

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LAS LITOLOGÍAS DE LA UNIDAD PLAN DEL OSO

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA GEÓLOGA**

NATHALY CAROLINA CODENA GUALLASAMÍN

nathaly.codena@epn.edu.ec

DIRECTOR: PhD. FABIÁN MARCELO VILLARES JIBAJA

fabian.villares@epn.edu.ec

Quito, febrero 2024

CERTIFICACIONES

Yo, NATHALY CAROLINA CODENA GUALLASAMÍN declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

NATHALY CAROLINA CODENA GUALLASAMÍN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por NATHALY CAROLINA CODENA GUALLASAMÍN, bajo mi supervisión.

PhD. FABIÁN MARCELO VILLARES JIBAJA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

NATHALY CAROLINA CODENA GUALLASAMÍN

PhD. FABIÁN MARCELO VILLARES JIBAJA

DEDICATORIA

A mi familia, mi mamá, mi abuelita, y mi hermana, por ser ese apoyo que siempre estuvo presente durante todos estos años, por hacerme un mejor ser humano, y por darme alas y libertad para cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A mi mami, por enseñarme a ser valiente y resiliente, por creer en mí, por siempre darme alas para seguir soñando, y por apoyarme en mis ideas y aventuras más locas. Te amo y te agradezco con todo mi ser.

A mi Abuelita, por inculcar en mí, sus conocimientos sobre la vida y la naturaleza. Por cuidarme y protegerme, por enseñarme que se puede ser luz y dar amor aún en los momentos más difíciles de la vida.

A mi abuelito Ricardo, por enseñarme a ser honesta y responsable. Por cuidar de mí, por estar presente en mi vida hasta el último momento.

A mi pequeña Viki por inspirarme a ser mejor persona, y ayudarme a volver a mi niña interior cada que lo necesito. Te quiero mucho pequeña.

A mi Mimicos, por acolitarme y escucharme cuando lo necesitaba, por todas las risas y por todos los llantos que compartimos. Gracias por compartir conmigo todos estos años.

A mis amigos del Club de Andinismo Politécnico, por todas las aventuras y enseñanzas aprendidas en el cerro, por todas las risas y recuerdos. Que la montaña siempre nos una y nos de la libertad de vivir el presente.

A mis compañeros de la facultad Britany, Manuel, Pancho, José, Anahi, Dianita, quienes hicieron más ameno el tiempo que compartimos en la facultad y las salidas de campo. Y en especial a Joha, quien estuvo presente cada que lo necesite y crecimos juntas desde el inicio de la carrera.

A mi pequeño Haku y mi pequeño Pipo, por todas las noches que se quedaron junto a mi estudiando, por todo el cariño y la felicidad que me da su existencia.

Al Grupo Minero Bonanza y al Ing. Patricio Aguilar, por darme la oportunidad de tener una de mis primeras experiencias laborales y a mis amigos los misioneros (Marco, Jhon, Gabo, Chava, Ernesto, y David) por ser tan acolites, compartirme sus conocimientos sobre exploración, tenerme paciencia y hacerme reír.

A Condormining, por permitirme realizar el muestreo de las rocas para este proyecto en el sector de Chinapintza, en las concesiones del campamento Prometedor y por los conocimientos adquiridos.

Al Dr. Thomas Kretshman y al Dr. Enrique Iñiguez por permitirme realizar los análisis de DRX en los laboratorios especializados del Centro de Investigación científica y educación superior de Ensenada CICESE, y por todos los conocimientos transmitidos durante mi estadía en México.

A todos los profesores del departamento de Ingeniería en Geología que supieron transmitirme sus conocimientos y su pasión por la geología en especial al Profe Bernado Beate y la Msc. Viviana Valverde, quienes creyeron en mí desde un inicio y me ayudaron a ser mejor geóloga.

Y finalmente al PhD. Fabián Villares por todo su apoyo y consejos para poder realizar este proyecto de la mejor manera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
INDICE DE FIGURAS	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Área de estudio.....	3
1.5 Estudios previos.....	3
1.6 Marco teórico	4
Metamorfismo y tipos de metamorfismo	4
Texturas y estructuras y clasificación de rocas metamórficas	5
Clasificación de las rocas metamórficas	6
Facies metamórficas.....	6
Series metamórficas	8
Rocas metamórficas pelíticas	8
2 METODOLOGÍA.....	9
2.1 Recopilación bibliográfica.....	9
2.2 Muestreo	9
2.3 Descripción de muestras de mano y microscópica.....	10
2.4 Determinación de mineralogía por difracción de Rayos X (DR	11
Preparación de muestras	11
Determinación de mineralogía por Difracción de Rayos X (DRX).....	11
3 CONTEXTO GEODINÁMICO	11
3.1 Marco geodinámico.....	11
3.2 Geología regional.....	12
4 RESULTADOS	14
4.1 Chinapintza	15
Relaciones de campo.....	15
Muestras de mano	15
Muestras de lámina delgada	15

4.2	Pueblo de Ishimanchi.....	16
	Relaciones de campo.....	16
	Muestras de mano	17
	Láminas delgadas	17
4.3	Río Mayo-Loma “Plan de Oso”.....	17
	Relaciones de campo.....	17
	Muestras de mano	18
	Muestras de lámina delgada	19
4.4	San Francisco de Vergel.....	22
	Relaciones de campo.....	22
	Muestras de mano	22
	Lámina delgada	22
4.5	Quebrada Guaguayme-Namirez	23
	Relaciones de campo.....	23
	Muestras de mano	24
	Lámina delgada	24
4.6	Quebradas Chimbuza-Wambuscaru	25
	Relaciones de campo.....	25
	Muestras de mano	25
	Lámina delgada	25
4.7	Quebrada Guambime.....	25
	Relaciones de campo.....	25
	Muestras de mano	27
	Lámina delgada	27
5	Discusión, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
5.1	Discusión	29
	Relaciones de campo.....	29
	Petrografía	30
	Geocronología.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Conclusiones	33
5.3	Recomendaciones	34
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
7	ANEXOS	39
	ANEXO I. RESULTADOS DIFRACCIÓN DE RAYOS X.....	39

ANEXO II.....	42
ANEXO III. FICHAS LÁMINAS DELGADAS	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio de la Unidad Plan de Oso.....	3
Figura 2: Ejemplos de texturas metamórficas observadas en lámina delgada 1) granoblástica equigranular 2) granoblástica poligonal 3) Granoblástica inequigranular 4) textura lepidoblástica 5) nematoblástica 6) porfidoblástica 7) Granolepidoblástica 8) granoporfidoblástica. Tomado de: (Bard, 1986).....	6
Figura 3: Facies metamórficas con las respectivas asociaciones mineralógicas correspondientes a rocas máficas y cuarzo-pelíticas. Tomado de: (Torres, García, & Molina, 2004)	7
Figura 4: Cambios mineralógicos y asociaciones minerales en las zonas metamórficas pertenecientes al metamorfismo Barroviano en las rocas de las tierras altas escocesas. LZM: Límite de zona mineral. Tomado de: (Jimenez, 2006). Modificado de: (Bucher & Frey, 1993).....	9
Figura 5: Mapa de ubicación de la zona de estudio y muestreo.	14
Figura 6: Fotografías tomadas en campo a) Esquitos y pizarras grises en el sector de Chinapintza; b) Secuencia de pizarras, filitas y cuarcitas en Ishimanchi; c) Migmatita con plegamiento en el sector del río Mayo (xenolito); d) Contacto entre migmatita e intrusivo en el río Mayo; e) Afloramientos de esquistos foliados y meteorizados en el sector Loma Plan de Oso; f) Filitas y cuarcitas en el sector del San Francisco de Vergel.....	19
Figura 7: Muestras representativas de las láminas delgadas de los sectores de Chinapintza, Ishimanchi, Río Mayo, Loma Plan de Oso a) y b) Esquisto pelítico lepidogranoblástico con Qz+Ser+Chl+Ms del sector de Chinapintza, muestra NCPO-01 c) y d) Esquisto pelítico lepidogranoblástico con Ms+Qz+Mc del sector de Ishimanchi, Muestra NCPO-07 e) y f) Migmatita con bandeamiento gneísico con Qz+Pl+Mc+Bt+And del sector del Río Mayo, muestra NCPO-12 g) y h) Esquisto sericítico con Qz+Ser+Ms+Bt del sector Loma Plan del Oso.....	21
Figura 8: Fotografías tomadas en campo: a) afloramiento de esquistos y pizarras en el sector de la San Francisco de Vergel; b) muestra de esquisto del sector Guaguayme-Namirez; c) afloramiento de gneises y esquistos en el sector Chimbuza-Wambuscaru; d) secuencia sedimentaria en el sector de la quebrada Guambime.....	26
Figura 9: Muestras representativas de las láminas delgadas de los sectores de San Francisco de Vergel, quebradas Guaguayme-Namirez, Chimbuza-Wambuscaru y Guambime. a) y b) Esquisto lepidoblástico con Qz+Ser+Bt+Ms del sector de San Francisco de Vergel, muestra NCPO-19; c) y d) cuarcita grano medio nematoblástica con Qz+Hbl+Chl del sector de Guaguayme-Namirez, muestra NCPO-27; e) y f) esquisto pelítico con	

Ser+Qz+Ms+Chl+Rt del sector Chimbuza-Wambuscaru, muestra NCPO-29; **g)** y **h)** esquistos porfidoblásticos de actinolita con Qz+Act+Chl+Czo del sector de Guambime, muestra NCPO-32.2 (Abreviaciones de Whitney & Evans, 2010).....28

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la caracterización petrográfica de los afloramientos de la Unidad Plan del Oso, ubicada en el suroriente ecuatoriano, en la provincia de Zamora Chinchipe.

Para esto se desarrolló campañas de campo, descripciones de muestras de mano, láminas delgadas, y difracción de rayos X. Los resultados se presentan por sectores, según los datos publicados en los mapas geológicos 1: 100000 de Zumba, Zamora, Las Aradas y Paquisha (IIGE, 2027). Las principales litologías estudiadas corresponden a esquistos, filitas y pizarras pelíticas en los sectores de Ishimanchi, Chinapintza, San Francisco de Vergel, y las Quebradas de Chimbuza-Wambuscaru; y migmatitas y gneises de cuarzo, moscovita, y biotita, en el sector Loma Plan de Oso y la quebrada Guaguayme. También, se observa la presencia de esquistos con actinolita, y cuarcitas con anfíbol en los sectores de Guaguayme y Guambime, respectivamente.

A partir del análisis mineralógico, se concluye que las muestras se ubican en las zonas de clorita y biotita y corresponden a las facies de esquistos verde, anfíbolita y facies de transición entre esquistos verde y anfíbolita. Los protolitos son principalmente rocas pelíticas, sin embargo, también existe un aporte volcánico por la presencia de minerales máficos como los anfíboles.

Por medio del análisis petrográfico se puede interpretar un ambiente continental para las rocas de la Unidad Plan del Oso, mismas que pueden corresponder a las Unidades de la Zona Subandina como Ishimanchi, Chigüinda, y ser el protolito de Sabanilla.

PALABRAS CLAVE: rocas pelíticas, metamorfismo orogénico, facies metamórficas.

ABSTRACT

In this research the petrographic characterisation of the outcrops of the Plan del Oso Unit, located in southeastern Ecuador, in the province of Zamora Chinchipe, was conducted.

For this purpose, field trips, samples descriptions, thin sections and X-ray diffraction were conducted. The results are presented by sectors, according to the data published in the 1:100.000 geological maps of Zumba, Zamora, Las Aradas and Paquisha (IIGE, 2017). The main lithologies correspond to schists, phyllites and pelitic slates in the sectors of Ishimanchi, Chinapintza, San Francisco de Vergel, and the Quebradas de Chimbuza-Wambuscaru; and migmatites and gneisses of quartz, muscovite, and biotite, in the Loma Plan de Oso sector and the Guaguayme creek. The schists with actinolite and quartzites with amphibole is also observed in the Guaguayme and Guambime sectors, respectively.

The mineralogical analysis showed that the samples corresponds to the chlorite and biotite zones and belong to the green schist, amphibolite and transition facies between green schist and amphibolite. The protoliths corresponds mainly to pelitic rocks, however, there is also a volcanic contribution due to the presence of mafic minerals such as amphibole.

By means of petrographic analysis, a continental environment can be interpreted for the rocks of the Plan del Oso Unit, which may correspond to the sub-Andean Units such as Ishimanchi, Chigüinda, and the protoliths of the Sabanilla unit.

KEYWORDS: Pelitic rocks, orogenic metamorphism, metamorphic facies

1 INTRODUCCIÓN

El Ecuador continental está formado por tres regiones fisiográficas principales que son la Costa, Sierra y Oriente. La geomorfología de la región Sierra se caracteriza por la presencia de la Cordillera Occidental, Cordillera Real y la Zona Subandina, que es la transición hacia la cuenca amazónica.

La Cordillera Real tiene una configuración geológica resultado de una geodinámica caracterizada por eventos extensivos y compresivos, con actividad magmática asociada, ocurridos durante el Mesozoico y Cenozoico (Baldock, 1982). A partir del mapeo geológico realizado en el Proyecto Cordillera Real (1986-1993) por la Corporación de Geología y Minería de Ecuador (CODIGEM) y el British Geological Survey, Litherland et al. (1994) define divisiones lito tectónicas para la Cordillera Real (Guamote, Alao, Loja, Salado y Amazónica), separadas por fallas (Peltetec, frente Baños, fallas Llanganates y fallas del frente subandino). La Zona Subandina se caracteriza por la presencia de un complejo plutónico asociado a ambiente de arco magmático (Villares, 2012) de edad jurásica (Aspden et al., 1992; Cochrane, et al., 2014) pertenecientes al batolito de Zamora. Entre estos cuerpos ígneos se ha identificado una serie gneises, esquistos y filitas denominados Unidad Plan del Oso en el mapeo nacional realizado por el IIGE (2017), esta unidad ha sido identificada en las hojas 1: 100.000 de Zumba, Zamora, Las Aradas, y Paquisha.

Este trabajo de integración curricular caracterizó y diferenció los afloramientos puntuales de rocas metamórficas que están asociados espacialmente con el Batolito de Zamora, en la provincia de Zamora Chinchipe. Esto se realizó a través de trabajo de campo y un estudio petrográfico de muestras de mano y lámina delgada. Los resultados obtenidos incluyen la identificación de configuraciones mineralógicas, texturas, y estructuras. A partir de estos datos se realizó una interpretación de los protolitos y los ambientes geológicos relacionados.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de realizar una diferenciación adecuada a las rocas metamórficas de la Zona Subandina, que han sido agrupadas en la Unidad Plan del Oso. Y debatir la correlación de estos cuerpos metamórficos con Unidades de la Cordillera Real como Sabanilla, Ishimanchi, Chigüinda, a partir del análisis de datos petrográficos y edades publicadas previamente. Esto permitirá construir un aporte para el conocimiento de la geología de la Zona Subandina del Ecuador.

1.1 Objetivo general

Realizar la caracterización petrográfica de las rocas de la Unidad “Plan del Oso” y compararla con las unidades presentes en la Cordillera Real y la Zona Subandina.

1.2 Objetivos específicos

1. Realizar la recopilación bibliográfica de información sobre la presencia de rocas metamórficas en la Zona Subandina.
2. Realizar el muestreo y descripción de los afloramientos correspondientes a la Unidad Plan del Oso.
3. Realizar la descripción macroscópica y microscópica de las rocas, para obtener información de la mineralogía, estructuras, texturas, y facies metamórficas.
4. Establecer una relación petrográfica y geodinámica entre la formación Plan del Oso y las unidades de esquistos, gneises y granulitas presentes en la Cordillera Real y la Zona Subandina como Ishimanchi, Chigüinda, y Sabanilla.

1.3 Alcance

El proyecto incluye:

1. Recopilación bibliográfica de datos publicados de la unidad Plan del Oso y rocas metamórficas en el sur de la Cordillera Real y la Zona Subandina.
2. Planificación de trabajo de campo, e identificación de afloramientos a visitar, ruta y número de muestras.
3. Dos campañas de campo de 2 y 7 días. Descripción de 36 afloramientos puntuales de rocas metamórficas de la unidad Plan del Oso, y toma de medidas estructurales de foliación, fracturas y fallas.
4. Descripción petrográfica de 36 muestras de mano.
5. Elaboración y descripción de 34 láminas delgadas.
6. Consolidación de información, redacción e interpretación geológica.

1.4 Área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en el suroriente de la amazonia ecuatoriana, en la provincia de Zamora Chinchipe. Específicamente en los cantones de Palanda, Chinchipe, Paquisha, Yantzasa, Yacuambi y El Pangui. Estas áreas corresponden a los afloramientos de la unidad Plan del Oso determinados en los mapas geológicos escala 1: 100.000 de Zumba, Zamora, Las Aradas, y Paquisha (IIGE, 2017).

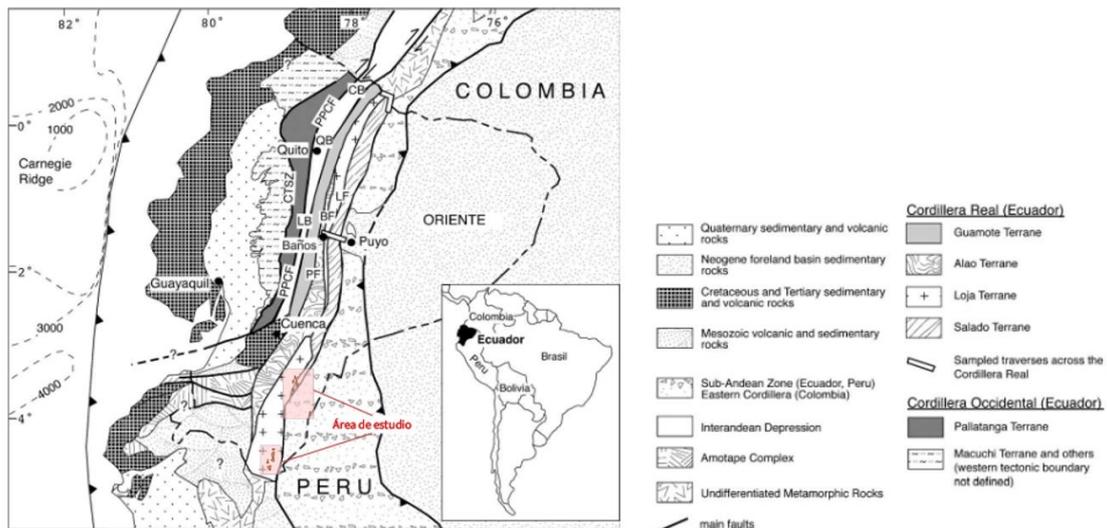


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio de la Unidad Plan de Oso.

Modificado de: Spikings & Crowhurst (2004)

1.5 Estudios previos

Se han realizado pocos estudios relacionados a la unidad Plan del Oso, o a caracterizar rocas metamórficas en la Zona Subandina. Sin embargo, se presenta en orden cronológico estudios relacionados.

Baldock et al. (1982), Boletín de la explicación del mapa geológico del Ecuador. Esta investigación menciona la presencia de esquistos, cubiertos por la formación Hollín en varias perforaciones petroleras (Pozo Tiputini). Además, menciona la incertidumbre de su relación con el escudo Guayanés que aflora en Colombia.

Litherland et al. (1994), The metamorphic belts of Ecuador. Se identifica la presencia de un basamento metamórfico con una edad de 1600 Ma, obtenido mediante Rb-Sr en el pozo Tapi. Y se menciona la existencia de "rafts" tectónicos dentro del batolito de Zamora y al este, formando la unidad Ishimanchi.

Instituto geológico y energético del Ecuador, (2017). Se define a las rocas metamórficas asociadas al batolito de Zamora como “Roof Pendant”, y se propone la unidad Plan del Oso en las hojas geológicas 1: 100.000 de Zamora, Zumba, Las Aradas y Paquisha. Se realizan descripciones petrográficas de muestras de mano y láminas delgadas de esquistos, gneises, filitas, y migmatitas de origen pelítico.

Otros estudios corresponden a los realizados por Spikings (2000), Spikings & Crowhurst (2004), Chew et al. (2007), Cochrane et al. (2014), Spikings et al. (2014) y, Spikings et al. (2021), donde se presentan datos geoquímicos, termocronológicos y geocronológicos de la Cordillera Real, asignando edades a las unidades Sabanilla, Chigüinda, Ishimanchi, Tres Lagunas, Monte Olivo, Agoyan.

1.6 Marco teórico

Metamorfismo y tipos de metamorfismo

El metamorfismo se define como todos los cambios en la mineralogía, estructura, textura, y composición de la roca, que ocurren principalmente en estado sólido o semisólido bajo condiciones entre la diagénesis y la fusión (Winter, 2014). Estos cambios se deben a variaciones de las condiciones físicas y químicas que difieren de las que normalmente ocurren en la superficie, y en zonas de cementación o diagénesis. La roca inicial afectada por estas variaciones se conoce como protolito. Entre los protolitos más comunes se tiene a rocas ultramáficas, máficas, pelíticas, carbonatos, y rocas de cuarzo.

Existen diferentes clasificaciones para los tipos de metamorfismo, para este trabajo se presenta una clasificación acorde al ambiente geodinámico, realizada por Winter (2014).

- a) Metamorfismo de contacto. Es el resultado de la interacción termal entre un cuerpo magmático con la roca caja que es intruida, se forma una aureola de metamorfismo. Presenta altas temperaturas y un rango variable de presión.
- b) Metamorfismo regional. Es un tipo de metamorfismo que afecta a una zona extensa de rocas mayor a 10km. Se divide en metamorfismo orogénico, metamorfismo de enterramiento y, metamorfismo de piso oceánico.
- c) Metamorfismo hidrotermal. El metamorfismo hidrotermal esta relacionados con fluidos calientes, principalmente agua, e implica metasomatismo.
- d) Metamorfismo de zonas de falla. Está relacionado a zonas con deformación intensa y poca temperatura, como zonas de falla regional.

- e) Metamorfismo de impacto. Este tipo de metamorfismo ocurre en zonas de cráteres por el impacto de meteoritos.

Texturas, estructuras y clasificación de las rocas metamórficas

Existen varios criterios para la clasificación de las rocas metamórficas. Para los objetivos de este estudio se explicarán los principales grupos, basados en la textura, estructura y protolito.

Estructuras de las rocas metamórficas

La estructura de las rocas metamórficas brinda información importante sobre el entorno tectónico de formación. La geometría y orientación de los minerales está controlada por el campo de presión asociada a los procesos tectónicos y metamórficos (Bucher & Grapes, 2011). Las principales estructuras en las rocas metamórficas corresponden a la foliación y lineación, estos términos se refieren a la disposición planar o linear de los elementos minerales de la roca. La variación entre los tipos de foliación está relacionada con el grado de metamorfismo. Los principales tipos de estructuras son clivaje, esquistosidad, y estructura gnéica (Fettes & Desmons, 2007).

- a) Clivaje. Es un conjunto de superficies paralelas, muy juntas entre sí, causadas por la deformación. Una roca puede tener más de un clivaje.
- b) Esquistosidad. Foliación producida por deformación y recristalización, que presenta granos minerales desiguales en una orientación preferente.
- c) Clivaje pizarroso. Foliación caracterizada por un arreglo paralelo de los filosilicatos, donde no se puede observar granos minerales.
- d) Estructura gnéica. Tipo de foliación caracterizada por estratificación irregular y pobremente definidas, agregados minerales lenticulares, presencia de granos minerales.

Texturas de las rocas metamórficas

- a) Lepidoblástica. Orientación de los minerales micáceos.
- b) Granoblástica. Textura de minerales granulares, que puede ser equigranular o heterogranular, según el tamaño de los granos.
- c) Porfidoblástica. Textura metamórfica, granos grandes en una matriz fina, corresponden a minerales exclusivamente metamórficos.
- d) Nematoblástica. Orientación de cristales tabulares como inosilicatos.

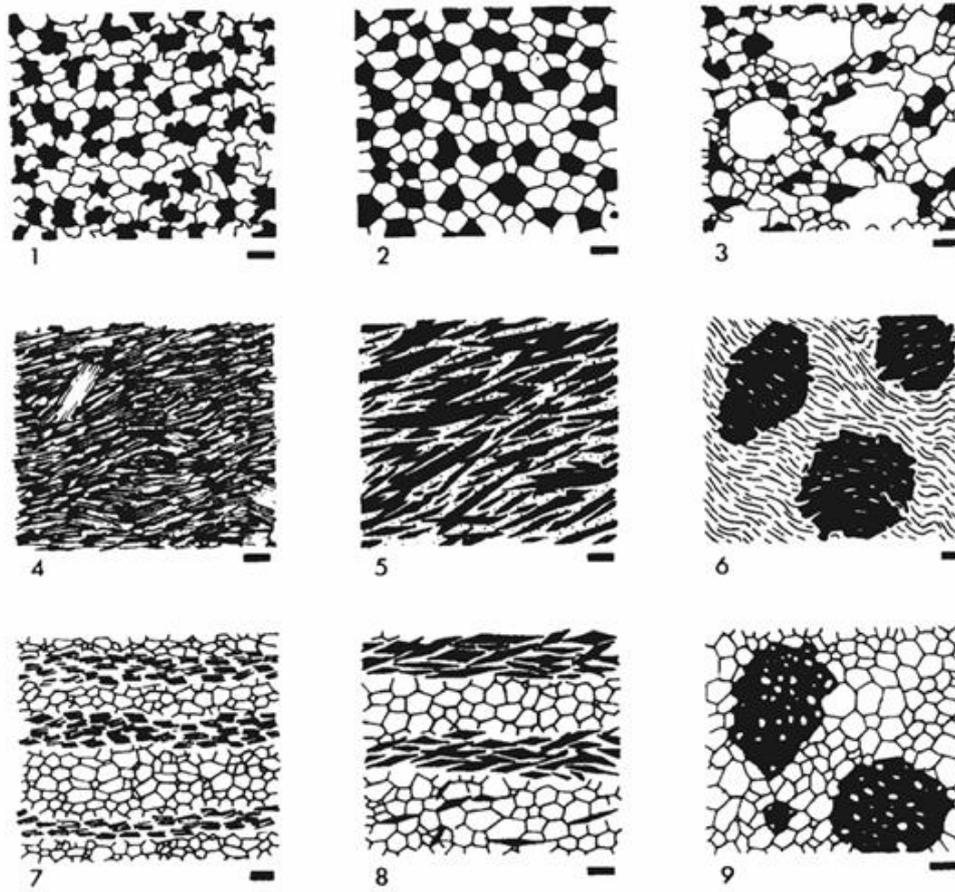


Figura 2: Ejemplos de texturas metamórficas observadas en lámina delgada 1) granoblástica equigranular 2) granoblástica poligonal 3) Granoblástica inequigranular 4) textura lepidoblástica 5) nematoblástica 6) porfidoblástica 7) Granolepidoblástica 8) granoporfidoblástica. Tomado de: (Bard, 1986)

Clasificación de las rocas metamórficas

La clasificación de las rocas metamórficas se da en base a parámetros como el tipo de protolito, presencia de foliación, y tipo de estructura (Fettes & Desmons, 2007). A continuación, se exponen los principales tipos de rocas metamórficas (Winter, 2018):

- a) Foliadas: pizarras, filitas, esquistos, y gneises.
- b) Rocas metamórficas no foliadas: granofels, hornfels.
- c) Rocas metamórficas específicas: mármol, cuarcita, esquisto/roca verde, anfibolitas, serpentinita, esquisto azul, eclogita, skarn, granulita, migmatita.

Facies metamórfica

Una facie metamórfica corresponde al conjunto de rocas formadas bajo condiciones similares de presión y temperatura, que han dado paso a una configuración mineralógica característica. Las principales facies metamórficas se presentan a en la figura.

Facies		Rocas máficas	Metapelitas
Ceolitas		▪ Laumontita (mas común), analcita, heulandita, wairakita. (abundantes relictos).	▪ Interestratificados arcillosos.
Sub-esquistos verdes (prehnita-pumpellyita)	(AP)	▪ Lawsonita + albita.	▪ Illita/moscovita + clorita + albita + cuarzo. ▪ Estilpnomelana, pirofilita .
	(BP)	▪ Prehnita + pumpellyita ± clorita ± albita ± epidota (zona de mas baja temperatura). ▪ Pumpellyita + actinolita (zona de mas alta temperatura).	
Esquistos verdes	(AP)	▪ Actinolita + epidota ± albita ± clorita ± stilpnomelana (zona de mas baja temperatura). ▪ Hornblenda ± actinolita + albita + clorita + epidota ± granate (zona de mas alta temperatura).	▪ Clorita + moscovita + albita (zona de baja temperatura). ▪ Clorita + moscovita + biotita + albita. ▪ Cloritoide , paragonita + moscovita + albita. ▪ Granate + clorita + moscovita + biotita + albita (zona de mas alta temperatura).
	(BP)	▪ Albita + epidota + actinolita + clorita. ▪ Actinolita + oligoclasa.	▪ Moscovita + biotita + clorita.
Anfibolitas	(AP)	▪ Hornblenda + plagioclasa ± epidota ± granate.	▪ Estaurolita, distena ó sillimanita + moscovita (zona de mas baja temperatura). ▪ Sillimanita + feldespato-K ± moscovita + cordierita ó granate. ▪ Sillimanita + granate + cordierita (feldespato-K ausente).
	(BP)	▪ Hornblenda + plagioclasa ± cumingtonita	▪ Cordierita + clorita + biotita + moscovita. ▪ Andalucita + biotita + moscovita. ▪ Cordierita + andalucita + moscovita (zona de mas alta temperatura).
Granulitas	(AP)	▪ Granate + clinopiroxeno + cuarzo + plagioclasa ± hornblenda. ▪ Granate + clinopiroxeno + ortopiroxeno + plagioclasa ± hornblenda.	▪ Distena + feldespato-K. ▪ Cordierita + granate + feldespato-K ± sillimanita ± hiperstena ▪ Hiperstena , safirina + cuarzo (alta temperatura).
	(BP)	▪ Clinopiroxeno + ortopiroxeno + plagioclasa ± olivino ± hornblenda.	▪ Cordierita + andalucita + feldespato-K + hiperstena . ▪ Corindón + magnetita + anortita, vidrio (cuarzo ausente; alta temperatura).
Esquistos azules	(AP)	▪ Glaucofana + lawsonita.	▪ Fengita + clorita ó talco + granate (biotita ausente). ▪ Cloritoide magnésico, carfolita.
Eclogitas	(AP)	▪ Onfacita + granate (plagioclasa y lawsonita ausentes).	▪ Talco + distena ± granate ± fengita.
Corneanas piroxénicas	(BP)	▪ Clinopiroxeno + ortopiroxeno + plagioclasa (olivino estable con plagioclasa)	▪ (ver granulitas BP)
Sanidinitas	(BP)	▪ Pigeonita ▪ Labradorita rica en K	▪ (ver granulitas BP)

Figura 3: Facies metamórficas con las respectivas asociaciones mineralógicas correspondientes a rocas máficas y cuarzo-pelíticas. Tomado de: (Torres, García, & Molina, 2004)

Series metamórficas

Una serie metamórfica es una secuencia de zonas y facies que se desarrollan en respuesta a los gradientes de presión y temperatura. El concepto de series fue acuñado por (Miyashiro, 1973) quien propuso inicialmente 5 series metamórficas, sin embargo, para simplificar y evitar la subdivisión innecesaria, el autor se limitó a tres tipos principales.

a) Series de alta P/T. Es común en zonas de subducción donde no existe un equilibrio térmico por la subducción de un slab frío. La secuencia es de facies de zeolita, facies de prehnita-pumpellyita, facies de esquisto azul, y facies de eclogita.

b) Series de mediana P/T. Es característico de cinturones orogénicos de tipo Barroviano. Se utiliza principalmente para rocas pelíticas y la secuencia de facies es facies de zeolita, facies de prehnita-pumpellyita, facies de esquisto verde, facies de anfibolita y facies de granulita (solo en rocas empobrecidas en agua).

c) Series de baja P/T. Son comunes en zonas de Rift, metamorfismo de contacto, y cinturones de alto flujo térmico tipo Buchan o Ryoke-Abukuma. La secuencia de esta serie es facies de zeolita, facies de albita-epidota, facies de hornfels de hornblenda y facies de hornfels de piroxeno

1.6.7. Rocas metamórficas pelíticas

Las rocas pelíticas corresponden a rocas sedimentarias de grano muy fino, es decir, lutitas y limolitas. La mineralogía característica de los sedimentos pelíticos está caracterizada por filosilicatos ricos en Al-K, y su geoquímica se diferencia por el alto contenido de Al_2O_3 y K_2O , y bajo contenido de CaO. La serie utilizada para estas rocas corresponde principalmente a la Barroviana, pero no es exclusiva de esta, se divide en zonas que se caracterizan por la presencia de una mineralogía característica. Estas son zona de clorita, zona de biotita, zona de granate, zona de estaurolita, zona de cianita, zona de sillimanita y zona de cordierita (Winter, 2018).

————— aumento del grado metamórfico —————>

	LZM Clt	LZM Bt	LZM Grt	LZM St	LZM Ky	LZM Sil
Zona metamórfica	Zona de clorita	Zona de biotita	Zona de granate alm	Zona de estaurolita	Zona de distena	Zona de sillimanita
Clorita			---			
Biotita						
Granate (Alm)						
Estaurolita					---	---
Distena						---
Sillimanita						
Moscovita						
Plagioclasa Na						
Cuarzo						

Figura 4: Cambios mineralógicos y asociaciones minerales en las zonas metamórficas pertenecientes al metamorfismo Barroviano en las rocas de las tierras altas escocesas.

LZM: Límite de zona mineral. Tomado de: (Jimenez, 2006). Modificado de: (Bucher & Frey, 1993)

2 METODOLOGÍA

2.1 Recopilación bibliográfica

La recopilación bibliografía se realizó mediante la búsqueda y lectura de artículos científicos, libros y publicaciones donde se mencione la existencia de rocas metamórficas en la Amazonía Ecuatoriana y su relación con el batolito de Zamora.

A pesar de la poca información existente sobre la Unidad Plan del Oso, se analizaron los datos geológicos y geoquímicos existentes (Litherland et al., 1994; Cochrane, 2013; Chew et al., 2007; Spikings & Cochrane, 2014), y se trabajó principalmente con las hojas geológicas y memorias técnicas de Zamora, Zumba, Paquisha y Las Aradas, escala 1:100.000 del IIGE (2017) y los mapas obtenidos del proyecto binacional entre Ecuador y Perú.

2.2 Muestreo

La metodología utilizada para el trabajo de campo se basó en la planificación y ejecución de dos campañas de campo. Se inició con la localización de zonas de interés en las hojas geológicas escala 1:100.000 y sus memorias técnicas de Zamora, Zumba, Paquisha y Las Aradas (IIGE, 2017) y de los accesos por carretera. Se utilizó el sistema de información

geográfica en QGIS, para realizar la georreferenciación de las cartas geológicas y localizar los puntos más accesibles.

Durante el trabajo de campo se realizó la localización de puntos con el GPS, descripción de afloramientos, medición de datos estructurales (planos de foliación, plegamientos, fracturas y fallas) con una brújula tipo Brunton y muestreo. Se procedió a tomar muestras de roca representativas por afloramiento, con la ayuda de un combo y martillo, y a realizar un registro fotográfico.

La primera salida de campo se realizó entre el 27 y 29 de abril del 2023 en el campamento del Proyecto Prometedor, concesión perteneciente a Luminex Resources. Se extrajeron 4 muestras de roca en dos afloramientos de la zona.

La segunda campaña se realizó desde el 17 al 22 de julio del 2023, y se recorrió las zonas desde Zumba hasta Zamora. Se recolectó un total de 29 muestras en afloramientos correspondientes a la Unidad Plan del Oso, en los sectores de Zumba, Ishimanchi, Río Mayo, Las Aradas, San Francisco de Vergel, quebradas Namirez, Guaguayme, Chimbuza, y Guambime.

2.3 Descripción de muestras de mano y microscópica

Se realizó la descripción de las muestras de mano, con el uso de herramientas como una lupa geológica, y un lápiz rayador. Se obtuvo como resultado información de la textura, estructura/foliación y mineralogía. Posteriormente, se escogió las muestras que necesitan un mayor detalle descriptivo para la elaboración de láminas delgadas.

Las láminas delgadas se elaboraron en el laboratorio de láminas delgadas del Departamento de Geología de la Escuela Politécnica Nacional. Para esto se procedió a cortar fragmentos de roca de 1 cm con una cortadora de diamante. A continuación, se procedió a pulirla con lijas de carburo de silicio, que van desde los 800 a 1200 grits, para luego pegarlos en un portaobjetos con resina epoxi. El restante se corta con el disco de diamante, y se procede a pulir manualmente utilizando polvos de carburo de silicio que van desde los 400 hasta 1200 grits, hasta obtener espesor de 30 μm . Finalmente, se procede a cubrirlos con un cubreobjetos con bálsamo de Canadá.

El análisis microscópico se realizó en el laboratorio de mineralogía óptica, con el uso de un microscopio petrográfico marca Olympus. Se describió un total de 33 muestras, donde se detalló características como estructura, textura, minerales principales, minerales accesorios, y protolito para obtener el nombre de la roca y la facie metamórfica. Se realizó un registro fotográfico de las muestras.

2.4 Determinación de mineralogía por difracción de Rayos X (DRX)

Preparación de muestras

Se seleccionaron las muestras con código NCPO-12.1, NCPO-17 y NCPO-33 para realizar análisis de difracción de rayos X. Las rocas se cortaron en segmentos entre 1-3 cm en laboratorio de láminas delgadas de la Escuela Politécnica Nacional, utilizando una cortadora de disco de diamante. Posteriormente, se trituraron con un molino de Carburo de tungsteno en el laboratorio de preparación de muestras petrográficas del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. Finalmente se obtuvo un polvo que se etiquetó y almacenó hasta su análisis.

Determinación de mineralogía por Difracción de Rayos X (DRX)

La difracción de Rayos X se realizó en los Laboratorios de Sistemas Especializados del Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica SLE CEMIEGeo, en Baja California, México. Se utilizó el equipo de Brunker "D8 advanced". Inicialmente se llenó el porta muestras con el polvo obtenido en el procedimiento previo, y se programó el equipo para realizar un análisis de roca total con el software de "DIFRAC.COMANDER". El resultado obtenido fue tres difractogramas que se analizaron utilizando una base de datos mineralógica del software "DIFRAC.EVA V7.0". Finalmente se realizaron las gráficas de la interpretación de los difractogramas con el software "Origin Lab".

3 CONTEXTO GEODINÁMICO

3.1 Marco geodinámico

La geodinámica del Ecuador se caracteriza por la presencia de un límite activo de placas, caracterizado por un borde convergente entre la placa Nazca y la Sudamericana, movimiento que comenzó hace 70 Ma (Kendrick, et al., 2003). La tasa de convergencia ha ido variando, siendo la más alta hace 50-42 Ma con un valor de 100 mm/a (Pardo-Casas & Molnar, 1987). La historia de la estructura de las placas en la zona noroccidental de Sudamérica se destaca por la presencia de las placas Cocos y Nazca, formadas por la ruptura de la placa Farallón hace 27 Ma en un segmento de 3000 km (Lonsdale, 2005).

A partir de esta ruptura se forman las cordilleras oceánicas de Cocos y Carnegie, por el punto caliente Galápagos. La edad de acreción de Carnegie es aún motivo de debate,

debido a las edades presentadas por diferentes autores, 2-3 Ma (Lonsdale, 2005), 8 Ma (Gutscher et al., 1999), y 15 Ma (Spikings et al., 2001).

Gutscher et al. (1999), caracteriza la inclinación de subducción del slab en los Andes septentrionales y su influencia en los arcos volcánicos. Definiendo cuatro regiones principales. 1) En el norte de Ecuador y el sur de Colombia existe una subducción empinada al NE con un arco volcánico estrecho. 2) Centro norte de Ecuador, existe un arco volcánico ensanchado que se puede relacionar con la subducción de Carnegie por la presencia de Adakitas (Bourdon et al., 2003). 3) Centro Sur, subducción empinada al NE, con un arco volcánico estrecho. 4) Zona sur de Ecuador y norte de Perú, ausentes de arco volcánico, por una subducción plana del Slab.

Otra característica importante de la geodinámica es la presencia del bloque norandino, que corresponde a un segmento que se extiende desde Guayaquil hasta Venezuela por medio del sistema de fallas Chingual-Cosanga-Pallatanga-Puná (CCPP), este bloque se da como resultado de una convergencia oblicua hacia el noroeste con una velocidad de 9 mm/año (Alvarado et al., 2013), otra consecuencia de esta geodinámica es la deformación de la costa ecuatoriana (Gutscher et al., 1999).

3.2 Geología regional

El Ecuador está formado por cuatro regiones principales Costa, Sierra, Oriente y Galápagos. La morfología de la Sierra se caracteriza por la presencia de la Cordillera de los Andes, Valle Interandino y la Zona Subandina. Las rocas expuestas en la Cordillera de los Andes pueden ser divididas en una provincia oceánica (Cordillera occidental) y una continental (Cordillera Real), separadas por la sutura norte-sur formada en el cretácico tardío (Vallejo et al., 2006).

Las rocas más antiguas datadas en Ecuador corresponden a granulitas obtenidas del pozo Tapi, con edades Rb/Sr de 1.6 ± 48 Ga (Vera, 2013) que corresponden al basamento metamórfico de la cuenca oriente. Las segundas más antiguas, corresponden a los metagabros datados por Spikings, et al. (2021), con edades $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ entre 566 ± 35 Ma y 586 ± 14 Ma pertenecientes al Neoproterozoico tardío.

En el Paleozoico existe la presencia de rocas continentales, asociadas a un ambiente de cuenca intracratónica y estan representadas por una serie de rocas metamórficas de bajo, medio y alto grado metamórfico con protolito sedimentario (Litherland et al., 1994). En este ambiente y edad se encuentran las Unidades Ishimanchi y Chiguinda en la Cordillera Real; y La Victoria, Palenque Melange, y El Tigre en el Bloque Amotape Tahuin. La Unidad

Chiguinda ha sido asignada al Carbonífero, con edades en zircón detrítico de 367 ± 12 (Chew et al., 2007), y entre 313 ± 2.6 Ma a 441.9 ± 9.1 Ma (Spikings et al., 2021). La Unidad la Victoria del complejo Amotape fue asignada al carbonífero (Suhr et al., 2019), y las filitas de la Unidad Ishimanchi fueron asignadas al devónico tardío, con edades U-Pb de 368 ± 14 Ma (Chew et al., 2007).

En el Triásico tardío, existe un ambiente extensional donde existe la fusión parcial de la corteza continental formada en el Paleozoico. En la Cordillera Real afloran rocas metamórficas Permo-Triásicas formadas, antes y durante la desintegración del oeste de Pangea a lo largo de México, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú en un ambiente de extensional de rift. A partir de la fusión de la corteza continental se produce un evento de anatexis, caracterizado por la formación de granitos tipo S, migmatitas y gneises relacionados con las Unidades Tres Lagunas y Sabanilla en la Cordillera Real, y Moromoro en el Bloque Amotape. Las migmatitas de Sabanilla han sido datadas en 230 ± 3.2 (edad U-Pb; Chew et al., 2018), y 233.7 ± 4.8 Ma por (edad U-Pb; Cochrane et al., 2014). La Unidad Moromoro ha sido datada en 237 ± 5.2 Ma (Cochrane et al., 2014). Finalmente, los granitos tipo S de Tres Lagunas presentan una edad de 231 ± 1.9 Ma (Cochrane et al., 2014).

En el mismo evento del rifting continental del Triásico, se formaron rocas máficas de afinidad oceánica relacionadas a la Unidad Monte Olivo y la Unidad Piedras. El estudio geocronológico más reciente fue realizado por Cochrane et al. (2014) y asigna edades de 222.7 ± 6.3 Ma para las anfibolitas de Piedras y de 231.9 ± 1.9 Ma para las anfibolitas de Monte Olivo.

En el Jurásico existe un cambio en la geodinámica, después de presentar un margen extensivo, comienza la subducción pacífica hace 213 Ma y forma el arco Jurásico. Este arco se relaciona con el Batolito de Zamora que está formado por un complejo de intrusivos de una composición que va desde tonalitas hasta monzogranitos, con una geoquímica de afinidad calco alcalina. Se han realizado dataciones K-Ar con resultados de edades entre 152-180 Ma (Kennerley, 1980) y 120-200 Ma (Litherland et al., 1994), y dataciones U/Pb con edades entre los 131-187 Ma (Cochrane et al., 2014).

Además, la Cordillera Real ha sido afectada por eventos acrecionarios sucesivos desde el Jurásico Superior hasta el Eoceno (Litherland et al., 1992; Litherland et al., 1998; Jaillard et al., 2004). A partir de la formación del arco Jurásico, la zona de subducción ha ido migrando hacia el oeste hasta formar el arco Cretácico temprano, Cretácico tardío y el arco Paleógeno que rige hasta la actualidad.

4 RESULTADOS

En esta sección se presenta la descripción de rocas pertenecientes a la Unidad Plan del Oso, se incluye las relaciones de campo, descripción de afloramientos, descripción de muestras de mano y descripción de láminas delgadas. Se realizó una caracterización petrográfica de un total de 35 muestras de mano y 33 láminas delgadas (Figura 5).

MAPA DE UBICACIÓN Y MUESTREO

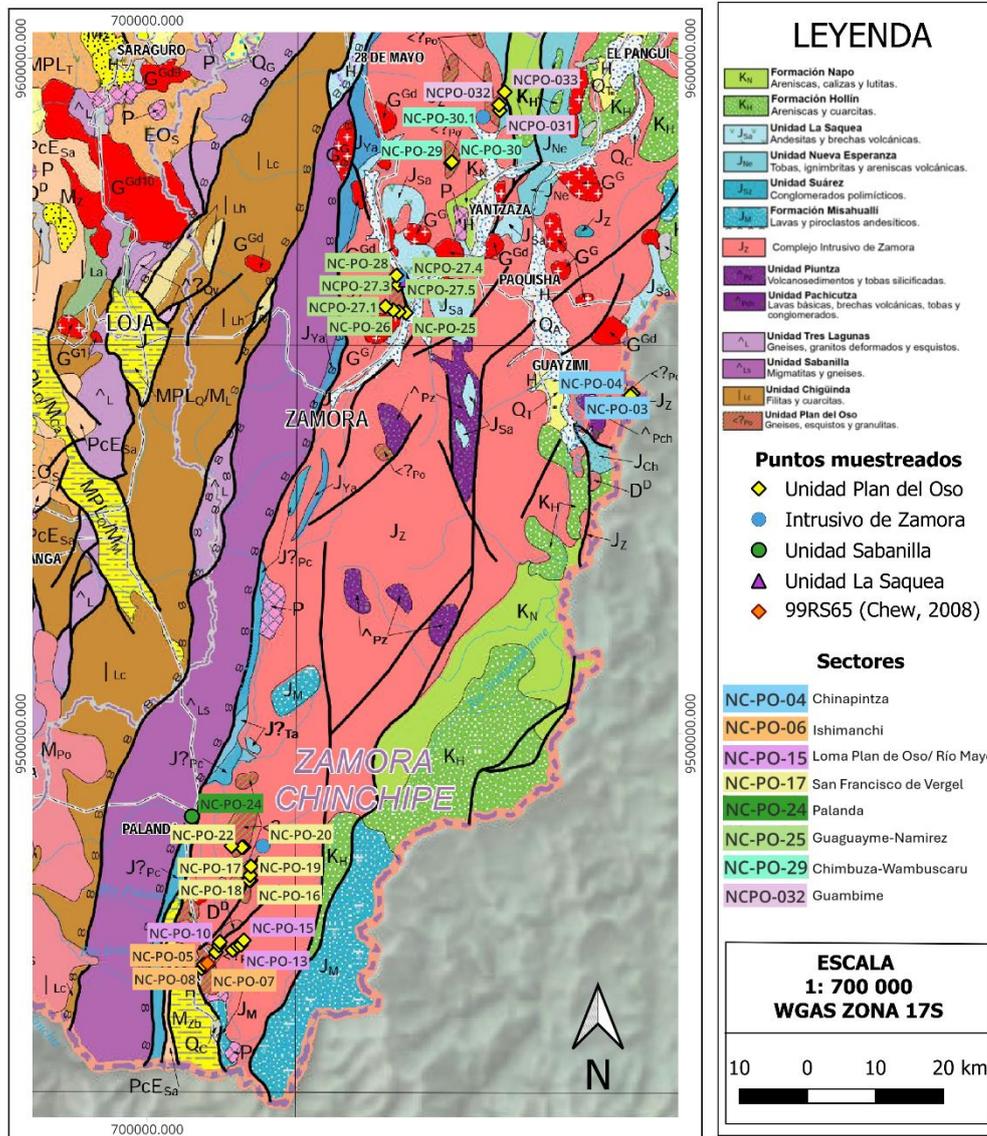


Figura 5: Mapa de ubicación de la zona de estudio y muestreo.

Elaborado por: Nathaly Codena, Modificado de: (IIGE, 2017)

Para la presentación y organización de resultados se tiene como referencia los mapas 1: 100.000 de Las Aradas, Paquisha, Zumba y Zamora (IIGE, 2017). Se realiza una

descripción en base a los grupos de rocas localizados en los sectores de Chinapintza, Ishimanchi, Río Mayo-Loma Plan de Oso, San Francisco de Vergel, Quebrada Guaguayme-Namirez, Quebradas Chimbuza-Wambuscaru y Guambine.

4.1 Sector Chinapintza

En el sector de Chinapintza se visitaron un total de 7 afloramientos ubicados en el sendero de acceso al campamento Prometedor de la empresa Luminex. Se recolectaron un total 5 muestras de roca y se realizaron 4 láminas delgadas.

Relaciones de campo

En el mapa Geológico de Zamora escala 1: 100.000 (IIGE, 2017), se representa a la Unidad Plan del Oso con un contacto tectónico con las rocas de edad Jurásica del Batolito de Zamora. En los afloramientos se puede observar una secuencia de sedimentos metamorfizados de color gris, con foliación esquistosa y pizarrosa (Figura 6a). Están poco meteorizados, y presentan mineralización de pirita en los planos de foliación.

Muestras de mano

Las rocas corresponden a pizarras y esquistos pelíticos de color gris y pardo blancuzco. Se encuentran ligeramente meteorizadas y texturas lepidoblástica y granolepidoblástica. La mineralogía está caracterizada por la presencia de cuarzo, plagioclasa, sericita, arcillas, moscovita y clorita.

Muestras de lámina delgada

Las rocas de este sector presentan texturas lepidoblástica y lepidogranoblástica. Las principales estructuras corresponden a foliaciones pizarrosas y esquistosas. La mineralogía principal identificada fue cuarzo, sericita, moscovita, clorita, y microclina (Figura 7a). La mineralogía secundaria incluye a minerales opacos, y calcita. Las rocas en este sector son esquistos y pizarras pelíticas.

La sericita está en un rango entre 40-65%. Se encuentra en los espacios interminerales, en bandas intercaladas con moscovita y cuarzo, y como pseudomorfo de la moscovita y la plagioclasa. Presenta un aspecto terroso, relieve bajo y es incolora o de un color marrón claro. En nícoles cruzados se puede observar colores de interferencia pardos, grises, y amarillos.

El cuarzo se observa en un porcentaje entre 10-45%. Se observa un hábito xenoblástico, y puede presentar un patrón sigmoidal en los esquistos. Presenta tamaños entre 100 y 500

μm . En nícoles cruzados se puede observar cuarzo policristalino y monocristalino, bordes suturados, y extinción ondulatoria (Figura 7b).

La moscovita tiene porcentajes entre 5 y 25 %, presenta un hábito micáceo en bandas paralelas a la foliación y estructuras sigmoidales. Es incolora y tiene tamaños entre los 200 y 800 μm .

La microclina se presenta en algunas muestras, esta principalmente alterada a sericita. Sin embargo, conserva cristales sin alteración y maclas enrejadas, por lo que corresponde a un mineral no metamórfico que aparece como relicto. Presenta un hábito idioblástico prismático con bordes irregulares. En nícoles cruzados se observan colores de interferencia grises de primer orden y textura pertítica.

Se tiene como minerales secundarios a los minerales opacos, la clorita y la calcita. Los minerales opacos están diseminados a lo largo de la roca o en vetillas, tienen un hábito prismático y tamaño promedio de 200 μm . La clorita tiene hábito micáceo en bandas subparalelas, color verde, y pleocroísmo intenso. Y finalmente, la calcita está formando vetillas de 200 μm , es incolora, y con relieve alto. Tiene colores de interferencia rosados de tercer y cuarto orden, extinción en dirección de la exfoliación, y macla lamelar muy fina.

A partir de las características mineralógicas en muestras de mano y láminas delgadas, en el sector de Chinapintza la Unidad Plan del Oso pertenece a la zona de clorita, equivalente a facies de esquisto verde.

4.2 Sector Ishimanchi

En este sector se realizó el levantamiento geológico en 3 afloramientos y se recolectaron 4 muestras de roca.

Relaciones de campo

La Unidad Plan del Oso en Ishimanchi presenta intercalaciones de rocas de protolito sedimentario metamorizadas. Las rocas presentan colores grises y negros y se observa la presencia de esquistos pelíticos, filitas, y cuarcitas (Figura 6b). Se observa una zona foliada y plegada, con medidas estructurales de $(0^\circ/90^\circ)$ y $(260^\circ/25^\circ)$. La Unidad Plan del Oso es intruida por el Batolito de Zamora y se encuentra en contacto discordante con los volcanosedimentos de Pucabamba y la ofiolitas de Zumba (IIGE, 2017).

Muestras de mano

Las rocas corresponden a filitas, esquistos negros y grises con tonos azulados, y metareniscas verdes. La textura es principalmente lepidoblástica para los esquistos, y granoblástica en el caso de las metareniscas. Presentan estructuras de foliación pizarrosa y esquistosa y, vetilleo de cuarzo lechoso. La mineralogía identificada es sericita, cuarzo y clorita.

Láminas delgadas

Las rocas de este sector presentan texturas lepidoblástica, granolepidoblástica y porfidolepidoblástica. Las principales estructuras corresponden a foliaciones pizarrosas y esquistosas, además se observa crenulación y plegamiento (Figura 7c y 7d). La mineralogía principal identificada es sericita, moscovita, cuarzo, y clorita. Los minerales accesorios incluyen a minerales opacos, óxidos como la hematita y zircones. Además, se observa relictos de feldespato potásico.

El cuarzo presenta un porcentaje entre el 40-45 % de las muestras. Se observa un hábito xenoblástico, con la presencia de porfidoblastos, monocristalino (Figura 7c), y venas con cuarzo policristalino. Presenta tamaños entre 100 y 200 μm . En nícoles cruzados se puede observar colores de interferencia grises de primer orden, bordes suturados, y extinción ondulatoria.

La sericita está en un rango entre 30-40 %. Se encuentra en los espacios interminerales y como pseudomorfo de la moscovita. Presenta un aspecto terroso, relieve bajo y medio. La moscovita (15 y 45 %) muestra crenulación (Figura 7d).

Se tiene como minerales accesorios a los zircones, óxido de hierro y minerales opacos. Los zircones presentan hábito prismático, son incoloros, tienen un relieve muy alto, tamaño promedio de 200 μm .

A partir de las características mineralógicas en muestras de mano y láminas delgadas en el sector de Ishimanchi, la Unidad Plan del Oso pertenece a las facies de esquisto verde, y a las zonas de clorita y biotita.

4.3 Río Mayo-Loma “Plan de Oso”

Relaciones de campo

En este sector se puede observar afloramientos con diferente grado de metamorfismo. A lo largo del río Mayo, en el Batolito de Zamora se observan xenolitos de migmatitas con leucosomas y melanosomas en proporciones similares, deformación plástica en forma de

pliegues (Figura 6c,d), y la presencia de parches de hasta 5 cm con mineralización de pirita. En las zonas con mayor elevación topográfica (Figura 6e), se observa pizarras y esquistos de color gris, los afloramientos están medianamente meteorizados y localmente cortados por fallas con presencia de zonas de Gouge y de tendencia $5^{\circ}/58^{\circ}$. En el sector de la loma "Plan de Oso" los afloramientos aparecen con mayor grado de deformación y cristalización comparado con el sector de Ishimanchi. La litología observada corresponde a intercalaciones de cuarcita, con niveles de hasta 3 cm de esquistos pelíticos de biotita / moscovita. Se observa estructuras de bandeamiento gnéisico y foliación con direcciones de $23^{\circ}/85^{\circ}$ y $220^{\circ}/85^{\circ}$.

Las relaciones de campo en el sector del río Mayo y la Loma Plan de Oso corresponde a un contacto intrusivo con el Batolito de Zamora (IIGE, 2017).

Muestras de mano

Las muestras de mano del sector del río Mayo y Loma Plan de Oso corresponden a pizarras cuarzosas, esquistos pelíticos, y migmatitas. Las pizarras son de color gris con intercalaciones de niveles de esquistos lepidoblásticos. Se observa una mineralogía correspondiente a cuarzo, sericita y clorita. Las migmatitas son de un color café, presentan una textura granolepidoblástica y una estructura gnéisica donde se evidencia una mayor deformación plástica. Se puede diferenciar un leucosoma con una mineralogía correspondiente a cuarzo y plagioclasa, y un melanosoma formado principalmente por moscovita y biotita. Los gneises y esquistos del sector Loma Plan de Oso son de color café y gris presentan una textura granolepidoblástica con mayor cristalización del cuarzo. La mineralogía de los esquistos está formada por cuarzo, moscovita, y biotita; mientras que los gneises presentan cuarzo, moscovita.

Muestras de lámina delgada

Las rocas del sector del Río Mayo, presentan una textura granoblástica, granolepidoblástica, y foliaciones gnéisicas. La mineralogía primaria corresponde a cuarzo, biotita, plagioclasa, y feldespato potásico, mientras que la accesoria a minerales opacos, y andalucita. En el sector Loma Plan del Oso se observan texturas lepidoblásticas y granolepidoblásticas, además de foliaciones gnéisicas y esquistosas. La mineralogía principal identificada es cuarzo, sericita, biotita, moscovita, clorita y la mineralogía accesoria incluye minerales opacos, hematita, clinozoicita. (Figura 7e y 7f).

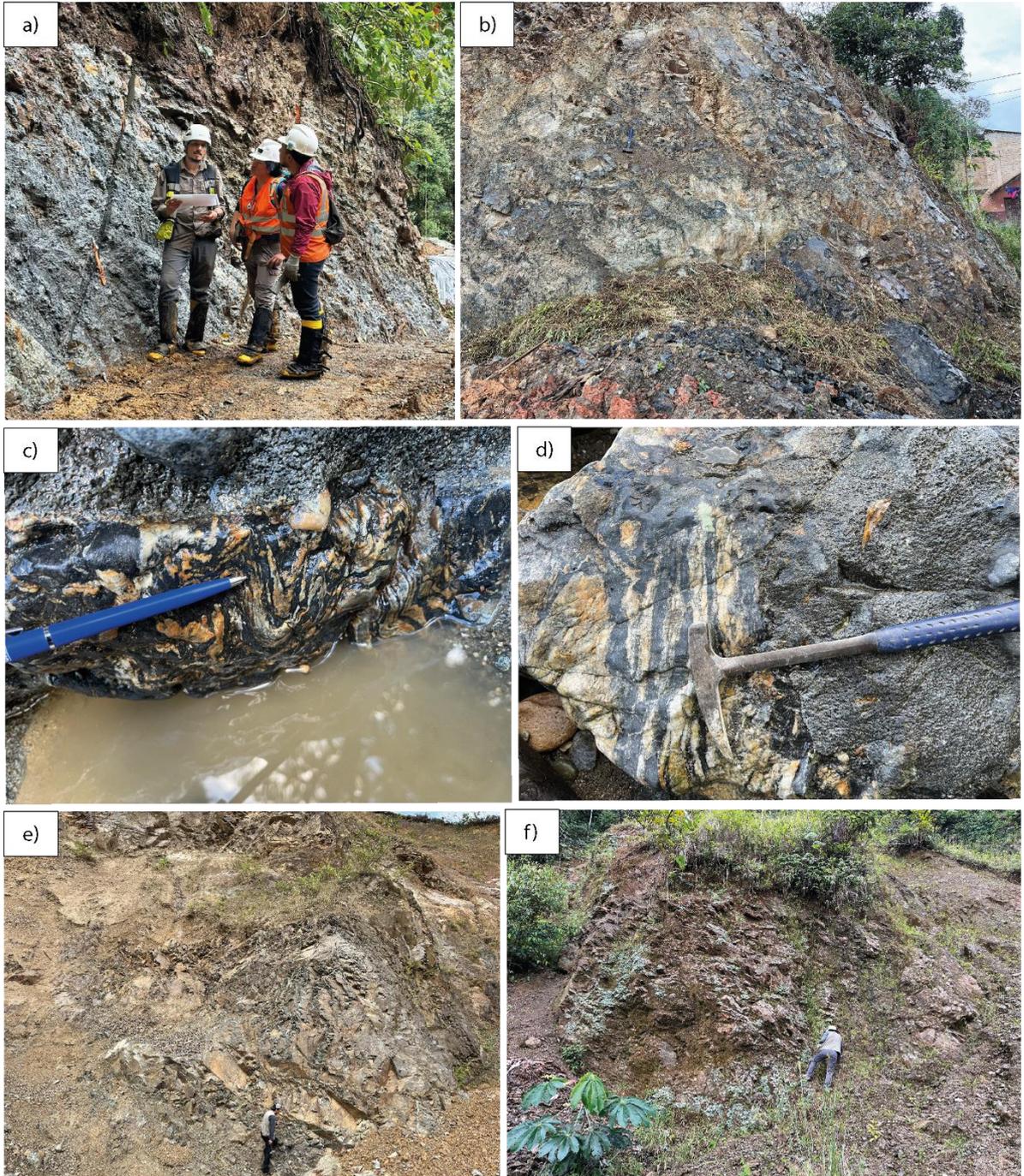


Figura 6: Fotografías tomadas en campo **a)** Esquitos y pizarras grises en el sector de Chinapintza; **b)** Secuencia de pizarras, filitas y cuarcitas en Ishimanchi; **c)** Migmatita con plegamiento en el sector del río Mayo (xenolito); **d)** Contacto entre migmatita e intrusivo en el río Mayo; **e)** Afloramientos de esquistos foliados y meteorizados en el sector Loma Plan de Oso; **f)** Filitas y cuarcitas en el sector del San Francisco de Vergel.

El cuarzo presenta un porcentaje entre el 70-35 %. Se observa un hábito xenoblástico y cristales monocristalinos alargados en dirección de la foliación (Figura 7g). Es incoloro, con relieve bajo y presenta tamaños variados entre 50 y 1000 μm . En nícoles cruzados se puede observar colores de interferencia grises de primer orden, bordes planos y suturados, y extinción ondulatoria. En la muestra NCPO-12 se puede observar una textura de exsolución (mirmequítica) entre el feldespato potásico y el cuarzo (ANEXO 2).

El porcentaje de sericita es 30%. En los espacios interminerales y como pseudomorfo de feldespatos potásicos, plagioclasas y moscovitas. Presenta un aspecto pulverulento, y relieve medio. La moscovita tiene porcentajes entre 5 y 15 %. Presenta un hábito radial y micáceo, y tamaños entre 50 y 250 μm (Figura 7h).

La clorita presenta hábito micáceo, color verde, pleocroísmo moderado, relieve medio, y tamaño promedio de 50 μm . La biotita está en porcentajes entre 13 y 20%. Se observa un hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso, relieve alto y tamaño de 50 a 250 μm .

La muestra NCPO-12 recolectada en el río Mayo, presenta una mineralogía que difiere al resto de muestras de la zona, por la presencia de feldespato potásico, plagioclasas y andalucita. La andalucita tiene hábito prismático con bordes irregulares, incoloro, relieve muy alto, tamaño de 100 a 1000 μm . Presenta colores de interferencia grises de primer orden y se observa la presencia de una inclusión de grafito central, por lo que se asocia a la variedad quiastolita (Figura 7f). La microclina tiene un hábito xenoblástico, con bordes irregulares, y presenta relieve alto. Tiene macla enrejada y se observa alteración a sericita. Se tiene como minerales accesorios a los minerales opacos, y clinozoicita. La clinozoicita presenta un hábito xenoblástico, relieve muy alto, y es incoloro. En la muestra NCPO-12.1 la interpretación del difractograma resultado de la difracción de rayos X muestra la presencia de cuarzo, biotita y permite caracterizar a la plagioclasa como Oligoclasa. Lo cual refuerza la descripción de la lámina delgada, caracterizando a la roca como migmatita. (ANEXO 1)

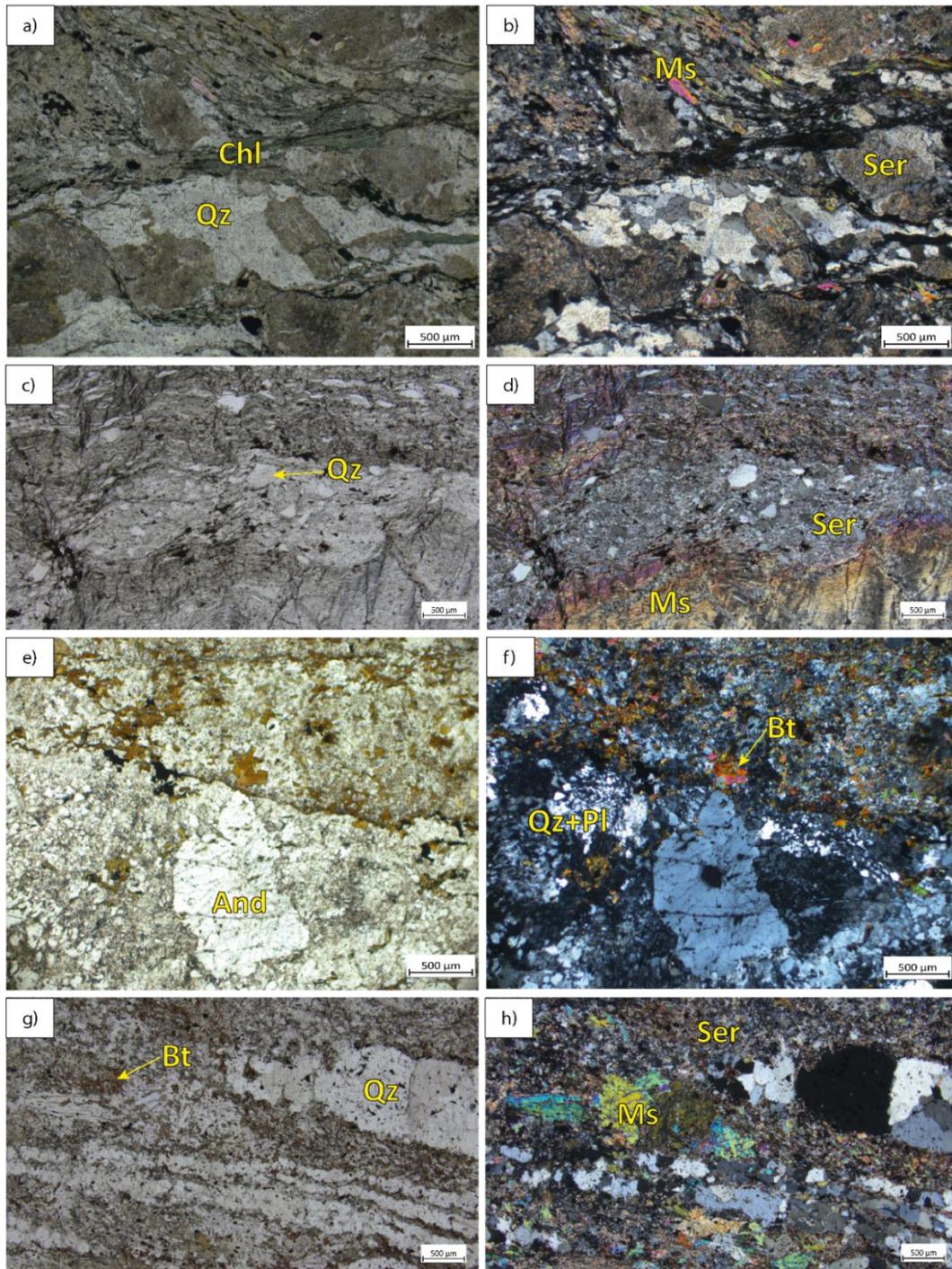


Figura 7: Muestras representativas de las láminas delgadas de los sectores de Chinapintza, Ishimanchi, Río Mayo, Loma Plan de Oso **a)** y **b)** Esquisto pelítico lepidogranoblástico con Qz+Ser+Chl+Ms del sector de Chinapintza, muestra NCPO-01 **c)** y **d)** Esquisto pelítico lepidogranoblástico con Ms+Qz+Mc del sector de Ishimanchi, Muestra NCPO-07 **e)** y **f)** Migmatita con bandeamiento gneísico con Qz+Pl+Mc+Bt+And del sector del Río Mayo, muestra NCPO-12 **g)** y **h)** Esquisto sericítico con Qz+Ser+Ms+Bt del sector Loma Plan del Oso.

A partir de las características mineralógicas en muestras de mano y láminas delgadas. La unidad Plan de Oso comprende facies que varían desde esquisto verde, en los esquistos de la Loma Plan del Oso hasta facies de anfibolita de baja presión, en el sector del río Mayo.

4.4 San Francisco de Vergel

En el sector de San Francisco de Vergel se visitaron un total de 8 afloramientos ubicados en ejes viales secundarios y quebradas. Se recolectaron 8 muestras de mano, y se realizaron 6 láminas delgadas.

Relaciones de campo

La Unidad Plan del Oso en este sector se encuentra intruida por el Batolito de Zamora. Los afloramientos se encuentran medianamente meteorizados y presentan foliación pizarrosa, esquistosa y gneísica (Figura 6f). Al norte del pueblo de San Francisco de Vergel, existen afloramientos de esquistos, filitas y cuarcitas con medidas estructurales de foliación de $50^{\circ}/52^{\circ}$ y $150^{\circ}/50^{\circ}$. Al sur de este mismo pueblo, se presentan intercalaciones de cuarcitas y filitas con dos direcciones principales de foliación ($75^{\circ}/89^{\circ}$, $50^{\circ}/75^{\circ}$) (Figura 8a). También se observan gneises de cuarzo-biotita y filones de cuarzo.

Muestras de mano

Las rocas de San Francisco de Vergel corresponden a esquistos, pizarras y gneises. Los esquistos son de color gris y café, y presentan la paragénesis de cuarzo + biotita + sericita. Las pizarras son de color café y textura lepidoblástica con una composición de cuarzo + sericita.

Lámina delgada

En este sector se observó esquistos lepidoblásticos y granoblásticos. La mineralogía identificada fue de cuarzo, biotita, moscovita, y plagioclasa. La mineralogía accesorio incluye minerales opacos, y zircones. Además, se observó pizarras lepidoblásticas con una mineralogía correspondiente a sericita y cuarzo con minerales accesorios de hematita.

El cuarzo presenta un porcentaje entre el 25-65 %. Se observa un hábito xenoblástico, y cristales monocristalinos agrupados en bandas con dirección a la foliación (Figura 9a). En las pizarras los tamaños van entre 50 y 500 μm y en los esquistos el tamaño llega hasta 1000 μm . Se observan colores de interferencia grises de primer orden, y extinción ondulatoria.

La sericita está en un porcentaje de 10-60% (Figura 9a). La moscovita tiene porcentajes entre 5 y 15%. Presenta un hábito micáceo alargado en dirección a los planos de foliación. Puede llegar a ser muy fina con tamaños de 100 μm o láminas de hasta 800 μm .

La biotita se presenta en los esquistos. Es de color marrón con un pleocroísmo intenso de pardo claro a pardo oscuro, comprende de cristales micáceos con tamaños de 100 a 800 μm . Tiene extinción tipo bird eye y colores de interferencia rosados y celestes de tercer orden. La plagioclasa presenta un hábito xenomorfo con bordes irregulares, tamaño promedio 200 μm y extinción de 15° , caracterizándose como albita.

Se tiene como minerales accesorios a la titanita, los minerales opacos y el zircón. Los zircones se caracterizan por ser incoloros, tener hábito prismático, relieve muy alto, tamaño de 50 μm y colores de interferencia verdes de tercer orden (Figura 9b).

En la muestra NCPO-17.1, se realizó análisis de difracción de rayos X, donde se constató la presencia de cuarzo, y se definió a la plagioclasa como albita. Además, se identifica a la variedad de clorita como clinocloro, y otros minerales como el magnesiocloritoide y flogopita.

A partir de las características mineralógicas en muestras de mano y láminas delgadas, en el sector de San Francisco de Vergel, la Unidad Plan del Oso pertenece a las facies de esquistos verde, y a las zonas de clorita y biotita.

4.5 Quebrada Guaguayme-Namirez

En el sector de las quebradas Guaguayme-Namirez se visitó un total de 6 afloramientos, recolectando 7 muestras de mano de las cuales se realizaron 4 láminas delgadas.

Relaciones de campo

Se realizó un muestreo en los afloramientos ubicados en las quebradas Guaguayme y Namirez. Los afloramientos se encuentran altamente meteorizados, y se puede observar fracturas con medidas estructurales de tendencia $255^\circ/50^\circ$. Tiene foliación gnéissica con una dirección preferencial de $125^\circ/33^\circ$.

La Unidad Plan del Oso, según el mapa geológico de Paquisha escala 1:100.000 (IIGE, 2018), esta sobrepuesta con un contacto discordante por las rocas volcánicas de edad Jurásica de la Unidad la Saquea, se puede observar a las andesitas de esta Unidad en el sector de El Progreso. Además, presenta un contacto intrusivo con las granodioritas del Batolito de Zamora, incluyendo intrusiones pegmatíticas de cuarzo y feldespato K en las rocas metamórficas de la Unidad Plan del Oso. En la zona norte de la quebrada se observó al intrusivo con un alto grado de meteorización.

Muestras de mano

Las rocas recolectadas corresponden a intrusivos granodioríticos con alteración clorítica, gneises y migmatitas (Figura 9b). Las rocas intrusivas presentan color blanco o verde oscuro, una textura fanerítica y están altamente meteorizados. En las migmatitas se distingue un leucosoma (cuarzo+feldespato+biotita) y un melanosoma (biotita), y los esquistos pelíticos, presentan cuarzo, moscovita y sericita.

Lámina delgada

Las rocas de la Unidad Plan del Oso en este sector presentan texturas granoblástica y granonematoblástica (Figura 8c y 8d). Las estructuras corresponden a bandeamiento gneísico y esquistosidad. Se observó gneises y migmatitas con un ensamble mineralógico formado por sericita, cuarzo, moscovita, y biotita, con minerales accesorios como clorita y epidota. También se presencia cuarcitas con una mineralogía correspondiente a cuarzo, horblenda y clorita, con minerales opacos como accesorios. Y esquistos con una mineralogía correspondiente a cuarzo, biotita, sericita, plagioclasa y minerales accesorios como clinoclinizoicita, zircones y minerales opacos.

Se observa la presencia de migmatitas con leucosoma formado por cuarzo, plagioclasa, y biotita, y un melanosoma formado por biotita y sericita. El cuarzo se presenta en un rango del 30-40%. Presenta hábito xenoblástico, bordes suturados y no suturados, y es monocristalino. Su disposición es en bandas paralelas a la foliación y tiene tamaños entre 100 y 350 μm . Se asocia con la plagioclasa, la cual tiene un ángulo de extinción de 15°, siendo caracterizada como albita. Algunas migmatitas presentan un mayor porcentaje de sericita pseudomorfa y moscovita en el leucosoma, llegando hasta el 30% y 20% respectivamente. La moscovita tiene hábito micáceo y radial, y la biotita tiene un hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso y tamaño de hasta 800 μm .

Las cuarcitas presentan cuarzo monocristalino con textura granoblástica poligonal, y bandas paralelas de anfíbol y vetillas de clorita (Figura 8d). Los esquistos presentan un porcentaje de hasta 30% de moscovita.

A partir de las características mineralógicas en muestras de mano y láminas delgadas, en el sector de las quebradas Guaguayme-Namirez, los esquistos de la Unidad Plan del Oso pertenecen a las facies de esquistos verde, y las migmatitas a facies de anfibolitas, con zonas de clorita y biotita.

4.6 Quebradas Chimbuza-Wambuscaru

En el sector de las quebrada Chimbuza-Wambuscaru, se realizó el levantamiento geológico en dos afloramientos, se recolectaron 3 muestras y se realizaron dos láminas delgadas.

Relaciones de campo

La Unidad Plan del Oso, según el mapa geológico de Zamora escala 1:100.000 (IIGE, 2018), es intruido por el Batolito de Zamora. Los afloramientos se encuentran moderadamente meteorizados y presentan una foliación de $60^{\circ}/30^{\circ}$ y $115^{\circ}/60^{\circ}$ (Figura 9c).

Muestras de mano

Las muestras de mano en este sector corresponden a esquistos lepidoblásticos de color café. Las muestras tienen una mineralogía característica de cuarzo, sericita, biotita, y clorita, y presentan filones de cuarzo.

Lámina delgada

Las rocas presentan zonas de esquistos de cuarzo y sericita, con intercalaciones de bandas de cuarcita. La textura en las zonas de esquistos es lepidogranoblásticas y en la cuarcita es granoblástica (Figura 10e). La paragénesis mineral es sericita, cuarzo, clorita, moscovita con minerales accesorios como opacos, óxidos y el rutilo.

La sericita está en porcentajes entre el 13% a 50%, y esta principalmente en espacios interminerales. El cuarzo en los esquistos presenta un tamaño de 100 μm , y en la cuarcita llega hasta 800 μm (Figura 9e y 9f). La clorita y moscovita están en un rango entre 8-15% y presentan un hábito micáceo.

Debido a su composición mineralógica, estas muestras están asociadas a un protolito sedimentario pelítico, y psamítico. La facie metamórfica de este grupo, corresponde a las facies de esquistos verde, zona de la clorita.

4.7 Quebrada Guambime

En el sector de las quebrada Guambime se realizó el levantamiento geológico de cuatro afloramientos, se recolectaron 6 muestras de mano y se realizaron 4 láminas delgadas.

Relaciones de campo

La Unidad Plan del Oso, según el mapa geológico de Paquisha 1:100.000 (IIGE, 2017), es intruida por el batolito de Zamora. Además, presenta un contacto discordante con las tobas, ignimbritas y volcanosedimentos de la Unidad Nueva Esperanza, del jurásico. Los afloramientos se encuentran moderadamente meteorizados y afectados por la erosión fluvial. En el sector del puente de la quebrada de Guambime, aflora una secuencia sedimentaria metamorfizada, formada por esquistos de color azul verdoso, y cuarcitas (Figura 9d). La foliación es $335^{\circ}/55^{\circ}$.



Figura 8: Fotografías tomadas en campo: **a)** afloramiento de esquistos y pizarras en el sector de la San Francisco de Vergel; **b)** muestra de esquistos del sector Guaguayme-Namirez; **c)** afloramiento de gneises y esquistos en el sector Chimbuza-Wambuscaru; **d)** secuencia sedimentaria en el sector de la quebrada Guambime.

Muestras de mano

Las rocas de este sector corresponden a esquistos verdes y grises, con texturas lepidoblástica y porfidolepidoblástica. Presentan grano fino y se observan configuraciones mineralógicas de:

- 1) cuarzo + sericitia+ biotita + moscovita
- 2) cuarzo + clorita + biotita + anfíbol
- 3) cuarzo + clorita.

Se evidencia venas de cuarzo de hasta 1 cm paralelos a la foliación.

Lámina delgada

Las rocas tienen textura lepidoblástica, porfidolepidoblástica, y poiquiloblástica. La principal estructura es la esquistosidad, y la paragénesis mineral es cuarzo, sericita, moscovita, y clorita. Los minerales accesorios corresponden a opacos y clinozoicita. Las rocas han sido definidas como esquistos pelíticos y se observan estratificaciones con esquistos esquistos porfiroblástico de actinolita.

Los esquistos pelíticos presentan cuarzo en un rango del 55 al 70%, moscovita entre el 25 y 10%, sericita entre el 5 y 10%, clorita 10% y plagioclasa 10%. El cuarzo es monocristalino y policristalino, tiene bordes suturados, y tamaños entre 50 y 250 μm . La moscovita está en forma de láminas micáceas alargadas en dirección a los planos de foliación.

El esquisto porfidoblástico de actinolita (Figura 9g), presenta porcentajes de cuarzo, moscovita y clorita dentro del rango de los esquistos moscovíticos. Se resalta la presencia de porfidoblásticos de cuarzo con textura poiquiloblástica postcinemática, y la presencia de inclusiones de actinolita y clinozoicita (Figura 9h). También se diferencia la presencia de actinolita, con un porcentaje de 35%, color amarillo, y cristales alargados de hasta 600 μm . En esta muestra se realizó difracción de Rayos X, y se evidenció un patrón de difractogramas, con picos asociados a actinolita, albita y clinocloro (ANEXO 1).

Se realizó la descripción de un canto rodado de gneis muestreado en la quebrada, con cuarzo, moscovita, clorita, zoisita y biotita. La moscovita está en porcentajes entre el 50-13%, y esta principalmente en espacios interminerales y como pseudomorfo.

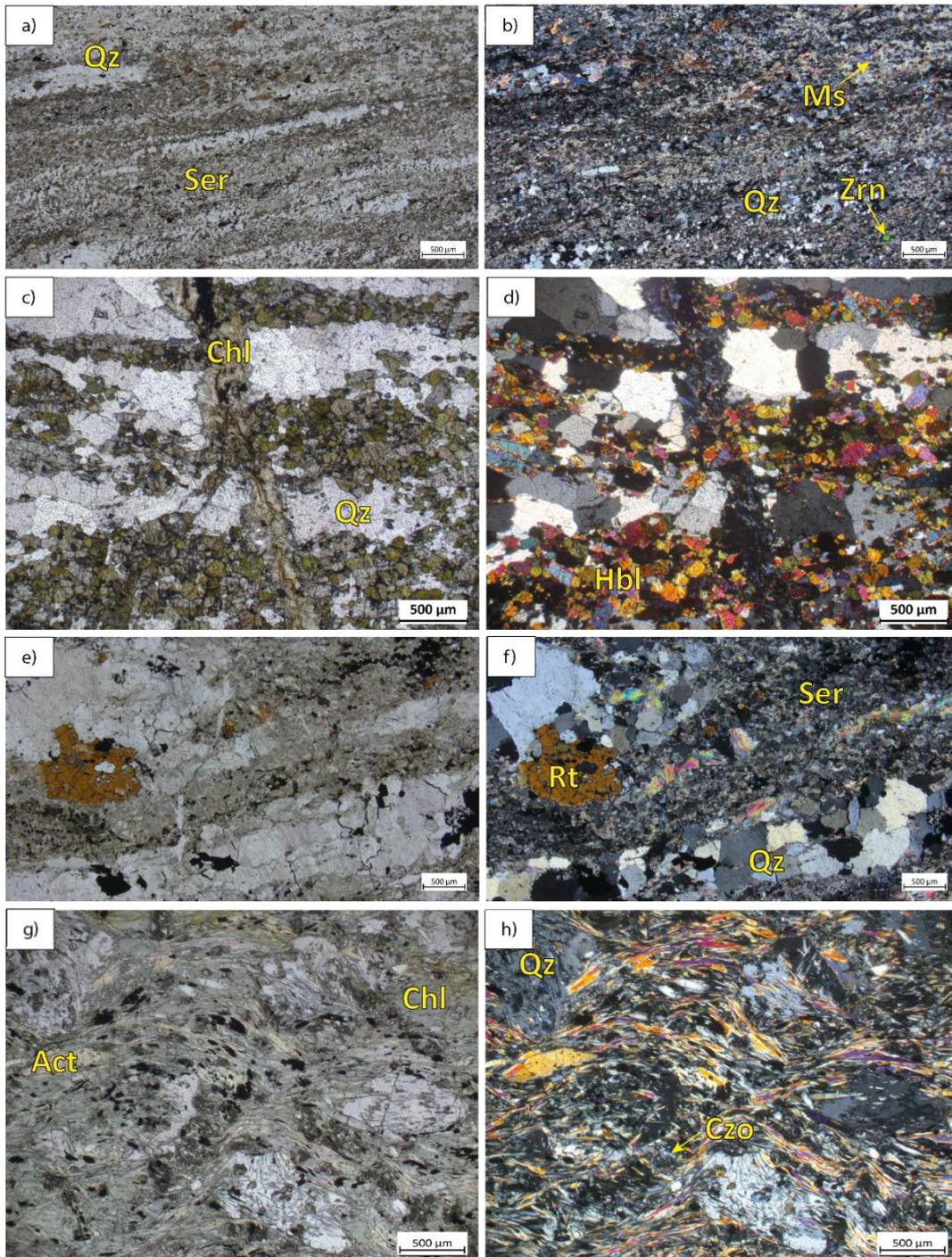


Figura 9: Muestras representativas de las láminas delgadas de los sectores de San Francisco de Vergel, quebradas Guaguayme-Namirez, Chimbuza-Wambuscaru y Guambime. **a)** y **b)** Esquisto lepidoblástico con Qz+Ser+Bt+Ms del sector de San Francisco de Vergel, muestra NCPO-19; **c)** y **d)** cuarcita grano medio nematoblástica con Qz+Hbl+Chl del sector de Guaguayme-Namirez, muestra NCPO-27; **e)** y **f)** esquisto pelítico con Ser+Qz+Ms+Chl+Rt del sector Chimbuza-Wambuscaru, muestra NCPO-29; **g)** y **h)** esquisto porfidoblástico de actinolita con Qz+Act+Chl+Czo del sector de Guambime, muestra NCPO-32.2 (Abreviaciones de Whitney & Evans, 2010).

El cuarzo tiene tamaños variados, en las fases micáceas presenta un grano fino con promedio de 100 μm , y en las bandas gnéisicas puede llegar hasta los 800 μm . La clorita y moscovita están, en un rango entre 8-15% de la muestra y presentan un hábito micáceo.

Debido a su composición mineralógica, estas muestras están asociadas a un protolito sedimentario pelítico (esquistos pelíticos) y uno volcánico como las andesitas (esquistos porfidoblásticos de actinolita). La facie metamórfica de este grupo, corresponde a las facies de esquisto verde, zona de la clorita, para los esquistos. Y zona de anfibolita para el canto rodado de gneis encontrado en la quebrada.

5 DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

Las rocas metamórficas indiferenciadas de la zona subandina, son una de las grandes incertidumbres de la Cordillera Real y la Geología del Ecuador. Litherland et al. (1994) han atribuido estas rocas, a edades Precámbricas relacionándolas con el basamento metamórfico de la cuenca oriente, sin embargo, esta afirmación carece de estudios petrográficos y geoquímicos que puedan comprobar su veracidad. Por otro lado, en el Mapeo Geológico Nacional (IIGE, 2017), se incluyó a la Unidad Plan del Oso agrupando este conjunto de rocas. Sin embargo, se carece de parámetros como edad geológica, correlación con otras unidades y génesis (IIGE, 2019). A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se realizó una comparativa entre las rocas metamórficas indiferenciadas en la Zona Subandina con las unidades paleozoicas y triásicas de la Cordillera Real, el basamento metamórfico de la cuenca oriente, y las rocas precámbricas y paleozoicas, de Colombia y Perú, utilizando datos bibliográficos y descripciones petrográficas.

Relaciones de campo

Las rocas de la Unidad Plan del Oso se encuentran distribuidas al suroriente ecuatoriano, en la Zona Subandina. Estos cuerpos metamórficos están ubicados al este de la falla de Palanda, que separa a la Unidad Triásica de Sabanilla del intrusivo de Zamora de edad Jurásica (IIGE, 2017). Las relaciones de campo indican que estos cuerpos metamórficos están intruidos por el Batolito de Zamora, lo que sugiere que poseen una edad anterior al Jurásico. En las memorias técnicas de Paquisha y Las Aradas (INIGEMM, 2015) se reporta la presencia de alteración hidrotermal en el sector de Guambime, y rocas corneanas al norte de la Loma Plan de Oso, reafirmando la presencia de este contacto ígneo. En el trabajo de campo realizado para este proyecto se pudo observar metamorfismo de contacto en el sector del río Mayo, y en varios afloramientos se corroboró la presencia de cuerpos

intrusivos, diques de rocas intrusivas y rocas volcánicas afectando a los cuerpos metamórficos. Los contactos de la Unidad Plan del Oso con las unidades jurásicas son principalmente intrusivos, sin embargo, en las Hojas Geológicas de Zumba y Paquisha 1: 100.000 (IIGE, 2017), se reporta contactos fallados con los volcanosedimentos del Pucabamba, las brechas de Cerro Colorado, las andesitas de La Saquea y las tobas de la Unidad Nueva Esperanza, todas pertenecientes al Jurásico. En la Hoja geológica escala 1: 100.000 de Zamora (IIGE, 2017) se observa un contacto ígneo inferido, de los paragneises de la Unidad Plan del Oso, con las unidades Piuntza y Pachicutza del Triásico, y en el sector de Chinapintza los esquistos pelíticos son descritos como techos colgantes (Roof Pedant) del batolito de Zamora.

En conclusión, la Unidad Plan del Oso está intruida por el Batolito de Zamora, y es levantado por el intrusivo. Por estas razones, estas rocas pueden estar asociadas a una edad prejurásica, al igual que las rocas de la Cordillera Real. Chew (2007) interpreta a las muestras del sector de Ishimanchi como una cobertura sedimentaria del cratón amazónico.

Petrografía y posibles correlaciones

La petrografía realizada en este estudio muestra que las rocas agrupadas como Unidad Plan del Oso presentan asociaciones minerales de zonas de clorita y biotita correspondientes a facies desde esquisto verde hasta facies de anfibolita de baja presión. Para este estudio se ha dividido por grupos según la localidad de los afloramientos y sus características petrográficas. El primer grupo corresponde a los sectores de Ishimanchi, Chinapintza y San Francisco de Vergel, en estos lugares las rocas presentan un metamorfismo de menor intensidad desarrollando principalmente estructuras esquistosas y pizarrosas con facies de esquisto verde. El segundo grupo corresponde a las migmatitas, gneises y esquistos del sector de la Loma Plan de Oso y río Mayo, y como tercer grupo se tiene a las migmatitas, gneises y esquistos de Guaguayme. El segundo y tercer grupo presentan rocas con mayor grado metamórfico y tienen facies desde esquisto verde hasta anfibolita. Finalmente, en el cuarto grupo están los esquistos moscovíticos y anfibolíticos de los sectores Chimbuza-Wambuscaru y Guambime con facies de esquisto verde. A continuación, se describen con mayor detalle:

- 1) Las pizarras, esquistos y filitas del sector Ishimanchi, Chinapintza y San Francisco de Vergel que presentan un ensamble mineralógico de cuarzo + sericita + moscovita + plagioclasa + biotita ± clorita, presentan facies de esquisto verde con zonas de clorita y biotita, y un protolito correspondiente a rocas sedimentarias pelíticas. Estas rocas corresponden a la Unidad Ishimanchi y presenta similitudes con la Unidad Chiguinda de la Cordillera Real. Las muestras tomadas en el sector de Ishimanchi,

corresponden a filitas, esquistos y cuarcitas que a pesar de haber sido mapeadas como Unidad Ishimanchi en estudios previos (Litherland, Aspden, & Jemielita, 1994), se la asigna a la Unidad Plan del Oso en el último mapeo nacional (IIGE, 2017). De estas rocas se ha reportado una edad geocronológica, de 368 ± 14 Ma asignándolo al paleozoico (Chew et al., 2007). Por lo que no se la debe considerar como una unidad precámbrica como lo reportan erróneamente los mapas escala 1: 100.000 de Zumba. y el mapa Geológico del Ecuador escala 1: 1 000.000 (IIGE, 2017).

- 2) Las migmatitas, gneises de cuarzo-biotita, y esquistos del sector de la Loma Plan de Oso y Río Mayo presentan un mayor grado de cristalización, con un ensamble mineralógico de cuarzo + albita + microclina + biotita + moscovita \pm andalucita, asignándole un protolito sedimentario. Las facies asignadas corresponden a esquisto verde para los esquistos de la Loma Plan de Oso (Zona de biotita y clorita) y anfibolita de baja presión para las migmatitas y gneises del río Mayo. Por estas razones presentan una génesis de anatectitas formadas por la fusión de la corteza continental, situación similar a las Unidades Sabanilla y Tres Lagunas del Triásico tardío, las cuales tienen como posible protolito a la Unidad Chiguinda (Spikings et al., 2021; Villares et al., 2021).
- 3) Las migmatitas, gneises y esquistos de Guaguayme, se diferencian por la presencia de anfíbol en mayores porcentajes. Su ensamble mineralógico está formado por cuarzo + clorita + biotita +anfíbol \pm clinozoicita \pm sericita \pm albita. Presenta facies de esquisto verde en zonas de clorita y biotita, de acuerdo con su composición mineralógica se asocia estas muestras a un protolito volcánico, o sedimentario pelítico con aportes volcánicos. Presenta mayor grado de metamorfismo con respecto a los sectores de San Francisco de Vergel, al observarse una estructural fluidal y bandeamiento gneísico en los afloramientos.
- 4) Los esquistos moscovíticos y anfíbolíticos de los sectores Chimbuza-Wambuscaru y Guambime presenta una mineralogía de cuarzo + moscovita +sericita \pm actinolita \pm rutilo. Las rocas de la quebrada Chimbuza-Wambuscaru se caracterizan por un mayor porcentaje de cuarzo y los de Guambime por un elevado porcentaje de moscovita. Los protolitos asignados corresponden a rocas pelíticas y psamíticas, a excepción de la muestra 32.2 que fue asignada a un protolito volcánico por el porcentaje elevado de actinolita. Este grupo se encuentra en las facies de esquisto verde, zona de clorita.

Un aspecto importante de discusión es la adjudicación de las rocas de la Unidad Plan del Oso, al basamento metamórfico de la Cuenca Oriente. Para analizar esta hipótesis se realizó la descripción petrográfica de una muestra obtenida del basamento metamórfico a una profundidad de 2904.16 m obtenida del pozo Tapi, que fue donada al Museo Petrográfico del Departamento de Geología de la Escuela Politécnica Nacional. La muestra presenta una asociación mineralógica de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno, y minerales opacos, textura granoblástica poligonal, y estructura fluidal con bandas de plagioclasa, aunque también se reporta cordierita (Vera, 2013) (ANEXO 3). Su ensamble mineralógico la ubica en las facies de granulita de alta temperatura con protolito sedimentario. Esto difiere de las muestras analizadas en este estudio que a pesar de tener un protolito sedimentario, únicamente llegan a facies de esquisto verde y anfibolita. Por lo tanto, tanto la mineralogía como las facies metamórficas difieren entre las muestras descritas de la Unidad Plan del Oso y la muestra obtenida del basamento metamórfico de la Cuenca Oriente.

Además, en la memoria de la Hoja Geológica de Paquisha (INIGEMM, 2015), se relaciona a esta unidad con el complejo Marañón, que es el nombre atribuido las rocas del basamento metamórfico de Perú. El basamento cristalino en Perú se encuentra levantado sobre los 4000 m por fallas de cabalgamiento (Piffner & Gonzalez, 2013), y presenta un complejo registro geocronológico desde el Neoproterozoico al Paleozoico. Cardona et al. (2009) realiza una subdivisión en 4 unidades principales: 1) Gneises con facies de anfibolitas 2) Esquistos con metabasitas y rocas calcosilicatadas con facies de esquisto verde a anfibolita 3) Migmatitas y granitoides 4) Esquistos micáceos, y presenta edades U-Pb entre los 741 ± 8 Ma hasta los 316 ± 9 Ma, para el zircón más joven. Es necesario realizar una mejor caracterización de las rocas metamórficas de la Unidad Plan del Oso, para poder compararlas con las rocas de Perú y sus subdivisiones.

En Colombia se tiene rocas precámbricas, y Paleozoicas. Las rocas del Terreno Anaconda están formadas por un basamento metamórfico del Neoproterozoico Tardío con litologías correspondientes a anfibolitas ricas en granate e intercalados con esquistos con una paragénesis de cianita, granate, estaurolita indicando facies de baja anfibolita, y al menos tres facies metamórficas para los esquistos (Restrepo, Martens, & Giraldo Ramírez, 2020). Además, se presentan ortogneises graníticos con edades del pérmico. Este Terreno es equivalente al Complejo Marañón en Perú. La sierra Nevada de Santa Marta comprende rocas ígneas y rocas metamórficas de bajo y alto grado con edades desde el Proterozoico hasta Jurásico. Está compuesta por tres cinturones metamórficos: La Provincia de Sierra Nevada, el Cinturón de Sevilla y en cinturón de Santa Marta. La Provincia de Sierra Nevada

y el Cinturón de Sevilla tienen como basamento a las granulitas de Los Mangos, y a los gneises con facies de anfibolitas de alta presión de Los Muchachitos y Buritaca (Piraquive, et al., 2021). También se observan rocas con facies metamórficas de esquisto verde retrogrado. Estas rocas descritas en Colombia, y que pueden ser correlacionadas con la geodinámica en Ecuador, no presentan similitudes importantes con las de la Unidad Plan del Oso, y tienen facies con un metamorfismo mayor, y una mineralogía diferente.

Para todos los sectores, el protolito de las rocas de la Unidad Plan del Oso es el mismo (intercalaciones de rocas pelíticas y areniscas), variando únicamente en el grado metamórfico, incluyendo litologías como pizarra, esquisto, gneis, y migmatitas, siendo este un excelente ejemplo de variación del metamorfismo en rocas pelíticas. Desde la población de Zumba hacia el oeste, se puede identificar una variación progresiva en el metamorfismo, el cual se incrementa en dirección oeste, desde pizarras de la Unidad Plan del Oso, hasta las migmatitas de la Unidad Sabanilla. Lo cual, asociado con las edades reportadas, permite proponer que la Unidad Plan el Oso es equivalente a la Unidad Chiguinda, y correspondería al protolito de las Unidades metamórficas Tres Lagunas y Sabanilla del Triásico Tardío.

5.2 Conclusiones

Las rocas de la Unidad Plan del Oso en el sector de Ishimanchi, Chinapintza y San Francisco de Vergel, corresponden a esquistos y pizarras sericíticas con facies de esquisto verde y protolito asociado a rocas pelíticas. Estas rocas pueden estar relacionadas a los depósitos sedimentarios del Paleozoico, y por lo tanto a las Unidades Chiguinda e Ishimanchi.

Las rocas del sector Loma Plan de Oso - Río Mayo y Guaguayme, presentan un mayor grado de metamorfismo con litologías como migmatitas, paragneises de cuarzo-sericita, ortogneises y cuarcitas. Las facies metamórficas en estos sectores van desde esquisto verde para los esquistos de cuarzo/sericita de la Loma Plan de Oso, hasta facies de anfibolita para las migmatitas y gneises. Los protolitos corresponden a rocas sedimentarias pelíticas y volcánicas por la presencia de minerales como el anfíbol y feldespato K.

En conclusión, las rocas de la Unidad Plan del Oso corresponden a una secuencia sedimentaria con diferentes grados de metamorfismo, donde se puede diferenciar protolitos pelíticos, psamíticos y aportes volcánicos, que pueden ser relacionados con unidades Paleozoicas como Chiguinda e Ishimanchi, y ser protolito de las rocas Triásicas como Sabanilla y Tres Lagunas.

5.3 Recomendaciones

Se recomienda realizar una caracterización geoquímica y geocronológica de las rocas metamórficas de la Unidad Plan del Oso de la Zona Subandina, para poder consolidar la información petrográfica con los análisis de laboratorio, y asignar un ambiente geológico y geodinámico.

Realizar un estudio de proveniencia para las rocas de la Unidad Plan del Oso y compararlas con las Unidades del Paleozoico y Triásico.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, A., Audin, L., Nocquet, J. M., Jaillard, E., Mothes, P., Jarrín, P., Cisneros, D. (2016). Partitioning of oblique convergence in the Northern Andes subduction zone: Migration history and the present-day boundary of the North Andean Sliver in Ecuador. *Tectonics*, 35(5), 1048-1065.
- Aspden, J., Forte, N., Litherland, M., Viteri, F., & Harrinson, S. (1992). Regional S-type granites in the Ecuadorian Andes: Possible remnants of the breakup of western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 6, No. 3, 123-132.
- Baldock, J. (1982). Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador. Londres, Reino Unido: Instituto de Ciencias Geológicas .
- Bard, J. (1986). Microtextures of Igneous and Metamorphic Rocks. Geological Magazine Cambridge.
- Bourdon, E., Eissen, J.-P., Gutscher, M.-A., Monzier, M., Hall, M. L., & Cotten, J. (2003). Magmatic response to early aseismic ridge subduction: the Ecuadorian margin case (South America). *Earth and Planetary Science Letters*, 123-138.
- Bristow, C., Hoffstetter, R., Feininger, T., & Hall, M. (1977). *Lexique Stratigraphique*. Anatole, France: Union internationale des sciences géologiques.
- Bucher, K., & Grapes, R. (2011). Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Nueva York: Springer Science.
- Cardona, A., Cordani, U., Ruiz, J., Valencia, V., Armstrong, R., Chew, D., & Nutman, A. (2009). U–Pb zircon geochronology and Nd isotopic signatures of the pre-mesozoic. *J. Geology*, 117, 285-305.
- Chew, D., Schaltegger, U., Košler, J., Whitehouse, M., Gutjahr, M., Spikings, R., & Mišković, A. (2007). U–Pb geochronologic evidence for the evolution of the Gondwanan margin of the north-central Andes. *Geological Society of America Bulletin*.
- Cochrane, R., Spikings, R., Gerdes, A., Ulianov, A., Mora, A., Villagómez, D., Chiaradia, M. (2014). Permo-Triassic anatexis, continental rifting and the disassembly of western Pangaea. *Lithos Volumes 190–191*, 383-402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.12.020>.
- Fettes, D., & Desmons, J. (2007). *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press.

- Gutscher, M., Malavieille, J., & Lallemand, S. C. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 255-270. doi:[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(99\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00060-6)
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (2017). Proyecto de mapeo geológico 1:100.000: Hoja Geológica Las Aradas. Quito, Ecuador.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (2022). *Proyecto de "Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano" 1:100.000: Memoria Técnica de la Hoja Geológica Las Aradas*. Quito, Ecuador.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2019). *Estandares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica*. Quito: Dirección de Transferencia Tecnológica e incubación.
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (2016). Proyecto de "Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano": Memoria Técnica de la Hoja Geológica de Zumba Escala 1: 100.000. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico-INIGEM. (2015). Memoria Técnica de la Hoja Geológica de Zamora 1:100.000. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico - INIGEMM. (2015). Actualización de la Memoria Técnica de la Hoja Geológica de Paquisha escala 1:100.000. Quito, Ecuador.
- Jimenez, J. G. (2006). *Apuntes de la asignatura de Petrología Endógena II*. Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. .
- Kendrick, E., Bevis, M., Smalley, R., Brooks, B., Barriga Vargas, R., Lauría, E., & Souto Fortes, L. P. (2003). The Nazca–South America Euler vector and its rate of change. *Journal of South American Earth Sciences*, 125-131.
- Litherland, M., Aspden, J., & Jemielita, R. (1994). The metamorphic belts of Ecuador. Keyworth, Nottingham: British Geological Survey, 7-50.
- Lonsdale, P. (2005). Creation of the Cocos and Nazca plates by fission of the Farallon plate. *Tectonophysics*, 404, 237-264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.05.011>.

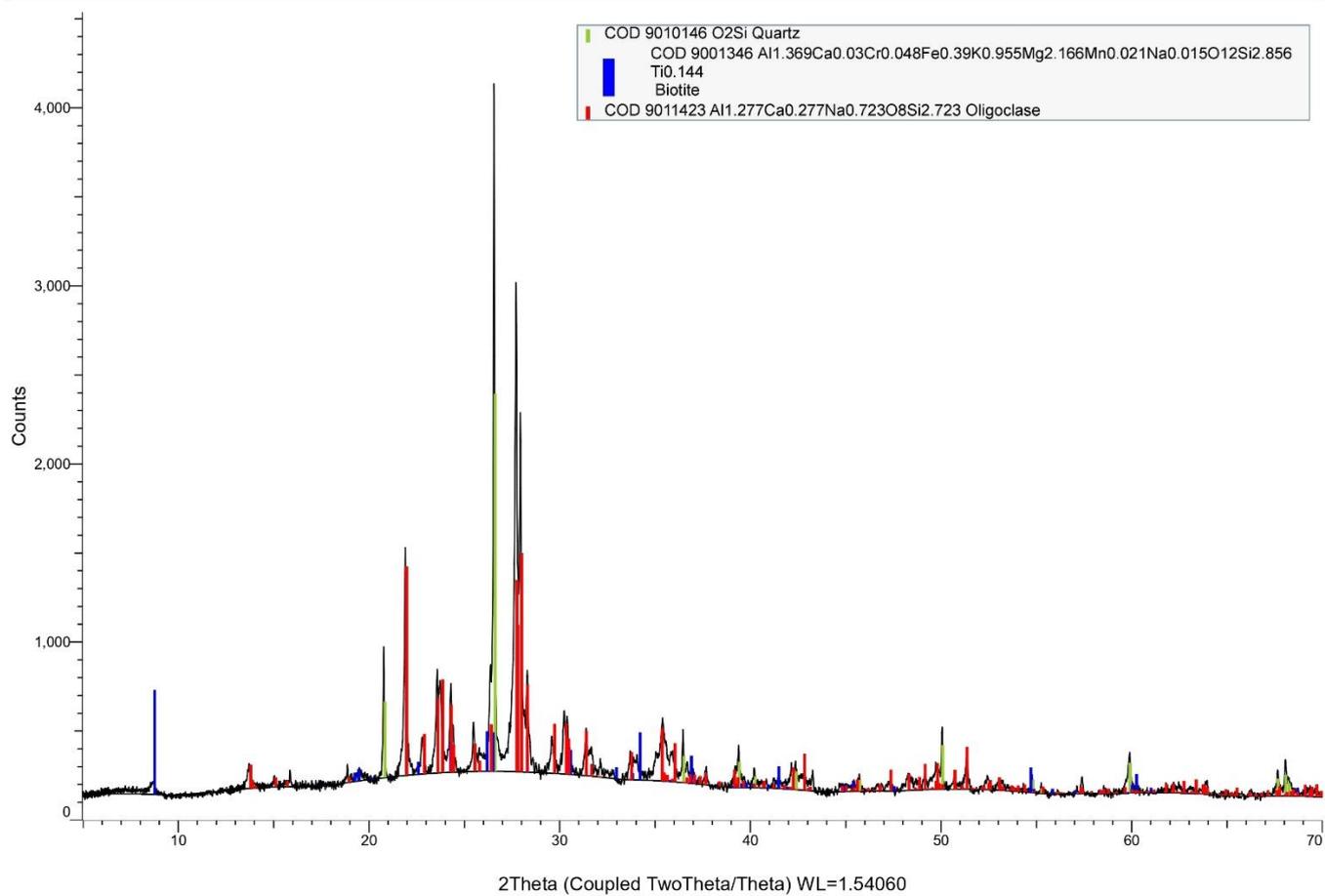
- Mejía, M. I., Ruiz, J., Valencia, V., Cardona, A., Gehrels, G., & Mora, A. (2011). The Putumayo Orogen of Amazonia and its implications for Rodinia reconstructions: New U–Pb geochronological insights into the Proterozoic tectonic evolution of northwestern South America. *Precambrian Research - PRECAMBRIAN RES.* doi:10.1016/j.precamres.2011.09.005
- Miyashiro, A. (1973). Metamorphism and Metamorphic Belts. *112* , Volume 112 (5), 533. doi:<https://doi.org/10.1017/S0016756800046288>
- Miyashiro, A. (1973). *Metamorphism and Metamorphic Belts*. Tokyo: Iwanami Shoten.
- Pardo-Casas, F., & Molnar, P. (1987). Relative motion of the nazca (Farrallon) and south american plates since late cretaceous time. *Tectonics*, 6, 233-248.
- Pfiffner, A. & Gonzalez, L. (2013). Mesozoic–Cenozoic Evolution of the Western Margin of South America: Case Study of the Peruvian Andes. *Geosciences*, 262-310. doi:doi:10.3390/geosciences3020262
- Piraquive, A., Kammer, A., Bernet, M., Cramer, T., von Quadt, A., & Gomez, C. (2021). Neoproterozoic to Jurassic tectono-metamorphic events in the Sierra Nevada de Santa Marta Massif, Colombia: insights from zircon U-Pb geochronology and trace element geochemistry. *International Geology Review*. doi:10.1080/00206814.2021.1961317
- Restrepo, J., Martens, U., & Giraldo Ramírez, W. (2020). Chapter 8 The Anaconda Terrane: A Small Early Paleozoic Peri–Gondwanan Terrane in the Cauca–Romeral Fault System. doi:10.32685/pub.esp.35.2019.08
- Restrepo, M., Bustamante, C., Cardona, A., Beltrán-Triviño, A., & Valencia, V. (2023). Geochemistry and geochronology of Permian plutonic rocks at the north-western margin of Gondwana. *Geological Journal*, 58. doi:10.1002/gj.4743
- Spikings, R., & Crowhurst, P. (2004). (U–Th)/He thermochronometric constraints on the late Miocene–Pliocene tectonic development of the northern Cordillera Real and the Interandean Depression, Ecuador,. *Journal of South American Earth Sciences*,, 239-251,.
- Spikings, R., Cochrane, R., Villagomez, D., V. d., Vallejo, C., Winkler, W., & Beate, B. (2015). The geological history of northwestern South America: from Pangaea to the early collision of the Caribbean Large Igneous Province (290–75Ma). *Gondwana Research*, 27(1), 95-139. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gr.2014.06.004>.

- Spikings, R., Paul, A., Vallejo, C., & Reyes, P. (2021). Constraints on the ages of the crystalline basement and Palaeozoic cover exposed in the Cordillera real, Ecuador: $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ analyses and detrital zircon U/Pb geochronology. *Gondwana Research*, Volume 90, 77-101.
- Spikings, R., Reitsma, M., Boekhout, F., A. Mišković, A. Ulianov, Chiaradia, M., Schaltegger, U. (2016). Characterisation of Triassic rifting in Peru and implications for the early disassembly of western Pangaea. *Gondwana Research*, 35, 124-143.
- Spikings, R., Winkler, W., Seward, D., & Handler, R. (2001). Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters* , 186, 57-73. doi:[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00225-4](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00225-4).
- Torres, R. L., García, A., & Molina, J. F. (2004). Petrología Metamórfica Asistente de Prácticas. Granada: Universidad de Granada.
- Vera, R. (2013). *Geology of Ecuador*. Segunda edición. Quito: Graficas Iberia.
- Villares, F. (2012). *Petrography and Geochemistry of the Zamora Batholith in the south of the sub-Andean*. Trabajo de fin de Master, Universidad de Granada.
- Winter, J. (2014). Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. Edinburgh Gate: Pearson.

7 ANEXOS

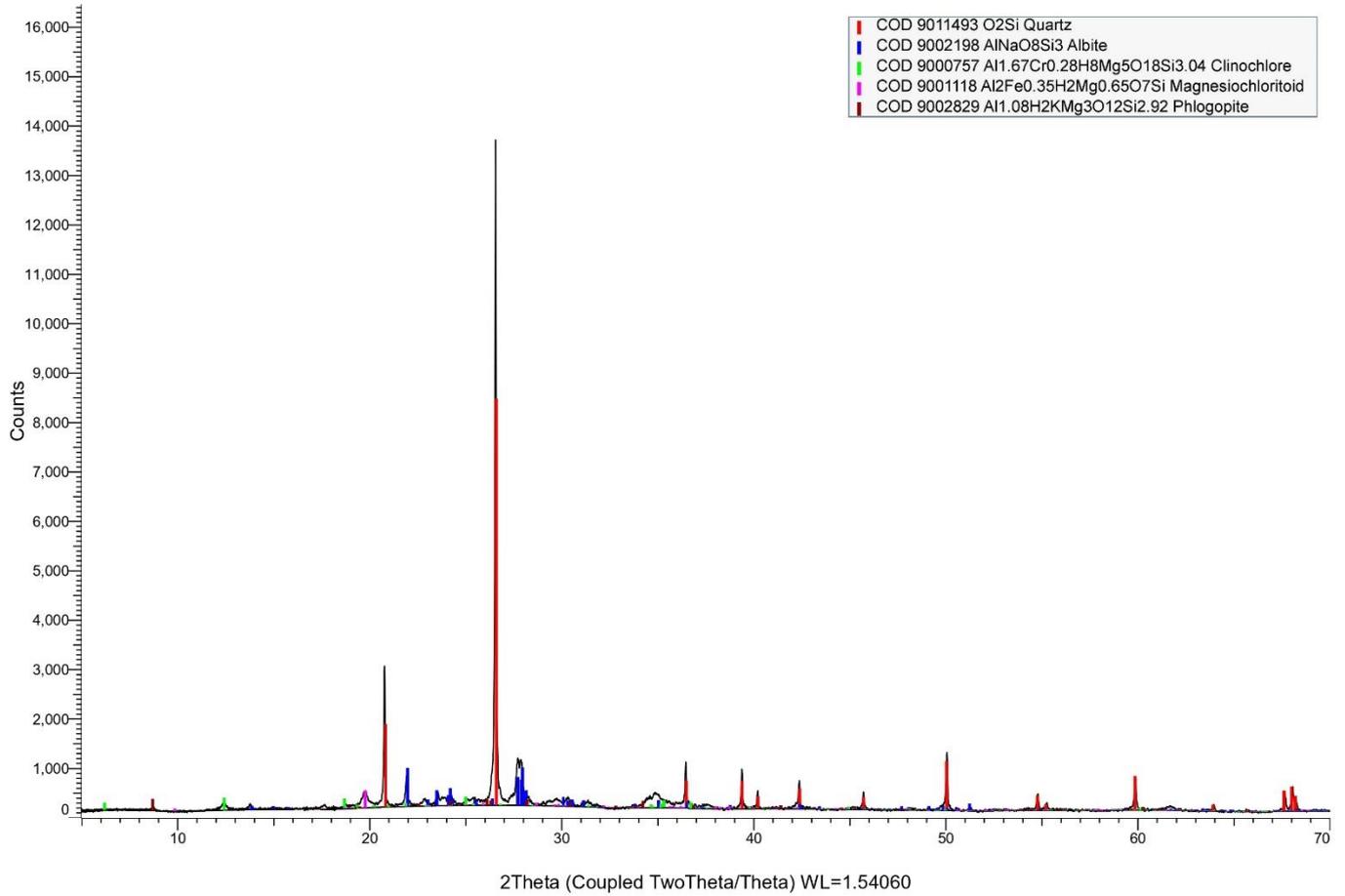
ANEXO I. RESULTADOS DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Muestra NCPO-12



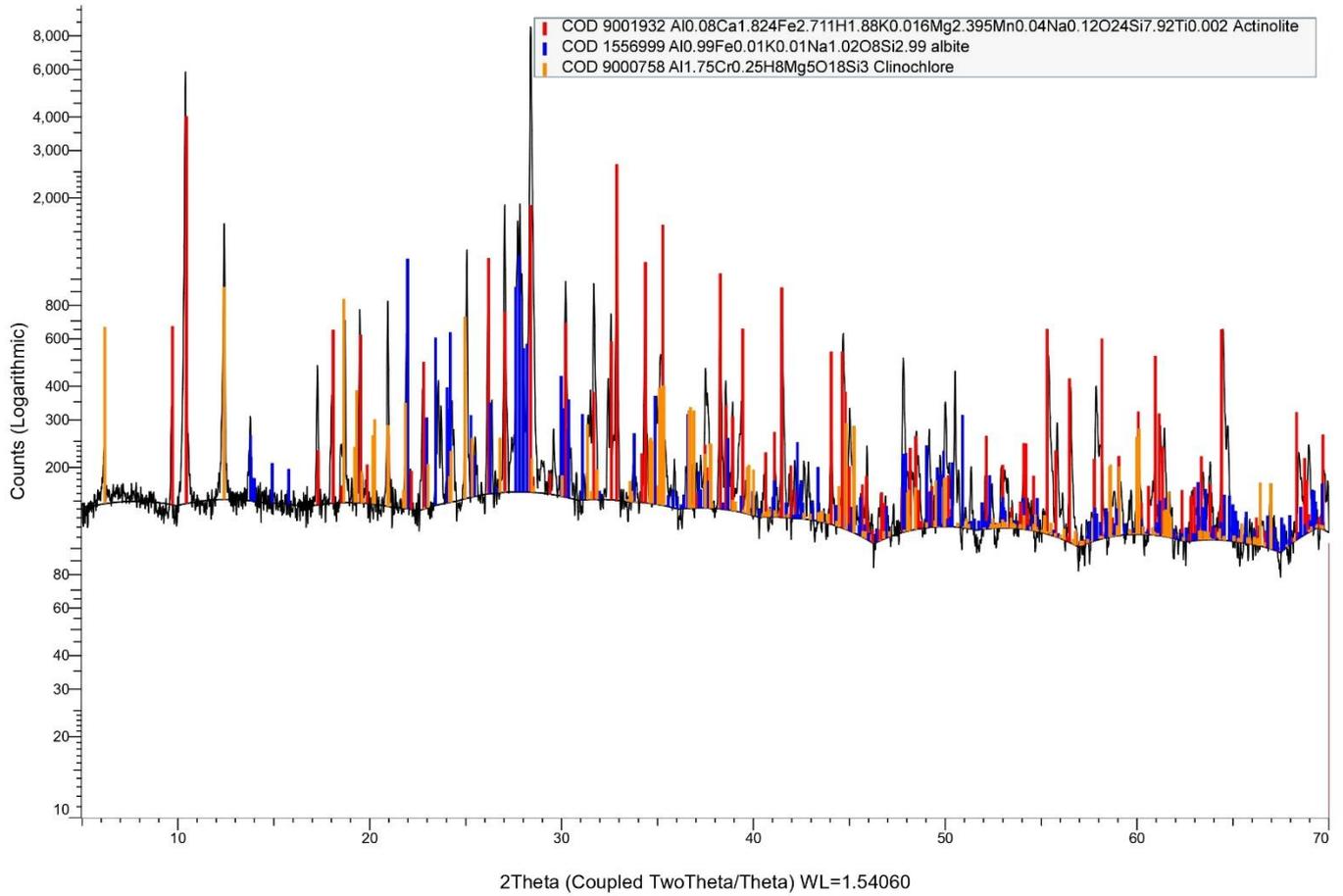
Muestra NCPO-17

(Coupled TwoTheta/Theta)



Muestra NCPO-32

(Coupled TwoTheta/Theta)

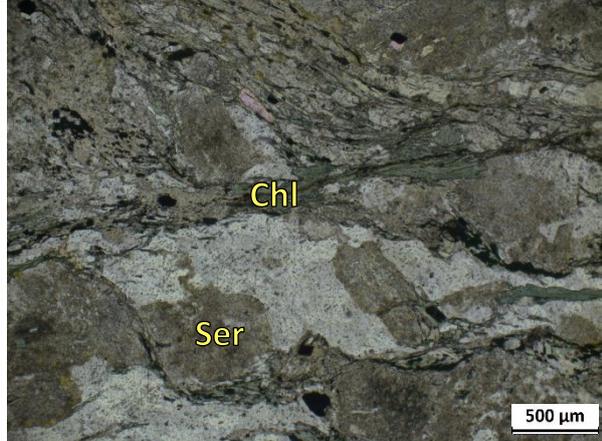


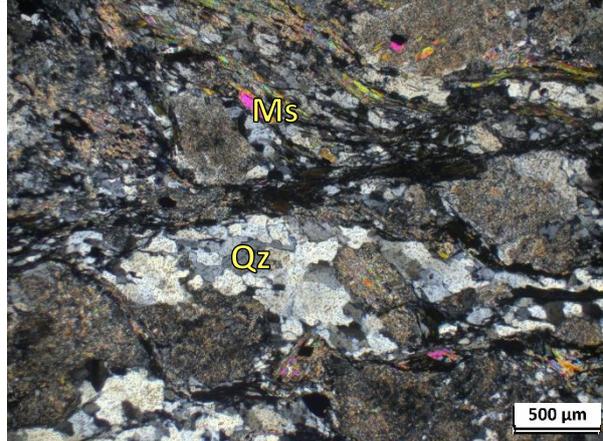
ANEXO II. TABLA RESUMEN DE DESCRIPCIONES EN LÁMINA DELGADA

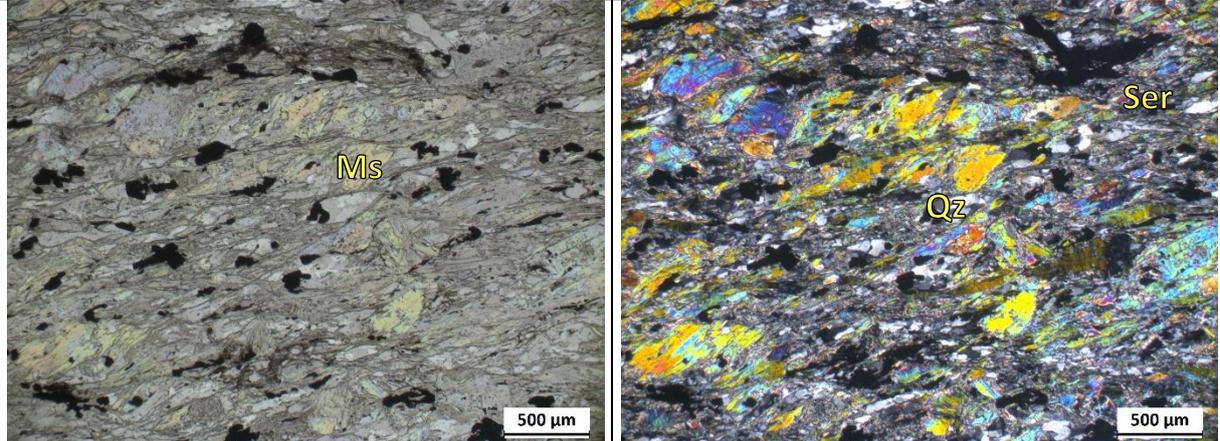
CÓDIGO MUESTR A	x	y	z	SECTOR	UNIDAD ASIGNAD A	Textura	Estructura	Minerales principales							Minerales accesorios							Nombre de la roca				
								Qz	Ser	Ms	Bt	Pl	Anf	Fds	Chl	Czo-Zo	Ep	Opac os	And	Ca	Zr		Ru	Ox		
NC-PO-01	771387	9550342	1502,1	Chinapintza	Plan del Oso	Lepidoblástica	Esquistosa	45	38	5					10			2						Esquisto pelítico		
NC-PO-02	771387	9550342	1502,1	Chinapintza	Plan del Oso	Lepidoblástica	Esquistosa	35	40	20								5						Esquisto pelítico		
NC-PO-03	771387	9550342	1502,1	Chinapintza	Plan del Oso	Lepidoblástica	Esquistosa	35	50	10				10				2		5				Esquisto pelítico		
NC-PO-04	771074	9550043	1567,71	Chinapintza	Plan del Oso	Lepidoblástica	Pizarrosa	10	65	20								5						Pizarra pelítica		
NC-PO-05	708008	9465223	1052	Ishimanchi	Plan del Oso	Porfidolepidoblástica	Esquistosa con crenulación	45	30	15												3		7	Esquisto pelítico	
NC-PO-07	708490	9465567	867	Ishimanchi	Plan del Oso	Lepidogranoblástica	Esquistosa	40		45				10				3				2			Esquisto pelítico	
NC-PO-08	708346	9465837	838	Ishimanchi	Plan del Oso	Lepidoblástica	Esquistosa	25	40	20					12			3							Esquisto sericítico	
NC-PO-10	710556	9468635	1050	Río Mayo	Plan del Oso	Granoblástica	Gneísica	70		13					10	5		2							Esquisto de cuarzo y moscovita	
NC-PO-12	712577	9467960	761	Río Mayo	Plan del Oso	Granoblástica	Gneísica	35		5	20	20		15				2		3					Migmatita	
NC-PO-13	713294	9468563	922	Loma Plan de Oso	Plan del Oso	Granoblástica	Gneísica	70	8	16					5			1							Gneiss de cuarzo moscovita	
NC-PO-14	713789	9468730	949	Loma Plan de Oso	Plan del Oso	Lepidogranoblástica	Esquistosa	40	30	15	13							2							Esquisto sericítico	
NC-PO-15	714200	9469399	1106	Loma Plan de Oso	Plan del Oso	Granoblástica	gnéisica	60	30						7	2		1							Gneis de sericita y cuarzo	
NC-PO-16	715202	9478268	1719	San Francisco de Vergel	Plan del Oso	Lepidogranoblástica	Esquistosa	45	35						10										Esquisto de cuarzo y sericita	
NC-PO-17.1	715017	9478294	1720	San Francisco de Vergel	Plan del Oso	Lepidoblástica	Esquistosa	25	70														5		Pizarroso sericítico	
NC-PO-17.2	715017	9478294	1720	San Francisco de Vergel	Plan del Oso	Granoblástica	Esquistosa																			Esquisto sericítico

ANEXO III. FICHAS LÁMINAS DELGADAS

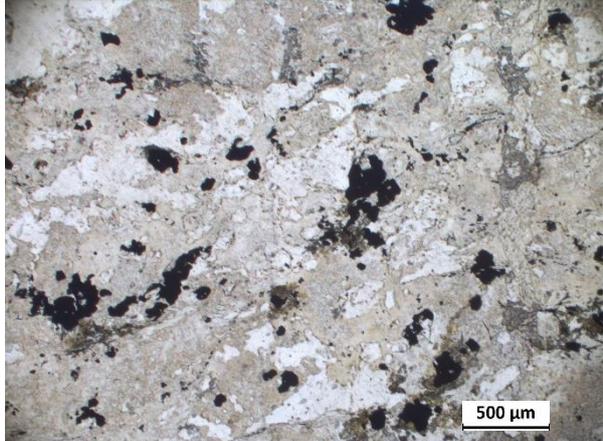
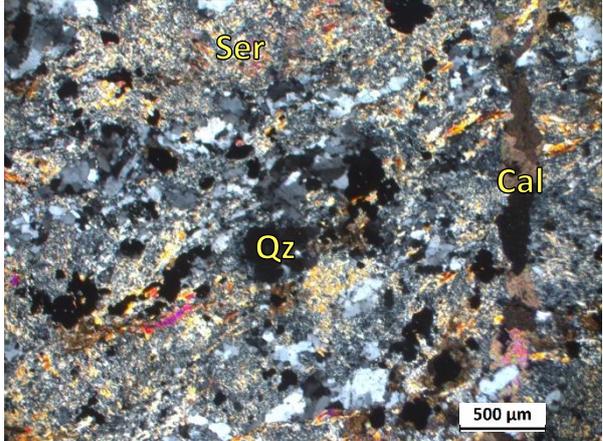
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-01		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	771387	9550342	1502
Nombre de la unidad	Plan de Oso / Batolito de Zamora		
Ciudad/Referencia	Campamento Prometedor Luminex		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico, incoloro, policristalino y con sutura, tamaños entre 200-600 μm . Extinción ondulatoria, colores de interferencia grises de primer orden.	45	
Sericita	Hábito pseudomorfo en reemplazo de la plagioclasa, y Moscovita, color marrón rosáceo. Birrefringencia media-alta, colores de interferencia amarillos y rosados pasteles de tercer orden	38	
Clorita	Hábito micáceo en bandas subparalelas, color verde, pleocroísmo intenso. Colores de interferencia verdes y azules anómalos	10	
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro. Extinción recta y colores de interferencia amarillos, verdes y rosados de tercer orden.	5	
Min. Opacos	Hábito prismático, diseminados, extinción en LPP y XLP, tamaño de 200 μm	2	
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Pelita		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		

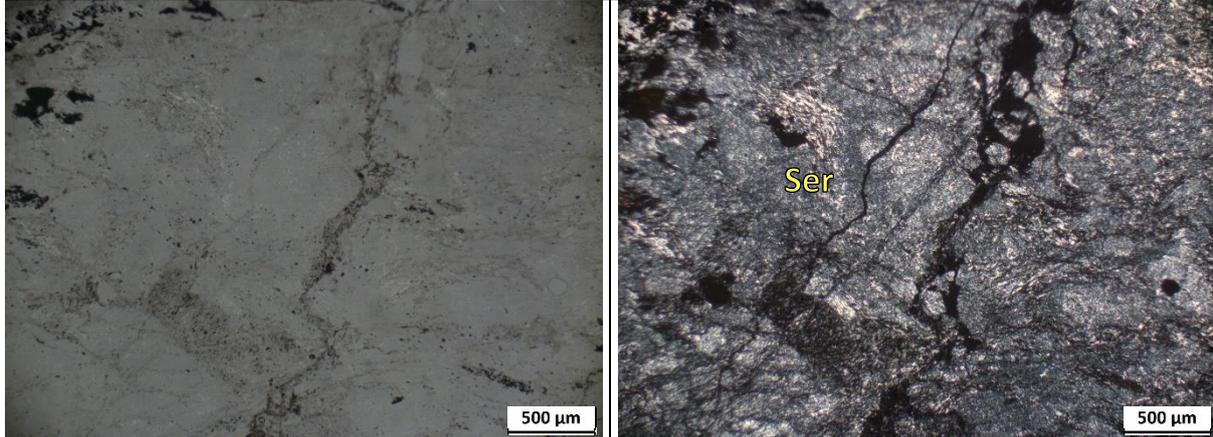




Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-02.1		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	771387	9550342	1502
Nombre de la unidad	Plan de Oso / Batolito de Zamora		
Ciudad/Referencia	Campamento Prometedor Luminex		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Sericita	Se encuentra reemplazando a la moscovita en láminas paralelas a la foliación. Colores de interferencia amarillos, azules y verdes pasteles de tercer orden	40	
Cuarzo	Xenomorfo, incoloro, policristalino, sigmoidal, tamaños promedio de 500 μm . Extinción ondulatoria, colores de interferencia grises de primer orden	35	
Moscovita	Hábito micáceo, lamina alargadas, incoloro, tamaño entre 200-800 μm . Extinción recta y colores de interferencia amarillos, verdes y rosados de tercer orden	20	
Min. Opacos	Hábito prismático, diseminados, extinción en LPP y XLP, tamaño de 100 μm	5	
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-02.2		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	771387	9550342	1502
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Zamora, campamento Prometedor "Luminex"		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Xenomorfo, incoloro, policristalino, y sigmoidal, tamaños entre 100-400 μm . Extinción ondulatoria, colores de interferencia grises de primer orden		40
Sericita	Hábito pseudomorfo en reemplazo de la moscovita, incolora. Interferencia media-alta, colores de interferencia amarillos y rosados de tercer orden		35
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro. Extinción recta y colores de interferencia morados, amarillos, rosados y azules de tercer orden		20
Min. Opacos	Hábito prismático, alargados en dirección a la foliación o diseminados, extinción en LPP y XLP, tamaño de 0.2 mm		5
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Pelita		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		

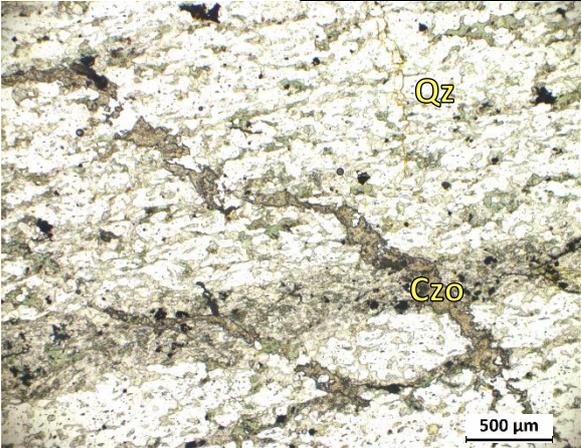
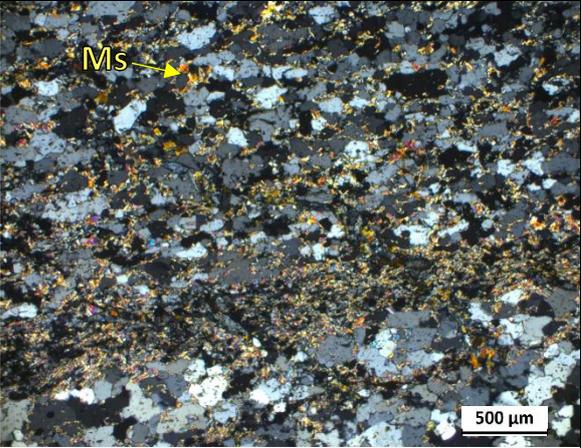
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-03		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	771387	9550342	1502,1
Nombre de la unidad	Plan de Oso / Batolito de Zamora		
Ciudad/Referencia	Campamento Prometedor Luminex		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Sericita	Hábito pseudomorfo en reemplazo de los feldespatos potásicos, color marrón amarillento. Interferencia media-alta, colores de interferencia amarillos y rosados pastel de tercer orden		40
Cuarzo	Hábito xenoblástico, incoloro, policristalino y con sutura, tamaños entre 0.05-0.6 mm. Extinción ondulatoria, colores de interferencia grises de primer orden		35
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro. Extinción recta y colores de interferencia amarillos, verdes y rosados de tercer orden.		10
Microclina	Hábito idioblástico prismático con bordes irregulares, incoloro, relieve bajo, tamaño de hasta 1000 μ m. Colores de interferencia grises de primer orden y textura pertítica. La microclina presenta macla enrejada y alteración a sericita. Corresponde a un mineral relictos		8
Calcita	Vetillas de 150 μ m, incoloras, relieve alto. Extinción en dirección de la exfoliación, macla lamelar muy fina, colores de interferencia rosados de tercer y cuarto orden.		5
Min. Opacos	Hábito prismático, diseminados, extinción en LPP y XLP, tamaño de 200 μ m		2
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Pelita		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

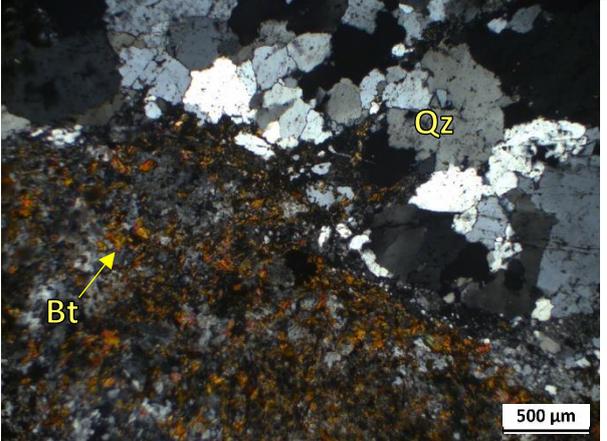
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-04		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	771074	9550043	1567.71
Nombre de la unidad	Plan de Oso / Batolito de Zamora		
Ciudad/Referencia	Campamento Prometedor Luminex		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Pizarrosa		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Sericita	Hábito pseudomorfo en reemplazo de la plagioclasa, incoloro. Colores de interferencia grises y amarillos de tercer orden.		65
Cuarzo	Xenoblástico, incoloro, policristalino y con sutura, tamaños entre 200-600 μm . Extinción ondulatoria, colores de interferencia grises de primer orden		10
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro. Extinción recta y colores de interferencia amarillos, de tercer orden		20
Min. Opacos	Hábito prismático y en vetillas rellenando planos de foliación, diseminados, extinción en LPP y XLP, tamaño de 200 μm		5
Tipo de Roca	Pizarra pelítica		
Protolito	Pelita		
Facies metamórficas	Esquistos verde (zona de clorita)		
			

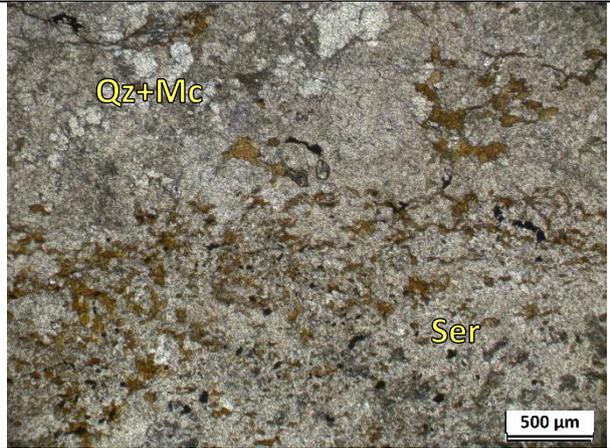
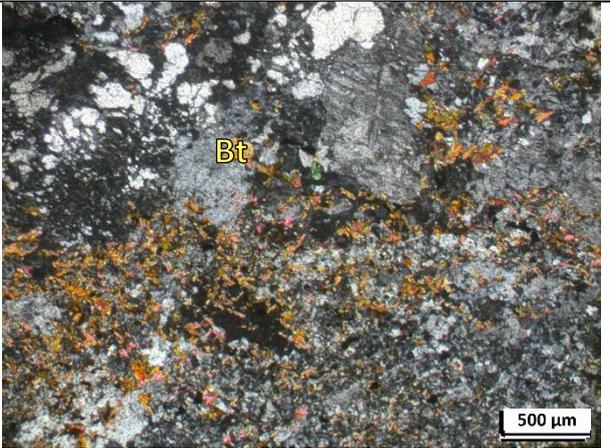
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-05		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	708008	9465223	1052
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Pueblo Ishimanchi		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Porfidolepidoblástica		
Estructura	Esquistosa con crenulación y plegamiento		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Se presenta como Porfidoblóstos de cuarzo xenoblástico con bordes irregulares y como bandas alargadas, tiene tamaños entre 50-100 μ m. Extinción ondulatoria y colores de interferencia grises de primer orden.	45	
Sericita	Incolora, rellenando espacio entre los cuarzos y en reemplazo de la moscovita, relieve medio. Colores de interferencia cafés de primer y segundo orden.	30	
Moscovita	Laminas micáceas incoloras y de color marrón claro intercaladas entre el cuarzo en dirección a la foliación. Presentan colores de interferencia verdes, rosados y amarillos de primer orden.	15	
Zircones	Hábito prismático, incoloros, relieve muy alto y tamaños de μ m. Colores de interferencia azules y verdes de tercer orden.	3	
Hematita	Hábito xenomorfo, alargados entre los planos de foliación, pardo oscuro en LPP y extinción total en XLP	7	
		100	
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Lutitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		

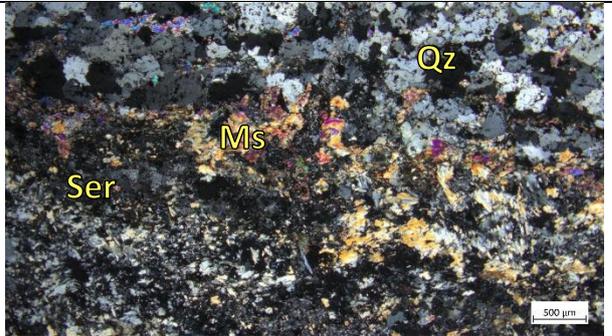
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-07		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	708490	9465567	867
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Pueblo de Ishimanchi		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Esquistoso		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro, sin pleocroísmo, birrefringencia alta colores de interferencia rosado, verde y azul, de orden, extinción paralela	45	
Cuarzo	Porfidoblóstos de cuarzo policristalino, con bordes angulares e irregulares, tamaño entre 100-250 μm . Colores de birrefringencia grises de primer orden y extinción ondulatoria.	40	
Feldespato potásico	Hábito xenoblástico, incoloro, relieve alto tamaño promedio de 200 μm . Colores de birrefringencia grises de primer orden, extinción de 25°.	10	
Zircones	Incoloros, relieve muy alto, tamaño de 25 μm . Colores de birrefringencia de tercer orden.	2	
Min. Opacos	Hábito prismático Tamaños ente 10-100 μm ,	3	
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Secuencia sedimentaria entre lutita y Brecha		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

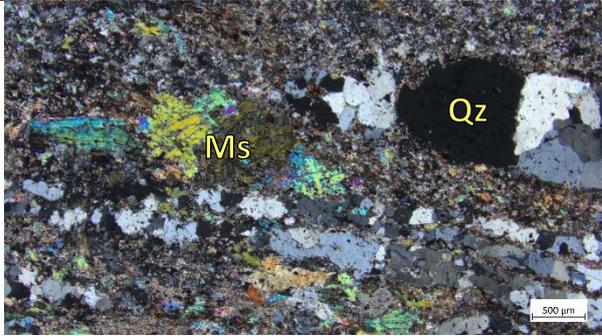
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-08		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	708346	9465837	838
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Pueblo de Ishimanchi		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Sericita	Hábito pseudomorfo en reemplazo de la moscovita, aspecto terroso, e incolora. Colores de birrefringencia amarillos y rosados de tercer orden.	40	
Cuarzo	Hábito xenoblástico, con bordes suturados, y puntos triples, incoloros, con tamaños de 100-500 μm . Presentan extinción ondulatoria, colores de interferencia grises de primer orden y estructuras de plegamiento	25	
Moscovita	Hábito micáceo, incolora. Presenta extinción paralela y colores de birrefringencia amarillos, verdes, y azules de tercer orden.	20	
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo moderado, relieve medio, y tamaño promedio de 50 μm . Tiene extinción paralela y colores de interferencia verdes anómalos de primer orden	12	
Opacos	Hábito idioblástico, prismático. Extinción total en LPP y XLP	3	
Tipo de Roca	Esquisto sericítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		

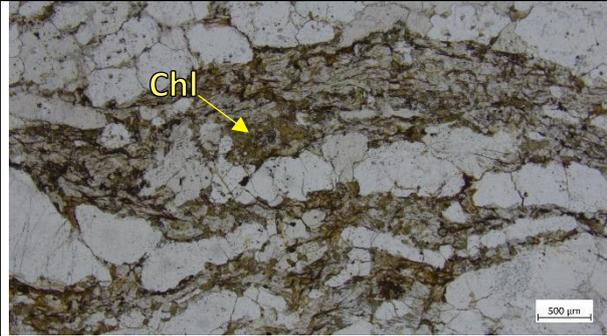
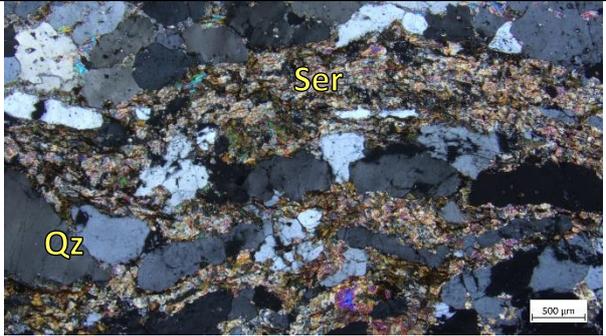
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-10		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	710556	9468635	1050
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Loma Plan de Oso		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Gneísica		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Hábito xenoblástico, monocristalino, con bordes suturados y con tamaños entre 25-100 μm . Presenta colores de interferencia de primer orden y extinción ondulatoria.	70	
Moscovita	Hábito radial y micáceo, incoloro, y relieve medio. Colores de interferencia amarillo, rojo y naranja de tercer orden.	13	
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo moderado, relieve medio, y tamaño promedio de 50 μm . Tiene extinción paralela y colores de interferencia verdes oscuros anómalos de primer orden	10	
Clinozoicita	Hábito xenoblástico, relieve muy alto, incoloro. Presenta extinción paralela, y colores de interferencia amarillos y azules de primer orden.	5	
Opacos	Hábito idioblástico, prismático. Extinción total en LPP y XLP	2	
Tipo de Roca	Esquisto de cuarzo y moscovita		
Protolito	Arenisca		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-12.2		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	712577	9467960	761
Nombre de la unidad	Plan de Oso/Batolito de Zamora		
Ciudad/Referencia	Rio Mayo		
Observaciones	Contacto con el intrusivo		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Hábito xenomorfo, incoloro, tamaños entre 25 y 500 μm . Textura parecida a la mirmequítica con la plagioclasa, colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.	50	
Plagioclasa	Hábito xenomorfo, incoloro. Textura parecida a la mirmekitica con el cuarzo, colores de interferencia grises de primer orden.	20	
Feldespato potásico (microclina)	Hábito xenomorfo, con bordes irregulares, incoloro, y con relieve alto. Presenta colores de interferencia grises de primer orden y macla enrejada. Se observa alteración a sericita.	10	
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso, relieve alto y tamaño de 50 a 250 μm . Colores de interferencia rosados y verdes pasteles, de tercer y cuarto orden.	18	
Opacos	Hábito idioblástico, prismático. Extinción total en LPP y XLP	2	
Tipo de Roca	Migmatita		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Facies de la anfibolita de baja presión		
			

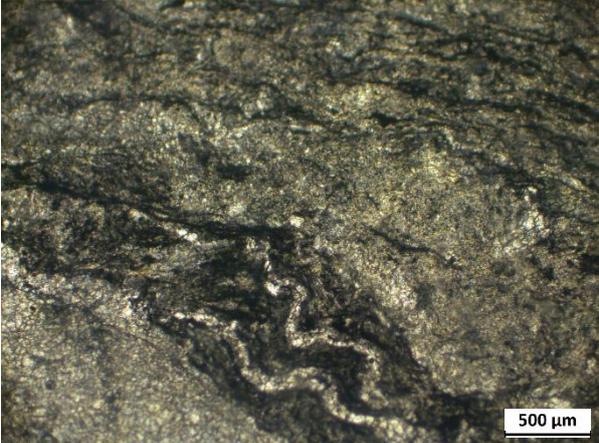
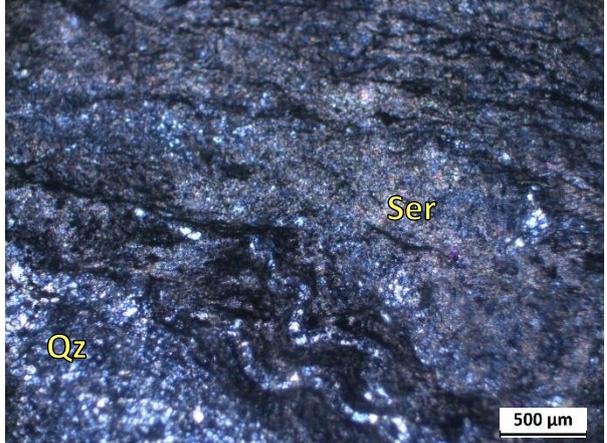
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-12.2		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	712577	9467960	761
Nombre de la unidad	Plan de Oso/Batolito de Zamora		
Ciudad/Referencia	Rio Mayo		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Hábito xenomorfo, incoloro, tamaños entre 25 y 500 μm . Textura parecida a la mirmequítica con la plagioclasa, colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.	35	
Plagioclasa	Hábito xenomorfo, incoloro. Textura parecida a la mirmekítica con el cuarzo, colores de interferencia grises de primer orden.	20	
Feldespato potásico (microclina)	Hábito xenomorfo, con bordes irregulares, incoloro, y con relieve alto. Presenta colores de interferencia grises de primer orden y macla enrejada. Se observa alteración a sericita.	18	
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso, relieve alto y tamaño de 50 a 250 μm . Colores de interferencia rosados y verdes pasteles, de tercer y cuarto orden.	20	
Andalucita	Hábito prismático con bordes irregulares, incoloro, relieve muy alto, tamaño de 100 a 1000 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, se observa la presencia de quiasolita central.	5	
Opacos	Hábito idioblástico, prismático. Extinción total en LPP y XLP	2	
Tipo de Roca	Migmatita		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Facies de la anfibolita de baja presión		
			

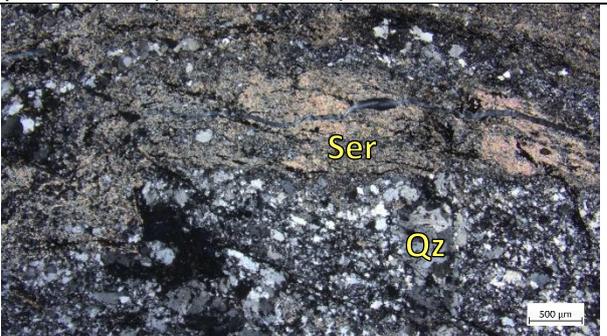
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-13		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	713294	9468563	922
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Loma Plan de Oso		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Hábito xenomorfo, bordes suturados, incoloro, tamaños promedio de 250 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.	70	
Moscovita	Hábito micáceo, incolora, sin pleocroísmo. Colores de interferencia verdes, amarillos, rosados, y azules de tercer orden.	16	
Sericita	Aspecto terroso, rellenando espacios entre los cuarzos. Colores de interferencia grises y amarillos de segundo y tercer orden.	8	
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo intenso. Presenta extinción paralela y colores de interferencia verdes anómalos.	5	
Opacos	Hábito idioblástico, prismático. Extinción total en LPP y XLP	1	
Tipo de Roca	Gneiss de cuarzo-moscovita		
Protolito	Arenisca		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

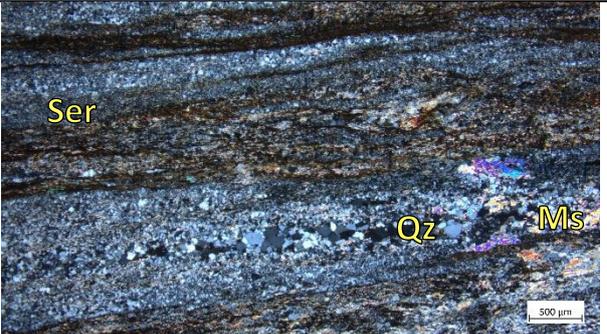
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-14		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	713789	9468730	949
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Loma Plan de Oso		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico, monocristalino, suturado, tamaño entre 25 a 1000 μm . Colores de interferencia de primer orden extinción ondulatoria. Presenta inclusiones de moscovita.	40	
Sericita	Hábito terroso, incoloro. Colores de interferencia amarillos, rosados y morados de tercer y cuarto orden	30	
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro, tamaño entre 100 y 500 μm y relieve medio. Presenta colores de interferencia amarillos, azules y morados de tercer orden y una extinción de 25°	15	
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso. Colores de interferencia rosados y verdes pasteles, de tercer orden. Extinción tipo bird eye	13	
Opacos	Hábito idioblástico, prismático, tamaño promedio de 10 μm . Extinción total en LPP y XLP	2	
Tipo de Roca	Esquisto sericítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Estado transicional: esquisto verde y anfibolita (Zona de biotita)		
			

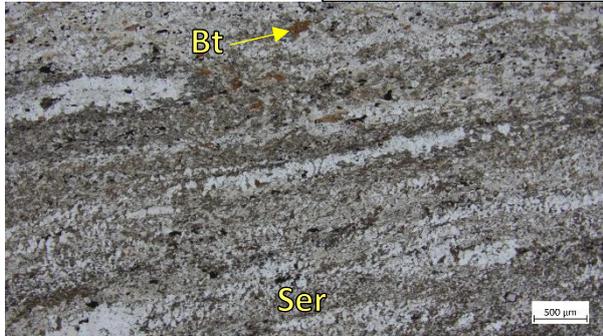
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-15		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	714200	9469399	1106
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Loma Plan de Oso		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Gneísica		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Cristales alargados, con bordes rectos y suturados, incoloro, relieve bajo y tamaño de 800 a 500 μm .	60	
Sericita	Aspecto terroso, colores de interferencia amarillos, rosados y naranjas de tercer y cuarto orden.	30	
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo intenso de verde a pardo. Colores de interferencia de tercer orden.	7	
Óxidos	Presentes en los planos de foliación, color pardo oscuro en LPP y XLP	2	
Opacos	Hábito prismático con tamaños de 40 μm . Extinción total en LPP Y XLP.	1	
Tipo de Roca	Gneis de sericita y cuarzo		
Protolito	Arenisca/roca pelítica		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-16		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	715202	9478268	1719
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	San Francisco de Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico con sutura, bandeado en intercalaciones con la sericita. Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.	45	
Sericita	Textura micácea terrosa, colores de interferencia de 3er orden	35	
Clorita	Hábito micáceo tabular, colores de interferencia verdes anómalos	10	
Horblenda	Idioblástico prismático,	5	
Epidota	Xenoblástica, radial, color verde claro, pleocroísmo bajo, relieve medio. Presenta extinción paralela y colores de interferencia amarillo de tercer orden.	3	
Hematita	Hábito granular, color rojo, relieve alto, sin pleocroísmo y tamaños de 40 μ m. Presenta extinción total en XLP.	2	
Tipo de Roca	Esquisto de cuarzo y sericita		
Protolito	Pelita /Arenisca		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-17.1		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	715017	9478294	1720
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	San Francisco de Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico con sutura, bandeado y plegado. Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria	25	
Sericita	Textura micácea terrosa, colores de interferencia grises y amarillos de tercer orden	70	
Óxidos de Hierro	Alineados a los planos de foliación, presentan colores pardos rojizos en LPP Y XLP	5	
Tipo de Roca	Pizarroso sericítico		
Protolito	Pelítico		
Facies metamórficas	Esquisto verde		
			

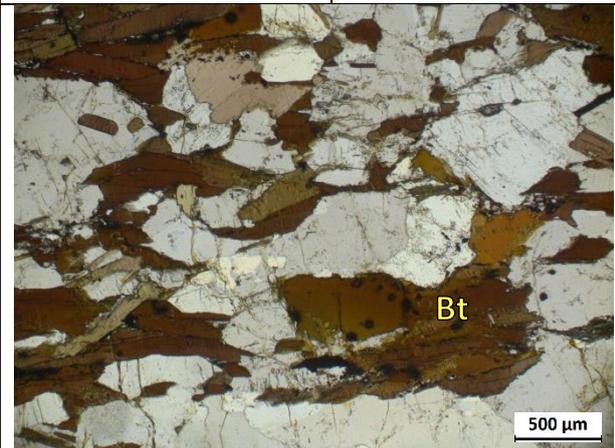
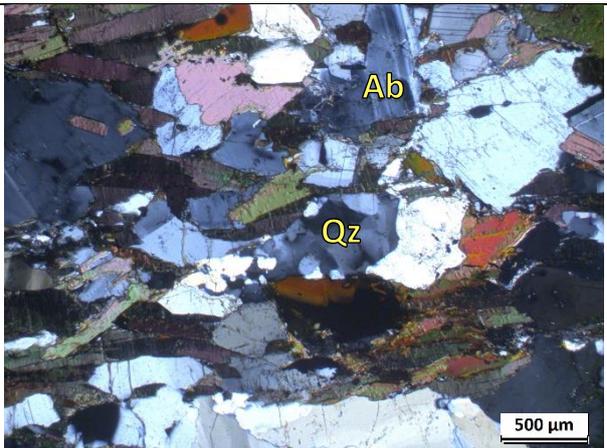
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-17.2		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	715017	9478294	1720
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Vía a San Francisco de Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Hábito xenoblástico, sutura discontinua, cuarzo monocristalino. Tamaños de 50 a 500 μm .	50	
Sericita	Color amarillo con aspecto terroso, sin pleocroísmo. Colores de interferencia rosados y amarillos de tercer orden.	45	
Sílice	Presenta vetillas de sílice cortando a la roca.	2	
Titanita	Hábito prismático, color amarillo verdoso, relieve alto. Color café muy oscuro en XLP.	3	
Tipo de Roca	Esquisto sericítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-18		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	715128	9479023	1727
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Vía a San Francisco de Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Pizarrosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico, con sutura, incoloro, y tamaño entre 50 a 200 μ m. Colores de interferencia grises de primer orden y extinción ondulatoria	25	
Sericita	Hábito pseudomorfo reemplazando a la moscovita, se presenta en forma de bandas paralelas a la foliación. Colores de interferencia grises y amarillos de primer y tercer orden.	60	
Moscovita	Incolora, hábito micáceo. Presenta colores de interferencia amarillos, rosados y morados de tercer orden. Está alterándose a Sericita.	12	
Óxidos de hierro (hematita)	Alineados a los planos de foliación, presentan colores pardos rojizos en LPP Y XLP	3	
Tipo de Roca	Pizarra sericítica (Intercalaciones de cuarcita)		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

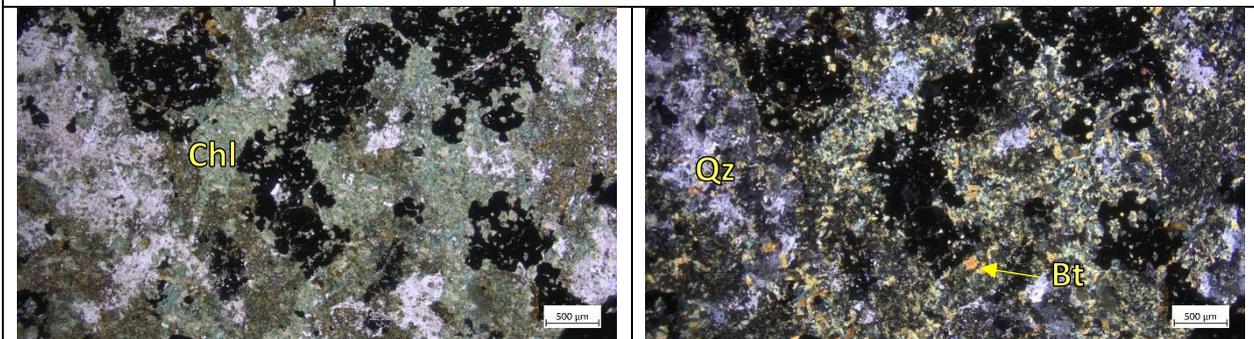
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-19		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	715263	9480339	1477
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Vía a San Francisco de Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Xenomorfos, suturados, heterogranular, incoloros y con tamaños desde 10 a 40 μm . Colores de interferencia grises de primer orden y extinción ondulatoria.		40
Sericita	Aspecto terroso, se presenta como bandas de en dirección de la foliación y pseudomorfo en reemplazo de Moscovita y biotita. Colores de interferencia amarillos y grises de primer y tercer orden.		45
Biotita	Hábito prismático y micáceo, color pardo, pleocroísmo alto. Colores de interferencia amarillo pardo de tercer orden. Presenta extinción bird eye.		10
Moscovita	Hábito micáceo, incolora, tamaño promedio de 300 μm . Colores de interferencia verdes, rosados y celestes pasteles de tercer orden		4
Zircones	Incoloros, hábito prismático, relieve muy alto tamaño de 50 μm . Colores de interferencia verdes de tercer orden.		1
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de biotita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-22		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	713926	9483176	1290
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	San Francisco del Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Esquistosa-Plegamiento		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenomorfos, suturados, agrupado en bandas alineadas a la foliación, incoloros y con tamaños desde 200 a 100 μm . Colores de interferencia grises de primer orden y extinción ondulatoria.	25	
Plagioclasa (Albita)	Hábito xenomorfo con bordes irregulares, incolora, relieve bajo, tamaños promedio 200 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción de 15°	20	
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo alto. Colores de interferencia amarillo pardo de tercer orden. Presenta extinción bird eye. Tamaño entre 100 a 250 μm .	20	
Moscovita	Hábito micáceo, incolora, tamaño entre 800 y 100 μm . Colores de interferencia verdes, rosados y celestes pasteles de tercer orden.	15	
Carbón	Se presenta en forma de bandas en dirección de la foliación, color gris y negro. Extinción completa en LPP Y XLP.	3	
Sericita	Aspecto terroso. Colores de interferencia grises de primer orden. Muestra plegamiento	15	
Opacos	Hábito prismático con tamaños de 10 μm . Extinción total en LPP Y XLP.	2	
Tipo de Roca	Esquisto biotítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de la biotita)		
			

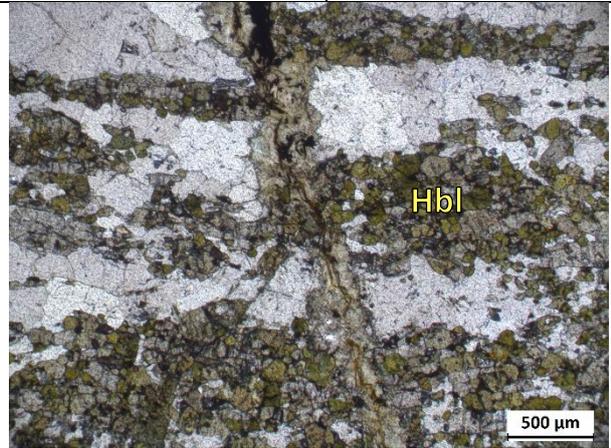
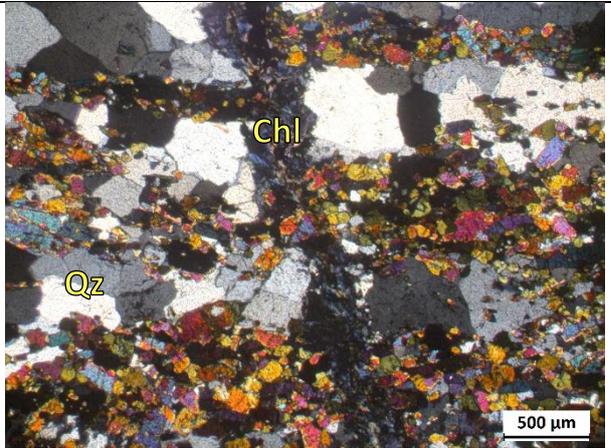
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-23		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	712391	9483363	1539
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	San Francisco de Vergel		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Esquistosa con bandas gnéissicas		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Bandas de cuarzo monocristalino xenoblástico alineado y paralelo a la foliación. Incoloro, con bordes suturados y tamaños desde 1200 a 500 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.	65	
Sericita	Bandas de sericita en intercalación con el cuarzo. Aspecto terroso y colores de interferencia grises, amarillos y rosados pasteles de cuarto orden.	15	
Moscovita	Incoloro, relieve bajo, hábito micáceo. Colores de interferencia azules, verdes y morados de tercer orden.	9	
Biotita	Hábito idioblástico, cristales micáceos alineados a la foliación. Colores pardos, relieve medio, pleocroísmo intenso y tamaño promedio de 100 μm . Colores de interferencia pardos, rosados y verdes de tercer orden, y extinción recta.	10	
Opacos	Xenoblásticos, extinción completa en LPP Y XLP	1	
Tipo de Roca	Esquisto de cuarzo-biotita		
Protolito	Pelítico		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de la biotita)		

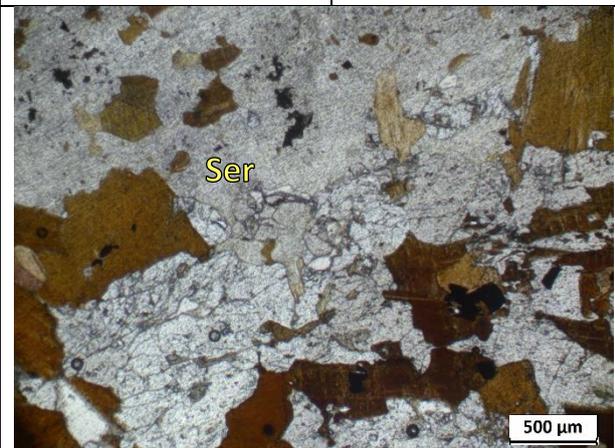
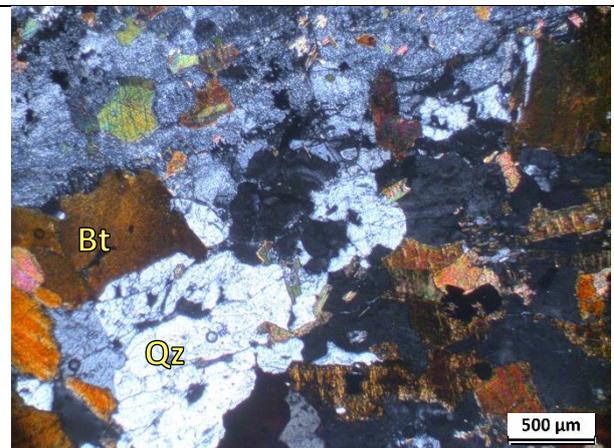
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-24		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	706569	9487751	1097
Nombre de la unidad	Sabanilla		
Ciudad/Referencia	Puente de Palanda		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granolepidoblástica		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Xenomorfo, incoloro, bordes suturados, cuarzo monocristalino y policristalino, tamaño entre 800 y 30 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.		50
Plagioclasa (Albita)	Xenomorfa, incolora, relieve bajo, tamaños entre 1000 y 800 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción de 17°-20°.		30
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso tamaño de hasta 1000 μm . Colores de interferencia de tercer y cuarto orden, rosados y verdes. Alargados en dirección de la foliación		18
Opacos	Hábito prismático, extinción total en LPP y XLP tamaños de 25 μm .		2
Tipo de Roca	Migmatita		
Protolito	Pelítica		
Facies metamórficas	Facies de anfibolita (Zona de la biotita)		
			

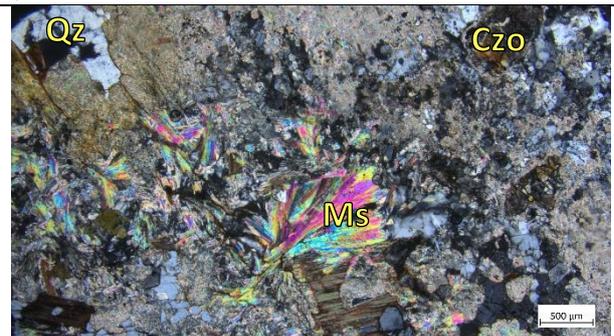
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-25		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	738046	9562312	911
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guaguayme		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	No foliada		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Xenomorfo, incoloro, bordes suturados, cuarzo monocristalino, tamaño entre 800 y 50 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria. Presenta inclusiones de clorita y óxidos.		35
Plagioclasa (Albita)	Xenomorfa, incolora, relieve bajo, tamaños entre 1000 y 800 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción de 17°-20°		10
Clorita	Xenomorfos, pleocroísmo intenso, color verde claro. Colores de interferencia verdes anómalos de primer orden		30
Biotita	Hábito micáceo, color pardo claro, pleocroísmo bajo. Colores de interferencia amarillos de segundo orden. Tamaños promedio de 300 μm		10
Epidota	Incoloro, xenomorfo, relieve alto y tamaño hasta 200 μm . Colores de interferencia amarillos y rosados de tercer orden		5
Minerales opacos	Xenomorfos y prismáticos, de hasta 700 μm . Extinción completa en LPP y XLP		10
Tipo de Roca	Granodiorita con alteración clorítica		
Protolito			
Facies metamórficas			

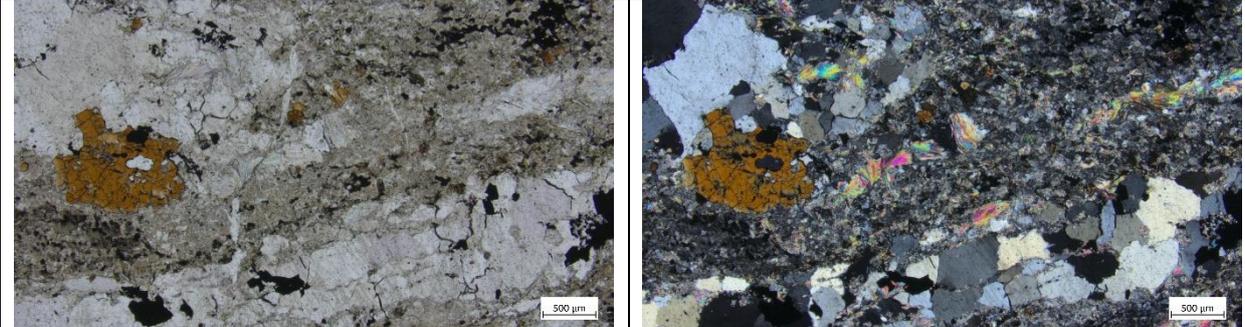


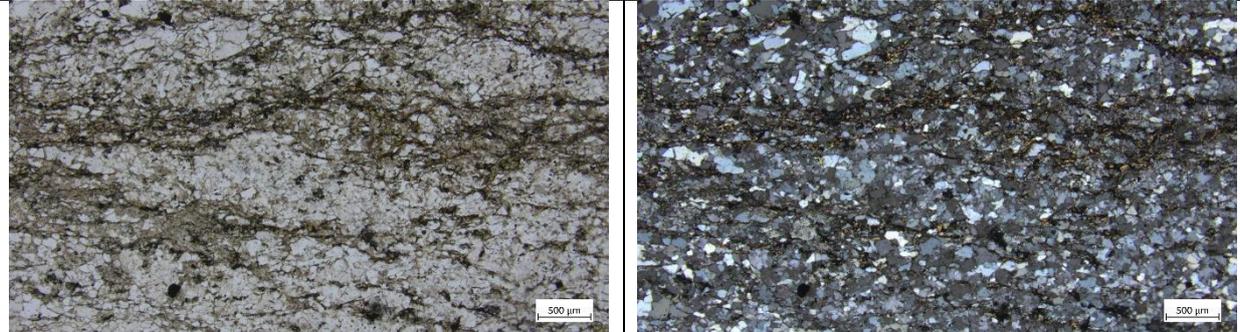
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-26		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	737006	9562469	963
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guaguayme		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Sericita	Hábito pseudomorfo en reemplazo de la biotita y clorita, aspecto terroso, e incolora. Colores de birrefringencia amarillos y rosados de tercer orden.		35
Cuarzo	Xenomorfo, incoloro, bordes: rectos, redondeados y con poca sutura, cuarzo monocristalino, y tamaño promedio 200 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria.		30
Moscovita	Hábito micáceo, incolora, tamaño entre 600 y 200 μm . Colores de interferencia verdes, rosados, amarillo y celestes de tercer orden.		20
Clorita	Xenomorfos, verde olivo, pleocroísmo medio, tamaño promedio de 80 μm . Colores de interferencia verdes anómalos de primer orden.		5
Biotita	Hábito micáceo, color pardo claro, pleocroísmo. Colores de interferencia amarillos y pardos de segundo y tercer orden. Tamaños promedio de 300 μm .		5
Epidota	Hábito granular y relieve alto. Colores de interferencia amarillos de tercer orden.		3
Opacos	Hábito granular, extinción total en LPP y XLP tamaños de 50 μm .		1
Tipo de Roca	Gneiss/migmatita de cuarzo-sericita		
Protolito	Pelítico		
Facies metamórficas	Facies de la anfibolita (Zona de biotita)		

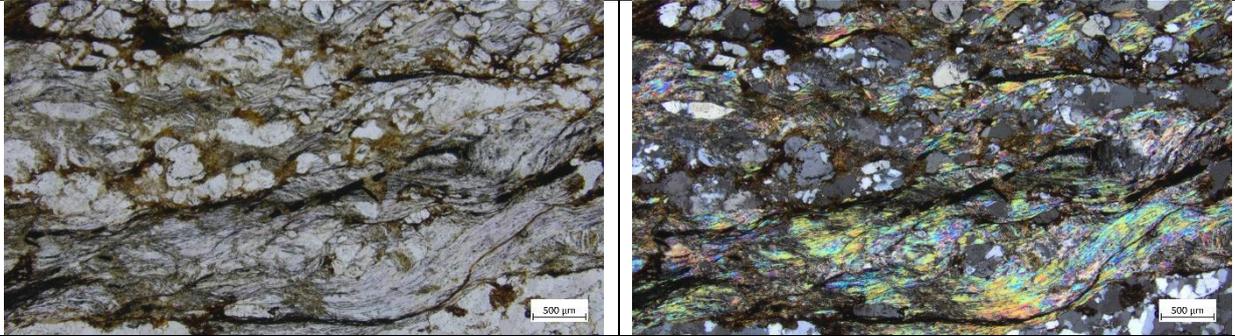
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-27		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	736184	9562709	989
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guaguayme		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granonematoblástica poligonal		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Hábito xenoblástico, monocristalino organizados con estructura poligonal, bordes planos no suturados, incoloros y tamaños de 200 a 500 μm . Colores de interferencia grises de primer orden		50
Anfibol	Color verde claro, pleocroísmo intenso de verde amarillento a verde olivo, relieve alto. Colores de interferencia azules, rosados y amarillos de segundo y tercer orden, y extinción paralela		40
Clorita	Presente en fracturas, hábito micáceo, color verde claro, pleocroísmo intenso. Colores de interferencia morados anómalos		9
Opacos	Hábito prismático, tamaño promedio de 50 μm . Extinción total en LPP y XLP		1
Tipo de Roca	Cuarcita		
Protolito	Arenisca		
Facies metamórficas	Facies de esquistos verde (Zona de clorita)		
			

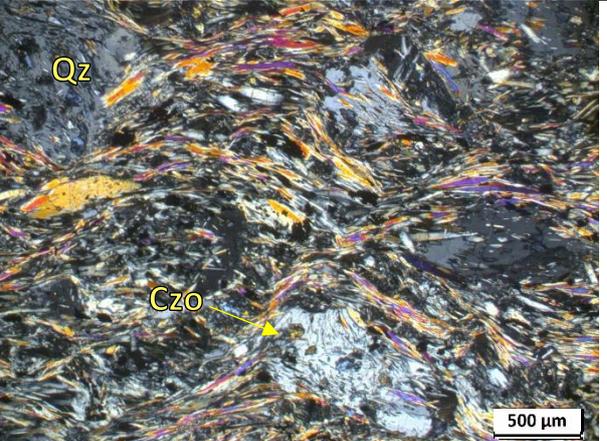
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-28.1		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	736660	9567855	857
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guaguayme		
Observaciones	Migmatita		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Gnéisica		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Hábito prismático, incoloro, tamaño promedio de 700 μ . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción paralela.		40
Plagioclasa (Albita)	Hábito prismático, incolora, relieve bajo, tamaños entre 100 y 150 μ m. Colores de interferencia grises de primer orden, extinción de 15°		25
Sericita	En remplazo de la biotita, y plagioclasa. Colores de interferencia grises de primer orden.		18
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso tamaño de hasta 800 μ m. Colores de interferencia de tercer y cuarto orden, rosados y verdes. Asociado con el cuarzo.		15
Opacos	Hábito prismático, extinción total en LPP y XLP tamaños de 25 μ m.		2
Tipo de Roca	Migmatita		
Protolito	Pelítico + Ígneo de composición intermedia		
Facies metamórficas	Anfibolita (Zona de la biotita)		
			

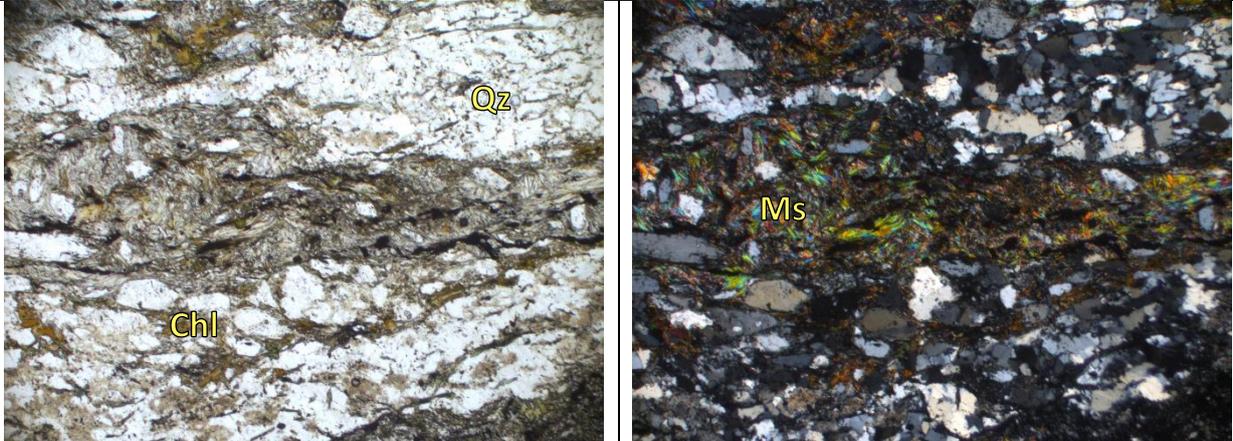
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-28.2		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	736660	9567855	857
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guaguayme		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Hábito prismático, incoloro, tamaño de hasta 1200 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción ondulatoria		30
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso tamaños entre 800 y 400 μm . Colores de interferencia de tercer y cuarto orden, rosados y verdes.		15
Sericita	Rellenando espacios interminerales, aspecto terroso. Colores de interferencia amarillo y rosado pastel de tercer y cuarto orden.		30
Plagioclasa (Anortita)	Idioblásticas, hábito prismático, incolora, relieve bajo, tamaños entre 800-400 μm . Colores de interferencia grises de primer orden, extinción de 25°.		10
Moscovita	Hábito radial, incoloro, relieve bajo. Colores de interferencia verde, rosado y amarillo de tercer orden.		5
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo bajo, tamaño promedio de 250 μm . Colores verdes y azules anómalos		5
Clinozoicita	Incoloro, relieve muy alto, color gris verdoso, tamaños de hasta 1200 μm . Colores de interferencia amarillos de primer orden, extinción de 10°.		3
Opacos	Hábito prismático, extinción total en LPP y XLP tamaños de 50 μm .		1
Zircones	Incoloros, relieve muy alto, tamaño de hasta de hasta 100 μm . Colore de interferencia amarillos de segundo orden.		1
Tipo de Roca	Esquisto pelítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de biotita)		
			

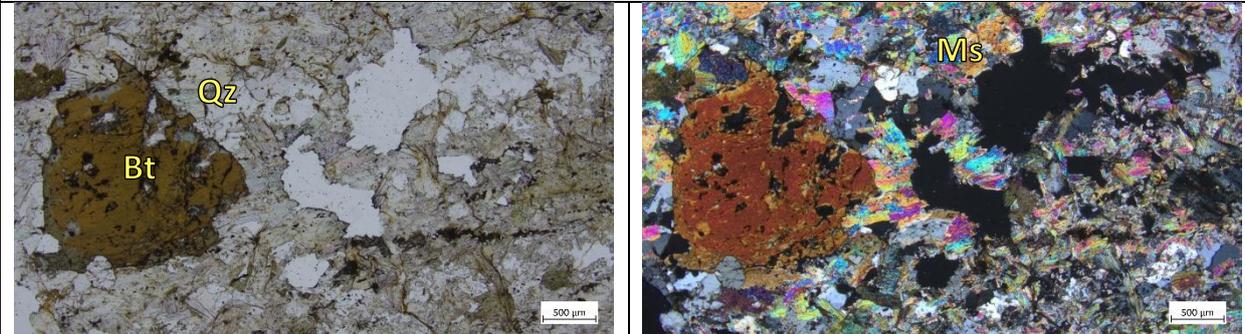
Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-29		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	744640	9584495	1021
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Chimbuza-Wambuscaru		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidogranoblástica		
Estructura	Esquistosa con bandas gnéicas		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Sericita	Rellenando espacios interminerales, aspecto terroso. Colores de interferencia grises y amarillos de segundo orden.	50	
Cuarzo	Xenoblástico, incoloro, presenta bordes suturados. Esta agrupada en bandas alineadas a la foliación, es monocristalino y con tamaño promedio de 800 μm . Colores de interferencia grises de primer orden.	35	
Moscovita	Hábito micáceo, incoloro, y tamaños entre 100 a 400 μm . Colores de interferencia de tercer y cuarto orden, rosados y verdes.	10	
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo bajo. Colores de interferencia amarillos y azules anómalos	8	
Rutilos	Idioblástico, hábito prismático, color pardo, pleocroísmo intenso de verde olivo a pardo amarillento, relieve alto, y tamaño promedio de 240 μm . Colores de interferencia pardos intenso. Extinción de 25°	5	
Opacos	Hábito prismático, extinción total en LPP y XLP tamaños de 50 μm	2	
Tipo de Roca	Esquisto sericítico		
Protolito	Pelítico		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-30		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	744813	9584658	984
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Chimbuza-Wambuscaru		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características		Porcentajes
Cuarzo	Xenoblástico, incoloro, presenta bordes suturados, cristales agrupados en bandas alineadas a la foliación, es monocristalino y con tamaños entre 600 a 40 μm . Colores de interferencia grises de primer orden extinción ondulatoria		65
Clorita	Hábito micáceo, color verde, pleocroísmo bajo. Colores de interferencia azules anómalos.		15
Sericita	Rellenando espacios interminerales y pseudomorfa de la clorita, aspecto terroso. Colores de interferencia grises y negros de primer orden.		13
Óxidos de Fe	Presentes en los planos de foliación, color pardo oscuro en LPP y XLP		5
Opacos	Hábito prismático, extinción total en LPP y XLP tamaños de 50 μm		2
Tipo de Roca	Esquisto cuarzo-clorita		
Protolito	Arenisca		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-31		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	751860	9592278	1017
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guambime		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquisto		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico, incoloro, presenta bordes suturados, es monocristalino y policristalino y con tamaños entre 240 a 50 μm . Colores de interferencia grises de primer orden extinción ondulatoria.	55	
Moscovita	Hábito micáceo, bandas de minerales alineados a la foliación intercalados con el cuarzo. Colores de interferencia verde, rosado y celeste de tercer orden.	25	
Sericita	Pseudomorfa de la moscovita, aspecto terroso. Colores de interferencia rosados y amarillos de tercer orden.	10	
Clorita	Hábito micáceo, color verde olivo, pleocroísmo bajo. Colores de interferencia verdes y amarillos.	7	
Opacos	Extinción total en LPP y XLP paralelos a la foliación.	3	
Tipo de Roca	Esquisto moscovítico		
Protolito	Pelítico		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-32.2		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	751723	9593132	1141
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guambime		
Observaciones	Syncinematico		
Descripción petrográfica			
Textura	Porfidolepidoblástica y poiquiloblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblásticas, incolora, bordes irregulares, poiquiloblástica con inclusiones de Clinozoicita y moscovita, tamaño promedio de 600 μm . Colores de interferencia grises de primer orden.	40	
Actinolita	Cristales alargados en dirección de la foliación de hasta 600 μm . Colores de interferencia de tercer grado amarillos y rosados, extinción de 25°	35	
Clorita	Xenoblásticas, color verde, pleocroísmo moderado, tamaños desde 240 a 120 μm . Colores de interferencia de primer y segundo orden, amarillos y verdes	10	
Clinozoicita	Incoloro, cristales prismáticos tabulares, relieve muy alto, y tamaños entre 80 y 200 μm . Colores de interferencia amarillos y azules.	5	
Opacos	Cristales alargados, extinción total en LPP y XLP	2	
Tipo de Roca	Esquisto porfidoblástico de actinolita		
Protolito	Andesita		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-32.3		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	751723	9593132	1141
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guambime		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granolepidoblástica		
Gr	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblástico, bordes altamente suturados (Se observan puntos triples), monocristalinos de hasta 250 μm . Extinción ondulatoria	70	
Plagioclasa (Anortita)	Incolora, idioblástica. Macla periclinial y extinción de 50°.	10	
Clorita	Bandas micáceas verdes paralelas a la foliación. Pleocroísmo intenso. Colores de interferencia verdes de primer orden.	10	
Moscovita	Alargada, micácea, entre los planos de foliación. Colores de interferencia verdes, rosados y amarillos.	10	
Sericita	Pseudomorfo de la Moscovita y la plagioclasa. Aspecto terroso, colores de interferencia de rosados de tercer orden.	5	
Minerales opacos	Hábito prismático, extinción total en LPP y XLP	1	
Tipo de Roca	Esquisto de cuarzo-moscovita		
Protolito	Arenisca cuarzosa		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona de la clorita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-33		
Ubicación	X	Y	Z
<i>UTM ZONA 17S</i>	752561	9595018	1314
Nombre de la unidad	Plan de Oso		
Ciudad/Referencia	Quebrada Guambime		
Observaciones	Canto rodado		
Descripción petrográfica			
Textura	Lepidoblástica		
Estructura	Esquistosa		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Cuarzo	Xenoblásticas, incolora, bordes irregulares, tamaño promedio de 250 μm . Colores de interferencia grises de primer orden.	35	
Moscovita	Incoloro, cristales micáceos alargados. Colores de interferencia verdes, rosados y azules de tercer orden	25	
Clorita	Xenoblásticas, color verde, pleocroísmo moderado. Colores de interferencia de primer y segundo orden, amarillos y verdes	15	
Zoisita	Incoloro, cristales prismáticos tabulares, relieve muy alto, y tamaños entre 80 y 200 μm . Colores de interferencia azules anómalos.	10	
Biotita	Hábito micáceo, color pardo, pleocroísmo intenso tamaños entre 1000 y 400 μm . Colores de interferencia pardos de tercer orden.	15	
Tipo de Roca	Gneis moscovítico		
Protolito	Pelitas		
Facies metamórficas	Esquisto verde (Zona e biotita)		
			

Ficha descriptiva			
Lamina	NCPO-34		
Ubicación	X	Y	Z
UTM ZONA 17S	751723	9593132	1141
Nombre de la unidad	Basamento metamórfico		
Ciudad/Referencia	Pozo Tapi		
Observaciones	Ninguna		
Descripción petrográfica			
Textura	Granoblástica		
Estructura	No foliada		
Mineralogía	Características	Porcentajes	
Plagioclasa	Cristales xenomorfos, incoloros, con relieve bajo y bordes suturados, tamaño promedio de 600um. Presenta colores de interferencia grises de primer orden, con macla polisintética, de la albita y periclina. Tiene ángulos de extinción desde 25 a 45°	35	
Cuarzo	Cristales xenomorfos incoloros, con relieve Bajo, tamaño de 500um. Extinción ondulatoria	30	
Clinopiroxeno	Color verde claro, sin pleocroísmo, prismas cortos irregulares, tamaños entre 800 y 200um. Colores de interferencia amarillos, morados, y azules de tercer orden y extinción entre 45° y 55°	20	
Ortopiroxeno	Prismas alargados rectangulares, color verde, pleocroísmo intenso de verde a rosa, relieve muy alto. Algunos están incrustados en los clinopiroxenos. Tienen tamaños de 300 a 800um. Colores de interferencia amarillos y grises (Enstatita) de primer orden, y extinción recta.	15	
Opacos	Cristales prismáticos rectangulares de 200 um, extinción total en LPP y XLP	2	
Tipo de Roca	Granulita		
Protolito	Roca ígnea de composición básica/intermedia		
Facies metamórficas	Granulita		
			