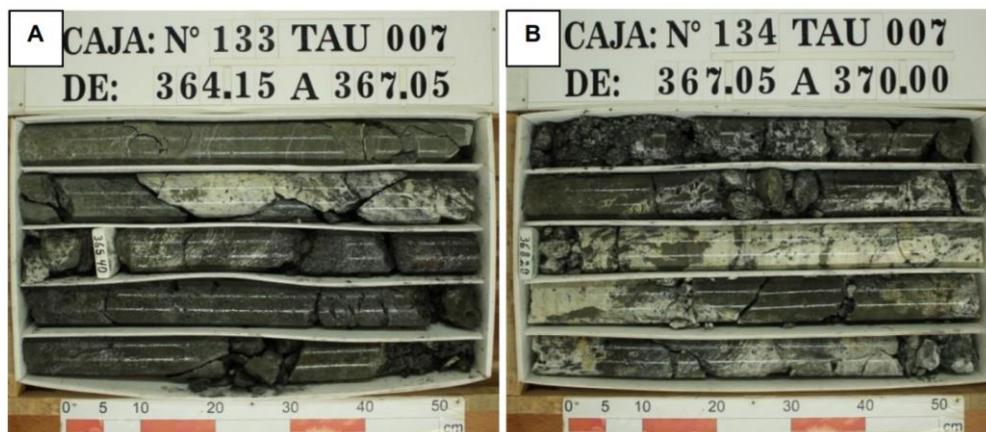


Figura 28. A y B: Sondaje TAU007, reemplazamiento masivo de horizontes calcáreos por calcita, pirita y galena.

De las observaciones en el microscopio la mineralización podría tratarse de un evento posterior de mineralización de Sn, que rellena espacios entre los cristales de la pirita de aspecto deleznable. Posteriormente el sistema fue reactivado, generando fuerte brechamiento y disturbando la mineralización.



Figura 29. A, B y C: TAU004, mineralización de pirita cristalizada de grano medio a fino de aspecto terroso. D: En círculo rojo detalle de la mineralización de estaño color beige.

5.2.2.2. Veta Kelly

Se encuentra en una cota de 4650 msnm, se conforma por 2 estructuras sub paralelas de rumbo NO-SE y buzamiento de 70°-80° SO, tiene una longitud discontinua de 750m y potencias variables de 0.20 a 0.50m, la mineralización consiste en Ag, Pb, Sn, As y Sb.

Similar al sistema Lorena, las estructuras se emplazan cortando areniscas de la Formación Huancané y los diques de composición MZG, cabe indicar siempre su emplazamiento es cerca a los diques, la cuales seria zonas favorables para la ascensión de los fluidos mineralizantes.

En superficie las estructuras son discontinuas, presentan textura brechada con fuerte oxidación hacia la matriz, la mineralización está compuesta por baritina, pirita, galena argentífera en venas y parches y óxidos de hierro (goetita-hematita).

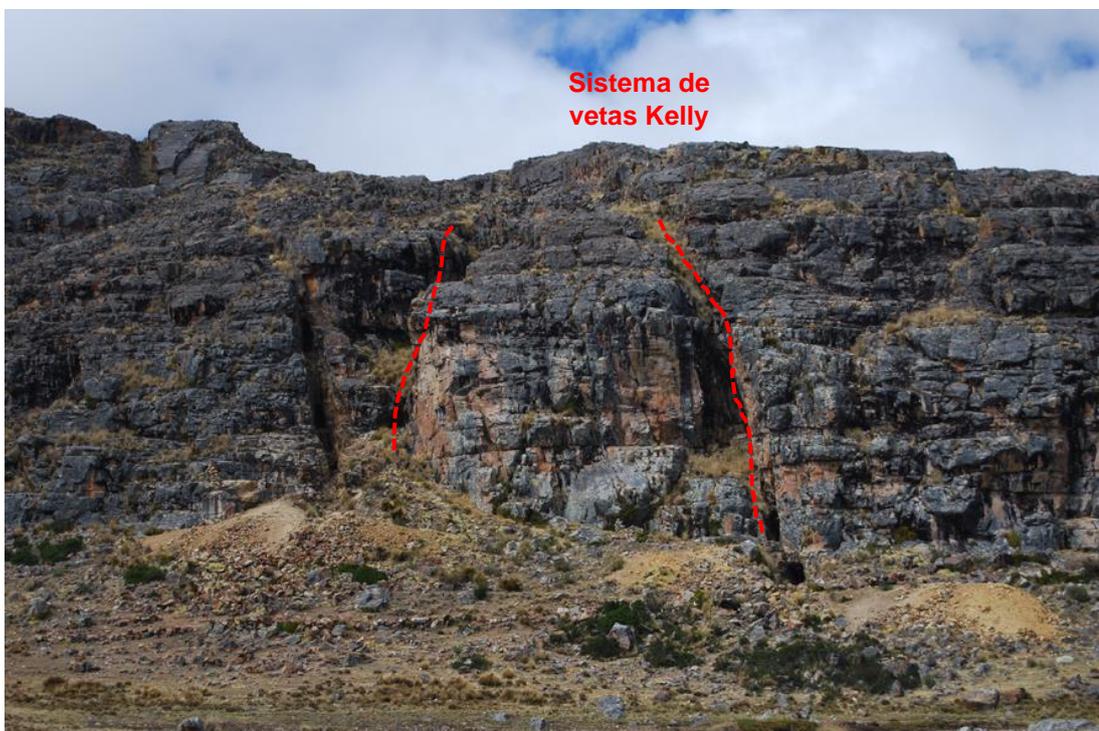


Figura 30. Sistema de vetas Kelly de rumbo NS al noroeste del proyecto Taucane.

La mineralización reconocida en los sondajes de perforación está asociada a sistema de vetas, vetillas y reemplazamiento en horizontes carbonatados, la ocurrencia de estas estructuras siempre se encuentra cerca y cortando en algunos casos a los diques de MZG.

Los minerales asociados a las estructuras son calcita, pirrotita masiva, pirita en parche, siderita, galena, esfalerita, calcopirita, la casiterita no es visible.

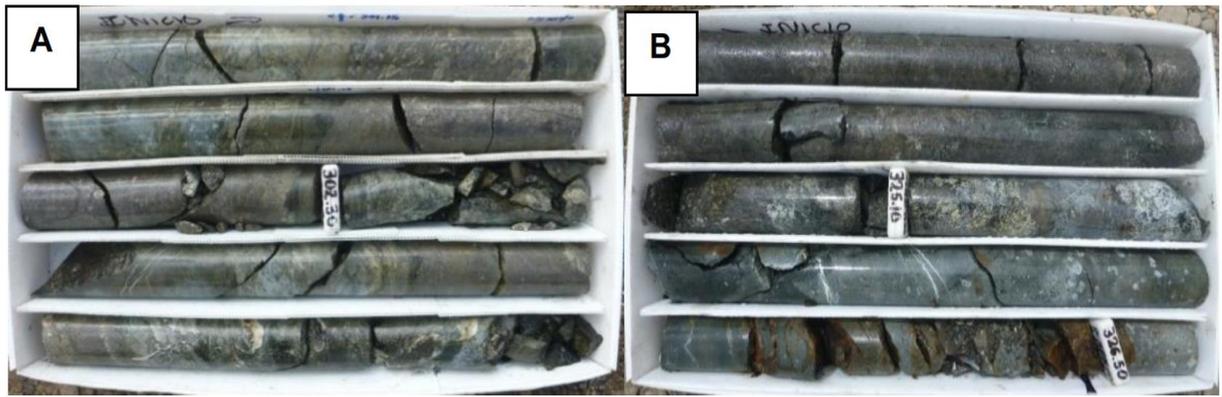


Figura 31. A: TAU013 tramo 300.80-303.80, estructura de reemplazamiento (PO 50%, PY 30%, GN 8%, SP 3%, CCP 1%), calcita - siderita. **B:** TAU013 tramo 323.80-326.60, con mineralización igual que la anterior.

5.2.3. Mineralogía

5.2.3.1. Minerales de Mena

- Casiterita
- Galena Argentífera

5.2.3.2. Minerales de Ganga

- Pirita
- Calcita
- Baritina
- Óxidos de Fe
- Siderita

5.3. ESTUDIO DE MICROSCOPIA

Para el estudio de microscopía se tomaron 07 muestras de estructuras mineralizadas interceptadas en distintas zonas estratégicas del sistema de vetas Taucane, muestras que comprenden los trabajos de perforación diamantina del proyecto Taucane, en su etapa de exploración.

La preparación de las muestras consistió en extraer trozos <5mm de cada una y colocarlos sobre platinas cuidadosamente, y luego fueron analizados con el microscopio electrónico, no fue posible realizar secciones pulidas, por ser muestras deleznable y de poca consistencia.

Dichas muestras serán preparadas y analizadas por el método de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), por lo cual se tomarán en cuenta la descripción de manera detallada de acuerdo con las características presentes en las muestras.

5.3.1. Muestra N° 1

5.3.1.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra obtenida del sondaje TAU004 del tramo 499.90m de profundidad. Pirita cristalizada, semi compacta de grano fino con ocasionales cristales hasta de 5mm, en matriz se presenta como cemento calcita y material color beige en concentraciones <5mm.



Figura 32. A: Muestra N° 1 para análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

B: Metraje perforado de donde se obtuvo la Muestra N° 1.

5.3.1.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La muestra tiene una marcada mineralización de mena conformada principalmente por pirita (py), calcita (cal) y casiterita (cst), la ocurrencia de la casiterita

se conforma de agregados de microcristales subhedral, anhedral <100 micras de tamaño, rellenando intersticios que presentan geoformas aciculares y radiales.

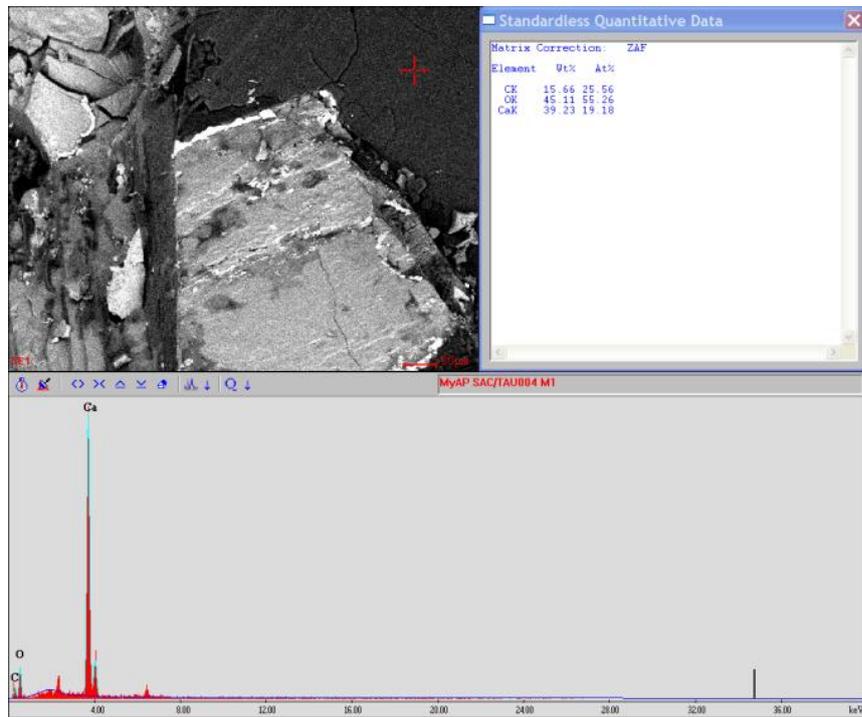


Figura 33. Muestra N° 1 - Estimación cuantitativa puntual de la calcita (cal).

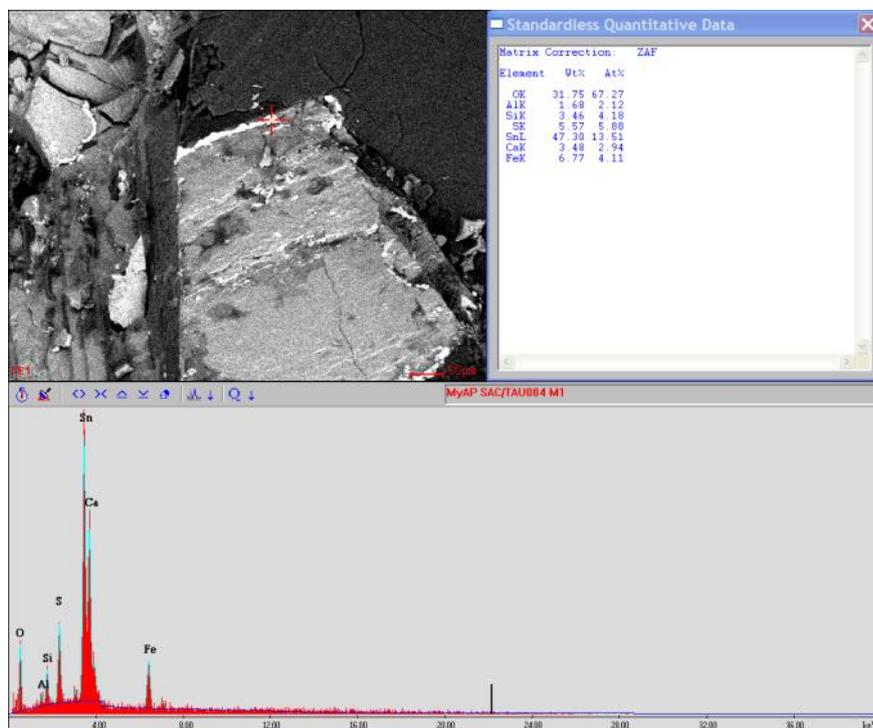


Figura 34. Muestra N° 1 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst) y la piritita (py).

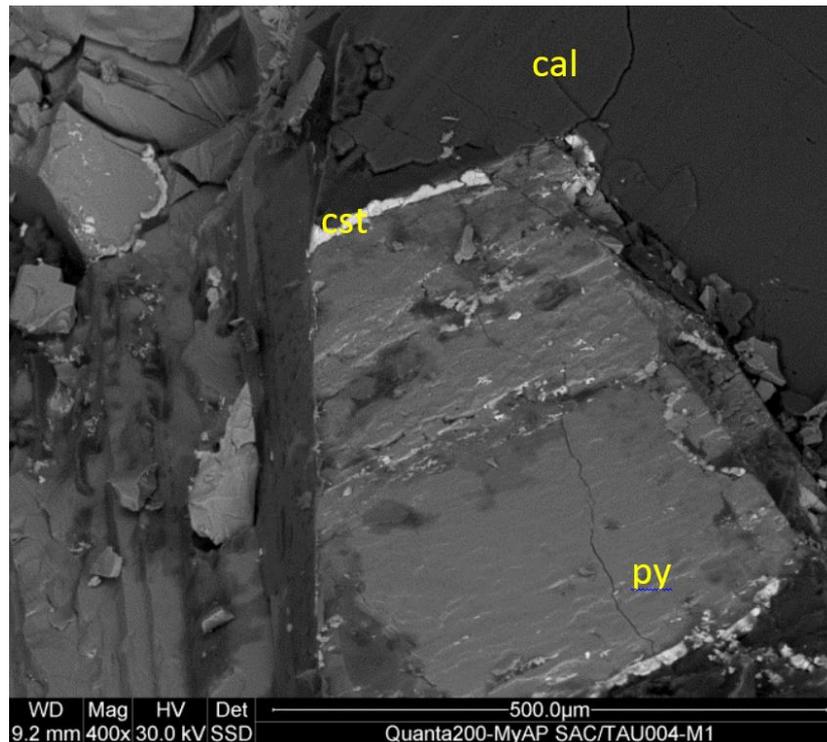


Figura 35. Cristales euhedrales de pirita (py) y casiterita (cst) en los bordes.

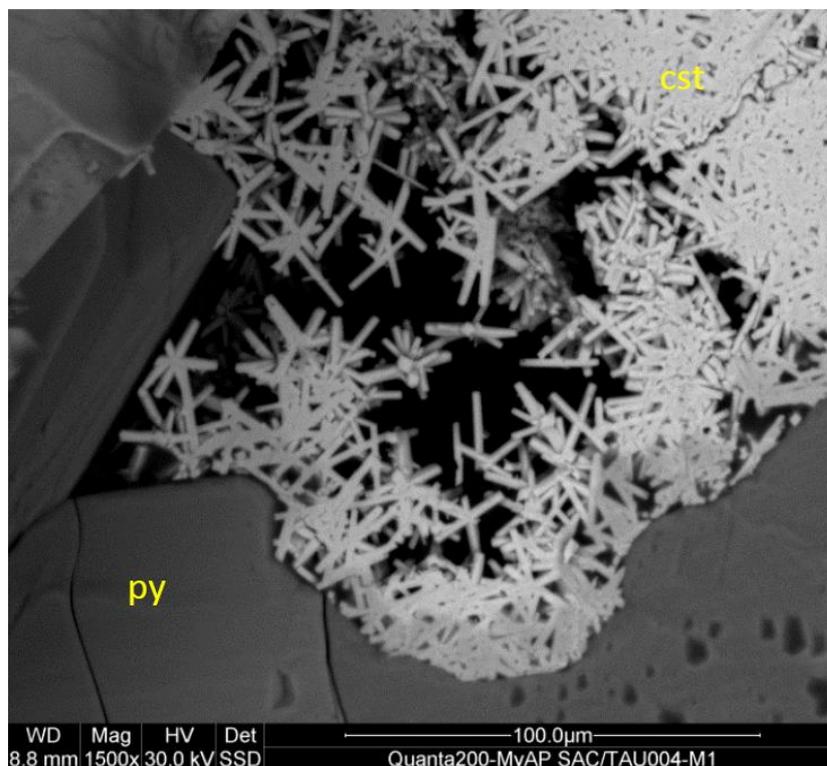


Figura 36. Pirita (py) cristalizada en forma granular y casiterita (cst) con formas aciculares y radiales.

Cristales euhedrales de pirita (py) microfracturada con tamaños que superan los >100 micras; la casiterita se presenta como agregados de microcristales subhedral, anhedral <100 micras de tamaño, relleno de intersticios formando geoformas aciculares y radiales.

5.3.2. Muestra N° 2

5.3.2.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra obtenida del sondaje TAU004 del tramo 492.80m. Pirita cristalizada, semi compacta de grano medio a fino con cristales <5mm, en matriz calcita con moderada efervescencia al ácido, también se observa concentraciones de mineral color beige >10mm.



Figura 37. Muestra N° 2 para análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). **A:** Muestra de mano. **B:** Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.

5.3.2.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La muestra presenta pirita (py) cristalizada <5mm de aspecto granular, en cuyos intersticios se presentan agregados de microcristales de casiterita <50 micras de tamaño, formando geoformas aciculares, radiales y orientados.

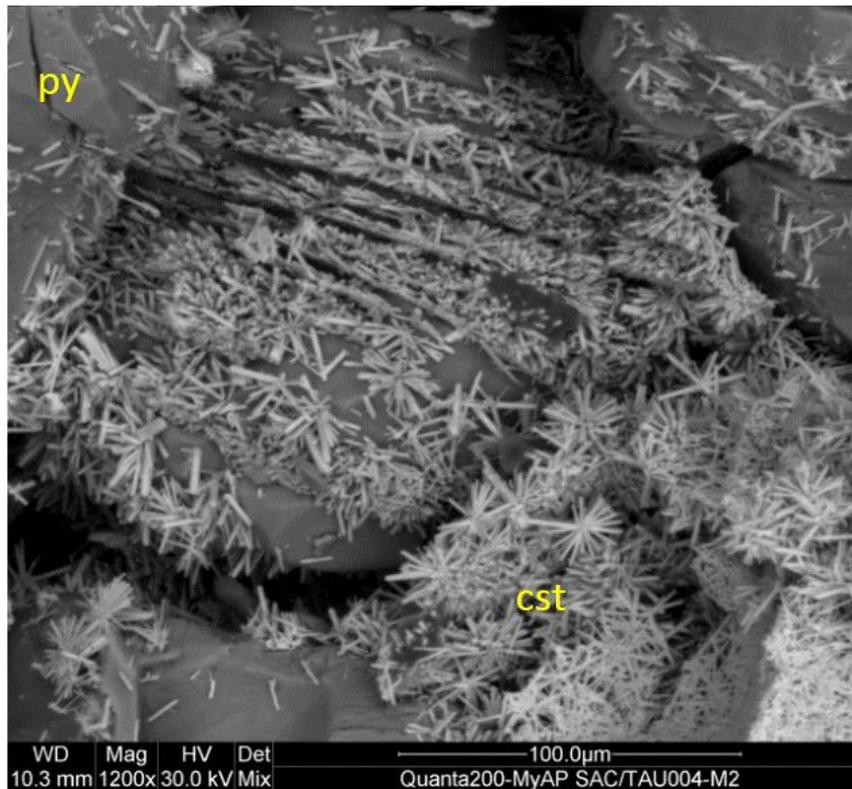


Figura 38. Cristales euhedrales de pirita (py) y casiterita (cst) aciculares y radiales.

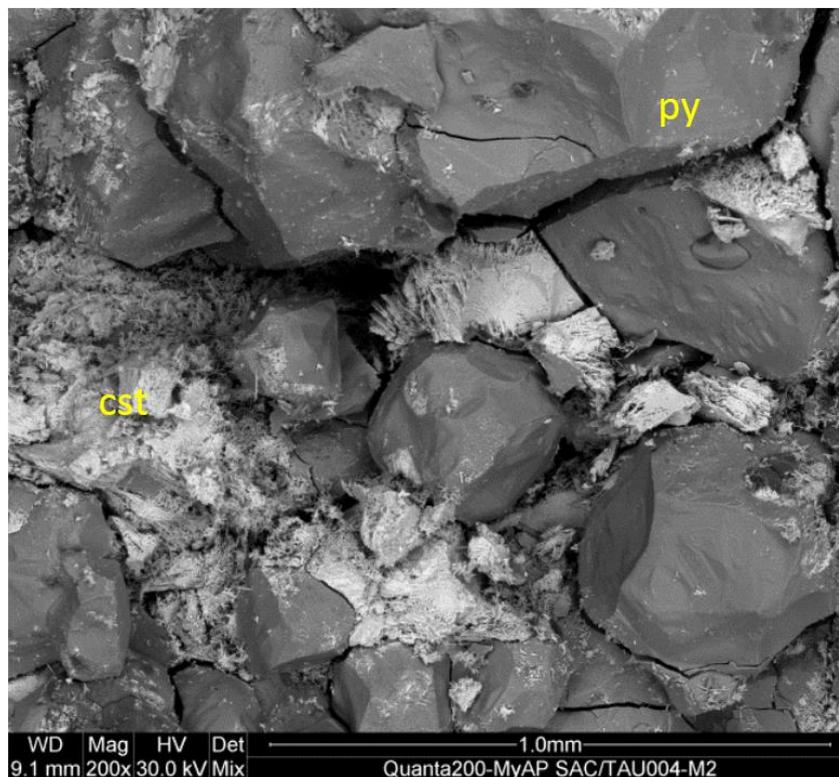


Figura 39. Pirita (py) en forma granular y rellenos de casiterita (cst) en espacios vacíos.

Cristales de pirita de aspecto granular, cuyos tamaños varían desde 150 micras hasta cientos de micras, en los intersticios de los cristales de pirita se presentan agrupaciones de microcristales de casiterita, cuyos tamaños son <50 micras, las formas son aciculares y radiales.

5.3.3. Muestra N° 3

5.3.3.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra tomada del sondaje TAU004 en el tramo 494.70m. Pirita bandeada entre cristales de grano fino y grano grueso, parches <10mm de mineral color beige.



Figura 40. Muestra N° 3 para análisis SEM. **A:** Muestra de mano. **B:** Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.

5.3.3.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La muestra presenta bandas de pirita fina y gruesa, la mineralización de mena está conformada principalmente por pirita (py) y casiterita (cst). La presencia de la casiterita ocurre con mayor frecuencia en la unión de granos gruesos y finos rellenando espacios vacíos, son agregados de microcristales subhedral, anhedral, cuyos tamaños son <100 micras, se presentan en formas aciculares y radiales.

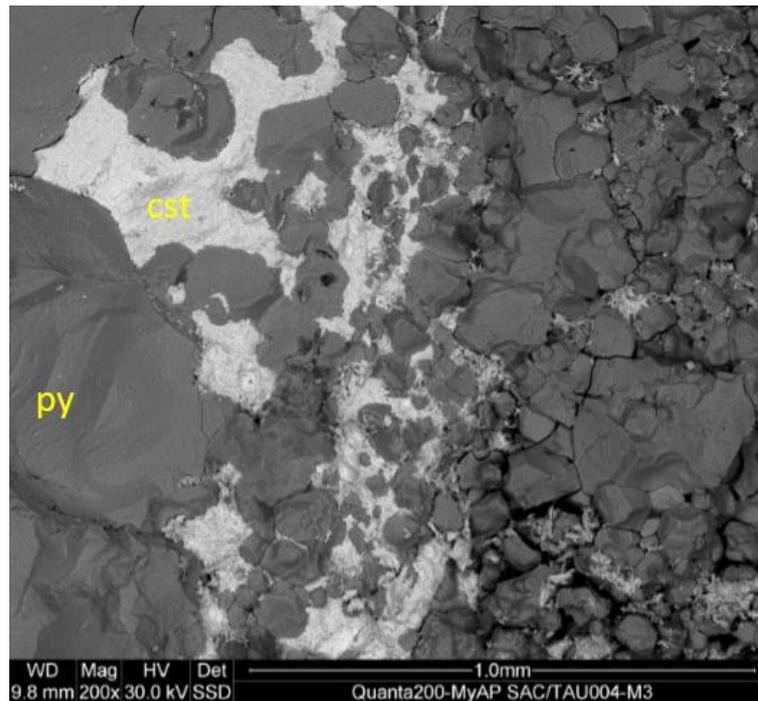


Figura 41. Pirita (py) granular hospedando casiterita (cst) en sus espacios vacios.

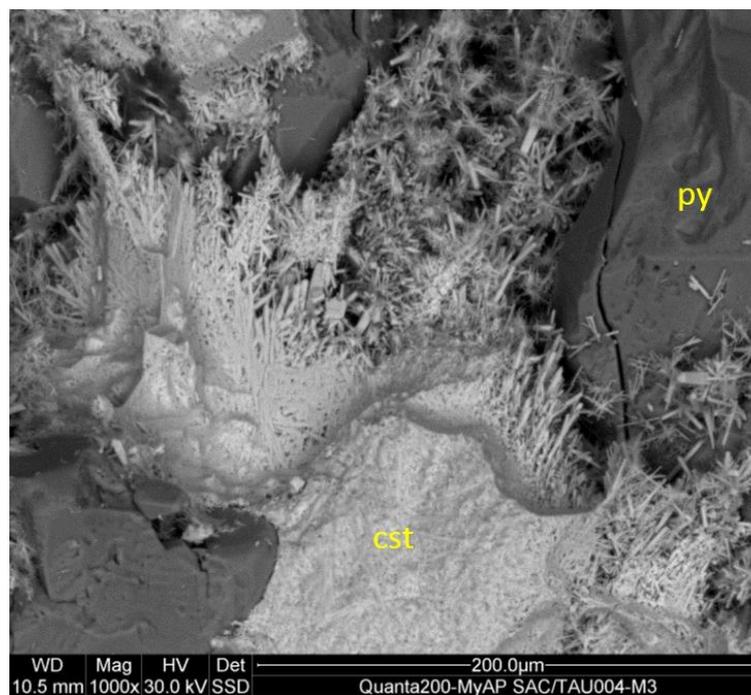


Figura 42. Casiterita masiva y con formas aciculares.

En las fotos se muestran la distribución de la pirita (py) y la casiterita (cst); la casiterita se presenta como cristales de tamaños <100 micras, relleno intersticios en formas aciculares y radiales.

5.3.4. Muestra N° 4

5.3.4.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra de tomada del DDH TAU004, tramo 532.90m. Compuesta por pirita de grano medio a fino deleznable asociado con material blanquecino pulverulento y mineral color beige asociado en matriz.



Figura 43. Muestra N° 4 para análisis SEM. **A:** Muestra de mano. **B:** Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.

5.3.4.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Cristales de pirita (py) microfracturada, cuyos tamaños superan varios cientos de micras, presentan inclusiones de microcristales de arsenopirita (apy), la casiterita (cst) se presenta como microcristales <30 micras agrupados y relleno de espacios vacíos.

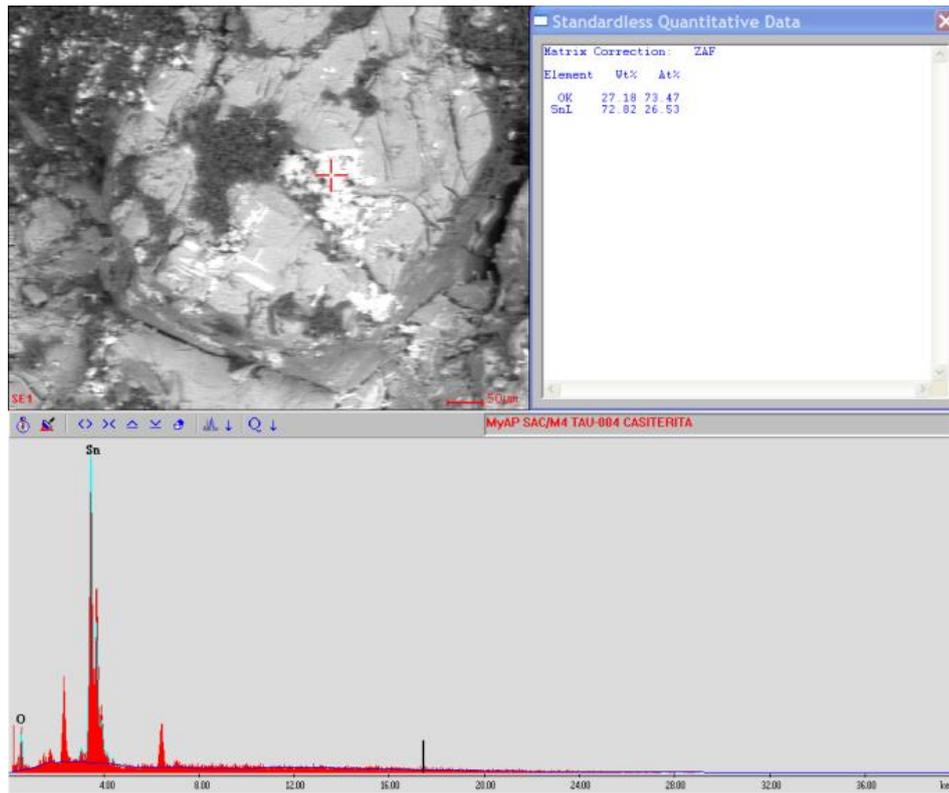


Figura 44. Muestra N° 4 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst).

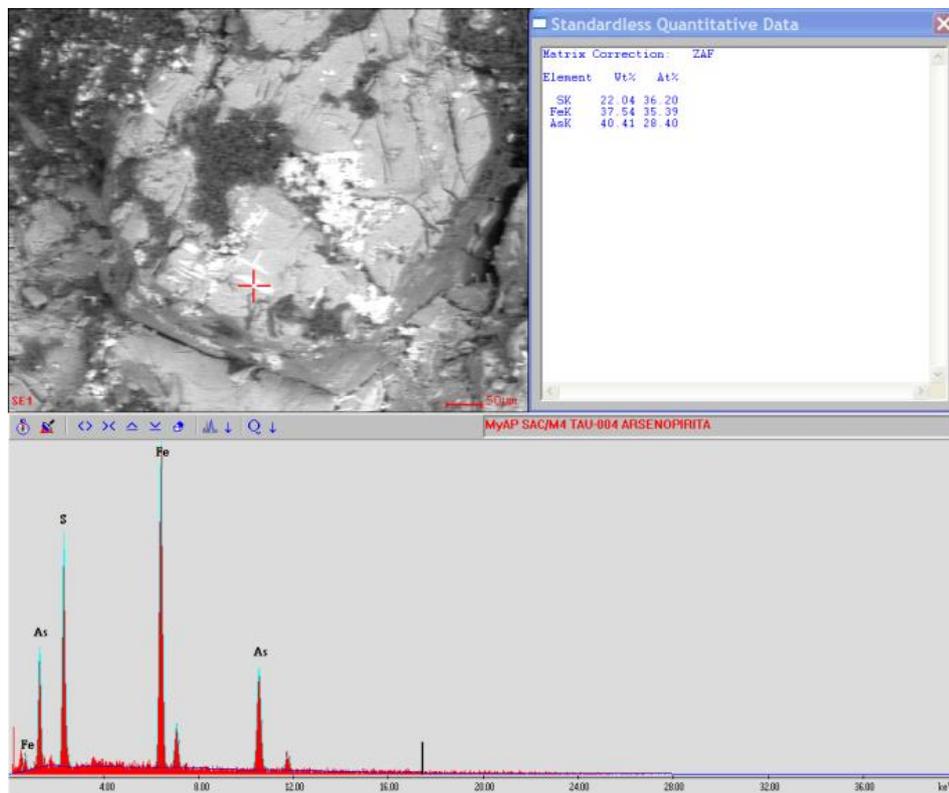


Figura 45. Muestra N° 4 - Estimación cuantitativa puntual de la arsenopirita (apy).

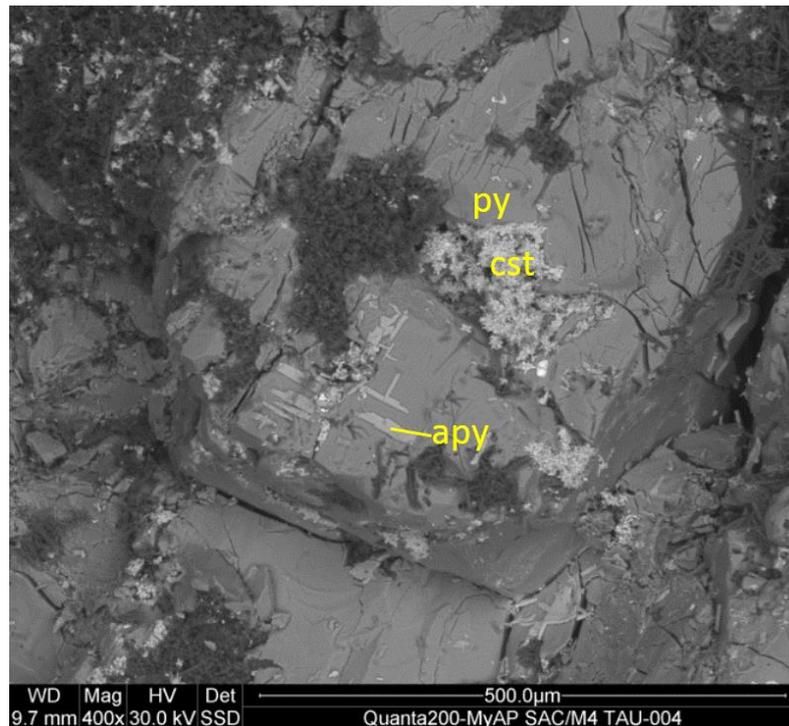


Figura 46. Cristales de pirita (py) fracturados con relleno de casiterita (cst) y arsenopirita (apy).

5.3.5. Muestra N° 5

5.3.5.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra tomada del sondaje TAU004 del tramo 534.50m. Compuesta por Pirita (py) de grano medio a gruesa fracturada, presenta parches <10mm de Casiterita (cst).



Figura 47. Muestra N° 5 para análisis SEM. **A:** Muestra de mano. **B:** Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.

5.3.5.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La muestra presenta una marcada mineralización de casiterita (cst) en forma de concentraciones hasta de 3mm, y menor proporción pirita y ocasionalmente cristales de turmalina. La casiterita se presenta como cristales con tamaños variables hasta de 200 micras, se presentan asociado de formas radiales, la turmalina se presenta como cristales <50 micras.

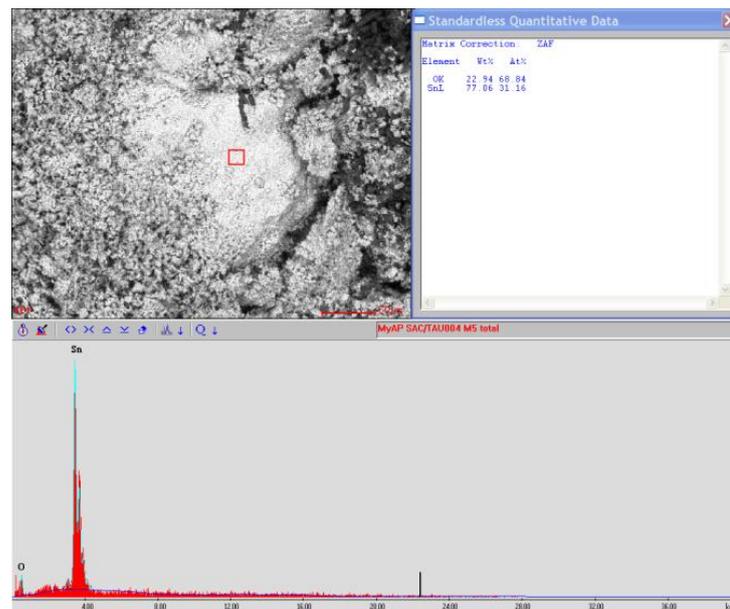


Figura 48. Muestra N° 5 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst).

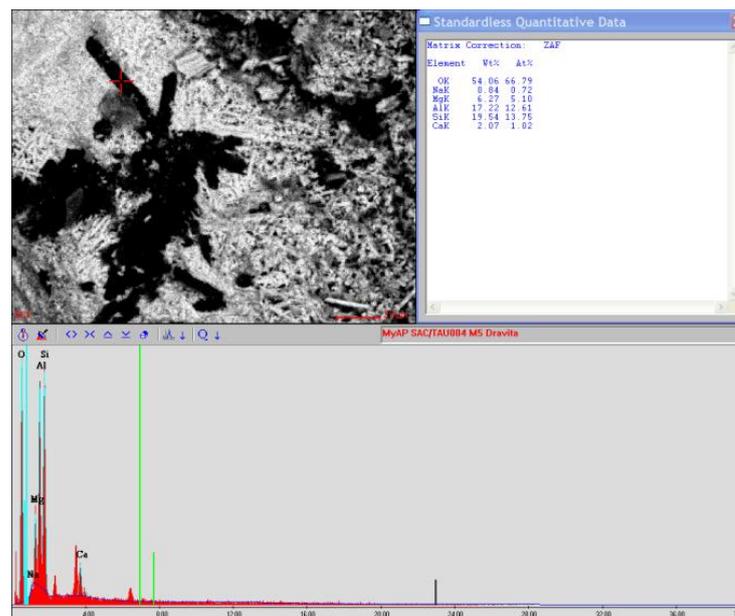


Figura 49. Muestra N° 5 - Estimación cuantitativa puntual de varios elementos.

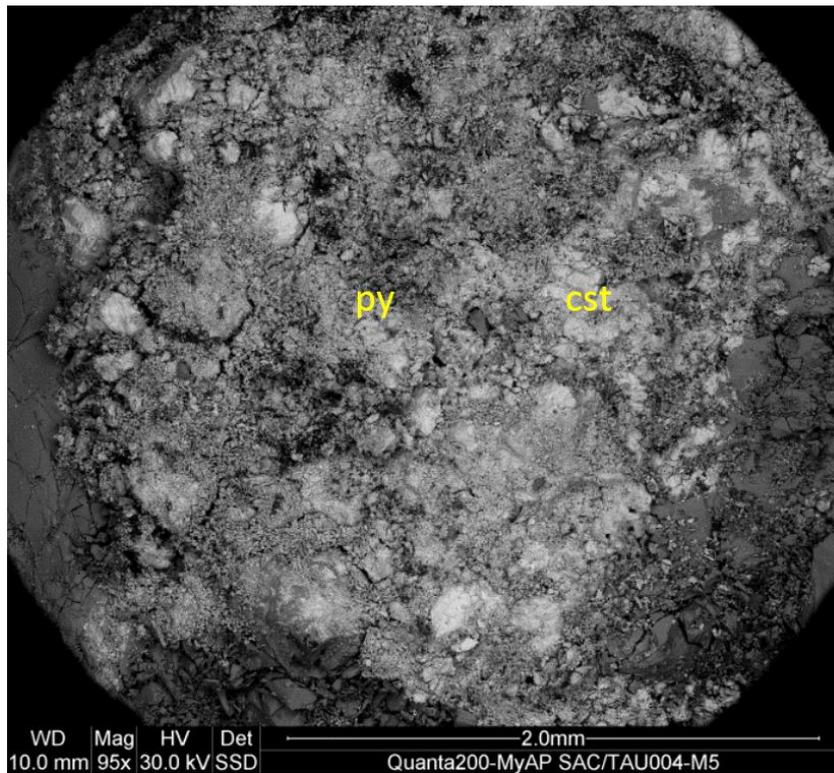


Figura 50. Pirita (py) masivo y granular con rellenos de casiterita (cst).

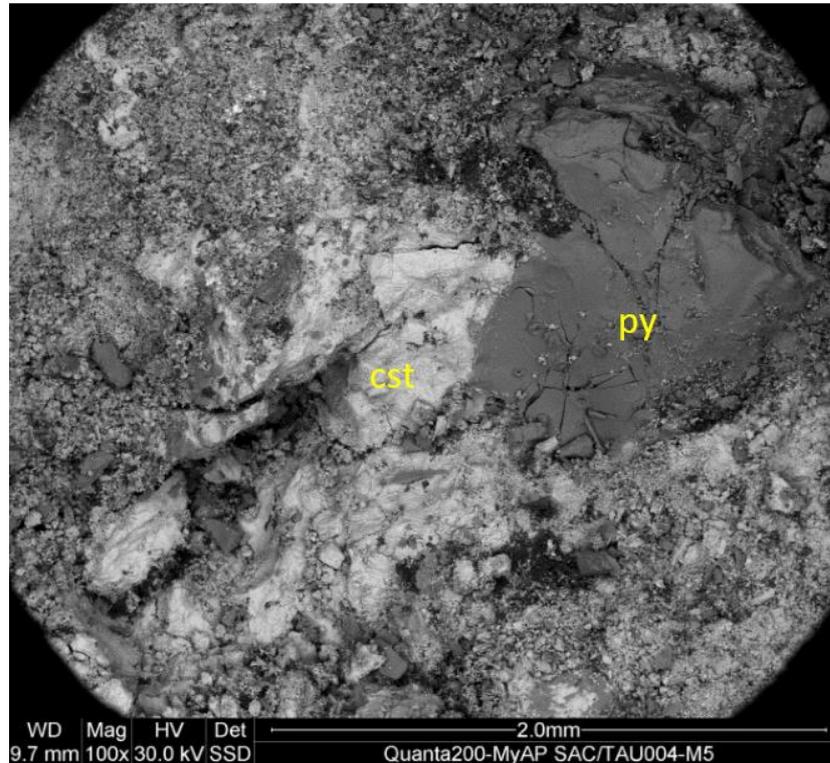


Figura 51. Cristal de pirita (py) asociada con la casiterita (cst) masiva.

Se observan la distribución de la mineralización de casiterita (cst) y pirita (py). Se muestra la forma de ocurrencia de los cristales de casiterita en concentraciones radiales, cuyos cristales son <200 micras.

5.3.6. Muestra N° 6

5.3.6.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra tomada del sondaje TAU004 del tramo 543.65m. Compuesta por Pirita de grano medio a fino deleznable, presentan parches <20mm de mineral color beige.



Figura 52. Muestra N° 6 para análisis SEM. **A:** Muestra de mano. **B:** Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.

5.3.6.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La mineralización está conformada por pirita (py) microfracturadas deleznable y casiterita (cst) en concentraciones de microcristales fuertemente triturada. Los tamaños de los cristales <100 micras bastantes fracturadas.

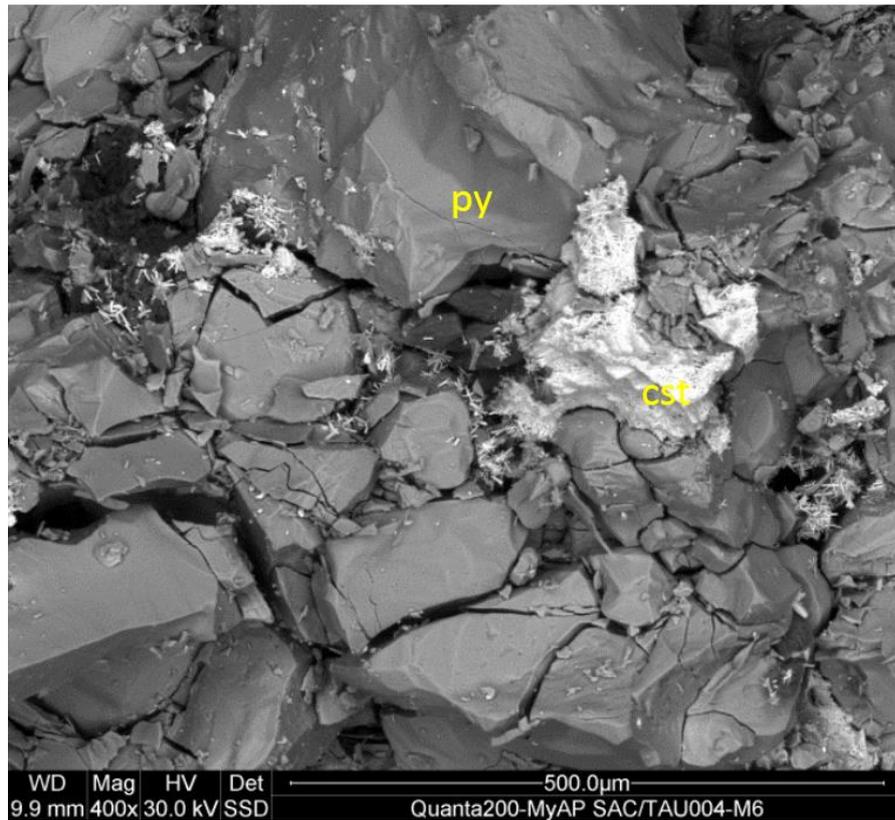


Figura 53. Cristales de pirita (py) hospedando casiterita (cst) masiva.

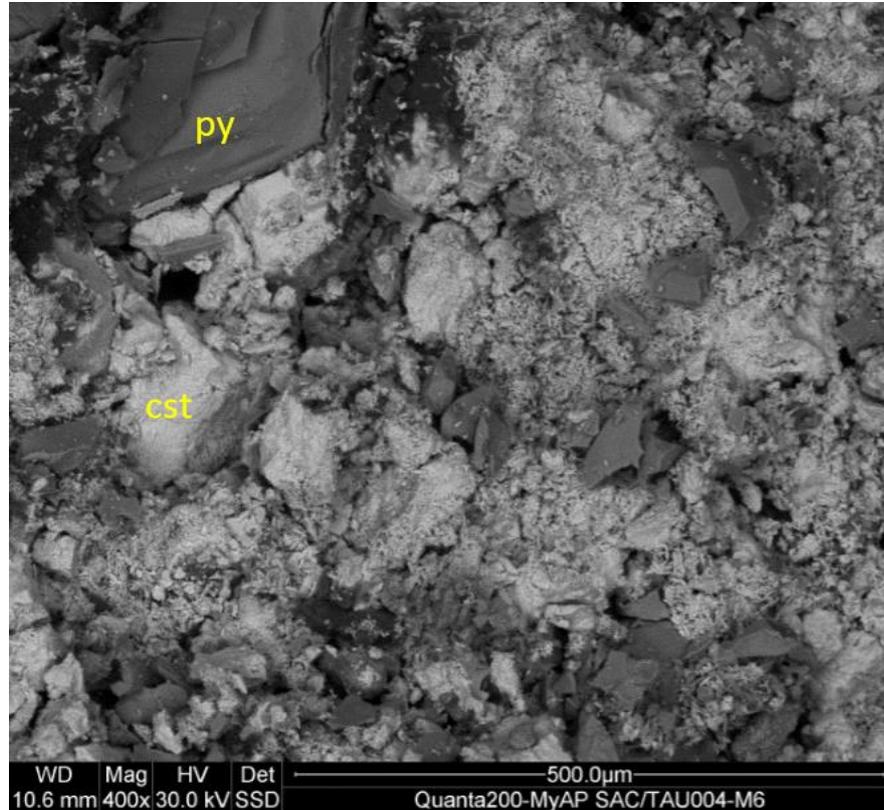


Figura 54. Casiterita (cst) masiva y granular favorable respecto a la pirita (py).

5.3.7. Muestra N° 7

5.3.7.1. Descripción Petrográfica Macroscópica

Muestra del sondaje TAU004 del tramo 545.90m. Compuesta por cristales de pirita <3mm, en matriz se observa mineral color beige como matriz.



Figura 55. Muestra N° 7 para análisis SEM. **A:** Muestra de mano. **B:** Metraje perforado de donde se obtuvo la muestra.

5.3.7.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

La muestra presenta mineralización de pirita (py) y casiterita (cst). La presencia de la casiterita ocurre rellenando espacios vacíos entre los granos de pirita, como agregados de microcristales subhedral, anhedral, de tamaños <100 micras, presentan formas aciculares y radiales.

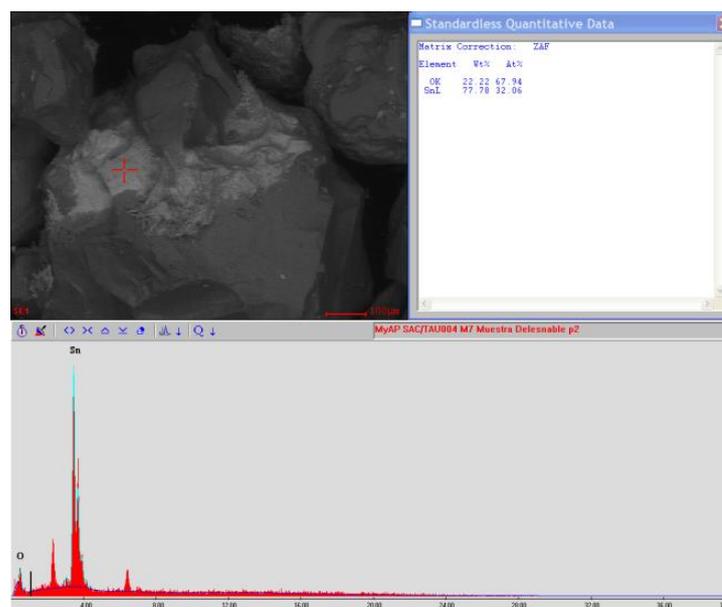


Figura 56. Muestra N° 7 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst).

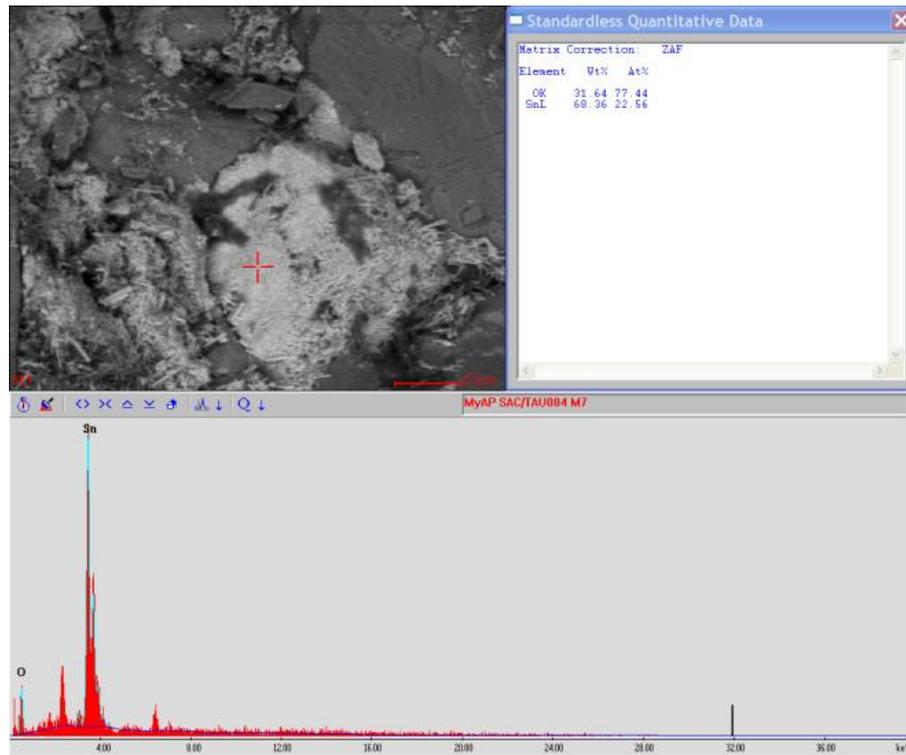


Figura 57. Muestra N° 7 - Estimación cuantitativa puntual de la casiterita (cst) masiva.

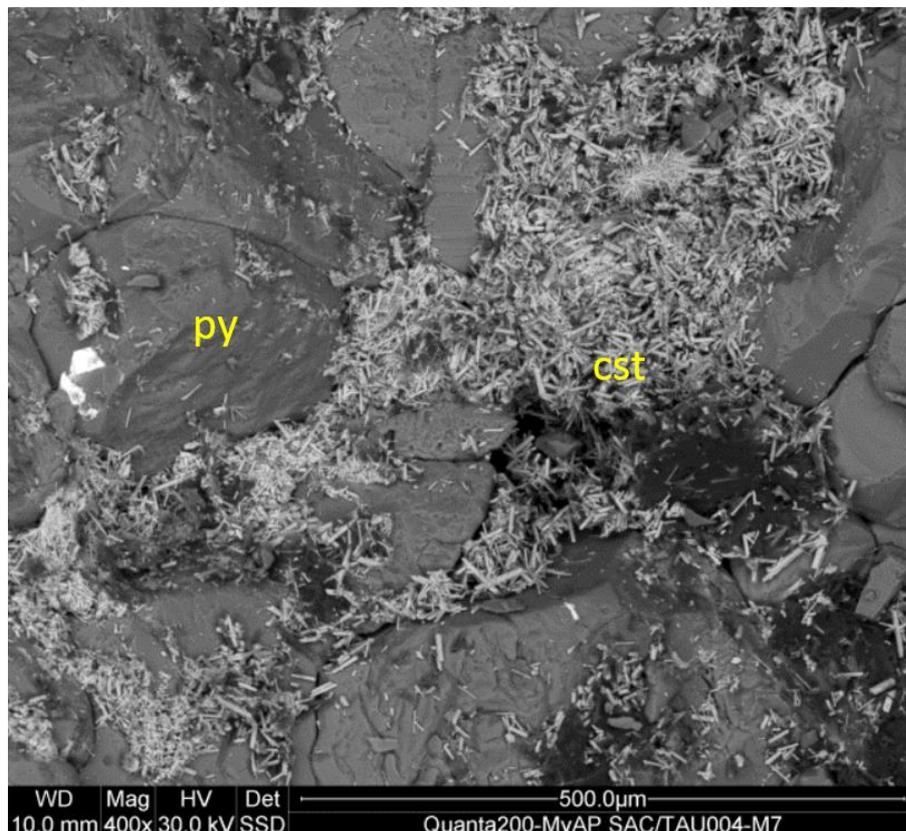


Figura 58. Cristales de pirita (py) granulares hospedando casiterita (cst) aciculares.

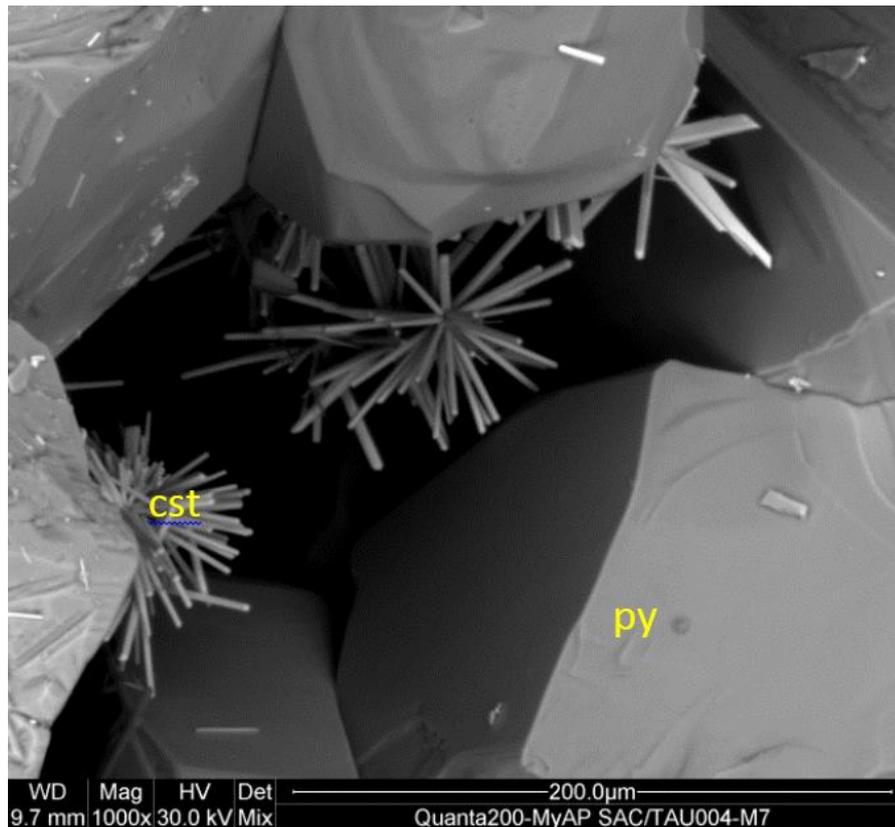


Figura 59. Pirita (py) bien desarrollada con forma euhedral asociado a la casiterita (cst) radiales y aciculares bien cristalizadas.

5.3.8. Distribución Elemental con SSD (Solid State Detector)

Para los análisis puntuales en diferentes áreas de las muestras, se usó el detector de electrones retrodispersados (SSD) en el modo de bajo vacío.

Cabe indicar que este es un análisis elemental no destructivo y repetitivo (simultáneamente analiza 85 elementos comprendidos entre el boro y el uranio), que fue efectuado para determinar la distribución de los diferentes elementos presentes en las muestras y su distribución elemental en alguna de ellas.

Los valores son dados en porcentaje de peso atómico de cada elemento (Wt%). En el análisis se muestra la distribución de los elementos asociados a la mineralización de casiterita y pirita.

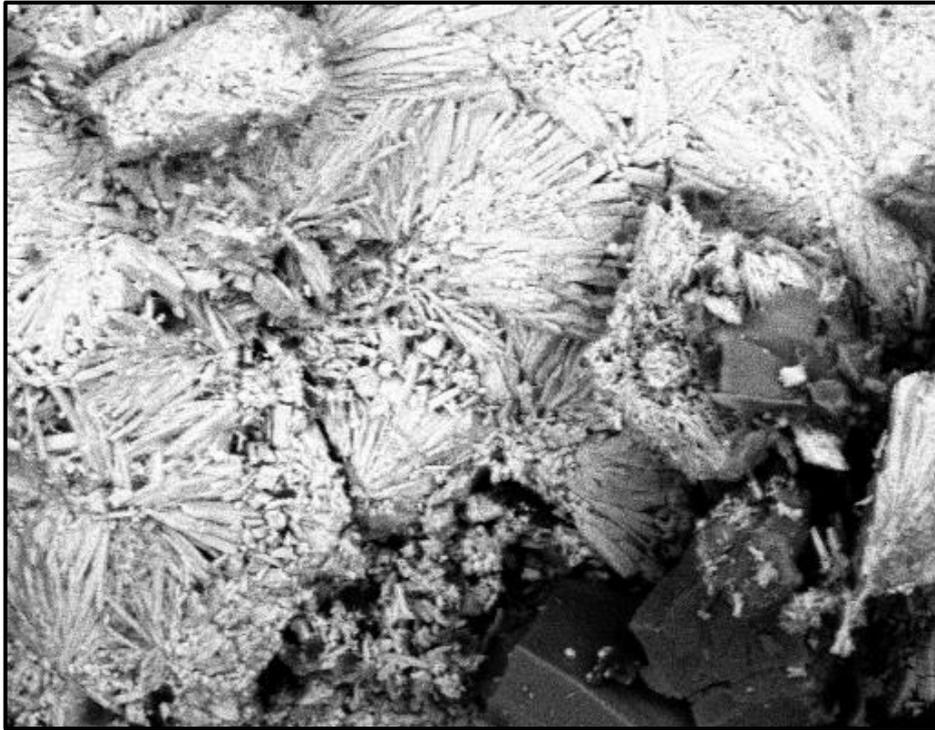


Figura 60. Casiterita (cst) bien desarrolladas con hábito acicular y asociada a pirita (py) euhédrico granular.

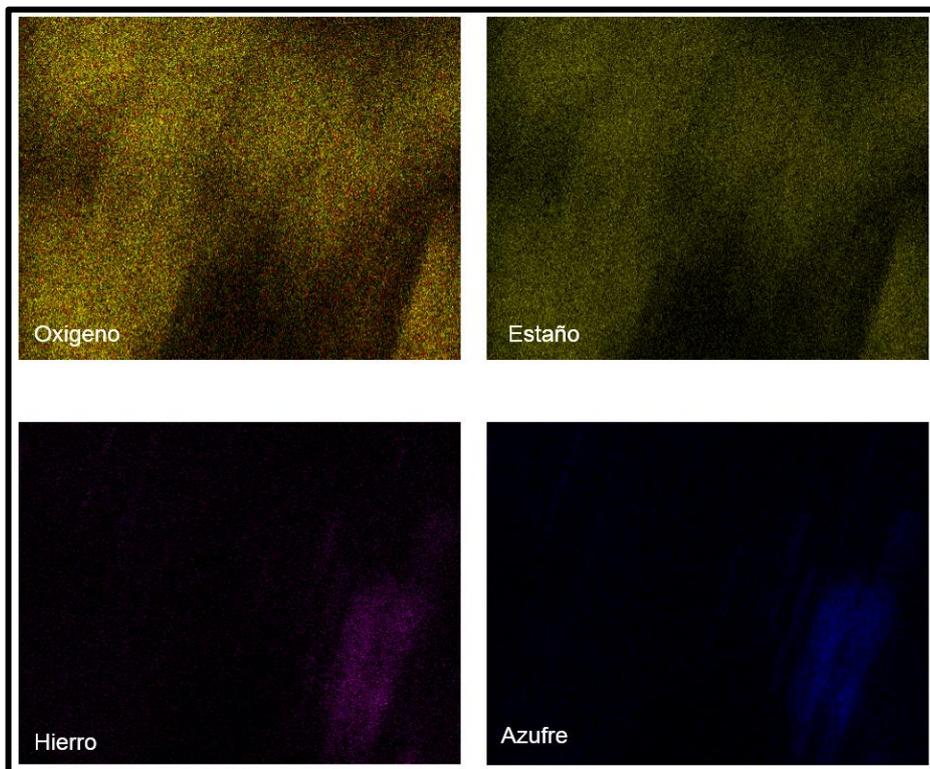


Figura 61. Uso de detector de electrones retrodispersados (SSD) para determinar la distribución de elementos presentes en las muestras.



5.4. FASES DE MINERALIZACIÓN

De acuerdo con los estudios de secciones pulidas de muestras tomadas de sondajes de perforación, J. Vallance 2015, determina 7 episodios o fases sucesivos:

- **Fase 1:** Alteración de alta temperatura con feldespato potásico, plagioclasa, granate, piroxeno y actinolita correspondiendo a la formación de skarn en rocas carbonatadas. No hay deposición de mineralización en esta fase.
- **Fase 2:** Deposición de casiterita con cuarzo y clorita.
- **Fase 3:** Deposición de casiterita acicular con pirita, pirrotina, cuarzo, clorita, adularia, sericita.
- **Fase 4:** Deposición de pirrotina, calcopirita, trazas de estannita.
- **Fase 5:** Deposición de pirita, de arsenopirita y de esfalerita por alteración de pirrotina de fase anterior.
- **Fase 6:** Deposición de mineralización polimetálica con galena, tetraedrita, calcopirita, boulangerita, esfalerita, trazas de oro, clorita y calcita.
- **Fase 7:** Deposición de carbonatos, cuarzo, hematita tipo especularita y sericita.

Tabla 7
Secuencia Paragenética inferida de Taucane.

Alteración	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V	Fase VI	Fase VII
Sódico-Potásica	—						
Granate	—						
Piroxeno	—						
Actinolita	—						
Turmalina	—						
Sericitización			—				—
Argilización						—	
Mineralización							
Cuarzo		—	—				—
Casiterita			— — —				
Scheelita			—				
Molibdenita			—				
Clorita hidrotermal	—					—	
Pirita		—	—		—		
Pirrotina		—	—	—			
Adularia			—				
Calcopirita				—			
Estannita				—			
Arsenopirita		—			—		
Esfalerita					—	—	
Galena						—	
Plata						—	
Tetraedrita						—	
Boulangerita						—	
Oro						—	
Calcita			— —			—	—
Baritina						—	—
Carbonatos							—
Covelita - calcocita							—
Especularita							—

Fuente. Chavez N. & Alayza D. (2015).

Esas fases son globalmente en acuerdo con lo observado en la Unidad Minera San Rafael con alteraciones tempranas de alta temperatura estériles, seguido de deposición de casiterita con sulfuros de hierro, cuarzo y clorita, con una fase posterior polimetálica y una fase tardía más rica en carbonatos.

Lo relativamente sorprendente en las muestras estudiadas es la ausencia de alteraciones de alta temperatura en muestras de intrusivos, a pesar de la presencia de cuerpos de skarn en el sistema y asimismo la presencia en este proyecto de niveles de rocas carbonatadas.

5.5. PROGRAMA DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

En la primera etapa de perforación en el proyecto Taucane se ejecutaron 13 sondajes de perforación para definir el estudio subterráneo de las estructuras mineralizadas de interés y puntos estratégicos, de los cuales 9 sondajes se puntualizaron para el sistema de vetas Taucane para su análisis y estudio mineralógico y determinar los valores de estaño y minerales de interés económico.

El programa de perforación tiene como base, corroborar los indicios hallados en superficie y dar respuesta concreta a las hipótesis planteadas que se realizaron con la interpretación geológica y mineralógica, en la *Tabla 8* se detallan dichos sondajes y la zona de ejecución específica.

Tabla 8
Programa de perforación diamantina.

Sondaje Ejecutado	Maquina	Azimut	Inclinación	Longitud Prog. (m)	Longitud Final. (m)	ZONA
TAU001	DE-710-06	45	-60	450	395	Veta Lorena
TAU002	DE-710-06	45	-60	400	378.55	Veta Lorena
TAU002B	DE-710-06	45	-60	700	377.45	Veta Lorena
TAU004	DE-710-06	45	-80	700	686.4	Veta Lorena
TAU007	DE-710-07	45	-60	700	818.3	Veta Lorena
TAU008	DE-710-06	45	-75	800	394	Veta Lorena
TAU010	DE-710-06	225	-80	800	38.85	Veta Lorena
TAU009	DE-710-07	45	-80	800	761.7	Veta Lorena
TAU008B	DE-710-06	40	-80	800	856.05	Veta Lorena

Fuente. Chavez N. & Alayza D. (2015).



5.5.1. Sección 002

Se perforaron 2 sondajes TAU007 y TAU009, la litología consiste: en la parte inferior areniscas cuarzosas de grano fino estratificadas en capas delgadas, parte intermedia secuencias de limolitas rojas con intercalaciones de areniscas calcáreas y areniscas finas rosáceas y en la parte superior se tiene areniscas blanquecinas cuarzosas de grano medio a grueso con intercalaciones de microconglomerado, presenta estratificación cruzada. Todas las secuencias descritas son cortadas por diques de monzogranito de grano medio a grueso.

La alteración identificada es carbonatación-piritización, cloritización asociada a estructuras y diques, menor epidotización en limolitas y areniscas calcáreas, argilización en zonas de fallas y menor grado turmalinización.

La mineralización se presenta en vetas, vetillas, mantos, y brechas, cuyo relleno consiste en piritita, pirrotita, arsenopiritita, calcita, siderita, galena argentífera, menor esfalerita-marmatita, trazas de calcopiritita.

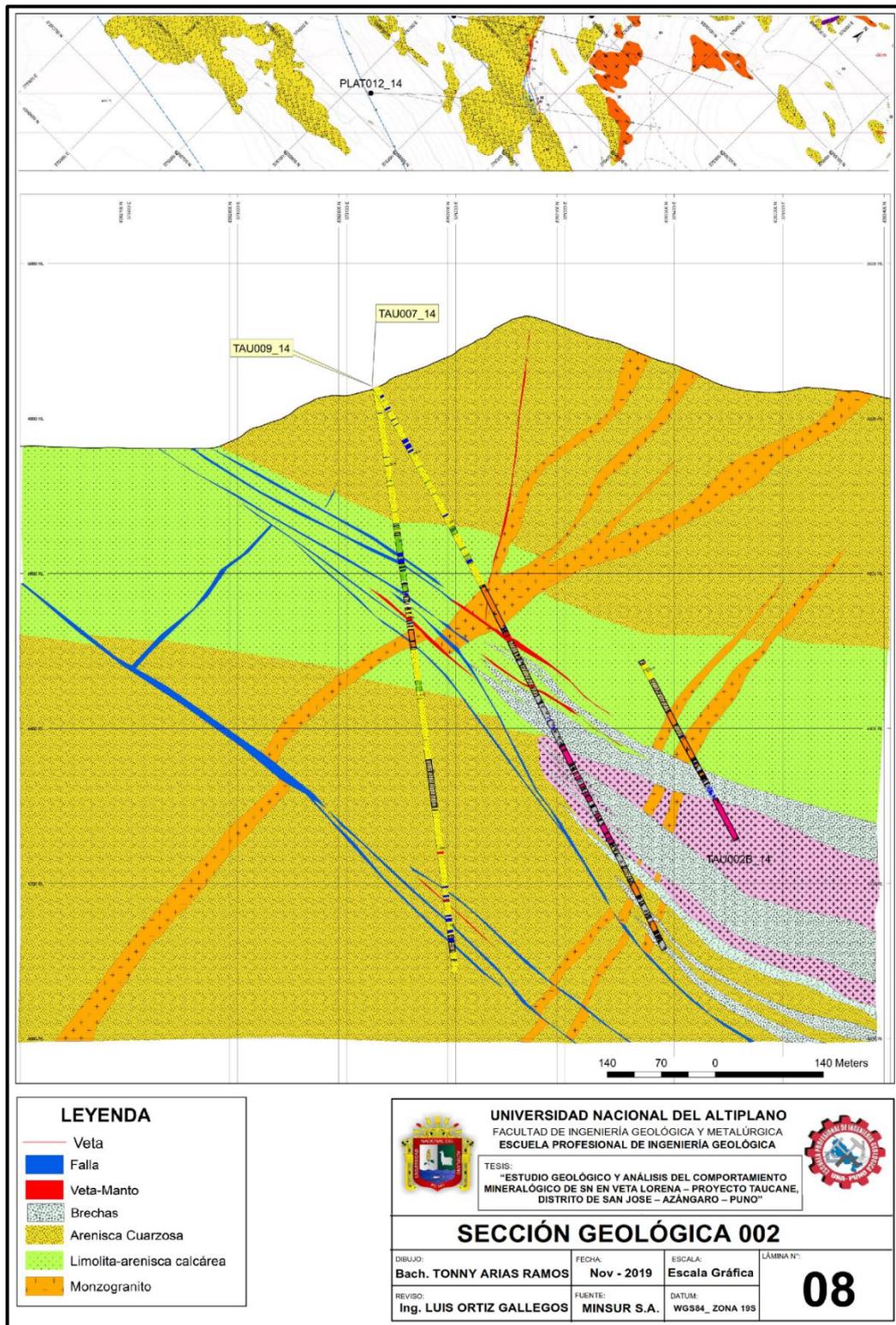


Figura 62. Sección 002 donde se muestra los sondajes TAU007 y TAU009. (Chavez N. & Alayza D.)



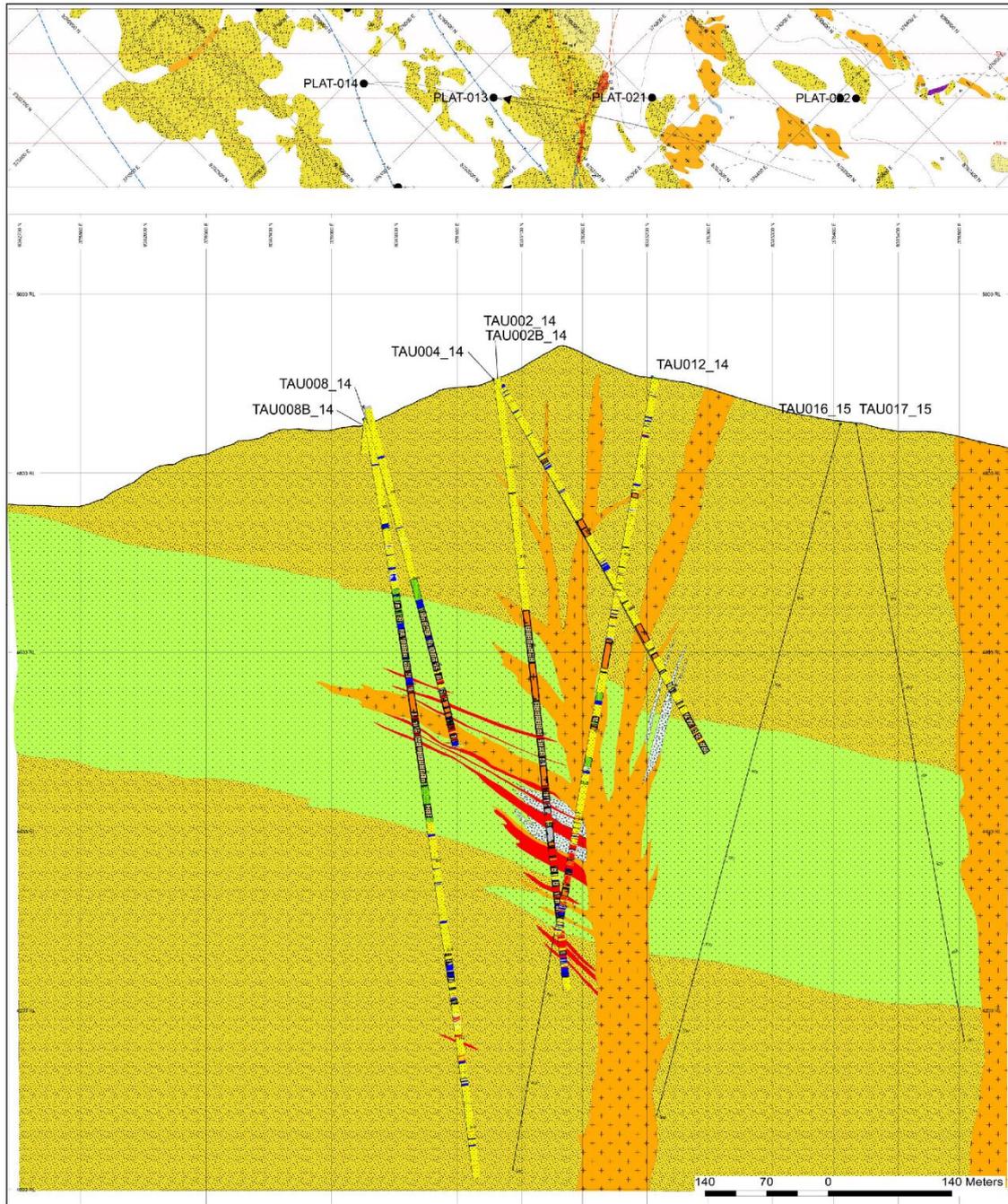
5.5.2. Sección 003

Se perforaron los sondajes TAU002, TAU002B (re-perforación), TAU004, TAU008, TAU008B y actualmente se viene ejecutando el sondaje TAU012.

Al igual que la sección 002 la litología consiste: en la parte inferior areniscas cuarzosas de grano fino estratificadas en capas delgadas, en la parte intermedia secuencias de limolitas rojas con intercalaciones de areniscas calcáreas y areniscas finas rosáceas y en la parte superior areniscas blanquecinas cuarzosas de grano medio a grueso con intercalaciones de microconglomerado con estratificación cruzada. Las secuencias sedimentarias son cortadas por diques de monzogranito de grano medio a grueso.

La alteración consiste en carbonatación, piritización, cloritización asociada a estructuras y diques, menor epidotización en limolitas y areniscas calcáreas, argilización en zonas de fallas y menor grado turmalinización.

La mineralización se presenta en vetas, vetillas, mantos y brechas, cuyo relleno consiste en pirita cristalizada, casiterita, calcita, siderita, pirrotita, galena argentífera, arsenopirita, menor esfalerita-marmatita, trazas de calcopirita. La ocurrencia de la casiterita se presenta rellenando intersticios de la pirita, según microscopia presentan geoformas aciculares y radiales.



LEYENDA	
	Veta
	Falla
	Veta-Manto
	Brechas
	Arenisca Cuarzosa
	Limolita-arenisca calcárea
	Monzogranito

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA				
TESIS: "ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MINERALÓGICO DE SN EN VETA LORENA – PROYECTO TAUCANE, DISTRITO DE SAN JOSE – AZÁNGARO – PUNO"				
SECCIÓN GEOLÓGICA 003				
DIBUJO: Bach. TONNY ARIAS RAMOS	FECHA: Nov - 2019	ESCALA: Escala Gráfica	LÁMINA N°: 09	
REVISO: Ing. LUIS ORTIZ GALLEGOS	FUENTE: MINSUR S.A.	DATUM: WGS84_ZONA 19S		

Figura 63. Sección 003 donde se muestra los sondajes TAU002, TAU002B, TAU004, TAU008, TAU008B y TAU012. (Chavez N. & Alayza D.)

5.6. MODELO EXPLORATORIO DEL YACIMIENTO

El proyecto en mención pertenece a un tipo de yacimiento hidrotermal filoniano con rumbo andino NO – SE, con una inclinación subvertical hacia el Sur Oeste. {Este sistema de vetas y estructuras mineralizadas contiene una mineralización predominante en contenido de Pb, Zn, Ag y Sn.

Esta mineralización está en relación con las unidades en operación actualmente como San Rafael con minerales de mena en Cu y Sn, asimismo el Proyecto Corani que principalmente se constituye en una mineralización con contenido de Ag, Au, Pb y Zn, lo cual implica una mineralización que constituye una concentración polimetálica de zonación regional y constituye un objetivo específico para realizar estudios e investigaciones.

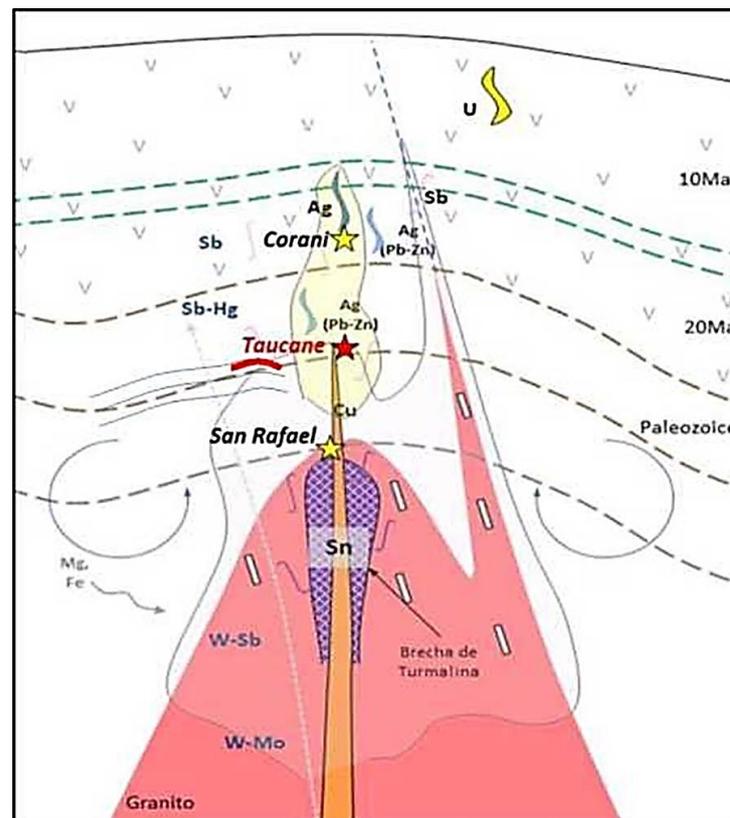


Figura 64. Modelo exploratorio del proyecto Taucane. (Chavez N. & Alayza D., 2015).



Las ocurrencias en la zona de estudio indican anomalías de Sn en vetas y mantos que no se tiene en proyectos aledaños a la zonación que presenta localmente en Taucane, lo cual indica una ocurrencia polimetálica en contenidos de Plata, Plomo y Zinc, lo cual indica que se establecen fuentes de mineralización con gran potencial en la zona de estudio y sus proyectos circundantes.

Asimismo, existen indicios de Au en trazas, como minerales de ganga se tienen esencialmente la calcita, baritina y siderita.

Por el contenido metálico se asocia en 2 tipos:

a) Mineralización Polimetálica Ag-Pb-Zn (Cu-Sn):

En las estratificaciones de areniscas calcáreas se desarrollará un fuerte reemplazamiento de carbonatos de texturas bandeada. El compósito de leyes para la Ag se tuvieron en cuenta los tramos $>0.20\text{m}$.

b) Mineralización de Sn:

El sistema presenta canales alimentadores ("feeders") que son controlados por estructuras de rumbo NW y buzamiento de 40° - 50° NE, donde se tiene presencia de casiterita con hábito acicular ("needles").



VI. CONCLUSIONES

PRIMERA: Las características litológicas de la geología local del sistema de vetas Lorena está conformada por rocas sedimentarias correspondientes a: Formación Muni, Formación Huancané y Grupo Moho, las cuales corresponden al Mesozoico; e intrusivo del Oligoceno que es el Monzogranito. Las secuencias están constituidas desde la base hacia el tope por areniscas blanquecinas a rosáceas, limolitas, calizas, areniscas calcáreas, areniscas cuarzosas, con intercalación de micro conglomerados y las cuales son cortadas por diques de monzogranito. La geología estructural en el área del Proyecto Taucane está controlada por el corredor regional Sistema de Fallas Cordillera Oriental (Falla Taucane) de rumbo general NO las cuales son profundas y subverticales. El control estructural local se ha definido en 4 sistemas de fallas y el cuarto sistema de rumbo N315°O y buzamiento de 45°-50°NE, favoreció el emplazamiento de la mineralización con Sn. El sistema de vetas Lorena tiene mineralización predominante de plomo, zinc, plata y transición a minerales de estaño.

SEGUNDA: La espectrometría de reflectancia de los minerales con alteración fílica en el sistema de vetas Lorena es muy buena, se concluye que en los lugares donde existe valores importantes de Sn (>0.1%), hay presencia de esta alteración. El estudio mineragráfico indica la presencia de pirita cristalizada microfracturada, en cuyos intersticios se tiene agregados de microcristales subhedral, anhedral <100 micras de tamaño de casiterita con geofomas aciculares y radiales, en menor proporción se presenta calcita, arsenopirita como inclusiones en la pirita. La casiterita debido a su estado libre y tamaño <100 micras, se puede liberar con facilidad disgregando los granos de pirita.



VII. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Continuar el estudio exploratorio con perforación diamantina de la continuidad longitudinal del sistema de vetas Lorena al NW y SE, para verificar la continuidad de la fuente de mineralización de Sn hallado en el sondaje TAU004 que se obtuvo.

SEGUNDA: Realizar un estudio de inclusiones fluidas, que ayudarán a la comprensión del yacimiento a través de la determinación de las temperaturas de formación de los minerales económicos y la determinación de la dirección de los flujos mineralizantes.

TERCERA: Determinar nuevas zonas de interés económico de mineralización con contenidos de Sn en las zonas de influencia al Proyecto Taucane.



VIII. REFERENCIAS

- Acosta, J., et al (2012). Características Isotópicas y Fuentes de Mineralización de las Franjas Metalogénicas del Sureste Peruano. *Resúmenes del XVI Congreso Geológico peruano. Setiembre del 2012.*
- Alayza, D. (2016). Tesis para optar el grado de Ingeniero Geólogo, titulado: "Generación de un modelo exploratorio local mediante la caracterización de la ocurrencia polimetálica del prospecto Taucane en la pre cordillera de Carabaya-Puno", *Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú*, 324p.
- AMEC Perú S.A. (2006). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Pucamarca. *Informe privado de MINSUR S.A.*, Págs. 1 a 200.
- Arribas, A., & Figueroa, E. (1985). Geología y Metalogenia de las mineralizaciones uraníferas de Macusani, Puno Perú. *Uranium deposits in volcanic rocks. Proc Meeting El Paso Texas, April 1984, Int Energy Agency, Vienna*, 261-270p.
- Atkinson, W., et al (2007). Brechas hidrotermales y geoquímica de depósitos hidrotermales. *Seminario: Capítulo de Ingeniería Geológica. CIP – Lima.*
- Bendezú, R. (2010). Reporte sobre hallazgo de estaño en un sistema de vetas cerca de la antigua mina Taucane, Azángaro. *Reporte Técnico para Minsur S.A.* 5p.
- Betejtin, A. (1977). Curso de mineralogía, 3 ed. Moscú, Mir, 1977, 739p.
- Brescia, F. (1984). El estaño en el Perú y el mundo.
- Calsina, M., & Campos, R. A. (2014). Caracterización petrográfica de las rocas de la isla Esteves Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 16(2), 13-13.



- Carlotto, V., et al (2010). Los dominios geotectónicos del territorio peruano. *XV Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. Exp. N° 9*, 47-50p.
- Carlotto, V., et al (2009). Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú*. 89p.
- Carlotto, V., Cardenas, J., & Carlier, G. (2008). Puesta en evidencia de acreciones mesoproterozoicas en la formación de la litósfera del sur del Perú. 4p.
- Carmona, A. (2014). Perspectiva intercientífica entre geomorfología y ecogeografía. *Dialógica: revista multidisciplinaria, 11(2)*, 38-63.
- Chavez, N. & Alayza, D. (2015). *Reporte Técnico Exploración Proyecto Taucane. Reporte Interno para Minsur S.A.* 175p.
- Clark, A., et al. (1983). Occurrence and age of tin mineralization in the Cordillera Oriental, Southern Peru. *Economic Geology, Vol. 78*, 514-520 p.
- De La Cruz, J., et al. (1996). Geología del Cuadrángulo de Macusani. *Bol. N° 79, serie A. INGEMMET.*
- De La Cruz, N. (1995). Estudio geológico de los cuadrángulos de Velille, Yauri y Azángaro. *Bol. N° 58, serie A. INGEMMET.*
- Del Moral, B., et al. (2021). Geoquímica de las arcillas de la Sima del Vapor. *Geotemas (Madrid), (18)*, 360.
- Duque, G. (2016). Manual de Geología para Ingenieros. *Capítulo V – Los Minerales*, 123p.



- García, A., & Arrasco, J. (2018). Mejora del proceso de producción de una empresa fabricante de maquinaria de perforación diamantina.
- Glave, M., & Kuramoto, J. (2002). Minería, minerales y desarrollo sustentable en Perú. *International Institute for Environment and development, minería, minerales y desarrollo sustentable en américa del sur.*
- Gómez, J. C., & Herbert, J. H. (2012). El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos. Madrid, España: *Laboratorio de Tecnologías Mineras.*
- Grau, F. (2013). Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X (Énfasis en Arcillas) y Estudio Petrográfico de una Muestra. *Reporte Técnico de BISA para Minsur S.A.*, 15p.
- Hawkins, R. (2014). Modificación del Alcance de la Declaración de Impacto Ambiental (Categoría I – DIA) Proyecto de Exploración Taucane. *Número De Proyecto: 023-10-001, Reporte Técnico de INSIDEO para Minsur S.A.*, 40p.
- Hedenquist, J. W., et al. (2000). Exploration for epithermal gold deposits, in Hagemann, S.G., Brown, P.E. (eds.), *Gold in 2000: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology*, 13, 245-277p.
- Hobbs, B., Means, W., & Williams, P. (1981): Geología Estructural. 518p. *Ediciones Omega Barcelona.*
- Kontak, D., Clark, A., & Farrar, E. (1984). The magmatic evolution of the cordillera oriental, southeastern Peru” *En: Andean magmatic chemical and isotopic constraints.*



- Kontak, D., & Stong, D. (1985). The rift-associated permo-triassic magmatism of the Eastern Cordillera: a precursor to the andean orogeny. *En: Magmatism at a plate edge*.
- Kontak, D. J., et al (1990). Isotopic composition of lead in ore deposits of the Cordillera Oriental, southeastern Peru: *Economic Geology*, v. 85, 1584-1603p.
- Laubacher, G. (1970). La tectónica tardihercínica en la Cordillera Oriental del sur del Perú. 14p.
- Laubacher, G. (1978). Estudio geológico de la región norte del Lago Titicaca. *INGEMMET, Bol. 6*, 120p.
- Lazo, O. (2008). Informe programa de perforación diamantina Proyecto Taucane Este. *Reporte Interno Minsur S.A.* 31p.
- Lugo, J. (2010). Geomorfología. *Investigaciones geográficas*, (71), 126-127.
- Mamani, M., et al (2009). Resultados de la interpolación regional de las anomalías de Bouguer y su correlación con los dominios geotectónicos del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú 103*: 255-263p.
- Martínez, W., & Monge, R. W. (2000). Estratigrafía del Paleozoico de la Cordillera Oriental al sureste del Perú, frontera Perú-Bolivia.
- Miskovic, A. (2009). Magmatic evolution of the Peruvian Eastern Cordilleran Intrusive Belt: Insights into the Growth of Continental Crust and Tectonism along the Proto-Andean Western Gondwana. *Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Geneve (Suiza). Terre & Environment Vol. 85*. 267p.



- Newell, N. D. (1949). Geology of The Lake Titicaca, Region Peru and Bolivia. *Geological Society of America Memoirs*, 36, 111p.
- Niemeyer, H. (1999). Apuntes de geología estructural, 142p.
- Oyarzún, J. (2009). Léxico sobre procesos y estructuras geológicas. Universidad de La Serena, Chile.
- Palacios, O., et al. (1993). Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur). *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 42. 257p.
- Palenque, J., & Estremera, D. (2008). El clima de la vertiente del Pacífico de los Andes centrales y sus implicaciones geomorfológicas. *Espacio y Desarrollo*, (20), 31-56.
- Quispe, Y. (2020). Reconocimiento geológico del prospecto cuprífero Antarumi-Progreso-Grau-Apurímac.
- Renau-Piqueras, J., & Faura, M. (1994). Principios básicos del microscopio electrónico de barrido.
- Salcedo, P., Lazo, O., & Chavez, N. (2007). Reconocimiento Geológico Prospecto Taucane-Canuni. *Reporte interno para Minsur S.A.* 10p.
- Soto, M. (2010). Texto Universitario de Petrología, 181p.
- Tavera, H., & Buforn, E. (1998). Sismicidad y sismotectónica de Perú.
- Tuanama, N., & Gómez, E. (2021). Controles litológicos y texturales de la mineralización tipo Mississippi Valley de los mantos en Shalipayco, Junín, Perú. *Revista del*



Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 24(47), 181-190.

Valencia, M., Rivera, R., Paico, D., & Villarreal, E. (2011). Mineralización y geoquímica de los depósitos de la Cordillera oriental del sureste peruano. *En: Minería. Instituto de Minas del Perú. Abril - 2011.*

Vallance, J. (2014). Informe de visita técnica a los proyectos Santo Domingo y Taucane. *Reporte Interno para Minsur S.A., 50p.*

Villon, G. (2013). Exploración Regional Puno (Sn). *Reporte Técnico Interno Minsur S.A. 20p.*

Yanarico, M. (2010). Texto Universitario de Alteraciones Hidrotermales, 140p.

Zavala Carrión, B. L., et al. (2013). Caracterización y tipología de movimientos en masa en los Andes Peruanos: los mapas de peligros geológicos.



ANEXOS



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo TONNY ARIAS RAMOS
identificado con DNI 46188571 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MINERALÓGICO DE SN EN
VETA LORENA - PROYECTO TAUCANE, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO - PUNO."

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de ABRIL del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo TONNY ARIAS RAMOS

, identificado con DNI 46188571 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

“ESTUDIO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MINERALÓGICO DE SN EN
VETA LORENA - PROYECTO TALCANE, DISTRITO DE SAN JOSÉ - AZÁNGARO - PUNO.

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de ABRIL del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella