

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO

ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y
METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON
COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE
Au, Ag y Pb EN LA COMUNIDAD PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE
COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO**

Tesis presentada por los bachilleres:

Artemio Palomino Huarcaya

Dé Victoria Rodriguez Choquehuanca

Asesor:

Mgt. Mauro A. Zegarra Carreón

Para optar el título profesional

De Ingeniero Geólogo

CUSCO-PERÚ

2019

Quiero dedicar con mucho cariño la presente tesis a mis padres Mario y Elsa y mi hermano Isaias, les agradezco de todo corazón por su amor, comprensión, motivación y apoyo incondicional, gracias a ustedes soy lo que soy en este momento y gracias a toda mi familia por el apoyo presente para llegar a ser un profesional con éxito.

Quiero dedicar con mucho cariño la presente a mis padres Artemio y Cristina, les agradezco de todo corazón por su amor, comprensión, motivación y apoyo incondicional, gracias a ustedes soy lo que soy en este momento y gracias a toda mi familia por el apoyo presente para llegar a ser un profesional con éxito.

RESUMEN

La presente tesis de investigación que lleva por título “ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO”, tiene por objetivo principal analizar la secuencia tectónico-estructural del Plutón Colquamarca y sus implicancias en la mineralización de Au, Ag y Pb en la C.C. Paycama Ccollana.

Por ello se determinó que la falla Choquechampi se formó durante la fase peruana (65 Ma) controlando la mayor sedimentación hacia el Este de la C.C. Paycama Ccollana. La fase Inca (59-55 Ma) fue la responsable del emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri (Plutón Colquamarca), también tuvo lugar la fase quechua la cual origino las fallas Paycama y Unupulla con dirección NW-SE.

En consecuencia, se identificó que la falla regional Choquechampi es el principal control estructural las rocas sedimentarias hacia el este y el Plutón Colquamarca hacia el oeste limitando su emplazamiento en dicha dirección mientras que las fallas Paycama y Unupulla fueron las principales responsables de las vetas mineralizadas de Au en dirección NO-SE.

Por lo tanto, se correlacionó el ambiente de formación de la mineralización económica el cual fue un ambiente distensivo responsable de la depositación de Au en vetas superficiales relacionada a fluidos tardíos del ultimo pulso del Plutón Colquamarca correspondiente a la granodiorita de biotita, mientras que la mineralización de Ag y Pb es mínima debido a su origen con el pórfido tonalita de biotita y hornblenda.

Se propuso que los clavos mineralizados se encuentran en vetas con dirección andina (NO-SE) con dirección preferencial N30-N45 y un buzamiento de 70°-75° con potencias considerables de hasta 2m., la mayoría emplazadas en fallas normales en estructuras en echelon y bends. El enjambre de vetas genera a menudo Jogs (zonas de mayor ley de Au), por lo que los clavos mineralizados se encontrarían mayormente entre las estrías generadas por la interacción de las fallas Paycama y Unupulla.

Finalmente a partir del análisis secuencial se determinó que la secuencia tectónico-estructural que origino el Plutón Colquamarca se produjo durante el Paleoceno bajo condiciones transpresionales controlada por sistemas fallas de Urcos-Sicuani-Ayaviri (USA), Cusco-Lagunillas-Mañazo (CLM), Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condoroma-Caylloma, teniendo mayor mineralización de Cu-Mo (Au) relacionada a intrusivos intermedios y ácidos, como es el caso del Plutón Colquamarca controlado localmente por las fallas Paycama y Unupulla (dirección andina NO-SE).

INTRODUCCIÓN

La presente tesis muestra los resultados del análisis secuencial tectónico-estructural del Plutón Colquemarca (parte del Batolito Andahuaylas – Yauri), específicamente en la comunidad campesina de Paycama Ccollana, con fines de verificar las implicancias de estos eventos en la mineralización de Au, Ag y Pb.

Para el estudio se desarrolló un programa de exploración, donde se realizó trabajos de cartografía, mapeo de estructuras, análisis de estaciones estructurales y ventanas estructurales, estudios microtectónicos, muestreo de estructuras relevantes y levantamiento de columnas estratigráficas.

El cartografiado, el levantamiento de columnas estratigráficas y el mapeo de estructuras se realizó para una mayor exploración y corroboración de la geología de la zona de estudio, así como la corroboración de modelos geológico-estructurales definidos que se pueden utilizar como patrón del comportamiento de las vetas.

El análisis de estaciones y ventanas estructurales, así como los estudios microtectónicos facilitaron la comprensión del emplazamiento del cuerpo mineralizador y de los distintos pulsos que se evidencian durante el emplazamiento del Batolito para así definir “clavos mineralizados” a partir de las estructuras y demostrar el control que estas estructuras generan sobre la mineralización económica de Au, Ag y Pb.

Así mismo se realizaron ensayos de laboratorio para observar la mineralización de Au, Ag, Pb a fin de corroborar la relación de estructuras que definen clavos mineralizados y estas a su vez se relacionen con la evolución estructural y tectónica; estas muestras se recolectaron realizando un muestreo por chispas y canales en zonas de mayor interés.

INDICE GENERAL

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	17
1.1. GENERALIDADES	17
1.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	17
1.2.1. Clima	19
1.3. FLORA Y FAUNA	19
1.3.1. Flora	19
1.3.2. Fauna	19
1.4. ANTECEDENTES	20
1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.7.1. Objetivo general	24
1.7.2. Objetivos específicos	24
1.8. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.9. JUSTIFICACIÓN	25
1.10. HIPÓTESIS	25
1.11. VARIABLES DEL ESTUDIO	26
1.11.1. Variables Independientes:	26
1.11.2. Variables Dependientes:	26
CAPITULO II	27
MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	27
1. BASES CONCEPTUALES	27
2. BASES TEÓRICAS	31
3. GEOMORFOLOGÍA	36
3.1. Geomorfología regional	36
3.2. Unidades Geomorfológicas	36
3.2.1. Relieve montañoso	36

3.2.2.	Altiplanicie	36
3.2.3.	Valles.....	37
3.3.	Geomorfología local.....	39
3.3.1.	Relieve Montañoso	39
3.3.2.	Altiplanicie	41
3.3.3.	Valles.....	42
CAPITULO III	46
GEOLOGIA	46
1.	GEOLOGÍA REGIONAL.....	46
1.1.	Formación Chuquibambilla (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) (Fm-chu)	48
1.2.	Formación Soraya (Cretácico Inferior) (Fm-So).....	49
1.3.	Formación Mara (Cretácico Inferior) (Fm-Ma).....	50
1.4.	Formación Ferrobamba (Cretácico Medio) (Fm-fe).....	51
1.5.	Formación Puno (Oligoceno) (Fm-pu)	52
1.6.	Grupo Tacaza (Oligoceno - Mioceno) (Gp-Ta).....	53
1.7.	Volcánico Sencca (Plioceno Medio a Superior) (Volc-Se)	54
1.8.	Grupo Barroso (Pleistoceno) (Gp-ba).....	55
1.9.	Volcánico Malmanya (Plioceno-Pleistoceno) (Volc-Mal).....	56
1.10.	Volcánico Vilcarani (Plioceno Superior – Pleistoceno) (Volc-vi)	56
1.11.	Depósitos recientes y Cuaternarios (Qh)	57
1.12.	Rocas Ígneas	60
1.13.	Rocas Hipabisales	65
1.14.	Piroclastos (Nq).....	65
2.	GEOLOGÍA LOCAL.....	67
2.1.	Formación Hualhuani (Ki-hu).....	67
2.2.	Formación Murco (Ki-mu)	67
2.3.	Formación Arcurquina (Kis-ar).....	68
2.4.	Rocas intrusivas	71
2.5.	Piroclastos (NQ-vi/vs, tbl, b).....	73
CAPITULO IV	75
TECTONICA	75

1.	MESOZOICO (~225 – 65 MA)	75
1.1.	Triásico (~250 – 196 Ma)	76
1.1.1.	Triásico Superior (~225 – 196 Ma)	76
1.2.	Jurásico (~196 – 136 Ma)	77
1.2.1.	Jurásico Inferior (~196 – 174 Ma)	77
1.2.2.	Jurásico Medio (~174 – 163 Ma)	78
1.2.3.	Jurásico Superior (~163 – 136 Ma)	79
1.3.	Cretácico (~136 – 65 Ma)	80
1.3.1.	Cretácico Inferior (~136 – 100 Ma)	80
1.3.2.	Cretácico superior (~ 100 – 65 Ma)	81
1.3.3.	Fase peruana (~65 M.A)	82
2.	CENOZOICO (~65 – 2 MA)	83
2.1.	Paleoceno (~65 – 56 Ma)	83
2.2.	Eoceno (~56 – 34 Ma)	83
2.2.1.	Fase inca (59 – 55 M.A)	84
2.2.2.	Batolito Andahuaylas-Yauri (Batolito de Apurímac)	85
2.2.3.	Zona afectada por la Orogenia Andina	86
2.2.4.	Estructuras Anti-Andinas	86
2.3.	Oligoceno (~34 – 23 Ma)	87
2.4.	Mioceno (~23 – 5 Ma)	87
2.4.1.	Fase Quechua (~8 – 5 Ma)	87
2.5.	Plioceno (~5 – 2.5 Ma)	88
	CAPITULO V	89
	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	89
1.	ANÁLISIS ESTRUCTURALES DE FALLAS	97
1.2.	Fallas Inversas Dextrales (NNO-SSE)	99
1.2.1.	Falla Paycama (Inversa Dextral):	102
1.2.2.	Falla Unupulla (Inversa Dextral)	105
1.3.	Fallas Normales Sinestrales (E-O)	108
1.3.1.	Falla Choqechampi (E-O)	112
2.	ANÁLISIS ESTRUCTURALES DE VETAS	118

2.1.	Sistemas de Vetas	123
2.1.1.	Sistemas de vetas de NE-SO (Dirección Anti-andina)	123
2.1.2.	Sistemas de vetas de NO-SE (Dirección Andina)	123
2.2.	Geometría de las vetas	124
2.2.1.	Modelo En Echelon (serie de vetas)	125
2.2.2.	Modelo de Fallas Jogs.....	126
2.2.3.	Modelo Bend	126
3.	ANÁLISIS DE EVENTOS ESTRUCTURALES	127
3.1.	Ventanas Estructurales.....	127
3.1.1.	Ventana N° 01:	127
3.1.2.	Ventana N° 02:	129
3.1.3.	Ventana N° 03:	130
3.1.4.	Ventana N° 04:	132
4.	PLIEGUES	135
5.	DIQUES.....	136
CAPÍTULO VI		137
INTRUSIVOS		137
1.	DETERMINACION DEL TIPO DE ROCAS IGNEAS:	138
1.1.	MUESTRA N°01	138
1.1.1.	Descripción Macroscópica de muestra de mano.....	139
1.1.2.	Descripción Microscópica de la sección delgada IO1.....	140
1.2.	MUESTRA N°02	140
1.2.1.	Descripción Macroscópica de muestra de mano.....	141
1.2.2.	Descripción Microscópica de la sección delgada IO2.....	142
1.3.	MUESTRA N°03	142
1.3.1.	Descripción Macroscópica de muestra de mano.....	143
1.3.2.	Descripción Microscópica de la sección delgada IO3.....	144
2.	ANÁLISIS DE LOS INTRUSIVOS EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA	144
2.1.	Tonalita.....	144
2.2.	Diorita.....	148
CAPÍTULO VII.....		150

MINERALOGÍA	150
1. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LAS VETAS	150
1.1. Texturas de veta	153
1.2. Alteración hidrotermal	153
1.2.1. Argilización	154
1.2.2. Silicificación	154
2. GÉNESIS Y TIPO DE YACIMIENTO	155
RESULTADOS	157
CONCLUSIONES	160
RECOMENDACIONES	161
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	162
LISTADO DE ANEXOS	164
1. LISTA DE DATOS DE ANALISIS GEOQUIMICOS	164

LISTADO DE ILUSTRACIONES

- *Ilustración 1: Drenaje rectangular en la zona de estudio, donde además se observa el Río Santo Tomás como sistema principal. Fuente: Google Earth, 2018*_____ 39
- *Ilustración 2: Columna estratigráfica regional de la carta geológica nacional – Boletín A 35. Fuente: (Pecho Gutiérrez, 1981)*_____ 47
- *Ilustración 3: Separación de placas tectónicas desde el Pangea hasta el Terciario. FUENTE: <https://www.xearththeory.com/smaller-planet-pangaea/>* _____ 75
- *Ilustración 4: Muestra las distintas fases de separación de continentes desde el triásico hasta el presente. FUENTE: <https://www.slideshare.net/zangolotino/tectonica03>.* ____ 76
- *Ilustración 5: Evolución estratigráfica de las formaciones del Grupo Pucará (norte) y del Grupo Yamayo (Sur) en el Geosinclinal Andino. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)* __ 76
- *Ilustración 6: Evolución estratigráfica del Grupo Zaña y Grupo Pucará (norte) y Fm. Chocolate (Sur) durante la transgresión marina N-S. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)*
_____ 77
- *Ilustración 7: Evolución estratigráfica de la Fm. Chunuyo, Cercapuquio y Boquerón (norte) y Fm. Grande, Ilo, Socosani y San Francisco (sur) durante la transgresión marina N-S. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)* _____ 78
- *Ilustración 8: Evolución estratigráfica del Gp. Puente de Piedra, Fm. Chicama y Sarayaquillo (norte) y Fm. Jaguay, Guaneros, Gp Yura y Lagunillas (sur) durante el levantamiento del territorio peruano que genera 2 cuencas. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)* _____ 79
- *Ilustración 9: Evolución estratigráfica de las Fm. Copara, Arcurquina, Ferrobamba y el Gp. Moho (Sur) en las cuencas aperturadas durante el Jurásico Superior, y el emplazamiento del Batolito de la Costa. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)* _____ 81
- *Ilustración 10: Evolución estratigráfica de las Fm. Cajamarca, Quilquiñán, Celendín, Jumasha y Chonta (Norte) y Gp Moho, Fm Chonta, Chilcane y Toquepala (Sur), emplazamiento del Batolito de la Costa en el Norte y Sur del Perú. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)* _____ 82
- *Ilustración 11: Evolución estratigráfica de las Fm Paracas, Huanca, Gp Puno, Huayabamba y Pozo (sur) en un ambiente compresional, evolución de Fm. Huilacollo, Paralake, Quellaveco (Volcánicos sur). FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)*_____ 84

- *Ilustración 12: Evolución estratigráfica de los volcánicos Sencca y volcánicos del Gp Barroso y Tacaza y las Fm Millo, Pisco, Maure, Madre de Dios durante el levantamiento de los Andes. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013) _____ 88*
- *Ilustración 13: Mapa de lineamiento en el cual se realizó el análisis de dominios estructurales, a partir del cual se visualizan 5 diagramas de contorno indicando la dirección de mayores concentraciones. FUENTE: Propia. _____ 94*
- *Ilustración 14: Mapa de lineamiento en el cual se analizó la tendencia preferencial haciendo uso de todos los datos, seguido de un análisis de tendencias preferenciales de fallas, vetas e intrusivos, para determinar las direcciones existentes en el área. FUENTE: Propia. _____ 95*
- *Ilustración 15: Mapa de imagen satelital en ArcGIS, mostrando la ubicación de los afloramientos de la falla Paycama, así como los cambios de rumbo que experimentó en toda su longitud. FUENTE: Propia. _____ 104*
- *Ilustración 16: Mapa de imagen satelital en ArcGIS, mostrando la ubicación de los afloramientos de la falla Unupulla, así como los cambios de rumbo que experimentó en toda su longitud. _____ 107*
- *Ilustración 17: Mapa de imagen satelital en ArcGIS, mostrando la ubicación de los afloramientos de la Falla Regional Choquechampi, así como los cambios de rumbo que experimentó en toda su longitud. FUENTE: Propia. _____ 114*
- *Ilustración 18: Diagrama de frecuencia de polos en un estereograma de red de Schmidt, mostrando la presencia de cada tipo de veta de acuerdo a su relleno y geometría. FUENTE: Propia. _____ 121*
- *Ilustración 19: Diagrama de contornos indicando áreas de mayor concentración de datos y los planos a partir de ventanas de mayor acumulación. FUENTE: Propia. _____ 121*
- *Ilustración 20: Diagrama de rosetas mostrando las dirección de tendencias de las estructuras en base a la mayor alineación de las vetas. FUENTE: Propia. _____ 122*
- *Ilustración 21: Histograma estadístico mostrando un distribución semi-normal de los datos de vetas. FUENTE: Propia. _____ 123*
- *Ilustración 22: Ventana N°01 la cual muestra 4 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia. _____ 128*

- *Ilustración 23: Ventana N°02 la cual muestra 3 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia. _____ 129*
- *Ilustración 24: Ventana N°03 la cual muestra 4 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia. _____ 131*
- *Ilustración 25: Ventana N°04 la cual muestra 3 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia. _____ 132*
- *Ilustración 26: Contacto definido entre el material piroclástico (parte superior) y la roca ígnea tonalita (parte inferior). FUENTE: Propia. _____ 137*
- *Ilustración 27: Contacto definido entre la tonalita de Biotita (izquierda) y la granodiorita de Biotita (derecha). FUENTE: Propia. _____ 138*
- *Ilustración 28: Diagrama Streckeisen QAPF para Tonalita. FUENTE: W. Griem (2016) – www.geovirtual2.cl _____ 139*
- *Ilustración 29: Diagrama Streckeisen QAPF para Granodiorita. FUENTE: W. Griem (2016) – www.geovirtual2.cl _____ 141*
- *Ilustración 30: Diagrama Streckeisen QAPF para Tonalita. FUENTE: W. Griem (2016) – www.geovirtual2.cl _____ 143*
- *Ilustración 31: Pórfido tonalita de biotita y hornblenda con presencia de estos 2 minerales bastante visibles así como un leve metamorfismo. FUENTE: Propia. _____ 146*
- *Ilustración 32: Venilla de pirita diseminada y en patch con presencia de oxidación. FUENTE: Propia. _____ 150*
- *Ilustración 33: Certificado emitido por ALS Perú S.A. de 15 muestras para análisis geoquímicos. FUENTE: Propia. _____ 164*

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1: Vías de acceso terrestres a la C.C. Paycama Ccollana. Elaboración propia.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2: Datos de campo de todas las estructuras presentes en la zona de estudio. FUENTE: Propia.</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3: Datos de campo de todas las fallas de la zona de estudio. FUENTE: Propia.</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 4: Datos de campo de todas las fallas inversas de la zona de estudio. FUENTE: Propia. ..</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 5: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de datos. FUENTE: Propia.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 6: Datos del valor de Sigma (σ_1, σ_2, σ_3), su trend y su plunge respectivos que controlan las fallas inversas de manera general (estos representan los esfuerzos presentes en el área). FUENTE: Propia.</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 7: Datos muestran las fallas correspondientes a la falla Paycama y los valores de Sigma (σ_1, σ_2, σ_3), su trend y su plunge, así como su esquema de diedros mostrando los esfuerzos que determinan sus componentes inversas Dextrales. FUENTE: Propia.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 8: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de datos. FUENTE: Propia.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 9: Datos muestran las fallas correspondientes a la falla Paycama y los valores de Sigma (σ_1, σ_2, σ_3), su trend y su plunge, así como su esquema de diedros mostrando los esfuerzos que determinan sus componentes inversas Dextrales. FUENTE: Propia.</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 10: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de los datos. FUENTE: Propia.</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 11: Datos de campo de todas las fallas normales de la zona de estudio. FUENTE: Propia.</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 12: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de datos. FUENTE: Propia.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 13: Datos muestran las fallas correspondientes a la falla Paycama y los valores de Sigma (σ_1, σ_2, σ_3), su trend y su plunge, así como su esquema de diedros mostrando los esfuerzos que determinan sus componentes normales Sinestrales. FUENTE: Propia.</i>	<i>113</i>

<i>Tabla 14: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de los datos. FUENTE: Propia.</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 15: Datos de las 5 familias representativas de todas las fallas presentes en el área de estudio con sus respectivas sigmas (σ_1, σ_2 y σ_3) que son los esfuerzos que controlan estas fallas, este esquema de diedros muestra que todas son fallas normales. FUENTE: Propia.</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 16: Datos de campo de las vetas representativas presente en la zona de estudio. FUENTE: Propia.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 17: Datos estructurales de la ventana N°01. FUENTE: Propia.</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 18: Datos estructurales de la ventana N°02. FUENTE: Propia.</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 19: Datos estructurales de la ventana N°03. FUENTE: Propia.</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 20: Datos estructurales de la ventana N°04. FUENTE: Propia.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 21: Cantidad porcentual a partir de la descripción macroscópica de la muestra de mano N° 01. FUENTE: Propia.</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 22: Muestra las 3 fotos de la sección delgada de la muestra N° 1 con su respectiva descripción en cada foto y la determinación del tipo de roca. FUENTE: Propia.</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 23: Cantidad porcentual a partir de la descripción macroscópica de la muestra de mano N° 02. FUENTE: Propia.</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 24: Muestra las 2 fotos de la sección delgada de la muestra N° 2 con su respectiva descripción en cada foto y la determinación del tipo de roca. FUENTE: Propia.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 25: Cantidad porcentual a partir de la descripción macroscópica de la muestra de mano N° 03. FUENTE: Propia.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 26: Muestra la foto de la sección delgada de la muestra N° 3 con su respectiva descripción en cada foto y la determinación del tipo de roca. FUENTE: Propia.</i>	<i>144</i>

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1.GENERALIDADES

1.2.UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La comunidad campesina de Paycama Ccollana se encuentra ubicada en el distrito de Colquemarca, el cual es uno de los ocho distritos de la Provincia de Chumbivilcas, ubicada en el Departamento de Cusco. (Ver anexos mapa N°01)

El distrito de Colquemarca está ubicado a 3592 msnm. En las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: 14°17'02" Sur.

Longitud: 72°02'28" Oeste.

Superficie: 449.49 km²

La C.C. Paycama Ccollana está ubicado a 3450 msnm, con las siguientes coordenadas UTM:

Norte: 8419590.00

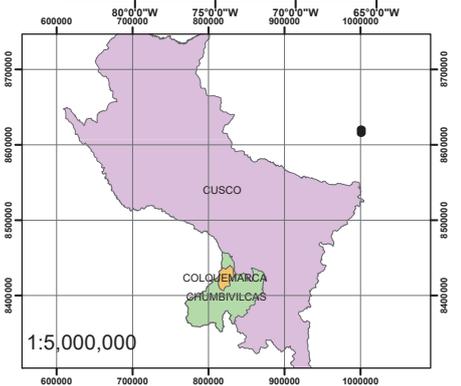
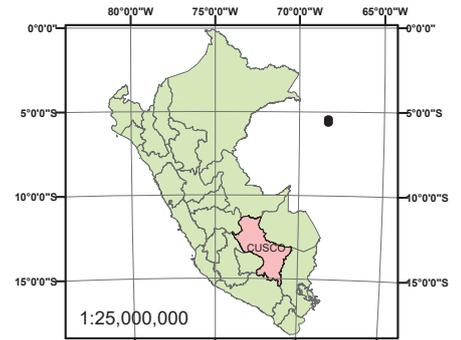
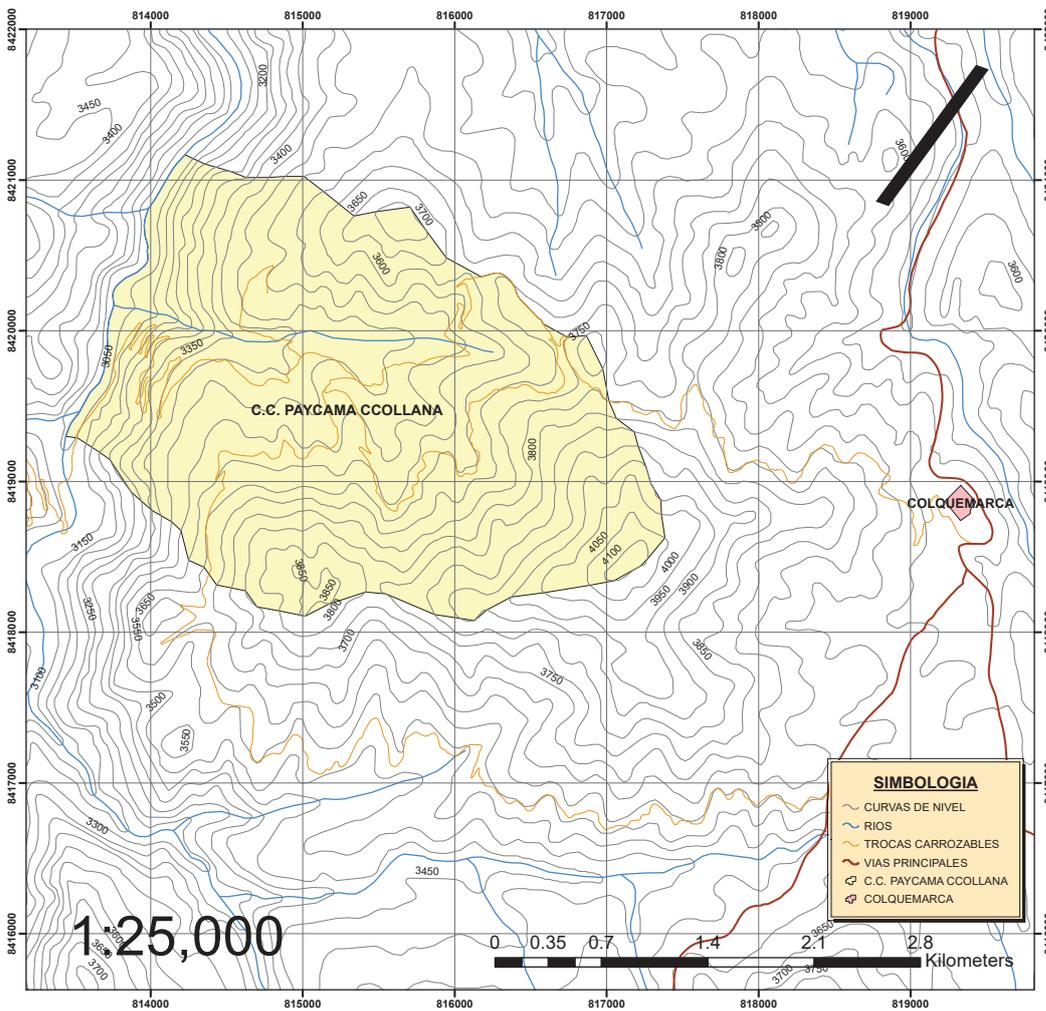
Este : 815166.00

El acceso a la zona de estudio se realiza mediante 3 vías terrestres (Tabla 1):

N°	TIPO DE VIA	ACCESO A COLQUEMARCA	DISTANCIA	TIPO DE VIA	ACCESO A LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA
1	Terrestre (Carretera Afirmada)	Cusco-Yaurisque-Colquemarca	200.20 km	Terrestre (Trocha Carrozable)	✓ Colquemarca-Paycama Ccollana (10 Km) ✓ Colquemarca – Unupulla – Paycama Ccollana (15 Km)
2	Terrestre (Carretera Asfaltada)	Cusco-Espinar-Velille-Colquemarca	360.00 km	Terrestre (Trocha Carrozable)	
3	Terrestre (Carretera Afirmada)	Cusco-Andahuaylas-Chalhuahuacho-Santo Tomas-Colquemarca	824.30 km	Terrestre (Trocha Carrozable)	

Tabla 1: Vías de acceso terrestres a la C.C. Paycama Ccollana. Elaboración propia

MAPA DE UBICACION DE LA CC. PAYCAMA CCOLLANA



FUENTE: PROPIA
DATOS BASE: INGEMMET-GEOCATMIN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PROYECTO TESIS: ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO		
Plano:		
UBICACION:	MAPA DE UBICACIÓN DE LA CC. PAYCAMA CCOLLANA	
Región: Cusco	Elipsoide de Referencia:	
Prov.: Chumbivilcas	WGS84	
Distrito: Colquemarca	Fecha:	Escala:
	AGOSTO 2019	1/25000

1.2.1. Clima

La zona de estudio corresponde a la región Quechua; según la clasificación de Javier Pulgar Vidal en 1938 en su libro “Las ocho regiones del Perú” (Pulgar, 1938), la cual se ubica desde los 2500 msnm hasta los 3500 msnm y se caracteriza por tierras de climas templados, con un relieve montañoso y en caso de la zona de estudio corresponde a un valle interandino, el clima varía en esta región desde templado a templado frío dependiendo de la época del año, altitud y latitud.

El clima entre 3500 y 4000 msnm; según el Dr. Joseph Tosí Jr. en 1960 en su libro “Zonas de Vida Natural en el Perú” (Jr., 1960); se denomina piso subalpino, el que se caracteriza por su altitud, presión y latitud. Este piso está representado en el área de estudio por las mesetas andinas o zonas de puna.

El clima en el área de estudio como en gran parte de los andes, representa estaciones frías y secas entre los meses de abril a noviembre las cuales poseen temperaturas entre los 10° hasta los 22° y otra estación fría lluviosa entre los meses de diciembre a marzo con temperaturas desde los 4° hasta los 15°.

1.3.FLORA Y FAUNA

1.3.1. Flora

La flora está comprendida principalmente por: paja (ichu), callara (espina), eucalipto. Así como cereales, tubérculos, frutas y verduras cultivadas en la zona como: papa, maíz, trigo, habas, cebada, tuna, capulí, quinua, etc., que son para el consumo familiar, siendo la papa y el chuño su principal actividad económica en agricultura.

1.3.2. Fauna

La fauna silvestre está representada por: ratón, vizcacha, zorro andino, zorrillo, venado, pequeños reptiles. De igual manera existen animales en criaderos como son: las vacas, ovejas, gallinas, caballos, etc., para su fauna doméstica; la fauna económica productiva es el ganado vacuno y ovino, ya que estos producen leche y carne para el autoconsumo y comercialización, y en algunos casos los caballos y camélidos son utilizados como animales de carga.

1.4.ANTECEDENTES

Los antecedentes en la zona son escasos debido a la falta de estudios de investigación locales del Plutón Colquamarca, sin embargo, existen estudios anteriores relacionados al tema de investigación en la zona los cuales se detallan a continuación:

- En el año 2003 se realizó un estudio sobre el Batolito Andahuaylas-Yauri realizado por José Perello (Chile), Víctor Carlotto (Perú), Nicolás Fuster y Ricardo Mühr (Chile) cuyo título es “Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas – Yauri Belt, Cuzco Región, Perú”, consistiendo en un estudio detallado de dicho batolito, donde se definió de manera regional 31 depósitos y prospectos minerales con alteración y mineralización tipo pórfido. Una característica sobresaliente del cinturón es la asociación espacial de las existencias de pórfido y la mineralización relacionada con el Batolito Andahuaylas-Yauri, un gran cuerpo compuesto de intrusión calcoalcalina de Eoceno medio hasta la edad del Oligoceno temprano (48-32 Ma). Las existencias de pórfidos están dominadas por las intrusiones de dacita y granodiorita que contienen multifase, calcoalcalina, biotita y anfíboles. Las combinaciones de cal-silicato con mineralización de tipo skarn se producen aquí donde predominan las rocas carbonatadas de la Formación Ferrobamba. Los depósitos de pórfido de cobre y las perspectivas de la banda abarcan desde ejemplos ricos en oro y pobres en molibdeno, a través de sistemas que contienen tanto miembros de oro como de molibdeno enriquecidos, miembros agotados en oro. También se producen sistemas de pórfido solo de oro con similitudes con los pórfidos de oro del cinturón de Maricunga del norte de Chile. Los miembros del cinturón ricos en oro no poseen ninguna característica única que los distinga de las contrapartes ricas en oro y pobres en molibdeno, excepto quizás por sus contenidos apreciablemente más altos de magnetita hidrotermal y la presencia de ensamblajes de alteración que llevan anfíbol y piroxeno además de Alteración potásica.

Existe amplia evidencia para respaldar una relación genética entre el emplazamiento de las fases intermedias del batolito Andahuaylas-Yauri, la formación de cobre pórfido y el acortamiento regional, el levantamiento y la sedimentación clástica sinorogénica asociada con la orogenia incaica compresiva entre 40 y 32 Ma. Este entorno geológico general es sorprendentemente similar del Eoceno tardío al cinturón de cobre pórfido del Oligoceno

temprano en el norte de Chile, donde la evidencia convincente define un vínculo estrecho entre la formación de pórfidos de cobre y la compresión incaica, el engrosamiento de la corteza y la exhumación sincrona a lo largo de la cordillera Domeyko (Maksaev y Zentilli, 1999).

- En el 2003 se realizó un estudio titulado “El cinturón Andahuaylas-Yauri del sureste de Perú y su extensión en la provincia de pórfidos chilenos” por Stefanie Weise, donde explica la probabilidad de que el Batolito Andahuaylas-Yauri estén correlacionados con los pórfidos cupríferos del norte de Chile. El factor de control para el emplazamiento de pórfido en el norte de Chile es a primera vista la zona de Fisura Oeste, una falla de deslizamiento de impacto norte-sur que construyó el margen este del arco magmático andino durante el Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano. Pero, sin embargo, los lineamientos orogénicos cruzados que tienden al noreste y al noroeste también juegan un papel importante. Especialmente los puntos de intersección de las zonas de fallas que tienden de norte a sur y las estructuras que tienden hacia el noroeste pueden jugar un papel importante en el emplazamiento de los cuerpos de pórfido. Los dos sistemas de fallas que se encuentran en el noroeste (Limatambo-Ayaviri y Abancay-Yauri), con una longitud de casi 300 km en el cinturón Andahuaylas-Yauri, representan estructuras similares de buzamiento. En términos generales, las investigaciones de geología estructural son necesarias para refinar esta analogía.

- En el año 2012 el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (R. Rivera, J. Acosta, A. Bustamante, E. Villarreal, A. INGEMMET, 2012), realizó el estudio “Metalogenia del Batolito Andahuaylas-Yauri y sus implicancias en la exploración de Pórfido de Cu-Au” donde se identificó una serie de zonas prospectivas para mineralización tipo Pórfido, así como un corredor estructural propicio para la generación de Cluster en Cotabambas. Los estudios metalogenéticos regionales (stream sediment, geoquímica de rocas, geología estructural, geocronología, geoquímica isotrópica), nos permitieron conocer mejor el origen y la distribución de los depósitos minerales en el batolito Andahuaylas-Yauri, específicamente en el cluster de Cotabambas. La interpretación de todas estas herramientas geológicas nos permitió definir zonas interesantes para la exploración, como es el caso del ANAP (Área de no admisión de petitorio) Colca.

Los estudios geocronológicos e isotópicos han definido que el cluster de Cotabambas pertenece a un mismo sistema porfirítico con edades geocronológicas Ar-Ar muy cercanas entre sí. Los estudios isotópicos de Pb-Pb en el cluster de Cotabambas han reconocido depósitos minerales bien marcados (menos radiogénico) con menor contribución de la corteza superior con respecto a otros depósitos del Batolito Andahuaylas-Yauri.

Interpretaciones estructurales sobre el cluster de Cotabambas permiten inferir que este corredor estructural es producto de una falla de rumbo (strike slip) con movimiento dextral. Este movimiento dextral puede haber originado el desplazamiento de la falla Asnocacca y posiblemente el desplazamiento dextral de los pórfidos de Ccalla y Azulccacca interpretados por Perello (2001) como uno solo.

- En el año 2014 se realizó la “Exploración Geológica del Proyecto Dolores, comunidad de Yanque, Distrito de Colquemarca, Provincia de Chumbivilcas, Departamento del Cusco” realizado por Martin Portilla, trabajo que consistió en la identificación de cuerpos porfiríticos de Cu, Mo. Por lo expuesto podemos concluir de acuerdo al modelo clásico de Lowell y Gilbert (1970) basado en el estudio de los depósitos de San Manuel – Kalamazoo y compilación de otros pórfidos cupríferos, que las evidencias de mineralización definen al depósito de Dolores como un Pórfido de Cu-Mo, el cual se encuentra en el mismo lineamiento del batolito Andahuaylas-Yauri de edad Eoceno-Oligoceno, Carlotto (2008). La geoquímica demuestra que el cuarzo diorita, el cuarzo monzonita y la tonalita provienen de un mismo origen, misma cámara, en ese orden de ocurrencia. En base a los resultados de los muestreos y la campaña de perforación el potencial del proyecto Dolores se encuentra al sur oeste del proyecto y en el borde este del pórfido tonalítico donde aflora el cuarzo monzonita.
- En el año 2017 la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) realizó el estudio “Prospección Geoquímica de Segunda Fase en la Cuenca Superior de la Margen Izquierda del Río Apurímac” (Vargas, L., Pérez, V., De La Cruz, C., Pajares, C., Castañeda, D., Aguilar, P., Pascual, O., INGEMMET, 2017), trabajo que consistió en la determinación de cada ambiente litoestratigráfico en el cual se describen las distribuciones y principales anomalías geoquímicas de As, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, Au, Ag, Pb y Zn; las cuales hacen un total de 567.

Además de definir tres áreas o bloques de interés prospectivo, denominados como Angostura, Mollebamba y Parajay. En dichas áreas de interés destacan asociaciones geoquímicas de plomo-zinc-arsénico, cobre-zinc-arsénico y zinc-cobre-cobalto. El ambiente intrusivo del Paleógeno-Neógeno es sin duda el principal metalotecto de la zona de estudio, esta afirmación es confirmada por los patrones geoquímicos evidenciados en los sedimentos de corriente, los cuales denotan una filiación geoquímica conformada por Au-Cu-Hg, trazada en algunos casos por cobalto. En este dominio geológico se ha determinado la mayor cantidad de anomalías geoquímicas de los elementos traza antes citados, es así que se tienen 12 anomalías auríferas, 27 de cobre, 10 de mercurio y 25 de cobalto; de un total de 163 contenidos anómalos correspondientes a este ambiente geológico.

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú es un país netamente minero y en los últimos años se ha convertido en el destino más favorable para las inversiones mineras, generando la necesidad del hallazgo de nuevos yacimientos mineros a través de las exploraciones geológicas.

La provincia de Chumbivilcas es un área históricamente minero debido a su ubicación estratégica geológicamente, ya que esta zona alberga yacimientos de gran tonelaje y buena ley de metales base y metales preciosos, pero carece de estudios geológicos de exploración más profundos, es por ello que se encontró la necesidad de realizar un análisis tectónico estructural del Plutón Colquemarca y la relación que tiene con la mineralización de metales preciosos para una exploración a mayor detalle y con mayor precisión.

La zona de estudio se encuentra dentro del distrito de Colquemarca en la C.C. Paycama Ccollana y su importancia se debe a que forma parte del Batolito Andahuaylas-Yauri, considerado uno de los mayores aportantes de mineralización económica.

La falta de conocimiento de los comportamientos estructurales conlleva a que los mineros artesanales estén haciendo sus laboreos mineros en zonas estériles invirtiendo dinero y tiempo sin beneficios.

La zona de estudio cuenta con una considerable cantidad de mineralización económica (Au principalmente) que están siendo explotados de manera artesanal sin un buen aprovechamiento del recurso debido al poco conocimiento que tienen sobre el comportamiento de los cuerpos mineralizados es por ello que definir el control estructural adecuadamente es clave para cualquier tipo de explotación sobre un yacimiento.

1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las distintas secuencias tectónicas y estructurales del Plutón Colquamarca que influyeron en la mineralización de Au, Ag y Pb en la C.C. Paycama Ccollana?

1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Objetivo general

Determinar la secuencia tectónico-estructural del Plutón Colquamarca y sus implicancias en la mineralización de Au, Ag y Pb en la C.C. Paycama Ccollana, distrito de Colquamarca, Chumbivilcas-Cusco.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar los eventos tectónicos del Batolito Andahuaylas-Yauri y su relación con el emplazamiento del Plutón Colquamarca.
- Identificar las principales debilidades estructurales en la C.C. Paycama Ccollana y su relación cronológica con el emplazamiento del Plutón Colquamarca.
- Correlacionar el emplazamiento del Plutón Colquamarca con la mineralización de Au, Ag y Pb de la C.C. Paycama Ccollana.
- Proponer posibles zonas con mayor mineralización (“clavos mineralizados”).

1.8.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de la investigación son las siguientes:

- La falta de estudios anteriores al detalle sobre la geología, estructuras mayores e información de yacimientos mineros cercanos.

- La falta de sensibilización con las comunidades que abarca la zona de estudio debido al delicado problema antiminero.
- La falta de recursos económicos para realizar estudios más especializados (dataciones geocronológicas, estudio de inclusiones fluidas, análisis geoquímicos)

1.9.JUSTIFICACIÓN

Para comprender el comportamiento mineralógico de un yacimiento es necesario conocer su génesis, por ello es fundamental identificar los factores que participaron en su formación y los factores que lo controlan.

Uno de los principales factores de la formación de un yacimiento es una etapa de tectonismo activo y su correlativa formación de estructuras que generaron el emplazamiento de cuerpos ígneos que es la principal fuente de aporte mineral.

Por ello un análisis secuencial tectónico-estructural es clave para comprender el comportamiento del Plutón Colquemarca y sus implicancias en la mineralización de Au, Ag y Pb de la C.C. Paycama Ccollana. La elaboración de un análisis secuencial tectónico-estructural nos proporcionará suficiente información para delimitar zonas con mayor potencial minero (“clavos mineralizados”) que facilitará las exploraciones futuras ya sea de grandes empresas mineras, así como para los mineros artesanales existentes en la zona, de esta manera impulsar el crecimiento económico del país.

1.10. HIPÓTESIS

Basado en el análisis secuencial tectónico-estructural del Plutón Colquemarca se deducirá que posiblemente la tectónica activa del Paleógeno-Neógeno (ambiente transpresional) generó grandes debilidades estructurales (falla regional Choqechampi) a través de las cuales se emplazaron grandes cuerpos plutónicos como es el caso del Plutón Colquemarca, actuando este como principal aporte de mineralización de Au, Ag y Pb en la C.C. Paycama Ccollana controlado por las fallas Paycama y Unupulla (dirección NO-SE) consideradas singenéticas a la mineralización de Au.

1.11. VARIABLES DEL ESTUDIO

1.11.1. Variables Independientes:

- Tectónica Andina
- Estructuras Geológicas

1.11.2. Variables Dependientes:

- Plutón Colquemarca
- Mineralización De Au, Ag Y Pb En La C.C. Paycama Ccollana
- Microtectónica
- Microestructuras

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

1. BASES CONCEPTUALES

- **Análisis tectónico:** El análisis tectónico implica un análisis dinámico, cinemático y geométrico a escala de una cuenca o cinturón orogénico. Por lo tanto, este tipo de análisis puede incluir elementos adicionales de sedimentología, paleontología, petrología, geofísica y otras subdisciplinas de la geociencia. Los geólogos estructurales involucrados en el análisis tectónico a veces se denominan tectonicistas. En el extremo opuesto del rango de escala, algunos geólogos estructurales analizan las estructuras y texturas que solo se pueden estudiar a través del microscopio. Este es el estudio de cómo se produce la deformación entre y dentro de los granos minerales individuales y se conoce como análisis microestructural o microtectónica. Tanto el microscopio óptico como el microscopio electrónico de barrido (SEM) son herramientas útiles en el análisis microestructural. (Haakon, 2010)
- **Batolito:** Son grandes plutones masivos y discordantes, mayores de 100 km² cuyo tamaño aumenta con la profundidad y que hoy están en superficie por consecuencia de la erosión de las rocas que la cubrían inicialmente. Su parte superior es un domo de donde se proyectan diques y otros cuerpos ígneos menores. (Rivera, 2011)
- **Clavos Mineralizados:** Un clavo mineralizado es una estructura larga de roca mineralizada o metálica con la característica de poder extraerla económicamente. Las estructuras tabulares o laminares (vetas) de minerales metálicos tienen por lo general una zona con mayor contenido metálico que otra, es decir, pueden contener múltiples ocurrencias de mineral y estas a su vez tener grosores >5mm y variar tanto verticalmente como horizontalmente, estas ocurrencias con mayor mineralización económica se denominan “clavos mineralizados” y pueden ser identificados visualmente en un afloramiento o mediante análisis de muestras de rocas, definiendo su ubicación espacial mediante controles estructurales. (Rivasplata Melgar, 2018)

- Cluster: Se denomina al enjambre de diques entrelazados que poseen el mismo origen y composición a partir de un Plutón de la misma o similar composición. (Perello, Carlotto, Furter, & Muhr, 2003)
- Estructuras Geológicas: El tipo de deformación depende de la intensidad del esfuerzo, la presión, temperatura, tipo de roca y la duración del tiempo que la roca se somete al esfuerzo. La mayoría de las rocas en profundidad se comportan como sustancia plástica, por ende, se deformarán formando pliegues, mientras las rocas cercanas a la superficie se comportan como material quebradizo produciendo las fracturas y fallas. Estas estructuras estas conformadas por 3 grandes grupos: diaclasas, fallas y pliegues. (Rivera, 2011).
- Falla: Es una estructura en la cual se ha realizado una fractura o ruptura y un desplazamiento relativo entre los dos bloques separados por la fractura. Sus dimensiones son muy diversas, desde desplazamientos de escasos centímetros, a muchos cientos de metros, y desde una longitud muy pequeña a fracturas de muchos cientos de kilómetros. Generando una superficie de discontinuidad de estratos, generalmente plana, a lo largo de la cual se ha producido el desplazamiento relativo de una de las partes con respecto a la otra. (Rivera, 2011)
- Geología estructural: Es la parte de la ciencia geológica que se encarga de estudiar la arquitectura de la Tierra y las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar. Ante todo, estudia el aspecto exterior o morfología de las formas estructurales. Su principal objetivo consiste en estudiar los mecanismos de la deformación de las estructuras y los fenómenos que actuaron a través del tiempo sobre las rocas y cuáles son las causas que originaron las formas que presentan actualmente. (Rivera, 2011)
- Indicadores Cinemáticos: Son elementos en las estructuras geológicas que indican dirección (estrías, fibras de crecimiento mineral, intersección), sentido de movimiento (foliación, fabrica S-C, objetos rotaciones, sombras de presión, conjunto de vetas, estructuras de dilatación), edad (relaciones e corte, alteración, venas, pliegues, foliación, geocronología) y desplazamiento (cuantitativo-marcador, cualitativo-foliación). (Rivasplata Melgar, 2018)

- Metalotectos: Cierta característica geológica que posiblemente jugo un papel muy importante durante la concentración de uno o más elementos y que contribuyó a la formación de un yacimiento mineral, esta característica puede ser litológica, geomorfológica, estratigráfica, estructural u otra que incluyen espacio y tiempo.
- Microtectónica: El estudio de las estructuras de deformación a pequeña escala que proporcionan información sobre la deformación, la cinemática y el historial de deformación. (Haakon, 2010)
- Muestreo: Es la obtención de una porción de material rocoso con la finalidad de ser analizada y se defina la principal sustancia mineral mediante análisis o pruebas cuyos resultados permitan juzgar la calidad y eventualmente la cantidad de sustancia mineral útil. (Guevara, 2014)
- Muestreo por canales: Consiste en cortar una ranura rectangular a través de toda la estructura mineralizada, para obtener una muestra de un determinado peso de acuerdo a la longitud del canal. Se aplica por lo general en el muestreo de vetas, mantos y cuerpos mineralizados. (Guevara, 2014)
- Muestreo por chispas: Es el método más sencillo y se aplica en los mismos casos que el método por canales. Método muy usado en los depósitos tipo pórfido de cobre donde se obtienen muestras desde 4 metros de diámetro hacia adelante. (Guevara, 2014)
- Plutón: Cuerpo de roca ígnea que se forma debajo de la superficie de la tierra por consolidación del magma, forma parte de un conjunto de procesos geológicos endógenos que se relacionan con la consolidación y ascenso del magma, así como la fusión de las rocas preexistentes por acción de la temperatura y presiones reinantes en las profundidades. Este proceso da lugar a la formación de las rocas ígneas. (Rivera, 2011)
- Pórfido: Son yacimientos formados por circulación de fluidos hidrotermales ligados a la última (Acosta & Chirif, 2013) etapa de intrusión de stocks subvolcánicos de composición tonalítica, granodiorítica, monzogranítica o andesítica de naturaleza calcoalcalina. Estos yacimientos se forman en arcos magmáticos (Batolito de la Costa, Batolito de Pomahuaca, Batolito de Abancay), en márgenes convergentes de placas ligados a zonas de subducción, asociados a estructuras regionales que controlan el emplazamiento de los cuerpos porfiríticos. Poseen por lo general mineralización de cobre localizada en

rocas ígneas intrusivas porfiríticas intermedias a félsicas. Generan mineralización en chimeneas brechozas, zonas con intenso fallamiento y fracturamiento. Sus principales características son que son de baja ley, gran tonelaje y forma irregular. Su origen está relacionado a la circulación de fluidos hidrotermales en la última etapa de intrusión de cuerpos de naturaleza calco-alcalina, en niveles de emplazamiento de aproximadamente 2 km, este nivel donde se emplazan hace que las intrusiones estén saturadas en agua y se produzcan una separación de fases del fluido con respecto al magma, y que los concentrados de metales se presentes en vapores o soluciones cloruradas luego son transportadas y cuando cambian las condiciones de P y T, precipitan y forman minerales con contenido de Cu principalmente , Mo, Au y Ag en menores cantidades y Bi, Pt, Pd, Se, Re ocasionalmente. Genera zonas de alteración concéntricas (Alteración potásica, fílica, propílica y argílica). (Acosta & Chirif, 2013)

- Skarn: Ya sea que uno piense en skarn como un tipo de roca o como una alteración de rocas previamente existentes, los skarns son mapeables en el campo y la unidad básica del mapa es skarn minerales que proporciona información importante sobre el tamaño general, las características y la génesis de un sistema skarn. Por supuesto, la mineralogía de skarn debe interpretarse en términos del contexto de tiempo, litología, estructura, geoquímica y geofísica. El termino Skarn fue introducido por petrólogos metamórficos suecos para designar rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de Ca, Mg y Fe derivados de un protolito de calizas y dolomitas en las cuales se ha introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Al, Fe y Mg. De modo que se entiende por skarn rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como, por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas. (Meinert, 1993). (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)
- Tectónica Andina: Entre el Mesozoico-Cenozoico se desarrolló el Ciclo Andino comenzando con una depresión geosinclinal y terminando con un gran levantamiento, que elevo las rocas deformadas del geosinclinal a su posición actual. El intervalo entre estos eventos limita dos periodos mayores, uno de relleno del geosinclinal y otro de deformación posterior, los mismo que muestran una considerable superposición de

eventos sedimentarios y tectónicos. El primer periodo es esencialmente de hundimiento, interrumpido solo ocasionalmente por levantamiento y deformación compresiva. Este primer periodo es más largo, comprende desde el Triásico medio hasta el Cretácico superior con una duración de 100 Ma., caracterizándose por una sedimentación marina, continental o vulcano-sedimentaria, según las épocas y los lugares. El segundo periodo comprende una sucesión de fases de deformación que tienen cortos periodos de duración, intercalándose épocas de no deformación que se extienden durante un considerable periodo, dando como resultado la consolidación de la Cordillera Andina. Este segundo periodo más corto, comprende desde el Cretácico Superior hasta la época actual, alcanzando la Cadena de los Andes su actual fisonomía, sobre todo en los últimos cinco millones de años donde alcanza un sobrelevantamiento importante. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

- Ventana estructural: Delimitación puntual de un afloramiento de roca para el análisis de estructuras e indicadores cinemáticos detallado, así como el análisis microtectónico de dicha área (1m X 1m) y el estudio de temporalidad de estructuras.
- Vetas: Estructura tabular con contenido mineral depositada en una fractura o falla en la roca con composición distinta a esta, siendo posible su explotación minera. Estas estructuras generan los yacimientos hidrotermales en filones.

2. BASES TEÓRICAS

Existen estudios anteriores relacionados al tema de investigación en la zona a partir de los cuales se tomaron referencias bibliográficas las cuales se detallan a continuación:

- En el año 2003 se realizó un estudio sobre el Batolito Andahuaylas-Yauri realizado por José Perello (Chile), Victor Carlotto (Perú), Nicolás Fuster y Ricardo Muhr (Chile) cuyo título es “Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas – Yauri Belt, Cuzco Región, Perú”, el cual consiste en un estudio detallado de dicho batolito, donde se definió que el cinturón Andahuaylas-Yauri está definido por 31 depósitos y prospectos con alteración y mineralización tipo pórfido, acompañados por cientos de ocurrencias de mineralización Fe-Cu de tipo skarn con

magnetita. Una característica sobresaliente del cinturón es la asociación espacial de las existencias de pórfido y la mineralización relacionada con el batolito Andahuaylas-Yauri, un gran cuerpo compuesto de intrusión calcoalcalina de Eoceno medio hasta la edad del Oligoceno temprano (48-32 Ma) probablemente la misma edad del Plutón Colquamarca ya que presenta las mismas características en base a este estudio. Las existencias de pórfidos están dominadas por las intrusiones de dacita y granodiorita que contienen multifase, calcoalcalina, biotita y anfíboles. La alteración hidrotermal es típica de los depósitos de mineral de pórfido en otros lugares e incluye alteraciones potásicas, propilíticas, cuarzo sericíticas, sericíticas-arcillas, cálcico-potásicas y argílica avanzada. Las combinaciones de cal-silicato con mineralización de tipo skarn se producen aquí donde predominan las rocas carbonatadas de la Formación Ferrobamba la cual se denomina Formación Arcurquina en la presente tesis. Los depósitos de pórfido de cobre y las perspectivas de la banda abarcan desde ejemplos ricos en oro y pobres en molibdeno. También se producen sistemas de pórfido solo de oro con similitudes con los pórfidos de oro del cinturón de Maricunga del norte de Chile los cuales tienen el mismo comportamiento del Plutón Colquamarca.

Los datos geocronológicos disponibles confirman que gran parte de la alteración de pórfido y la mineralización en el cinturón se formaron entre 40 y 35 Ma, es decir, durante el Eoceno tardío, aunque el espectro completo de los rangos de edad está entre 42 y 28 Ma (Eoceno medio hasta el Oligoceno tardío más antiguo), tomando estos datos como referencia para la datación del Plutón Colquamarca.

Existe amplia evidencia para respaldar una relación genética entre el emplazamiento de las fases intermedias del batolito Andahuaylas-Yauri, la formación de cobre pórfido y el acortamiento regional, el levantamiento y la sedimentación clástica sinorogénica asociada con la orogenia incaica compresiva entre 40 y 32 Ma; comprendiendo esta fase tectónica como la primera para el presente estudio.

- En el 2003 se realizó un estudio titulado “El cinturón Andahuaylas-Yauri del sureste de Perú y su extensión en la provincia de pórfidos chilenos” por Stefanie Weise (Weise, 2003), donde explica la probabilidad de que el batolito Andahuaylas-Yauri estén correlacionados con los pórfidos cupríferos del norte de Chile donde también se producen sistemas de

pórfido solo de oro con similitudes con los pórfidos de oro del cinturón de Maricunga del norte de Chile los cuales tienen el mismo comportamiento del Plutón Colquamarca.

Las ideas anteriores sugieren una continuidad entre el cinturón Andahuaylas Yauri del sureste de Perú y los cinturones de cobre pórfido del norte de Chile de ~ 45 a 30 Ma, según las edades de las actividades hidrotermales, la caracterización del pórfido de cobre y las configuraciones geológicas basadas en ello se definió el comportamiento hidrotermal del Plutón Colquamarca y su implicancia en la mineralización de Au, Ag y Pb en la C.C. Paycama Ccollana. El factor de control para el emplazamiento de pórfido en el norte de Chile es a primera vista la zona de Fisura Oeste, una falla de deslizamiento de impacto norte-sur que construyó el margen este del arco magmático andino durante el Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano edad que se relaciona con la edad del Batolito Andahuaylas –Yauri y por lo tanto con el Plutón Colquamarca. Pero, sin embargo, los lineamientos orogénicos cruzados que tienden al noreste y al noroeste también juegan un papel importante. Especialmente los puntos de intersección de las zonas de fallas que tienden de norte a sur y las estructuras que tienden hacia el noroeste pueden jugar un papel importante en el emplazamiento de los cuerpos de pórfido. Los dos sistemas de fallas que se encuentran en el noroeste (Limatambo-Ayaviri y Abancay-Yauri), con una longitud de casi 300 km en el cinturón Andahuaylas-Yauri, representan estructuras similares de buzamiento. En términos generales, las investigaciones de geología estructural son necesarias para refinar esta analogía.

- En el año 2012 el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), realizó el estudio “Metalogenia del Batolito Andahuaylas-Yauri y sus implicancias en la exploración de Pórfido de Cu-Au” (R. Rivera, J. Acosta, A. Bustamante, E. Villarreal, A. INGEMMET, 2012) donde se identificó una serie de zonas prospectivas para mineralización tipo Pórfido, así como un corredor estructural propicio para la generación de Cluster en Cotabambas muy cercano al Plutón Colquamarca.

Los estudios metalogenéticos regionales (stream sediment, geoquímica de rocas, geología estructural, geocronología, geoquímica isotrópica), nos permitieron conocer mejor el origen y la distribución de los depósitos minerales en el batolito Andahuaylas-Yauri y por lo tanto del Plutón Colquamarca, muy cercano al cluster de Cotabambas a partir del cual

se analizó de mejor manera el comportamiento geológico del Plutón Colquamarca. La interpretación de todas estas herramientas geológicas nos permitió definir zonas interesantes para la exploración, como es el caso del ANAP (Área de no admisible de petitorios) Colca.

Interpretaciones estructurales sobre el cluster de Cotabambas permiten inferir que este corredor estructural es producto de una falla de rumbo (strike slip) con movimiento dextral. Este movimiento dextral puede haber originado el desplazamiento de la falla Asnocacca y posiblemente el desplazamiento dextral de los pórfidos de Ccalla y Azulccacca interpretados por Perello (2001) como uno solo, este mismo comportamiento se presenta en la zona de estudio con la presencia de la falla regional Choqechampi.

Es conocido que las diferentes facies de los carbonatos pueden indicar la fase distal o proximal a un sistema porfirítico. Siendo la siderita la fase distal, la ankerita la fase intermedia y la calcita la fase proximal al sistema porfirítico. Los estudios de difracción de rayos X realizados sobre las venillas de carbonatos con calcopirita demostraron que estas están compuestas en un 100% de calcita. Estas estructuras pueden ser tipificadas como venillas y vetas de baja sulfuración. Estos datos brindan un mejor panorama de la ubicación espacial del Plutón Colquamarca dentro del sistema tipo pórfido presente en el área de estudio.

- En el año 2014 se realizó la “Exploración Geológica del Proyecto DOLORES, comunidad de Yanque, Distrito de Colquamarca, Provincia de Chumbivilcas, Departamento del Cusco” realizado por Martín Portilla, trabajo que consistió en la identificación de cuerpos porfiríticos de Cu, Mo. La geoquímica demuestra que la Cuarzo Diorita, la Cuarzo Monzonita y la Tonalita provienen de un mismo origen, misma cámara, en ese orden de ocurrencia, en base a este estudio se definirá lo mismo para los distintos pulsos del Plutón Colquamarca, ya que pertenece al mismo cuerpo ígneo.
- En el año 2017 la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) realizó el estudio “Prospección Geoquímica de Segunda Fase en la Cuenca Superior de la Margen Izquierda del Río Apurímac” (Vargas, L., Pérez, V., De La Cruz, C., Pajares, C., Castañeda, D., Aguilar, P., Pascual, O.,

INGEMMET, 2017), trabajo que consistió en la determinación de cada ambiente litoestratigráfico en el cual se describen las distribuciones y principales anomalías geoquímicas de As, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, Au, Ag, Pb y Zn; las cuales hacen un total de 567. Además de definir tres áreas o bloques de interés prospectivo, denominados como Angostura, Mollebamba y Parajay.

El ambiente intrusivo del Paleógeno-Neógeno es sin duda el principal metalotecto de la zona de estudio, esta afirmación es confirmada por los patrones geoquímicos evidenciados en los sedimentos de corriente, los cuales denotan una filiación geoquímica conformada por Au-Cu-Hg, trazada en algunos casos por cobalto. En este dominio geológico se ha determinado la mayor cantidad de anomalías geoquímicas de los elementos traza antes citados, es así que se tienen 12 anomalías auríferas, 27 de cobre, 10 de mercurio y 25 de cobalto; de un total de 163 contenidos anómalos correspondientes a este ambiente geológico, estos datos fueron relacionados al estudio geoquímico del Plutón Colquemarca dando como resultado una misma firma geoquímica, basado en ello se determinó la edad de la mineralización y la presencia de oro.

Los sedimentos fluviales procedentes de las secuencias silicoclásticas de Cretáceo inferior, poseen la mayor parte de las anomalías geoquímicas de plata y plomo, siendo las anomalías de estos metales en un número de 23 y 30, respectivamente; de un total de 130 anomalías geoquímicas discriminadas en este ambiente geológico, tomándose en cuenta este dato para explicar el comportamiento de estos minerales en el Plutón Colquemarca.

Los máximos contrastes de los elementos metálicos estudiados, los cuales se usaron como referencia, pertenecen a los siguientes ambientes geológicos:

- Oro (1738 ppm): Ambiente intrusivo del Paleógeno-Neógeno.
- Plata (6.56 ppm): Ambiente intrusivo del Paleógeno-Neógeno.
- Plomo (2643 ppm): Ambiente intrusivo del Paleógeno-Neógeno.

3. GEOMORFOLOGÍA

3.1. Geomorfología regional

La zona de estudio se encuentra situada geográficamente en la vertiente occidental de la cordillera de los andes con altitudes que van desde los 3500 hasta los 4500 msnm denominados por (McLaughlin, July 1924) superficie puna, que a consecuencia de los agentes geológicos modeladores presenta una topografía accidentada, con valles profundos y encañonados donde los ríos van socavando más profundamente los valles.

Este relieve es resultado de los diferentes agentes erosivos asociados con el levantamiento general de los Andes que se inició en el Mioceno y posteriormente rellenado por productos volcánicos del terciario superior, finalmente un relleno cuaternario de coluviales.

3.2. Unidades Geomorfológicas

3.2.1. Relieve montañoso

Esta unidad lo constituyen las cadenas de cerros y nevados alineados según dirección general de los andes (NO-SE) y tienen altitudes promedias de 4000 y 4600 msnm según (McLaughlin, July 1924)

- Este relieve ha sufrido una intensa actividad emergente y erosiva durante la formación del valle y la glaciación durante el pleistoceno originando una morfología de picos y cumbres bastante agudas que alcanzan las altitudes antes mencionadas. Este relieve tiene mínima presencia en el área de estudio.

3.2.2. Altiplanicie

Esta unidad representa una gran superficie de la zona de estudio constituida por una topografía suave con colinas y cimas truncadas que van de altitudes de 3500 a 4000 msnm. Pertenece a la superficie Puna. Esta unidad ha sido afectada por la erosión.

Esta unidad geomorfológica fue labrada en rocas sedimentarias e intrusivas del mesozoico y volcánicas del Grupo Tacaza, estando cubierta en la actualidad por una potente secuencia de lavas piroclásticas de la formación Sencca y rocas del Grupo Barroso. La cumbre mas alta dentro del área del presente estudio es el Cerro Puyani y el Cerro Choqechampi que se

encuentran ubicados en el anexo Parcobamba y en la C.C. Paycama Ccollana respectivamente.

3.2.3. Valles

Como consecuencia de la acción erosiva de los cursos de agua ha disectado y profundizado a esta región originando los grandes valles encañonados por donde discurren los principales ríos como es el caso del Rio Santo Tomás; frecuentemente cubierto por gruesos mantos de materiales cuaternarios como son los materiales aluviales, coluviales y fluviales.

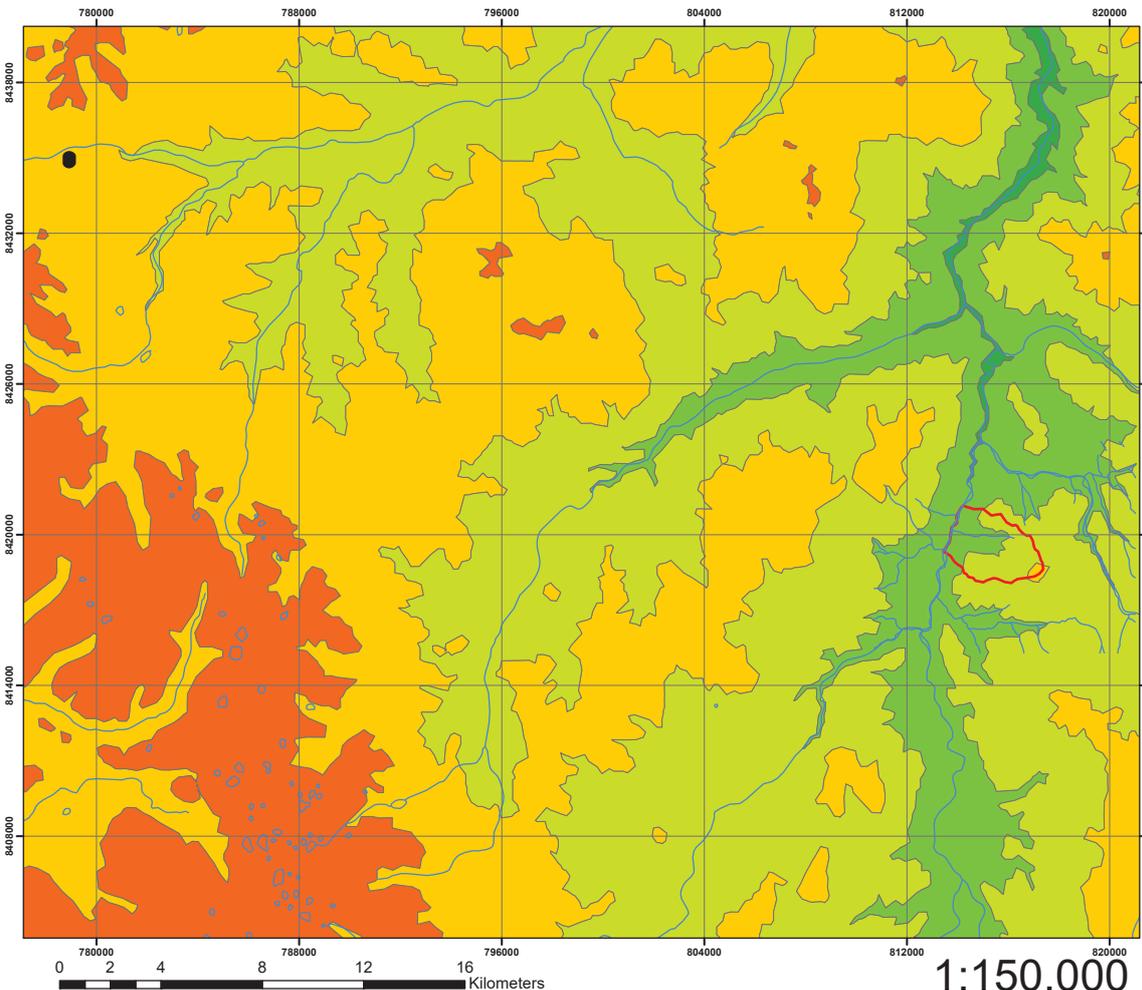
En esta unidad geomorfológica se ha desarrollado una densa hidrografía favorecida por el levantamiento de los Andes disectando y profundizando grandes valles encajonados por donde discurren los principales ríos que drenan esta región, dejando como testigos socavamiento, terrazas aluviales adosadas a las paredes de los valles a diferentes alturas sobre los cauces actuales. El rio Santo Tomas presente en la zona de estudio tiene el punto más bajo a una altura de 3090 m.s.n.m. aproximadamente.



Foto N° 01: Unidades geomorfológicas con relieve montañosos, altiplanicie y valles. Vista al E-O. FUENTE: Propia

Para visualizar cada una de ellas ver Mapa N° 02

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL DE LA C.C. PAYCAMA COLLANA



SIMBOLOGIA

RIOS

C.C. PAYCAMA COLLANA

LEYENDA

GEOMORFOLOGIA

Unidades Geomorfológicas

- Valle bajo
- Valle alto
- Altiplanicie baja
- Altiplanicie alta
- Montaña baja
- Montaña alta

FUENTE: PROPIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

PROYECTO TESIS:
ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO

UBICACION: Región: Cusco Prov.: Chumbivilcas Distrito: Colquemarca	Plano: MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL Elipsoido de Referencia: WGS84 Fecha: OCTUBRE 2019	Escala: 1/150 000
---	--	----------------------

P-02

3.3. Geomorfología local

Dentro del marco fisiográfico se identificaron 10 unidades geomorfológicas importantes donde los agentes externos como el clima, la lluvia, hielo y las corrientes fluviales han modelado el relieve en la zona de estudio también se aprecian geoformas asociados a litologías y estructuras.

Los valles constituyen el principal sistema de drenaje de la región e incluyen los ríos Santo Tomás, Urubamba, Apurímac y Vilcabamba, que drenan hacia la cuenca del Amazonas.

En el tramo de la zona de estudio la geomorfología está dominada por el drenaje del Río Santo Tomás, el control del drenaje es litológico, porque se ha desarrollado en el contacto entre las rocas sedimentarias e intrusivas. En forma general el drenaje es de tipo subparalelo a dendrítico.



Ilustración 1: Drenaje rectangular en la zona de estudio, donde además se observa el Río Santo Tomás como sistema principal. Fuente: Google Earth, 2018

3.3.1. Relieve Montañoso

Esta unidad lo constituyen las cadenas de cerros y nevados alineados según dirección general de los andes (NO-SE) y tienen altitudes promedias de 4000 y 4600 msnm según (McLaughlin, July 1924).

En el área de estudio tenemos las siguientes clasificaciones dentro de esta unidad geomorfológica:

- **Montaña alta empinada:** Cubre una superficie aproximada de 17 km que equivale a 15% del área total evaluada. Está conformada por elevaciones que alcanzan alturas que sobrepasan los 1000 m. mostrando diversos grados de erosión con pendientes de 25-50% generalmente conformadas por material ígneo.



Foto N° 02: Vista al NE donde se muestra el Cerro Choquechampi, perteneciente a la unidad geomorfológica de “Montaña alta empinada”. Vista al NE. FUENTE: Propia

- **Montaña alta llana:** Cubre una superficie aproximada de 6 km que equivale a 10% del área total evaluada. Está conformada por elevaciones que alcanzan alturas que sobrepasan los 1000 m. mostrando muy poca erosión con pendientes de 0-2% generalmente conformado en un 60% por material piroclástico y en un 40% por material ígneo.
- **Montaña media empinada:** Cubre una superficie aproximada de 9 km que equivale a 10% del área total evaluada. Está conformada por elevaciones que alcanzan alturas que no sobrepasan los 1000 m. mostrando diversos grados de erosión con pendientes de 25-50% generalmente conformadas por material ígneo.



Foto N° 03: Vista al SW donde se muestra el Cerro Choqechampi con una altitud de 800m, perteneciente a la unidad geomorfológica de “Montaña media empinada”. FUENTE: Propia

- **Montaña media escarpada:** Cubre una superficie aproximada de 8 km que equivale a 8% del área total evaluada. Está confirmada por elevaciones que alcanzan alturas mayores a 500 m. mostrando alto grados de erosión con pendientes mayores a 75% generalmente conformadas por material ígneo.
- **Montaña media llana:** Cubre una superficie aproximada de 25 km que equivale a 25% del área total evaluada. Está conformada por elevaciones que alcanzan alturas que sobrepasan los 1000 m. mostrando muy poca erosión con pendientes de 0-2% generalmente conformado en un 60% por material ígneo y en un 40% por material ígneo erosionado (suelo).

3.3.2. Altiplanicie

Esta unidad representa una gran superficie de la zona de estudio constituida por una topografía suave con colinas y cimas truncadas que van de altitudes de 3500 a 4000 msnm.

En el área de estudio tenemos la siguiente clasificación dentro de esta unidad geomorfológica:

- **Montaña baja empinada:** Cubre una superficie aproximada de 9 km que equivale a 8% del área total de estudio. Está confirmado por elevaciones que alcanzan alturas que no sobrepasan los 200m mostrando diversos grados de disectación y con pendientes de 25-50% generalmente conformadas por material ígneo.

- **Montaña baja escarpada:** Cubre una superficie aproximada de 10 km que equivale a 15% del área total de estudio. Está conformado por elevaciones que alcanzan alturas que no sobrepasan los 200m mostrando alto grado de erosión con pendientes mayores a 75% generalmente conformadas por material ígneo.

3.3.3. Valles

El aspecto de estos valles depende de la naturaleza y disposición de las rocas que lo forman, de su dureza, resistencia y estabilidad. Estos valles se forman por el efecto del choque sobre el lecho del río de los cantos rodados y demás materiales y por acción erosiva de la corriente de agua, que va erosionando el cauce. Asimismo, la meteorización de las paredes por el agua de lluvia va ensanchando su perfil transversal, adoptando la forma típica de un valle en forma de una “V”. (Rivera, 2011)

Como consecuencia de la acción erosiva de los cursos de agua ha disectado y profundizado a esta región originando los grandes valles encañonados por donde discurren los principales ríos.

En el área de estudio tenemos las siguientes clasificaciones dentro de esta unidad geomorfológica:

- **Terraza media coluvio-aluvial:** Cubre una superficie aproximada de 13 km que representa 5% del área total de estudio. Se ubica en la parte central del área de estudio, los suelos son de origen coluvio-aluvial, de texturas finas, observándose síntomas de mal drenaje por la ocurrencia casi permanente de agua debido a la presencia de un subsuelo impermeable (arcillas) y a su forma plano-cóncava.



Foto N° 04: Vista E donde se muestra la quebrada de Paycama, perteneciente a la unidad geomorfológica de “Terraza media coluvio-aluvial”. FUENTE: Propia.

- **Terraza media coluvial:** Cubre una superficie aproximada de 1 km equivalente al 2% del área de estudio. Presenta características similares a la unidad descrita anteriormente, ubicándose al este del área de estudio cerca a la intersección del Río Santo Tomás, los suelos son de origen coluvial, de textura media, observándose síntomas de mal drenaje.



Foto N° 05: Vista al N donde se muestra la terraza formada en el borde E del Río Santo Tomás, perteneciente a la unidad geomorfológica de “Terraza media coluvial”. FUENTE: Propia.

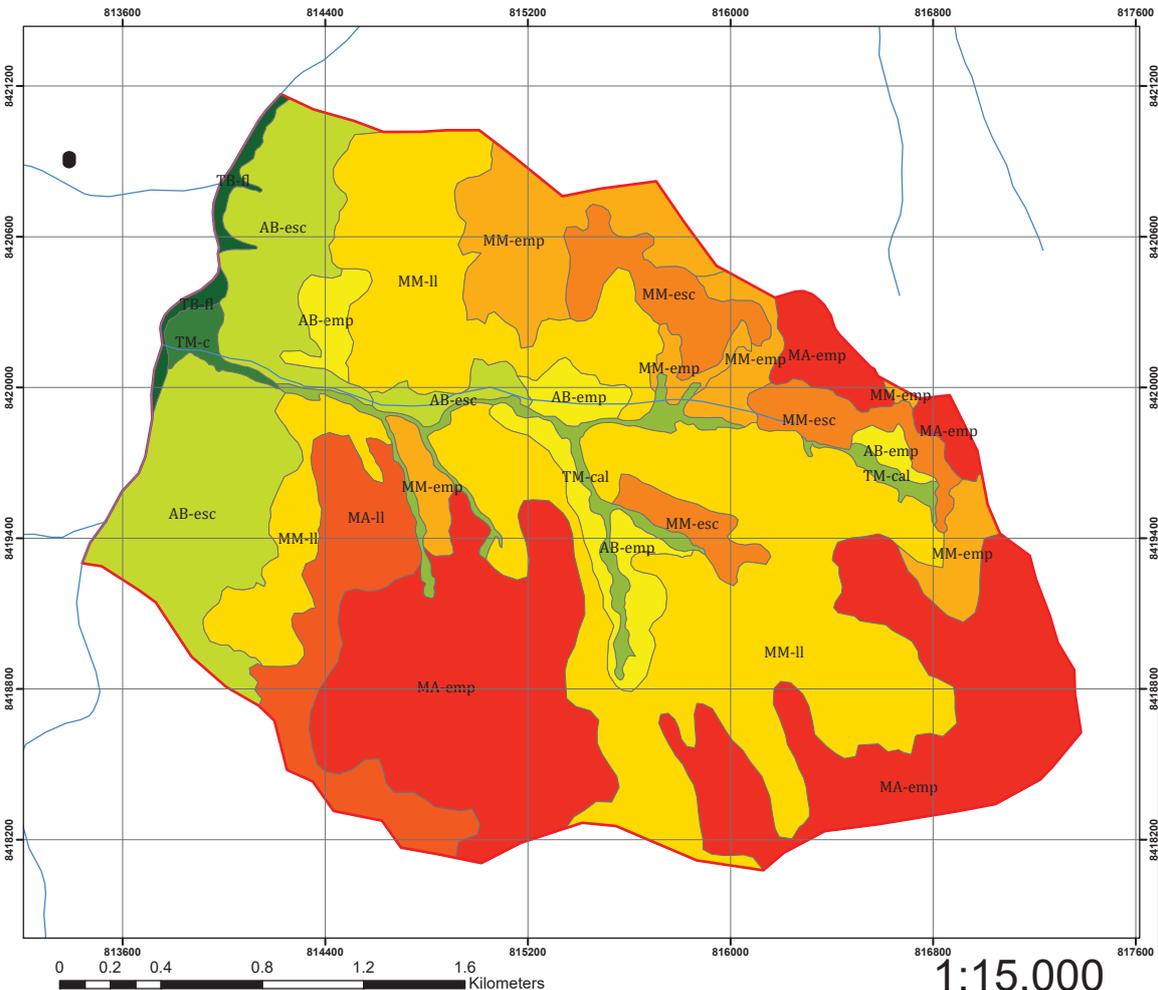
- **Terraza baja fluvial:** Cubren una superficie aproximada de 4 km equivalente al 2% del área total evaluada. Se presentan como superficies planas con pendientes de 0-2%, localizándose en las márgenes del Río Santo Tomás en la CC. Paycama Ccollana. En general presenta suelos de origen fluvial de textura media a gruesa.



Foto N° 06: Muestra la terraza formada al borde E y W del Río Santo Tomás, perteneciente a la unidad geomorfológica de “Terraza baja fluvial”. FUENTE: Propia.

Para visualizar cada una de las unidades antes mencionadas ver mapa N° 03.

MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL DE LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA



SIMBOLOGIA

- RIOS CORTADOS
- C.C. PAYCAMA CCOLLANA

LEYENDA

GEOMORFOLOGICO LOCAL

DESCRIPCIO

- Terraza baja fluvial
- Terraza media coluvial
- Terrada media coluvio-aluvial
- Terraza media coluvio-aluvial
- Altiplanicie baja escarpada
- Altiplanicie baja empinada
- Montaña media llana
- Montaña media empinada
- Montaña alta llana
- Montaña alta empinada

FUENTE: PROPIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

PROYECTO TESIS:
ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS APLICACIONES EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO

UBICACION: MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL DE LA CC. PAYCAMA CCOLLANA

Región: Cusco

Provincia: Chumbivilcas

Distrito: Colquemarca

Fecha: OCTUBRE 2019

Escala: 1/15000

P-03

CAPITULO III

GEOLOGIA

1. GEOLOGÍA REGIONAL

En el cuadrángulo de Santo Tomás la secuencia estratigráfica está constituida por rocas sedimentarias y volcánicas con una potencia de más de 8000 m. que se depositaron desde el Jurásico Superior al Cuaternario. La base de la secuencia está constituida por las rocas del Grupo Yura con un espesor de 2200 m. que son divididas de acuerdo a su litología en 3 formaciones: Piste, Chuquibambilla y Soraya. Suprayaciendo se encuentra la formación Mara con un grosor de 306 m. de intercalaciones de areniscas y lutitas de color rojo; se extiende regionalmente constituyendo un nivel guía para la interpretación estratigráfica y estructural.

Seguidamente yace la Formación Ferrobamba constituida por rocas calcáreas de edad Albiana - Cenomaniana. En discordancia paralela se encuentra la formación Anta del Cretácico Superior constituida por una secuencia pelítica de color rojo intenso. En discordancia angular yace el Grupo Puno constituida por una serie clástica continental del terciario.

Lograron diferenciarse 3 intrusivos plutónicos: dioritas; tonalitas y granodioritas, las cuales conforman el Batolito Andahuaylas - Yauri y su emplazamiento se produjo aproximadamente a fines del Cretácico y comienzos de Terciario. Posteriormente ocurre una nueva actividad magmática de tipo intrusivo constituida por rocas hipabisales de distinta composición a fines del Mioceno.

Edad	Era	Período	Piso	Unidad Litostrográfica		Litología	Descripción	
1.8 ma	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Aluvial Eluvial Coluvial	+60		Depósitos aluviales incluyendo terrazas	
			Pleistoceno	Grupo Barroso	Volcántico Vilcarani	+600		Es el tipo talus igníbrítico, compactos de colores claros, rojos o amarillentos, seguidos de talus poco compactados, brechas y conglomerados volcánicos de color gris claro, de lavas andesíticas.
					Volcántico Maimanya	+1000		Densitas andesíticas y dacíticas de color gris oscuro, verde, chocolate, rojo con intercalaciones de brechas y conglomerados volcánicos en la parte superior
			Plioceno	Fm. Senca	+100		Talus dacíticos y riolíticos compactos	
66 ma	Terciario	Mioceno	Grupo Tacaza	+600		Densitas andesíticas de chocolate rojo a naranja intercaladas con brechas y tulo, en la base areniscas y lutitas.		
		Cenomaniano	Fm. Ferrobamba	+800		Calizas negras a gris oscuras, compactas estereofónicas con calizas oncosas, gris clara y delgados niveles aislados de lutita y areniscas negras con abundante nodulos de stromatolitos		
145 ma	Mesozoico	Cretácico	Albiano	Fm. Mara	+350		Areniscas y lutitas rojas a marrón, con intercalaciones de lutitas y niveles de cuarcita blanca. En el tope capas de calizas arenosas arenositas sin fósiles	
			Albiano		+500		Cuarzos blancos a gris oscuro, bancos potentes con niveles de areniscas rosadas en el tope lutitas gris claro y negras en la parte media, en la base areniscas y lutitas negras con restos de fósiles vegetales.	
			Aptiano	Grupo Yura	Fm. Soraya	+500		Areniscas gris oscuras en el 70% horizontalizadas con areniscas cuarcosas y caliza negra en forma lenticular en el tope y parte media y niveles delgado de lutita negra especialmente en el piso con abundantes fósiles.
			Hauteriviano		Fm. Chubambilla	+700		
210 ma	Jurásico	Titoniano						

Ilustración 2: Columna estratigráfica regional de la carta geológica nacional – Boletín A 35. Fuente: (Pecho Gutiérrez, 1981)

Las descripciones de la columna estratigráfica del Boletín A 35 de la Carta Geológica Nacional (Ver Ilustración N°02) se detallan a continuación:

1.1. Formación Chuquibambilla (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) (Fm-chu)

La secuencia de esta formación está constituida por un 60 a 70% de areniscas y el resto por lutitas y calizas, así mismo se observan afloramientos importantes a lo largo del río Chuquibambilla

La litología de esta unidad se caracteriza, por la predominancia de areniscas de grano fino a grueso, de color generalmente gris oscuro con algunos niveles que varían de gris claro a rojizo, principalmente en la parte superior. Dentro de esta formación se han encontrado capas calcáreas que se intercalan con las areniscas, fundamentalmente en la parte superior y consisten en calizas negras y gris claras, a veces bastante arenosas; presentándose en forma lenticular y con un grosor que llega a los 50 m. Todo este conjunto litológico se halla bastante plegado o constituyendo grandes ondulaciones.

En el cuadrángulo de Santo Tomás los afloramientos de esta formación son bastante restringidos y confinados principalmente a la parte central del mismo. La litología se caracteriza por la predominancia de areniscas, aunque en el área de Chocollo y al sureste de Anyo el tercio inferior de esta formación es mayormente lutácea, con abundantes capas de material carbonosa, de 2 a 5 cm. de grosor, los habitantes del lugar las utilizan como combustible.

El grosor de la Formación Chuquibambilla pasa de los 800 m. en algunos lugares, tal como en la falda sur del cerro Ninacasa, al norte de Chisi (cuadrángulo de Antabamba). Sin embargo, en el valle de Chuquibambilla, se estima en 500 m. al norte de Chalhuanca en la margen derecha del valle su grosor es de más de 600 m. y en el río Cocha, al pie de Haquira (cuadrángulo de Santo Tomás), se calcula en 700 m. En vista de que gran parte de sus afloramientos están plegados y fallados, no ha sido posible medir una sección completa; no obstante, se ubicó en la margen derecha del río Caraibamba, en el Cerro Apumarca.

1.1.1. Edad y correlacion

Por sus características litológicas y su posición estratigráfica se puede correlacionar con el Miembro Labra del Jurásico superior del Grupo Yura del cuadrángulo de Arequipa (Benavides V, Vargas L., 1970).

Por lo tanto, la Formación Chuquibambilla es del Titoniano - Berriasiano (Jurásico Superior-Cretácico Inferior).

1.2. Formación Soraya (Cretácico Inferior) (Fm-So)

La formación Soraya consiste principalmente en areniscas cuarzosas y cuarcitas que forman prominentes crestas diferenciándolos de otras formaciones. Esta unidad tiene su mayor extensión en la parte central del cuadrángulo de Santo Tomás, en Antabamba se le ha reconocido en la parte norte y oeste y en Chalhuanca en la parte centro-oriental circundando a los cuerpos intrusivos que la han afectado.

Litológicamente, la Formación Soraya, está constituida por una secuencia monótona de cuarcitas y areniscas cuarcíticas de grano fino a medio; aunque existen con granos gruesos de cuarzo. El color varía de gris blanquecino en la base a rosado en el tope, presenta buena estratificación, en bancos medianos a gruesos (desde 0.30 m. a más de 5 m.), bien compactos y macizos, que forman notables aristas topográficas que resaltan a gran distancia, como el cerro Utupara ubicado en el cuadrángulo de Antabamba.

Entre las capas de areniscas cuarzosas se intercalan escasos niveles delgados de lutitas negras y areniscas grises, principalmente en la parte inferior de la formación. Las lutitas se presentan en capas delgadas formando paquetes de 10 cm. de grosor, las que por acción del intemperismo, adquieren una coloración gris plomiza a blanquecina.

Esta secuencia suprayace concordantemente sobre la Formación Chuquibambilla, en contacto fácilmente determinable. La diferencia de competencia entre las rocas de ambas formaciones hace que la parte inferior (lutitas) está más afectada por el tectonismo, dando una falsa impresión de discordancia tal como se observa en los cerros Pachachuí al oeste del pueblo Cotaruse, Apuramarca al este de Colca y en las márgenes del río Cotaruse (cuadrángulo de Chalhuanca). El contacto superior con la formación Mara es concordante y bien nítido ya que el cambio de coloración y

litología hace muy clara la separación de ambas unidades, sin embargo, en algunos lugares se observa una suave discordancia erosional, tal como se observa al norte y noreste de Chuquibambilla, en los cerros Yanacalla, Lloquamarca y Huilimarca.

1.2.1. Edad y correlación

Se puede inferir basándose en la posición estratigráfica; descansa sobre la Formación Chuquibambilla de edad considera del Jurásico superior a Cretáceo inferior y asimismo por estar cubierta, por la Formación Mara de supuesta edad Neocomiano Superior-Aptiano, se le asigna por lo tanto una edad Neocomiana Inferior. Así también en la región de Arequipa, su equivalente, la Formación Hualhuani del Grupo Yura, ha sido datada como Neocomiana Inferior, (Vargas, L. 1970). Asimismo, se le correlaciona con la Formación Chimú del norte del Perú.

Por lo tanto, la Formación Soraya es del Valenginiano – Hauteriviano (Cretácico Inferior).

1.3. Formación Mara (Cretácico Inferior) (Fm-Ma)

En los cuadrángulos estudiados de Santo Tomás, Antabamba y Chalhuanca, la Formación Mara consiste de capas de areniscas lutáceas, y lutitas de color rojo; por su amplia extensión constituye un buen nivel guía para la interpretación estratigráfica y estructural.

En el cuadrángulo de Santo Tomás las exposiciones más notables de esta formación se encuentran en los poblados de Cocha y Jarque al noroeste de Colquamarca y se prolongan hacia el oeste a la parte media del río Santo Tomás, hasta el cerro Capayoc. Esta formación aflora también en la quebrada que cruza el pueblo de Mara, donde constituye el núcleo de un anticlinal.

Otro afloramiento conspicuo se extiende desde Choquechaca hasta la hacienda Record. Formando el núcleo de un sinclinal apretado y fallado. Al suroeste de Quiñota se presenta dos pequeños afloramientos, uno a la altura de Villa Merced en forma de una pequeña faja con dirección noroeste, desapareciendo por efecto de la falla Japupampa que levanta el Cretácico Inferior, al nivel del Cretáceo medio y otro en la base del río Quekaña al oeste de Llusco.

Litológicamente en la Formación Mara se puede distinguir tres miembros. El inferior se caracteriza por la predominancia de areniscas, el intermedio es lutácea con algunas intercalaciones de areniscas

y conglomerados con clastos de cuarcita y el superior está constituido por areniscas y lutitas abigarradas y termina hacia el tope, en algunos lugares, con calizas amarillentas. El color predominante de esta formación es rojo a marrón rojizo

1.3.1. Edad y correlación

La edad de esta formación se infiere teniendo en cuenta sus relaciones estratigráficas, principalmente con la Formación Ferrobamba de edad Albiano – Cenomaniano, y además por yacer sobre la Formación Soraya de supuesta edad Neocomiano Inferior; se le asigna una edad Aptiana.

Se correlaciona con la Formación Murco de la región de Arequipa, con la parte superior de la formación Huancané de los alrededores del Lago Titicaca y con las formaciones Farrat y Goyllarisquizga del Norte del Perú.

Por lo tanto, la Formación Mara es del Aptiano – Albiano (Cretácico Inferior).

1.4. Formación Ferrobamba (Cretácico Medio) (Fm-fe)

Se describe con este nombre a una secuencia potente de calizas que aflora en el área del proyecto minero de Ferrobamba situado más o menos a 16 km al noroeste de Haquira, en el cuadrángulo de Santo Tomás. (Pecho Gutiérrez, 1981)

En el cuadrángulo de Santo Tomás sus afloramientos más notables se encuentran en la zona norte donde en forma continua, constituye la cumbre de una serie de cerros. En el ángulo noroeste remanentes de la Formación Ferrobamba quedan sobre un gran cuerpo intrusivo en forma de techos colgantes.

Litológicamente, la Formación Ferrobamba es una secuencia monótona de calizas negras a gris oscuras, aunque en ciertos niveles presentan bancos calcáreos de color amarillento. Las calizas son masivas, bastante compactas, estratificadas en bancos de 0.30 m. a 2m. En el tope, generalmente se observan calizas arenosas, de color gris claro con tintes rojizos y en la base niveles de lutitas carbonosas. Asimismo, contiene nódulos de chert de forma alargada de más de 15 cm. de longitud.

El mayor grosor de esta formación es de 800 m. calculado en el camino que va del pueblo de Cocha a Mara, cruzando de sur a norte, el cerro Pito (Cuadrángulo de Santo Tomás).

Gran parte de la Formación Ferrobamba ha sido intruída por cuerpos ígneos de diferente naturaleza, los cuales han metamorfizado y recristalizado las calizas, originando en el contacto, mármoles y granates que tienen relación con las zonas mineralizadas de cobre, plata, plomo, zinc, fierro, etc.

1.4.1. Edad y correlación

Para la datación se recolectaron fósiles de moluscos, equinodermos y cefalópodos los cuales le asigna una edad Albiano - Cenomaniano.

Se correlaciona con las calizas Ayabaca del Grupo Moho del área del Lago Titicaca y con la Formación Arcurquina de Arequipa; así como también con las formaciones Inca, Chúlec y Pariatambo; con la parte inferior de la Formación Jumasha y los grupos Quilquiñán y Pullucana del norte y centro del Perú.

Por lo tanto, la Formación Ferrobamba es del Albiano – Cenomaniano (Cretácico Medio)

1.5. Formación Puno (Oligoceno) (Fm-pu)

Este nombre fue introducido en la estratigrafía en el sur del Perú, por Cabrera La Rosa Y G. Petersen (1936); al describir una potente secuencia clástica con niveles volcánicos, que yacen en discordancia angular sobre terrenos mesozoicos.

En el cuadrángulo de Santo Tomás, los afloramientos más notables del Grupo Puno están restringidos al sector noreste, donde están intruídos por un cuerpo de granodiorita y apófisis de hipabisales de naturaleza andesítica que se consideran vinculados con la mineralización de cobre y fierro.

En el área indicada el Grupo Puno consiste de más de 800 m. de grosor, cuya litología es la siguiente:

La base está formada por lutitas interestratificadas con areniscas abigarradas de grano medio, en capas delgadas y poco compactas; en algunos lugares se intercalan con niveles de conglomerados finos a medianos, constituidos por clastos mayormente de cuarcitas. La parte media consiste principalmente de areniscas arcósicas, de color gris claro y marrón rojizo, de grano medio a grueso y forman bancos de 2 a 8 m. generalmente con estratificación cruzada, que se intercalan con lutitas rojizas y conglomerados, estos últimos compuestos por clastos de cuarcita y arenisca. El tercio

superior, presenta areniscas marrones y gris claras y potentes bancos de conglomerados. Cerca al tope se observan dos niveles de arenisca tufácea de 5 y 10 m. de grosor, de color blanco amarillento y gris rosado, que al intemperizarse toman un color rojo oscuro. El tope consiste de areniscas de grano grueso.

Los afloramientos de esta formación tienen un rumbo noroeste y un buzamiento entre 8 y 20 grados al noreste y descansan sobre la Formación Ferrobamba con discordancia angular y sobre la Formación Anta - Anta no se ha podido precisar el tipo de contacto, ya que por lo general es fallado o se encuentra cubierto por depósitos de talud.

1.5.1. Edad y correlación

Marocco R. (1971), refiere que Mattauer y Chanove encontraron en el Grupo Puno, cerca al Lago Titicaca, Carofitas que indican una edad Oligocena.

1.6. Grupo Tacaza (Oligoceno - Mioceno) (Gp-Ta)

Originalmente N. Newell (1949) le asignó el nombre de Volcánico Tacaza a una serie de rocas volcánicas que aflora en la mina Tacaza, departamento de Puno. Posteriormente R. Marocco y M. Del Pino (1966) lo elevan a la categoría de grupo. (Pecho Gutiérrez, 1981)

En los cuadrángulos de Santo Tomás, Antabamba y Chalhuanca, las rocas que componen este grupo son de naturaleza predominante volcánica y yacen con discordancia angular sobre rocas del Grupo Puno y sobre rocas del Cretáceo.

En el cuadrángulo de Santo Tomás, los afloramientos del Grupo Tacaza se extienden de las proximidades del pueblo de Santo Tomás, con dirección oeste y noroeste en forma de una faja continua, a las partes altas de los cerros Joramarque, Azulccacca, Casillojasa, Llaullimarca, Jatunorco, Huiscamarcaca, Usmapata, Utansa, Huiscachane, donde están atravesados por pequeños stocks y diques hipabisales de naturaleza andesítica, originando zonas mineras de interés económico.

Por lo general el Grupo Tacaza en los cuadrángulos estudiados presenta la siguiente litología:

La base consiste de conglomerados gruesos, con elementos semiangulosos de cuarcitas y calizas, con un diámetro de 2 a 3 m. Encima yace una secuencia de 15 a 25 m. compuesta por areniscas de

grano medio a grueso, de color gris, verde a rojizo que se intercalan con capas delgadas de lutitas rojo-violáceas de naturaleza tufácea y capas de brechas, con clastos de cuarcitas areniscas, algunas calizas de 2 a 5 cm. de diámetro y matriz areno-tufácea.

Hacia arriba presentan 500 m. de capas gruesas de conglomerados con elementos subredondeados de cuarcitas y areniscas, siendo la matriz bastante tufácea.

En toda la secuencia se intercalan capas de derrames andesíticos y brechas tufáceas.

Sobre esta serie descansa una potente secuencia volcánica, que se observa en todos los cuadrángulos estudiados y cuya litología es la siguiente; derrames lávicos en bancos de 0.5 a 3.0 m., brechas y aglomerados tufáceos, tufos retrabajados de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica cuya extensión lateral es de forma lenticular. La coloración varía de gris verdosa a morado rojiza. Las brechas tufáceas y los tufos son generalmente de colores claros.

1.6.1. Edad y correlación

Por descansar sobre el Grupo Puno de edad Terciaria inferior (Oligoceno) e infrayacer a la Formación Maure del Mioceno - Plioceno, se le asigna una edad Oligoceno - Mioceno.

Por otra parte, una muestra de lava andesítica tomada en el cerro Ampatajo (14 km al oeste de Antabamba) arrojó una edad de 27.16 ± 2.76 M.A. por el método K/Ar. Perteneciente al Oligoceno superior, según comunicación escrita de los doctores A. C. Rocha y G. Amaral del Brasil.

1.7. Volcánico Sencca (Plioceno Medio a Superior) (Volc-Se)

Esta denominación fue introducida en la estratigrafía del sur del Perú por S. Menvil (1965), al describir una secuencia volcánica de naturaleza piroclástica y de posición subhorizontal, en el área de Maure.

En los cuadrángulos correspondientes al presente estudio aflora una secuencia tufácea con las mismas características litológicas y estructurales descritas por S. Menvil (1965). Así constituye depósitos post-orogénicos estratificados en capas horizontales o levemente inclinadas o cubriendo una topografía pre-existente.

En el cuadrángulo de Antabamba y Santo Tomás sus afloramientos son muy reducidos, siendo los más destacables el de Oropesa y los de Mamara, Paccllapata y Misco, donde está cubierto por lavas del Grupo Barroso. En el área del río Yurac-Mayo al sureste de Pampachiri, se encuentra debajo de tufos recientes. (Pecho Gutiérrez, 1981)

Su grosor se incrementa de este a oeste, en Callanca tiene de 10 a 20 m. y en el área suroeste del cuadrángulo de Chalhuanca entre 80 y 100 m.

Litológicamente el Volcánico Sencca está constituido principalmente por tufos de naturaleza riolítica y riodacítica, aunque existen niveles de composición dacítica, se intercala con tufos brechoides lenticulares. Estas rocas presentan una apreciable compactación y dureza, pero existen lugares donde se les nota poca consistencia, en las compactas se observa a simple vista, cristales de cuarzo, feldespato, hojitas de biotita y fragmentos de vidrio.

El color de este volcánico es generalmente blanquecino, con variaciones a blanco amarillento y amarillo grisáceo. La parte superior en algunos lugares muestra tufos rosados y en la base presenta tufos sueltos de color rojizo como puede verse en Totorá y Mamara. Por acción del intemperismo presentan estructuras uniformes.

1.7.1. Edad y correlación

Se le ubica en el Plioceno medio a superior. Además S. Mendivil (1965) le asigna esta edad en los cuadrángulos de Maure y Antajave, en base a su posición estratigráfica. Ahlfeld F, Y Branisa L. (1969), asignan una edad pliocena media a superior a unas tobas en Bolivia y que según S. Mendivil (1965) son equivalentes al Volcánico Sencca.

1.8. Grupo Barroso (Pleistoceno) (Gp-ba)

Nombre designado por S. Mendivil (1965) a un conjunto de rocas volcánicas, formado principalmente por derrames y piroclásticos de naturaleza andesítica, traquítica y traquiandesítica.

En los cuadrángulos estudiados este grupo consiste de una secuencia de rocas volcánicas que guarda una estrecha semejanza litológica, estructura y geomorfológica con las estudiadas en Maure y Antajave.

En la hoja de Santo Tomás, el Grupo Barroso abarca casi todo el ángulo suroeste, conformando las partes más elevadas de esta región; así se le ve en el nevado Malmanya, cuyo pico tiene más de 5,000 m.s.n.m. También a lo largo del valle del río Santo Tomás y en las áreas de Colquemarca y Quiñota.

En las áreas estudiadas, el Grupo Barroso ha sido diferenciado en dos unidades: la inferior denominada Volcánico Malmanya y la superior Volcánico Vilcarani y que corresponderían posiblemente a los denominados por S. Mendivil como Volcánicos Chila y Barroso, respectivamente. Esta división está basada principalmente en su litología y la presencia de una ligera discordancia erosional entre ambas unidades.

1.9. Volcánico Malmanya (Plioceno-Pleistoceno) (Volc-Mal)

Este volcánico aflora en los cuadrángulos de Santo Tomás y Antabamba y su mayor desarrollo se encuentra en el Nevado Malmanya, ubicado a 15 km al sur del Distrito de Progreso.

Litológicamente, está constituido por derrames andesíticos, dacíticos, traquiandesíticos y riolíticos, con predominancia en los dos primeros; son de origen fisural y se presentan en capas horizontales de 1 m. a más de 5 m. de grosor, bien estratificadas. En corte fresco tienen una coloración, predominantemente gris oscura, con tonalidades rojizas, moradas y gris verdosas, y en superficies intemperizadas toman un color claro a rojizo o gris morado. En sección delgada son generalmente de textura porfiroide y otras rocas en menor escala, presentan textura afanítica con matriz vítrea, fluidal y microlítica. (Pecho Gutiérrez, 1981)

1.10. Volcánico Vilcarani (Plioceno Superior – Pleistoceno) (Volc-vi)

Su nombre proviene de las pampas de Vilcarani, ubicado a 41 km, al oeste del poblado de Santo Tomás. Se encuentra yaciendo mediante una discordancia erosional sobre el Volcánico Malmanya y está constituido por una secuencia de piroclastos y derrames, con predominancia de los primeros. La secuencia piroclástica está representada por tufos, brechas, aglomerados, cenizas, etc., de composición andesítica, riolítica y riolítica. Su coloración presenta diferentes matices del blanco al rojo.

Su compactación es igualmente variable, existiendo algunos muy duros y compactos y otros bastante blandos y deleznablemente fácilmente erosionables

Los elementos de las brechas son generalmente rocas volcánicas angulares a subangulares y de diámetro muy variado desde algunos centímetros a más de 30 cm. En lámina delgada los tufos presentan matriz vítrea y fenocristales de cuarzo, y plagioclasas corroídas

El grosor de esta unidad se puede estimar en algo más de 600 m. en los cerros Chicorumiyoc, Campanillayoc, Condorhuachana y en ambos márgenes, de las quebradas Sallisto al oeste del pueblo de Santo Tomás. Otros potentes afloramientos de estos volcánicos se ven en las partes altas de ambos márgenes del río Turpay hacia el sur.

La parte superior de esta formación es casi exclusivamente piroclástica, aunque en ciertos lugares, como en el cerro Ultiaciano y Quello-Quello (al oeste de Santo Tomás) se observan derrames lávicos en el tope. (Pecho Gutiérrez, 1981)

El Grupo Barroso, estratigráficamente yace en discordancia erosional sobre el Volcánico Sencca y algunos casos sobre el Grupo Tacaza y en otros lugares cubre con discordancia angular a las calizas Ferrobamba o a formaciones del Grupo Yura, como por ejemplo al sur de Huanacopampa y en Tartahuaya a 10 km aproximadamente al sur de Progreso.

Este grupo se halla cubierto por depósitos morrénicos y fluvio-glaciares, productos volcánicos más modernos y sedimentos del cuaternario reciente.

1.10.1. Edad y correlación

En la zona de estudio y otras áreas cercanas, la edad de estos volcánicos es inferida en base a su posición estratigráfica regional, y estaría comprendida desde fines del Plioceno hasta el Pleistoceno.

El Grupo Barroso de esta región puede ser equivalente a afloramientos similares que se exponen en gran parte de la región del sur del Perú, constituyendo los conos volcánicos de la Cordillera Occidental

1.11. Depósitos recientes y Cuaternarios (Qh)

Los depósitos cuaternarios están constituidos por depósitos glaciáricos (morrenas) y fluvio-glaciares, el Volcánico Santo Tomás y depósitos Aluviales.

1.11.1. Depósitos Glaciares y Fluvioglaciares (Qpl)

Se han diferenciado dos etapas de acumulación morrénica como producto de la actividad glacial cuaternaria. Las más antiguas se presentan bastante erosionadas apenas reconocibles y sus relictos muestran que la parte frontal llegaba hasta los 3,600 m.s.n.m. Están constituidas por bloques y gravas angulosas de diferentes tipos de rocas, englobados en una matriz de arena en parte tufácea.

Un ejemplo bastante claro se encuentra en el flanco sur del Cerro Pito (sur de Mara, hoja de Santo Tomás) y en la zona sur del cuadrángulo de Antabamba, donde se han cartografiado como depósitos fluvioglaciares; ya que sobre ellos se ha acumulado material arrastrado por corrientes de agua enmascarando gran parte de la morrena.

Los depósitos morrénicos más recientes se encuentran bien expuestos en los tres cuadrángulos, ocupando áreas aproximadamente desde 4,200 hasta más de 5,000 m.s.n.m., así puede verse en los nevados Malmanya (Santo Tomás) y Suparausa, (Chalhuanca).

Las morrenas están bien preservadas y poco afectadas por los agentes erosivos y se encuentran circunscritas especialmente a las partes altas de los grandes valles. Ejemplos típicos se observan siguiendo la carretera de Lambrama a Chuquibambilla. La cresta de estas morrenas está a más de 100 m. sobre el piso y con una longitud que pasa los 2,000 m. Otros ejemplos claros se ven en la parte noroeste del cuadrángulo de Santo Tomás; así como a oeste de Haqaira, donde las acumulaciones morrénicas descienden hasta el pie de los nevados de Malmanya. Estas morrenas están constituidas en un gran porcentaje por cantos angulosos y semiangulosos y en menor proporción, por bloques de más de 1.50 m. de diámetro de rocas que provienen del volcánico Barroso; la matriz está formada de arenas y arenas tufáceas.

Los depósitos fluvioglaciares se presentan abundantemente en la hoja de Antabamba, ocupando antiguos valles y quebradas de origen glacial, así como también las extensas llanuras o pampas que se encuentran sobre los 4,000 m.s.n.m. y están constituidos por acumulaciones clásticas heterogéneas con un grosor promedio de 30 m.

La edad de estos depósitos es de pleistoceno a reciente de acuerdo con las evidencias geomorfológicas observadas en el campo.

1.11.2. Volcánico Santo Tomas (Volc-sa-to)

En los alrededores del pueblo de Santo Tomás y en la parte nor-occidental de la hoja de Chalhuanca existen tufos y cenizas como productos de una actividad volcánica muy reciente, a los cuales se les denomina en el presente estudio Volcánico Santo Tomás. (Pecho Gutiérrez, 1981)

En Santo Tomás, este volcánico, está representado en la base por lavas de naturaleza andesítica de textura porfirítica, fluidal, parcialmente afanítica, se presentan de color gris oscuro, algo porosas y poco densas. La parte media consiste de lavas basálticas vesiculares y el tope de tufos blancos amarillentos. Su grosor se calcula en 50 m.

1.11.3. Depósitos Aluviales (Qhp-al)

El material aluvial se halla en los cauces antiguos y recientes y en las laderas de los valles y quebradas, formando respectivamente terrazas y conos aluviales. Algunas terrazas se encuentran a más de 150 m. sobre el nivel de los cauces de los ríos actuales, como consecuencia del levantamiento reciente de los Andes y el subsiguiente rejuvenecimiento de los ríos que han labrado profundos valles en V. Ejemplos notables de estas terrazas se ve en el río Chalhuanca a la altura de su confluencia con el río Aparaya donde se asienta la hacienda San Francisco y en el río Vilcabamba, cerca de la desembocadura del río Chuquibambilla. Otros ejemplos. Otros ejemplos menores se aprecian en ciertos trechos del río Vilcabamba y Santo Tomás, próximos al pueblo de Mara.

En los cuadrángulos de Antabamba y Chalhuanca estos depósitos se encuentran expuestos en las grandes altiplanicies y están provistos de pastos naturales que sirven de alimento al ganado de estas regiones.

Los depósitos aluviales están constituidos mayormente por gravas cantos y otros de elementos redondeados y angulosos, dentro de una matriz areno-arcillosa, presentan una grosera estratificación, que se acuña entre capas de arena y arcilla. El grosor de estos depósitos varía desde unos cuantos metros a más de 150 m.

Los conos aluviales están adosados a las laderas bajas de los cerros y en los flancos de los valles. Las gravas que forman estos depósitos se han acumulado mayormente por efectos de la gravedad

y evidencian poco transporte. Buenos ejemplos de este tipo de depósitos se observan en las laderas de los valles principales.

1.12. Rocas Ígneas

Las rocas plutónicas de esta región constituyen el Batolito de Apurímac y están representadas principalmente por grandes cuerpos de granodiorita, tonalita y diorita, que a su vez han sido intruídas por rocas hipabisales de composición andesítica y monzonítica, con las que está mayormente asociada la mineralización.

Los contactos entre los grandes cuerpos son poco perceptibles en el campo, en ciertos lugares es difícil de marcar un contacto entre ellos, especialmente entre la granodiorita y tonalita y entre ésta y la diorita, debido posiblemente a una diferenciación magmática desde la más básica (diorita) a la más ácida (granodiorita); sin embargo, se ha diferenciado en los mapas geológicos, tomando en cuenta los estudios micropetrográficos.

No se ha hecho ninguna datación radiométrica de las rocas intrusivas en toda esta región, por lo que solo se toma en cuenta relaciones con las rocas sedimentarias y volcánicas y con las fases tectónicas conocidas.

Los cuerpos plutónicos intruyen a las rocas calcáreas del Albiano-Cenomaniano, así como a las rocas clásticas del Grupo Puno y del Terciario Inferior y cortan a las estructuras de la fase Incaica que llega al Oligoceno Inferior lo cual induce a suponer que los intrusivos que constituyen el Batolito de Apurímac podrían haberse emplazado entre el Terciario Inferior y Medio. En cambio, las rocas hipabisales afectan las rocas del Grupo Tacaza por lo que se les considera del Terciario Medio a Superior.

1.12.1. Diorita

Grandes cuerpos de diorita afloran en el cuadrángulo de Santo Tomás, y otros más pequeños en los cuadrángulos de Chalhuanca y Antabamba. En el área de Santo Tomás el intrusivo diorítico aflora en gran parte de la margen derecha del río Santo Tomás, ocupando así todo el borde oriental del cuadrángulo. Otros afloramientos menores se encuentran alrededor de la granodiorita o rompiendo a una serie de estructuras de rocas sedimentarias, especialmente a lo largo del anticlinal del Mara. (Pecho Gutiérrez, 1981)

En la parte central del cuadrángulo de Santo Tomás, en las inmediaciones del Caserío de Anyo, aflora un pequeño cuerpo de diorita de grano medio, intruído por rocas filoneanas y vetas de cuarzo auríferas que antiguamente fueron explotadas. En el cuadrángulo de Chalhuanca las dioritas se presentan en la porción noroeste, intruyendo a las calizas de la Formación Ferrobamba. Macroscópicamente, presenta una textura granular variando a porfirítico, de grano grueso a fino y con un contenido de 30 a 60% de minerales máficos. Microscópicamente, de 20 láminas delgadas estudiadas especialmente en las áreas de Santo Tomás y Antabamba se resume lo siguiente:

Los minerales esenciales son plagioclasas, en un porcentaje de 88% como máximo y 70% como mínimo representadas por albita, andesina y otras de composición entre Ab30 y Ab50 (Labradorita).

Sólo en 5 láminas se ha determinado la presencia de ortosa en porcentajes entre 10 y 13%, reemplazando en parte a la plagioclasa. En la mayoría de muestras se ha evidenciado la presencia de cuarzo en pequeñas cantidades como cristales dispersos afectando a algunas plagioclasas o también distribuido en forma intersticial.

La muestra St-59, tomada en el cerro Chaspiropampa al norte de la mina Ferrobamba, presenta las plagioclasas microfracturadas y generalmente macladas, zonadas y alteradas hidrotermalmente a sericita especialmente en el centro, estando los contornos albitizados.

Dentro de los minerales accesorios se cita en primer término a la hornblenda que se presenta de color verde azulado y en forma prismática euhedral. La biotita es común en todas las muestras, se presenta de color marrón rojizo, en forma de cristales y hojuelas, y con textura poikilítica bien desarrollada. Entre los minerales secundarios más comunes se pueden citar a la esfena, apatita, zircón y minerales opacos en porcentajes muy bajos también se observa: calcita, sericita, epidota, actinolita, clorita, uralita y hematita como minerales provenientes de la alteración de los anteriores.

Una diorita con características diferentes a las ya citadas aflora en los cerros Huasani, Tuya y Sequeña, al oeste de Huichihua, en la parte central del cuadrángulo de Antabamba. Intruye a rocas sedimentarias del Mesozoico y del Grupo Tacaza y a su vez está intruída por una microtonalita de grano fino, en su borde occidental. La diorita es de color gris claro a verdoso

y de grano medio y se diferencia de las anteriores por la ausencia casi completa de hornblenda y biotita. Su contenido de plagioclasas en dos muestras tomadas en el cerro Huasani (CH-50 y CH-51) varía de 78 a 88%, el de ortosa 13% y cuarzo 4%.

Se encuentran afloramientos menores alrededor de la granodiorita cortando a una serie de estructuras de rocas sedimentarias a lo largo del anticlinal de Mara. Se observan micro dioritas como primera etapa de intrusión en las áreas de Tintaya y quechuas. Su composición general está compuesta por plagioclasas blanca grisácea (80%), hornblenda (19%) y presencia en menores cantidades de biotita y turmalina, todos de grano fino.

1.12.2. Tonalita

Los cuerpos de tonalitas están intruídos por numerosos diques de diversa composición y que se entrecruzan. Sus grosores son variables, desde 1 cm. hasta 20 cm., excepcionalmente mayores de 50 cm; en cuanto a sus longitudes pueden ser de varios kilómetros. Las tonalitas que muestran mayor cantidad de diques son las de Haquira, Huancaray y Ancobamba.

Estos diques son de microgranitos, granitos aplíticos o pegmatíticos y rocas de naturaleza subvolcánica. Una muestra de aplita, tomada en Patabamba al norte de Haquira, presenta las siguientes características en lámina delgada: Textura aplítica, con formas mirmequíticas. Como minerales esenciales ortosa y cuarzo; accesorios biotita, plagioclasa y magnetita y secundarios pennina, clorita y epidota. Se clasifica como granito aplítico. (Pecho Gutiérrez, 1981)

Por lo general las características petrográficas de las tonalitas son similares entre las distintas áreas que afloran, son esencialmente leucócratas, de grano medio, entre 0.5 mm y 2.5 mm, como minerales esenciales presentan plagioclasas y granos de cuarzo. Las plagioclasas son de 2 a 3 tipos, unas veces Oligoclasa y las otras varían entre Oligoclasa-Labradorita y Oligoclasa-Albita. Sus cristales son generalmente euhedrales y maclados según uno o dos tipos de maclas (Carlsbad y Baveno), estando casi la totalidad de las plagioclasas zonadas.

En lámina delgada se observa en las plagioclasas de algunas tonalitas más de 2 centros de zonación, especialmente en las tonalitas del cuadrángulo de Santo Tomás, pudiendo haber sido originados por efectos de compresión.

El cuarzo está constituido por granos, en algunos casos bien conformados y en otros rellenando los intersticios intergranulares de los componentes, y puede presentarse bastante fragmentado y deformado por efecto de presión.

La ortosa a veces no está presente, como es el caso de la muestra Ch-59a tomada de la margen izquierda de la quebrada Sorahuayja al sur de Curpahuasi (cuadrángulo de Antabamba) pero en la mayoría de las rocas estudiadas en láminas delgadas, siempre se encuentra presente en forma de pertita, aunque en cantidades muy bajas.

Como minerales accesorios, en todas las muestras han sido determinadas la biotita y la hornblenda que son los minerales máficos por excelencia, en estas rocas. La biotita en algunos casos es abundante mientras que en otros es escasa y se presenta en cristales euhedrales y anhedrales, así como en pajillas, o en forma de hojuelas o escamas, estando a veces algo cloritizada. La hornblenda, es el accesorio ferromagnesiano más frecuente. En muchos casos se han determinado, apatita, esfena y zircón, etc.

Una característica saltante es la presencia de xenolitos en las tonalitas de Santa Antonio y Haquira, pero muy exiguas en otros cuerpos. Estos xenolitos son de dimensiones muy variadas, predominando entre los 5 a 10 cm. siendo de forma ovalada, generalmente de grano más fino que las tonalitas.

A menudo se presentan regularmente fracturadas, siendo la tonalita de Huancaray y la del cerro Capillayoc las más diaclasadas, con un sistema paralelo de rumbo noreste-suroeste.

1.12.3. Granodiorita

Los afloramientos de granodiorita se encuentran en la parte septentrional de los tres cuadrángulos, así como al sureste y suroeste de los cuadrángulos de Chalhuanca y Antabamba, respectivamente.

El segundo cuerpo en extensión, aflora en la región norte del cuadrángulo de Santo Tomás, y otros menores se encuentran en Mollebamba, y se prolonga hasta el límite suroeste del cuadrángulo de Antabamba.

Macroscópicamente, las granodioritas presentan casi las mismas características que las tonalitas. Mineralógicamente son casi uniformes, aunque, en ciertas áreas donde se han hecho estudios microscópicos hay variación en el feldespató potásico en algunos casos pasan a adamelitas, por lo que es sumamente difícil poner un límite entre ellas. Asimismo, se hace difícil en ciertos lugares, marcar contactos con las tonalitas, y por lo tanto las relaciones entre sí no se han podido precisar. En general las granodioritas son faneríticas de grano medio a grueso, varían de leucócratas a mesócratas, aunque predominan las de color gris claro. (Pecho Gutiérrez, 1981)

En la mayoría de las secciones delgadas estudiadas se ve que las plagioclasas están comprendidas entre un mínimo de 54% a un máximo de 70%. El cuarzo varía entre 15 y 30% y la ortosa entre 13 y 8%. Las plagioclasas se encuentran con dos o más tipos de maclas y están algo zonadas a veces parcialmente reemplazadas por la ortosa. El cuarzo se presenta rellenando intersticios y también en playas granulares, a veces bastante microfracturado en extinción ondulante.

La ortosa pasa ligeramente a pertita, encontrándose a veces levemente alterada a caolín y sus cristales son mayormente anhedrales.

Los porcentajes más bajos corresponden a los minerales accesorios como biotita, hornblenda, esfena, apatita y zircón y a los secundarios como clorita, calcita y limonita. En la muestra tomada al oeste de Silco (cuadrángulo de Antabamba) se observa una ausencia completa de hornblenda.

Así como las tonalitas, estas rocas también presentan diques delgados y sin orientación definida, los cuales están constituidos por rocas afaníticas subvolcánicas, muy fracturadas y diaclasadas.

Es decir, se observa la siguiente composición macroscópica: plagioclasas 40%, ortosa 30%, cuarzo 20% y el 10% restante se compone de biotita, hornblenda y otros ferromagnesianos no determinados.

1.13. Rocas Hipabisales

Estas rocas afloran en forma y dimensión muy variada, intruyendo indistintamente a todos los cuerpos plutónicos. Así se han cartografiado pequeños apófisis y stocks de forma irregular que son los que predominan, así como diques y stocks de forma tabular. Estos hipabisales están relacionados, con los intrusivos plutónicos antes descritos y con el sistema estructural de la región, especialmente con las grandes fallas, como se puede ver en el cerro Huillullu.

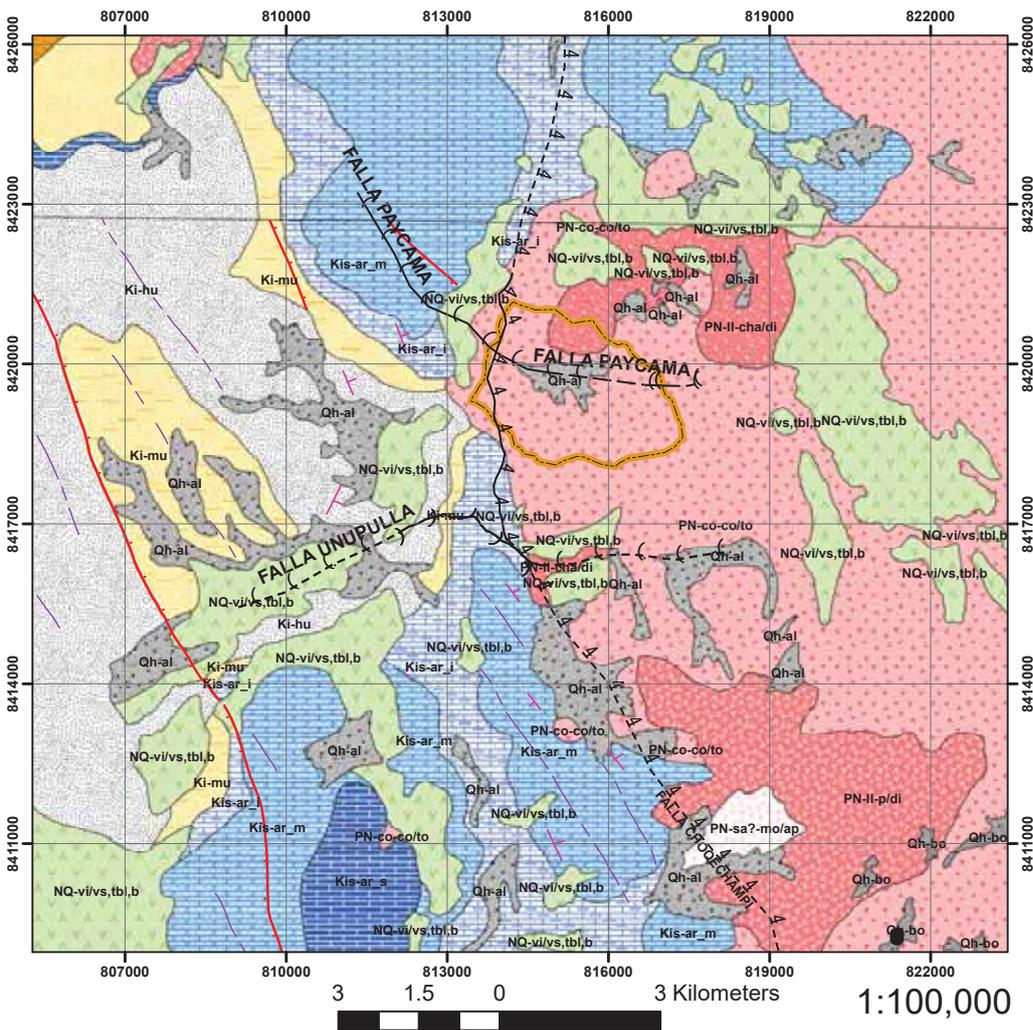
Sin embargo, algunas asociaciones de diques se presentan como enjambres sin orientación definida, o en forma radial partiendo de un centro o chimenea volcánica como se observa 3 km al Sureste de Mamara (cerro de Antabamba) y en el cerro Utunsa- Chaquicocha (cerro de Santo Tomás). En este último centro de la chimenea está formado por un intrusivo silíceo (95% de sílice), de color marrón claro y de forma masiva; del cual divergen diques en forma radial que rompen y metamorfizan a los volcánicos Tacaza.

Las rocas hipabisales están representadas mayormente (80%) por andesitas y dacitas y en porcentajes menores por microdioritas, microgranitos, monzonitas y adamelitas, también cuarzolititas y latitas afaníticas. A lo largo de 25 km de la falla Mollebamba y con un ancho de 4 a 6 km se ha emplazado un cuerpo hipabisal de naturaleza subvolcánica clasificado como una andesita porfirítica. Su emplazamiento a lo largo de la falla es vertical intruyendo a las rocas sedimentarias y ha originado una ancha zona de metamorfismo. (Pecho Gutiérrez, 1981)

1.14. Piroclastos (Nq)

Depósitos piroclásticos moderadamente soldados (toba, lapilli, cenizas, tufos e ignimbritas) de color gris blanquecino a grises rojizas y estructura columnar visible cubren gran parte del cuadrángulo de Santo Tomás, actuando como sello sobre rocas sedimentarias e intrusivas de todo el cuadrángulo. (Pecho Gutiérrez, 1981)

MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE LA C.C. PAYCAMA COLLANA



FALLAS REGIONALES

FALLA CHOQECHAMPI
CLASIFICAC
 - 4 - , Infinda
 - 4 - Probadada

FALLA UNUPULLA
CLASIFICAC
 - - , Infinda
 - - Probadada

FALLA PAYCAMA
CLASIFICAC
 - - , Infinda
 - - Probadada

BUZAMIENTOS

C.C. PAYCAMA COLLANA

GEOLOGIA REGIONAL

DESCRIP

- Deposito Piroclastico
- Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.
- Depositos de bofedal - Intercalacion de limos, arenas y niveles organicos.
- Fm. Arcurquina.inferior
- Fm. Arcurquina.medio
- Fm. Arcurquina.superior
- Fm. Huahuanu
- Fm. Murco - Areniscas, limolitas, lodolitas y limoarcillitas de coloraciones rojizas.
- Pluton Charamuray - Diorita
- Pluton Colquemarca - Tonalita
- Pluton Pampa - Diorita
- Sub-Volcanico Molle - Andesitica porfiritica

FUENTE: PROPIA
 DATA BASE: INGEMMET - GEOCATMIN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PROYECTO TESIS: ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO		
Plan: MAPA GEOLOGICO REGIONAL DE LA C.C. PAYCAMA COLLANA	El pais de Referencia: WGS84	P-04
Ubicacion: Región: Cusco	Fecha: 12/10/2019	
Proy.: Chumbivilcas	Escala: 1/100000	

2. GEOLOGÍA LOCAL

2.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)

Esta formación aflora al Oeste de la zona de estudio a la margen izquierda del Río Santo Tomas, los afloramientos de esta formación son uno de los más antiguos presentes en la zona de estudio.

La formación Hualhuani al Norte infrayace con la formación Arcurquina y Murco, no se aprecia muy claramente debido a la intensa deformación en el contacto, hacia el Este esta formación está en contacto con los cuerpos intrusivos presentes.

Litológicamente está compuesta por bancos gruesos de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio que presenta niveles con laminaciones oblicuas, curvas y laminaciones entrecruzadas, y algunas intercalaciones de areniscas feldespáticas marrón rojizo.

En la zona de estudio se presentan con potentes afloramientos de pendiente escarpada, de difícil acceso.

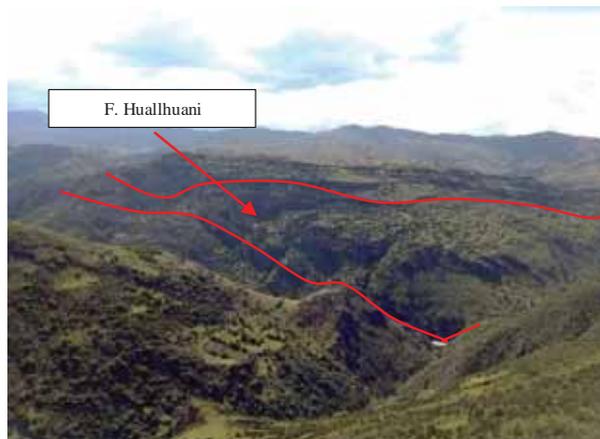


Foto N° 07: Formación Hualhuani sobreyacido por gruesas secuencias piroclásticas (Vista al SO de la CC. Paycama Ccollana; N: 8417313, E: 811358). FUENTE: Propia

2.2. Formación Murco (Ki-mu)

Esta formación aflora ampliamente en los distritos de Llusco y Quiñota aproximadamente a 8 km de la zona de estudio, donde sobreyace a la Formación Hualhuani e infrayace a la formación Arcurquina.

Litológicamente, está constituida por una alternancia de lutitas y areniscas de color rojo, que se depositaron en una plataforma continental (Vicente, 1981). Tomando en cuenta sus relaciones estratigráficas con el techo del Grupo Yura (Formación Hualhuani del Cretácico inferior) y su paso transicional a la Formación Arcurquina (Albiano-Turoniano) se le atribuye una edad Aptiana conforme a lo descrito por Vicente et al., (1989). Se le correlaciona con la Formación Paucarbamba del Cusco (Carlotto, 1998) y la Formación Mara de los cuadrángulos de Chalhuanca y Abancay en Apurímac (Jenks, 1951).

2.3. Formación Arcurquina (Kis-ar)

Esta formación aflora ampliamente al NO y al SE de la cuenca del Río Santo Tomas. Esta unidad sobreyace a la Formación Murco y del mismo modo a las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani. A su vez se encuentra infrayaciendo en discordancia angular al Grupo Tacaza. Todos los afloramientos están rodeados en su mayor parte por el Batolito Andahuaylas-Yauri, es por ello común encontrar calizas recristalizadas en los contactos con los intrusivos debido al metamorfismo.



Foto N° 08: Caliza metamorfizada (mármol bandeado) perteneciente a la Formación Arcurquina, debido al metamorfismo de contacto del Batolito Andahuaylas-Yauri. (N:8418115; E:814103; h: 3622m). FUENTE: Propia

Esta formación presenta estratos con laminación paralela, estratos nodulares y Slumps. Litológicamente, está constituida por calizas de color gris oscuro a negro de grano fino a grueso. Las capas presentan también conglomerados intraformacionales, estas debido a la intensa actividad tectónica ofreciendo un paisaje más agreste razón por la cual constituyendo los lugares de mayor altitud en el área.



Foto N° 09: Calizas de la Formación Hualhuani conformando grandes altitudes debido a la intensa actividad tectónica.
(Vista al NOO de la CC. Paycama Ccollana N: 8423475; E: 811784). FUENTE: Propia

La Formación Arcurquina es una secuencia calcárea de calizas gris a gris oscuras, dolomías en capas medianas, margas y lutitas en menor porcentaje con una potencia total de 350 m. aproximadamente, esta formación posee 3 miembros: Miembro Inferior (Calizas grises, oscuras, pardas y amarillentas de potencias gruesas intercaladas con láminas delgadas de lutitas gris oscuras hasta negras), cuya característica son las comisuras muy conspicuas, Miembro Medio (Calizas, dolomías y margas gris claras algo brechoides con abundantes nódulos de Chert de forma irregular, intercaladas con lutitas y limolitas) y Miembro Superior (Calizas gris oscuras en parte azuladas, calizas margosas con alto nivel de erosión).



Foto N° 10: Calizas de la Formación Hualhuani con presencia de un nódulo de Chert de forma irregular e intercalación de lutitas. (N: 8419530; E:813670; h: 3080m). FUENTE: Propia

Se asume que la edad de dicha formación es desde el Albiano hasta el Cenomaniano del Cretácico Medio hasta el Cretácico Superior. La formación Arcurquina se correlaciona con las unidades calcáreas del centro y del norte del Perú, tales como Chúlec, Pariatambo, Pullucana, Quilquiñán y Cajamarca; a la vez es equivalente del Grupo Moho; mientras que por el sur se correlaciona con la Formación Ferrobamba.



Foto N° 11: Calizas sub-verticales debido al intenso tectonismo y presencia de abundantes fallas. (Vista al O de la C.C. Paycama Ccollana; N: 8419530; E:813670; h: 3080m). FUENTE: Propia



Foto N°12: Calizas plegadas debido a un ambiente compresivo. (Vista al N de la C.C. Paycama Ccollana; N: 8423856, E: 815818). FUENTE: Propia

2.4. Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas en la zona de estudio forman parte del Batolito Andahuaylas-Yauri (Batolito Apurímac) y estas representados por dioritas y tonalitas principalmente y que a su vez han sido intruídas por diques y rocas hipabisales como el pórfido cuarzo diorítico, pórfido andesítico, pórfido feldespático y están cubiertas en los extremos E y O por materiales piroclásticos posiblemente pertenecientes al Volcánico Sencca. Los contactos entre estos diferentes intrusivos en algunos casos son apreciables por presentar diferentes composiciones y diferentes texturas, pero en la mayor parte estos contactos no son visibles.

2.4.1. Diorita (PN-di)

En la zona de estudio hacia el norte se encuentran los afloramientos de diorita que son propios de los primeros pulsos del Batolito Andahuaylas-Yauri (Batolito Apurímac), estas constituyen las intrusiones más antiguas del área de estudio correspondiente a las primeras intrusiones del terciario inferior y son parte de la formación de la Cordillera de los Andes.

Los minerales esenciales son plagioclasas 70%, no presentan cuarzo y como principal mineral accesorio tenemos la hornblenda y biotita con magnetismo de origen magmático



Foto N° 13: Diorita con textura ligeramente porfirítico de grano medio. (N: 8419876, E: 816828, h: 3730m). FUENTE:

Propia

2.4.2. Tonalita (PN-to)

Esta es la intrusión más grande presente en el área de estudio se encuentra en la parte central y al este cortando toda la secuencia sedimentaria

La tonalita de la zona de estudio presenta una granulometría gruesa con una textura porfírica, compuesta principalmente de plagioclasa, ojos de cuarzo y minerales accesorios como la hornblenda y biotita en un 20-25%

Alteración hidrotermal: se observa por la presencia de biotita secundaria, feldespato potásico secundario, clorita, sericita, que son minerales propios de una alteración hidrotermal. Presenta venillas gruesas de feldespato potásico y cuarzo que forman un halo de alteración probablemente de albita, no se observa mineralización económica asociada a estas venillas, a su vez este intrusivo se encuentra cortado por distintos diques aplíticos de hasta 20 cm.



Foto N° 14: Tonalita con Textura Poikilítica equigranular de grano grueso. (N: 8418760, E: 814868, h: 3671m).

FUENTE: Propia

2.4.3. Pórfido Cuarzo Diorita (PN-di/ppd)

Este pulso es el más importante ya que contiene la mineralización diseminada y en venillas, el tamaño de los granos es equigranular con ligero desarrollo de ferromagnesianos, la definición cuarzo diorita se da a que se observa cuarzo 20%, plagioclasas 40% y con minerales accesorios de hornblenda y biotitas magnéticas.

Alteración hidrotermal: biotita secundaria producto de la alteración hidrotermal de la hornblenda y de biotitas primarias, venillas de feldespato potásico finas y gruesas que nos evidencian una

moderada alteración potásica, se observa así mismo cloritas reemplazando biotitas y escasas venillas de epidota y calcita sin embargo esto no es indicador de una alteración propilítica

2.4.4. Pórfido Cuarzo Monzonítico (PN-di/pqm)

Es el segundo pulso más importante debido a su mineralización económica, en superficie ocurre hacia el sur del área de estudio presentando sé como digitalizaciones cortando el Pórfido Cuarzo Diorita, encontrándose las mejores evidencias cerca al Río con una dirección de 110 – 150 grados y una inclinación de 40 – 60 grados hacia el noroeste.

Se requiere más información en profundidad para entenderlo mejor, el modelo actualmente está basado en datos superficiales y en base a estructuras mayores que controlaron estos intrusivos.

2.5. Piroclastos (NQ-vi/vs, tbl, b)

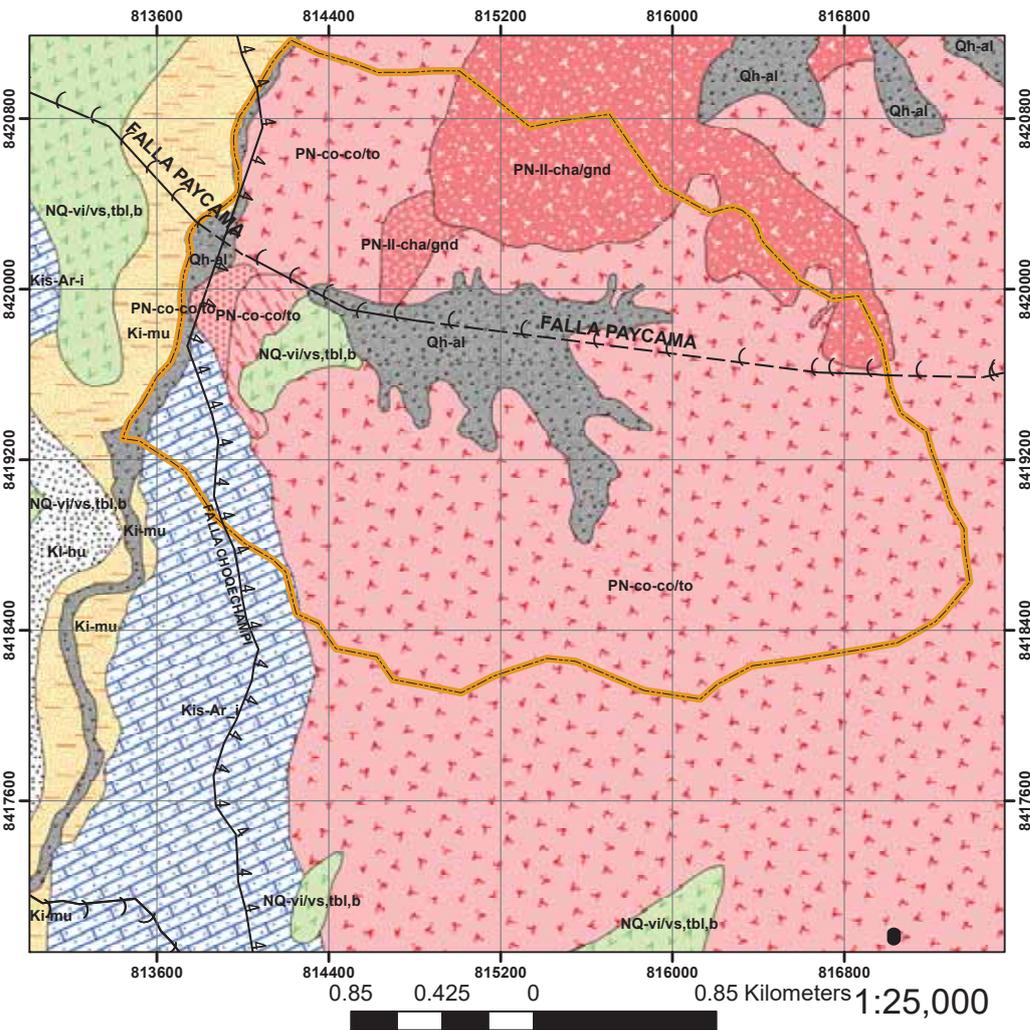
Depósitos piroclásticos moderadamente soldados (toba, lapilli, cenizas, tufos e ignimbritas) de color gris blanquecino a grises rojizas y estructura columnar visible cubren gran parte del área de estudio, actuando como sello sobre rocas sedimentarias e intrusivas.

La presencia de estos piroclastos genera dificultad en la obtención de datos del intrusivo y las rocas sedimentarias debido a su gran potencia y a la gran extensión que posee. (Ver Anexos Mapa N° 05)



Foto N° 15: Contacto entre los piroclastos (parte superior) y la tonalita (parte inferior). (Vista al SOO de la C.C. Paycama Ccollana, N: 8419574, E: 813985, h: 3341). FUENTE: Propia

MAPA GEOLOGICO LOCAL DE LA C.C. PAYCAMA COLLANA



SIMBOLOGIA

FALLA PAYCAMA
CLASIFICAC
 - - - - - Inferida
 - - - - - Probadada

FALLA UNUPULLA
CLASIFICAC
 - - - - - Inferida
 - - - - - Probadada

FALLA CHOQUECHAMPI
CLASIFICAC
 - - - - - Inferida
 - - - - - Probadada

C.C. PAYCAMA COLLANA

DESCRIPCIO

- Depositos aluviales - Gravay y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.
- Depositos piroclasticos
- Dique de Granodiorita porfirica de Biotita
- Fm. Arcurquina, inferior
- Fm. Arcurquina, medio
- Fm. Hualhuani
- Fm. Murco - Areniscas, limonitas, lodolitas y limoarcillitas de coloraciones
- Granodiorita porfirica de Biotita
- Porfido tonalita de Biotita - Hornblenda
- Porfido tonalita de Biotita - Hornblenda pseudometamorfizada
- Tonalita de Biotita

FUENTE: PROPIA
 DATA BASE: INGEMMET - GEOCATMIN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PROYECTO TESIS: ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO		
UBICACION: Región: Cusco Prov.: Chumbivilcas Distrito: Colquemarca	Plano: MAPA GEOLOGICO LOCAL DE LA CC. PAYCAMA COLLANA El posido de Referencia: WGS84 Fecha: JULIO 2019	P-05 Escala: 1/25000

CAPITULO IV

TECTONICA

Las principales formaciones de la zona de estudio abarcan del Mesozoico (245 M.A) hasta el Cenozoico (65 M.A) caracterizándose por una sedimentación marina, continental y vulcano sedimentaria, así como materiales volcánicos e ígneos del cenozoico y materiales aluviales correspondientes al cuaternario

1. MESOZOICO (~225 – 65 MA)

A comienzos de la era mesozoica todos los continentes se encontraban unidos en un solo supercontinente llamado “Pangea”, la formación de este súper continente se produce como resultado del choque de tres grandes placas continentales: la placa norteamericana, la placa sudamericana y la placa africana (Pindell L.J et al, 1988). Posteriormente Pangea comenzó a separarse por mecanismos de expansión del piso oceánico que actúan como fuente generadora de corteza oceánica, esos mecanismos de convección son los responsables del movimiento de los continentes. Durante el mesozoico se desarrolló el “Ciclo Andino” cuyo relleno sedimentario tuvo lugar en una cuenca sedimentaria marginal al continente sudamericano, el eje longitudinal coincide con la cordillera occidental. La sedimentación incluye facies volcánica – sedimentarias en la parte más occidental (faja costera), además de facies sedimentarias en la parte central de la cuenca. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

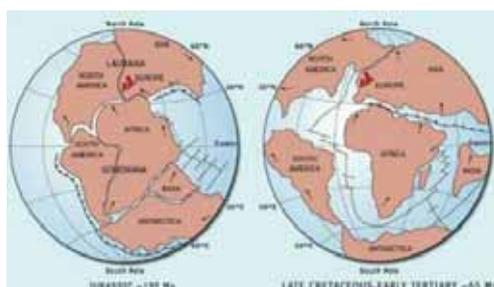


Ilustración 3: Separación de placas tectónicas desde el Pangea hasta el Terciario. FUENTE: <https://www.xearththeory.com/smaller-planet-pangaea/>

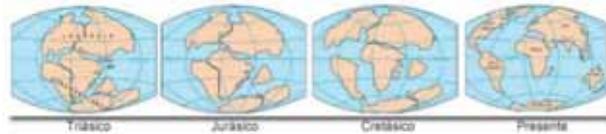


Ilustración 4: Muestra las distintas fases de separación de continentes desde el triásico hasta el presente. *FUENTE:* <https://www.slideshare.net/zangolotino/tectonica03>.

1.1. Triásico (~250 – 196 Ma)

1.1.1. Triásico Superior (~225 – 196 Ma)

Durante el triásico medio se produce una gran depresión denominada Geosinclinal Andino es así que en el triásico superior el mar ingresa al territorio peruano por el norte y sur la transgresión principal viene del norte llegando hasta Abancay, Andahuaylas y Chuquibambilla. En la región andina occidental la cuenca era somera en comparación de la cuenca oriental que era profunda. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

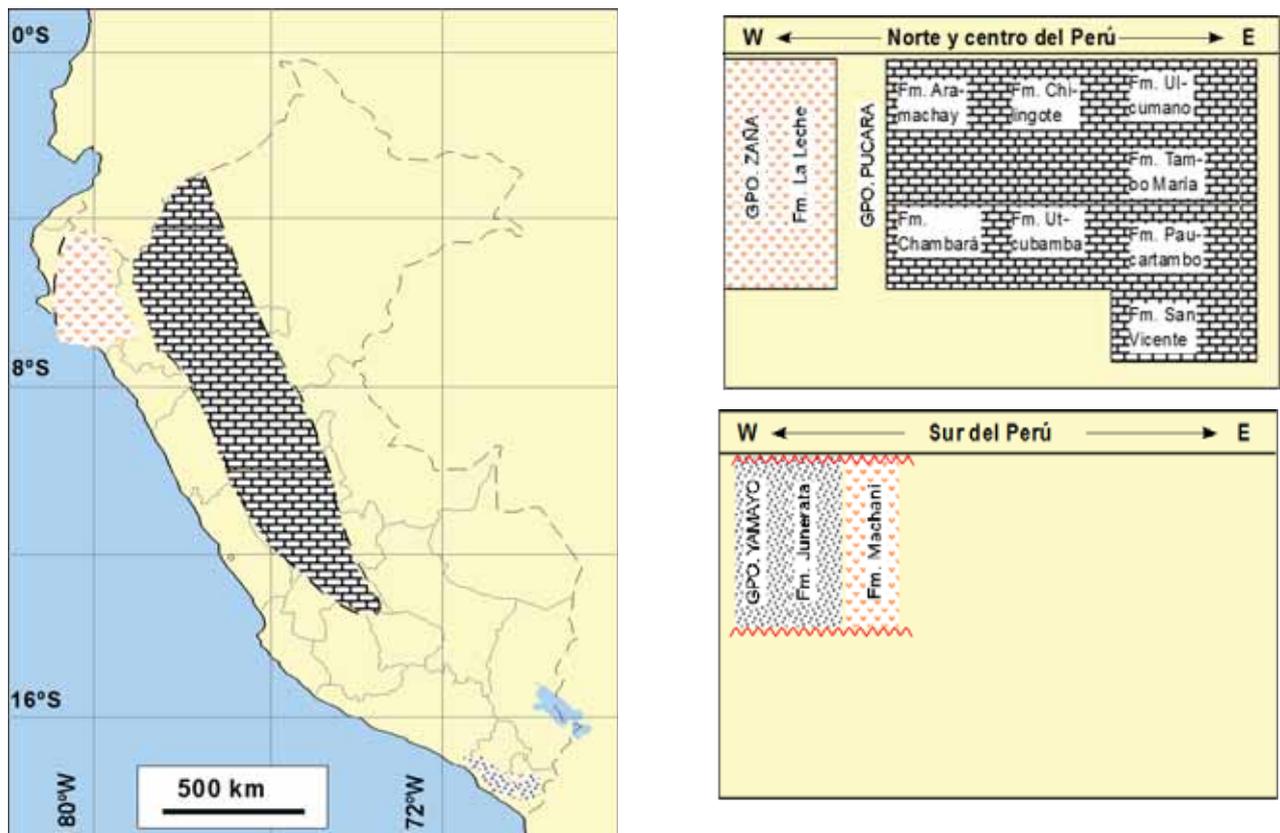


Ilustración 5: Evolución estratigráfica de las formaciones del Grupo Pucará (norte) y del Grupo Yamayo (Sur) en el Geosinclinal Andino. *FUENTE:* (Acosta & Chirif, 2013)

1.2. Jurásico (~196 – 136 Ma)

1.2.1. Jurásico Inferior (~196 – 174 Ma)

Las transgresiones continúan depositando calizas detríticas intercaladas con lutitas y margas desde el Ecuador hasta Andahuaylas y Abancay, la actividad volcánica continua en el N y S y se extiende hasta Arequipa, Ica y luego toda la costa central, en Arequipa el jurásico inferior está constituida por unidades volcánicas de la formación chocolate. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

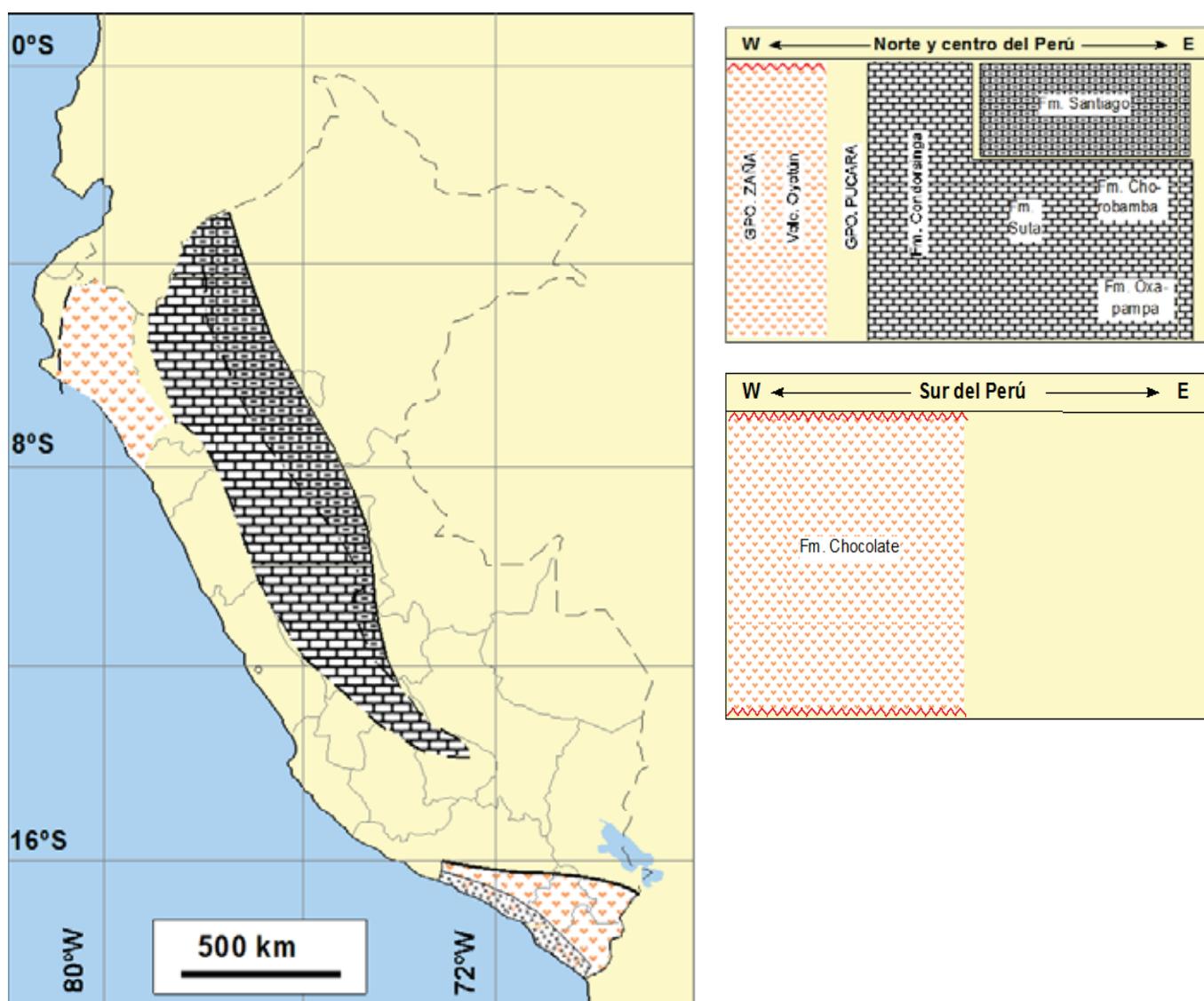


Ilustración 6: Evolución estratigráfica del Grupo Zaña y Grupo Pucará (norte) y Fm. Chocolate (Sur) durante la transgresión marina N-S. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

1.2.2. Jurásico Medio (~174 – 163 Ma)

Se produce una regresión tanto al sur como al norte aflorando terrenos de lo que hoy es (Huancavelica, Ayacucho, Arequipa y Moquegua) hacia el oriente y norte se forman una cuenca donde se depositan areniscas, calizas y evaporitas que indican mares someros de regresión.

El Jurásico Medio en el sur está representado por la Formación Socosani, consistente de calizas grises y estas son cubiertas por la Formación Puente que presenta cuarcitas y areniscas grises que son indicadores de que se produjo una nueva transgresión marina. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

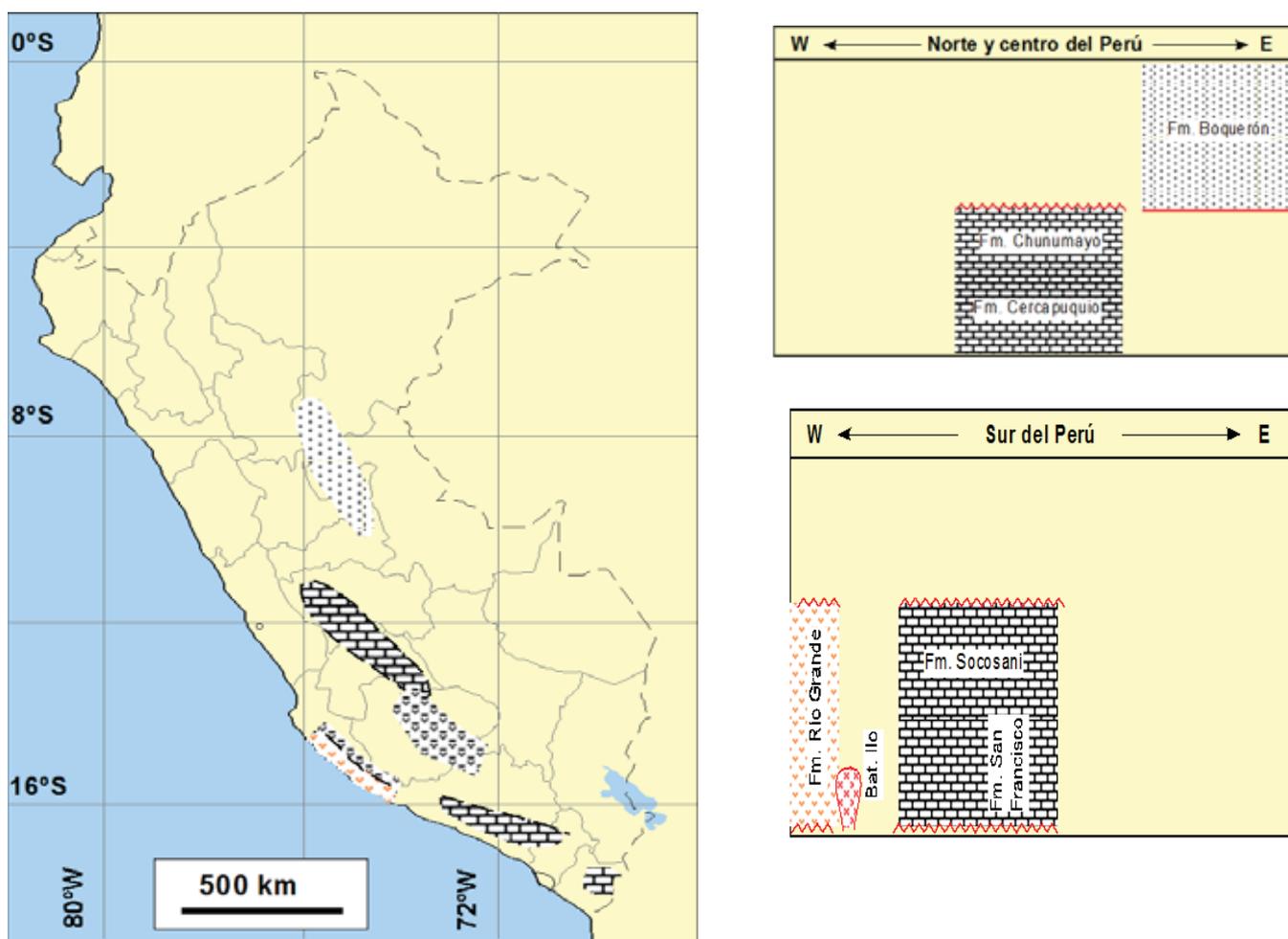


Ilustración 7: Evolución estratigráfica de la Fm. Chunuyo, Cercapuquio y Boquerón (norte) y Fm. Grande, Ilo, Socosani y San Francisco (sur) durante la transgresión marina N-S. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

1.2.3. Jurásico Superior (~163 – 136 Ma)

En esta época se produce un levantamiento del territorio peruano; este levantamiento separa 2 cuencas al Noroeste y al oriente del Perú. El Jurásico Superior está bien desarrollado en el sur del Perú desde la frontera con Chile hasta Huancavelica, a lo largo de la Cordillera Occidental presenta una sedimentación clástica de espesor variable. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

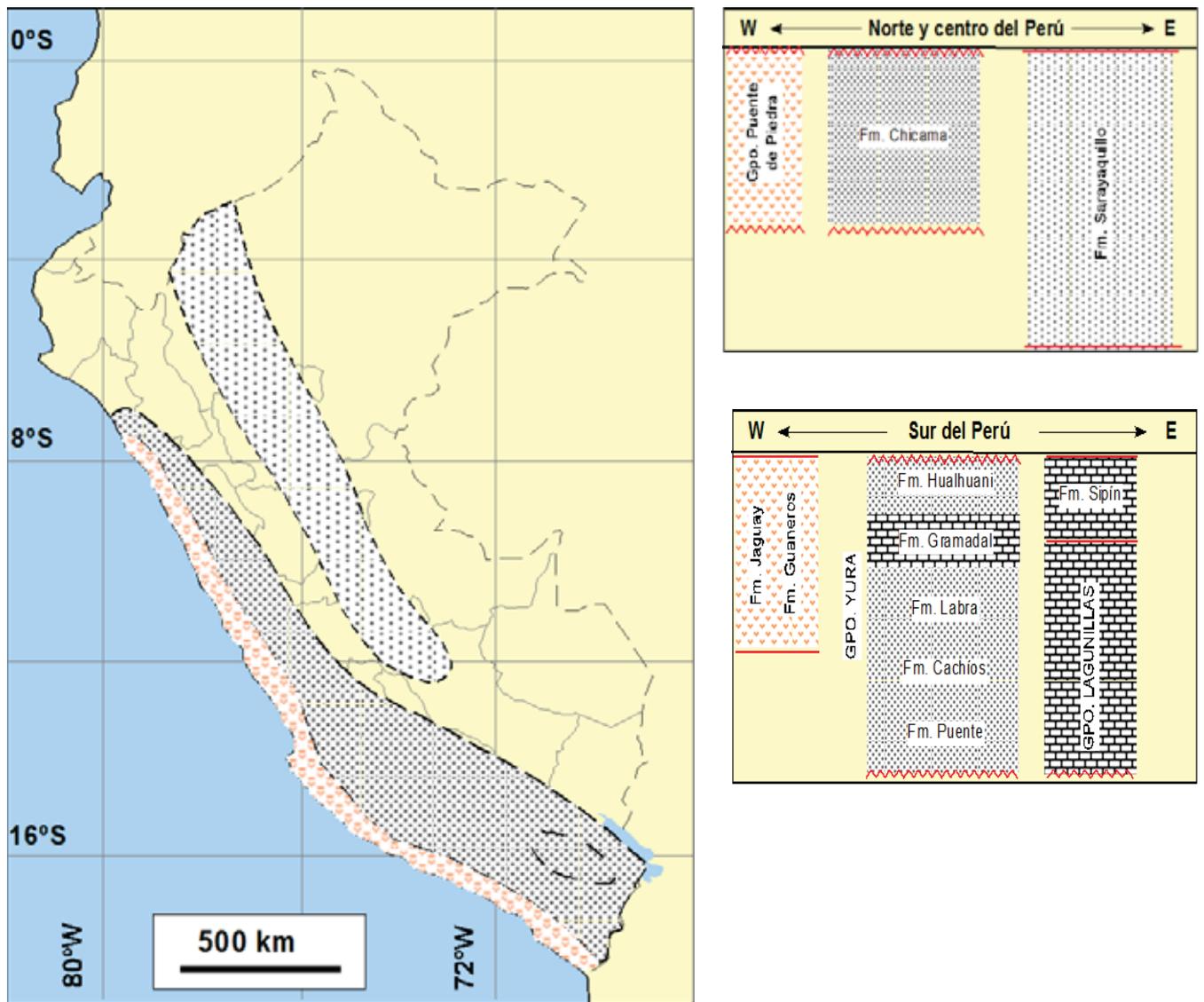


Ilustración 8: Evolución estratigráfica del Gp. Puente de Piedra, Fm. Chicama y Sarayaquillo (norte) y Fm. Jaguay, Guaneros, Gp Yura y Lagunillas (sur) durante el levantamiento del territorio peruano que genera 2 cuencas.
FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

1.3. Cretácico (~136 – 65 Ma)

1.3.1. Cretácico Inferior (~136 – 100 Ma)

La sedimentación se produce en las cuencas, durante esta etapa los mares fueron someros llegando hasta la Cordillera Oriental, durante esta era se producen muchas transgresiones y regresiones, en el flanco suroccidental andino en Arequipa, Moquegua, Tacna. El Cretácico Inferior está representado por las cuarcitas de la Formación Hualhuani (tope del grupo Yura) las cuales se extienden desde el NE de Arequipa hasta la parte Suroccidental de Cusco y Apurímac.

Al noroeste de Arequipa y en el Valle del Tambo aflora la formación Murco, constituidas de lutitas y cuarcitas grises, rojizas y blanquecinas, que pasan gradualmente a las calizas de la formación Arcurquina. Entre Abancay, Cusco (Santo Tomas – Chuquibambilla) y al Suroeste (Laramate y Santa Ana) afloran lutitas rojizas abigarradas con areniscas y material tobaceo de igual composición estratigráfica que la formación Murco.

A comienzos el Albiano se inicia una gran transgresión entre la cordillera occidental y la región sub-andina cubriendo gran parte del territorio peruano en este ambiente se depositan secuencias de calizas y margas y con menor proporción lutitas, esta trasgresión está representada por la formación Arcurquina en Arequipa, Ferrobamba en Apurímac, Yuncaypata en Cusco y Ayabaca en Puno.

La formación Arcurquina sobreyace a las capas rojas de la formación Murco y subyace a las capas rojas de la formación Huanca.

En Apurímac la secuencia calcárea del Albiano – Cenomaniano es conocida como la formación Ferrobamba en ella se ubican importantes depósitos. En la franja de Andahuaylas – Santo Tomás se hospedan skarn de hierro y cobre, relacionados a los intrusivos de dioritas y granodioritas, las calizas de esta formación son generalmente de aspecto detrítico y fragmentos de fósiles silicificados

En el Cusco, las calizas Yuncaypata son más arenosas de color gris a negro, localmente amarillentas con restos de amonites, gasterópodos y equinoideos

En el altiplano de Puno, las calizas de Ayabaca sobreyacen a las areniscas del Cretácico Inferior en una secuencia fuertemente plegada y caótica. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

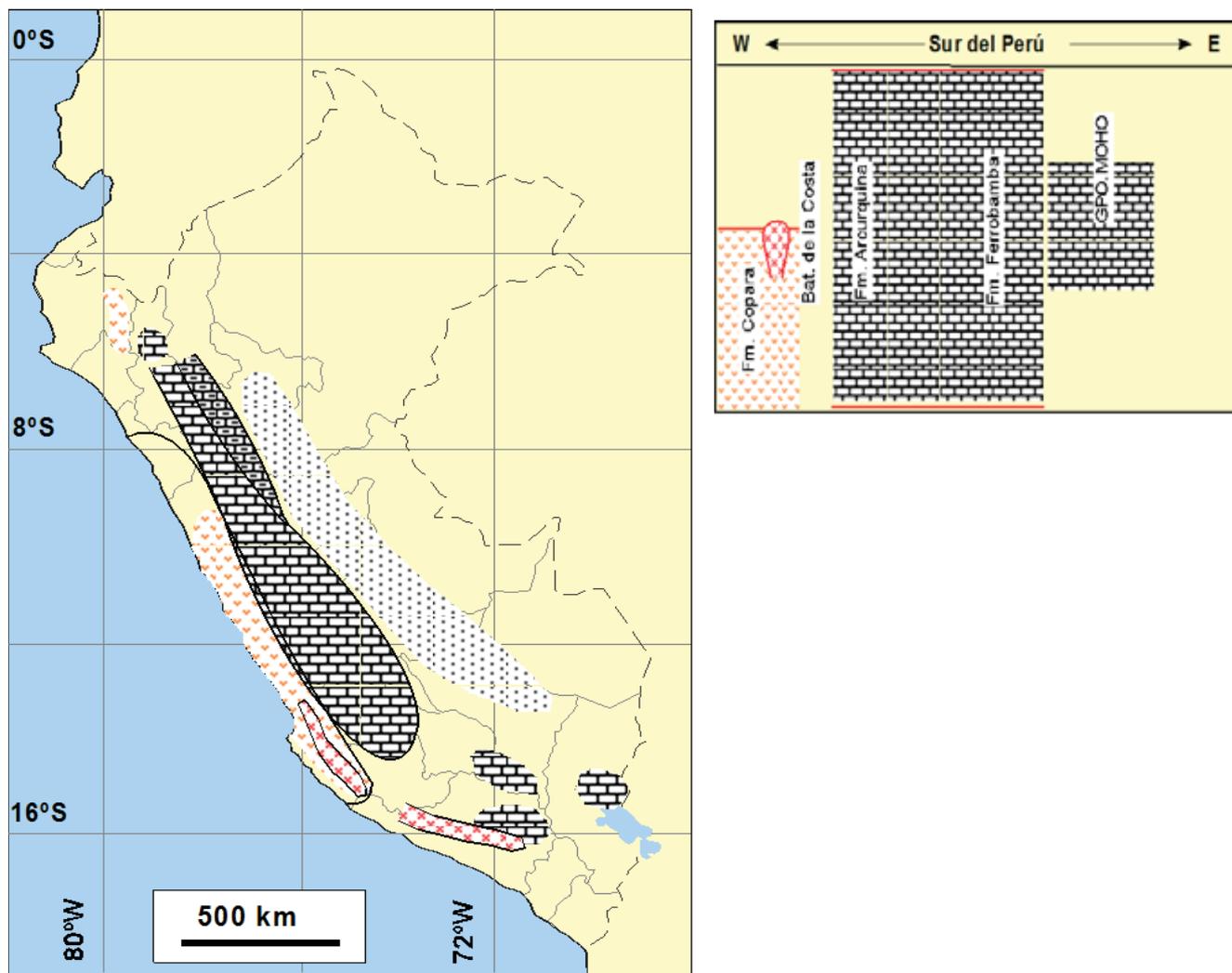


Ilustración 9: Evolución estratigráfica de las Fm. Copara, Arcuquina, Ferrobamba y el Gp. Moho (Sur) en las cuencas aperturadas durante el Jurásico Superior, y el emplazamiento del Batolito de la Costa. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

1.3.2. Cretácico superior (~ 100 – 65 Ma)

En el sur luego de las facies carbonatadas del Albiano – Cenomaniano, se produce un lento levantamiento contemporáneo con la depositación de las capas rojas. En el flanco occidental la emersión está representada por sedimentos epicontinentales rojizos, mientras que en el flanco oriental (Abancay – Cusco) y en el Altiplano se observa secuencias clásticas

continentales de marcada coloración rojiza. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

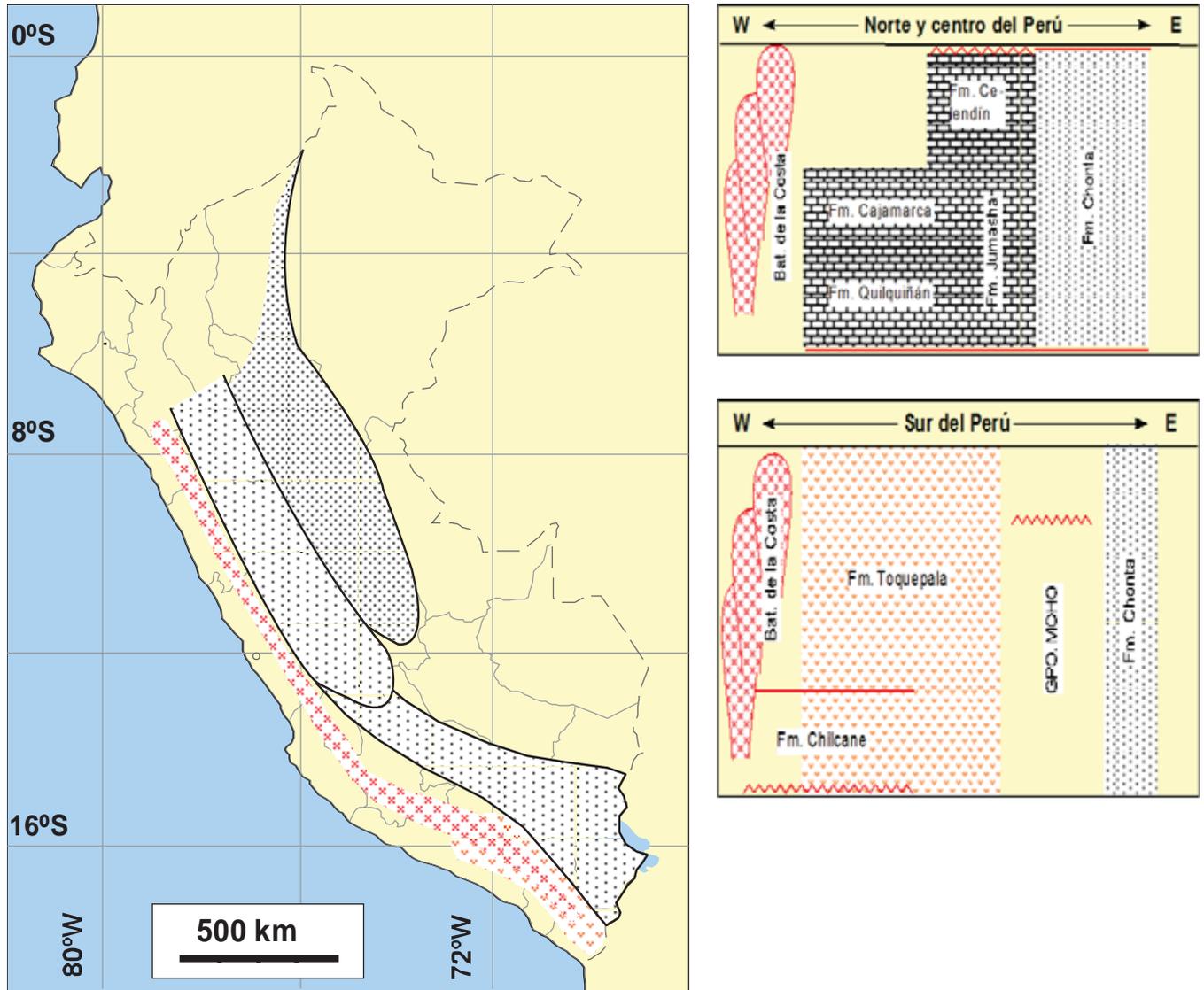


Ilustración 10: Evolución estratigráfica de las Fm. Cajamarca, Quilquiñán, Celendín, Jumasha y Chonta (Norte) y Gp. Moho, Fm. Chonta, Chilcane y Toquepala (Sur), emplazamiento del Batolito de la Costa en el Norte y Sur del Perú. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

1.3.3. Fase peruana (~65 M.A)

Esta fase orogénica origina el levantamiento de los andes, dando fin a la sedimentación marina e inicio a la sedimentación continental, la erosión consecuente origina la depositación de las

molasas conocidas como “capas rojas”. Así mismo el vulcanismo subsecuente depositó grandes coladas y flujos piroclásticos a lo largo de la Cordillera Occidental.

Es un evento de deformación compresional que afecta principalmente a la costa, Cordillera Occidental y el Altiplano, en el área de estudio se evidencia estos esfuerzos compresionales en los estratos deformados de las formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina que tienen dirección de NO- SE y en las fallas inversas que se observan es así que la fase peruana se divide en 3 (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995):

- Cenomaniano Basal: Llegada abrupta de materiales detríticos, arcillosos levantamientos y erosiones locales marcadas en el sur y el oeste.
- Cenomaniano Superior – Santoniano Basal: Débiles deformaciones locales, levantamiento de la zona costera y aislamiento de la cuenca marina oeste-peruana.
- Campaniano Superior: Cabalgamientos y deformaciones en el suroeste del Perú, se generaliza la sedimentación de capas rojas en la parte E de la cuenca occidental e inicia la sedimentación arenosa en la cuenca oriental.

2. CENOZOICO (~65 – 2 MA)

2.1. Paleoceno (~65 – 56 Ma)

Continúa la sedimentación de las capas rojas (Grupo Puno), en esta etapa se forma las cuencas intramontañosas que se ubica entre la Cordillera Oriental y Occidental (durante el Paleoceno la sedimentación fue netamente continental producto de la erosión de los materiales pre existentes). (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

2.2. Eoceno (~56 – 34 Ma)

Existen fuertes deformaciones compresionales evidenciados por el plegamiento de las capas rojas y fallamiento inverso, esta deformación fue la más importante del ciclo andino, habiendo continuado después de una actividad erosiva intensa y luego vulcanismos activos como el Grupo Tacaza en el sur del Perú.

Entre el Eoceno Medio y Superior se tienen continuos levantamientos y hundimientos que dan lugar a la acumulación de una secuencia gruesa clástica. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

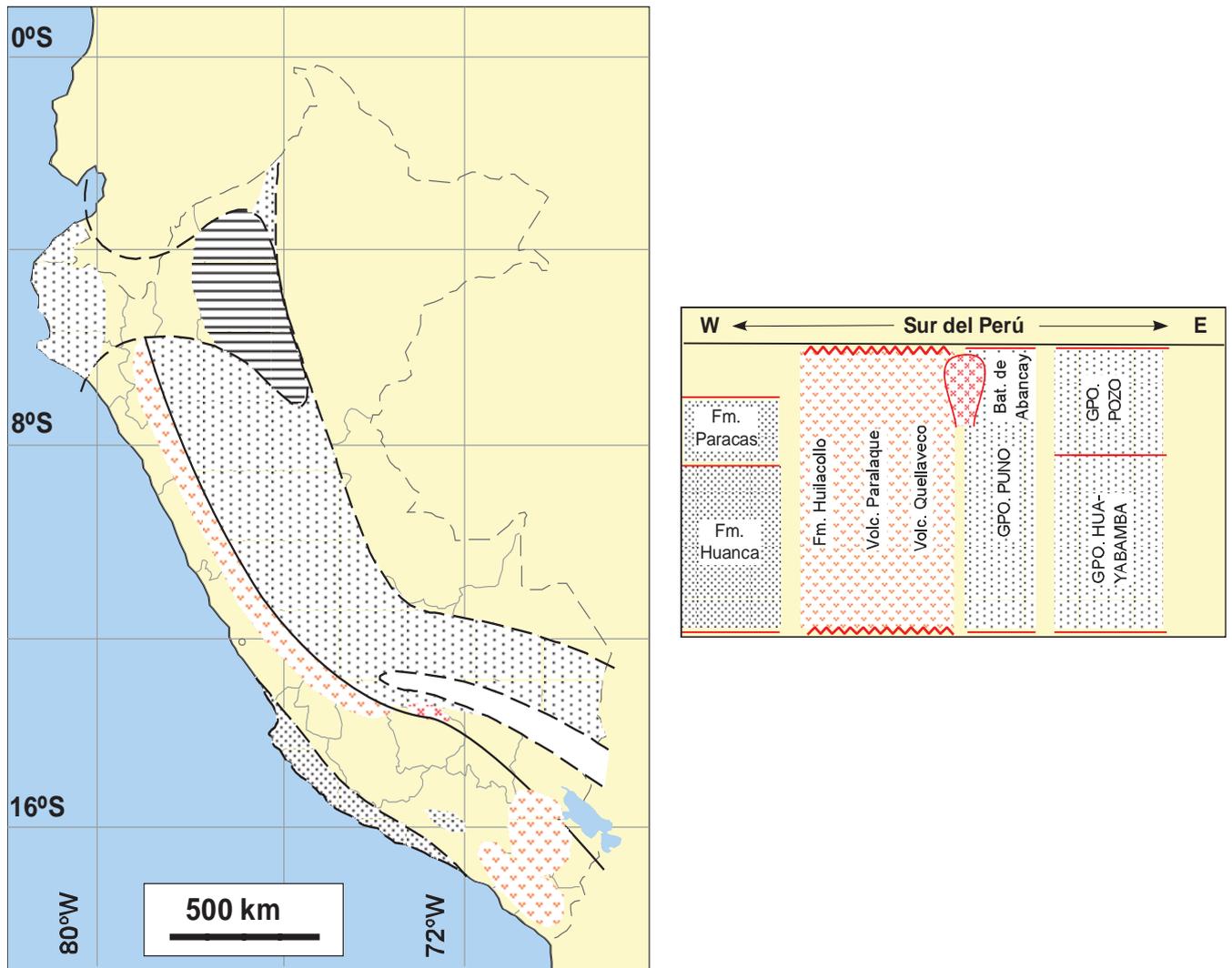


Ilustración 11: Evolución estratigráfica de las Fm Paracas, Huanca, Gp Puno, Huayabamba y Pozo (sur) en un ambiente compresional, evolución de Fm. Huilacollo, Paralaque, Quellaveco (Volcánicos sur). FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

2.2.1. Fase inca (59 – 55 M.A)

Es la fase más importante del ciclo andino donde se observan deformaciones y pliegues con una dirección de NO-SE y fallamiento (Rb NE) (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

Según Benavides-Cáceres (1999) se divide en 4:

- Fase Inca I (59 – 55 M.A): Se produce la crisis tectónica que coincide con un cambio de dirección y con el aumento en la velocidad de convergencia, esta fase se caracteriza por presentar un intenso plegamiento (fajas de NO – SE) y fallamiento de (Rb NE) en rocas sedimentarias del cretácico.
- Fase Inca II (43 – 42 M.A): Considerada como la principal fase de acortamiento de los andes peruanos y que desarrollo principalmente, el cinturón intensamente plegado de la Cordillera Occidental, los esfuerzos son compresivos y genera plegamientos de dirección ONO-ESE y fallas inversas de tendencia NO a ONO.
- Fase Inca III (30-25 M.A): Coincide en la disminución de la tasa de convergencia durante el Oligoceno, dando como resultado disminución del vulcanismo, la dirección de convergencia a rotado en sentido horario hasta E-W.
- Fase IV (23 – 22 M.A): Corresponde al reinicio de la alta convergencia de placas esto genera un magmatismo que se asocia al primer evento del pórfido de Cajamarca.

2.2.2. Batolito Andahuaylas-Yauri (Batolito de Apurímac).

El batolito Andahuaylas-Yauri se emplazó durante el paleoceno, bajo condiciones transpresionales (Perello, Carlotto, Furter, & Muhr, 2003), el emplazamiento de este batolito se realizó en 03 etapas (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995).

- La fase temprana se caracteriza por presentar rocas calcoalcalinas (gabro, diorita) que cristalizaron en las partes inferiores de la cámara magmática poco profundas a temperaturas de 1000 °C y una presión de 2-3 bar.
- Las fases intermedias se observan (monzonita, diorita de cuarzo, cuarzo monzonita, granodiorita) son rocas más claras y una textura equigranular a porfirítico, estas rocas constituyen la mayor parte del batolito.
- La fase final intrusiones de granodioritas con una composición a dacítica rodean al batolito. (Perello, Carlotto, Furter, & Muhr, 2003)

Este batolito está controlado por los sistemas de falla Urcos-Sicuani-Ayaviri (USA), Cusco-Lagunillas-Mañazo (CLM), Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condorama-Caylloma, la mineralización de Cu-Mo(Au) está relacionado a

intrusivos intermedios y ácidos, estos sistemas de falla son los responsables de grandes cuerpos mineralizados que se explotan en la actualidad como es el caso de Tintaya, Katanga, Las Bambas, Cotabambas, Morosayhuas, Antapacay, Haqira, Los Chancas, Anllas, Trapiche, entre otros.

Las diferentes rocas plutónicas del batolito Apurímac intruyen y metamorfizan a las formaciones Mesozoicas, así como a las del Terciario Inferior, previamente deformadas por eventos tectónicos, mientras que las rocas hipabisales afectan a las formaciones del terciario superior (Oligoceno-Mioceno) y se consideran como las últimas pulsaciones del magmatismo y asociados con la mineralización de la zona. (Perello, Carlotto, Furter, & Muhr, 2003).

2.2.3. Zona afectada por la Orogenia Andina

Los principales rasgos estructurales son de las 2 últimas fases más intensas de la orogenia andina, que en más de un 80% del área deformada siguen los lineamientos generales del modelo estructural de la cordillera de los andes, es decir una dirección Noroeste-Sureste (NO-SE), el resto de las estructuras no siguen este patrón, más bien direcciones de E-O y son considerablemente de menor magnitud que las anteriores. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

2.2.4. Estructuras Anti-Andinas

Estas estructuras están alineadas normalmente en direcciones NE-SO y E-O son de menor longitud que las andinas y afectan a las rocas mesozoicas.

La variación en la orientación se debe principalmente a que estas estructuras se han ajustado al modelo tectónico que actuó como un núcleo rígido orientado aproximadamente al E-O como es el caso de la deflexión de Abancay (Marocco,1975). Así mismo este cambio también se debe a los efectos de torsión producidos por las fallas de rumbo o a la acción tensional producida por el emplazamiento de los grandes cuerpos plutónicos. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

2.3. Oligoceno (~34 – 23 Ma)

En la cordillera occidental el vulcanismo se desarrolla activamente, mientras que en la región oriental el mar es somero ingresando hasta la cuenca sub andina depositando lutitas y limolitas. En el oligoceno se produce la máxima sedimentación. Así mismo en el oligoceno y comienzos del Mioceno se produce el máximo levantamiento y plegamiento de la Cordillera de los Andes. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

2.4. Mioceno (~23 – 5 Ma)

La actividad volcánica explosiva fue intensa en la Cordillera Occidental, desarrollándose una gruesa y variada secuencia de piroclastos, mezclados con sedimentos lacustres.

Entre el Mioceno y Plioceno se producen 2 o más deformaciones, la fase quechua es compresiva en el centro y sur del Perú, rocas volcánicas del Mioceno Superior son cubiertas por ignimbritas.

Durante el Mioceno Tardío se produce una nueva etapa de compresión y/o distensión denominada “fase Quechua” lo que da origen a las elevaciones (horst) y hundimientos (grabens) acompañados de fallamientos normales debido a la distensión lo que intensifica la actividad volcánica generando magmas andesíticos - basálticos. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

2.4.1. Fase Quechua (~8 – 5 Ma)

Corresponde a una aceleración de convergencia entre la placa de Nazca y la Sudamericana, durante la fase Quechua se forma la superficie de erosión puna notoria en el flanco oeste y este de la Cordillera Occidental. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

La fase quechua se divide en 4 eventos según Benavides-Cáceres (1999):

- Quechua 1: En esta fase se evidencia la reactivación de la faja plegada del Marañón, los análisis estructurales sugieren que la dirección de los acortamientos fue de E-O.
- Quechua 2: Se desarrolla entre los 8 – 5 Ma y sigue la dirección de acortamiento de E-O
- Quechua 3: Se produce una deformación episódica, en esta fase los andes se levantaron por lo menos 3000 m.
- Quechua 4: Fase tectónica del plioceno es la responsable del levantamiento total de los andes, evidenciado por el encajonamiento profundo de los valles andinos.

2.5. Plioceno (~5 – 2.5 Ma)

Se produce un nuevo levantamiento de los andes acompañado de una actividad volcánica principalmente andesitas, estos levantamientos van desde los 1000 m. hasta los 4000 msnm.

Al mismo tiempo que se levantaron los andes se fueron profundizando los valles, en la Cordillera Oriental se produce un vulcanismo fisural del tipo explosivo ácido de ignimbritas. (O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET, 1995)

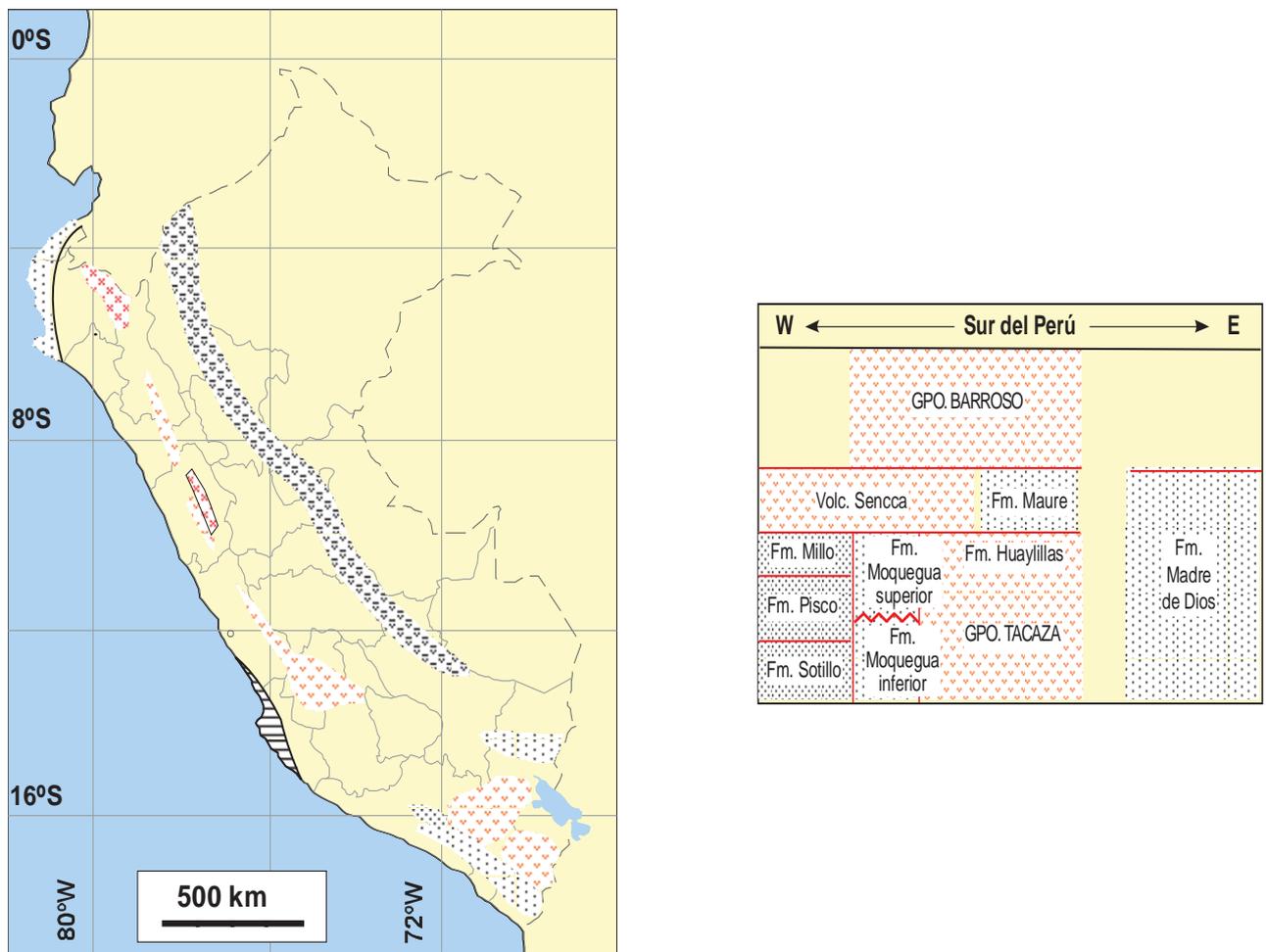


Ilustración 12: Evolución estratigráfica de los volcánicos Sencca y volcánicos del Gp Barroso y Tacaza y las Fm Millo, Pisco, Maure, Madre de Dios durante el levantamiento de los Andes. FUENTE: (Acosta & Chirif, 2013)

CAPITULO V

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Estructuralmente el Plutón Colquemarca está emplazado a lo largo de la falla Cotabambas – Yauri y limitados por la falla Yanque – Choqechampi – Choqoyo, estas fallas se datan del cretácico superior en base a las formaciones geológicas que atraviesan (Fm. Arcurquina), el emplazamiento del Plutón Colquemarca genero debilidades estructurales menores que fracturaron completamente el Plutón con una dirección de NO - SE. El Plutón Colquemarca se emplazó durante el Eoceno Superior (30 – 35 M.A) y forma parte del batolito Andahuaylas-Yauri perteneciente a la fase tectónica Inca, las vetas en la zona de estudio se emplazan sobre fallas y fracturas, estas fallas se formaron gracias a la fase tectónica quechua (Distensión y compresión) del Mioceno Superior y tienen la dirección andina de NO - SE. (Ver Anexos Mapa N° 06)

Los datos obtenidos en campo de todas las estructuras presentes en la C.C. Paycama Ccollana son los siguientes:

ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO						
Lugar:			C.C. Paycama Ccollana			
N°	NORTE	ESTE	TIPO DE ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZ	COMENTARIOS
1	8419141	817990	VETA	?	40SO	Venilla de FK con Biotita secundaria
2	8419145	817985	VETA	N140	42SO	Venilla de FK con Biotita secundaria y algo blanquecino parecido a la calcita, Emplazadas en fallas de rumbo Dextrales con grietas tensionales en la veta, con un espesor de 0.20cm
3	8419133	817952	Sist. VETAS	N175	70SO	Sistema de venilleo con la misma mineralización
4	8419129	817949	FALLA	N195	70NO	
5	8419125	817787	VETA	N210	68SSE	Presencia de jarosita y abundante moscovita y biotita secundaria, Presencia de xenolitos de distinta composición
6	8419209	817754	SULFURO	?	?	Presencia de venillas de Pirita, La mayoría de xenolitos son magnéticos
7	8419244	817763	VETA	N135	60SE	Falla aparente
8	8419260	817762	VETA	N250	70SE	Vena de Cuarzo y cubierta de algo blanco frágil

9	8419277	817743	VETA	N175	70SO	Veta con alteración argílica con presencia de Cuarzo y Calcita
10	8419288	817711	VETA	N225	80SO	Direcciones cruzadas. Veta que va de SW corta la falla a SE
11	8419288	817711	FALLA	N212	72SE	
12	8419292	817810	FALLA	N270	70SO	Falla normal con espejo de falla
13	8419304	817697	VETA	N220	40SO	
14	8419334	817697	VETA	N265	86SO	Veta de 0.5cm
15	8419363	817699	VETA	N292	4SO	Veta en forma horizontal
16	8419382	817701	VETA	N280	80NO	Venilla
17	8419385	817699	VETA	N245	42NO	Venilla en sentido opuesto a las anteriores
18	8419403	817688	VETA	N235	70SO	Veta de 0.80m de potencia con Cuarzo y Calcita
19	8419498	817172	VETA		82SO	Veta de 0.30cm
20	8419935	816723	DIQUE	N155	7SE	Dique
21	8419573	816573	VETA	N165	65SO	Color naranja con presencia de moscovita y biotita negra
22	8419622	816423		N160	45SE	
23	8419618	816415		N120	18SE	
24	8418811	815611	VETA		40SE	Venilla con alteración argílica con niveles de jarosita
25	8419194	815430	VETA	N275	75NO	Veta con apariencia de falla normal
26	8418176	814191				Zona de afloramiento de calizas marmolizadas o metacalizas
27	8416751	817215		N15	86NE	
28	8419732	816786	VETA	N355	20NE	Veta de Cuarzo estéril de 5cm de espesor
29	8419814	816733	SULFURO/ROCA	N110	80NE	Segunda venilla, Desplaza 1° venilla de Cuarzo
30	8419814	816733	CUARZO	N345	18NE	Primera venilla
31	8419814	816733	SULFURO	N5	45SO	Tercera venilla desplaza venilla S+R
32	8419814	816733	DIQUE	N70	42NE	Dique desplaza venilla de sulfuros
33	8419055	816009	ROCA	N255	46NO	Primera venilla
34	8419055	816009	SULFURO/ROCA	N245	75NO	Segunda venilla
35	8419055	816009	SULFURO/ROCA	N75	45SE	Tercera venilla
36	8419063	816005	FALLA	N302	75NO	Falla sinistral?
37	8419708	814082	CONTACTO			Contacto de intrusivo + félsico con depósitos piroclástico
38	8418635	813457	FALLA	N137	55SE	Falla inferida
39	8419734	813741	FALLA	N70	60SE	Falla con presencia de panizo, roca triturada y brecha de falla con potencia de más de 2.5m, posible falla normal
40	8419990	813944	VETA		35SE	Veta de óxidos (sulfuros)
41	8419995	813992	VETA	N248	80NO	Veta de óxidos (sulfuros) con posible iridiscencia (Bornita?)
42	8419933	813969	FALLA	N125	45NE	Falla con presencia de panizo y gouge, se aprecia también pirolusita

						(MnO), mármol, posee una potencia de 1.20m
43	8419878	813919	VETA	N130	55SE	Veta de más de 2m de potencia (posible falla regional), presencia de mármol bandeado, piroxeno y panizo
44	8419903	813974	CONTACTO			Contacto entre intrusivo (máficos?)
45	8419726	813971	FALLA	N115	70SE	Falla regional?
46	8419981	816624	Sist. VETAS	N185	75SE	Sistema de venilleo, dique (Fk, Bt, Jr, FeO), presencia de abundantes FeO
47	8420178	816455	Sist. VETAS	N282	80NO	
48	8420476	816258	VETA	N200	85SO	Veta con óxidos
49	8420593	816110	VETA	N3	25NO	Venilla de Cuarzo (cristales) con óxidos
50	8419668	814064	CONTACTO	N150	30SE	Contacto con discordancia angular de piroclastos e intrusivo (intrusivo fanerítico máfico con foliaciones de los cristales pseudo gneis)
51	8419450	813948	ESTRATOS	N205	80SO	Dirección de estratos, presencia de cuarzo/Ca?
52	8419666	813979	FALLA	N345	45SE	Falla normal con presencia de óxidos, pitch 75°
53	8419651	813976	MINERALIZACION			Presencia de especularita como patina (cristales), epidota
54	8419651	813976	ESTRATOS	N350	72NO	Dirección de estratos
55	8420852	815189		N120	78SE	
56	8420543	814907	VETA	N182	40SEE	Venilla de óxidos
57	8420543	814907	FALLA		70N	Falla frontal, Apertura 3m
58	8420102	814600		N75	25NE	
59	8420025	814607	ESTRATOS	N95	48SO	Primer evento en la ventana
60	8420025	814607	FALLA	N87	80NE	Segundo evento
61	8420025	814607	SULFURO/ROCA	N222	20SO	Tercer evento
62	8420025	814607	ROCA	N15	68NE	Cuarto evento
63	8419967	814757	DIQUE	N352	64NO	Composición de FK, Biot2, FeO
64	8420009	814640	DIQUE	N3	85NO	Dique porfirítico potente de 60cm
65	8420830	818721	ESTRUCTURA			Cola de caballo, cono estructural
66	8419202	815495	MUESTRA			Muestra de veta paralela
67	8419250	815485	MUESTRA			Muestra de sedimentos de falla
68	8419307	815410	MUESTRA	N180	75SO	Muestra Ramon 1 de veta
69	8419303	815411	VETA	N275	80NO	Sistema de vetas
70	8419300	815412	MUESTRA	N165	75SE	Muestra Ramon 2
71	8419219	815417	DIACLASAS	N172	76SO	Familia de Diaclasas
72	8419200	815414	MUESTRA	N180	82SE	
73	8419216	815148	DIQUE	N280	85NO	Dique con ángulo <90° respecto a la falla, presencia incipiente de óxidos
74	8419215	815182	FALLA			
75	8419311	815229	?	N140	72SE	Buzamiento opuesto, Las direcciones de las fracturas pequeñas son NW-SE

76	8419311	815229		N82	60NE	Buzamiento concordante, Las direcciones de las grandes fallas son NE-SW
77	8419143	815015		N85	75NO	
78	8418186	814113	CONTACTO	N165	60SE	Buzamiento de los estratos de calizas
79	8418244	814053	ESTRATOS	N168	88SE	Falla de 20m
80	8418105	814313	CONTACTO			Caliza con intrusivo
81	8419578	816495	VETA	N15	30SE	Veta de ingreso de socavón
82	8421051	818677		N190	42SE	Biot ₂ , FeO, cuarzo criptocristalino con estructura boca de perro al techo y panizo al piso
83	8422524	820859				Falla corrección Charango
84	8423997	823041		N110	82SO	Mina
85	8418157	814285	MUESTRA	N250	85NO	Muestra, presencia de alunita
86	8417928	814066	FALLA			Falla zona de trituramiento con clastos de caliza
87	8417031	814285	FALLA			Presencia de panizo, gouge, roca triturada y carbonatos de calcio
88	8419580	816557	MUESTRA	N165	40SO	Muestra Lorenzo
89	8419062	816011		N8	32NE	
1	8419390	816824	FALLA	N182	52SO	Falla con Pitch 45°, panizo, gouge, roca triturada, FeO ₂
2	8419736	817418	VETA	N277	54NO	FeO ₂ , cuarzo, Sericita (15%), Desplaza venilla posterior
3	8420083	818012	VETA	N118	61SE	FeO ₂ , cuarzo, Sericita (35%), es desplazada por venilla anterior
4	8420429	818607	VETA	N176	77SO	cuarzo, FeO ₂
5	8420775	819201	SULFURO	N349	59SO	pirita, Dirección de mineralización
6	8421121	819795	VETA	N158	87NO	cuarzo, FeO ₂
7	8421467	820390	FALLA	N180	80SO	Pitch 70°, Rx triturada, FeO ₂ , gouge 10%
8	8421814	820984	FALLA	N50	48EO	Pitch 20°
9	8422160	821578	VETA	N240	71NE	Roca triturada, FeO ₂
10	8422506	822172	VETA	N172	79NE	cuarzo, FeO ₂ , sericita (15%)
11	8422852	822767	FALLA	N110	78SO	Abundantes pitches (80°, 70° y 60°), cuarzo, Fk, Plg, Da curva en el abra
12	8423198	823361	FALLA	N78	67NE	
13	8423545	823955	FALLA	N270	63NE	2m de potencia, gouge 50cm de potencia, Falla Sinestral, es la misma que las anteriores
14	8423891	824550	FALLA	N35	65NE	Hacia el Rio perpendicular a la calizas
15	8424237	825144	VETA	N6	75NE	FeO ₂ , cuarzo
16	8424583	825738	CONTACTO	N208	73SE	Arcilla, Sericita, FeO ₂ (Hm, Gt), Contacto de fino vs grueso
17	8424929	826333	CONTACTO	N350	66SE	Arcilla, Sericita, FeO ₂ (Hm, Gt), Contacto de grueso vs fino
18	8425276	826927	FALLA	N15	75SE	1m de potencia, panizo, arcilla, FeO ₂ , Roca triturada (seritización), Posible dique

19	8425622	827521	VETA	N180	80SO	Venilla de FeO ₂ , Cl, panizo, Roca triturada, Anterior venilla SU, por alteración presencia de óxidos
20	8418526	632011	CONTACTO	N110	70SO	Panizo, FeO ₂ , Roca triturada (argilización), Falla en el contacto
21	8418613	630314	VETA	N308	51NE	Venilla de FeO ₂ , cuarzo
22	8418701	628616	CONTACTO	N174	64NO	Contacto diorita con tonalita
23	8418788	626919	DIQUE	N108	80SE	Dique de 10cm de espesor de diorita
24	8418876	625221	FALLA	N18	60SE	Panizo, Cl, FeO ₂ , Roca triturada (argilización), pitch 15°, Falla satélite perpendicular
25	8418963	623524	VETA	N150	43SO	Venilla con roca triturada (argilización), FeO ₂ (Hm, Gt)
26	8419051	621826	VETA	N10	73SE	Veta con cuarzo, panizo, FeO ₂ (Hm, Gt, Jr) con potencia de 10cm
27	8419138	620129	VETA	N16	45SE	Panizo, roca alterada (argilización), FeO ₂
28	8419226	618431	VETA	N3	34SE	Potencia de 20cm, cuarzo, estructura boca de perro con FeO ₂ (Gt, Hm, Jr), panizo, FeO ₂ alrededor de la estructura
29	8419313	616734	VETA	N5	67SE	Veta de 5cm de espesor, cuarzo, estructura boca de perro con FeO ₂ (Gt, Hm, Jr), panizo, FeO ₂ alrededor de la estructura
30	8419401	615036	FALLA	N76	59SSO	Falla, roca triturada, gouge, panizo, FeO ₂ , 4cm de potencia, pitch 60°
31	8419488	613339	VETA	N90	80SE	Venilla con roca alterada (argilización), FeO ₂ , panizo
32	8419576	611641	FALLA	N160	82NE	roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂ , Falla dextral inversa
33	8419663	609944	FALLA	N125	49SE	roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
34	8419751	608246	VETA	N320	66SO	Panizo, FeO ₂
35	8419838	606549	VETA	N143	58SO	Panizo, FeO ₂
36	8419448	817344	VETA	N194	45SSE	Venilla de cuarzo; Biot ₂ con micas
37	8420968	178168	CONTACTO	N157	45NEE	Contacto de piroclastos con intrusivo biotítico
38	8419623	813949				Mármol zona e alteración skarn
39	8419623	813949	FALLA	N110	80SE	Falla satélite
40	8419623	813949		N17	66SE	Dirección del primer evento magmático
41	8419858	813952	CONTACTO	N124	54SE	Intrusivo biotítico fino alterado con intrusivo de pseudo metamorfismo, Dique de 20m
42	8419993	813993				Halo de alteración con granates y magnetita, FeO ₂ (Hm, Gt, Jr)
43	8420195	814009	VETA	N155	40SE	Veta de FeO ₂ (Jr, Gt)
44	8420380	814031				La falla regional posterior a las calizas, genera volteo o cambio de dirección y buzamiento
45	8419576	611641		N136	43SO	

46	8419663	609944		N270	75NO	Tremolita y actinolita
47	8420935	814097		N257	83NE	Vertical
48	8421120	814119		N112	70NO	Horizontal
49	8421305	814141		N312	70SO	Contra dirección de Mx, roca alterada FeO2

Tabla 2: Datos de campo de todas las estructuras presentes en la zona de estudio. FUENTE: Propia.

Se evaluaron estos datos de manera general para determinar los esfuerzos principales, así como las tendencias principales de las estructuras de manera general, se determinó también los dominios estructurales con los datos para determinar el método adecuado para el análisis de fallas, vetas y el estudio microtectónico de la zona, para determinar temporalidad de cada estructura en base a la importancia mineralógica que presente.

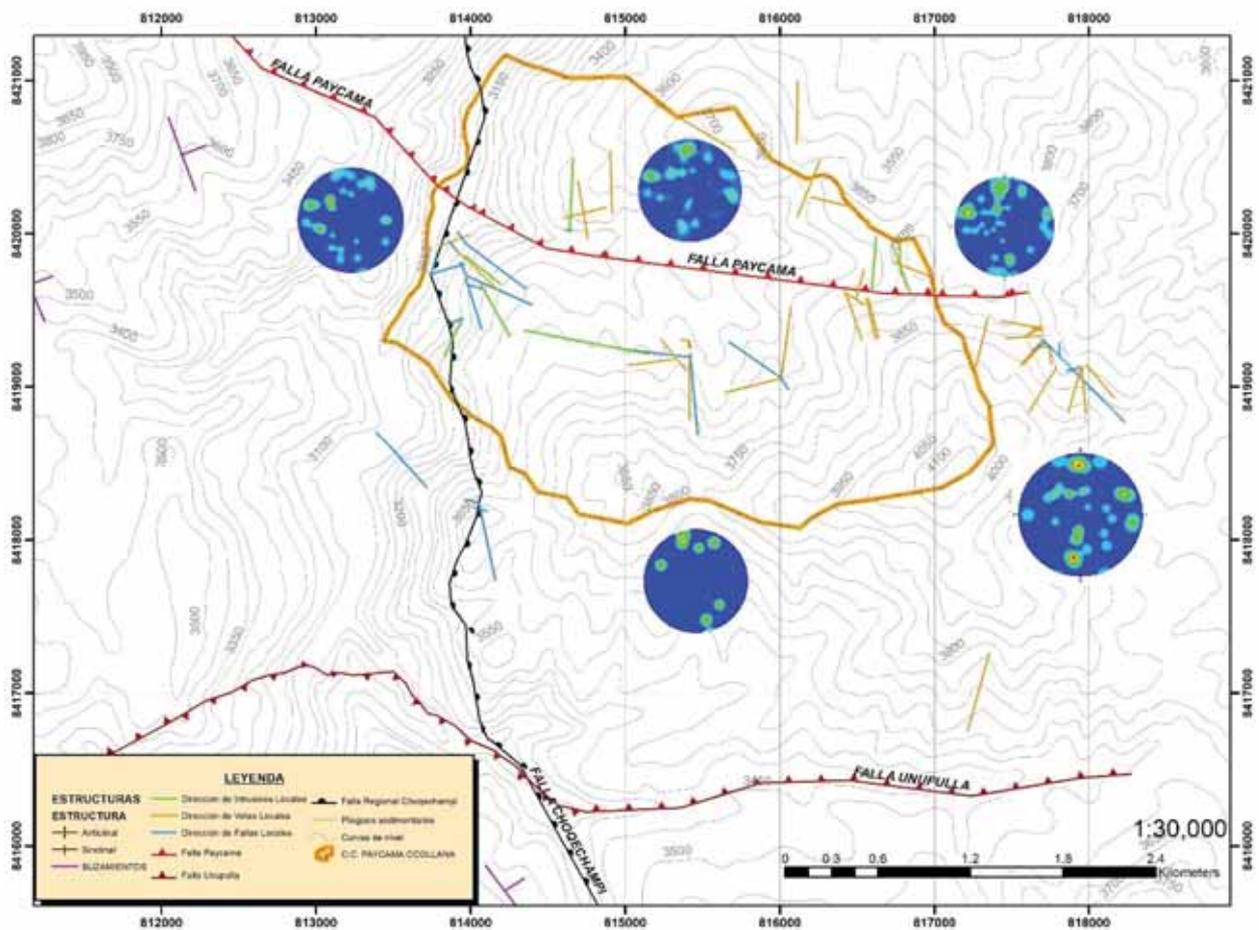


Ilustración 13: Mapa de lineamiento en el cual se realizó el análisis de dominios estructurales, a partir del cual se visualizan 5 diagramas de contorno indicando la dirección de mayores concentraciones. FUENTE: Propia.

Según el análisis de los diagramas de contornos se determinó 5 dominios estructurales con mayor tendencia grupal en dirección NO-SE y E-O, a partir del cual se determinaron las 5 estaciones estructurales para el estudio microtectónicas, estas estaciones contarán con 20 ventanas para la evaluación y a partir de ellas se evaluarán las más representativas, además con estos diagramas de contornos se realizó la validación de la data de manera que se interpretara usando solo data validada, mientras que los datos no validados serán descartados.

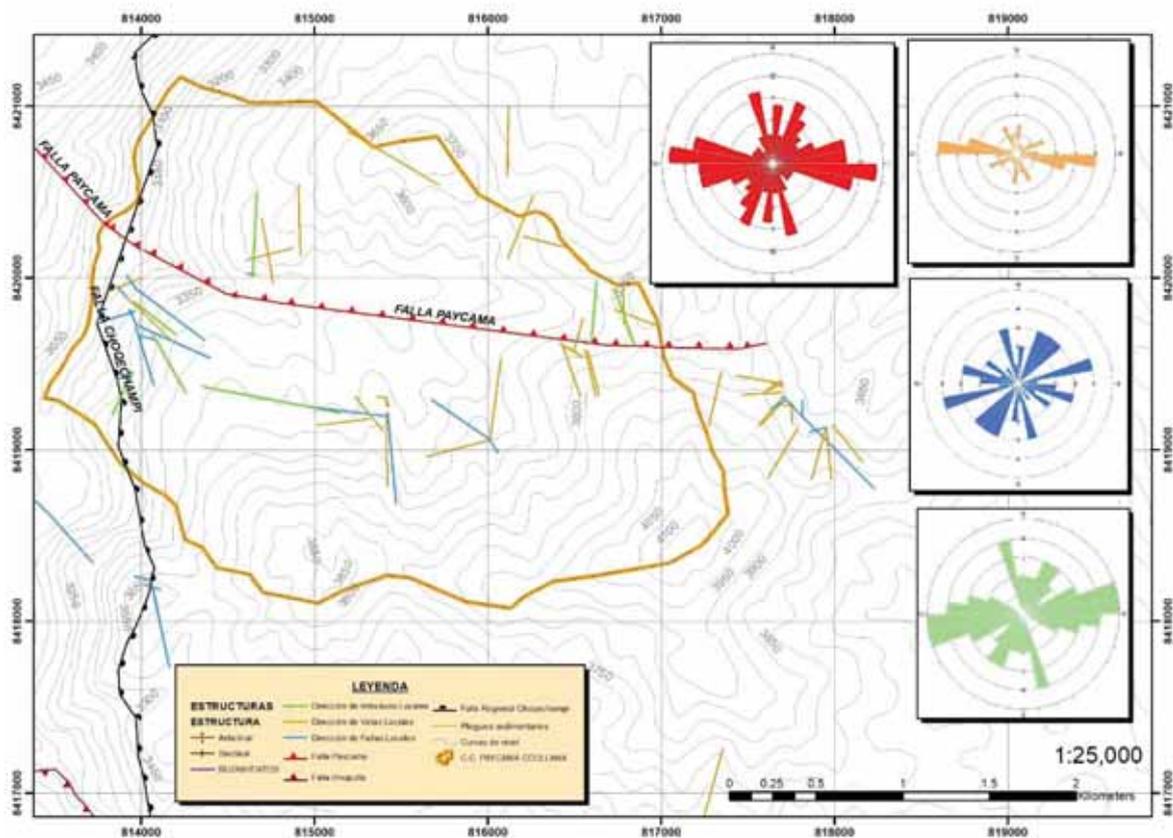
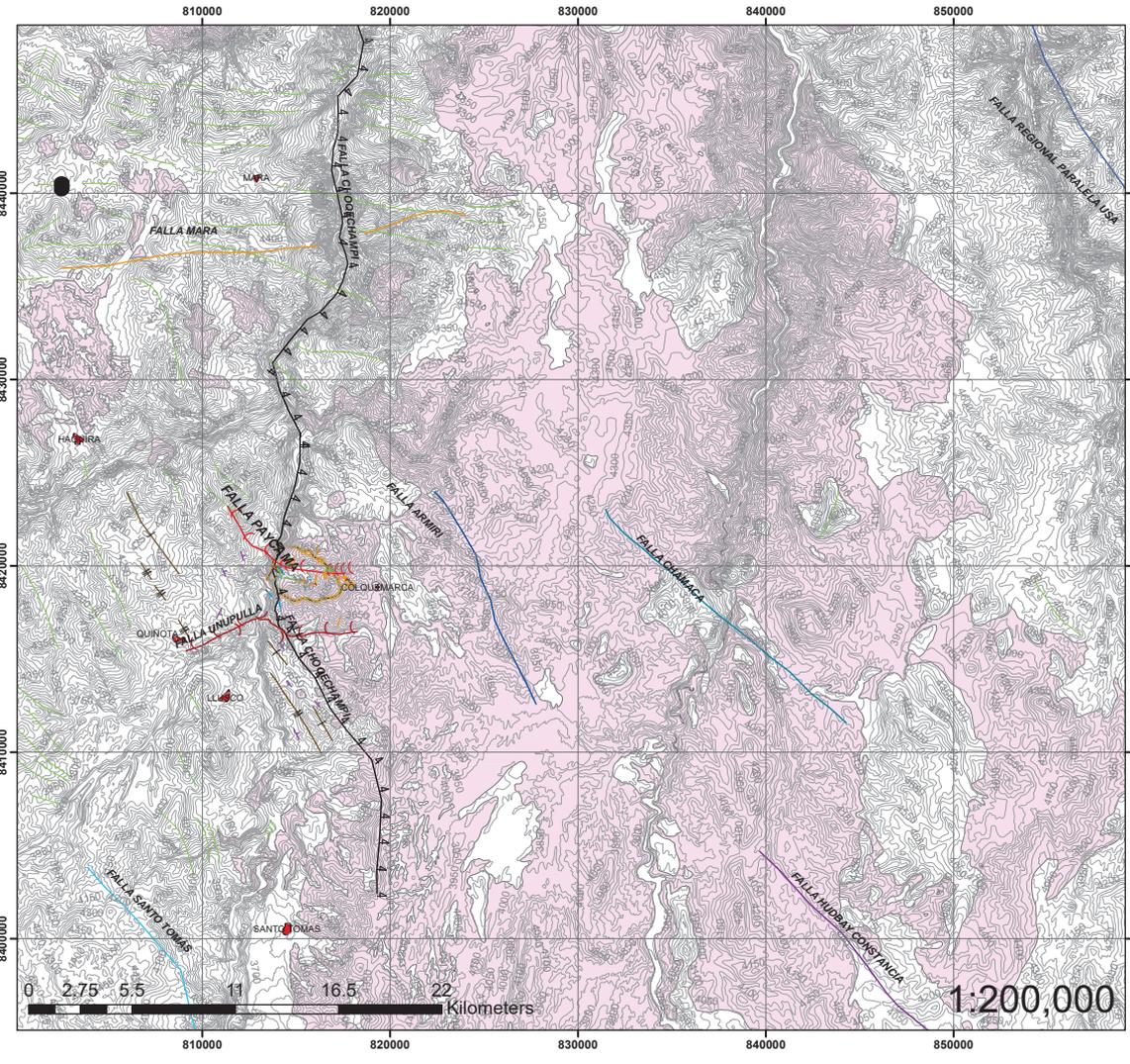


Ilustración 14: Mapa de lineamiento en el cual se analizó la tendencia preferencial haciendo uso de todos los datos, seguido de un análisis de tendencias preferenciales de fallas, vetas e intrusivos, para determinar las direcciones existentes en el área. FUENTE: Propia.

Según el mapa de lineamiento de la Ilustración N° 14, se observa una tendencia preferente en el diagrama de rosetas de todos los datos en la dirección NW-SE, esta misma dirección se repite en las rosetas de intrusivos y vetas, existe una segunda tendencia en dirección NE-SW. La roseta con os datos de fallas es la única que presenta direcciones muy dispersas debido a los diversos esfuerzos presente en el área de estudio. (Ver Anexos Mapa N° 07)

MAPA DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL



SIMBOLOGIA

Falla Paycama
 Falla Paycama

Falla Unupulla
 Falla Unupulla

Falla Regional Choqechampi
 Falla Regional Choqechampi
 Falla Regional paralela U-S-A
 Falla Mara
 Falla Hubday Constancia
 Falla Armiri
 Falla Chamaca
 Falla Santo Tomás
 Pliegues sedimentarios
 Curvas de nivel
 C.C. PAYCAMA CCOLLANA
 Poblaciones
 Batolito Andahuaylas-Yauri

FUENTE: PROPIA
 DATA BASE: INGENMET-GEOCATMIN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
PROYECTO TESIS: ANÁLISIS SECUCIONAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO		
UBICACION: Region: Cusco Prov.: Chumbivilcas Distrito: Colquemarca	Plano: MAPA DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL El (ps) de Referencia: WGS84 Fecha: JULIO 2019	P-06
		Escala: 1/200,000

En base a esto se realizarán el análisis de cada dato según el tipo de estructura.

1. ANALISIS ESTRUCTURALES DE FALLAS

El área de estudio tiene una historia tectónica compleja y la edad de la deformación y las estructuras asociadas aun es material de debate. Los rasgos estructurales de la zona son el resultado de eventos tectónicos a los que se puede asociar la deformación de la Calizas de la Formación Arcuquina y el emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri, en consecuencia, el desarrollo del Plutón Colquemarca y la presencia favorable para la mineralización.

En el estudio presente se han identificado tres tendencias preferentes de fallas, estas fallas mayores controlan la zona de estudio las cuales son: Falla Choqechampi, Falla Unupulla y Falla Paycama. (Ver Ilustración N° 16)

En la zona de estudio se presentan una gran cantidad de datos sobre fallas debido a las diversas actividades tectónicas pero debido a la intensa erosión y a la geomorfología agreste los datos se reducen a zonas de fácil acceso y en afloramientos (Ver tabla N° 03).

Los datos de campo de fallas son las siguientes:

ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO							
Lugar		CC. Paycama Ccollana					
N°	NORTE	ESTE	TIPO DE ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZ	PITCH	COMENTARIOS
F-01	8419129	817949	FALLA NORMAL	N195	70°	-	
F-02	8419288	817711	FALLA NORMAL	N212	72°	25SE	Direcciones cruzadas. Veta que va de SO corta la falla a SE
F-03	8419292	817810	FALLA NORMAL	N270	70°	80SO	Falla normal con espejo de falla
F-04	8419063	816005	FALLA NORMAL	N302	75°	-	
F-05	8419189	814824	FALLA NORMAL	N50	48°	20SO	
F-06	8420223	814583	FALLA NORMAL	N35	65°	70SO	Hacia el Rio perpendicular a la calizas
F-07	8420025	814607	FALLA NORMAL	N15	75°	-	1m de potencia, panizo, arcilla, FeO2, Roca triturada (seritización)

F-08	8419806	813964	FALLA NORMAL	N18	60°	15SE	Panizo, Cl, FeO ₂ , Roca triturada (argilización)
F-09	8418635	813457	FALLA INVERSA	N137	55°	70SE	Falla inferida
F-10	8419933	813969	FALLA INVERSA	N125	45°	45NE	Falla con presencia de panizo y gouge, se aprecia también pirolusita (MnO), mármol, posee una potencia de 1.20m
F-11	8419477	816887	FALLA INVERSA	N115	50°	60SE	
F-12	8419564	816884	FALLA INVERSA	N135	60°	50SE	
F-13	8419546	816989	FALLA INVERSA	N130	55°	75SE	
F-14	8419734	813741	FALLA NORMAL	N70	60°	85SE	Falla con presencia de panizo, roca triturada y brecha de falla con potencia de más de 2.5m, posible falla normal
F-15	8419955	816721	FALLA NORMAL	N182	52°	45SO	Falla con panizo, gouge, roca triturada, FeO ₂
F-16	8419850	816717	FALLA NORMAL	N180	80°	70SE	
F-17	8419908	816714	FALLA NORMAL	N160	82°	15NE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-18	8419870	813887	FALLA NORMAL	N350	72°	-	Falla que controla dirección de estratos
F-19	8418483	814400	FALLA NORMAL	N165	60°	5SE	
F-20	8418263	814345	FALLA NORMAL	N168	88°	20SO	
F-21	8418162	814226	FALLA NORMAL	N78	67°	65NE	
F-22	8418026	814176	FALLA NORMAL	N270	63°	50SE	2m de potencia, gouge 50cm de potencia
F-23	8417793	813799	FALLA NORMAL	N76	59°	60NE	Falla, Roca triturada, gouge, panizo, FeO ₂ , 4cm de potencia
F-24	8419450	813948	FALLA NORMAL	N205	80°	-	Falla controla dirección de estratos, presencia de cuarzo/Ca?
F-25	8419724	813970	FALLA NORMAL	N110	78°	80SO	Abundantes pitchs (80°, 70° y 60°), cuarzo, Fk, Plg
F-26	8419654	813979	FALLA NORMAL	N125	49°	70SE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-27	8419579	813996	FALLA NORMAL	N110	80°	60SO	Falla satélite
F-28	8416912	817673	FALLA INVERSA	N78	67°	45NE	
F-29	8418042	818960	FALLA INVERSA	N270	63°	37NE	2m de potencia, gouge 50cm de potencia
F-30	8420342	816087	FALLA INVERSA	N35	65°	35SE	Falla perpendicular a la calizas
F-31	8420192	816091	FALLA INVERSA	N160	82°	52SO	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂

F-32	8420001	815948	FALLA INVERSA	N160	24°	40NE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-33	8419982	814720	FALLA INVERSA	N252	54°	15SE	
F-34	8419726	813971	FALLA NORMAL	N115	70°	-	Falla regional
F-35	8417928	814066	FALLA NORMAL	N130	55°	85SE	
F-36	8418244	814053	FALLA NORMAL	N168	88°	70SO	Falla de 20m
F-37	8419666	813979	FALLA NORMAL	N345	45°	75NE	Falla normal con presencia de óxidos
F-38	8417031	814285	FALLA NORMAL	N70	60°	68NE	

Tabla 3: Datos de campo de todas las fallas de la zona de estudio. FUENTE: Propia.

En base a estos datos se analizarán los tipos de fallas, dominios estructurales y lineamientos principales, así como corroborar el control que estas puedan ejercer no solo sobre los intrusivos sino sobre el emplazamiento de la mineralización. (Ver tabla N° 03).

Se analizaron estos datos de manera general en principio para verificar direcciones, determinar el tipo de falla y sus esfuerzos, para ello se hizo el uso del programa “FAULTKIN 8.0”, “WIN-TENSOR 5.0.1” y “STEREONET 9.5”, en estos se ingresaron la data de la tabla N°03.

1.2. Fallas Inversas Dextrales (NNO-SSE)

Estas fallas van de E – O respecto a su rumbo y tienen un movimiento dextral, este movimiento cumple un papel muy importante ya que estos movimiento generan estructuras favorables para la circulación de fluidos hidrotermales portadores de mineralización cortando el “Cerro Choqechampi” de NO – SE a manera se surcos (estrías de ambiente extensional), estas fallas inicialmente se comportaron de una manera “Inversa” esto se evidencia en la deformación de las calizas y areniscas de la formación Arcurquina y Hualhuani respectivamente generando una depresión limitada por estas 2 fallas denominados “Horst”, posterior a este evento se evidencia una reactivación de estas fallas con un movimiento “Sinestral” que afecta parte del Plutón Colquemarca generando estructuras favorables para la mineralización, estas fallas se observan en 3 tipos de litologías:

- Corta y deforma las secuencias calcáreas de la formación Arcurquina y las areniscas de la formación Hualhuani

- Craquea el área de influencia del Plutón Colquemarca generando grietas por donde el agua penetra y altera intensamente el Plutón Colquemarca.
- Genera estructuras favorables para la circulación de fluidos hidrotermales en las fases iniciales de reactivación de las fallas y son los principales responsables del emplazamiento de diques post minerales.

Los siguientes datos de campo de estas fallas inversas se obtuvieron en la quebrada de la CC. Paycama Ccollana y en la Quebrada de Unupulla.

ANÁLISIS SECUENCIAL TECTÓNICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTÓN COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACIÓN DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO							
Lugar		CC. Paycama Ccollana					
N°	NORTE	ESTE	TIPO DE ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZ	PITCH	COMENTARIOS
F-09	8418635	813457	FALLA INVERSA	N137	55°	70SE	Falla inferida
F-10	8419933	813969	FALLA INVERSA	N125	45°	45NE	Falla con presencia de panizo y gouge, se aprecia también pirolusita (MnO), mármol, posee una potencia de 1.20m
F-11	8419477	816887	FALLA INVERSA	N115	50°	60SE	
F-12	8419564	816884	FALLA INVERSA	N135	60°	50SE	
F-13	8419546	816989	FALLA INVERSA	N130	55°	75SE	
F-28	8416912	817673	FALLA INVERSA	N78	67°	45NE	
F-29	8418042	818960	FALLA INVERSA	N270	63°	37NE	2m de potencia, gouge 50cm de potencia
F-30	8420342	816087	FALLA INVERSA	N35	65°	35NE	Falla perpendicular a la calizas
F-31	8420192	816091	FALLA INVERSA	N160	82°	52SO	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-32	8420001	815948	FALLA INVERSA	N160	24°	40SE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-33	8419982	814720	FALLA INVERSA	N252	54°	15NO	

Tabla 4: Datos de campo de todas las fallas inversas de la zona de estudio. FUENTE: Propia.

Se analizaron estos datos de manera general en principio para verificar direcciones, determinar el tipo de falla y sus esfuerzos, para ello se hizo el uso del programa “FAULTKIN 8.0”, “WIN-TENSOR 5.0.1” y “STEREONET 9.5”, en estos se ingresaron la data de la tabla N° 04.

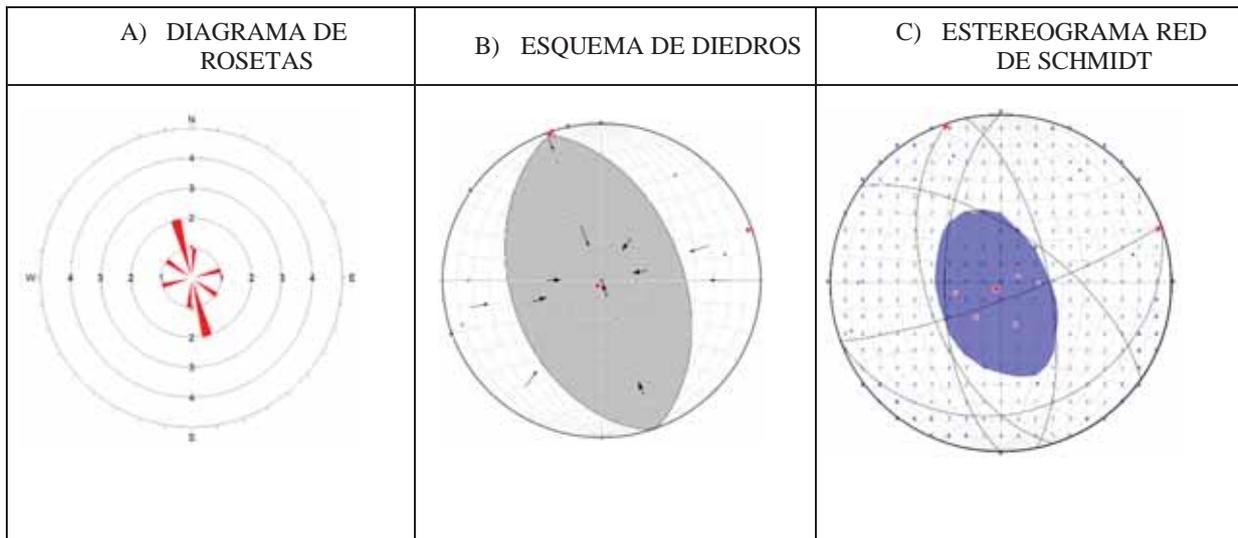


Tabla 5: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de datos. FUENTE: Propia.

A partir de este análisis se observa en el diagrama de rosetas una dirección NNO-SSE, el cual indica la gran cantidad de datos que se adecuan en esta dirección, es decir el control principal del lineamiento es en dicha dirección. En el esquema de diedros podemos observar que el diedro corresponde a fallas inversas, con las cuales corroboramos el tipo de fallas presentes e indicamos el ambiente compresivo en la cual se generaron. De manera similar en el estereograma de la red de Schmidt se observan los sigmas (esfuerzos) (Tabla N° 06):

Sigma	VALOR	TREND	PLUNGE
σ_1	0.3574	215.4°	86.6°
σ_2	0.1156	340.8°	2°
σ_3	0.2418	70.9°	2.8°

Tabla 6: Datos del valor de Sigma (σ_1 , σ_2 , σ_3), su trend y su plunge respectivos que controlan las fallas inversas de manera general (estos representan los esfuerzos presentes en el área). FUENTE: Propia.

A partir de esta sigma podemos hallar el esfuerzo normal $N=6$, el cual se observa en el estereograma de la red de Schmidt, y el contorno de Kamb se adecua al valor de σ_2 el cual abarca 60% del área total en la red, indicando su relación estrecha con el σ_3 que corresponde a la dirección principal de esfuerzo representada en este diagrama por σ_1 el cual como se observa en la tabla N°06 tiene un valor de 0.3574, este comportamiento se vincula estrechamente con el comportamiento de las fallas inversas con una componente, que en este caso posiblemente sea dextral.

1.2.1. Falla Paycama (Inversa Dextral):

Esta falla tiene una dirección NO-SE con un rumbo entre 270° y 305° , estos cambios están controlados por una reactivación con su componente dextral (Ver Ilustración N° 15), se evidencia la posterioridad de esta falla respecto de la falla regional Choquechampi, pero juega un papel importante en la deformación (plegamientos generando anticlinales y sinclinales, así como sobrecurrimientos dúplex, es decir la presencia de anticlinales con niveles estructurales altos de las rocas calcáreas) de las calizas de la Formación Arcurquina y los sedimentos de las formación Hualhuani. Este comportamiento “Inverso” juego un papel importante en la mineralización, ya que sirvió de trampa estructural para la circulación de fluidos hidrotermales focalizados en el área de estudio generando un control estructural y litológico debido a los diversos pulsos ígneos que tuvo lugar a partir de un ambiente extensional que genera esta falla conjuntamente con la falla Unupulla. Estas fallas conjugadas generaron estructuras mineralizadas de cuña. Este ambiente extensional se evidencia con estructuras de mallas extensionales presentes en la zona, así como las estructuras cola de caballo, como se observa en la foto N° 16:



Foto N° 16: Estructura de Cola de caballo (ambiente compresivo). *FUENTE: Propia.*

La reactivación de esta falla en su componente dextral genera un craquelamiento intenso en la zona generando así grietas estructurales en un ambiente extensional el cual definió la dirección de mineralización NW-SE (dirección andina), la cual es la más favorable, esto se muestra a continuación en las siguientes tablas N° 07 y 08:

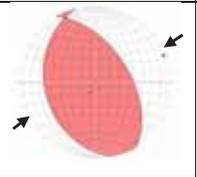
CARACTERISTICAS DEL PLANO DE FALLA			PITCH (Estría)	CINEMATICA	DIRECCION PRINCIPAL DE ESFUERZO (σ_1)		DIRECCION INTERMEDIA DE ESFUERZO (σ_2)		DIRECCION INFERIOR DE ESFUERZO (σ_3)		GRAFICO
N°	DIRECCION DE AZIMUT	BUZ.			TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	
FALLA-01	N78	67°	45NE	INVERSA	202°	77.3°	336°	8.9°	67.4°	9°	
FALLA-02	N270	63°	37SO	INVERSA							
FALLA-03	N35	65°	35°NE	INVERSA							

Tabla 7: Datos muestran las fallas correspondientes a la falla Paycama y los valores de Sigma (σ_1 , σ_2 , σ_3), su trend y su plunge, así como su esquema de diedros mostrando los esfuerzos que determinan sus componentes inversas Dextrales. FUENTE: Propia.

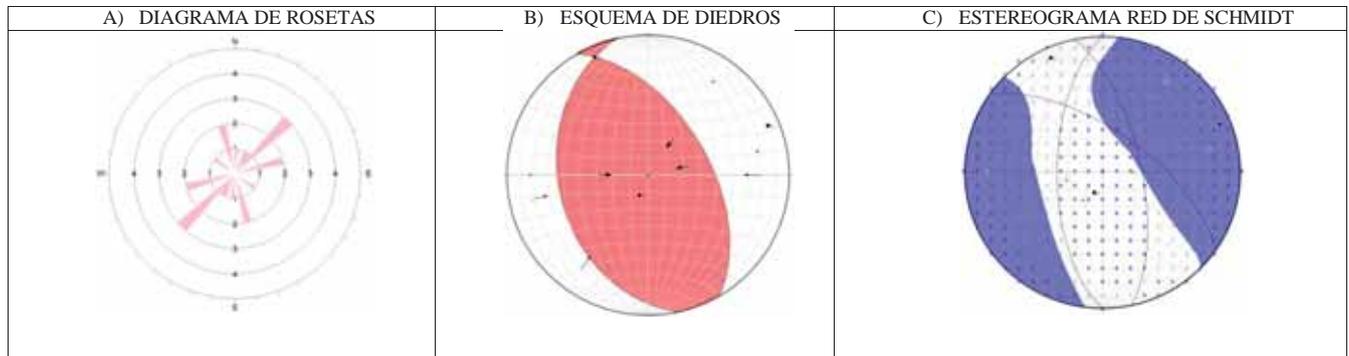


Tabla 8: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de datos. FUENTE: Propia.

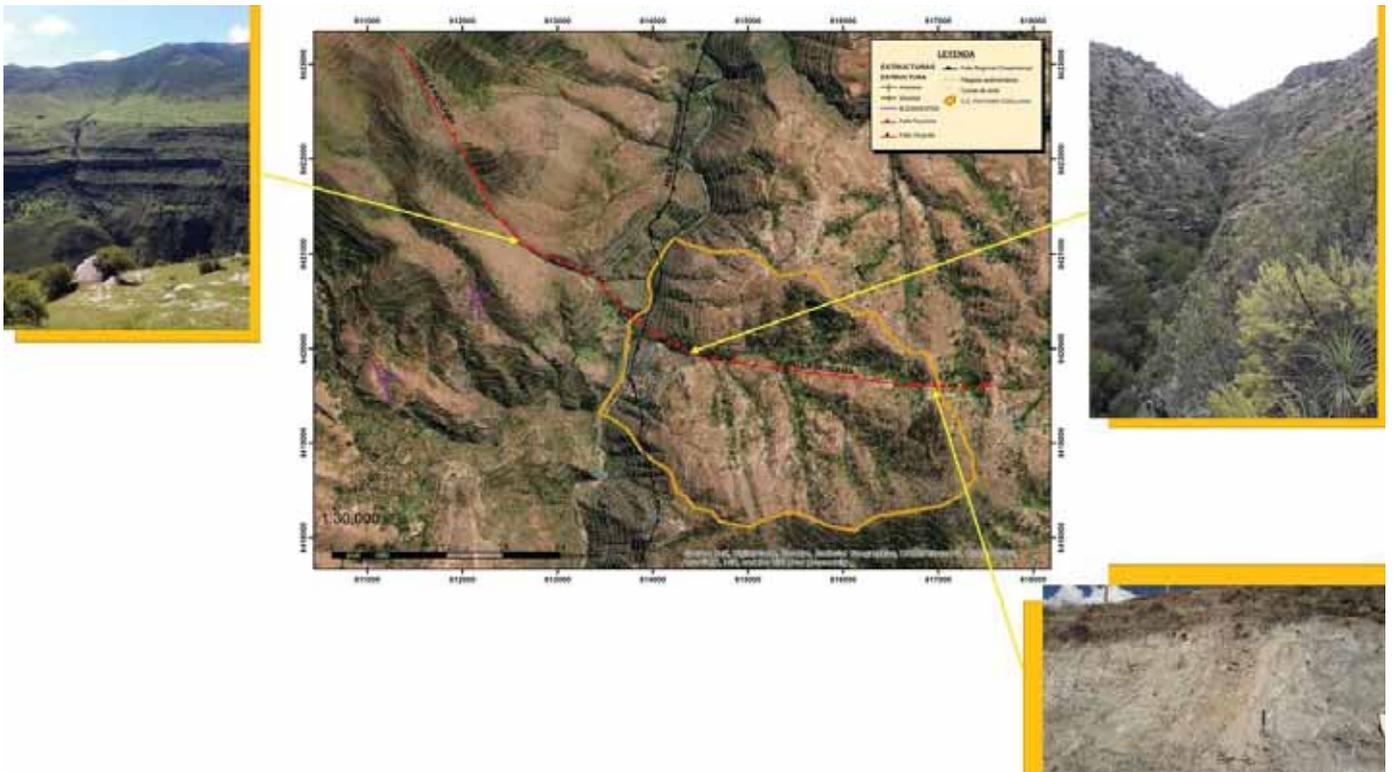


Ilustración 15: Mapa de imagen satelital en ArcGIS, mostrando la ubicación de los afloramientos de la falla Paycama, así como los cambios de rumbo que experimentó en toda su longitud. FUENTE: Propia.

1.2.2. Falla Unupulla (Inversa Dextral)

Esta falla tiene una dirección NO-SE con un rumbo de 252° (Ver Ilustración 16), se evidencia la posterioridad de esta falla respecto de la falla regional Choquechampi, pero juega un papel importante en la deformación de los sedimentos de la formación Hualhuani generando sinclinales y anticlinales al sur del área de estudio. Este comportamiento “Inverso” sirvió de trampa estructural para la circulación de fluidos hidrotermales focalizados en el área de estudio generando un control estructural que tuvo lugar a partir de un ambiente compresional que genera esta falla conjuntamente con la falla Paycama con la que es temporalmente parecida. Estas fallas conjugadas generaron estructuras mineralizadas de cuña en la C.C. Paycama Ccollana. Este ambiente extensional se evidencia con estructuras de mallas extensionales presentes en la zona, así como las estructuras en echelon y cola de caballo, como se observa en las fotos N° 16 y 17:



Foto N° 16: Estructura en Echelon presente en una zona de fallas inversas (ambiente compresivo). *FUENTE: Propia.*

La reactivación de esta falla en su componente dextral genera un craquelamiento intenso en la zona generando así grietas estructurales en un ambiente extensional el cual definió la dirección de mineralización NO-SE (dirección andina), la cual es la más favorable, esto se muestra a continuación en las siguientes tablas N° 09 y 10:

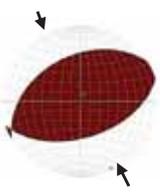
CARACTERISTICAS DEL PLANO DE FALLA			PITCH (Estría)	CINEMATICA	DIRECCION PRINCIPAL DE ESFUERZO (σ_1)		DIRECCION INTERMEDIA DE ESFUERZO (σ_2)		DIRECCION INFERIOR DE ESFUERZO (σ_3)		GRAFICO
N°	DIRECCION DE AZIMUT	BUZ.			TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	
FALLA-04	N160	82°	52NE	INVERSA							
FALLA-05	N160	24°	40NE	INVERSA	28.3°	82°	246.7°	6.3°	156.2°	4.9°	
FALLA-06	N252	54°	15SE	INVERSA							

Tabla 9: Datos muestran las fallas correspondientes a la falla Paycama y los valores de Sigma (σ_1 , σ_2 , σ_3), su trend y su plunge, así como su esquema de diedros mostrando los esfuerzos que determinan sus componentes inversas Dextrales. FUENTE: Propia.

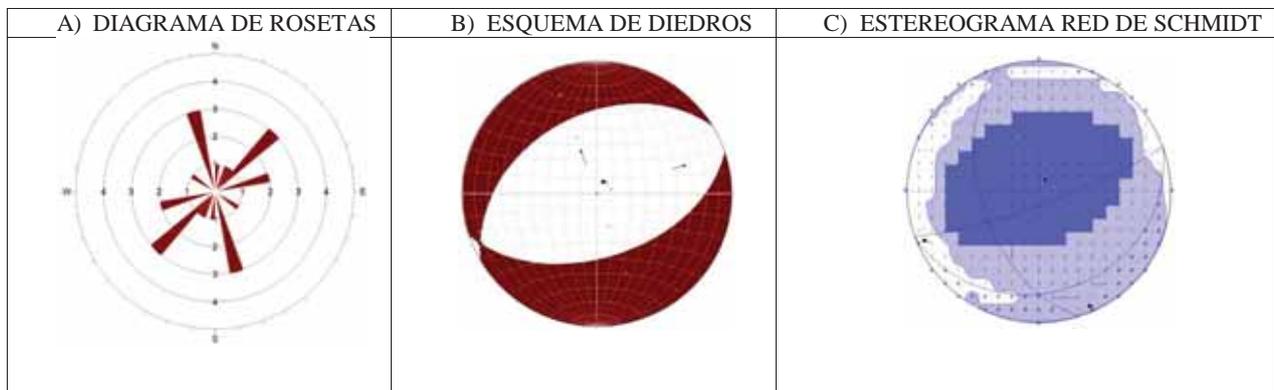


Tabla 10: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de los datos. FUENTE: Propia.

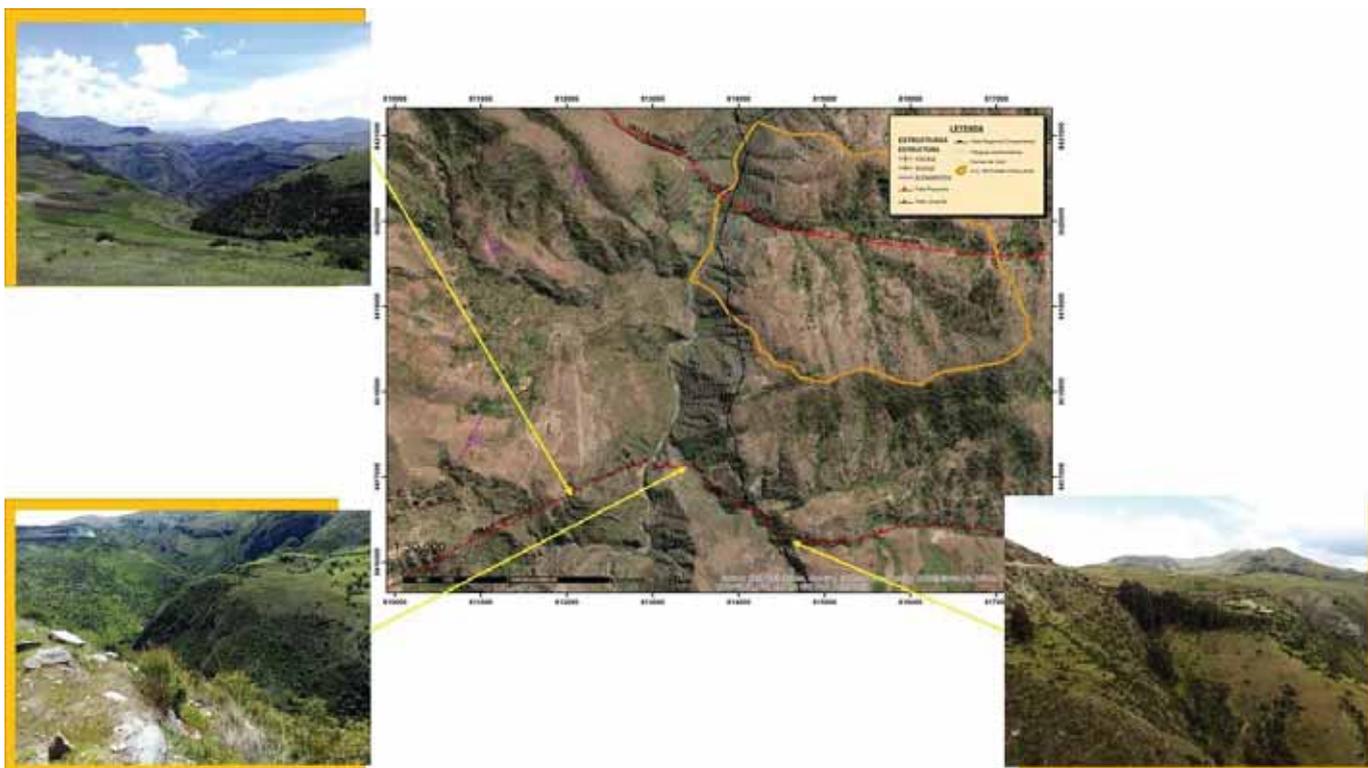


Ilustración 16: Mapa de imagen satelital en ArcGIS, mostrando la ubicación de los afloramientos de la falla Unupulla, así como los cambios de rumbo que experimentó en toda su longitud.

1.3. Fallas Normales Sinestrales (E-O)

Esta falla de orientación N 135° - N 160° es el resultado de procesos anteriores al emplazamiento del Plutón Colquamarca ya que esta corta formaciones del Cretácico Superior y no existe evidencia de que haya afectado al Plutón Colquamarca, la falla regional Yanque – Choqechampi – Choqoyo es de carácter regional ya que limita los cuerpos ígneos (E) de las rocas sedimentarias (O), generando fallas secundarias perpendiculares a esta que afectan las calizas de la formación Arcurquina y areniscas de la formación Hualhuani. En la proyección de esta falla al norte se une a otra falla con dirección NOO – SEE que se proyecta hasta Chalhuhhuacho y Mara.

Las evidencias de reactivación son:

- Mediciones de rumbo y buzamiento en el Plutón Colquamarca similares a las fallas perpendiculares de la falla regional Colquamarca – Choqechampi – Choqoyo que ocasiona craquelamiento del Plutón.
- Fallas perpendiculares a la falla regional Colquamarca – Choqechampi – Choqoyo que generan un Graben estructurales.
- Estrías de fallas con varias direcciones similares al movimiento de la falla Regional que evidencian que existió más de un movimiento.

Estos datos de la falla se muestran en la siguiente tabla N° 11:

ANÁLISIS SECUENCIAL TECTÓNICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTÓN COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACIÓN DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO							
Lugar		CC. Paycama Ccollana					
N°	NORTE	ESTE	TIPO DE ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZ	PITCH	COMENTARIOS
F-01	8419129	817949	FALLA NORMAL	N195	70°	-	
F-02	8419288	817711	FALLA NORMAL	N212	72°	25SE	Direcciones cruzadas. Veta que va de SO corta la falla a SE
F-03	8419292	817810	FALLA NORMAL	N270	70°	80NO	Falla normal con espejo de falla
F-04	8419063	816005	FALLA NORMAL	N302	75°	-	
F-05	8419189	814824	FALLA NORMAL	N50	48°	20SO	

F-06	8420223	814583	FALLA NORMAL	N35	65°	70NE	Hacia el Rio perpendicular a la calizas
F-07	8420025	814607	FALLA NORMAL	N15	75°	-	1m de potencia, panizo, arcilla, FeO2, Roca triturada (seritización)
F-08	8419806	813964	FALLA NORMAL	N18	60°	15SE	Panizo, Cl, FeO2, Roca triturada (argilización)
F-09	8418635	813457	FALLA INVERSA	N137	55°	70SE	Falla inferida
F-10	8419933	813969	FALLA INVERSA	N125	45°	45NE	Falla con presencia de panizo y gouge, se aprecia también pirolusita (MnO), mármol, posee una potencia de 1.20m
F-11	8419477	816887	FALLA INVERSA	N115	50°	60SE	
F-12	8419564	816884	FALLA INVERSA	N135	60°	50SE	
F-13	8419546	816989	FALLA INVERSA	N130	55°	75SE	
F-14	8419734	813741	FALLA NORMAL	N70	60°	85NE	Falla con presencia de panizo, roca triturada y brecha de falla con potencia de más de 2.5m, posible falla normal
F-15	8419955	816721	FALLA NORMAL	N182	52°	45NE	Falla con panizo, gouge, roca triturada, FeO2
F-16	8419850	816717	FALLA NORMAL	N180	80°	70NE	
F-17	8419908	816714	FALLA NORMAL	N160	82°	15NE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO2
F-18	8419870	813887	FALLA NORMAL	N350	72°	-	Falla que controla dirección de estratos
F-19	8418483	814400	FALLA NORMAL	N165	60°	5SE	
F-20	8418263	814345	FALLA NORMAL	N168	88°	20SE	
F-21	8418162	814226	FALLA NORMAL	N78	67°	65NE	
F-22	8418026	814176	FALLA NORMAL	N270	63°	50NE	2m de potencia, gouge 50cm de potencia
F-23	8417793	813799	FALLA NORMAL	N76	59°	60SO	Falla, Roca triturada, gouge, panizo, FeO2, 4cm de potencia
F-24	8419450	813948	FALLA NORMAL	N205	80°	-	Falla controla dirección de estratos, presencia de cuarzo/Ca?
F-25	8419724	813970	FALLA NORMAL	N110	78°	80SO	Abundantes pitchs (80°,70° y 60°), cuarzo, Fk, Plg
F-26	8419654	813979	FALLA NORMAL	N125	49°	70SE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO2
F-27	8419579	813996	FALLA NORMAL	N110	80°	60SE	Falla satélite

F-28	8416912	817673	FALLA INVERSA	N78	67°	45SE	
F-29	8418042	818960	FALLA INVERSA	N270	63°	37NE	2m de potencia, gouge 50cm de potencia
F-30	8420342	816087	FALLA INVERSA	N35	65°	35NE	Falla perpendicular a la calizas
F-31	8420192	816091	FALLA INVERSA	N160	82°	52NE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-32	8420001	815948	FALLA INVERSA	N160	24°	40SE	Roca fracturada (argilización), gouge, panizo, FeO ₂
F-33	8419982	814720	FALLA INVERSA	N252	54°	15SE	
F-34	8419726	813971	FALLA NORMAL	N115	70°	-	Falla regional
F-35	8417928	814066	FALLA NORMAL	N130	55°	85SO	
F-36	8418244	814053	FALLA NORMAL	N168	88°	70SE	Falla de 20m
F-37	8419666	813979	FALLA NORMAL	N345	45°	75SE	Falla normal con presencia de óxidos
F-38	8417031	814285	FALLA NORMAL	N70	60°	68SE	

Tabla 11: Datos de campo de todas las fallas normales de la zona de estudio. FUENTE: Propia.

Se analizaron estos datos de manera general para todas las fallas normales presentes en la zona de estudio en principio para verificar direcciones, determinar el tipo de falla y sus esfuerzos, para ello se hizo el uso del programa “FAULTKIN 8.0”, “WIN-TENSOR 5.0.1” y “STEREONET 9.5”, en estos se ingresaron la data de la tabla N° 11.

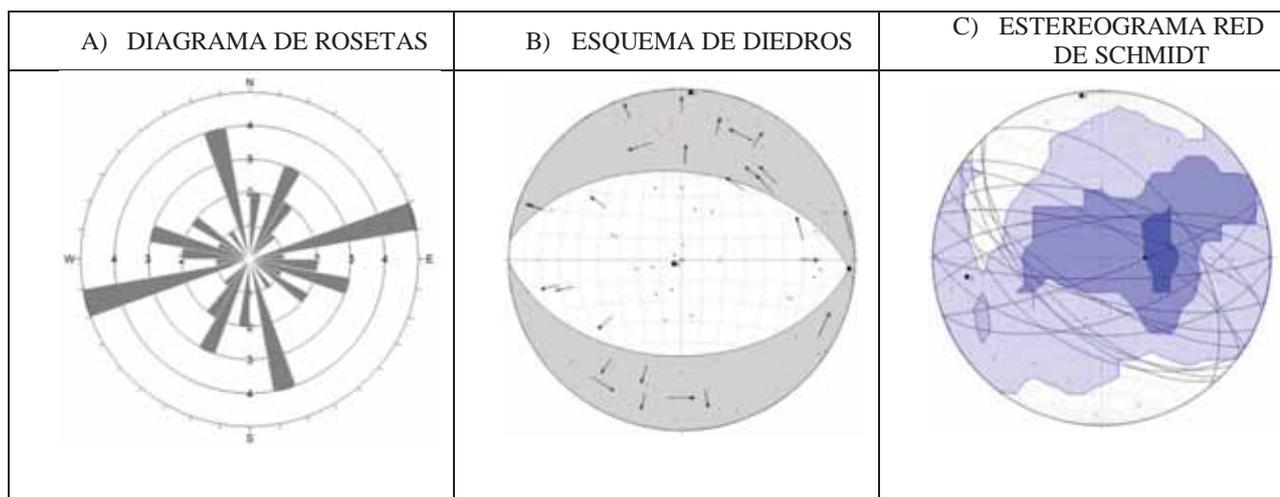


Tabla 12: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de datos. FUENTE: Propia.

A partir de este análisis se observa en el diagrama de rosetas una dirección NEE-SOO, el cual indica la gran cantidad de datos que se adecuan en esta dirección similar a la dirección de la falla regional Choqechampi que tiene dirección E-O, es decir el control principal del lineamiento es en dicha dirección. El ligero cambio en las direcciones se deben a las diversas reactivaciones de esta falla y sobre todo al control que ejercen las fallas Paycama y Unupulla sobre estas.

En el esquema de diedros podemos observar que el diedro corresponde a fallas normales, con las cuales corroboramos el tipo de fallas presentes e indicamos el ambiente distensivo que muestran los tensores de movimiento, diversa variación se debe a la cantidad de reactivaciones presentes siendo la última en una componente “sinestral”. De manera similar en el estereograma de la red de Schmidt se observan las sigmas (esfuerzos):

Sigma	VALOR	TREND	PLUNGE
σ_1	0.2698	353.1°	2.7°
σ_2	0.0712	262.1°	20.8°
σ_3	0.1985	90.1°	69°

Tabla N° 13: Datos del valor de Sigma (σ_1 , σ_2 , σ_3), su trend y su plunge respectivos que controlan las fallas normales de manera general (estos representan los esfuerzos presentes en el área). FUENTE: Propia.

A partir de esta sigma podemos hallar el esfuerzo normal $N=1$, el cual se observa en el estereograma de la red de Schmidt, y el contorno de Kamb se adecua al valor de σ_2 el cual abarca 25% del área total en la red, indicando su relación distal con el σ_1 que corresponde a la dirección principal de esfuerzo el cual como se observa en la tabla tiene un valor de 0.2698, este comportamiento se vincula estrechamente con el comportamiento de las fallas normales ya que es insignificante el σ_2 ya que ejerce un esfuerzo mínimo sobre la zona.

1.3.1. Falla Choqechampi (E-O)

Esta falla de orientación N 165° es el resultado de procesos anteriores al emplazamiento del Plutón Colquemarca y controla la distribución de los materiales ígneos de manera regional, actuando como límite estructural para estos.

La falla regional Yanque – Choqechampi – Choqoyo es de carácter regional ya que limita los cuerpos ígneos (E) de las rocas sedimentarias (O), generando fallas secundarias perpendiculares a esta que afectan las calizas de la formación Arcurquina y areniscas de la formación Hualhuani como son el caso de la Falla Paycama y Falla Unupulla respectivamente. En la proyección de esta falla al norte se une a otra falla con dirección NOO – SEE que se proyecta hasta Chalhuahuacho y Mara.

La toma de datos de la falla es más compleja debido a la gran cantidad de erosión y a la cementación de esta misma con materiales cuaternarios, pero la característica principal es encontrarla como contacto entre las rocas sedimentarias y las rocas ígneas, además del espesor que presenta ya que esta supera los 10 m.; lo que hace pensar que su origen es anterior al Batolito Andahuaylas-Yauri ya que tampoco afecta estructuralmente su emplazamiento.

La reactivación de esta falla en su componente sinistral genera el cambio de dirección en 2 fallas en la zona de estudio: la falla Paycama y la falla Unupulla, ya que los rumbos de estas varían hacia las rocas sedimentarias mientras que en el intrusivo genera un craquelamiento intenso, esto se muestra a continuación en las siguientes tablas N° 14 y 15:

CARACTERISTICAS DEL PLANO DE FALLA			PITCH (Estría)	CINEMATICA	DIRECCION PRINCIPAL DE ESFUERZO (σ_1)		DIRECCION INTERMEDIA DE ESFUERZO (σ_2)		DIRECCION INFERIOR DE ESFUERZO (σ_3)		GRAFICO
N°	DIRECCION DE AZIMUT	BUZ.			TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	
FALLA-01	N115	70°	-	NORMAL	129°	17.6°	219°	0.2°	309.8°	72.4°	
FALLA-02	N130	55°	85SE	NORMAL							
FALLA-03	N168	88°	70SE	NORMAL							
FALLA-04	N345	45°	75NO	NORMAL							
FALLA-05	N70	60°	68SE	NORMAL							

Tabla 13: Datos muestran las fallas correspondientes a la falla Paycama y los valores de Sigma (σ_1 , σ_2 , σ_3), su trend y su plunge, así como su esquema de diedros mostrando los esfuerzos que determinan sus componentes normales Sinestrales. FUENTE: Propia.

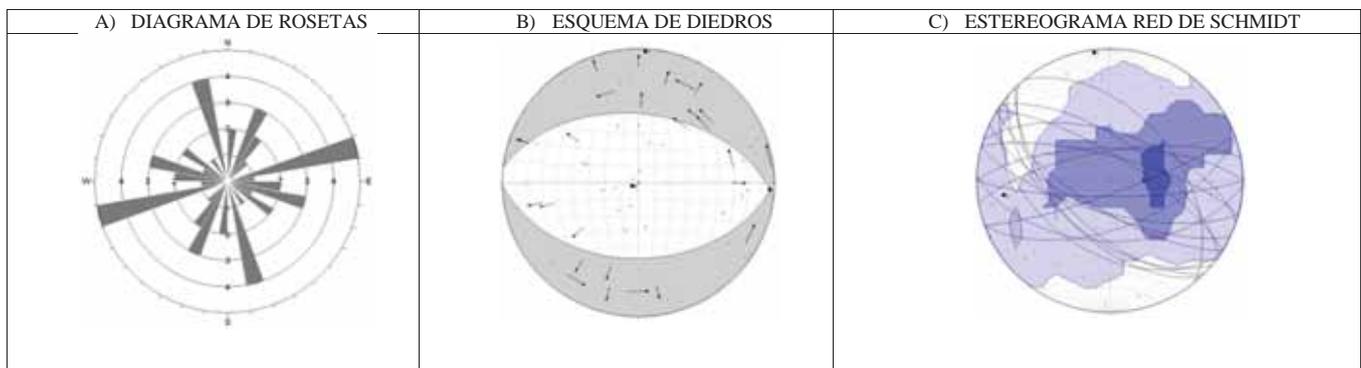
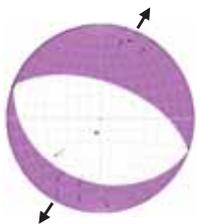
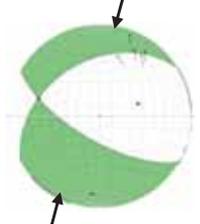
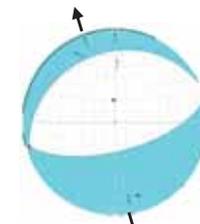


Tabla 14: Diagrama de rosetas mostrando la dirección de los mayores lineamientos, el esquema de diedros mostrando el tipo de falla presente mediante los esfuerzos formadores de este diedro y el estereograma de la red de Schmidt mostrando ubicación de los datos. FUENTE: Propia.

CARACTERISTICAS DEL PLANO DE FALLA			PITCH (Estría)	CINEMATICA	DIRECCION PRINCIPAL DE ESFUERZO (σ_1)		DIRECCION INTERMEDIA DE ESFUERZO (σ_2)		DIRECCION INFERIOR DE ESFUERZO (σ_3)		GRAFICOS
N°	DIRECCION DE AZIMUT	BUZ.			TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	TENDENCIA	INMERSION	
F1-01	N195	70°	-	NORMAL	20.5°	12.8°	290.3°	0.8°	197°	77.2°	
F1-02	N212	72°	25NE	NORMAL							
F1-03	N270	70°	80NE	NORMAL							
F1-04	N302	75°	-	NORMAL							
F1-05	N50	48°	20SO	NORMAL							
F1-06	N35	65°	70NE	NORMAL							
F1-07	N15	75°	-	NORMAL							
F1-08	N18	60°	15SE	NORMAL							
F2-01	N137	55°	70SE	INVERSA	185.9°	16.3°	286°	30.9°	72°	54.1°	
F2-02	N125	45°	45NE	INVERSA							
F2-03	N115	70°	60SE	INVERSA							
F2-04	N135	60°	50SO	INVERSA							
F2-05	N130	55°	75SO	INVERSA							
F3-01	N70	60°	85SE	NORMAL	162.8°	18.9°	254.1°	3.8°	355.2°	70.6°	
F3-02	N182	52°	45SO	NORMAL							
F3-03	N180	80°	70NE	NORMAL							
F3-04	N160	82°	15NE	NORMAL							
F3-05	N350	72°	-	NORMAL							

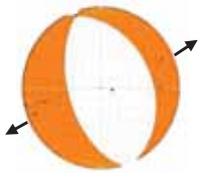
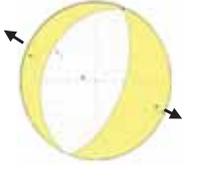
F4-01	N165	60°	5SE	NORMAL	249.6°	10.1°	340.6°	5.8°	99.9°	78.3°	
F4-02	N168	88°	20SE	NORMAL							
F4-03	N78	67°	65NE	NORMAL							
F4-04	N270	63°	50NE	NORMAL							
F4-05	N76	59°	60SO	NORMAL							
F5-01	N205	80°	-	NORMAL	112.1°	14.1°	21.5°	2.2°	282.7°	75.7°	
F5-02	N110	78°	80SO	NORMAL							
F5-03	N125	49°	70SE	NORMAL							
F5-04	N110	80°	60NE	NORMAL							

Tabla 15: Datos de las 5 familias representativas de todas las fallas presentes en el área de estudio con sus respectivas sigmas (σ_1 , σ_2 y σ_3) que son los esfuerzos que controlan estas fallas, este esquema de diedros muestra que todas son fallas normales. FUENTE: Propia.

El juego de fallas Inversas Dextrales (falla Paycama y falla Unupulla) generan una elevación denominada “**Horst**” donde se depositó material reciente como piroclastos al S del proyecto, mientras que al norte debido a la altitud no logro depositarse. La falla Normal Dextral Choqechampi actúa como limitante del cuerpo ígneo es así que al Este de la falla no se evidencia material ígneo ya que está compuesta en su totalidad por calizas y areniscas de las formaciones Arcurquina y Hualhuani respectivamente, al Oeste se encuentra el Plutón Colquemarca que está compuesto enteramente por Tonalita y Dioritas así como depósitos piroclásticos recientes provenientes de un cráter volcánico que se ubica a unos 30 km al SSW de la zona de estudio, el cráter tiene 1300 m de diámetro lo que nos indica que las emanaciones piroclásticas que se originaron fueron de grandes dimensiones es así que este material piroclástico llegó a la zona de estudio y se depositó en las zonas de planicie alcanzando su mayor potencia al Oeste de la zona de estudio con una potencia aproximada de 100 m.

En síntesis, existen 5 tendencias preferentes de fallas: N-S, NNO-SSE, NO-SE, E-O, NEE-SOO, donde predominan las direcciones NO-SE (dirección Andina) y NE-SO (dirección Anti-andina), las cuales han sido identificadas a partir del trabajo de campo, el tipo de fallas en su mayoría corresponde a fallas normales lo cual corroboraría un ambiente distensivo controlado por las fallas inversas Dextrales Paycama y Unupulla. (Ver tabla N° 16).



Foto N° 17: Ambiente distensivo generando fallas normales que desplazaron vetas de cuarzo. FUENTE: Propia.

2. ANALISIS ESTRUCTURALES DE VETAS

La presencia de vetas en la zona de estudio es abundante debido a la intensa actividad de distintos eventos tectónicos y a la presencia de fallas originadas por estos eventos de los cuales se obtuvieron los más representativos (ver tabla N° 17), en la tabla N° 16 se observan 5 familias con 5 tendencias preferentes de fallas: N-S, NNO-SSE, NO-SE, E-O, NEE-SOO, las cuales controlan toda la zona de estudio, pero las vetas obedecen en su mayoría 2 sistemas: NE-SO (dirección anti-andina) y NO-SE (dirección andina) y en su gran mayoría poseen características de un ambiente distensivo. A continuación, se analizarán estructuralmente su comportamiento (Esfuerzos).

ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO						
Lugar			C.C. Paycama Ccollana			
N°	NORTE	ESTE	TIPO DE ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZ	COMENTARIOS
1	8419141	817990	VETA	?	40°	Venilla de FK con Biotita secundaria
2	8419145	817985	VETA	N140	50°	Venilla de FK con Biotita secundaria y algo blanquecino parecido a la calcita, Emplazadas en fallas de rumbo Dextrales con grietas tensionales en la veta, con un espesor de 0.20cm
3	8419133	817952	Sist. VETAS	N165	75°	Sistema de venilleo con la misma mineralización
4	8419125	817787	VETA	N210	68°	Presencia de jarosita y abundante moscovita y biotita secundaria, Presencia de xenolitos de distinta composición
5	8419209	817754	SULFURO	?	?	Presencia de venillas de pirita, La mayoría de xenolitos son magnéticos
6	8419244	817763	VETA	N135	60°	Falla aparente
7	8419260	817762	VETA	N250	70°	Vena de cuarzo y cubierta de algo blanco frágil
8	8419277	817743	VETA	N175	70°	Veta con alteración argílica con presencia de cuarzo y Ca
9	8419288	817711	VETA	N225	80°	Direcciones cruzadas. Veta que va de SW corta la falla a SE
10	8419304	817697	VETA	N220	40°	
11	8419334	817697	VETA	N265	86°	Veta de 0.5cm

12	8419363	817699	VETA	N292	4°	Veta en forma horizontal
13	8419382	817701	VETA	N280	80°	Venilla
14	8419385	817699	VETA	N245	42°	Venilla en sentido opuesto a las anteriores
15	8419403	817688	VETA	N235	70°	Veta de 0.80m de potencia con cuarzo y Ca
16	8419498	817172	VETA		82°	Veta de 0.30cm
17	8419935	816723	DIQUE	N155	7°	Dique
18	8419573	816573	VETA	N165	65°	Color naranja con presencia de moscovita y biotita negra
19	8418811	815611	VETA		40°	Venilla con alteración argílica con niveles de jarosita
20	8419194	815430	VETA	N275	75°	Veta con apariencia de falla normal
21	8419732	816786	VETA	N355	20°	Veta de cuarzo estéril de 5cm de espesor
22	8419814	816733	SULFURO/ROCA	N110	80°	Segunda venilla, Desplaza 1° venilla de cuarzo
23	8419814	816733	CUARZO	N345	18°	Primera venilla
24	8419814	816733	SULFURO	N5	45°	Tercera venilla desplaza venilla S+R
25	8419814	816733	DIQUE	N70	42°	Dique desplaza venilla de sulfuros
26	8419055	816009	ROCA	N255	46°	Primera venilla
27	8419055	816009	SULFURO/ROCA	N245	75°	Segunda venilla
28	8419055	816009	SULFURO/ROCA	N75	45°	Tercera venilla
29	8419990	813944	VETA		35°	Veta de óxidos (sulfuros)
30	8419995	813992	VETA	N248	80°	Veta de óxidos (sulfuros) con posible iridiscencia (bornita?)
31	8419878	813919	VETA	N130	55°	Veta de más de 2m de potencia (posible falla regional), presencia de mármol bandeado, piroxeno y panizo
32	8419981	816624	Sist. VETAS	N185	75°	Sistema de venilleo, dique (Fk, Bt, Jr, FeO), presencia de abundantes FeO
33	8420178	816455	Sist. VETAS	N282	80°	
34	8420476	816258	VETA	N200	85°	Veta con óxidos
35	8420593	816110	VETA	N3	25°	Venilla de cuarzo (cristales) con óxidos
36	8419651	813976	MINERALIZACION			Presencia de especlarita como patina (cristales), epidota
37	8420543	814907	VETA	N182	40S°	Venilla de óxidos
38	8420025	814607	SULFURO/ROCA	N222	20°	Tercer evento
39	8420025	814607	ROCA	N15	68°	Cuarto evento
40	8419967	814757	DIQUE	N352	64°	Composición de FK, Biot2, FeO
41	8420009	814640	DIQUE	N3	85°	Dique porfirítico potente de 60cm
42	8420830	818721	ESTRUCTURA			Cola de caballo, cono estructural

43	8419303	815411	VETA	N275	80°	Sistema de vetas
44	8419216	815148	DIQUE	N280	85°	Dique con ángulo <90° respecto a la falla, presencia incipiente de óxidos
45	8419578	816495	VETA	N15	30°	Veta de ingreso de socavón
46	8419578	816495	VETA	N277	54°	FeO ₂ , cuarzo, Sericita (15%), Desplaza venilla posterior
47	8419578	816495	VETA	N118	61°	FeO ₂ , cuarzo, Sericita (35%), es desplazada por venilla anterior
48	8419578	816495	VETA	N176	77°	cuarzo, FeO ₂
49	8419578	816495	SULFURO	N349	59°	Pirita, Dirección de mineralización
50	8419578	816495	VETA	N158	87°	cuarzo, FeO ₂
51	8419578	816495	VETA	N240	71°	Rx triturada, FeO ₂
52	8419578	816495	VETA	N172	79°	cuarzo, FeO ₂ , sericita (15%)
53	8419578	816495	VETA	N6	75°	FeO ₂ , cuarzo
54	8419578	816495	VETA	N180	80°	Venilla de FeO ₂ , Cl, panizo, roca triturada, Anterior venilla SU, por alteración presencia de óxidos
55	8419578	816495	VETA	N308	51°	Venilla de FeO ₂ , cuarzo
56	8419578	816495	DIQUE	N108	80°	Dique de 10cm de espesor de diorita
57	8419578	816495	VETA	N150	43°	Venilla con roca triturada (argilización), FeO ₂ (Hm, Gt)
58	8419578	816495	VETA	N10	73°	Veta con cuarzo, panizo, FeO ₂ (Hm, Gt, Jr) con potencia de 10cm
59	8419578	816495	VETA	N16	45°	Panizo, roca alterada (argilización), FeO ₂
60	8419578	816495	VETA	N3	34°	Potencia de 20cm, cuarzo, estructura boca de perro con FeO ₂ (Gt, Hm, Jr), panizo, FeO ₂ alrededor de la estructura
61	8419578	816495	VETA	N5	67°	Veta de 5cm de espesor, cuarzo, estructura boca de perro con FeO ₂ (Gt, Hm, Jr), panizo, FeO ₂ alrededor de la estructura
62	8419578	816495	VETA	N90	80°	Venilla con roca alterada (argilización), FeO ₂ , panizo
63	8419578	816495	VETA	N320	66°	Panizo, FeO ₂
64	8419578	816495	VETA	N143	58°	Panizo, FeO ₂
65	8419448	817344	VETA	N194	45°	Venilla de cuarzo; Biotita con micas
66	8419448	817344	VETA	N155	40°	Veta de FeO ₂ (Jr, Gt)

Tabla 16: Datos de campo de las vetas representativas presente en la zona de estudio. FUENTE: Propia.

Estas vetas serán analizadas con el propósito de verificar direcciones, determinar el tipo de falla y sus esfuerzos, para ello se hizo el uso del programa “WIN-TENSOR 5.0.1” y “STEREONET 9.5”, en estos se ingresaron la data de la tabla N° 17.

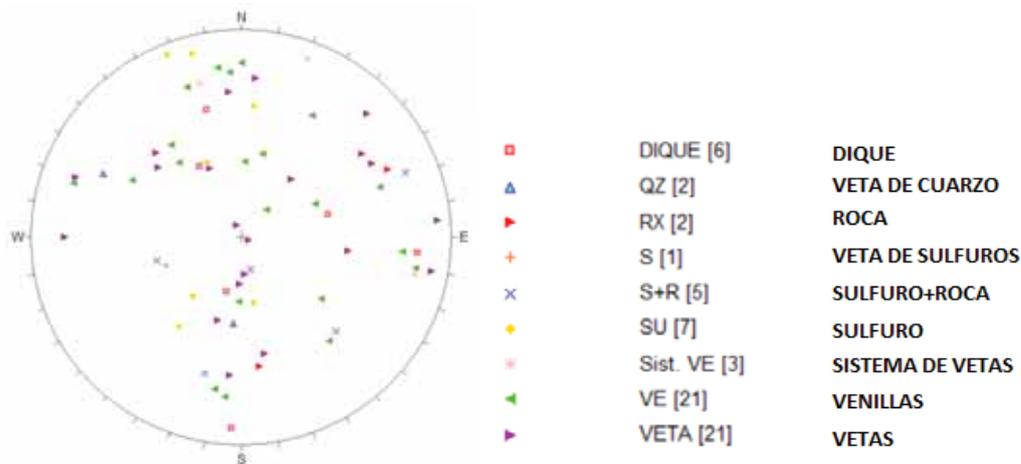


Ilustración 18: Diagrama de frecuencia de polos en un estereograma de red de Schmidt, mostrando la presencia de cada tipo de veta de acuerdo a su relleno y geometría. FUENTE: Propia.

El diagramas de frecuencia de polos muestra la distribución de cada veta dentro una red estereográfica meridiana, en la ilustración N° 18 se muestra la distribución de los DIQUES con una dirección preferencial NO-SE, las vetas sin mineralización (relleno de cuarzo, Calcita, Clorita, FeO) tienen una dirección más variable debido a los distintos fuentes de origen y a los distintos eventos estructurales pero predomina la dirección NE-SO y menor cantidad a dirección NO-SE, las vetas con mineralización (Sulfuros económicos) tienen una dirección NO-SE.

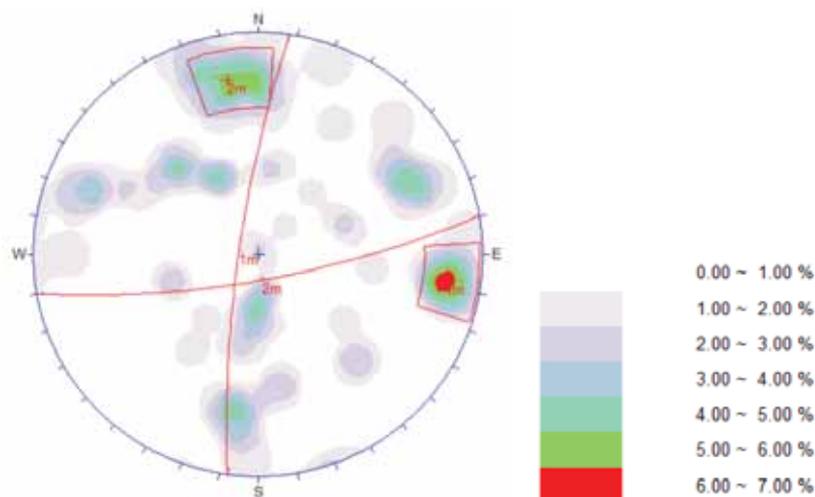


Ilustración 19: Diagrama de contornos indicando áreas de mayor concentración de datos y los planos a partir de ventanas de mayor acumulación. FUENTE: Propia.

El diagrama de contornos indica áreas de mayor concentración, donde los datos >7% son muy significativos, los datos 4-7% son marginalmente significativos y los datos <4% de deben de tratar con cuidado ya que se encuentran demasiado dispersos. El diagrama muestra 2 acumulaciones más significativas en la que la mayor concentración tiene un trend de N98 y un plunge de 10° y la segunda concentración tiene un trend de N350 y un plunge de 13°, los cuales concuerdan con la dirección anti-andina y la dirección andina respectivamente.

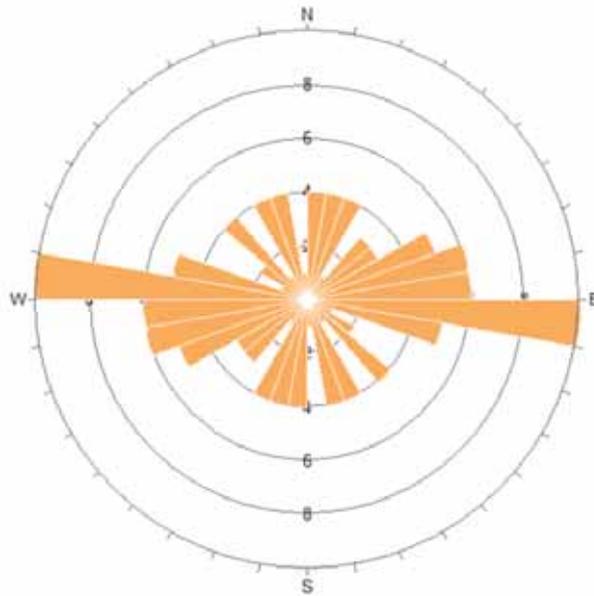


Ilustración 20: Diagrama de rosetas mostrando las dirección de tendencias de las estructuras en base a la mayor alineación de las vetas. FUENTE: Propia.

El diagrama de rosetas muestra las direcciones de tendencias de las estructuras de manera general, en la que muestra mayor tendencia en la dirección NO-SE las que corresponderían a vetas mineralizadas económicas y diques y en menores cantidades las direcciones NE-SO y E-O que corresponderían a vetas sin mineralización económica.

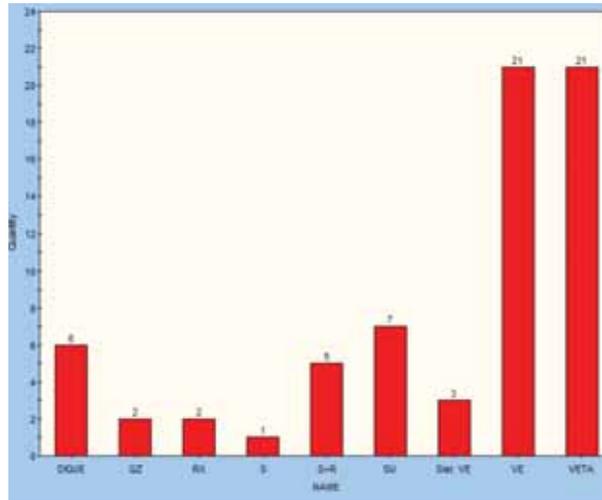


Ilustración 21: Histograma estadístico mostrando un distribución semi-normal de los datos de vetas. FUENTE: Propia.

Este histograma muestra una distribución semi-normal ya que como observamos en el diagrama de la ilustración N° 17, el 40% de los datos se encuentran muy dispersos este correspondería a vetas sin mineralización económica; el comportamiento de estos datos se debe las distintas fuentes de origen estructural que existen en la zona de estudio y al intenso craquelamiento presente en el intrusivo.

2.1. Sistemas de Vetas

El Plutón Colquemarca en la zona de Paycama Ccollana está conformado por 2 sistemas de vetas preferenciales como se muestra en los diagramas anteriores (Ver Ilustraciones N° 19 y 20):

2.1.1. Sistemas de vetas de NE-SO (Dirección Anti-andina)

Con una dirección preferencial de N98 y con un buzamiento 10° de promedio estas vetas son las menos favorables para la mineralización, estas corresponden a vetas de cuarzo, calcita y clorita que se emplazaron en distintas épocas tectónicas en el área de estudio.

2.1.2. Sistemas de vetas de NO-SE (Dirección Andina)

Este sistema de vetas tiene una dirección preferencial de N30 – N45 y con un buzamiento 70° – 75°, este sistema de vetas (dirección preferencial de circulación de fluidos hidrotermales) son las más favorables para la mineralización económica.



Foto N° 18: Presencia de mineralización de Au en vetas con dirección NO-SE, se utilizó el método de “Puruña” para obtener el Au de la estructura. FUENTE: Propia.

2.2. Geometría de las vetas

Las vetas se caracterizan por ser relleno de fallas/fracturas pre-existentes la gran mayoría emplazadas en fallas normales y evidenciando movimientos posteriores a fallamientos de rumbo (dextral), las fallas normales se deben a una tectónica distensiva y compresiva de la fase quechua. Las vetas de NE-SO son controlados por la falla regional de Choquechampi que tiene la misma dirección de NE-SO esta falla data del Cretácico Superior y se evidencia sus reactivaciones ya que el Plutón Colquamarca que es de 30 – 35 M.A posee el mismo sistema de fallas que son rellenas por fluidos hidrotermales.

Las estructuras mineralizadas están asociados a fluidos tardíos que aprovecharon las debilidades estructurales generadas por la reactivación de la falla Choquechampi y las fallas perpendiculares a esta que tuvieron movimientos de rumbo generando fracturas tensionales de NO-SE en toda el área de influencia (falla Paycama y falla Unupulla), así mismo existen diques que son de la misma composición que el Plutón Colquamarca (tonalita) pero con mayor contenido de azufre que es la encargada de transportar minerales preciosos como el Au.

El modelo que se emplea sugiera que las vetas principales se formaron por la interacción de 2 fallas inversas Dextrales que generaron estructuras tensionales con un componente mayor de tensión extensional en Jogs y bends de fallas.

2.2.1. Modelo En Echelon (serie de vetas)

Este modelo sugiere que las vetas principales se encuentran en zonas de cizalla Dextrales.



Foto N° 19: Estructura En Echelon propia de un ambiente compresivo (cercana a la falla Paycama). FUENTE: Propia.



Foto N° 20: Estructura Cola de Caballo propia de un ambiente compresivo (cercana a la falla Unupulla). FUENTE: Propia.

2.2.2. Modelo de Fallas Jogs

Este modelo sugiere que las vetas principales se formaron a lo largo de fallas Dextrales y dentro de Jobs rotacionales (dilatación en el cambio de dirección).

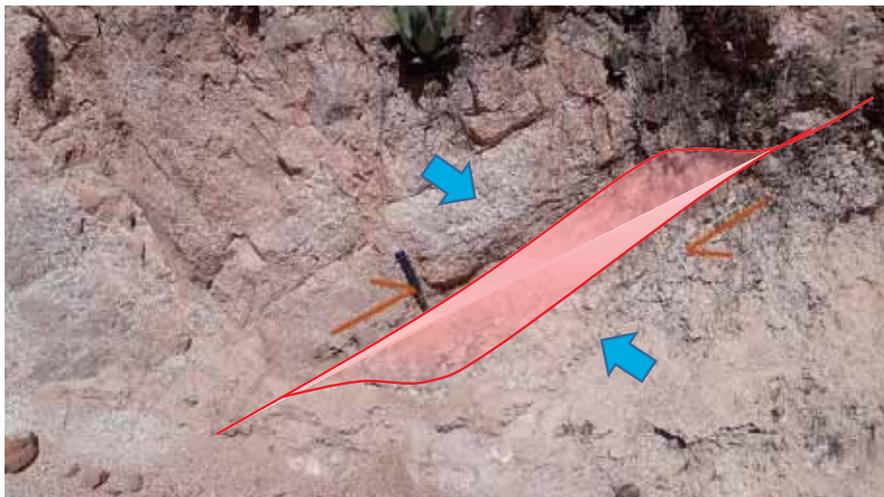


Foto N° 21: Estructura Jobs por la interacción de 2 vetas generando esa estructura de dilatación. FUENTE: Propia.

2.2.3. Modelo Bend

Este modelo sugiere que las vetas principales se formaron a lo largo de fallas Dextrales (dilatación en el cambio de dirección con tensionales).

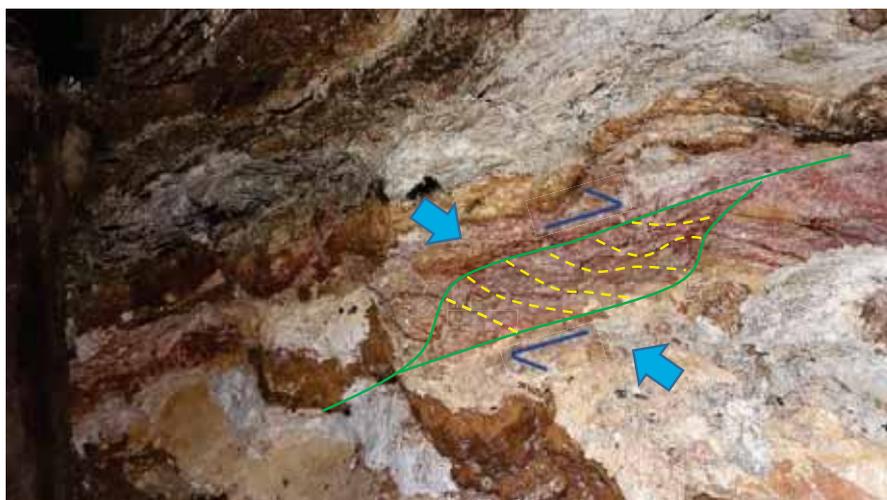


Foto N° 22: Estructura Jobs con estilo Bend debido a la intercalación de arcillas, cuarzo, sericita y sulfuros. FUENTE: Propia.

3. ANALISIS DE EVENTOS ESTRUCTURALES

El análisis de los distintos eventos estructurales se hizo mediante un estudio de microtectónica, para el cual se hizo uso de 20 ventanas estructurales (2m X 2m) distribuidas en 5 estaciones de interés el cual se muestra en la ilustración N° 13, definidas de acuerdo a los distintos dominios estructurales, estos definieron 4 ventanas estructurales representativas en base a la confianza en la data (ver ilustración N° 14).

3.1. Ventanas Estructurales

Se realizaron 04 ventanas estructurales en las zonas más significativas del área de trabajo, estas ventanas se realizaron en un área de 2m x 2m debido a la persistencia que se observa de las estructuras en las rocas aflorantes (Tonalitas, granodioritas y Dioritas), el objetivo de estas ventanas estructurales fue determinar la cantidad de eventos tectónicos que tuvieron lugar así mismo la temporalidad de los eventos observados, es así que a continuación describiremos las ventanas realizadas

3.1.1. Ventana N° 01:

ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CROLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO			
Lugar	CC. Paycama Ccollana	Ventana	1
Coordenadas Este	816733	Longitud de la Ventana	2X2
Coordenadas Oeste	8419814	Tipo de Roca	Tonalita
ORDEN CRONOLOGICO	ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZAMIENTO
E1	CUARZO	N345	18NE
E2	SULFURO/ROCA	N110	80NE
E3	SULFUROS	N5	45SO
E4	DIQUE	N70	42NE

Tabla 17: Datos estructurales de la ventana N°01. FUENTE: Propia.

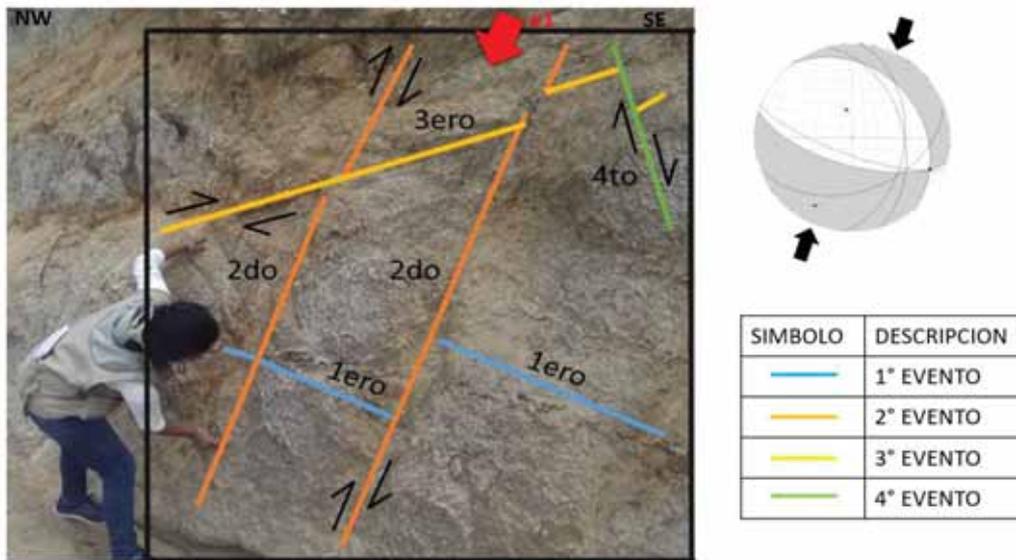


Ilustración 22: Ventana N°01 la cual muestra 4 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia.

En la Ventana N°01 podemos Observar lo siguiente

- Se Observa 04 eventos con direcciones N 110, N345, N05, N70, lo que evidencia que hubo mas de un evento de crakelacion y emplazamiento de estructuras.
- Las estructuras primarias tienen una dirección N110/80 y estas son cortadas por estructuras secundarias con una dirección N345/18, su característica mineralógica consiste en cuarzo blanquecino masivo, esta estructura muestra una estructura de características propias de un ambiente compresivo correspondientes al evento que formo las fallas sinestrales.
- Las estructuras secundarias tienen una dirección de N345/18 y cortan las secundarias primarias y asu vez son cortadas por otras estructuras, al igual que las primeras estructuras su mineralización esta limitada a cuarzo blanco masivo.
- Las estructuras terciarias tienen un dirección de N05/45, estas cortan a las 2 secuencias anteriores, las vetas de esta dirección tienen mayor contenido de sulfuros y presentan mayor cantidad de oxidación debido al contacto con fluidos que alteraron los sulfuros primarios, presentan texturas crustiformes y de bend, estructuralmente presenta características de una reactivación dextral.

- Las últimas estructuras tienen una dirección preferencial de N70/42, estas estructuras cortan a las 03 estructuras, lo que nos indica que pertenece a una fase final de esfuerzo y emplamiento, en su mineralogía presenta cuarzo blanco masivo.

3.1.2. Ventana N° 02:

ANÁLISIS SECUENCIAL TECTÓNICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTÓN COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACIÓN DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CROLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO			
Lugar	CC. Paycama Ccollana	Ventana	2
Coordenadas Este	816009	Longitud de la Ventana	2X2
Coordenadas Oeste	8419055	Tipo de Roca	Tonalita/Diorita
ORDEN CRONOLOGICO	ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZAMIENTO
E1	ROCA	N255	46NO
E2	SULFURO/ROCA	N245	75NO
E3	SULFURO/ROCA	N75	45SE

Tabla 18: Datos estructurales de la ventana N°02. FUENTE: Propia.

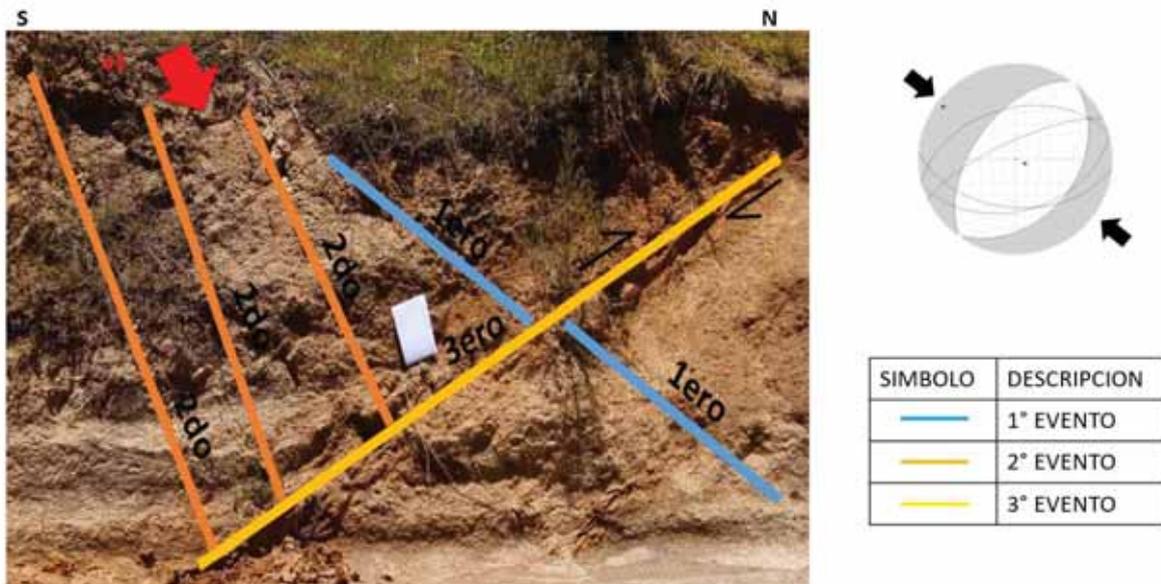


Ilustración 23: Ventana N°02 la cual muestra 3 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia.

En la ventana N° 02 observamos lo siguiente:

- Se evidencia 3 eventos con direcciones de N255°, N240°, N75°
- Estas distintas direcciones dan como resultado el intenso crackelamiento de las rocas ya que estas direcciones se observan en todo el plutón.
- Las estructuras primarias tienen una dirección de N255°/46°, y son cortadas por estructuras de tercer orden, en su mineralogía estas estructuras presentan cuarzo blanco masivo.
- Las estructuras secundarias tienen una dirección de N240°/75°, de igual manera que las estructuras primarias son cortadas por estructuras terciarias, mineralógicamente estas estructuras están compuestas por netamente cuarzo blanco masivo que no tienen interés económico.
- Las estructuras terciarias tienen una dirección de N75°/45°, en la presente ventana estructural esta estructura es la de un último evento y que corta las estructuras anteriores, mineralógicamente esta estructura es la más favorable ya que posee cuarzo cristalizado con textura crustiforme, óxidos de hierro (FeO) y puntos de sulfuros a manera de diseminados.

3.1.3. Ventana N° 03:

ANÁLISIS SECUENCIAL TECTÓNICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTÓN COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACIÓN DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO			
Lugar	CC. Paycama Ccollana	Ventana	3
Coordenadas Este	814607	Longitud de la Ventana	2X2
Coordenadas Norte	8420025	Tipo de Roca	Diorita
ORDEN CRONOLOGICO	ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZAMIENTO
E1	ESTRATOS	N95	48SO
E2	FALLA	N87	80NE
E3	SULFURO/ROCA	N222	20SO
E4	ROCA	N15	68NE

Tabla 19: Datos estructurales de la ventana N°03. FUENTE: Propia.

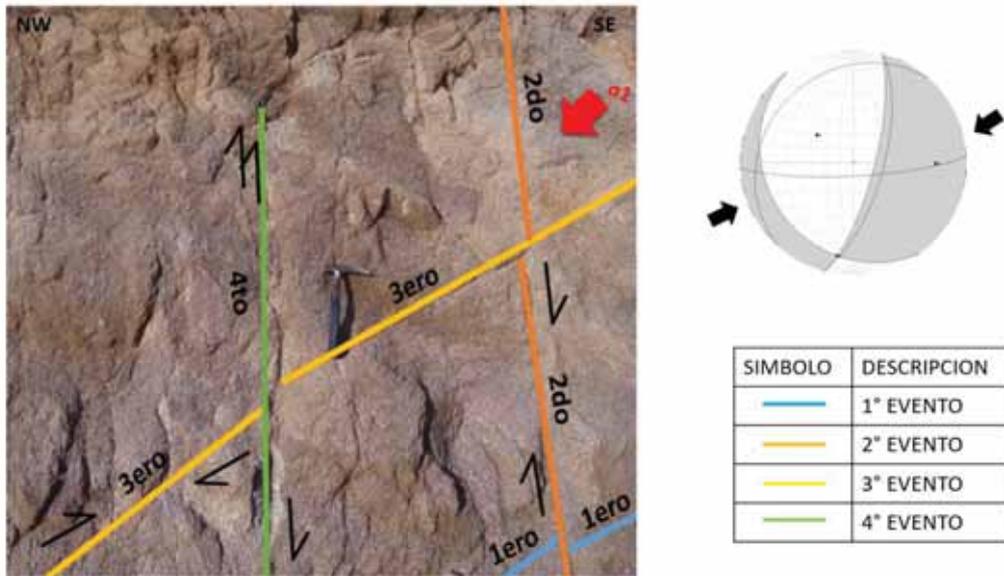


Ilustración 24: Ventana N°03 la cual muestra 4 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia.

En la ventana N° 03 observamos lo siguiente:

- Se evidencia 04 eventos con direcciones de $N95^\circ$, $N85^\circ$, $N222^\circ$, $N15^\circ$
- El primer evento tiene una dirección de $N95^\circ/48^\circ$, la cual es cortada por un segundo evento, al igual que las ventanas anteriores en su mineralogía estas estructuras tienen una composición de cuarzo blanco masivo, esta estructura presenta características relacionadas a una falla inversa (ambiente compresivo).
- El segundo evento tiene una dirección de $N85^\circ/80^\circ$, estas estructuras cortan al primer evento y de igual manera en su mineralogía esta compuesta por cuarzo blanco masivo.
- El tercer evento tiene una dirección de $N222^\circ/20^\circ$, este corta al segundo evento y es la mas favorable para la mineralización ya que posee cuarzo cristalizado con textura crustiforme, óxidos de hierro (FeO) con sulfuros diseminados.
- El cuarto evento tiene una dirección de $N15^\circ/68^\circ$, estas estructuras son las últimas ya que cortan a las estructuras del tercer evento, esta presenta características de reactivación dextral de un mismo sistema de fallas.

3.1.4. Ventana N° 04:

ANÁLISIS SECUENCIAL TECTÓNICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTÓN COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACIÓN DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO			
Lugar	CC. Paycama Ccollana	Ventana	4
Coordenadas Este	816439	Longitud de la Ventana	2X2
Coordenadas Norte	8419633	Tipo de Roca	Tonalita
ORDEN CRONOLOGICO	ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZAMIENTO
E1	SULFURO	N155	43
E2	SULFURO/ROCA	N152	70
E3	SULFURO	N35	55

Tabla 20: Datos estructurales de la ventana N°04. FUENTE: Propia.

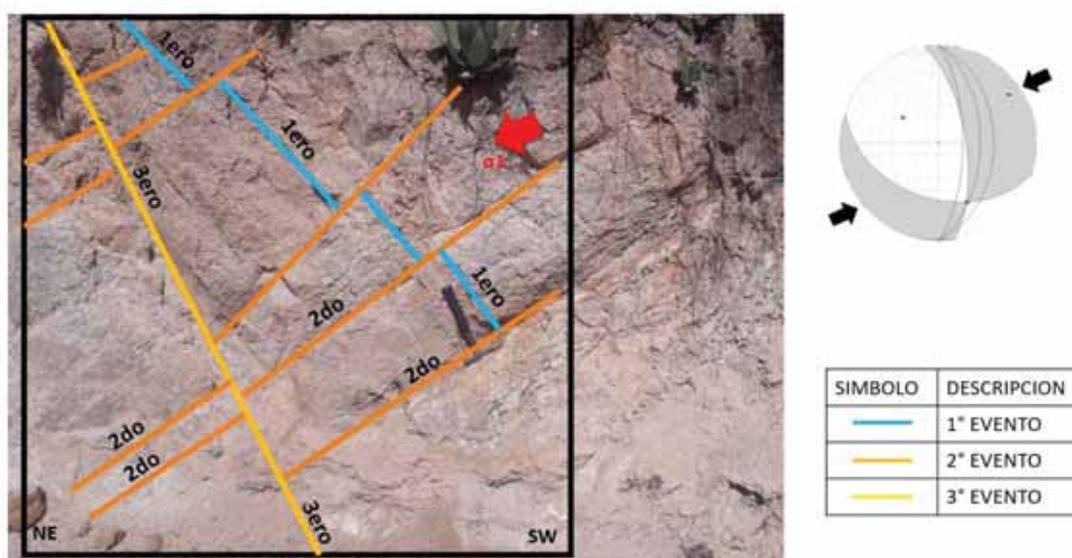


Ilustración 25: Ventana N°04 la cual muestra 3 eventos con su respectivo estereograma de diedros mostrando dirección de σ_1 , en donde se realizaron temporalidad de estructuras. FUENTE: Propia.

En la ventana N° 04 observamos lo siguiente:

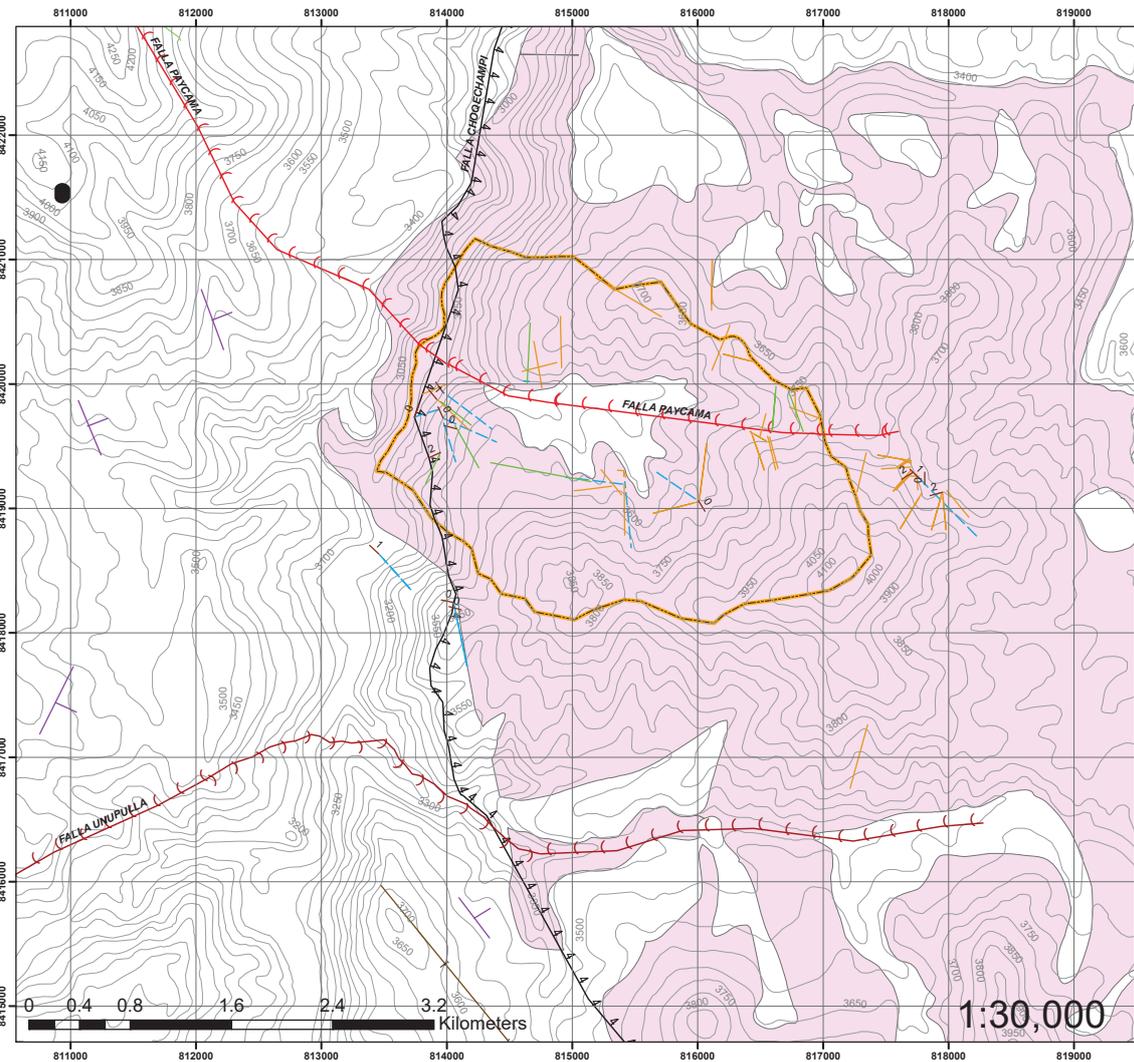
- Se evidencia 03 eventos con direcciones de N155°, N152°, N35°.
- El primer evento tiene una dirección de N155°/43°, la cual es cortada por un segundo evento, al igual que las ventanas anteriores en su mineralogía estas estructuras tienen una composición de cuarzo blanco masivo, este primer evento muestra una componente inversa, es decir corresponde a un evento compresivo.

- El segundo evento tiene una dirección de $N152^{\circ}/70^{\circ}$, estas estructuras cortan al primer evento y de igual manera en su mineralogía esta compuesta por cuarzo blanco masivo.
- El tercer evento tiene una dirección de $N35^{\circ}/55^{\circ}$, este corta al segundo evento y es la mas favorable para la mineralización ya que posee Cuarzo cristalizado con textura crustiforme, oxidos de hierro (FeO) con sulfuros diseminados, este tercer evento muestra una reactivación en su componente dextral.



Foto N° 23: Veta de Cuarzo con textura crustiforme con Oxidos de Hierro (FeO), con un halo de alteracion argilica (arcillas). FUENTE: Propia.

MAPA DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL



SIMBOLOGIA	
	FALLAS LOCALES
	Curvas de nivel
ESTRUCTURA	
	Anticlinal
	Sinclinal
	BUZAMIENTOS
	Pliegues sedimentarios
Falla Paycama	
	Falla Paycama
Falla Unupulla	
	Falla Unupulla
Falla Regional Choqechampi	
	Falla Regional Choqechampi
	C.C. PAYCAMA CCOLLANA
	Batolito Andahuaylas-Yauri

FUENTE: PROPIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
PROYECTO TESIS: ANALISIS SECUENCIAL TECTONICO-ESTRUCTURAL DEL PLUTON COLQUEMARCA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA MINERALIZACION DE Au, Ag y Pb EN LA C.C. PAYCAMA CCOLLANA, DISTRITO DE COLQUEMARCA, CHUMBIVILCAS-CUSCO	
UBICACION: Región: Cusco Prov.: Chumbivilcas Distrito: Colquemarca	Plano: MAPA DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL Etiqueta de Referencia: W0584 Fecha: MARZO 2019
P-07	

4. PLIEGUES

Los pliegues más notorios están en las calizas de la formación Arcurquina donde se observan anticlinales y sinclinales de aproximadamente 10 km cuyos ejes tienen dirección NO-SE que se formaron posiblemente en la Orogenia Andina, estos pliegues son afectados por la falla de rumbo Choqechampi y las fallas transversales que desplazaron y deformaron estos pliegues, al Norte de la zona de estudio estos pliegues adquieren la misma dirección de la deflexión de Abancay (NOO – SEE). (Ver fotos N° 24, 25 y 26)

Existen también estructuras de pliegue en el intrusivo relacionadas a estructuras de ambientes compresivos como “mallas extensionales” y “en echelon”, así como presencia de estructuras “cola de caballo”. (Ver foto N° 19)



Foto N° 24: Pliegues en calizas con presencia de un leve metamorfismo y una alteración de óxidos de hierro (FeO).

FUENTE: Propia.



Foto N° 25: Presencia de un pliegue tipo “S” propio de un ambiente compresivo en una roca ígnea (tonalita) con presencia de alteración argílica. FUENTE: Propia.

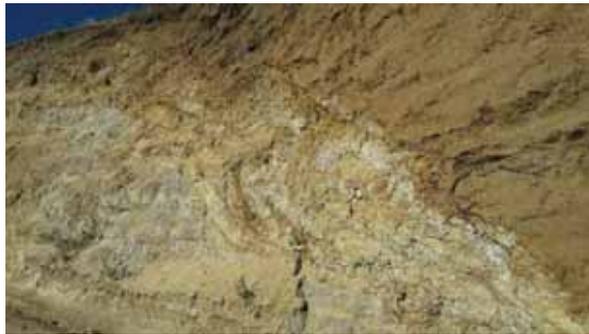


Foto N° 26: Presencia de pliegues tipo “Z” propios de ambientes distensivos sobre roca ígnea mineralizada, es común encontrarlas en las vetas mineralizadas, se observa alteración pervasiva de la roca. FUENTE: Propia.

5. DIQUES

Son cuerpos ígneos que se emplazan en las zonas de debilidad generadas por sistema de fallas que interactúan, son de composición tonalítico y tienen una potencia de 0.10 cm hasta los 0.80 cm que son los principales cuerpos que traen mineralización estas depositan la mineralización al techo de las estructuras, siendo así la vetas al techo las más económicas ya que al piso solo se observa panizo y roca triturada, una característica importante de estos diques es que están mucho más alterados que las rocas del Plutón Colquamarca esto se debería a la intensa circulación de fluidos ácidos que alteraron la roca de manera pervasiva.



Foto N° 27: Dique sub-vertical de granodioritas con alteración pervasiva emplazada en la tonalita del Plutón Colquamarca. FUENTE: Propia.

CAPITULO VI

INTRUSIVOS

Los intrusivos de la zona de estudio corresponden a cuerpos intrusivos de gran extensión como es el caso del Plutón Colquemarca (tonalita) que constituye casi en su totalidad la extensión de intrusivos presente al sur de la C.C. Paycama Ccollana y el Plutón Charamuray (diorita) que corresponde a cuerpo ígneos regulares que afloran principalmente en forma de stocks al norte de la C.C. Paycama Ccollana. Ambos plutones forman parte del enjambre de intrusivos del Batolito Andahuaylas-Yauri; estos intrusivos han sido intruídos a su vez por diques y rocas hipabisales.

La zona quedo cubierta en los extremos este y oeste por materiales piroclásticos posiblemente pertenecientes al Volcánico Sencca.

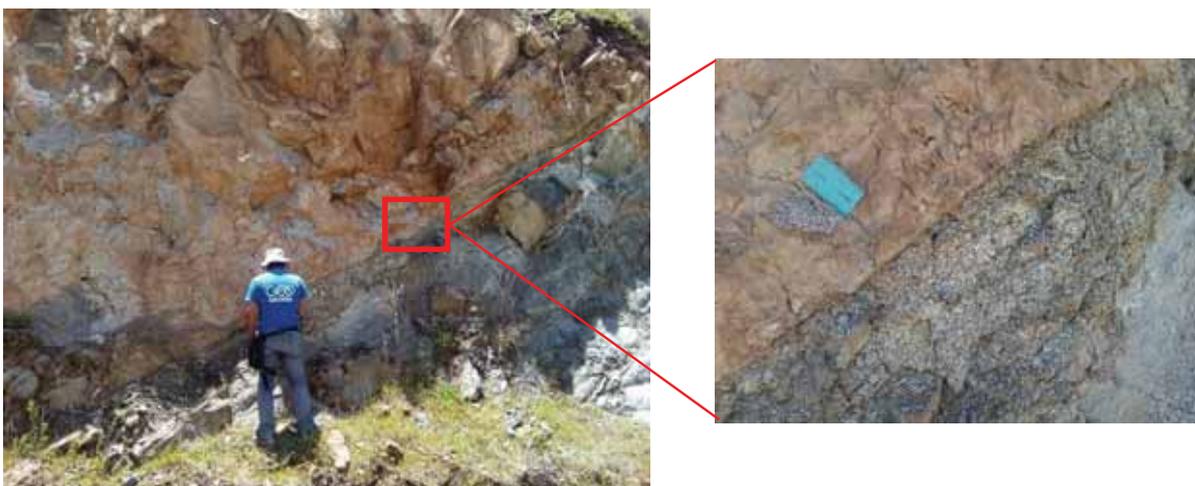


Ilustración 26: Contacto definido entre el material piroclástico (parte superior) y la roca ígnea tonalita (parte inferior). FUENTE: Propia.

Los contactos entre estos diferentes tipos de intrusiones no se encuentran bien definidos por presentar similar composición y texturas parecidas entre sí, así como la coloración que hacen difícil su diferenciación, a pesar de ello se encontraron contactos definidos (Ver ilustración N° 27),



Ilustración 27: Contacto definido entre la tonalita de Biotita (izquierda) y la granodiorita de Biotita (derecha).
FUENTE: Propia.

Las unidades de intrusivos más importantes presentes en la zona son:

- Unidad Colquemarca (Plutón Colquemarca)
- Unidad Llajua (Plutón Charamuray y Pucrucancha)
- Unidad Soñayca (subvolcánico Molle)

Se sacaron 3 muestras de mano representativas de la cantidad de intrusivos presentes con el objetivo de identificar el tipo de intrusivos, texturas, estructuras, minerales y algunas características extras como alteraciones de manera macroscópica, así mismo se realizaron 3 secciones delgadas de estas muestras con la finalidad de verificar lo visualizado macroscópicamente.

1. DETERMINACION DEL TIPO DE ROCAS IGNEAS:

1.1.MUESTRA N°01



Foto N° 28: Muestra de mano de la roca ígnea "Tonalita de biotita" para su descripción macroscópica. FUENTE: Propia.

1.1.1. Descripción Macroscópica de muestra de mano

- **Cristalinidad:** Holocristalino
- **Textura:** Fanerítica equigranular de grano medio.
- **Estructura:** Maciza.
- **Nombre:** Tonalita de biotita.

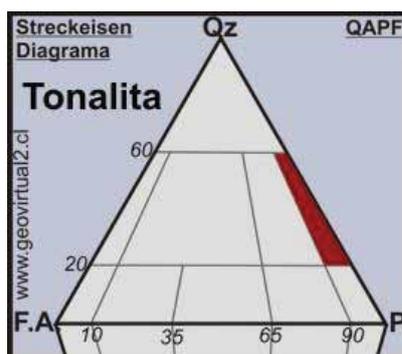


Ilustración 28: Diagrama Streckeisen QAPF para Tonalita. FUENTE: W. Griem (2016) – www.geovirtual2.cl

MINERALES	
MINERALES PRINCIPALES	%
Plagioclasas	50%
Cuarzo	30%
Feldespato Potásico	2%
MINERALES ACCESORIOS	%
Hornblenda	5%
Biotita	3%
ALTERACION	%
Limonitas	10%
Arcillas	0%

Tabla 21: Cantidad porcentual a partir de la descripción macroscópica de la muestra de mano N° 01. FUENTE: Propia.

1.1.2. Descripción Microscópica de la sección delgada IO1

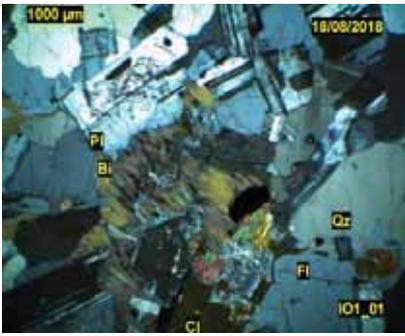
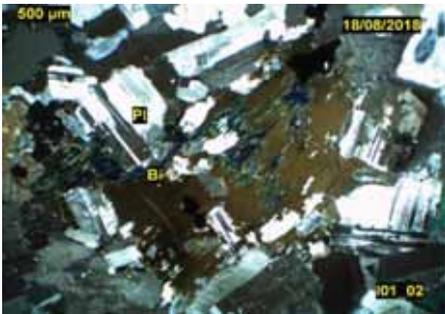
A) SECCION DELGADA IO1_01	B) SECCION DELGADA IO1_02	C) SECCION DELGADA IO1_03
		
<p>Vista: Nicoles cruzados Textura: Poikilitica Distribucion: Equigranular Forma: Subhedral Tamaño: Grano grueso Se observa la presencia de Plagioclasas en mayor cantidad, seguidas de Feldespato potásico y Cuarzo tambien en abundancia, como mineral accesorio se presenta una Biotita de cristales notables en grandes cantidades y con una leve alteración a Clorita. Determinando como roca: Tonalita de Biotita.</p>	<p>Vista: Nicoles cruzados Textura: Poikilitica Distribucion: Equigranular Forma: Subhedral Tamaño: Grano grueso Se observa la presencia de Plagioclasas en mayor cantidad, seguidas de Biotita como mineral accesorio, se presenta cristales notables en grandes cantidades y con una leve alteración a Clorita. Determinando como roca: Tonalita de Biotita.</p>	<p>Vista: Nicoles cruzados Textura: Poikilitica Distribucion: Equigranular Forma: Subhedral Tamaño: Grano grueso Se observa gran abundancia de Plagioclasas (50%) y cuarzo, asi como la presencia notable de un cristal de Hornblenda conteniendo un cristal de Plagioclasa. Determinando como roca: Tonalita de Biotita.</p>

Tabla 22: Muestra las 3 fotos de la sección delgada de la muestra N° 1 con su respectiva descripción en cada foto y la determinación del tipo de roca. FUENTE: Propia.

1.2.MUESTRA N°02



Foto N° 29: Muestra de mano de la roca ígnea “Granodiorita de biotita” para su descripción macroscópica. FUENTE: Propia.

1.2.1. Descripción Macroscópica de muestra de mano

- **Cristalinidad:** Holocristalino
- **Textura:** Fanerítica equigranular de grano medio
- **Estructura:** Maciza
- **Nombre:** Granodiorita de biotita

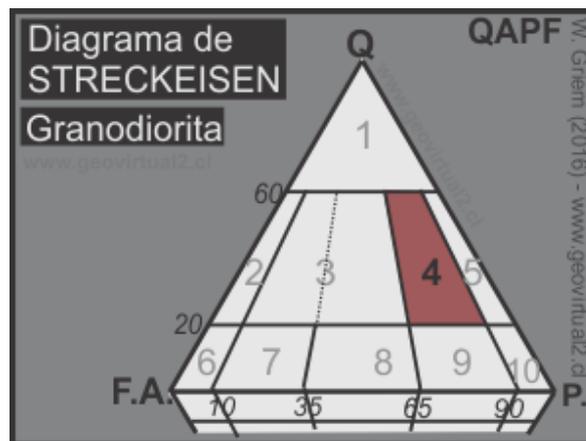


Ilustración 29: Diagrama Streckeisen QAPF para Granodiorita. FUENTE: W. Griem (2016) – www.geovirtual2.cl

MINERALES	
MINERALES PRINCIPALES	%
Plagioclasas	50%
Cuarzo	25%
Feldespatos Potásico	2%
MINERALES ACCESORIOS	%
Hornblenda	5%
Biotita	5%
ALTERACION	%
Limonitas	10%
Arcillas	0%

Tabla 23: Cantidad porcentual a partir de la descripción macroscópica de la muestra de mano N° 02. FUENTE: Propia.

1.2.2. Descripción Microscópica de la sección delgada IO2

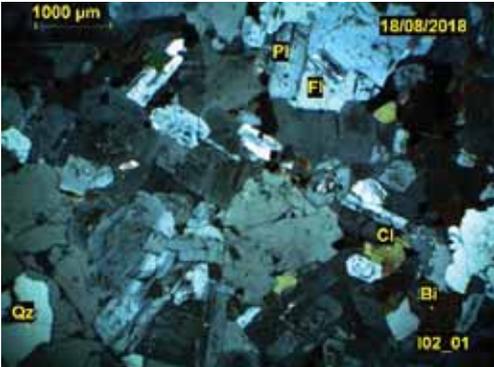
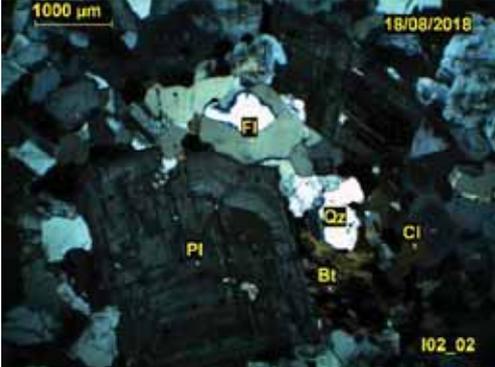
A) SECCION DELGADA IO2_01	B) SECCION DELGADA IO2_02
	
<p>Vista: Nicoles cruzados Textura: Porfídica Distribucion: Inequigranular Forma: Subhedral Tamaño: Grano medio</p> <p>Observese en la parte superior como minerales principales una plagioclasa y la presencia de un cristal grande de Feldespato Potásico, presencia de Cuarzo y como mineral accesorio en abundancia se presenta Biotita con una ligera alteracion a Clorita. Determinando como roca: Granodiorita de Biotita.</p>	<p>Vista: Nicoles cruzados Textura: Porfídica Distribucion: Inequigranular Forma: Subhedral Tamaño: Grano medio</p> <p>Observese en la parte inferior central un cristal grande de Plagioclasa zonada, la Biotita fuertemente alterada a clorita y en la parte superior central Feldespato Potásico. Determinando como roca: Granodiorita de Biotita.</p>

Tabla 24: Muestra las 2 fotos de la sección delgada de la muestra N° 2 con su respectiva descripción en cada foto y la determinación del tipo de roca. FUENTE: Propia.

1.3.MUESTRA N°03



Foto N° 29: Muestra de mano de la roca ígnea “Pórfido tonalita de biotita y hornblenda” para su descripción macroscópica. FUENTE: Propia.

1.3.1. Descripción Macroscópica de muestra de mano

- **Cristalinidad:** Holocristalino
- **Textura:** Fanerítica equigranular de grano fino
- **Estructura:** Maciza
- **Nombre:** Pórfido tonalita de biotita y hornblenda

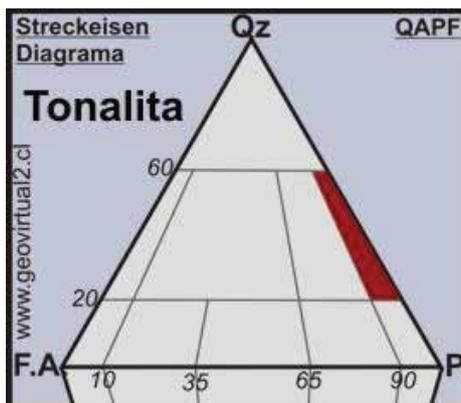


Ilustración 30: Diagrama Strecheisen QAPF para Tonalita. FUENTE: W. Griem (2016) – www.geovirtual2.cl

MINERALES	
MINERALES PRINCIPALES	%
Plagioclasas	50%
Cuarzo	20%
Feldespato Potásico	2%
MINERALES ACCESORIOS	%
Hornblenda	10%
Biotita	10%
ALTERACION	%
Limonitas	5%
Arcillas	0%

Tabla 25: Cantidad porcentual a partir de la descripción macroscópica de la muestra de mano N° 03. FUENTE: Propia.

1.3.2. Descripción Microscópica de la sección delgada IO3

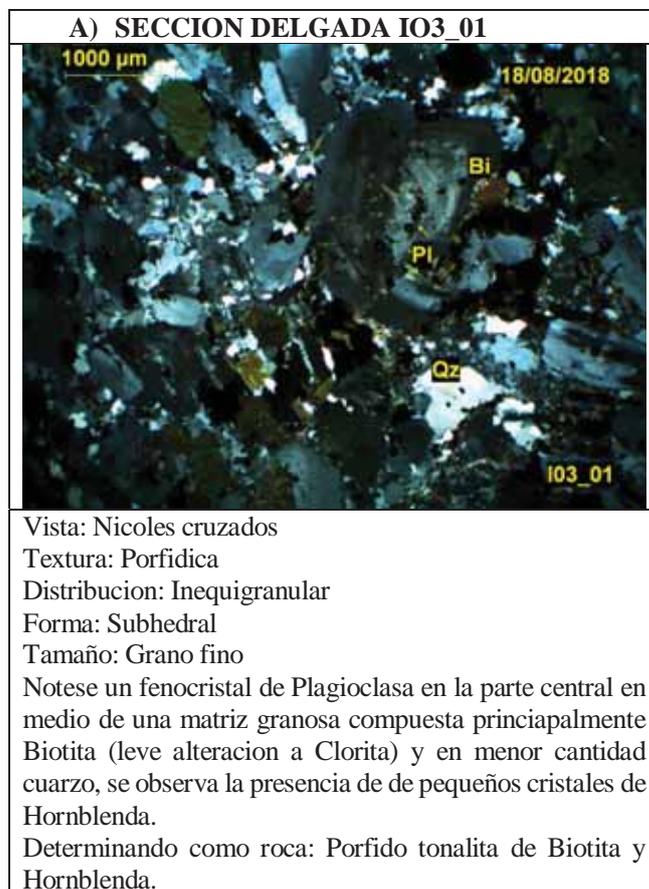


Tabla 26: Muestra la foto de la sección delgada de la muestra N° 3 con su respectiva descripción en cada foto y la determinación del tipo de roca. FUENTE: Propia.

2. ANALISIS DE LOS INTRUSIVOS EN LA C.C. PAYCAMA COLLANA

2.1. Tonalita

El cuerpo plutónico que compone gran parte del Plutón Colquemarca está formado por tonalita, según datos de campo se data de una edad posterior al gabro que se encuentra en la base del Plutón, está según las dataciones radiométricas pertenecen al Paleoceno (65 Ma) y a las primeras pulsaciones del Batolito Andahuaylas-Yauri, en la zona este intrusivo inicial se encuentra cubierto por la tonalita y se observan pequeños afloramientos metamorfizados.

Este intrusivo cubre por completo la zona de estudio y abarca una gran extensión, afectando al gabro y cortando toda la secuencia sedimentaria, así mismo es cortado por secuencias más

recientes de Diorita y se evidencia esto ya que las dioritas poseen Xenolitos de Tonalita euhedrales lo que nos indica que no tuvo mucho transporte seguido de un enfriamiento rápido.

Este intrusivo tuvo 2 fases visibles en el área de estudio, estas son: el pórfido tonalita de Biotita y Hornblenda y la tonalita de Biotita (Ver Tabla N° 26 y N°22 respectivamente).



Foto N° 30: Presencia de 2 fases de la misma roca ígnea “tonalita” (el pórfido tonalita de Biotita y Hornblenda y la tonalita de Biotita) como xenolitos dentro de los piroclastos. FUENTE: Propia.

El pórfido tonalita de biotita y hornblenda corresponde a la fase temprana del Batolito Andahuaylas-Yauri, debido a la cercanía de la cámara magmática los cristales no se desarrollaron adecuadamente por lo que presenta grano fino con textura porfirítica debido a la presencia de plagioclasas y biotitas con cristales grandes corresponde a fases iniciales de intrusión, y es por ello su ubicación cercana al gabro, cabe resaltar el metamorfismo que esta sufrió así como la alteración de sus ferromagnesianos.

Los minerales esenciales son plagioclasas en un porcentaje de 50%, cuarzo 20% y como principal mineral accesorio se tiene la hornblenda y biotita con magnetismo de origen magmático (Ver tabla N° 25), en primer término, la hornblenda se presenta de color verde azulado y en forma prismática euhedral, la biotita es común en todas las muestras, se presenta de color marrón rojizo en forma de cristales y hojuelas, y con textura poikilítica bien desarrollada.



Ilustración 31: Pórfido tonalita de biotita y hornblenda con presencia de estos 2 minerales bastante visibles así como un leve metamorfismo. FUENTE: Propia.

La tonalita de biotita corresponde a la fase intermedia del Batolito Andahuaylas-Yauri, y es la que cubre la mayor parte de este y de la C.C. Paycama Ccollana, es la intrusión más grande presente en el área y se encuentra en la parte central y sur cortando los intrusivos anteriores y metamorfizándolos, es así que se visualizan xenolitos de estas rocas dentro de la tonalita de biotita.



Foto N° 31: Metamorfismo bastante visible en la tonalita de biotita. FUENTE: Propia.

La tonalita de biotita presenta una granulometría gruesa con una textura poikilítica, compuesta esencialmente por plagioclasas que presenta sodio y calcio en su

composición química en un 50%, presentando cuarzo en un 30% con minerales accesorios como hornblendas y en mayor cantidad biotitas (Ver tabla N° 21).



Foto N° 32: Venillas de feldespato potásico y cuarzo con un halo de alteración de albita. FUENTE: Propia.

Presenta biotita secundaria, clorita y sericita como minerales producto de una alteración hidrotermal. Esta se encuentra cortada por venillas gruesas de feldespato potásico y cuarzo que forman un halo de alteración que posiblemente sea albita, no se observa mineralización económica asociada a estas venillas, también se encuentra cortada por diques de composición de granodiorita de biotita de hasta 1m que cortan dicha roca.



Foto N° 33: Diques de granodiorita cortando se manera sub-vertical la tonalita de biotita. FUENTE: Propia.

2.2. Diorita

En la C.C. Paycama Ccollana hacia el noroeste y oeste se encuentran afloramientos muy pequeños de diorita que se cree que son propias de los últimos pulsos del Batolito de Apurímac. Estas constituyen la intrusión más reciente del área de estudio correspondiente a las intrusiones con mayor potencial para la mineralización.

Este cuerpo aflora en forma de stock que cortan las secuencias de tonalita esto se evidencia por los Xenolitos de Tonalita que esta presenta que son euhedrales los que nos indica que no tuvo mucho transporte debido a un enfriamiento brusco.



Foto N° 34: Xenolitos euhedral del pórfido tonalita de biotita y hornblenda dentro de la roca ígnea Granodiorita de biotita.

FUENTE: Propia.

Este pulso magmático es el más importante ya que contiene mineralización en forma de vetas con presencia de Au en mayor cantidad, Ag y Pb en menores cantidades. El tamaño de los granos es inequigranular con abundante desarrollo de ferromagnesianos, esta roca en la C.C. Paycama Ccollana está definida como Granodiorita de Biotita, debido a la textura y tiende a tener un comportamiento propio de un sistema porfirítico debido a su textura.

Los minerales esenciales son plagioclasas, en un porcentaje de 50%, cuarzo 25% y como principal mineral accesorio tenemos las hornblendas y biotitas con magnetismo de origen hidrotermal (Ver tabla N° 22), en primer término, la biotita es común en todos los

afloramientos, se presenta de color marrón rojizo, en forma de cristales y hojuelas, y con textura porfirítica bien desarrollada.

En este intrusivo se ha podido observar biotitas secundarias, producto de la alteración hidrotermal de la Hornblenda y de algunas biotitas primarias que se encontraban en grandes cantidades, presenta venillas de feldespato potásico finas y gruesas, que evidencian una ligera alteración potásica; en este intrusivo también se observan venillas de sericita diseminada reemplazando feldespatos plagioclasas; se observa también cloritas reemplazando biotitas; finalmente se observan intenso venilleo de cuarzo que en la mayoría de caso se encuentra asociada a vetas mineralizadas acompañado de óxidos de hierro (FeO), sulfuros y Au diseminado.



Foto N° 35: Veta de Cuarzo, óxidos de hierro (FeO), sulfuros, Au diseminado con un halo de alteración argílica (arcillas).

FUENTE: Propia.

CAPÍTULO VII

MINERALOGÍA

La zona de estudio se ubica en la Franja de Pórfidos - Skarn de Cu-Mo (Au-Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno (Franja XV), Esta franja se ubica entre la cordillera occidental y el altiplano de los departamentos de Ayacucho, Cusco, Apurímac y Puno la mineralización está ligada a los granitos dioríticos, granodioritas y tonalitas del batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno.

La mineralización está íntimamente ligado a un control estructural constituyendo relleno de fallas y fracturas, donde observa ensamble mineralógico como cuarzo-sericita-calcita-oro (alteración fílica), así como la presencia de limonitas debido a la oxidación de sulfuros primarios.

Las vetas tienen una alineación preferencial al SE y con un buzamiento de 65° NO, en las labores artesanales se han identificado sistemas de vetas constituidas por una veta principal con ramales y sigmoides, la mayoría de las vetas obedecen a una misma dirección en rumbo y buzamiento con dirección preferencial andina (NO-SE).

1. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LAS VETAS

Las vetas están compuestas básicamente de cuarzo y sulfuros, pero el cuarzo varía de blanco lechoso a un tono grisáceo, el sulfuro más abundante es la pirita donde se presenta en venillas en forma diseminada y en patch, la presencia de oro nativo o libre es frecuente en partes más intemperizadas relacionadas a cuarzo gris con textura crustiforme.

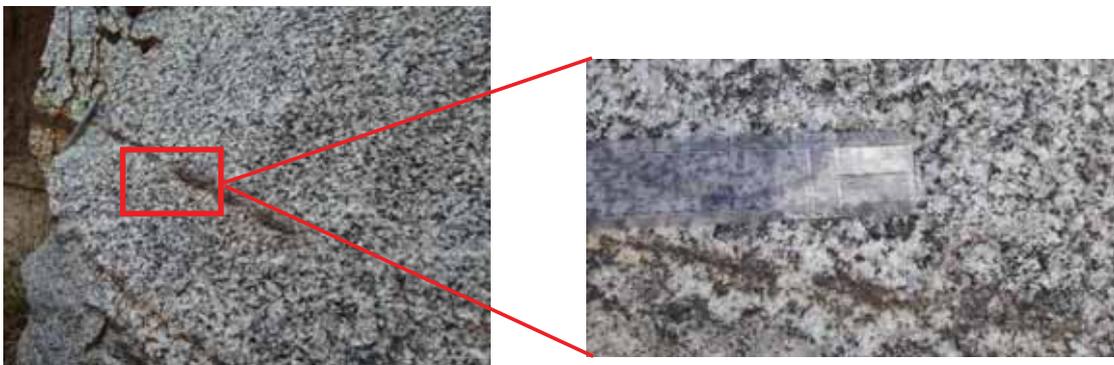


Ilustración 32: Venilla de pirita diseminada y en patch con presencia de oxidación. FUEENTE: Propia.

El cuarzo blanco lechoso es el más abundante en las zonas estériles y la ocurrencia de cuarzo grisáceo está asociado a zonas con mayor potencial aurífero.



Foto N° 36: Veta de Cuarzo, óxidos de hierro (FeO), sulfuros, Au diseminado con un abundante halo de alteración argílica (arcillas). FUENTE: Propia.

Se realizó análisis de Espectrometría por Emisión de Plasma (ICP) para la determinación de elementos totales, así como geoquímica de elementos generales (35 elementos). De igual manera se realizó el ensayo de oro por fuego MS41L con la finalidad de obtener valores más reales sobre el contenido de Au que existe en la zona. (Ver anexos, ilustración N° 33 y N° 34).

	Au	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	La	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sb	Sc	Sr	Th	U	V	W	Zn	Zr
Au	1.00																												
Ag	-0.09	1.00																											
As	-0.10	1.00	1.00																										
Ba	-0.15	-0.17	-0.19	1.00																									
Be	-0.10	-0.08	-0.06	-0.64	1.00																								
Bi	0.16	-0.40	-0.42	0.72	-0.53	1.00																							
Cd	-0.10	1.00	1.00	-0.18	-0.08	-0.41	1.00																						
Co	-0.09	1.00	1.00	-0.19	-0.07	-0.41	1.00	1.00																					
Cr	0.10	0.77	0.80	-0.38	0.22	-0.42	0.80	0.80	1.00																				
Cu	-0.08	0.99	0.99	-0.29	0.00	-0.50	0.99	0.99	0.82	1.00																			
Fe	-0.07	0.98	0.99	-0.16	-0.14	-0.41	0.99	0.99	0.80	0.98	1.00																		
Ga	0.05	0.03	-0.01	0.69	-0.75	0.62	0.00	-0.01	-0.25	-0.07	-0.02	1.00																	
La	0.07	-0.58	-0.61	0.20	0.26	0.59	-0.62	-0.61	-0.47	-0.63	-0.69	0.17	1.00																
Li	-0.01	0.91	0.92	-0.40	0.12	-0.50	0.92	0.92	0.82	0.94	0.91	-0.16	-0.53	1.00															
Mg	-0.35	0.31	0.30	-0.10	0.41	-0.26	0.30	0.30	0.26	0.29	0.22	-0.20	0.02	0.28	1.00														
Mn	0.10	-0.11	-0.15	0.73	-0.72	0.49	-0.14	-0.15	-0.49	-0.20	-0.12	0.74	0.09	-0.33	-0.44	1.00													
Mo	-0.08	1.00	1.00	-0.15	-0.11	-0.37	1.00	1.00	0.79	0.98	0.99	0.04	-0.60	0.92	0.27	-0.11	1.00												
Ni	-0.08	0.94	0.94	-0.10	-0.10	-0.27	0.94	0.95	0.79	0.92	0.92	0.04	-0.53	0.81	0.34	-0.14	0.93	1.00											
P	0.33	-0.37	-0.40	0.55	-0.41	0.86	-0.40	-0.40	-0.36	-0.45	-0.40	0.68	0.67	-0.39	-0.37	0.53	-0.36	-0.31	1.00										
Pb	-0.10	1.00	1.00	-0.18	-0.07	-0.42	1.00	1.00	0.80	0.99	0.99	-0.01	-0.62	0.92	0.30	-0.15	1.00	0.94	-0.41	1.00									
Sb	-0.09	1.00	1.00	-0.18	-0.08	-0.42	1.00	1.00	0.79	0.99	0.99	0.00	-0.62	0.92	0.29	-0.14	1.00	0.94	-0.40	1.00	1.00								
Sc	0.44	-0.01	-0.03	0.07	-0.13	0.41	-0.04	-0.03	0.10	-0.02	-0.04	0.38	0.39	0.05	-0.45	0.30	-0.01	0.05	0.71	-0.04	-0.04	1.00							
Sr	-0.21	0.55	0.53	0.00	0.35	-0.13	0.52	0.51	0.41	0.50	0.44	0.04	0.16	0.53	0.50	-0.20	0.53	0.44	0.00	0.52	0.52	0.01	1.00						
Th	0.23	-0.47	-0.49	0.70	-0.45	0.87	-0.49	-0.49	-0.39	-0.55	-0.45	0.59	0.59	-0.48	-0.37	0.54	-0.44	-0.41	0.92	-0.49	-0.49	0.56	-0.12	1.00					
U	0.16	-0.20	-0.23	0.66	-0.48	0.85	-0.23	-0.23	-0.29	-0.30	-0.23	0.75	0.59	-0.27	-0.26	0.57	-0.18	-0.10	0.94	-0.23	-0.23	0.63	0.12	0.87	1.00				
V	-0.30	0.83	0.83	-0.22	-0.11	-0.61	0.83	0.83	0.50	0.84	0.83	-0.08	-0.79	0.66	0.25	-0.08	0.81	0.76	-0.67	0.84	0.83	-0.37	0.27	-0.73	-0.50	1.00			
W	0.08	-0.22	-0.25	0.60	-0.77	0.72	-0.25	-0.25	-0.52	-0.31	-0.26	0.87	0.26	-0.40	-0.34	0.76	-0.21	-0.17	0.66	-0.25	-0.25	0.33	-0.30	0.55	0.70	-0.22	1.00		
Zn	-0.10	1.00	1.00	-0.18	-0.07	-0.42	1.00	1.00	0.80	0.99	0.99	-0.01	-0.61	0.92	0.31	-0.15	1.00	0.94	-0.41	1.00	1.00	-0.04	0.53	-0.49	-0.23	0.83	-0.25	1.00	
Zr	-0.25	0.54	0.53	0.11	0.15	-0.03	0.53	0.54	0.44	0.49	0.46	0.02	-0.03	0.33	0.64	-0.19	0.51	0.72	-0.14	0.54	0.52	-0.05	0.54	-0.24	0.07	0.43	-0.15	0.54	1.00

Tabla N° 26: Coeficiente de correlación de Pearson a partir de los análisis químicos realizados. FUENTE: Propia.

El valor del índice de correlación (r) varía en el intervalo (1, -1), indicando el signo el sentido de la relación.

- Si $r=1$ existe una correlación positiva perfecta, el índice representa una dependencia total de las muestras
- Si $0 < r < 1$ existe una correlación positiva
- Si $r=0$ indica que no existe una relación lineal
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa
- Si $r = -1$ existe una correlación negativa perfecta

Según el cuadro anterior se observa que en la zona de estudio existen valores con una correlación positiva perfecta como el Cu y la Ag que generalmente van asociados y tienen similitudes en los ensambles de estos. El Pb y el Mo también tienen una relación positiva perfecta. El Au no posee ninguna correlación perfecta con ningún otro elemento debido a sus altos valores, además por encontrarse como Au grueso.

Esta información nos ayuda a determinar asociaciones favorables y que son guías para encontrar minerales de interés económico.

1.1. Texturas de veta

La textura dominante en los sistemas de vetas de la C.C. Paycama Ccollana es la textura primaria de precipitación.

Las texturas de precipitación se depositaron en espacios abiertos que generaron las fallas y fracturas que se formaron debido al fuerte tectonismo activo en la zona, el cuarzo y la pirita son minerales primarios que precipitan en estos espacios, se observa crecimiento de minerales de cuarzo desde las paredes al centro de la estructura y en la parte central se observa limonitas que se formaron a partir de la oxidación de minerales primarios como pirita y calcopirita.



Foto N° 37: Textura bandeada y crustiforme en una veta mineralizada. FUENTE: Propia.

1.2. Alteración hidrotermal

Debido a los procesos hidrotermales ocurridos, las rocas encajonantes han sido afectadas en relación al fluido mineralizador y al intenso fracturamiento de la roca que fue ocasionado por procesos tectónicos y estructurales, estas zonas de debilidad estructural son las que facilitaron la circulación de líquidos y gases con su consecuente alteración.

La alteración de las rocas caja no es muy amplia en extensión horizontal abarca aproximadamente de 1-3 m, formando aureolas hacia ambos lados de la estructura

El ancho de estas alteraciones generalmente está ligada a la potencia de las vetas, es así que a mayor ancho mayor alteración, adicionalmente también se observan alteraciones mayores a 2 metros en zonas de ramificación (Split), a continuación, mencionaremos las alteraciones observadas en el sistema de vetas Paycama Ccollana.

1.2.1. Argilización

Es la alteración más abundante ya que las principales rocas encajonantes son granodioritas y tonalitas que están formados por feldespatos sódicos y cálcicos, que por procesos de lixiviación estos tienden a formar arcillas.

La argilización de las rocas encajonantes que están en contacto con las estructuras con circulación de fluidos hidrotermales continuos o “feather” ocurren a 200°C – 150°C y pH (4) aproximadamente esto genera que la alteración argílica en los halos de las estructuras sea más intensa que la alteración argílica mas distal ya que estas se formaron por lixiviación y con temperaturas de ambiente con un PH cercano a (7).



Foto N° 38: Veta con abundantes arcillas y sericita (argilización). FUENTE: Propia.

1.2.2. Silicificación

Esta alteración es poco observada en las rocas cajas, en los puntos que se observa la alteración está asociado a pirita lo que nos da un rango aproximado de ocurrencia entre los 300°C-500°C y PH (2), la intensidad de esta alteración es selectivamente pervasiva. Su ocurrencia se da principalmente en la Granodiorita de Biotita. Estas vetas de cuarzo

no superan un ancho de 10cm, y no presentan halo de alteración debido a que el cuarzo cristaliza como criptocristalino.



Foto N° 39: Venilla de cuarzo criptocristalino con abundante fracturamiento. FUENTE: Propia.

2. GÉNESIS Y TIPO DE YACIMIENTO

Los cuerpos vetiformes han sido producto de soluciones hidrotermales, estas soluciones hidrotermales mineralizaron los controles estructurales de dirección preferencial de N30 – N45 tanto fallas como fracturas que se formaron con anterioridad debido a los procesos de máxima deformación (σ_1) que son de E-W, los minerales asociados incluyen Pirita, Cuarzo blanco y ahumado, limonitas, Etc.

Las vetas tienen un carácter epigenético de origen primario con temperaturas de formación epitermales (250 °C aproximadamente). Los fallamientos asociados a la mineralización son complejas y son producto de sucesivas reactivaciones que se han suscitado a través de miles de años, es así que las fallas principales que tenemos en el área de estudio son: Falla Regional Normales Sinistral Choquechampi (NNE-SSO) esta es de gran extensión y potencia alcanzando de largo más de 20 Km y un ancho de más de 20 m y fallas inversas dextrales E-O Unupulla y Paycama, la primera que alcanzan longitudes de 9 Km y un ancho aproximado de 5 m y la segunda que se proyectan más de 12 km y un ancho de 5m.

El arreglo estructural de estas fallas forman una zona elevada a modo de un Horst y los movimientos dextrales favorecen a la formación de las estrías (carcavamiento ígneo) con una dirección de N170, estos movimientos dextrales permitieron la apertura de fracturas que más tarde serían rellenadas por fluidos hidrotermales conteniendo Au, cuarzo, pirita, calcopirita; se observa que la mineralización es puntual con ubicación preferencial en las zonas más someras con comparativa con la profundidad donde se observa una clara alternancia entre minerales económicos y minerales de baja ley, este comportamiento nos indica que se observa mayor mineralización en las zonas con mayor alteración argílica esto podría suceder gracias a que el agua que es el principal agente de alteración en la zona habría lixiviado las vetas separando así el oro y entrampándolos en las arcillas generadas por la alteración de las plagioclasas, la mineralización está enteramente controlada estructuralmente.

RESULTADOS

1. Del Cretácico hasta la actualidad se produjeron fases tectónicas que modificaron el relieve del territorio peruano hasta como lo observamos hoy en día, estos efectos tectónicos se produjeron en 3 fases:
 - Fase Peruana que se caracterizó por el levantamiento de la cuenca peruana y se produjo a finales del Cretácico Superior se evidencia estos esfuerzos compresionales en los estratos deformados de las formaciones Hualhuani, Murco y Arcurquina que tienen dirección NW-SE, así mismo se generan cabalgamiento y deformaciones en la formación Arcurquina obteniendo una potente estratificación de calizas en el área de estudio.
 - Fase Inca denominada la fase más importante del ciclo andino y que se desarrolló entre el Eoceno y Oligoceno es responsable de la existencia del Batolito Andahuaylas – Yauri que se generó durante un evento de subducción que desencadenó en el acortamiento de la corteza propio de la orogenia Inca es por ello que a finales del Eoceno y Oligoceno temprano durante la subducción en los andes centrales se sugiere que el emplazamiento del Plutón Colquemarca tuvo lugar en un corredor de inflexión en la zona de subducción que coincide con la posición actual de la deflexión de Abancay y por lo tanto del Batolito Andahuaylas-Yauri. En el análisis tectónico se concluye que el Plutón Colquemarca se emplaza durante el Paleoceno (Fase Inca) (Perello, Carlotto, Furter, & Muhr, 2003), como parte del batolito Andahuaylas-Yauri, y es probablemente el pulso que generó los fluidos hidrotermales que transportaron minerales económicos a niveles más someros rellenando estas fracturas y fallas.
 - Fase Quechua donde se produce un aceleramiento de subsidencia entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana originando el máximo levantamiento de la cordillera de los andes, los plegamientos y deformación de los materiales debido a las diversas etapas de compresión y/o distensión, esta fase se desarrolló durante el Mioceno Superior y el Plioceno, considerada por ello una fase compresiva generando en la zona 2 fallas importantes (Falla Paycama y Falla Unupulla) debido al control estructural que ejercen sobre la mineralización. Estas fallas van de E – W respecto a su rumbo y tienen un movimiento dextral, este movimiento cumple un papel muy importante ya que estos movimientos generan estructuras favorables para la circulación de fluidos hidrotermales portadores de mineralización cortando el “Cerro Choqechampi” de NW – SE a manera de

surcos (estrías de ambiente extensional), estas fallas inicialmente se comportaron de una manera “Inversa” esto se evidencia en la deformación de las calizas y areniscas de la formación Arcurquina y Hualhuani respectivamente generando una depresión limitada por estas 2 fallas denominados “HORST”, posterior a este evento se evidencia una reactivación de estas fallas con un movimiento “Sinestral” que afecta parte del Plutón Colquemarca generando estructuras favorables para la mineralización.

Por todo lo antes mencionado en el análisis tectónico se concluye que el Plutón Colquemarca se emplaza durante el Paleoceno (Fase Inca), como parte del batolito Andahuaylas-Yauri, y es probablemente el pulso que generó los fluidos hidrotermales que transportaron minerales de Cu, Ag y Pb a niveles más someros rellenando estas fracturas y fallas. Mientras que la mineralización de Au probablemente pertenezca al Mioceno Superior (Fase Quechua) controlada por las fallas Paycama y Unupulla.

2. En el análisis estructural se concluyó que existen 3 principales fallas, la falla Choquechampi es de un comportamiento normal-dextral evidenciado por las estrías de falla y por el relieve que controla la sedimentación hacia el Este de la C.C. Paycama Ccollana, este a su vez genera fallas perpendiculares que son la falla Paycama, estas probablemente hayan tenido un movimiento inverso-dextral asumiendo los máximos esfuerzos en el Software Faulting. El enjambre de vetas genera a menudo Jogs (zonas de mayor ley de Au), por lo que los clavos mineralizados se encontrarían mayormente entre las estrías sub perpendiculares generadas por la interacción de las fallas Paycama y Unupulla estos datos fueron analizados en el Software Tectonic. Estos clavos mineralizados en vetas tienen dirección andina (NW-SE) con dirección preferencial N30-N45 y un buzamiento de 70°-75° con potencias considerables de hasta 2m., la mayoría emplazadas en fallas normales en estructuras en echelon y bends.
3. La mineralización obedece al arreglo estructural antes mencionado, emplazándose en las estructuras tensionales generados por las fallas Unupulla y Paycama, la mineralización consta de Cuarzo, Calcita, Oro, Óxidos de Fe (limonitas) y Arcillas. La mineralización de Au que es el mineral principal se encuentra asociado a las limonitas y al Cuarzo y con halos de alteración argílica.

4. La deposición de Au en vetas superficiales está relacionada probablemente a fluidos tardíos del último pulso del Plutón Colquamarca correspondiente a la granodiorita de biotita como señala el estudio de secciones delgadas, mientras que la mineralización de Ag y Pb es mínima debido probablemente a su origen con el pórfido tonalita de biotita y hornblenda el cual es uno de los primeros pulsos del Plutón Colquamarca.

CONCLUSIONES

1. Primera. - Se determinó que la falla Choquechampi se formó durante la fase peruana (65 Ma) controlando la mayor sedimentación hacia el Este de la C.C. Paycama Ccollana. La fase Inca (59-55 Ma) fue la responsable del emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri (Plutón Colquemarca), también tuvo lugar la fase quechua la cual origino las fallas Paycama y Unupulla con dirección NO-SE.
2. Segunda. - Se identificó que la falla regional Choquechampi es el principal control estructural de las rocas sedimentarias limitando su emplazamiento en dicha dirección mientras que las fallas Paycama y Unupulla fueron las principales responsables de las vetas mineralizadas de Au en dirección NO-SE.
3. Tercera. - Se correlacionó el ambiente de formación de la mineralización económica el cual fue un ambiente distensivo responsable de la depositación de Au en vetas superficiales relacionada probablemente a fluidos tardíos del ultimo pulso del Plutón Colquemarca correspondiente a la granodiorita de biotita, mientras que la mineralización de Ag y Pb es mínima debido a su origen con el pórfido tonalita de biotita y hornblenda.
4. Cuarta. - Se propuso que los clavos mineralizados se encuentran en vetas con dirección andina (NO-SE) con dirección preferencial N30-N45 y un buzamiento de 70°-75° con potencias considerables de hasta 2m., la mayoría emplazadas en fallas normales en estructuras en echelon y bends. El enjambre de vetas genera a menudo Jogs (zonas de mayor ley de Au), por lo que los clavos mineralizados se encontrarían mayormente entre las estrías generadas por la interacción de las fallas Paycama y Unupulla.
5. Finalmente a partir del análisis secuencial se determinó que la secuencia tectónico-estructural que origino el Plutón Colquemarca se produjo durante el Paleoceno bajo condiciones transpresionales controlada por sistemas fallas de Urcos-Sicuani-Ayaviri (USA), Cusco-Lagunillas-Mañazo (CLM), Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condorama-Caylloma, teniendo mayor mineralización de Cu-Mo (Au) relacionada a intrusivos intermedios y ácidos, como es el caso del Plutón Colquemarca controlado localmente por las fallas Paycama y Unupulla (dirección andina NO-SE).

RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en el análisis tectónico-estructural se determinaron las siguientes recomendaciones:

1. Explorar mediante mallas geoquímicas de suelos disminuyendo el espacio entre muestra y muestra para una mayor precisión de los resultados.
2. Realizar datación geocronológica de las fallas para determinar su edad de exacta.
3. Realizar estudios detallados en las zonas altas (entre estrías) ya que son las direcciones más favorables para la mineralización de Au.
4. Realizar estudios estructurales y exploración geológica hacia el Norte y Sur del área de estudio para comprender de mejor manera el comportamiento del Plutón Colquemarca y la mineralización presente.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ✓ Acosta, J., & Chirif, H. (2013). *Modelos de yacimientos y metalogenia del Perú*. Lima: INGEMMET.
- ✓ Guevara, N. (2014). *Formacion y distribucion de yacimientos minerales*. Lima: Desconocido.
- ✓ Haakon, F. (2010). *Structural Geology*. Cambridge: The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK.
- ✓ Jr., D. J. (1960). *Zonas de Vida Natural en el Perú*. Lima: Desconocida.
- ✓ McLaughlin, D. B. (July 1924). Some results of a spectrographic study of the Algol system. *Astrophysical Journal*, 60, 22-31 (1924), 60 (22-23).
- ✓ Meinert, L. (1993). Skarn and Skarn deposits. *Geosciende Canada v. 19, no. 4*, 145-162.
- ✓ METALURGICO, I. G. (1995). *GEOLOGIA DEL PERU-BOLETIN 55*. Lima: Fimart S.A.
- ✓ O. Palacios; A. Sanchez; F. Herrera. INGEMMET. (1995). *Geologia del Peru*. Lima, Perú: Fimart S.A.
- ✓ Pecho Gutiérrez, V. (1981). *Geologia de los cuadrangulos de Challhuanca, Antabamba y Santo Tomás*. Lima, Perú: Fimart S.A.
- ✓ Perello, J., Carlotto, V., Furter, N., & Muhr, R. (2003). Porphyry Style Alteracion and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri belt. *Economic Geology, Vol 98*, 1575-1605.
- ✓ Portilla, M. (2014). *Exploracion Geológica del Proyecto DOLORES, comunidad Yanque, Distrito de Colquemarca, Provincia de Chumbivilcas, Departamento del Cusco*. Arequipa: UNSA.
- ✓ Pulgar, J. (1938). *Las ocho regional del Perú*. Lima: Desconocida.

- ✓ R. Rivera, J. Acosta, A. Bustamante, E. Villarreal, A. INGEMMET. (2012). *Metalogenia del Batolito Andahuaylas-Yauri y sus implicancias en la exploración de Porfidos de Cu-Au*. Lima: INGEMMET.
- ✓ Rivasplata Melgar, V. (2018). *Geologia Estructural aplicada a la exploracion minera*. Lima: Desconocido.
- ✓ Rivera, H. (2011). *Geologia General*. Lima: Megabyte.
- ✓ Vargas, L., Pérez, V., De La Cruz, C., Pajares, C., Castañeda, D., Aguilar, P., Pascual, O., INGEMMET. (2017). *Prospección Geoquímica de Segunda Fase en la Cuenca Superior de la Margen Izquierda del Rio Apurímac*. Lima: Fimart S.A.
- ✓ Weise, S. (2003). *The Andahuaylas-Yauri belt of southeastern Peru and its extension to the Chilean porphyry copper province*. TU Bergakademie Freiberg, Germany: Department of Economic Geology and Petrology.

LISTADO DE ANEXOS

1. LISTA DE DATOS DE ANALISIS GEOQUIMICOS



ALS Perú S.A.
Calle 1 LT-1A Mz-D, esq. Calle A
D9b. Industrial Socabegre Callao 01
Lima
Phone: +51 (1) 574 5700 Fax: +51 (1) 574 0721
www.alsglobal.com/geochemistry

Page: 1
Total # Pages: 2 (A - G)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 30-JUN-2018
Account: DEVIRO

CERTIFICATE LI18135836

This report is for 15 Rock samples submitted to our lab in Lima, Peru on 18-JUN-2018.
The following have access to data associated with this certificate:
DAVID P. DE VICTORIA RODRIGUEZ

SAMPLE PREPARATION	
ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOC-22	Sample login - Rcd w/o BarCode
CRU-OC	Crushing QC Test
CRU-31	Fine crushing - 70% < 2mm
PUL-OC	Pulverizing QC Test
SPL-21	Split sample - riffle splitter
PUL-31	Pulverize split to 85% < 75 um

ANALYTICAL PROCEDURES		
ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-ICP41	35 Element Aqua Regia ICP-AES	ICP-AES
Au-AA25	Ore Grade Au 30g FA AA finish	AAS
ME-MS41L	Super Trace Lowest DL AR by ICP-MS	
Ag-AA61	Trace Ag - four-acid digestion	AAS
Au-ICP21	Au 30g FA ICP-AES Finish	ICP-AES

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.
***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature: 

Rene Mamani, Laboratory Manager, Peru

Ilustración 33: Certificado emitido por ALS Perú S.A. de 15 muestras para análisis geoquímicos. FUENTE: Propia.