



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA



**RUTILO COMO MINERAL INDICADOR RESISTENTE
PARA DEPÓSITOS DE Cu – Mo
LA GRANJA, CAJAMARCA, PERÚ**

Memoria para optar al Título de Geólogo

Francisco Ignacio Bravo Cerro

Profesor Patrocinante: Dr. Osvaldo Rabbia Dalmaso

Profesores Comisión: MSc. Abraham González Martínez

Dr. German Velásquez Acosta

Concepción, 2023

ÍNDICE

RESUMEN	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Ubicación y Accesos	2
1.4. Metodología de Trabajo	4
1.4.1. Trabajo de Gabinete	4
1.4.2. Trabajo de Campo	4
1.4.3. Trabajo de Laboratorio	4
1.4.3.1. Concentración Gravimétrica	5
1.4.3.2. Identificación Visual de RIMS	6
1.4.3.3. Microsonda Electrónica	6
1.5. Trabajos Anteriores	7
1.6. Agradecimientos	8
2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	9
2.1. Cuenca Occidental Peruana	9
2.2. Rocas Ígneas	10
2.3. Marco Geotectónico Regional	11
3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL	13
3.1. Unidades Estratigráficas	14
3.1.1. Volcánico Oytún	14
3.1.2. Grupo Goyllarisquizga	14
3.1.2.1. Formación Chimú	14
3.1.2.2. Formación Santa	14
3.1.2.3. Formación Carhuaz	15
3.1.2.4. Formación Farrat	15

3.1.3. Formación Inca – Chulec	15
3.1.3.1. Formación Inca	15
3.1.3.1. Formación Chulec	16
3.1.4. Formación Pariatambo	16
3.1.5. Grupo Pulluicana	17
3.1.6. Grupo Quillquiñan	17
3.1.7. Volcánico Llama	18
3.1.8. Volcánico Purculla	18
3.1.9. Depósito Aluvial reciente	19
3.2. Rocas Intrusivas	19
3.2.1. Dacita	19
3.2.2. Diorita	19
3.2.3. Pórfido Cuarzo-Feldespático	20
3.3. Alteración y Mineralización	21
3.3.1. Alteración Potásica	21
3.3.2. Alteración Fílica	22
3.3.3. Alteración Argílica Avanzada	22
3.3.4. Alteración Propilítica	22
3.3.5. Alteración en Rocas Sedimentarias	22
3.3.6. Mineralización Hipógena	23
3.3.7. Enriquecimiento Secundario	23
3.3.8. Zona de Lixiviación	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1. Pórfidos de Cobre	24
4.1.1. Tectónica y Génesis	24
4.1.2. Descripción física de PCD	26
4.1.3. Alteración hidrotermal y Modelo PCD	26
4.2. Minerales indicadores resistentes	29
4.2.1. Muestreo de RIMs	30
4.2.2. Procesos de Laboratorio	31

4.3. El rutilo	33
4.3.1. Condiciones de formación para rutilos hidrotermales	33
4.3.2. Propiedades Físicas	36
4.3.1. Propiedades Químicas	37
5. RESULTADOS	39
5.1. Identificación visual de rutilos	40
5.2. Análisis en microsonda electrónica	41
6. DISCUSIÓN	49
6.1. Métodos Analíticos	49
6.2. Dispersión de rutilo	55
6.3. Tamaño de grano y procedencia del Ti	55
6.4. Factibilidad económica	56
7. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	58
7.1. Conclusión	58
7.2. Sugerencias	59
8. BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXO I	68
ANEXO II	71
ANEXO III	110
ANEXO IV	126
ANEXO V	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	1.	Ubicación y acceso al área de estudio 3
1.	2.	Área de estudio y acceso al depósito de La Granja 3
2.	1.	Franja Metalogénica de pórfidos Cu-Mo del Mioceno 9
2.	2.	Mapa estructural de Franja Metalogénica de pórfidos cupríferos 11
3.	1.	Mapa Geológico del área de estudio 13
3.	2.	Mapa de alteraciones hidrotermales de La Granja 21
4.	1.	Esquema de zona de subducción 25
4.	2.	Fluidos magmáticos y desarrollo de pórfidos cupríferos 27
4.	3.	Modelo de pórfidos cupríferos 28
4.	4.	Estructura cristalina del rutilo 33
4.	5.	Origen del rutilo en sistemas hidrotermales 35
4.	6.	Origen de rutilos hidrotermales multidopados 38
5.	1.	Mapa de localización de las 22 muestras con briquetas pulidas 39
5.	2.	Rutilo 4708-2 de textura prismática 40
5.	3.	Mapa de localización de las muestras analizadas en EPMA 41
5.	4.	Diagramas de dispersión: W vs Fe, Sn vs Fe 42
5.	5.	Diagramas de dispersión: V vs Zr, Nb vs V 43
5.	6.	Diagrama de dispersión: Sc vs Cr 44
5.	7.	Diagramas de dispersión: W/Cr vs Sn /Cr, Fe/Zr vs Sc/Zr 45
5.	8.	Diagramas de cajas y bigotes: Fe, Sn, W, Sc 46
5.	9.	Diagramas de cajas y bigotes: V, Cr, Nb, Zr 47
6.	1.	Mapa de puntos ponderados para TiO ₂ % (FRX) 50
6.	2.	Mapa de puntos ponderados para Fe ₂ O ₃ % (FRX) 51
6.	3.	Mapas de puntos ponderados para rutilo e ilmenita (QEMSCAN) 51
6.	4.	Imágenes en falso color de granos con rutilo 53
6.	5.	Esquema de las etapas de la exploración minera..... 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	1.	Densidades de minerales indicadores 5
1.	2.	Condiciones de análisis en microsonda electrónica 7
4.	1.	Contenidos promedio de impurezas en rutilos hidrotermales 38
6.	1.	Porcentaje de rutilo e ilmenita en muestras analizadas por QEMSCAN..... 50

Resumen

Con el paso del tiempo la búsqueda de nuevas herramientas exploratorias capaces de encontrar depósitos minerales cubiertos o ubicados en regiones donde la superficie se encuentra fuertemente alterada por vegetación y/o la acción de las aguas se hace imprescindible. El uso de minerales indicadores resistentes (RIMs) se ha vuelto un procedimiento estándar en la exploración regional para depósitos de diamantes (Gent et al., 2011). Los RIMs poseen una química-mineral capaz de señalar la presencia de un tipo de mineralización, alteración hidrotermal o litología específica de origen, también tienen propiedades físicas y químicas que facilitan su preservación, identificación y transporte (McClenaghan, 2005; Gent et al., 2011). Este trabajo evalúa al rutilo como potencial mineral indicador resistente para procesos de alteración hidrotermal relacionados a la formación de Pórfidos de Cu bajo el contexto del orógeno andino, utilizando como área de estudio el pórfido de Cu-Mo de La Granja, Perú.

El titanio es el noveno elemento más abundante en la corteza terrestre. El dióxido de titanio es un óxido metálico de transición que forma tres polimorfos principalmente: rutilo, anatasa y brookita; siendo el rutilo, el más frecuente. Aunque su fórmula química principal es TiO_2 , es muy común que ocurran sustituciones del titanio por elementos como Al, V, Cr, Fe, Zr, Nb, Sn, Sb, Hf, Ta, W y U (Rabbia y Hernández, 2012).

Los pórfidos de cobre (PCD) son depósitos minerales de grandes volúmenes ($10 - 100 \text{ km}^3$), asociados genéticamente a arcos magmáticos construidos sobre zonas de subducción activas. Actualmente suministran cerca de tres cuartos del cobre mundial, también la mitad del molibdeno y una quinta parte del oro (Sillitoe, 2010). El proceso que genera rutilo en estos depósitos corresponde a un caso extremo de metasomatismo dominado por fluidos hidrotermales que logran desestabilizar minerales preexistentes con contenido de titanio y da paso, a la formación de rutilo hidrotermal (Rabbia y Hernández, 2012).

Esta memoria utiliza muestras de sedimentos de quebrada recolectadas lo largo de 24 kilómetros aguas abajo del Pórfido Cu-Mo de La Granja, en el sistema de drenaje del Río Páltic, confluencia que corta la zona de alteración hidrotermal del depósito metalífero. Para cada muestra analizada, se realizó la concentración de minerales pesados a través de una separación gravimétrica por medio denso y con esto se fabricaron briquetas pulidas transparentes. Usando un microscopio petrográfico, se verificó la presencia de rutilo en todas las briquetas. Considerando la distancia de dispersión que representa cada una de las muestras y el presupuesto del trabajo, se seleccionaron 5 briquetas para un análisis visual detallado en 15 granos de rutilo por muestra. Todos estos granos fueron fotografiados, medidos y descritos. Posteriormente, estos 75 rutilos fueron analizados en una microsonda electrónica (EPMA) con el fin de conocer sus contenidos de W, Sn, Fe, Cr, V, Zr, Nb y Sc; las concentraciones de estos elementos habían sido analizadas previamente para rutilos hidrotermales provenientes del pórfido de La Granja (Rabbia y Hernández, 2012).

Utilizando gráficos de dispersión en escala logarítmica, se compararon los resultados de los rutilos de este trabajo con rutilos hidrotermales pertenecientes al depósito cuprífero de La Granja (Rabbia y Hernández, 2012) y también con rutilos de origen metamórfico (Ewing et al., 2013). Además, se realizaron diagramas de cajas y bigotes para comparar las concentraciones de elementos traza obtenidos en este trabajo con rutilos de diferentes orígenes: metamórfico (Zack et al., 2004; Ewing et al., 2013; Gao et al., 2014; Sengün y Zack, 2016), detrítico (Okay et al., 2010; Rösel et al., 2018), hidrotermal – pórfidos cupríferos (Rabbia y Hernández, 2012; Schirra y Laurent, 2021) y pegmatítico (Pe-Piper et al., 2019).

La química-mineral de los rutilos en los sedimentos de quebrada del Río Páltic evidenció patrones composicionales similares respecto a los rutilos hidrotermales de La Granja y a rutilos hidrotermales de otros PCD, mostrando mayores concentraciones de Fe, W y Sn en comparación a rutilos metamórficos y detríticos. Por otro lado, los contenidos de V, Cr, Nb y Zr en rutilos de distintos orígenes, no evidenciaron una diferencia clara entre ellos. En cuanto al Sc, muchas mediciones quedaron bajo el límite de detección, lo que, sumado a la escasez de datos de otros ambientes geológicos, no posibilitan una conclusión.

El rutilo demostró ser un mineral de alta densidad que permite una sencilla separación y concentración. También resultó ser de fácil reconocimiento visual, con texturas, ocurrencias y asociaciones minerales características. Su aparición en la totalidad de las muestras, abarcando 24 kilómetros desde el pórfido cuprífero de La Granja, comprueba su condición de elevada resistencia a la meteorización, transporte y alteración.

Por lo anterior, se concluye que el rutilo tiene un gran potencial para ser mineral indicador resistente para sistemas de alteración hidrotermal relacionados a pórfidos cupríferos. A su vez, se sugieren mayores estudios y modificaciones a futuro para perfeccionar esta herramienta exploratoria.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

A medida que el tiempo avanza, la exploración minera de depósitos minerales cubiertos o ubicados en regiones donde la superficie es fuertemente alterada por la vegetación y/o la acción de las aguas, se hace cada vez más importante. Las herramientas que se utilizan en la actualidad pueden verse superadas ante estas condiciones, haciendo imprescindible la búsqueda de nuevas metodologías que permitan sortear estas dificultades de la manera más eficiente posible.

Los minerales indicadores resistentes (RIMs por sus siglas en inglés) señalan la presencia de un tipo de mineralización, alteración hidrotermal o litología específica de donde provienen. Sus características físicas y químicas, incluyendo su alta densidad, facilita su preservación e identificación, a su vez, les permite ser fácilmente recuperadas (McClenaghan, 2005). Los tipos de minerales indicadores recomendados por autores varía con el tipo de depósito (Gent et al., 2011) y también con el contexto geológico en el cual se encuentran.

Actualmente el pórfido de Cu-Mo de La Granja está siendo evaluado por la empresa minera Río Tinto y se le han calculado unos recursos indicados e inferidos de 4320 millones de toneladas con una ley de 0.51% de Cu (Du Plessis, 2016). Este prospecto pertenece a la franja Miocénica de pórfidos de Cu – Mo del norte del Perú y del sur de Ecuador (Carlotto et al., 2009), la cual podría albergar depósitos minerales de clase mundial. Este trabajo forma parte de un estudio de orientación para la prospección de depósitos tipo pórfido de Cu-Mo pertenecientes a esta franja.

La presente memoria de pregrado pretende evaluar al rutilo como mineral indicador resistente para procesos de alteración hidrotermal relacionados al Pórfido de Cu-Mo de La Granja (Perú). Se analizará tanto su dispersión en el sistema de drenaje del Río Paltic, como su química mineral para verificar su procedencia. La realización de este estudio busca determinar si el uso de RIMs, presentes en sedimentos de quebrada, puede ser

utilizado de manera simple, efectiva y a bajo costo, en etapas tempranas de la exploración de depósitos tipo pórfido en el orógeno andino.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la utilidad del rutilo como mineral indicador resistente y su factibilidad como vector de exploración para sistemas de pórfidos Cu-Mo, en el contexto del orógeno andino.

1.2.2. Objetivos Específicos

- I. Interpretar los datos composicionales de los rutilos del Río Páltic y compararlos con los datos existentes del depósito de La Granja (Rabbia y Hernández, 2012).
- II. Identificar patrones en la química-mineral de los rutilos para ser usados en la prospección de sistemas mineralizados tipo pórfido Cu – Mo.
- III. Evaluar la factibilidad, eficiencia y costos del uso de esta herramienta de prospección en el ambiente andino.

1.3. Ubicación y Accesos

El área de estudio se encuentra en el departamento de Cajamarca, provincia de Chota y abarca parte de los distritos Querocoto y Querocotillo, Perú. El yacimiento de La Granja se encuentra entre las cotas 2000-2700 m.s.n.m. y es atravesado por la quebrada Ayraca por el oeste, el Río Páltic por el norte y la quebrada Checos por el este.

Para acceder al área, primero, desde Lima se toma la ruta Panamericana Norte hasta la ciudad de Chiclayo (Figura 1.1), luego se prosigue por la ruta PE-06 A, la cual se dirige a la ciudad de Chota. A continuación, se utiliza un desvío para llegar al poblado de Querocoto, este se encuentra a unos 4 kilómetros antes de llegar a la ciudad de Huambos y consiste en un camino rural de 28 kilómetros. Finalmente se continúa el camino por 20 kilómetros hasta llegar al poblado de La Granja (Figura 1.2).

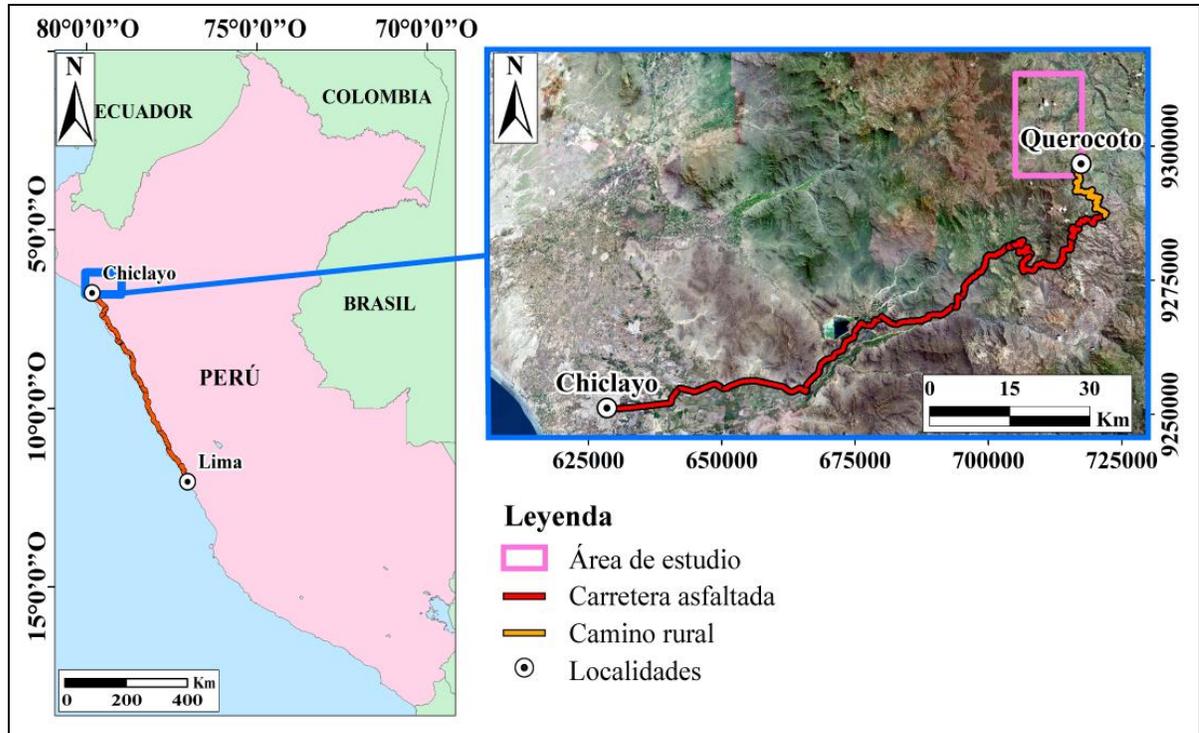


Figura 1.1. Ubicación regional y acceso al área de estudio.

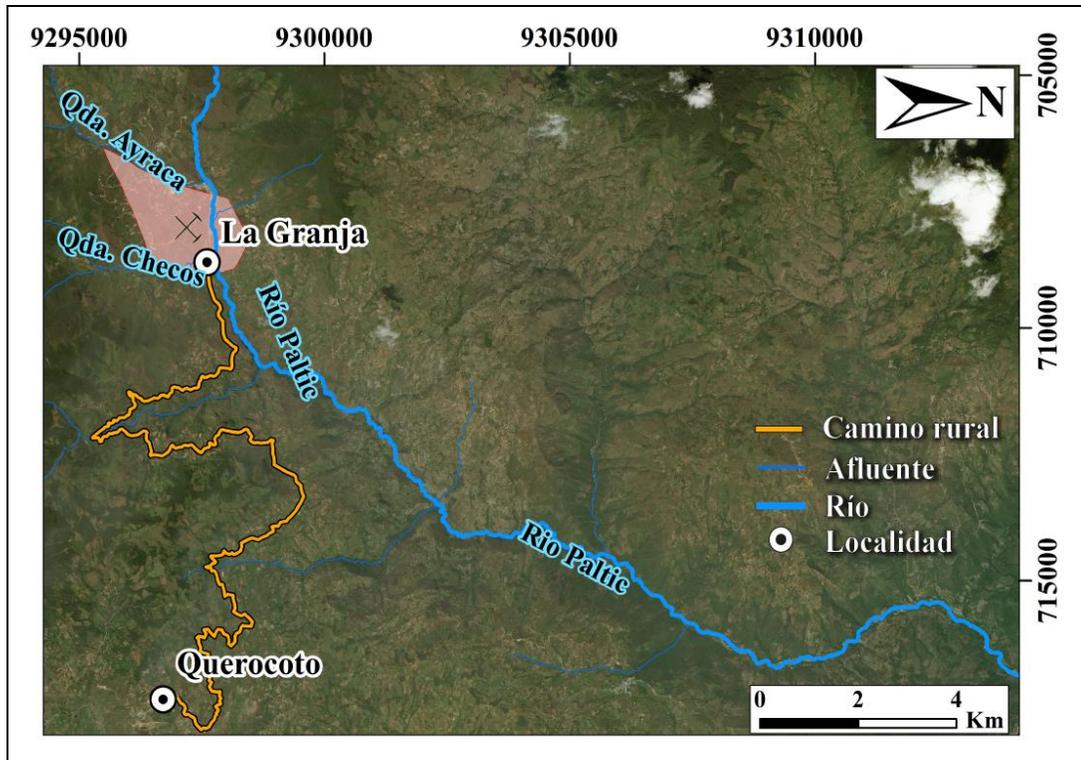


Figura 1.2. Área de estudio y acceso al depósito de La Granja.

1.4. Metodología de Trabajo

El desarrollo de este trabajo comprende una etapa de gabinete, un trabajo de laboratorio, una interpretación de los resultados y la elaboración de un informe final. Todo esto sostenido por un trabajo de campo realizado previamente en el marco de un proyecto de Magíster del Geólogo Félix Cornelio, guiado por el Profesor Osvaldo Rabbia, quienes facilitaron las muestras de sedimentos de quebrada y proporcionaron un registro de información geológica e hidrográfica relevante.

1.4.1. Trabajo de Gabinete

Recopilación bibliográfica de investigaciones relacionadas a la exploración mediante el uso de RIMs. También se reunió información geológica y geoquímica existente en el área de estudio. Finalmente, se elaboraron mapas con información topográfica, hidrográfica, geológica y de acceso con respecto a los puntos de muestreo del trabajo de campo.

1.4.2. Trabajo de Campo

La realización de este trabajo fue posible gracias a un trabajo de campo previo, llevado a cabo en el contexto de una investigación para el grado de magíster del geólogo Félix Cornelio. En dicho trabajo, se realizó la toma de 28 muestras de sedimentos de quebrada de forma sistemática, distribuidas a lo largo de 24 kilómetros aguas abajo del Pórfido de La Granja. La ejecución del muestreo fue controlada por un protocolo preestablecido con la finalidad de conseguir representatividad y objetividad de este proceso (Cornelio, 2020).

1.4.3. Trabajo de Laboratorio

Consta de tres etapas instrumentales. La primera etapa instrumental utiliza un método de concentración gravimétrica propuesto por McClenaghan (2005) y Gent et al. (2011). La segunda etapa consiste en la identificación y selección visual de RIMs a través del uso de un microscopio Nikon OPTIPHOT2-POL. Finalmente, la tercera etapa utiliza la microsonda electrónica (EPMA) para confirmar la identificación visual de los minerales y determinar firmas geoquímicas de elementos mayores y trazas presentes en los RIM's recolectados.

1.4.3.1. Concentración Gravimétrica

La concentración gravimétrica fue llevada a cabo mediante el uso de politungstato de sodio ($\text{Na}_6[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]$ o $3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) como medio denso. Este líquido denso está patentado por TC-Tungsten Compounds. Además, los materiales utilizados para el procedimiento son: 1 embudo de decantación de 60 ml, 2 embudos de vidrio, 3 vasos de vidrio pirex de 50 ml, 1 bagueta, mallas ASTM #18 y #60, 1 filtro de perinola de 0,45 μm , 2 filtros de papel n°1 de Advantec Toyo para análisis cuantitativos, 1 soporte para embudos, indicadores de densidad específica de NIHON CHIKAGAKU SHA CO.

En primer lugar, se tamizaron 45 gramos de la muestra a concentrar, para trabajar con el material pasante de la malla #18 y retenido en la malla #60. Luego, considerando las densidades de RIMs para pórfidos cupríferos (Tabla 1.1), se ajustó la densidad del líquido denso (inicialmente de 3.1 g/cm^3) por disolución con agua bidestilada, hasta obtener una densidad específica de 2,81. Para la medición de la densidad del líquido se utilizaron los indicadores de densidad específica de NIHON CHIKAGAKU SHA CO.

Tabla 1.1. Densidades minerales de RIMs por Klein y Hurlbut (1997).

Mineral	Peso Específico (g/cm^3)
Turmalina	3,00 – 3,25
Apatito	3,15 – 3,20
Epidota	3,25 – 3,45
Granate	3,50 – 4,30
Rutilo	4,18 – 4,25

En seguida, a un embudo de decantación de 60 ml se le agregaron inicialmente 5 ml de líquido denso, luego se introdujo el material tamizado para después saturar la mezcla con unos 25 ml de líquido denso, de tal manera, que el grueso de los granos flotara. Para acelerar la decantación de minerales pesados, se agitó con una bagueta, logrando así que esta etapa tarde entre 3 a 5 minutos. En el fondo del embudo de decantación quedaron los minerales de densidad mayor a 2,81 g/cm^3 (ANEXO, 9.1.).

Para filtrar el líquido denso del concentrado mineral, se utilizó un papel filtro n°1 de Advantec Toyo sostenido por un embudo analítico que da a un vaso de vidrio Pirex de

50ml. El politungstato de sodio se termina de filtrar entre 10 a 15 minutos, debido a su alta densidad. Para filtrar el resto de líquido denso de los minerales livianos, se usó otro embudo analítico con papel filtro y vaso de vidrio Pirex de 50ml, con la ayuda de agua bidestilada para traspasar la totalidad de material desde el embudo de decantación.

Finalmente, los concentrados minerales pesados y livianos se lavaron con agua bidestilada para recuperar y reciclar la mayor cantidad posible de líquido denso utilizado. Después, las muestras concentradas húmedas se introdujeron en un horno de secado. A su vez, el agua de la solución residual de líquido denso - agua bidestilada fue evaporada para el reciclaje de politungstato de sodio. Ya secadas las muestras de minerales pesados y livianos, fueron pesadas, tabuladas y almacenadas.

Se estableció un mínimo de 1 gramo y un máximo de 2 gramos de concentrado mineral denso para que más tarde, en la fabricación de briquetas pulidas, se evitara producir áreas vacías en su superficie, como también la sobreacumulación concentrado mineral.

1.4.3.2. Identificación Visual de RIMS

Haciendo uso de los concentrados minerales pesados de 12 muestras, se fabricaron briquetas pulidas transparentes. Además, se contó con 10 briquetas pulidas transparentes que fueron previamente confeccionadas y analizadas por Qemscan® en el trabajo anterior realizado por el geólogo Félix Cornelio.

En primer lugar, utilizando un microscopio Nikon OPTIPHOT2-POL, se confirmó la presencia de rutilo en las 22 briquetas. Luego, considerando la distancia de dispersión que representa cada una de ellas y el presupuesto de esta investigación, se seleccionaron estratégicamente 5 briquetas para un análisis visual detallado de 15 granos de rutilo por muestra. Todos estos granos fueron fotografiados, medidos y descritos.

1.4.3.3. Microsonda Electrónica

Las 5 briquetas seleccionadas en la etapa anterior, fueron enviadas al laboratorio EPMA de la Universidad Rice, Estados Unidos, para analizar los 75 rutilos seleccionados a través de una microsonda electrónica (EPMA). Esta institución cuenta con una microsonda Hyperprobe JEOL JXA 8530F. Se solicitó cuantificar las concentraciones de

titanio (Ti), tungsteno (W), estaño (Sn), hierro (Fe), cromo (Cr), vanadio (V), zircón (Zr), niobio (Nb) y escandio (Sc).

Para facilitar la búsqueda de los granos de rutilos a analizar en cada briqueta, se utilizaron las imágenes obtenidas por un microscopio electrónico de barrido (SEM). En cuanto a la configuración de la microsonda electrónica y sus componentes (Tabla 1.2), para los elementos Ti, W, Sn, Zr, Nb y Sc se utilizó el monocrómetro pentaeritrol (PET), mientras que para Fe, Cr y V se aplicó un cristal de fluoruro de litio (LIF). A cada rutilo seleccionado se le aplicaron al menos 4 lecturas de cada elemento. Por consiguiente, la media de los resultados por rutilo correspondería al valor más fiable y recomendado a considerar.

Tabla 1.2. Condiciones de la microsonda para el análisis de los elementos.
 (a) Tiempo de conteo en la posición de *peak*, valores en segundos (s).
 (b) Tiempo de conteo en la posición de *background*, valores en segundos (s).
 L.D.: límites de detección promedios, valores en ppm.

	Ti	W	Sn	Fe	Cr	V	Zr	Nb	Sc
Cristal	PETJ	PETJ	PETJ	LIFH	LIFH	LIFH	PETL	PETL	PETL
Línea	K α	M α	L α	K α	K α	K α	L α	L α	K α
Peak (a)	10	40	40	40	40	80	40	40	80
Back (b)	5	30	30	30	30	60	30	30	60
L.D.	72	77	48	34	26	18	32	30	486

1.5. Trabajos Anteriores

Los minerales indicadores son ejemplares que indican la presencia de un tipo de mineralización, alteración hidrotermal o litología en específico. Sus características físicas y químicas, les permiten ser fácilmente recuperados desde muestras típicas usadas en la exploración (ej.: sedimentos de quebrada, aluviales, glaciares o eólicos) y también los hacen suficientemente abundantes (McClenaghan, 2005).

Los RIM's ofrecen muchos beneficios para los programas de exploración, incluyendo: (1) eficiencia de muestreo; (2) ampliación tanto de la roca caja objetivo como del trend de dispersión; (3) cobertura de un rango más extenso de commodities minerales; (4) la sensibilidad no disminuye en áreas sobreabundantes de minerales pesados no indicadores; (5) evidencia visual de puntos de origen de trends de dispersión; e (6) indicaciones del potencial económico de la fuente mineralizadora. (Averill, 2001).

El uso de RIM's se ha convertido en el procedimiento estándar para la exploración regional para depósitos de diamantes (Gent et al., 2011). Actualmente se estudia su utilidad para distintos tipos de depósitos minerales, y entre ellos, pórfidos de cobre (McClenaghan et al., 2016).

Los tipos de minerales usados o recomendados por autores como RIM's, varía con el tipo de depósito (Gent et al., 2011). Existen investigaciones que proponen minerales como el apatito (Belousova et al., 2002), rutilo (Rabbia y Hernández, 2012), turmalina (King et al., 2000), epidota (Cooke et al., 2014) y clorita (Wilkinson et al., 2015) para su uso en la prospección minera, debido a que las características geoquímicas de estos minerales pueden indicar su procedencia, en cuanto al tipo de roca y de mineralización que los originaron.

1.6. Agradecimientos

En primer lugar, llegar a esta instancia se lo debo al apoyo incondicional de mis padres, quienes siempre se preocuparon de que tuviera todo lo necesario para completar esta etapa y me dieron las fuerzas necesarias para continuar en los momentos de dificultad. También agradezco a mi tía Edith, que con su atenta presencia en Concepción daba mucha seguridad y contención. En lo que fue el desarrollo de esta memoria tuve la suerte de contar con mi tío Luis y primo Adolfo, quienes siempre me animaron a no bajar los brazos y a lograr mis objetivos a través de estrategias productivas.

Luego, es imposible mencionar a todas las personas que conocí en el transcurso de esta aventura universitaria, sin embargo, la gran mayoría fue partícipe de mi desarrollo como estudiante, deportista y persona; valoro mucho tanto una ayuda académica como una sonrisa en tiempos de tempestad. Destaco a la generación 2012 que desde el primer minuto me hicieron sentir como en casa, aún estando lejos de ella.

Finalmente agradecer la confianza del profesor Osvaldo Rabbia por permitir desarrollar esta memoria, de la amabilidad absoluta del geólogo Félix Cornelio a la hora de compartir material e información y de la gran disposición con la que me atendió todo el personal del GEA en gestión y trabajos de laboratorio.

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio se encuentra dentro de la franja metalogénica de pórfidos de cobre, skarns y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno (Carlotto et al., 2009). Esta franja se ubica en la Cordillera Occidental del centro y norte del Perú (5° - 12°) (Figura 2.1). Sus yacimientos comparten como roca caja regional, rocas sedimentarias mesozoicas correspondientes a la Cuenca Occidental Mesozoica. Además, afloran una gran variedad y cantidad de intrusivos de reducido tamaño de edades miocenas, que comúnmente pueden presentar mineralización reciente.

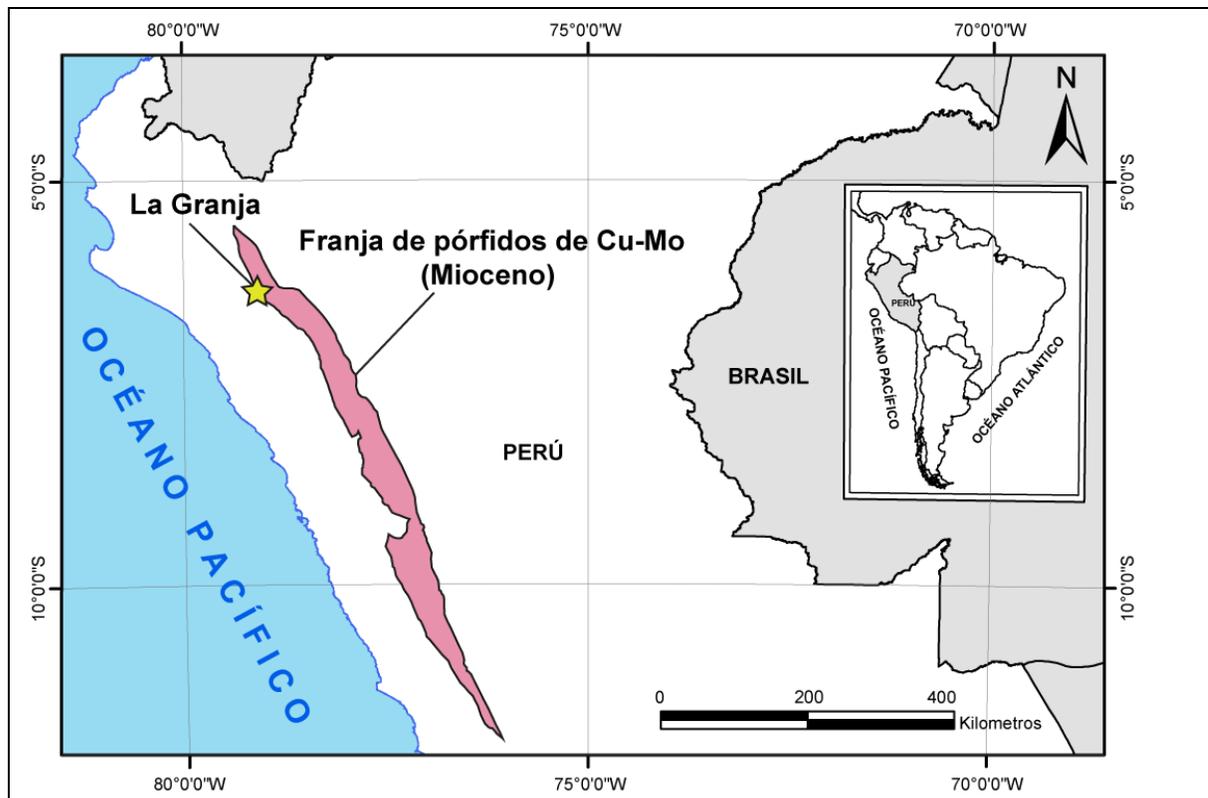


Figura 2.1. Franja Metalogénica de pórfidos Cu-Mo del Mioceno (Modificado de Quispe et al., 2008).

2.1. Cuenca Occidental Peruana

Se desarrolló a partir del Jurásico Superior con una sedimentación marina de plataforma silicoclástica, evolucionando a un ambiente de talud de la Formación Chicama (Jaillard y Jacay, 1989; Romero et al., 2004). En el Jurásico superior-Cretácico Inferior, la sedimentación cambia a un ambiente deltaico hasta fluvial; correspondiendo a las

formaciones Oyón y Chimú. En el Valanginiano se instala una plataforma carbonatada (Formación Santa), la que pasa progresivamente a secuencias de llanura deltaica y fluvio-deltaica (Formación Carhuaz), terminando en el Aptiano inferior con los depósitos fluvio-deltaicos de la Formación Farrat. En el Albiano inferior la sedimentación es carbonatada (Formación Pariahuanca) mientras que más hacia el oeste se instala el arco volcánico Casma. La sedimentación carbonatada sigue en el Albiano medio hasta el Campaniano y corresponde a las formaciones Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celedín. Todas estas secuencias han sido deformadas en el Eoceno por el evento tectónico Inca que se inició hace 43 Ma aproximadamente, y produjo el sistema de faja corrida y plegada de la Cordillera Blanca y del Marañón, con vergencia hacia el este, es decir hacia el geoanticlinal de Marañón que corresponde a un alto estructural en el Mesozoico, el cual separó la cuenca occidental de la cuenca oriental. En este alto, las secuencias mesozoicas se depositaron en discordancia sobre rocas paleozoicas, triásicas y jurásicas. Las unidades sedimentarias corresponden al Grupo Goyllarisquizga (Neocomiano) a las formaciones Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celedín. Las que son seguidas por capas rojas del Cretácico superior-Paleoceno (Formación Casapalca) y del Eoceno-Oligoceno, depositadas en el frente de los cabalgamientos del sistema plegado y corrido del Marañón, como cuencas de ante país.

2.2. Rocas Ígneas

Las rocas magmáticas a lo largo de esta franja son típicamente de composición calco alcalina. Muchos pulsos de actividad intrusiva y volcánica son contemporáneos con la mineralización y emplazados entre 24 y 4 Ma, desde entonces el magmatismo está inactivo. Lavas de composición intermedia dominan en algunas partes de esta franja metalogenética, particularmente en el norte, donde se depositaron localmente flujos de ceniza, que acompañan a los cuerpos intrusivos de igual edad. Algunos análisis químicos y datos isotópicos de Sr y Nd de esta franja son consistentes con magmas derivados de fuentes relativamente discretas en el manto litosférico o cortezas máficas engrosadas por underplating (Noble y Mckee,1999). Los depósitos de pórfidos de Cu y skarns relacionados, están asociados con stocks de granodioritas a monzonitas calco alcalinas,

que cortan a las rocas detríticas y carbonatadas intensamente plegadas y falladas de la cuenca occidental.

Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización 22-20 Ma, 18-13 Ma y 10-5 Ma (Quispe et al., 2008). Siendo el yacimiento de pórfido de Cu-Mo de La Granja relacionado al segundo evento respectivamente. Los eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de stocks intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos.

2.3. Marco Geotectónico Regional

Estructuralmente, la franja está controlada al oeste por el sistema de fallas de la Cordillera Blanca y al este por los sistemas de fallas Chonta (rumbo NO-SE y manteo SO) y Punre-Canchis-Magistral (Figura 2.2), siendo este último el que conforma la faja corrida y plegada del Marañón de dirección NO-SE con vergencia al NE (Carlotto et al., 2009; Quispe et al., 2008). En el norte del Perú las fallas van cambiando a ONO-ESE y finalmente a N-S al aproximarse a la deflexión de Huancabamba.

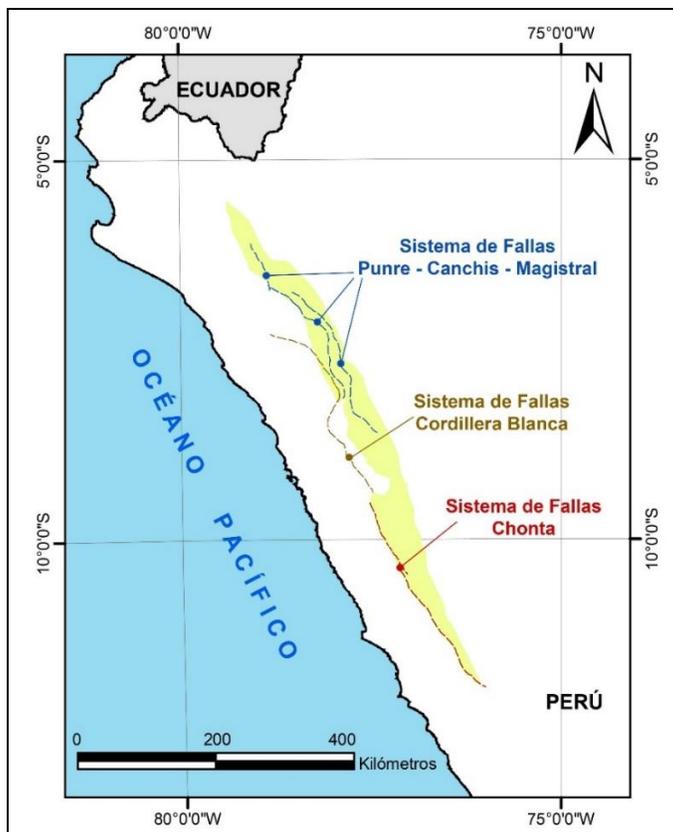


Figura 2.2. Mapa estructural simplificado de la Franja Metalogénica de Pórfidos de Cu relacionados a intrusivos del Mioceno.

Estas estructuras actuaron como fallas normales durante el Mesozoico, sin embargo, en el Cenozoico durante la inversión tectónica estas pasaron a ser inversas, produciendo un engrosamiento importante de la corteza, factor condicionante para la evolución de magmas durante el Mioceno y los fluidos magmáticos-hidrotermales relacionados. Sistemas de fallas NE-SO transversales, también han contribuido a la geometría de la cuenca occidental y a la sedimentación del Mesozoico; luego se reactivaron en el Cenozoico actuando, en algunos casos, como rampas laterales que delimitaban bloques con mayor o menor acortamiento, y controlando así, el emplazamiento del Batolito de la Cordillera Blanca y algunos yacimientos como Antamina o Pasto Bueno. En consecuencia, las reactivaciones en el Mioceno de los sistemas de fallas NO-SE de la faja corrida y plegada, así como las fallas NE-SO transversales, favorecieron el emplazamiento de intrusivos relacionados con los depósitos minerales de este dominio.

3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

En el área de estudio afloran rocas volcánicas, sedimentarias e intrusivas Mesozoicas. Predomina la presencia de material volcánico Cenozoico y, en menor medida, depósitos aluviales Cuaternarios (Figura 3.1).

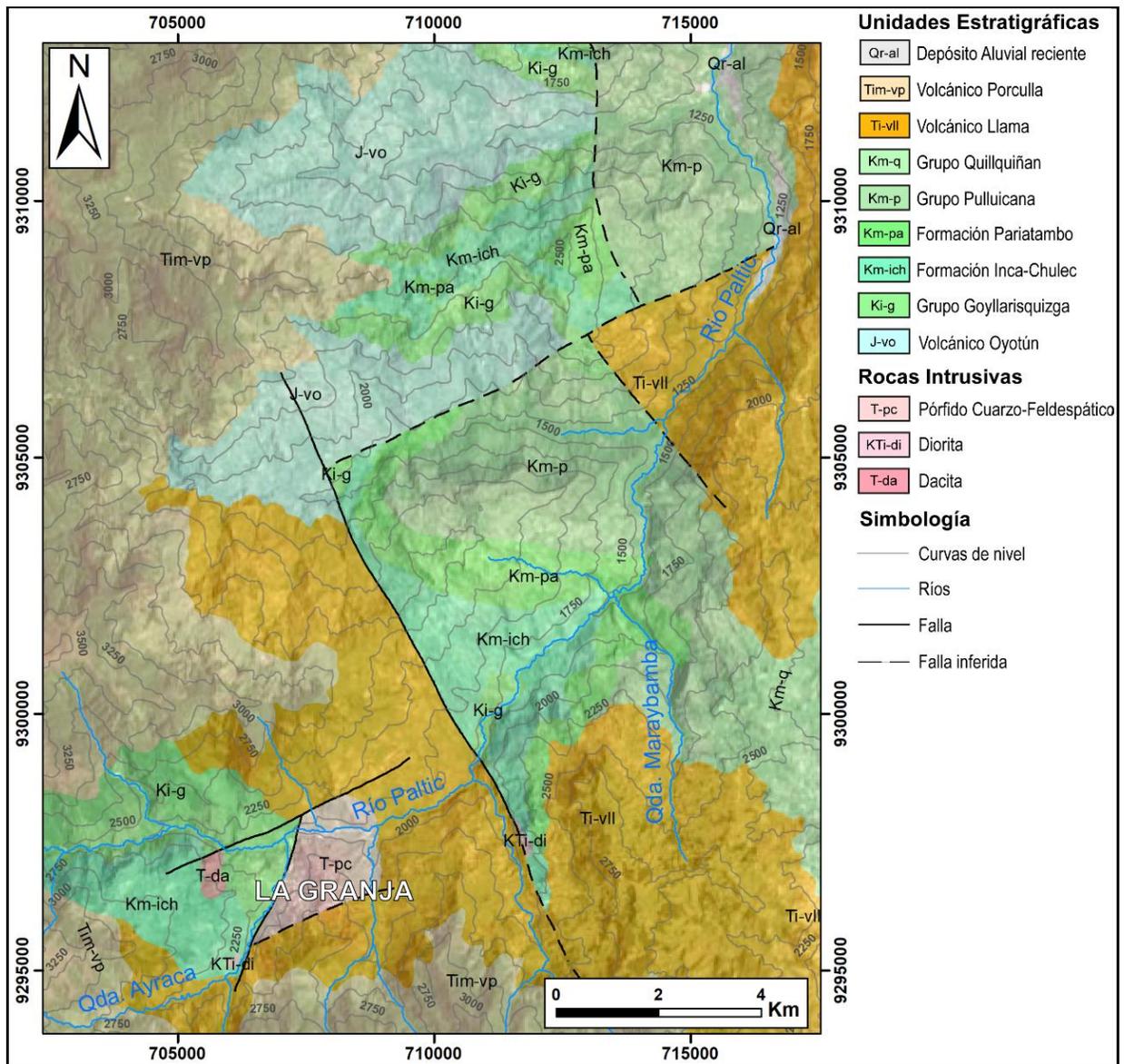


Figura 3.1. Mapa Geológico del área de estudio (Fuente: INGEMMET, 2008).

3.1. Unidades Estratigráficas

3.1.1. Volcánico Oyotún (J-vo / Jurásico Inferior)

Es una unidad cuya sección típica se encuentra cercana al pueblo de igual nombre, en el valle de Zaña. Consiste en una secuencia gruesa de rocas volcánicas con escasas intercalaciones sedimentarias. Se presenta en afloramientos macizos e irregulares, sin mayores evidencias de estratificación. Generalmente de colores oscuros, excepto en áreas de mineralización determinada, donde predominan tonos de rosado anaranjado y amarillo. Resulta difícil estimar el grosor total del Volcánico Oyotún debido a sus afloramientos discontinuos y a que generalmente, no se observa el techo o la base de la secuencia. Se calcula que en la localidad tipo aflora un espesor de 500 metros. Litológicamente está comprendida por capas medianas o gruesas de material piroclástico; coladas de composición andesítica y dacítica; brechas andesíticas macizas de color negro azulado; flujos de dacitas porfídicas; intercalaciones sedimentarias en forma de tobas; grauvacas y areniscas feldespáticas; capas de caliza, generalmente laminadas y algo silificada. A partir de relaciones estratigráficas, se infiere una edad de Jurásico Inferior, pero aún faltan pruebas concluyentes.

3.1.2. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g / Cretácico Inferior)

Está constituido por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Al no presentar fósiles diagnósticos no se le puede precisar edad. Sin embargo, por relaciones de contacto se le estima la edad de Cretácico Inferior (Wilson, 1984).

3.1.2.1. Formación Chimú

Esta unidad está constituida por una alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas; en la secuencia se observa estructuras sedimentarias como estratificación cruzada y marcas de oleaje, se le estima un espesor de 600 metros. No se observa contacto inferior, y al techo le yace concordante la Formación Santa (Wilson, 1984).

3.1.2.2. Formación Santa

Litológicamente consta de lutitas grises con intercalaciones de calizas margosas y areniscas gris oscuras. Las relaciones estratigráficas de esta unidad son concordantes

tanto en la base con la Formación Chimú, como en el techo por la Formación Carhuaz (Wilson, 1984).

3.1.2.3. Formación Carhuaz

Constituida por lutitas, areniscas y cuarcitas marrones y grisáceas bien estratificadas en capas delgadas y medianas. Presenta un espesor variable, mayor a 556 metros, que corresponde a la sección incompleta más extensa que se haya medido. En la base suprayace a las Formaciones Santa y Chimú en el área de Cajamarca. En el techo es concordante a la Formación Farrat (Wilson, 1984).

3.1.2.4. Formación Farrat

Esta unidad consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso en la que se observan estructuras de estratificación cruzada y marcas de oleaje. Suprayace concordantemente a la Formación Carhuaz, mientras que el techo es cubierto, en discordancia paralela, por la Formación Inca (Wilson, 1984).

3.1.3. Formación Inca – Chulec (Km-ich / Albiano inferior a medio)

Pese a corresponder a dos unidades distintas, debido a lo reducido de las potencias de ambas, fueron cartografiadas como un solo paquete (Wilson, 1984).

3.1.3.1. Formación Inca

Compuesta en la base por algunos metros de caliza maciza arenosa con abundantes restos de *Exogyra* limonitizada. En algunos sitios la caliza contiene brechas intraformacionales. Los afloramientos presentan un color marrón característico. La caliza basal está seguida por areniscas y lutitas ferruginosas bien estratificadas en capas delgadas a medianas e intercaladas con algunas capas de caliza impura. Estas últimas capas presentan tonos rojizos y anaranjados muy llamativos. Las areniscas son de grano medio a grueso y tienen un cemento limonítico. Algunas de las areniscas son lutáceas, blandas y contienen abundantes moldes de especies de *Trigonia*. La proporción entre areniscas y lutitas es bastante variable, sin embargo, pareciera que la formación se vuelve más lutácea hacia el sur. Yace discordantemente sobre los sedimentos clásticos de la Formación Goyllarisquizga y infrayace concordantemente bajo la Formación Chúlec.

La Formación Inca representa el inicio de la transgresión marina del Albiano y tanto la fauna como las características físicas de los sedimentos indica haberse formado en un mar poco profundo. Basado en la presencia del amonites de género Parahoplites, la unidad se dató en el Albiano inferior (Benavides, 1956) (Wilson, 1984).

3.1.3.2. Formación Chulec

Esta unidad consiste en capas delgadas bien estratificadas de lutitas gris, marga amarillenta y calizas marrón crema. Las calizas son lutáceas o margosas, generalmente presentándose en capas delgadas y nodulares. Tiene un grosor promedio de 250 metros y alcanza hasta 474 metros en el área de Lajas (Benavides, 1956). Representa una segunda etapa de transgresión marina del Albiano. La naturaleza arcillosa del material clástico hace suponer que su deposición de sedimentos alcanzó una mayor profundidad que la que predominó en la Formación Inca, aunque en general, el mar era somero. Tiene contactos concordantes en la base con la Formación Inca y en el techo con la Formación Pariatambo. La presencia de amonites de especie Knemiceras y Parengonoceras indicarían una edad correspondiente a la parte inferior del Albiano medio (Benavides, 1956) (Wilson, 1984).

3.1.4. Formación Pariatambo (Km-pa / Albiano medio)

Formación representada por 100 a 300 metros de caliza, lutita y toba. A pesar de las variaciones en su litología, siempre se presenta en capas delgadas, uniformemente estratificadas. Suprayace concordantemente a la Formación Chulec, mientras que en el contacto superior es concordante con el Grupo Pulluicana. Alcanza un espesor de 250 metros de caliza con intercalaciones delgadas de lutitas, siendo la caliza fina, de color negro, bituminosa y generalmente con olor fétido. Las lutitas son negras, bituminosas y fosilífera, con abundantes amonites bien conservados y escamas de peces. En ciertas áreas pueden presentarse intercalaciones tobáceas de color violáceo. La presencia de *Oxytropidoceras carbonarium* en todas las facies antes descritas indican que esta unidad corresponde a la parte superior del Albiano medio. Las características litológicas y fosilíferas indican un ambiente euxínico y pelágico.

3.1.5. Grupo Pulluicana (Km-p / Albiano medio – Cenomaniano)

Grupo conformado por las Formaciones Yamugual y Mujarrún. Esta separación no es muy evidente en la mayor parte de la región de estudio, por lo tanto, la unidad ha sido tratada como un grupo indiviso. Consiste en algunos cientos de metros de caliza, marga, lutita y arenisca. Sobreyace a la Formación Pariatambo en relación concordante a discordante paralela. El contacto superior con el Grupo Quilquiñán es concordante. Se presenta con un espesor de hasta 1100 metros de calizas arcillosas, grisáceas en caras frescas y con tonalidades crema a marrón claro en caras alteradas, en capas medianas, nodulares o irregularmente estratificadas, intercaladas con margaas marrones y lutitas grisáceas a verdosas, así como algunas capas de limolitas y areniscas. Las proporciones de calizas, margas y lutitas son variables, con claro predominio de las calizas. La presencia de *Oxytropidoceras carbonarium* en las capas basales y las especies de *Acanthoceras* en la parte superior del grupo indican un intervalo comprendido entre la parte tardía del Albiano medio y el Cenomaniano temprano. La litología y fauna revelan deposición de sedimentos en un mar somero (Wilson, 1984).

3.1.6. Grupo Quillquiñán (Km-q / Cenomaniano tardío - Turoniano temprano)

Está compuesto por las Formaciones Romirón y Coñor, sin embargo, en muchas áreas el grupo se presenta como una sola unidad por lo que en el mapa se definen como un Grupo. Este conjunto suprayace al Grupo Pulluicana e infrayace a la Formación Cajamarca, siendo ambos contactos concordantes. Está conformado por lutitas deleznales gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que en caras alteradas muestra tonalidades de marrón oscuro a marrón rojizo. También se encuentran intercalaciones de margas porosas ferruginosas que contienen abundantes moldes de lamelibranquios. A la vez, calizas generalmente delgadas y escasas, intercalan con las lutitas y margas, principalmente hacia el este. El Grupo varía de un grosor de 120 metros a un máximo conocido de 281 metros. Corresponde a un conjunto fosilífero y contiene una fauna variada de amonites, lamelibranquios y echinoideas, gracias a los cuales fue datado en el intervalo Cenomaniano Tardío-Turoniano temprano (Benavides, 1956). Los estratos se habrían depositado en un mar somero, predominando condiciones de plataforma (Wilson, 1984).

3.1.7. Volcánico Llama (Ti-vII / Terciario Inferior)

El volcánico Llama está formado por una secuencia gruesa de material volcánico que aflora ampliamente en toda la parte occidental del área de estudio. Esta unidad suprayace en discordancia paralela a la Formación Chota y en discordancia de paralela a angular sobre las calizas del Grupo Pulluicana. El techo queda erosionado o cubierto discordantemente por rocas del Volcánico Porculla. Litológicamente, comienza con un conglomerado basal rojizo intercalado con capas de toba andesítica de color morado o violáceo. Los fragmentos del conglomerado son guijarros bien redondeados de cuarcita con proporciones menores de caliza y roca volcánica. Los clastos tienen un diámetro promedio de 10 centímetros, pero en algunas localidades alcanzan los 50 centímetros. El espesor del conglomerado varía de 1 a 50 metros. Sobre el conglomerado basal se encuentra una secuencia gruesa de piroclastos y coladas. La litología más común es una brecha andesítica bien compacta, maciza y pobremente estratificada en capas gruesas, de color morado oscuro en cara fresca y marrón negruzco en caras alteradas. También se encuentran coladas andesíticas porfídicas o equigranulares, mostrando tonos gris verdosos y gris azulados cuando están frescos; además se encuentran horizontes de tobas andesíticas de varios colores. Aunque el Volcánico Llama consiste mayormente en andesitas, también contiene proporciones significantes de dacitas y riodacitas. La unidad está generalmente estratificada en capas medianas a gruesas, pero es más común encontrar afloramientos masivos. En cuanto al grosor de la formación, se han registrado secciones de hasta 1200 metros y considerando la erosión, se supone que podría haber sido mucho mayor. En base a relaciones estratigráficas se estima que el Volcánico Llama representa parte del Terciario inferior (Wilson, 1984).

3.1.8. Volcánico Porculla (Tim-vp / Terciario inferior a medio)

Descrito como una secuencia gruesa de volcánicos mayormente ácidos que afloran a lo largo de la cresta de la Cordillera Occidental (Baldock, 1971; en Wilson, 1984). Suprayace en discordancia angular al basamento metamórfico del precámbrico y a Volcánicos Llama. El techo está erosionado o cubierto por piroclastos del Volcánico Huambos. Esta formación consiste en materiales dacíticos con intercalaciones de andesitas, donde los piroclásticos son generalmente más abundantes que las coladas. Se presenta en capas

medianas a gruesas pobremente estratificadas. La litología típica es una dacita compuesta por pequeños fenocristales de plagioclasa y cuarzo en una matriz fina y dura de color gris verdoso. Las intercalaciones andesíticas generalmente consisten en coladas. La unidad en conjunto con los sills y stocks asociados están vinculados con una fase de extensa mineralización, siendo muy común hallar pirita singenética en las dacitas. De acuerdo con su posición estratigráfica, el Volcánico Porculla debe pertenecer al Terciario inferior a medio (Wilson, 1984).

3.1.9. Depósito Aluvial reciente (Qr-al / reciente).

A lo largo de la faja costanera y de las estribaciones andinas, abundan los depósitos aluviales y fluviales constituidos por conglomerados, gravas, arenas, limos, etc., formando los pisos de los valles y quebradas. Hacia el occidente se encuentran los depósitos más gruesos. En la Cordillera Occidental y la región interandina los depósitos aluviales y fluviales están restringidos a pisos de valles, desembocaduras de quebradas, algunas terrazas y áreas planas.

3.2. Rocas Intrusivas

3.2.1. Dacita (T-da)

En áreas de interés minero, como La Granja y Cañares, se presentan intrusivos dacíticos que deben ser comagmáticos con el Volcánico Porculla. Estos intrusivos contienen sulfuros, son cupríferos y por lo tanto de interés comercial (Wilson, 1984).

3.2.2. Diorita (KTi-di)

Se encuentran afloramientos algo restringidos de diorita en la región. Son cortados por los demás componentes del Batolito de la Costa y como en otras áreas, parecen representar la primera fase de intrusión (Wilson, 1984).

Afloramientos de esta roca se encuentran desde la orilla del mar hasta los flancos bajos de los andes, en forma de stocks y cuerpos menores. Las dioritas presentan coloración gris claro a gris oscuro, hasta ligeramente verdoso. De estructura maciza, textura equigranular, de grano medio a fino y ocasionalmente porfíritica o afanítica. A simple vista

se reconocen plagioclasas, hornblendas y biotitas. Generalmente se encuentran fuertemente diaclasadas (CESEL Ingenieros, 2010).

3.2.3. Pórfido Cuarzo-Feldespático (T-pc)

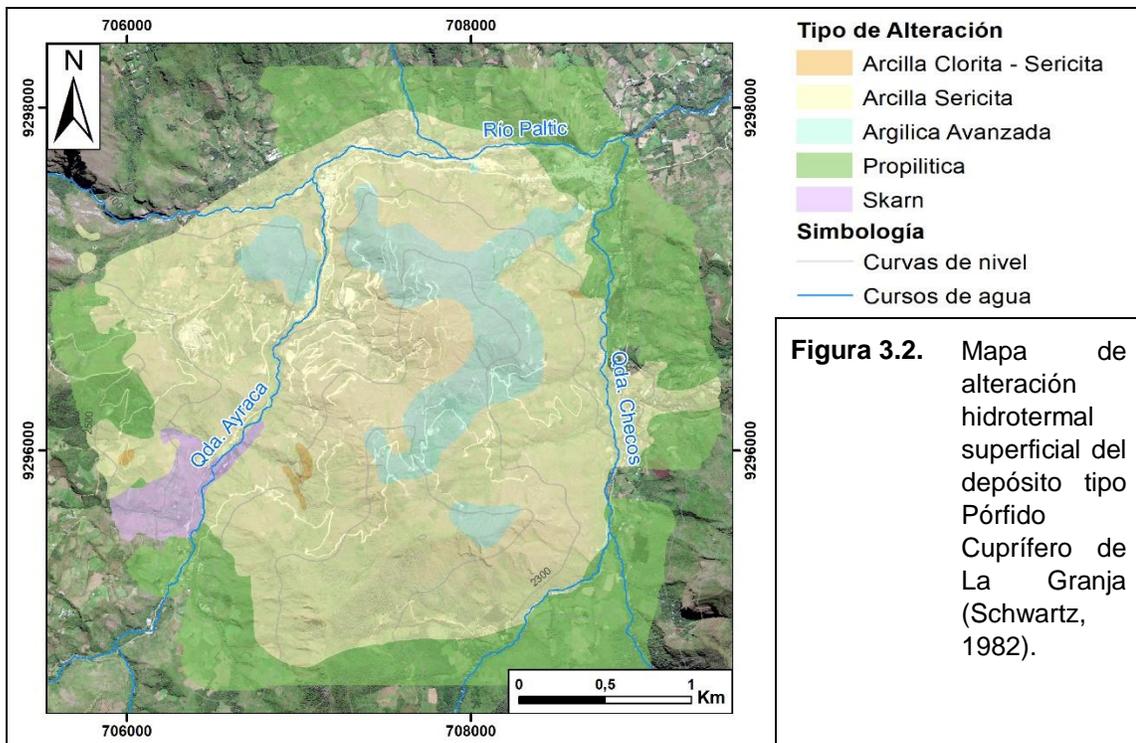
La mineralización y la alteración hidrotermal del yacimiento de La Granja están cercanamente relacionados a la intrusión de un pórfido cuarzo-feldespático. Sin datación radiométrica, se estima de edad Terciaria, pues el pórfido cuprífero más cercano en Michiquillay, cerca de 120 km al sureste de La Granja, tiene una edad de 21 m.a. (Laughlin et al., 1968; en Schwartz, 1982). El pórfido cuarzo feldespático, que está expuesto en un área de 2000 x 2500 metros, corta a rocas sedimentarias, con un rumbo entre N25°E y N60°E y manteniendo hacia el este. Cerca del contacto del intrusivo las rocas han sido intensamente fracturadas y brechizadas, sin embargo, no se encuentra evidencia de que las rocas hayan sufrido levantamiento o inclinación. En la mayoría de sus afloramientos, existe un *stockwork* con una densidad de fracturamiento que varía entre 0,1 y 2 centímetros. El *stockwork* tiende a ser direccionalmente uniforme (Schwartz, 1982).

Corresponde a una roca muy alterada y su composición original no ha sido completamente establecida. En los lugares donde la roca parece estar menos alterada, consiste en fenocristales de cuarzos (5-15%) con estructuras de relictos de fenocristales feldespáticos (20-30%) en una matriz compuesta de filosilicatos y cuarzo en proporciones equivalente. A su lado oeste, el pórfido cuarzo-feldespático gradúa a un pórfido granodiorítico de biotita menos alterado y a un pórfido granodiorítico de hornblenda a sus lados sur y este. El pórfido granodiorita de biotita tiene fenocristales de plagioclasa (15-30%), biotita (3-25%), cuarzo (10-20%) y feldespato potásico (3-15%) en una matriz silíceo con un tamaño de grano usualmente menor a 100 micrones; la mayoría de los fenocristales presentan un rango de tamaños de 1 a 10 milímetros. El pórfido granodiorita de hornblenda tiene fenocristales de plagioclasa (15-30%), cuarzo (15-25%) y hornblenda (5-20%) en una matriz compuesta por cuarzo y feldespato potásico con plagioclasa y hornblenda como subordinadas. El tamaño de sus fenocristales comúnmente es de 1 a 6 milímetros y el tamaño de grano de la masa granulada generalmente varía desde los 100 a 300 micrones. El pórfido granodiorita de hornblenda muestra una afinidad textural con

el pórfido cuarzo-feldespático y podría representar adecuadamente su equivalente menos alterado (Schwartz, 1982).

3.3. Alteración y Mineralización

La intrusión y su cobertura volcano-sedimentaria fueron afectados de manera pervasiva, por múltiples etapas de alteración hidrotermal, provocando la obliteración de las texturas primarias de las rocas (Hein y Tistl, 1987). A la vez, la mineralización está sujeta a una fuerte oxidación y lixiviación, generando una potente zona de enriquecimiento secundario en profundidad, que grada a una mineralización mixta y primaria de Cu (Wilson, 1984).



3.3.1. Alteración Potásica

Existe una alteración potásica temprana, evidenciada por cuarzo, feldespato potásico, biotita hidrotermal secundaria, calcopirita, pirita y ocasionalmente molibdenita. Esta asociación mineral se encuentra como relictos únicamente en un *stock* al este del yacimiento y en algunas muestras del cuerpo de alteración central, por lo tanto, su distribución e intensidad original es difícil de estimar (Hein y Tistl, 1987).

3.3.2. Alteración Fílica

La alteración potásica está cubierta por una alteración fílica que produjo asociaciones minerales de cuarzo, sericita y arcilla. Estos minerales ocurren como remplazos, en diseminaciones y vetillas (Hein y Tistl, 1987). Se presentan contenidos de pirita que varían entre 1 a 10 pp% (Schwartz, 1982). Esta alteración se extiende principalmente en el cuerpo de alteración central y en un stock al este. La sericita crece por el reemplazo de minerales máficos o por la descomposición de la plagioclasa, lo cual puede estar relacionado a una alteración potásica tardía (Hein y Tistl, 1987).

3.3.3. Alteración Argílica Avanzada

Esta alteración afecta partes del cuerpo de alteración central. Lo que se traduce en la conversión de asociaciones minerales preexistentes a paragénesis aluminosas y produce una liberación de sílice considerable (Hein y Tistl, 1987). Se manifiesta en las siguientes asociaciones minerales: andalucita-cuarzo, andalucita-pirofilita-cuarzo, andalucita-sericita-cuarzo, diásporo-pirofilita-cuarzo y sericita-pirofilita-cuarzo. El reemplazo de andalucita por pirofilita y este último por diásporo, es común. El contenido de pirita de la zona argílica avanzada varía entre 2 y 12 pp% (Schwartz, 1982).

3.3.4. Alteración Propilítica

Una alteración propilítica que rodea el cuerpo central afectó a rocas andesíticas, granodioríticas y dioríticas. La intensidad de la alteración es leve y las texturas originales se preservaron. Los productos de la alteración son la clorita, epidota, clinozoisita, calcita, anhidrita, minerales de arcilla y cuarzo. La hornblenda, biotita y el feldespato potásico fueron alterados en gran medida, mientras que la plagioclasa solo levemente. El contenido de pirita es de 1 a 10 pp% (Schwartz, 1982).

3.3.5. Alteración en Rocas Sedimentarias

El pórfido cuarzo-feldespático intruyó rocas sedimentarias del Cretácico Inferior en su flanco oeste, generando un metasomatismo en varios grados, dependiendo de la composición de la roca original. Las cuarcitas han sido mínimamente afectadas por metasomatismo. Las areniscas limosas sufrieron una alteración de sericita-arcilla similar

a la de las rocas intrusivas. Las calizas se convirtieron en skarn, presentando asociaciones minerales de granate, actinolita, wollastonita, epidota y clinozoisita; al aumentar la distancia respecto al intrusivo, la alteración calcosilicatada pasa a ser una marmorización (Schwartz, 1982).

3.3.6. Mineralización Hipógena

Los sulfuros hipógenos ocurren en vetillas, rellenos de fracturas y también diseminados. El mineral dominante de cobre es la calcopirita, siendo la bornita subordinada y ocurren principalmente como diseminaciones. El contenido de pirita varía entre 1 a 12 en pp%, como relleno de fracturas y de forma diseminada, respectivamente. El contenido de calcopirita es inverso al contenido de pirita. La molibdenita ocurre comúnmente en rellenos de fracturas y es extraño verla en contacto con otros sulfuros. Las concentraciones de molibdenitas parecen ser independientes de los contenidos de pirita. Las leyes Cu hipógeno varían entre 0,3 y 0,8 en la alteración fílica, mientras que en la alteración argílica avanzada puede llegar a ser de 0,05. Enargita y tenantita se presentan localmente, en vetillas. El rutilo es el mineral de titanio dominante. En la periferia del depósito la magnetita ocurre diseminadamente y en vetillas (Schwartz, 1982).

3.3.7. Enriquecimiento Secundario

Se presenta un manto de enriquecimiento secundario con un espesor que varía desde los 25 a 250 metros en la zona de alteración fílica. Los únicos minerales secundarios de cobre son la calcosina y la covelina, las cuales ocurren como reemplazos de la calcopirita y bornita. La ley de Cu del mineral supérgeno varía de 0,5 a 2 (Schwartz, 1982).

3.3.8. Zona de Lixiviación

Toda la zona de alteración central está cubierta por una capa lixiviada, la cual varía en espesor desde pocos metros hasta 200 metros. Esta zona lixiviada sobreyace el manto de enriquecimiento secundario y están separados por una delgada zona de transición, de menos de 2 metros de espesor. Los sulfuros han sido convertidos casi completamente en limonita, mientras que minerales de cobre, usualmente oxidados de cobre, son extremadamente poco comunes (Schwartz, 1982).

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Pórfidos de Cobre

Los pórfidos de cobre (PCD) se definen como depósitos minerales de grandes volúmenes (10 – 100 km³), asociados genéticamente a arcos magmáticos construidos sobre zonas de subducción activas en un contexto tectónico de convergencia de placas (Sillitoe, 2010).

Estos depósitos de cobre se han originado a lo largo de la mayor parte de la historia de la Tierra, pero debido a que generalmente se ubican en la parte superior de la corteza (entre 5 a 10 km de profundidad), sumado a la tectónica inestable a la cuál suelen pertenecer, son propensos a erosionarse. Así, el 90% de los depósitos conocidos son de edades Cenozoicas a Mesozoicas (John et al., 2010).

Actualmente suministran cerca de tres cuartos del cobre mundial, como también la mitad del molibdeno y una quinta parte del oro (Sillitoe, 2010). A pesar de presentar leyes bajas a moderadas (0,3 a 2,0%) en comparación a otros tipos de yacimientos, debido a sus grandes dimensiones (cientos de millones de toneladas) y la distribución relativamente equitativa de los minerales de cobre, son capaces de generar un alto impacto económico y social (John et al., 2010).

4.1.1. Tectónica y Génesis

Los sistemas de pórfidos cupríferos se originan principalmente en ambientes de arcos magmáticos (incluyendo el trasarco), donde la subducción de la corteza oceánica y el magmatismo de arco generan granitoides supracorticorticales oxidados e hidratados (John et al., 2010; Sillitoe, 2010). El ascenso de magmas intermedios y silíceos hidratados (Figura 4.1) hacia la corteza superior se debe a que su densidad es menor en comparación a la corteza que los rodea. Cuando los contrastes de densidad disminuyen en la corteza superior, las fuerzas boyantes disminuyen provocando que los magmas se estanquen y formen plutones o batolitos (John et al., 2010).

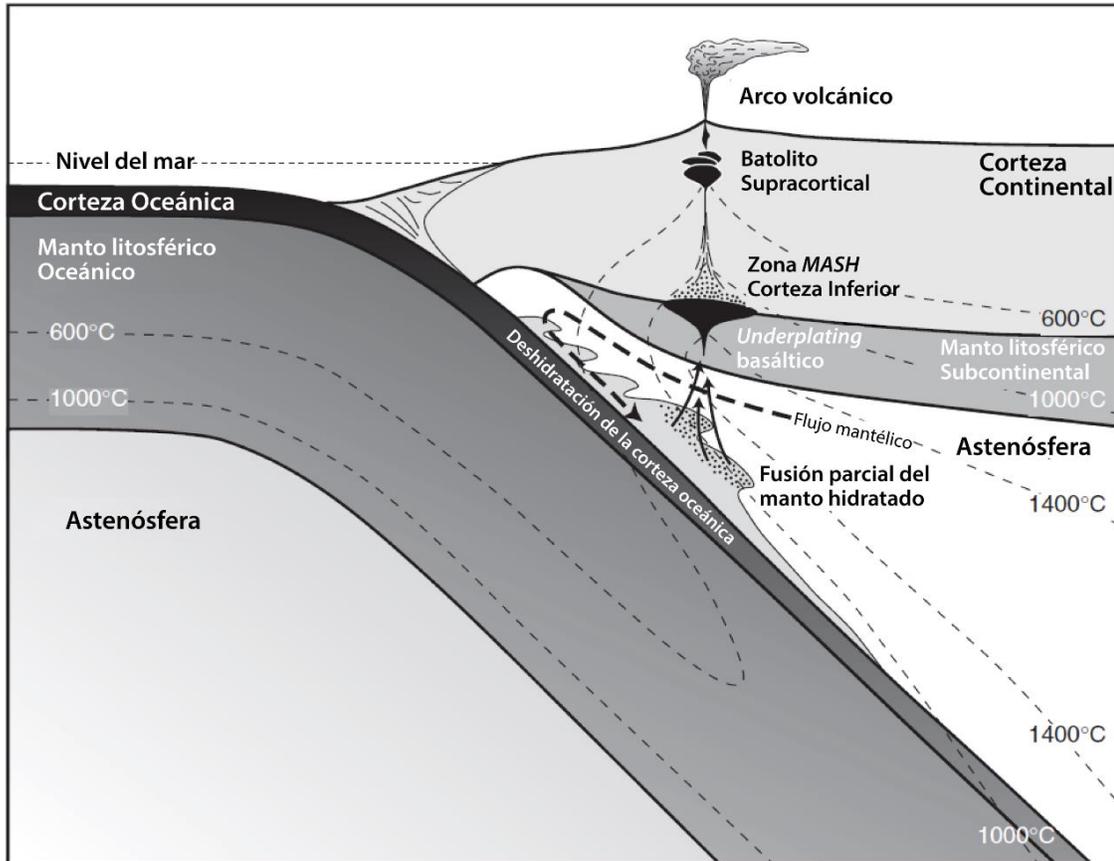


Figura 4.1. Esquema de la zona de subducción entre la corteza oceánica y la corteza continental. Se describen los procesos involucrados en la formación del arco magmático y las temperaturas a la cuál ocurren (Modificado de Richards, 2003).

En la mayoría de los casos, la corteza de arco es relativamente gruesa y existe evidencia de tectonismo compresional o transpresional coetáneo. Algunos autores han postulado que muchos pórfidos cupríferos fueron formados durante periodos de subducción inusuales, como por ejemplo subducción plana, la cual es inducida por la subducción de estructuras como dorsales oceánicas, mesetas oceánicas y/o cadenas de montes submarinos durante episodios de reorganización de las placas tectónicas. Dentro de este contexto geológico, la transpresión se expresa a modo de fallas de rumbo con significativa inversión de sus movimientos y los esfuerzos en estados de relajación a transtensionales, o bien, moderadamente extensionales estarían asociados con los emplazamientos de intrusiones porfídicas mineralizadas (John et al., 2010).

El régimen de esfuerzos va a depender, entre otros factores, en si existe un avance o un retroceso de la fosa y del ángulo de la oblicuidad del vector de la placa convergente

(Dewey, 1980). Algunos investigadores hacen énfasis en la importancia de la intersección entre fallas transversales de escala continental con fallas o lineamientos paralelos al arco para la formación de pórfidos cupríferos, siendo también una característica útil para encontrar estos sistemas (Sillitoe, 2010).

4.1.2. Descripción física de PCD

Los sistemas de pórfidos cupríferos típicamente abarcan 4 km superficiales de la corteza (Singer et al., 2008) y centrados alrededor de stocks porfídicos cilíndricos o de enjambres de diques que en algunos casos corresponden a cúpulas de grandes plutones o batolitos subyacentes (John et al., 2010). La forma de estos cuerpos mineralizados usualmente es similar a la intrusión hospedante (Sillitoe, 2010). Las cámaras magmáticas parentales se encontrarían entre 5 a 15 km de profundidad (Richards, 2005) y corresponden a la fuente tanto de los magmas emplazantes como de los fluidos metalíferos asociados al desarrollo del sistema.

Depósitos sin deformar comúnmente tienen formas circulares o elípticas en vista de planta, con diámetros que suelen ir de 0,1 a 1,0 km y tienen dimensiones verticales similares a las horizontales. La extensión vertical de la mineralización de cobre hipógena en estos depósitos, generalmente es menor o igual a 1 o 1,5 km. La extensión vertical de las zonas supérgenas enriquecidas en cobre varían considerablemente, pero rara vez exceden los 200 metros. Los volúmenes de roca alterada pueden extenderse 10 km o más desde núcleo mineralizado y hasta profundidades de 10 km bajo la paleosuperficie (John et al., 2010).

4.1.3. Alteración hidrotermal y Modelo PCD

La génesis de estos depósitos involucra la exsolución de fluidos hidrotermales ricos en azufre y metales, provenientes de magmas de arco calco-alcalinos en ascenso (Richards 2003). Estos fluidos generan alteraciones hidrotermales en las rocas, que corresponden a procesos metasomáticos capaces de cambiar sus mineralogías y texturas. Estos eventos son sumamente importantes en la formación de estos depósitos debido a que están relacionados al transporte y acumulación de metales desde la cámara magmática parental hacia niveles superficiales.

En etapas tempranas de la formación de PCD, luego del estancamiento del magma en ascenso, se liberan fluidos líquidos de alta temperatura y salinidad baja a moderada (Figura 4.2). Con el enfriamiento y despresurización debido a la somerización, el líquido se separa en 2 fases, un fluido hipersalino de altas temperaturas y en vapor, los cuales producen la alteración potásica y alteración argílica avanzada respectivamente (Sillitoe, 2010). Más tarde, a medida que la cristalización del magma avanza a niveles más profundos, todo el sistema se enfría progresivamente, como también se va erosionando la paleosuperficie. Bajo estas temperaturas (<400°C) se facilita el fracturamiento del sistema, así como el ascenso de una fase acuosa responsable de la alteración sericitica y cloritica-sericitica. En etapas tardías del desarrollo del pórfido cuprífero, la misma fase líquida, a menores temperaturas y en un contexto donde el techo del sistema ha sido fuertemente erosionado, puede generar depósitos epitermales de alta sulfidación en la cúspide del sistema, como también depósitos epitermales de sulfidación intermedia en la periferia superficial (Sillitoe, 2010).

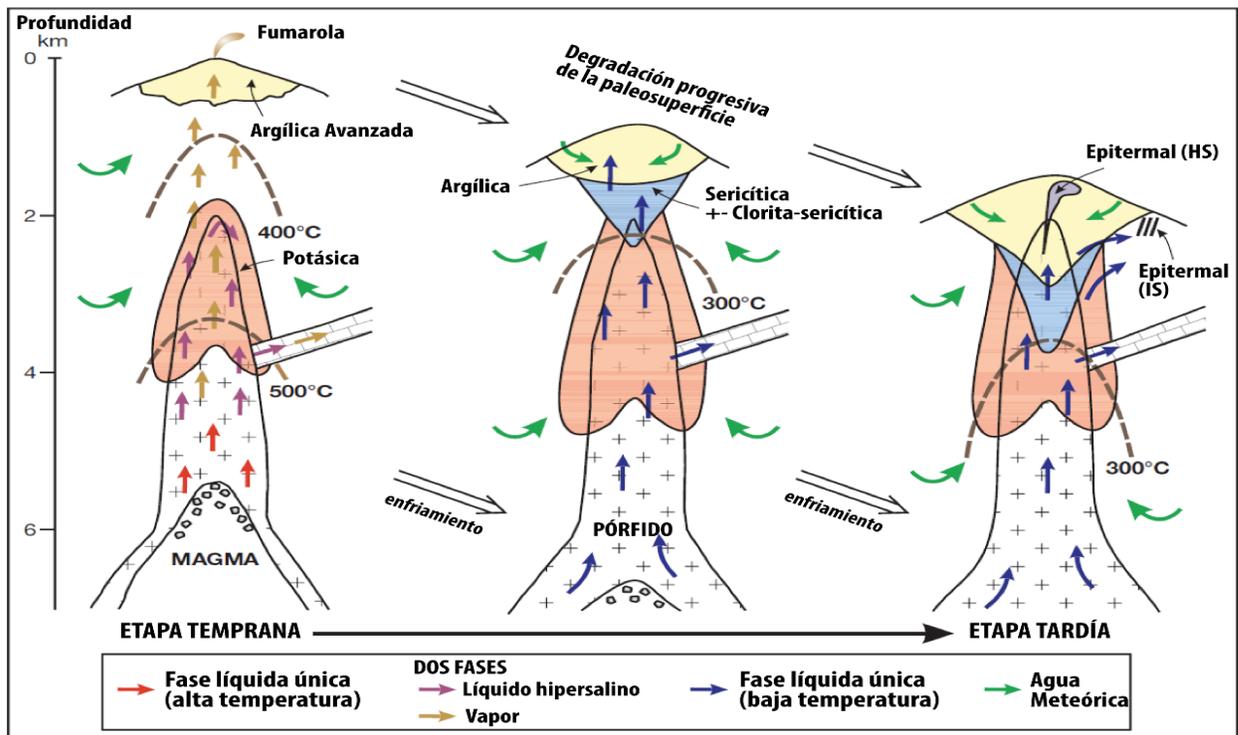


Figura 4.2. Esquema de la evolución de los fluidos magmáticos, tipos de alteración y las condiciones relacionadas al desarrollo de un pórfido cuprífero (Modificado de Sillitoe, 2010).

Así, el modelo ideal de los pórfidos cupríferos presenta una zonación de alteración hidrotermal a gran escala (Figura 4.3) que comprende las alteraciones de tipo sódico-cálcica (plagioclasa sódica, actinolita, epidota, clorita y esfeno), potásica (bornita, calcopirita, pirita, magnetita, molibdenita, anhidrita y/o calcita), clorita-sericítica (clorita, sericita/illita, hematita, pirita), sericítica (cuarzo, sericita, pirita), y argílica avanzada (cuarzo, alunita, pirofilita, dickita, caolinita). A su vez, la alteración clorítica y propilítica se desarrolla de manera distal a niveles superficiales y profundos respectivamente. Los sulfuros de cobre primarios se forman principalmente en la zona de alteración potásica (calcopirita y bornita), sericítica y/o clorítica-sericítica (calcopirita) (Sillitoe, 2010).

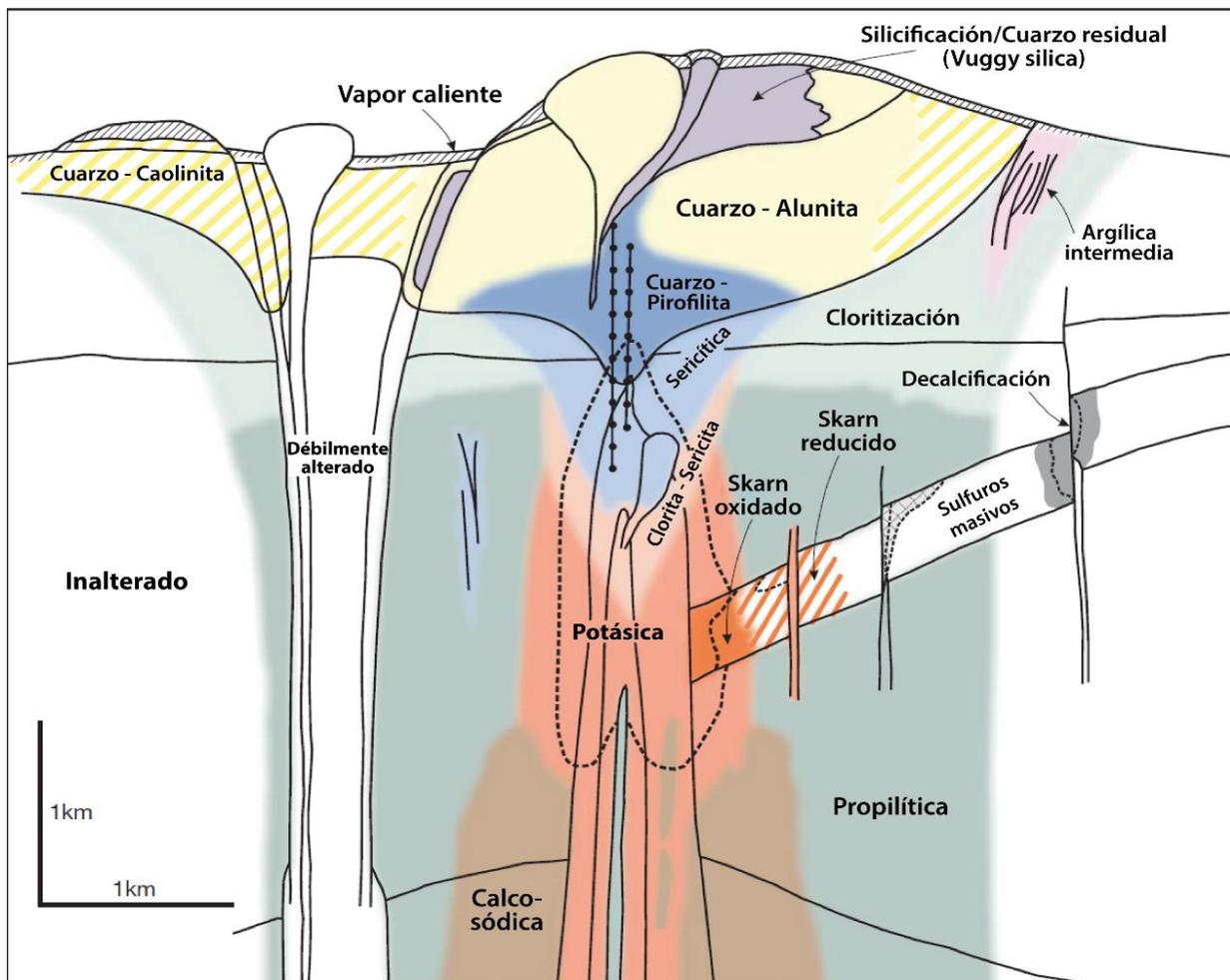


Figura 4.3. Modelo de pórfidos cupríferos, donde se destacan las alteraciones hidrotermales frecuentes y sus alcances (Modificado de Sillitoe, 2010).

4.2. Minerales indicadores resistentes (RIMs)

Una metodología práctica y adecuada para la exploración de depósitos minerales enterrados, ocultos o extensamente alterados, corresponde a la utilización de ciertos minerales como guía de exploración, los cuales presentan características físicas, químicas y genéticas apropiadas para este fin. Su gran resistencia a la meteorización física y química es una de sus propiedades más importantes y el motivo para ser definidos como minerales indicadores resistentes (RIMs por sus siglas en inglés) (Belousova et al., 2002; Gent et al., 2011).

El uso de minerales indicadores resistentes ha llegado a ser un procedimiento estándar para la exploración de diamantes, y tiene el potencial para ser aplicado en una gran variedad de *commodities* diferentes. La técnica consiste en relacionar genéticamente RIMs, recuperados desde muestras de sedimentos recogidas estratégicamente, con algún tipo de: mineralización, alteración hidrotermal o litología específica. El método variará en los siguientes aspectos dependiendo del tipo de depósito mineral y su contexto geológico: el o los minerales indicadores resistentes, estrategia de muestreo (tamaño, espaciado y medio de muestreo) y los procesos de laboratorio (Averill, 2001; Belousova et al., 2002; McClenaghan, 2005; McClenaghan et al., 2016).

Entre las características que deben presentar los RIMs seleccionados para una campaña de exploración, se incluyen: fácil reconocimiento visual; densidad moderada a alta; tamaño de arcilla a arena; la capacidad de resistir la meteorización, transporte, alteración y metamorfismo. Con respecto a la ocurrencia mineral del área que se desea explorar, el RIM ideal se encuentra única o principalmente en la roca fértil o en la alteración relacionada a la mineralización (McClenaghan, 2005; Gent et al., 2011).

El conocimiento y análisis previo de la química mineral del RIM a utilizar es de suma importancia, dado que esta puede ser utilizada para confirmar el origen, establecer paragénesis y así, reducir la incertidumbre de este método. En otras investigaciones han estudiado y sugerido el uso de turmalina, clorita, epidota, apatito y magnetita como minerales indicadores resistentes en pórfidos de Cu (Griffin y Ryan, 1995; King et al., 2000; Belousova et al., 2002; Cooke et al., 2014; Wilkinson et al., 2015). El rutilo se

encuentra actualmente en investigación para este uso, dado que cumple con todas las condiciones antes mencionadas (McClenaghan et al., 2016).

4.2.1. Muestreo de RIMs

Cuando se planea la estrategia de muestreo, debe considerarse que la abundancia de minerales indicadores resistentes en sedimentos dependerá de su contenido primario de la roca que provienen, del grado de meteorización que sufrió esta y del mecanismo de transporte (p.e.: fluvial, glacial o eólico). Por lo tanto, el tipo de muestreo dependerá del clima, topografía y del área a abarcar. Los sedimentos de quebrada son usualmente muestreados en terrenos glaciares, áridos y tropicales. El medio ideal de muestreo para sedimentos de quebrada corresponde a “mini placeres”, donde los minerales pesados son concentrados luego de haber sido transportados río abajo (Fletcher y Loh, 1996). Dentro de los sedimentos de quebrada se incluyen sedimentos en cursos activos de agua, deposiciones aluviales en llanuras de inundación adyacentes a canales activos y deposiciones por flujos laminares en amplios abanicos aluviales (Ottensen y Theobald, 1994). Para este estudio, las muestras de quebradas tuvieron un peso promedio de 5.5 kg, siendo de 1.7 kg la muestra de menor peso y de 8,3 kg la más pesada. Los arroyos de primer y segundo orden deben ser muestreados inmediatamente aguas arriba de sus confluencias. El espaciamiento de muestreo va a depender tanto del tipo de depósito mineral explorado, como del acceso, disponibilidad de sitios de muestreo, y de los costos de este.

Para esta investigación, se muestrearon sedimentos de quebrada en cursos activos de agua, debido al clima subtropical de la región (Baldock, 1972; en Cornelio, 2020) y al aporte de material transportado por las quebradas Ayraca, Checos y Honda, siendo estas de curso permanente y afluentes del Río Paltic, correspondiente la confluencia del área de estudio (Flores, 1982). La distribución de las muestras fue planeada con el objetivo de adquirir la mayor información posible con una cantidad mínima de muestras. Así, los sedimentos cercanos al pórvido de La Granja fueron tomados cada 500 metros, a partir de la muestra 4706 y aguas abajo del río Paltic, las muestras fueron tomadas cada 1 kilómetro. Luego, desde la muestra 4714, se recogieron cada 4 kilómetros, obteniéndose

una distancia máxima de 24 kilómetros hasta la muestra 4732 (Figura 5.1). El peso promedio de las muestras recogidas fue de 5.5 kg (Cornelio, 2020).

4.2.2. Procesos de Laboratorio

Los procesos de laboratorio recomendados para la caracterización mineral, elemental y la separación de RIMs, varían dependiendo del tipo de depósito investigado y, por consiguiente, los minerales que aportan. Sin embargo, para reducir de mayor manera la incertidumbre de los resultados, se recomienda una mezcla de técnicas analíticas que permita determinar los contenidos de elementos mayores, menores y trazas de los minerales indicadores, y así confirmar la identidad y la paragénesis mineral (Griffin y Ryan, 1995; McClenaghan, 2005; Gent et al., 2011).

En primer lugar, las muestras de sedimentos deben ser preparadas antes de la selección de minerales indicadores. Los métodos de procesamiento de muestras para la recuperación de RIMs requieren que los minerales presentes estén dentro de un rango de tamaño de grano que pueda ser tratado de manera efectiva y que estos estén relativamente libres de partículas arcillosas que puedan interferir en los procesos a aplicar (Gent et al., 2011). Las muestras de esta investigación fueron secadas y homogeneizadas en LABQUÍMICA (Laboratorio y Consultoría Química Perú S.A.C; Cornelio, 2020). En este trabajo se tamizaron de manera que las partículas tuviesen un tamaño entre 0,250 – 1,000 mm (mallas #60 y #18 respectivamente), en orden de aplicar el protocolo de concentración gravimétrica del Instituto de Geología Económica de la Universidad de Concepción.

Las técnicas más efectivas o comúnmente aplicadas en la concentración de RIMs, en orden de prioridad descendente, son: separación por densidad, separación por magnetismo, separación eléctrica (basada en conductividad eléctrica) y la clasificación por luz ultravioleta o fluorescencia de rayos X. La separación por densidad es usualmente el primer proceso de concentración luego de que las muestras hayan sido estandarizadas en una distribución de tamaño de grano apropiada. Al ser el método más económico para separar minerales, han sido desarrollados un considerable número de dispositivos y/o medios para su ejecución. Cada medio de separación por densidad tiene sus propios

límites en cuanto a las dimensiones de las partículas a utilizar, estas deben ser respetadas si se quiere conseguir una separación efectiva y optimizada. Para tamaños de grano entre 0,1 – 2,0 mm se recomienda la aplicación de líquidos densos (Gent et al., 2011).

En este trabajo se empleó el compuesto químico politungstato de sodio ($\text{Na}_6[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]$ o $3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) como medio líquido denso. Tiene las ventajas de ser soluble en agua para establecer la densidad a utilizar y de presentar una muy baja toxicidad para el usuario. Como desventaja se debe considerar su capacidad de precipitar carburo de tungsteno y politungstato cálcico si existe Ca^{2+} procedente de la muestra (Pérez et al., 1992; Gent et al., 2011).

Para analizar los contenidos de elementos mayores, menores y trazas; confirmar identidad y establecer origen de los RIMs ya seleccionados, se suele hacer uso de herramientas como: microsonda electrónica (EPMA), microscopía electrónica de barrido de electrones (SEM), ablación láser acoplado a espectrometría de masas (LA-ICP-MS) o espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) (McClenaghan, 2005). El análisis de microsonda electrónica es una técnica no destructiva de análisis elemental muy valiosa en mineralogía y petrología, la cual permite el análisis químico cualitativo y cuantitativo de sustancias sólidas a escala micrométrica. Su principio de funcionamiento consiste en la excitación de la superficie de la muestra pulida mediante un haz de electrones, acelerados entre 15 y 35 keV y focalizados en un diámetro que oscila entre 1 y 2 μm . Luego los rayos X característicos generados en la muestra son detectados por espectrómetros dispersores de longitud de onda (WDS) que permiten obtener intensidades de estas señales en líneas de longitudes de onda (análisis cualitativo). Así, al comparar las intensidades con estándares conocidos para cada elemento, es posible determinar concentraciones de elementos (análisis cuantitativo) (Castellanos y Ríos, 2005). En esta investigación se utilizó la técnica EPMA para analizar los contenidos de Ti, W, Sn, Fe, Cr, V, Zr, Nb y Sc de los rutilos seleccionados, con el objetivo de comparar su química mineral con rutilos hidrotermales conocidos, provenientes del pórfido cuprífero de La Granja y analizados con la técnica LA-ICP-MS.

4.3. El rutilo

El titanio es el noveno elemento más abundante en la corteza terrestre, constituyendo un 0,43 pp % de su masa. El dióxido de titanio (TiO_2) es un óxido metálico de transición que forma tres polimorfos principalmente: rutilo, anatasa y brookita; siendo el primero, el más frecuente. El rutilo es un mineral accesorio que se encuentra en variados tipos de rocas metamórficas e ígneas, como también a modo de material detrítico en sedimentos clásticos. Aunque su fórmula química principal es TiO_2 , es muy común que ocurran sustituciones del titanio por elementos como Al, V, Cr, Fe, Zr, Nb, Sn, Sb, Hf, Ta, W y U. Estas variaciones en su composición geoquímica están relacionadas a las características de la roca caja, lo cual puede utilizarse para establecer el origen de un rutilo determinado (Meinhold, 2010; en Rabbia y Hernández, 2012).

En la estructura cristalina del rutilo (Figura 4.4), cada átomo de titanio (catión) está rodeado por ocho átomos de oxígeno (aniones) formando un entorno octaédrico alrededor del metal. A su vez, cada átomo de oxígeno está unido a tres átomos de titanio, debido a que cada octaedro está en contacto con otros diez octaedros vecinos, dos de estos compartiendo las caras de los pares de oxígeno y los ocho restantes compartiendo las esquinas de los átomos de oxígeno. El conjunto forma cadenas infinitas de octaedros TiO_6 unidos por las aristas (Candal et al., 2001; Pacheco et al., 2013).

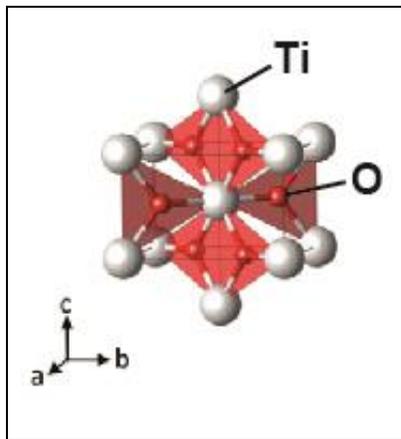


Figura 4.4. Estructura cristalina del rutilo, modificado de Landman et al., 2012.

4.3.1. Condiciones de formación para rutilos hidrotermales

Los depósitos tipo pórfidos de cobre son sistemas hidrotermales extensos (sobre los 100 km^3), donde se forman rutilos con contenidos variados de elementos traza (rutilos

multidopados). El proceso que genera rutilo en estos depósitos corresponde a un caso extremo de metasomatismo dominado por fluidos hidrotermales que logran desestabilizar minerales preexistentes con contenido de titanio, siendo claves para la formación del rutilo hidrotermal (Rabbia y Hernández, 2012).

En este tipo de sistemas, las fases minerales como el esfeno (CaTiSiO_5) y biotita ($\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$) suelen ser la fuente más importante de rutilo hidrotermal, sin embargo, también puede provenir de la descomposición de la ilmenita (FeTiO_3), titanomagnetita ($\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{TiFe}_2\text{O}_4$) y anfíbol ($\text{Ca}_2[\text{Mg}_4(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Ti})]\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$) (Rabbia, 2002; en Rabbia y Hernández, 2012). Estos rutilos son principalmente generados a temperaturas entre los 400 y 700°C, a presiones de unos pocos cientos de MPa (ambiente cercano a la superficie), con una fugacidad de oxígeno por sobre el buffer de níquel – óxido de níquel (NNO) y bajo condiciones dominadas por la abundante presencia de agua. Sin embargo, dependiendo de las características de los fluidos hidrotermales, estos tendrán una reactividad distinta sobre la estabilidad de los minerales precursores del rutilo (Figura 4.5). Así, fluidos acuosos a altas temperaturas (sobre los 500°C), con contenido de SO_2 , salinidad variable y condiciones de pH más bien neutras (alteración potásica), promueven la descomposición del esfeno e ilmenita para formar rutilo. A su vez, provocan el re-equilibrio de biotita magmática primaria, generando rutilos pequeños de textura sagenítica al interior de biotitas hidrotermales pobres en titanio, y también, se re-equilibran titanomagnetitas magmáticas primarias liberando titanio adicional en forma de rutilos residuales (Rabbia et al., 2009). Durante los eventos de alteración subsiguientes, fluidos a bajas temperaturas (bajo los 500°C), baja salinidad y condiciones de pH más ácidas (<6) (alteración fílica), la biotita se vuelve inestable y es completamente reemplazada por una asociación mineral con contenido de rutilo, incluyendo sericita, +/- cuarzo, +/- clorita (Rabbia y Hernández, 2012).

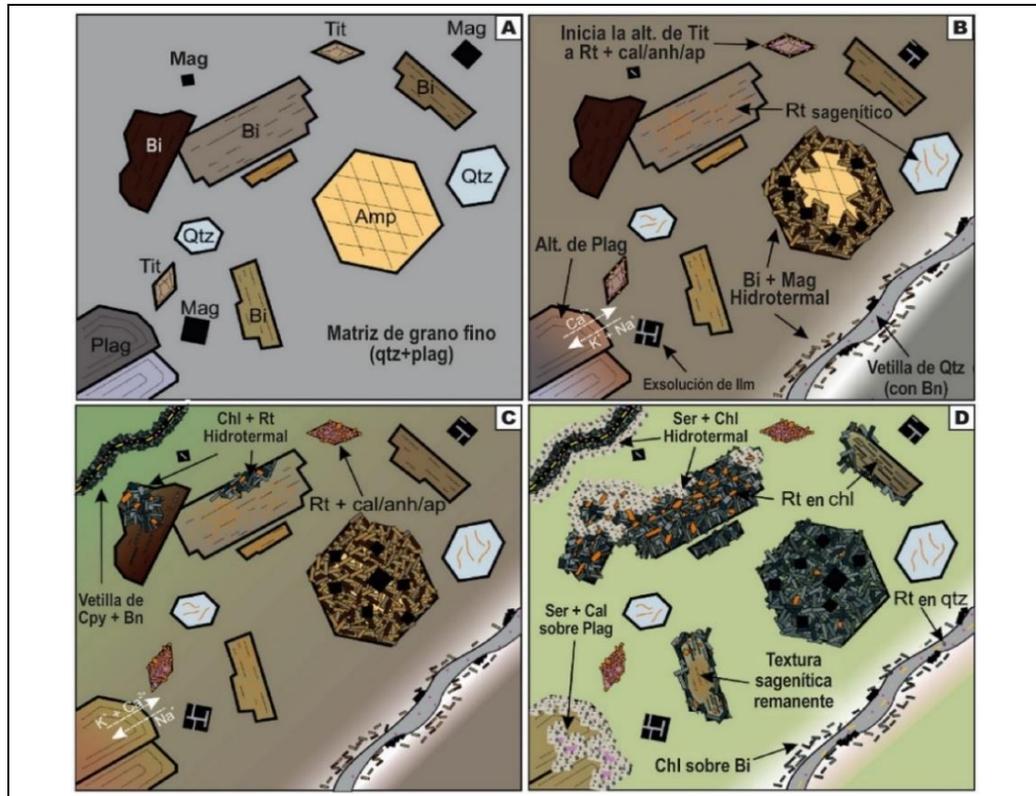


Figura 4.5. Ilustración de los distintos orígenes para el rutilo, durante la evolución de un sistema de alteración hidrotermal en pórfidos cupríferos. A) La roca fresca de textura porfídica, B) Ocurre una alteración de tipo Potásica. Cuando el sistema comienza a enfriarse, C) Comienza una alteración clorítica. D) Los fluidos se tornan más fríos y sucede una alteración sericitica (Modificado de Schirra y Laurent, 2021).

Es durante esas etapas de alteración donde el rutilo incorpora elementos trazas provenientes tanto de fases parentales contenedoras de titanio, como de fluidos hidrotermales, lo cual explica la variedad de las composiciones químicas observadas en rutilos hidrotermales multidopados encontrados en yacimientos de tipo pórfidos cupríferos (Rabbia y Hernández, 2012).

A pesar de la presencia de agentes complejos para los metales (p.e.: Cl^- , SO_4^{2-} , HS^- , S_3 , HO^- y CO_3^{2-} , entre otros) en pórfidos de Cu-(Mo-Au), el rutilo se genera in situ debido a la descomposición de fases preexistentes portadoras de Ti durante los procesos de alteración hidrotermal. Lo anterior sugiere que el titanio se comporta como elemento inmóvil, al menos a la escala del depósito en este ambiente de corteza superficial. Este comportamiento del titanio es clave para explicar el origen, distribución y composición

química de los rutilos hidrotermales. La cantidad estimada de rutilo multidopado hidrotermal presente en estos sistemas es cercana a la mitad de su contenido en cobre (Rabbia y Hernández, 2012).

4.3.2. Propiedades Físicas

Bajo un microscopio óptico, la mayoría de los rutilos hidrotermales provenientes de depósitos tipo pórfido de Cu-Mo-Au son típicamente de colores negro parduzcos y rojos oscuros a amarillos parduzcos, de grano fino, en su mayoría entre ~10-100 μm (pero con tamaños hasta 600 μm), y la forma de sus granos son desde anhedrales a euhedrales (Rabbia y Hernández, 2012). Un estudio reciente de rutilos hidrotermales provenientes de 4 pórfidos cupríferos distintos identificó dos morfologías principales: 1) rutilos con forma de aguja dentro de biotitas magmáticas o cuarzo hidrotermal y 2) rutilos con forma de aglomerado de bloques; siendo el segundo caso el más habitual y representativo para los procesos de alteración hidrotermal en este tipo de sistemas. Los cristales más grandes de rutilo usualmente muestran una distribución heterogénea de impurezas expresadas en patrones bien desarrollados de zonaciones (p.e.: zonación oscilatoria), lo cual es consistente con un rutilo generado bajo las fluctuantes condiciones fisicoquímicas correspondientes a un sistema abierto (Schirra y Laurent, 2021).

El control cristalográfico de la incorporación de impurezas en el enrejado del rutilo durante la formación del cristal también puede ocasionar variaciones composicionales. La combinación de distintos factores que controlan la incorporación de elementos trazas provoca patrones complejos en la distribución de dopantes. Las inclusiones parecidas a exsoluciones no son frecuentes en este tipo de rutilos, pero pueden presentarse intercrecimientos con sulfuros u otros minerales. Debido a la presencia común de elementos más pesados que el Ti, tales como el W, Nb, V y Fe, la densidad calculada para un rutilo hidrotermal (con una media de 4.310 g/cm^3 y un rango entre 4.286 a 4.545 g/cm^3) tiende a ser levemente mayor respecto a uno libre de impurezas (4.248 g/cm^3) (Rabbia y Hernández, 2012).

La naturaleza altamente dopada del rutilo hidrotermal (con una media de ~3 pp% de óxidos metálicos), particularmente con iones como Fe^{3+} y W^{6+} , incrementa el carácter

covalente de sus enlaces químicos en su estructura cristalina, lo cual afecta sus propiedades ópticas en un aumento en su índice de refracción respecto a los rutilos sin impurezas (Rabbia y Hernández, 2012).

4.3.3. Propiedades Químicas

En el rutilo hidrotermal, existen muchas sustituciones posibles para el titanio (Ti^{4+}). A su estructura mineral pueden ingresar impurezas por sustituciones directas u homovalentes (Zr^{4+} , Sn^{4+} y Hf^{4+}), sustituciones acopladas o heterovalentes con participación de iones de carga baja (Fe^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+} , Sc^{3+} , Al^{3+} , As^{3+} , Mn^{2+} y Zn^{2+}) y de iones de carga alta (W^{6+} , Mo^{6+} , Nb^{5+} , Sb^{5+} , Ta^{5+}). Cationes más grandes como en el caso de Pb^{2+} no pueden ser incorporados en el sitio octaédrico, sin embargo, son acomodados dentro de la estructura de túnel a lo largo del eje C del mineral (Rabbia y Hernández, 2012).

La variabilidad del contenido de dopantes dentro y entre los cristales es una característica distintiva de los rutilos hidrotermales provenientes de sistemas porfídicos. Por ejemplo, concentraciones de W pueden variar desde unas pocas partes por millón hasta a más de 6 pp%, a pesar de que la mayoría de sus valores se encuentren entre los 0.8 y 0.9 pp%. Óxidos de hierro, tungsteno, vanadio y niobio comúnmente representan cerca del 90 pp% del total de los dopantes en estos rutilos. El rutilo hidrotermal es la fase principal con contenido de wolframio en rocas alteradas de yacimientos de tipo pórfidos de cobre. Los contenidos máximos para algunas impurezas de estos rutilos hidrotermales son las siguientes: WO_3 : 8.66 pp%, Nb_2O_5 : 7.00 pp%, Fe_2O_3 : 6.61 pp%, V_2O_3 : 3.23 pp%, Sb_2O_5 : 2.66 pp%, SnO_2 : 1.13 pp%, Cr_2O_3 : 0.78 pp%, ZrO_2 : 0.68 pp%, Sc_2O_3 : 0.56 pp%, Ta_2O_5 : 0.28 pp%, MnO : 0.13 pp%. Si bien la composición de estos rutilos varía de depósito en depósito, hay cierta consistencia en los rangos de abundancia de sus impurezas (Tabla 4.1) (Rabbia et al., 1998; 1999; Scott, 2005; Scott y Radford, 2007; en Rabbia y Hernández, 2012).

Tabla 4.1. Contenidos promedio de impurezas comunes en rutilos hidrotermales provenientes de pórfidos cupríferos (Rabbia y Hernández, 2012; Datos provenientes de Rabbia et al., 1996b; 1998; 1999; 2009; Rabbia, 2002; Scott, 2005; Scott y Radford, 2007).

Abundancia promedio	Impurezas
> 1000 ppm	Fe, W, V, Nb
1000 – 100 ppm	Si, Cr, Zr, Sn, Al, H
< 100 ppm	Mn, Ta, Sc, Mo, U, Sb, Zn, Th, Cu, Pb, Hf, As, Ni, Co

La proveniencia de metales traza en rutilos hidrotermales incluye la participación de fuentes tanto locales como distales (Figura 4.6). Las fuentes locales corresponden principalmente a reacciones minerales en la roca caja, las cuales son estimuladas por la interacción fluido-roca asociada a los procesos de mineralización. Las fuentes distales de impurezas son representadas por la acción de fluidos hidrotermales con contenido metálico exsolucionados de fundidos silicatados provenientes de reservorios magmáticos a profundidades (Rabbia y Hernández, 2012).

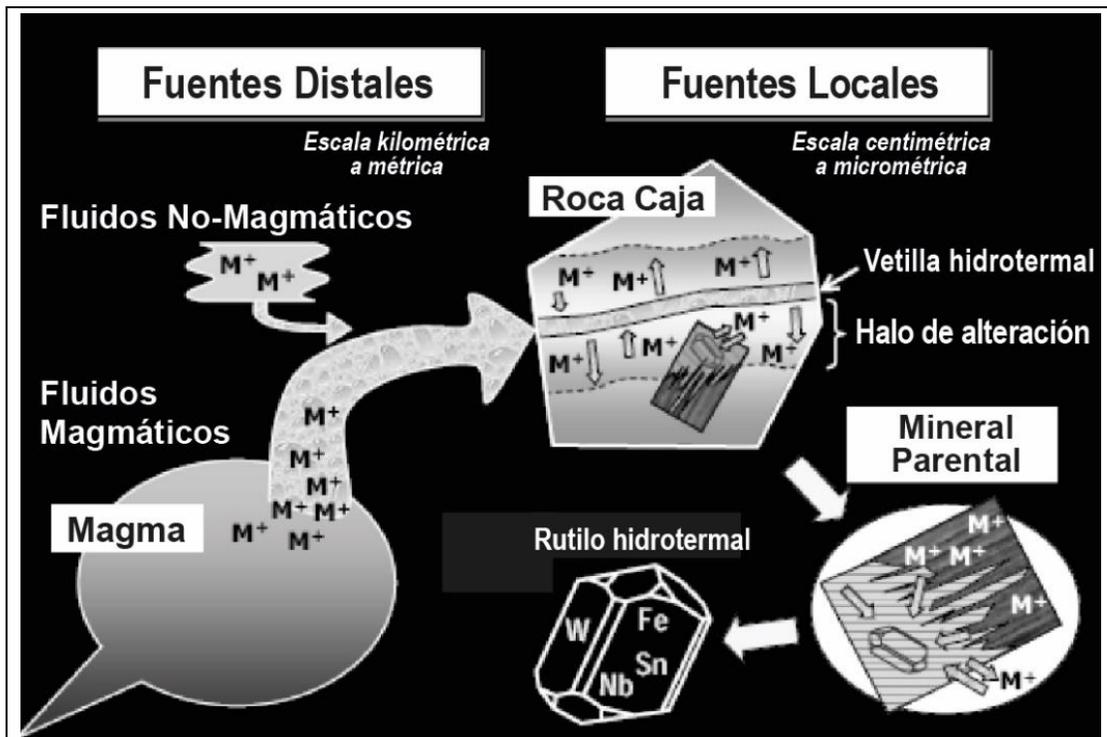


Figura 4.6. Representación esquemática del origen de los rutilos hidrotermales multidopados (Modificado de Rabbia y Hernández, 2012).

5. RESULTADOS

Esta investigación hace énfasis tanto en la distribución de rutilos en el sistema de drenaje del Río Paltic, como en la química mineral de estos minerales. Para que este método pueda ser considerado como procedimiento estándar en la exploración minera de yacimientos ocultos o cubiertos, es importante la disposición y alcance de estos minerales en los sedimentos de quebrada, como también que su química mineral sea coherente con un origen hidrotermal relacionado a la mineralización económica del pórfido cuprífero de la Granja.

De las 28 muestras de sedimentos disponibles se utilizaron 22 (Figura 5.1) para la elaboración de briquetas pulidas transparentes, las cuáles fueron estudiadas visualmente para la identificación de rutilos, utilizando un microscopio Nikon OPTIPHOT2-POL. Se seleccionaron 5 briquetas para la descripción detallada de 15 rutilos por muestra y también, conocer sus valores de W, Sn, Fe, Cr, V, Zr, Nb y Sc. El análisis químico-mineral fue llevado a cabo en el laboratorio EPMA de la Universidad Rice, Estados Unidos, haciendo uso de una hipersonda JEOL JXA 8530F.

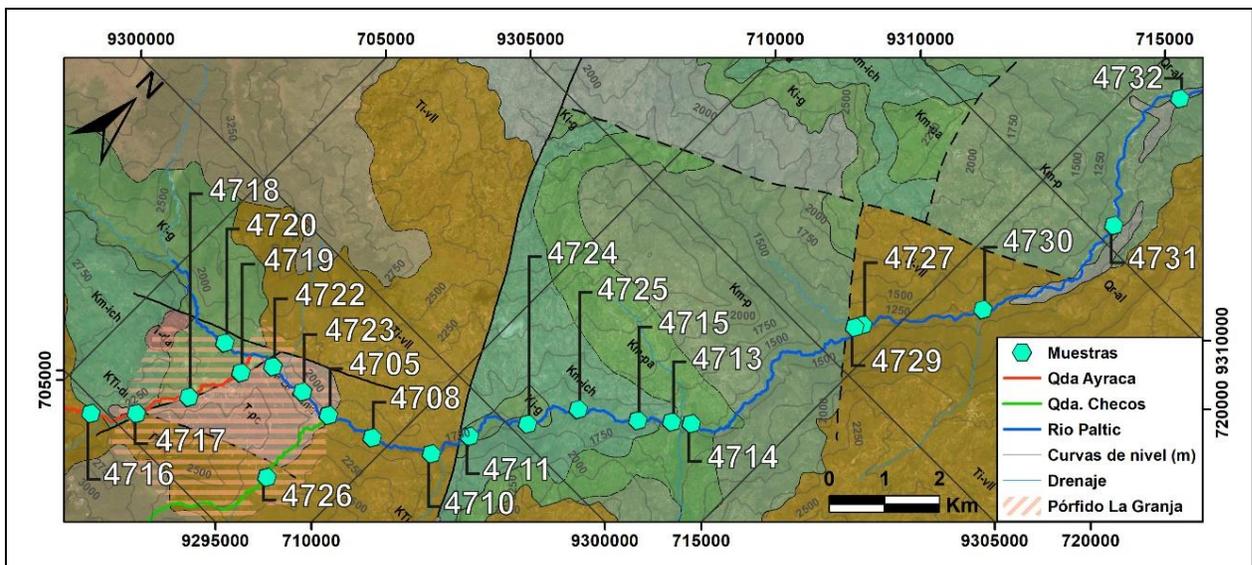


Figura 5.1. Mapa de localización de las 22 muestras de sedimentos de quebrada, con las cuales se confeccionaron briquetas pulidas de mineralogía densa.

5.1. Identificación visual de rutilos

Se confirmó la presencia de rutilos en las 22 briquetas pulidas de concentrado mineral. Se determinó visualmente una abundancia aproximada de rutilo <5% para todas las muestras, siendo su presencia levemente menor en las 3 muestras que representan mayor distancia de dispersión para el depósito de La Granja.

Para 5 briquetas pulidas se seleccionaron y describieron 15 rutilos (Anexo 10.2). Algunas características de los granos de rutilo fueron recurrentes: fases mixtas, esfericidad media, subangulares a subredondeadas y textura prismática (Figura 5.2). También, gran parte de los granos correspondían a fases mixtas con no metálicos. En menor medida, se observaron rutilos con texturas de reemplazo en ilmenitas. Si bien, fue difícil determinar exactamente la especie mineral de no metálicos utilizando luz reflejada, las texturas observadas en conjunto con análisis QEMSCAN (Cornelio, 2020), permitieron diferenciar cuándo se trataba de silicatos (cuarzo) o de filosilicatos (clorita, sericitas). En cuanto a las texturas de rutilos, se observaron de tipo acicular, lamelar y prismáticas.

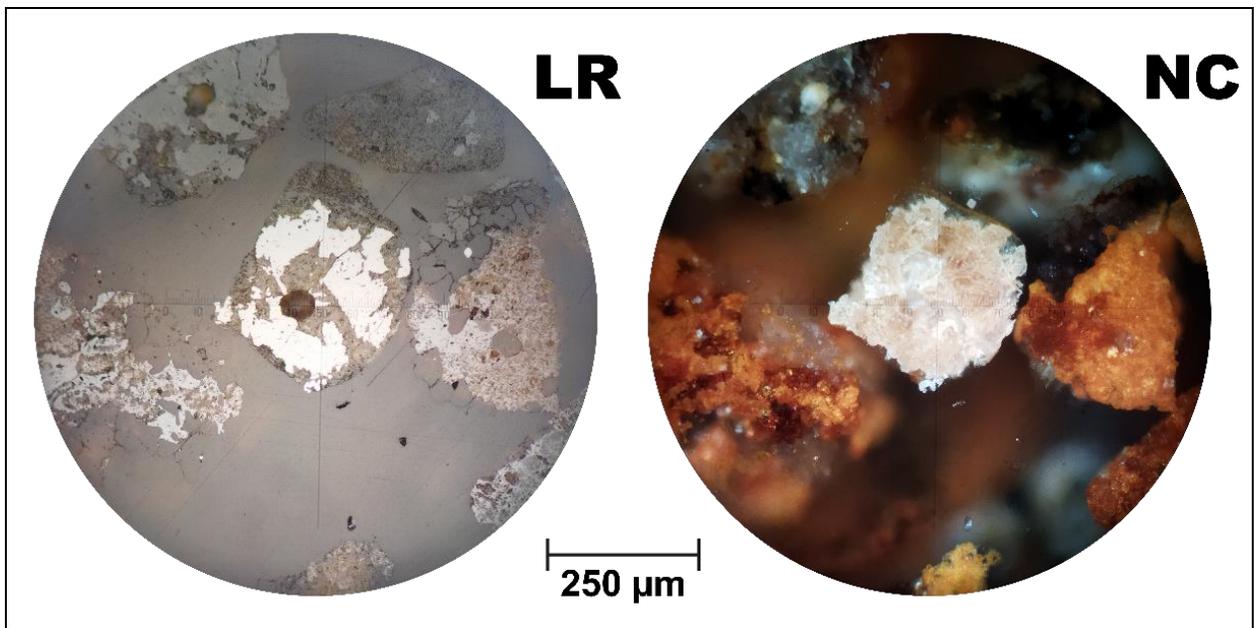


Figura 5.2. Rutilo 4708-2 observado con Luz Reflejada (LR) y con nicos cruzados (NC). Se aprecia una textura prismática, como también estar en intercrecimiento con no metálicos porosos (micas).

5.2. Análisis en microsonda electrónica

En el laboratorio EPMA de la Universidad de Rice se analizaron 15 rutilos para cada una de las 5 briquetas (4708, 4727, 4730, 4731, 4732; Figura 5.3). Se determinaron los contenidos de tungsteno (W), estaño (Sn), hierro (Fe), cromo (Cr), vanadio (V), zircón (Zr), niobio (Nb) y escandio (Sc), ver tablas en Anexo IV.

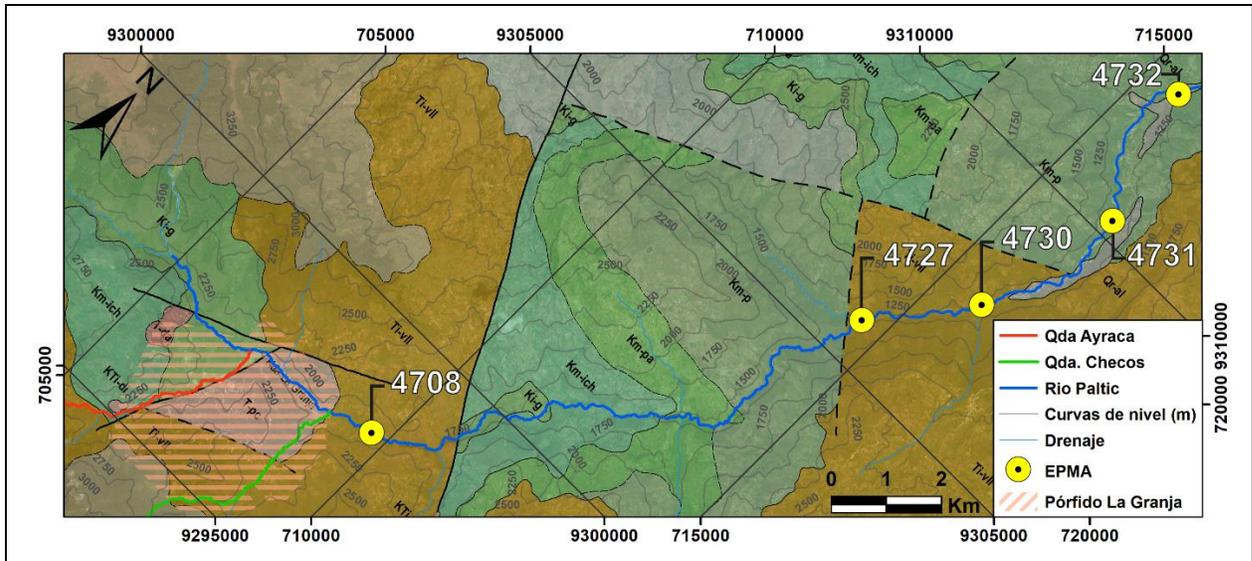
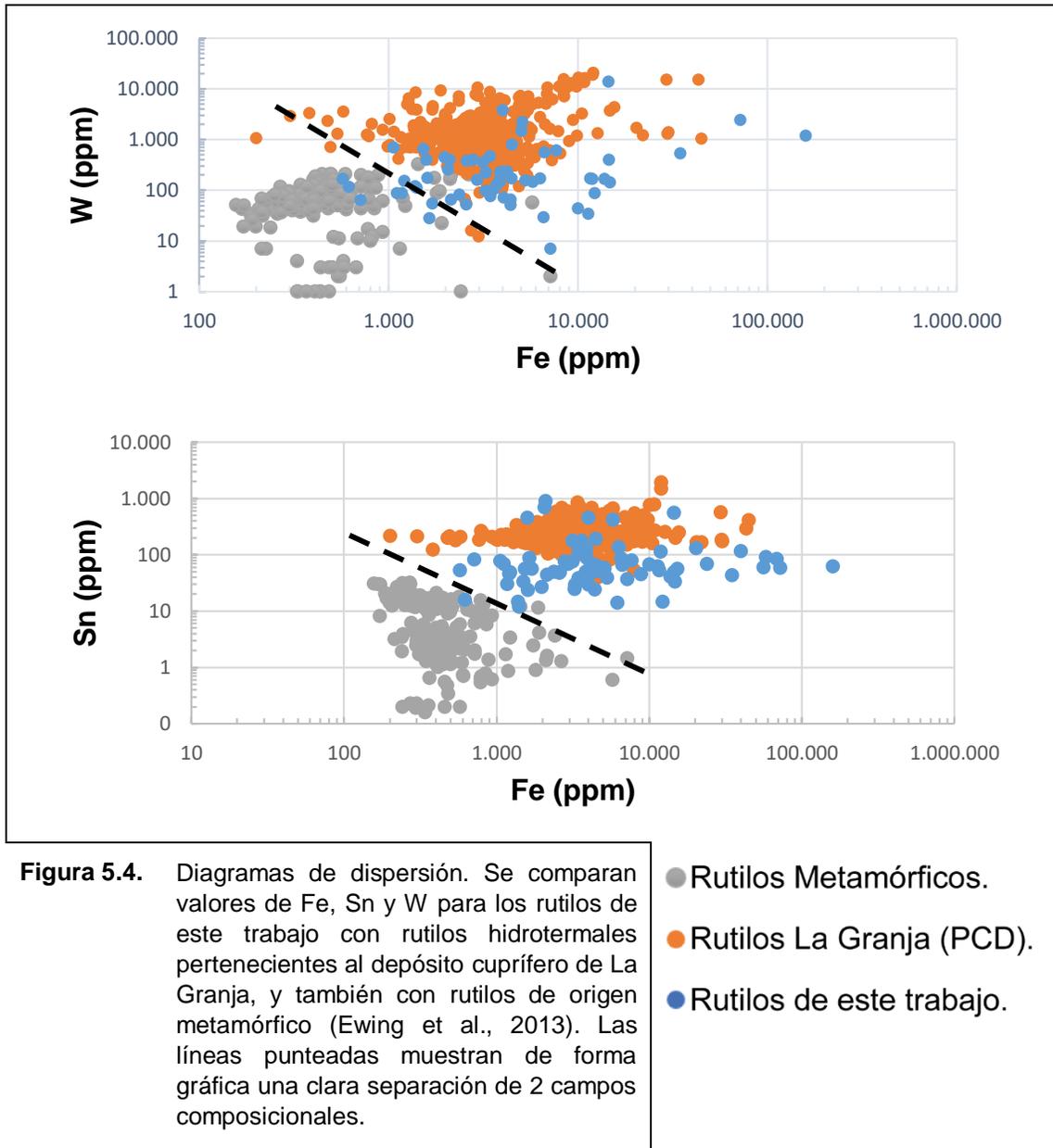


Figura 5.3. Mapa de localización de las 5 muestras sometidas a análisis EPMA.

Debido a la presencia de ilmenita en algunos granos, estando en intercrecimiento con el rutilo, algunos valores de Ti son anómalos (<50% de Ti; Anexo IV). Probablemente se deba a que en el proceso de aplicación de la microsonda electrónica se haya abarcado una porción de ilmenita o de óxido de Fe ubicado en alguna rugosidad del rutilo. Sin embargo, son casos aislados.

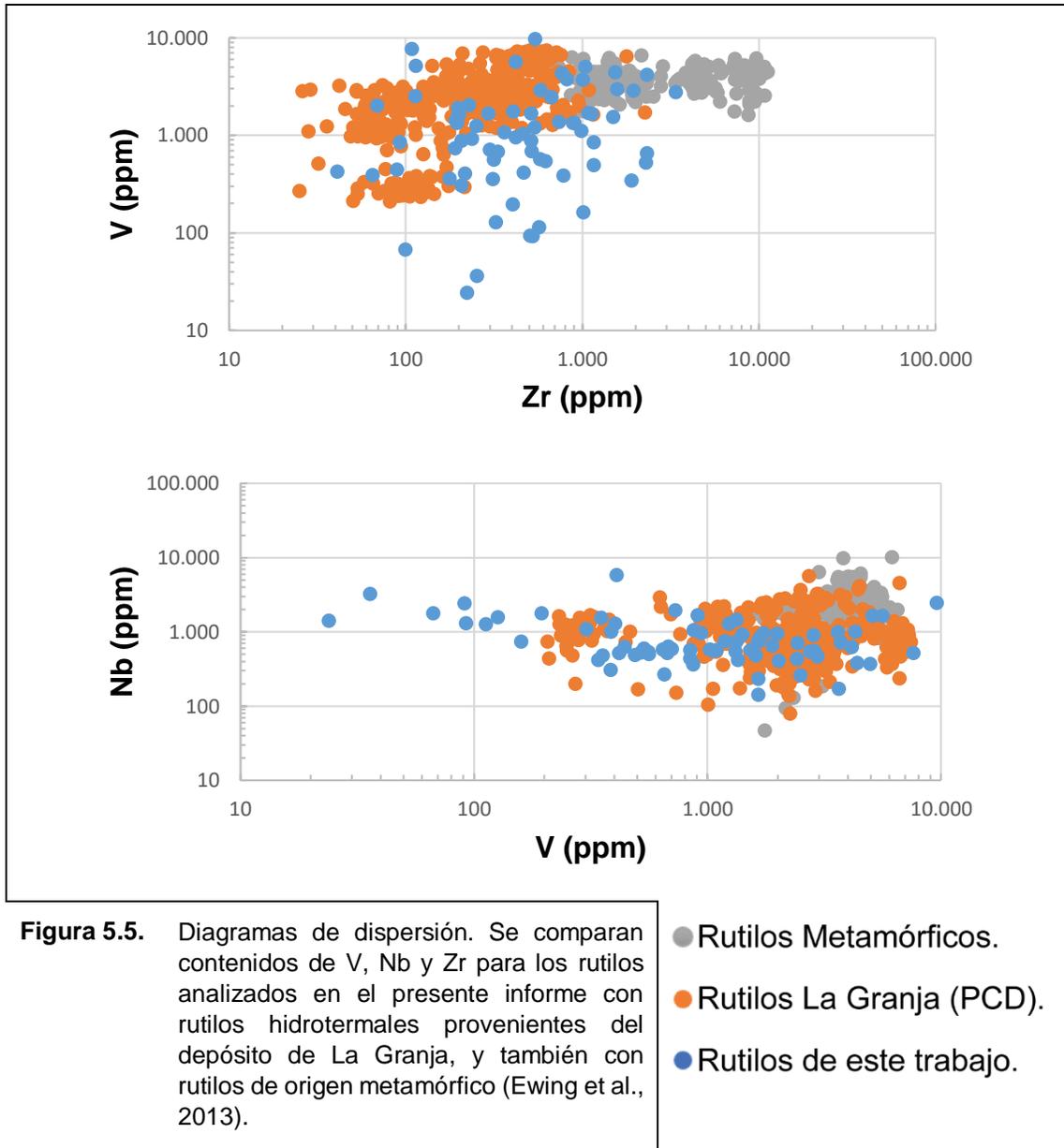
Utilizando gráficos de dispersión en escala logarítmica, se compararon concentraciones de elementos traza en los rutilos analizados en este trabajo, con información química-mineral disponible tanto de rutilos provenientes del pórfido de Cu de La Granja, como de rutilos de origen metamórfico de otra investigación (Ewing et al., 2013; valores en Anexo IV). Los rutilos metamórficos proceden de la Zona Ivrea-Verbano del norte de Italia, que corresponde a rocas Pérmicas de la corteza inferior, específicamente metapelitas de alto grado de metamorfismo, facie granulita.

De este cotejo se aprecia, en su mayoría, que elementos como el W, Sn y Fe en los rutilos provenientes de sedimentos de quebrada del Río Paltic y en aquellos pertenecientes al pórfido cuprífero de La Granja, muestran mayores contenidos en comparación con aquellos rutilos de origen metamórfico (Figura 5.4).



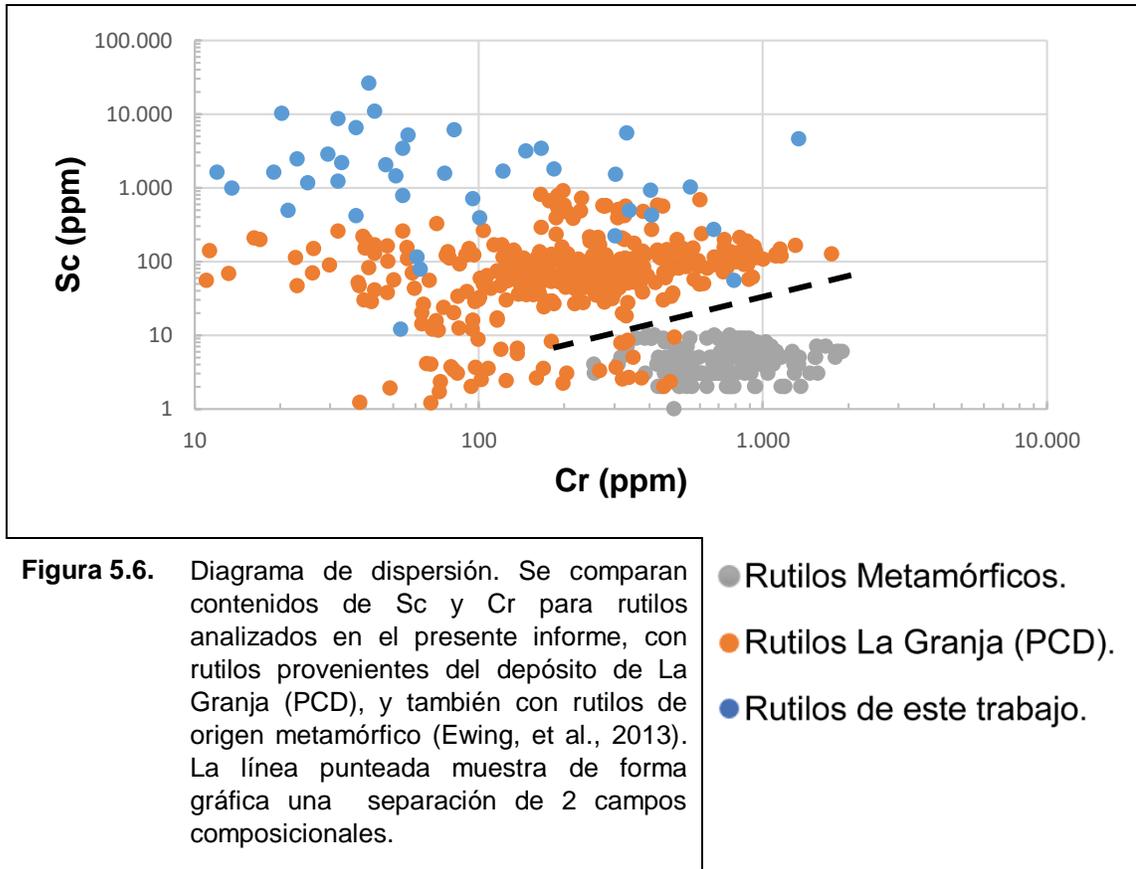
Por otro lado, los rutilos metamórficos presentan mayores concentraciones de Zr, mientras que no se presentan grandes diferencias, en cuanto a los contenidos de V y Nb y se solapan en gran medida para todos los orígenes. Además, cabe mencionar que los

valores de V muestran una gran variación, tanto en los rutilos de este trabajo (EPMA), como en los provenientes del depósito cuprífero de La Granja (Figura 5.5).

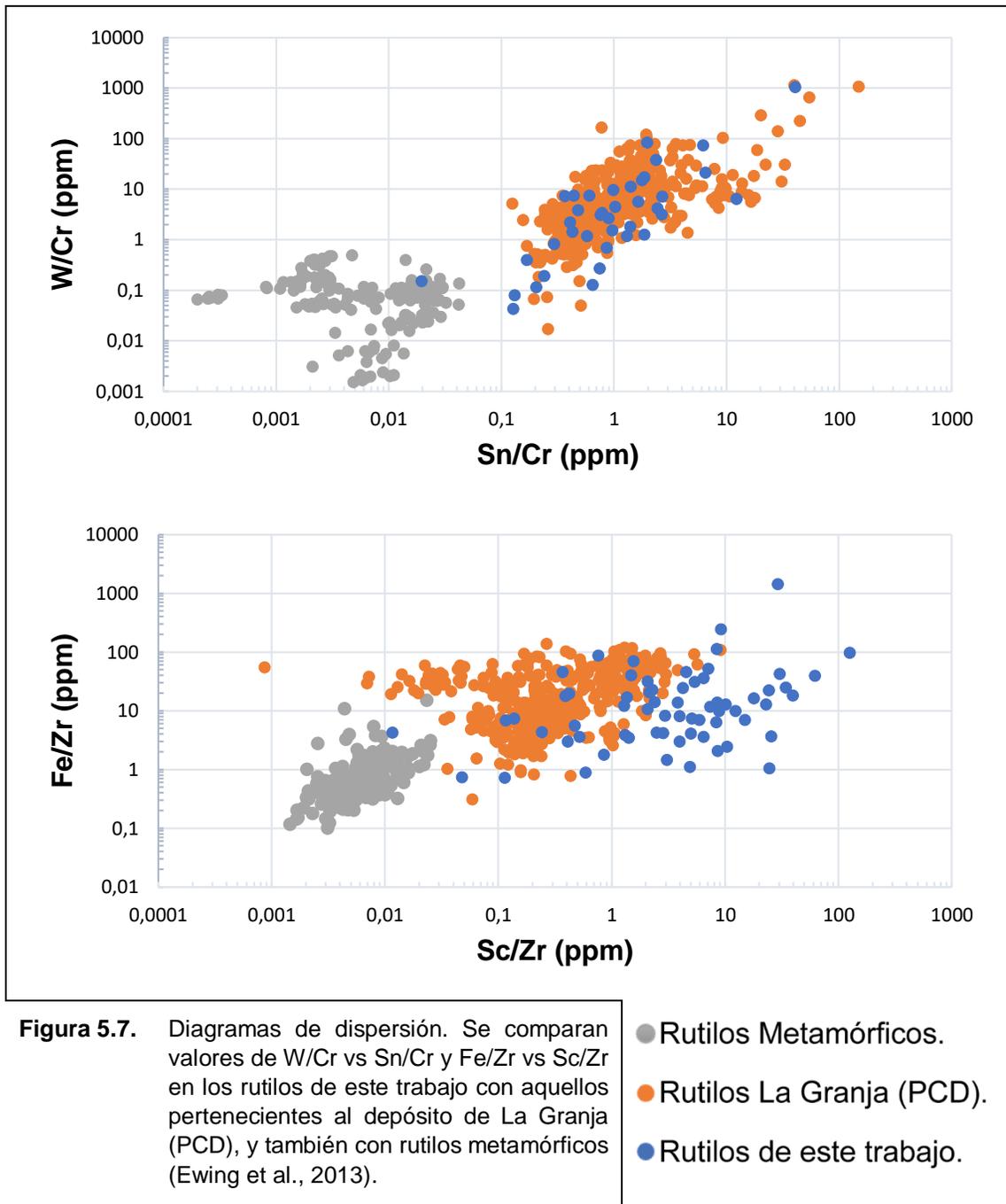


Los valores de Sc y Cr para los rutilos analizados en este trabajo (EPMA) son muy variables (Figura 5.6). Esta inconsistencia se debe a que las lecturas de la microsonda electrónica para estos elementos resultaron estar, en gran medida, bajo los límites de detección (ver Anexo IV). Tanto los rutilos hidrotermales del depósito de la Granja, como los estudiados en esta memoria muestran un mayor contenido de Sc en comparación a

aquellos metamórficos. Los rutilos metamórficos muestran claramente un alto contenido de Cr, mientras que para los hidrotermales se observa una gran variabilidad.



Al comparar la dispersión de las razones elementales: W/Cr con Sn/Cr y Fe/Zr con Sc/Zr (Figura 5.7), se observa una clara diferencia composicional de estos elementos traza entre rutilos de origen metamórfico de alto grado y rutilos hidrotermales, mientras que los rutilos recogidos en el Río Páltic tienen un comportamiento similar a los rutilos hidrotermales del pórfido de La Granja.



Se realizaron diagramas de cajas y bigotes para comparar las concentraciones elementales obtenidas en rutilos de origen metamórfico (Zack et al., 2004; Ewing et al., 2013; Gao et al., 2014; Sengün y Zack, 2016), detrítico (Okay et al., 2010; Rösel et al., 2018), hidrotermal – pórfidos cupríferos (Schirra y Laurent, 2021) y pegmatítico (Pe-Piper et al., 2019). Para la elaboración de estas representaciones visuales se utilizaron hasta 532 mediciones válidas para orígenes detríticos, 413 para el pórfido de la Granja, 531

para orígenes metamórficos, 32 para ocurrencias pegmatíticas y 647 para otros pórfidos cupríferos; la cantidad de casos para cada elemento varía dependiendo de la información disponible en cada estudio y sus límites de detección (Anexo IV).

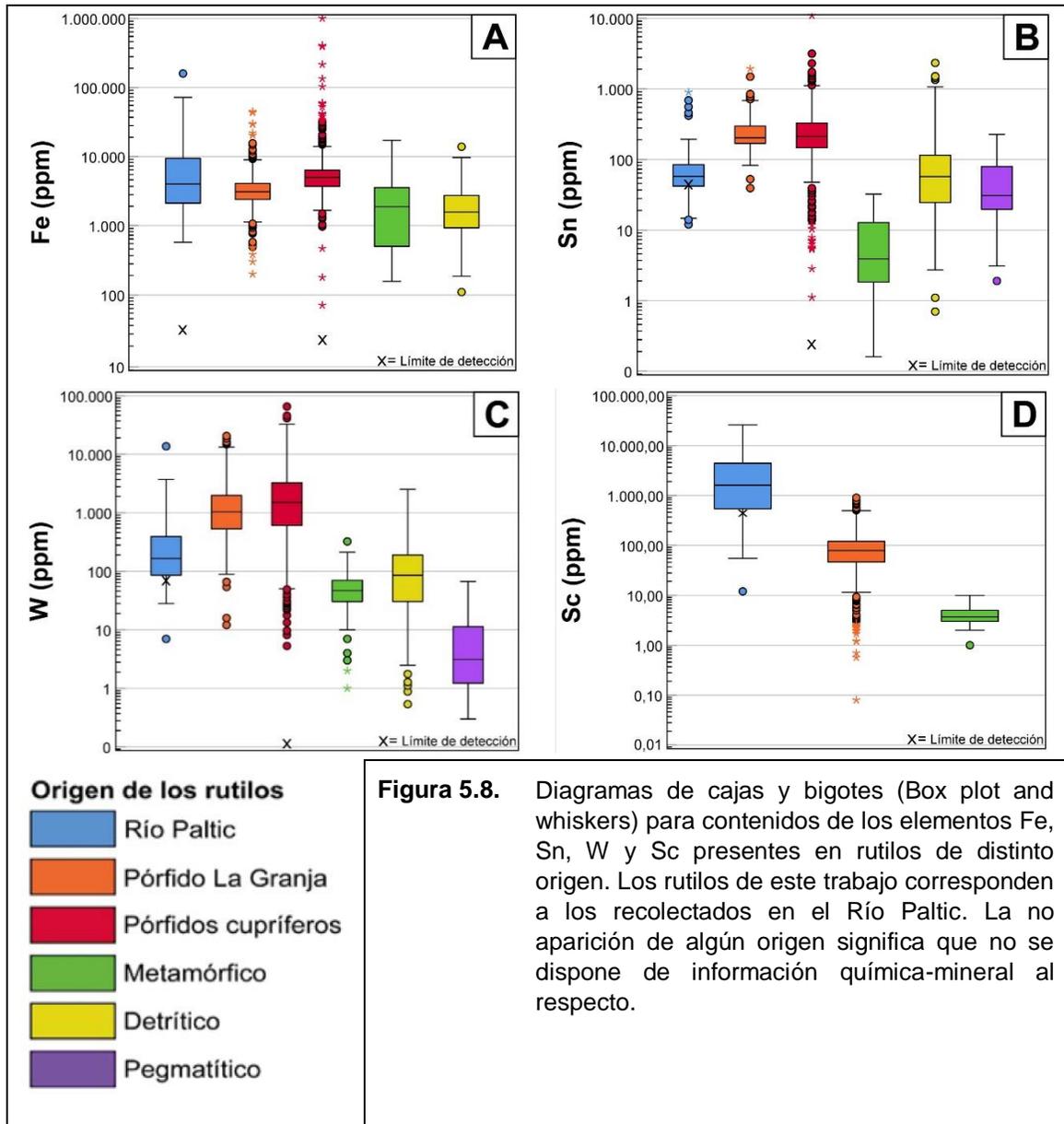
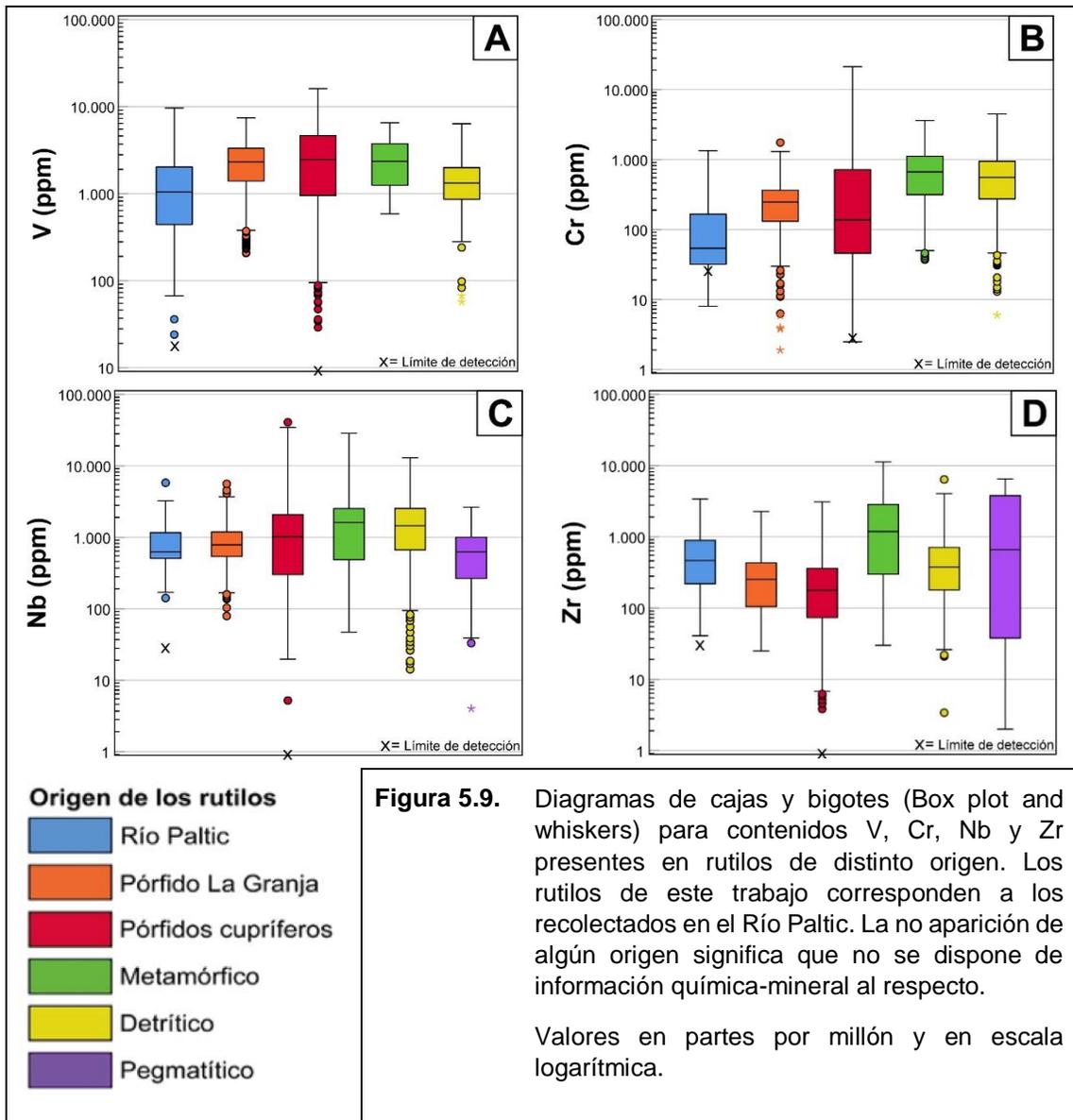


Figura 5.8. Diagramas de cajas y bigotes (Box plot and whiskers) para contenidos de los elementos Fe, Sn, W y Sc presentes en rutilos de distinto origen. Los rutilos de este trabajo corresponden a los recolectados en el Río Paltic. La no aparición de algún origen significa que no se dispone de información química-mineral al respecto.

De los elementos analizados podemos observar que existe un mayor enriquecimiento de los elementos Fe, Sn y W para los rutilos provenientes de pórfidos cupríferos (Figura 5.8 – A, B y C) en comparación a aquellos de origen metamórfico, detrítico y pegmatítico. Los rutilos de este trabajo también muestran mayor enriquecimiento en estos elementos, pero en menor medida. Incluso, en el caso del Sn (Figura 5.8 – B), los rutilos detríticos tienen

una dispersión muy amplia y solapa con los contenidos correspondientes a este trabajo. En cuanto al contenido de Sc, los rutilos de este trabajo junto a los del pórfido de La Granja son más enriquecidos en comparación a aquellos de origen metamórfico. Es importante destacar que el límite de detección promedio del análisis EPMA para Sn, W y Sc (Tabla 1.2), se encuentra por sobre de la parte inferior de sus respectivas cajas y bigotes, por lo tanto, existe un sesgo a considerar para la interpretación de los resultados.



Las concentraciones de V y Nb (Figura 5.9 – A y C) no muestran una diferencia clara entre rutilos de distintos orígenes, solapándose en gran medida. Los rutilos de pórfidos cupríferos muestran un rango de dispersión muy amplio para el V y Cr (Figura 5.9 – A y B), en comparación a aquellos metamórficos y detríticos.

El contenido de Zr en rutilo está fuertemente relacionado a la temperatura de cristalización, por lo tanto, puede utilizarse como termómetro a presiones teóricas fijadas (Tomkins et al., 2007). Los rutilos de origen metamórfico muestran estar más enriquecidos con Zr en comparación a orígenes hidrotermales y detríticos (Figura 5.9 – D); por otra parte, fuentes pegmatíticas también pueden encontrarse enriquecidas en Zr, sin embargo, muestran una amplia variación en sus valores.

6. DISCUSIÓN

6.1. Métodos Analíticos

Uno de los objetivos de esta memoria es comprobar que los procedimientos aplicados estén orientados a la eficiencia, tanto en resultados como en costos, de esta manera puede competir con las herramientas de exploración utilizadas en la actualidad.

Si bien, este trabajo hace énfasis en la química-mineral específica (elementos determinados) del rutilo, al aplicar técnicas cuantitativas como la microsonda electrónica y LA-ICP-MS; las conclusiones respecto a la utilización de este mineral como herramienta de exploración temprana o de reconocimiento para pórfidos cupríferos, deben considerar todas las señales posibles, especialmente aquellas relacionadas a la dispersión del rutilo. Por consiguiente, para comenzar la discusión se analizará la contribución de los distintos métodos analíticos que formaron parte del desarrollo de esta memoria: fluorescencia de rayos X (FRX) para las 28 muestras totales de sedimentos de quebrada, análisis QEMSCAN para 10 de las muestras (Cornelio, 2020), mineralogía óptica y química mineral mediante microsonda electrónica (EPMA).

Del primer método (FRX) podemos observar que las mayores proporciones de TiO_2 se encuentran en los sedimentos de las quebradas Ayraca y Checos (Figura 6.1). También, existe una concentración elevada de TiO_2 en a la muestra 4712, material que fue recolectado en la quebrada Maraybamba, a metros de la confluencia con el Río Paltic. Entonces, considerando que la presencia de rutilo está proporcionalmente relacionada al contenido de Cu en pórfidos cupríferos (Czamanske et al., 1981) y que las quebradas Ayraca y Checos cortan zonas de alteración hidrotermal de tipo propilítica, arcilla – sericita, argílica avanzada y skarn (Figura 3.2) del pórfido La Granja; se infiere que las anomalías positivas de TiO_2 detectadas por FRX, podrían estar asociadas a la presencia de alteraciones hidrotermales capaces de generar depósitos PCD. A su vez, se abre la interrogante del comportamiento de estas concentraciones aguas arriba de los cursos de agua mencionados, con especial énfasis en la quebrada Maraybamba (Figura 6.1), pues corresponde a un afluente no muestreado y su información podría llegar a ser un buen

argumento complementario a la hora de considerar esa zona como un target de exploración de reconocimiento.

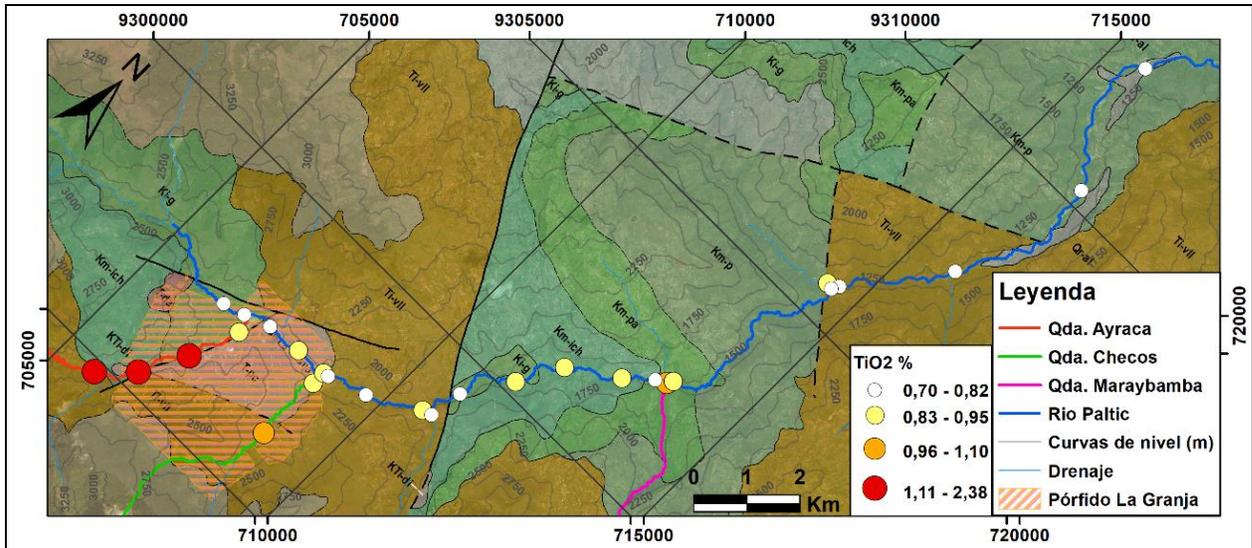


Figura 6.1. Mapa de puntos ponderados para el porcentaje de TiO_2 en muestras de sedimentos de quebrada a lo largo del Río Paltic. Medición realizada por el método de fluorescencia de rayos X (FRX; Cornelio, 2020).

Siguiendo con resultados de FRX, los porcentajes de Fe_2O_3 son elevados en los mismos puntos donde el contenido de TiO_2 también lo es (Figura 6.2). Lo cual, introduce la duda de que si estas anomalías son realmente provocadas por la presencia ilmenita y no por rutilo. Si bien, en las briquetas analizadas por QEMSCAN se aprecia que tanto la ilmenita como el rutilo muestran una mayor aparición en muestras ubicadas en la zona de alteración hidrotermal (Figura 6.3), salvo para la muestra 4718, la presencia de rutilo es proporcionalmente dominante respecto al contenido de ilmenita (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Porcentaje de rutilo e ilmenita, respecto a la suma de ambos contenidos en las muestras. Proporciones obtenidas en análisis QEMSCAN (Cornelio, 2020).

Muestra	Rutilo (%)	Ilmenita (%)
4705	77	23
4708	71	29
4710	69	31
4711	74	26
4718	51	49
4719	64	36
4722	81	19
4724	76	24
4725	86	14
4726	72	28

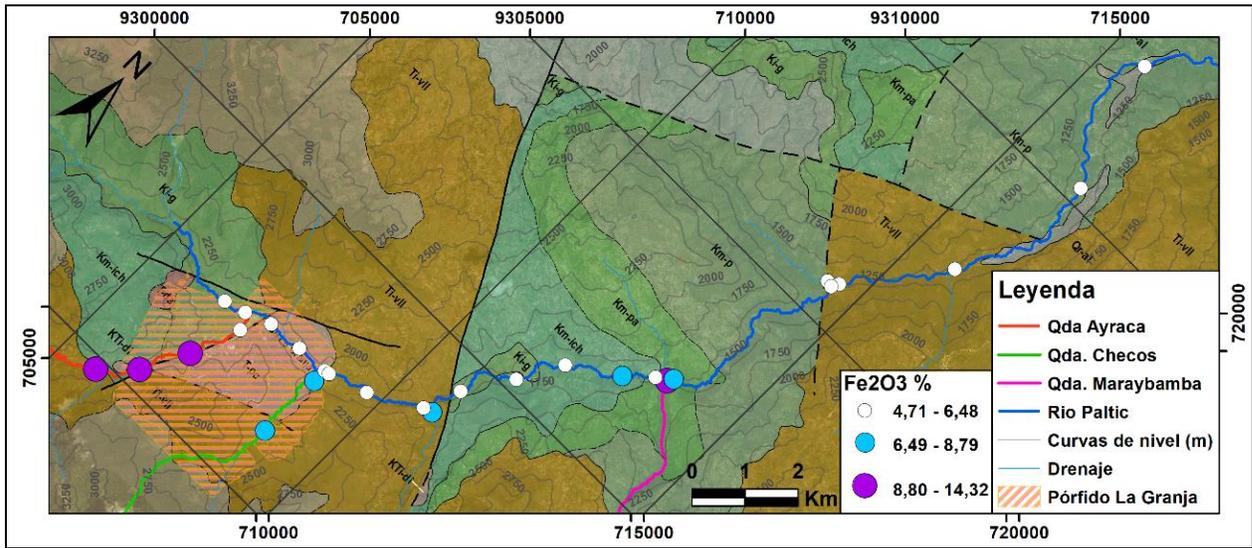


Figura 6.2. Mapa de puntos ponderados para el porcentaje de Fe_2O_3 en muestras de sedimentos de quebrada a lo largo del Río Paltic. Medición realizada por un análisis de fluorescencia de rayos X (FRX; Cornelio, 2020).

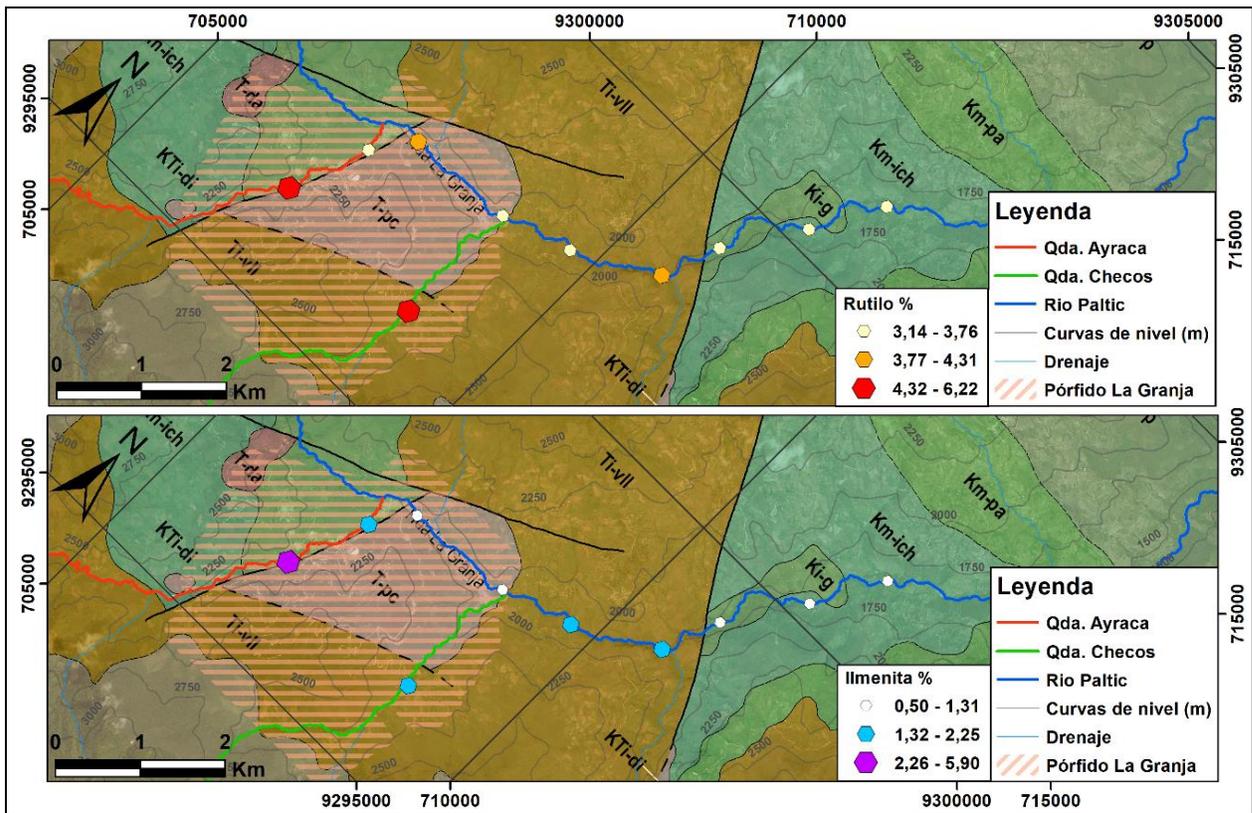


Figura 6.3. Mapas de puntos ponderados para el porcentaje de superficie abarcado por rutilos e ilmenitas en briquetas pulidas. Medición realizada por QEMSCAN (Cornelio, 2020).

Teniendo en cuenta que la formación del rutilo ocurre a lo largo del proceso de alteración hidrotermal, desde la alteración potásica a temperaturas $>500^{\circ}\text{C}$ hasta la alteración fílica de temperaturas que bajan hasta aproximadamente los 300°C , particularmente, los rutilos con textura prismática provenientes de la descomposición de las biotitas se forman contemporáneamente a los sulfuros de cobre y a temperaturas similares ($400\text{-}300^{\circ}\text{C}$) (Schirra y Laurent, 2021). Por tal motivo, la descripción visual de los rutilos es de suma importancia a la hora de diferenciar sus orígenes.

En el análisis visual efectuado en microscopio petrográfico, las briquetas pulidas confeccionadas solo permitieron el uso de luz reflejada para el reconocimiento de sus superficies, en consecuencia, las fases minerales no metálicas asociadas al rutilo fueron muy difíciles de determinar. No obstante, el estudio por medio de QEMSCAN contribuyó significativamente en la verificación y comprensión de las asociaciones minerales de los granos observados, siendo el cuarzo y filosilicatos (muscovita, clorita) las fases asociadas más frecuentes y la ilmenita de manera subordinada (Figura 6.4). Por lo tanto, corresponde a un método apropiado para sortear tal inconveniente.

Considerando los costos que significa cada análisis, quizás no es necesario realizarse QEMSCAN para todas las muestras, sino para aquellas de mayor importancia, por ejemplo: en los puntos iniciales, intermedios, finales y/o ubicados en confluencias claves respecto al contexto geológico del área estudiada.

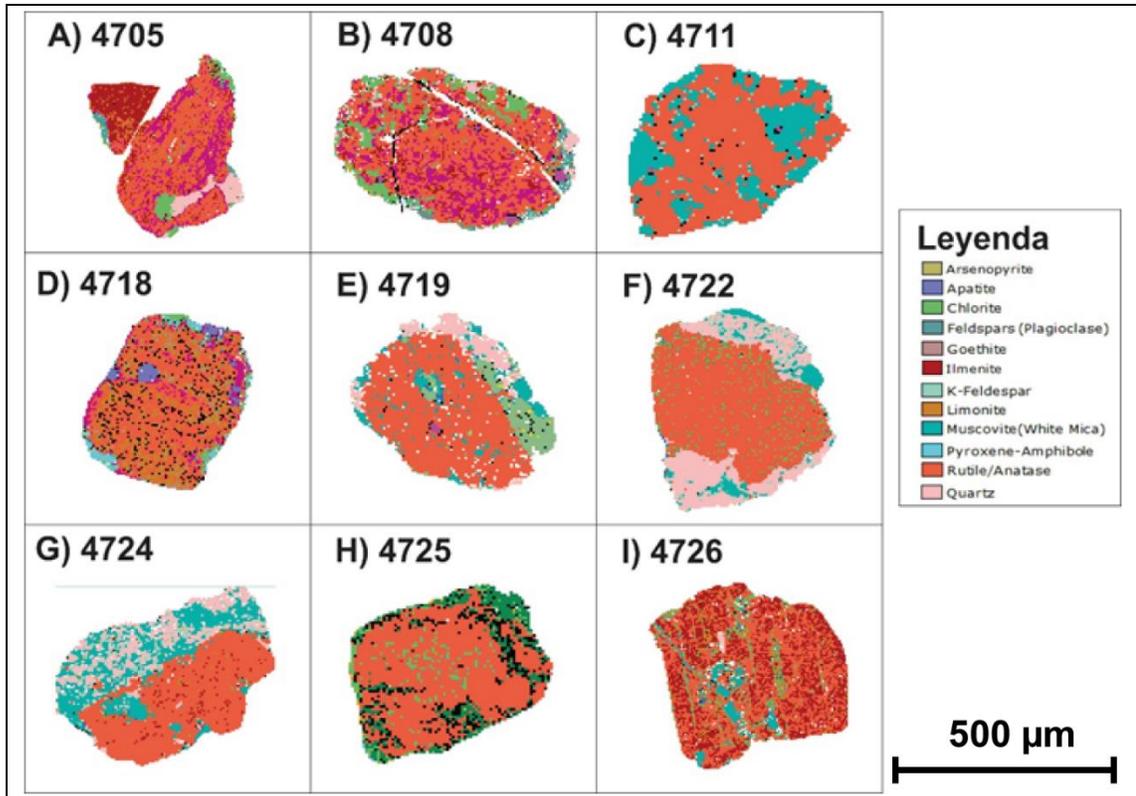


Figura 6.4. Imágenes en falso color de granos con presencia de rutilo. Las asociaciones más comunes son 1) rutilo, clorita, cuarzo e ilmenita, 2) rutilo, clorita, cuarzo, muscovita e ilmenita, 3) rutilo, muscovita, clorita, 4) rutilo, clorita, cuarzo y feldespato potásico, 5) rutilo, muscovita, clorita y goethita (Cornelio, 2020).

De los resultados de la química mineral (EPMA) de los rutilos, se pudo comprobar que los elementos Fe, Sn y W muestran en general, mayores valores en comparación a rutilos de origen metamórfico, detrítico o pegmatítico (Zack et al., 2004; Okay et al., 2010; Ewing et al., 2013; Gao et al., 2014; Sengün y Zack, 2016; Rösel et al., 2018; Pe-Piper et al., 2019). A la vez, este patrón de dispersión coincide con datos de rutilos provenientes de otros pórfidos cupríferos (Schirra y Laurent, 2021). Por otra parte, los contenidos de V, Nb, Cr y Zr no demuestran ser diferentes a los que uno puede encontrar, tanto en este análisis, como en rutilos de distintos orígenes, o inclusive, de otros pórfidos cupríferos. Una posible explicación a las variaciones hidrotermales de los elementos trazas en los rutilos, es que estos pueden formarse del reemplazo de biotitas primarias y/o secundarias. De esta forma, los primeros rutilos derivados de biotitas primarias, explican sus altos contenidos de HFSE (elementos de alta intensidad de campo), mientras que los generados por biotitas secundarias empobrecidas en estos elementos, resultan también

con bajos contenidos de aquellos elementos traza (Schirra y Laurent, 2021). Las amplias variaciones composicionales de los rutilos hidrotermales en cuanto a los elementos de V, Nb y Cr, incluso provenientes de un mismo depósito, hacen considerar la influencia de la roca caja, los minerales precursores y la composición fluctuante de los fluidos hidrotermales en la formación estos minerales (Rabbia y Hernández, 2012).

Los 75 rutilos examinados en la microsonda electrónica muestran características químicas similares a pórfidos cupríferos y evidencian una dispersión de valores de W, Fe y Sn más altos que aquellos metamórficos, no obstante, son levemente menores en W y Sn que los rutilos del pórfido cuprífero La Granja (Figura 6.7 – A, B y C). Esto indicaría que, pese a predominar un patrón geoquímico hidrotermal en los rutilos, también, dentro de los 75 granos analizados, existiría una parte menor de origen metamórfico y/o detrítico. No se puede negar que el rutilo es un mineral accesorio en muchas rocas metamórficas, principalmente en metapelitas de altas temperaturas y presiones (Zack et al., 2002), ni tampoco que se puede encontrar abundante rutilo detrítico en rocas siliciclásticas (Morton y Hallsworth, 1994). Además, bajo condiciones de metamorfismo regional, los rutilos en las cuarcitas son menos reactivos que en otros tipos de rocas (p.e. filitas y esquistos) debido a la ausencia de fases con Fe y Ca, lo que impide su descomposición para formación de ilmenita y/o esfeno (Luvizotto, 2008). Por lo tanto, se debe considerar la posibilidad de que algunos granos de rutilo se traten de relictos detríticos provenientes de las cuarcitas ubicadas aguas arriba en el Río Paltic, sobre todo, aquellos granos más grandes. Además, si se comparan los valores promedio de W, Fe y Sn con los de La Granja, son menores igualmente, en consecuencia, no es prudente aseverar que todos los rutilos procesados provienen del yacimiento, ni tampoco que en su totalidad corresponden a un origen hidrotermal.

Aun cuando los resultados contribuyen a la idea de que Fe, Sn y W pueden ser elementos guías para la caracterización de rutilos hidrotermales (no así para los casos de V, Nb, Cr y Zr), es importante dejar constancia que hacen falta mayor cantidad de estudios y data para tales elementos en rutilos de distintos orígenes. El contexto geológico de los rutilos metamórficos que se compararon con nuestros análisis, éstos no corresponden al orógeno andino o a zonas de subducción, por lo tanto, para perfeccionar esta herramienta

como método de exploración en el marco andino, se sugiere la puesta en marcha de más estudios de química mineral de rutilos metamórficos en la cordillera de los andes, que permitan generar un *background* comparativo más representativo.

6.2. Dispersión del rutilo

Como se ha descrito antes, la existencia de rutilo abarca las 22 muestras estudiadas visualmente y las 5 muestras examinadas por EPMA evidenciaron patrones elementales similares a rutilos hidrotermales de otras investigaciones. Por tanto, supone una dispersión de la señal hidrotermal que alcanzaría la distancia total abarcada en esta investigación, 24 kilómetros desde el pórfido de la Granja a través del Río Paltic.

El problema de este resultado surge con las particularidades de los depósitos tipo pórfidos de cobre, yacimientos que tienden al gigantismo y su alteración hidrotermal puede ocupar un gran volumen de la corteza. A la vez, suelen agruparse en *clusters* y estos grupos en franjas metalogénicas. Debido a tales características, el rastro hidrotermal a través de los resistentes rutilos puede ser proporcionado, a través de afluentes de manera insistente, por sistemas hidrotermales aledaños de menor o nulo impacto económico. Por consiguiente, utilizando la metodología aplicada en esta memoria, se hace necesario encontrar un límite del alcance o un decaimiento de la señal hidrotermal, para corroborar su factibilidad como herramienta exploratoria. Para ello se sugiere un muestreo sistemático, pero menos reiterativo (5 km o más), desde los 25 km aguas debajo del depósito La Granja, o bien, replicar la metodología del presente informe en otro pórfido de cobre en contexto andino, pero con la premisa de abarcar al menos 40 km, con un muestreo más espaciado y haciendo énfasis en los contenidos de Fe, W, Sn y Zr en los rutilos.

6.3. Tamaño de grano y procedencia del Ti

En esta memoria se elaboraron concentrados de mineralogía densa con tamaños de grano 250 μm a 1000 μm (tamaño de grano recomendado para la aplicación de la separación por medios densos). Así, el tamaño de los rutilos promedió 271,11 μm (Anexo II), lo cual es un promedio extrañamente alto para rutilos hidrotermales. Si bien, el tamaño de rutilos prismáticos (textura predominante de este trabajo) hidrotermales pueden medir

entre $>10 \mu\text{m}$ a $<500 \mu\text{m}$, la mayoría de los granos monominerales de rutilo hidrotermal tienen un tamaño de $20 \mu\text{m}$ a $200 \mu\text{m}$ y los rutilos provenientes de vetas hidrotermales de cuarzo tienen un tamaño de 10 a $100 \mu\text{m}$ (Schirra y Laurent, 2021). Por lo tanto, en el proceso de tamizaje se debieron perder granos con características de rutilos hidrotermales.

El rutilo hidrotermal se forma principalmente por la recristalización de biotitas, pero también puede originarse de otras fases como la ilmenita, magnetita rica en Ti y esfeno (Rabbia y Hernández, 2012). Sin embargo, la presencia de ilmenita no es característica de la mayoría de pórfidos oxidados y en su lugar tienen titanomagnetita. De igual manera, dado el gran tamaño de los rutilos analizados y la aparición de ilmenita en intercrecimiento con rutilo (Anexo II) hace inferir que, en esos casos, la fase parental en la formación de rutilo corresponde a la ilmenita, como también sucede en el pórfido cuprífero de El Salvador, Chile (Gustafson y Quiroga, 1995).

6.4. Factibilidad económica

La exploración minera se puede dividir en tres etapas: Exploración básica generativa, Exploración de seguimiento y Exploración avanzada (Figura 6.5). La metodología propuesta en este trabajo correspondería a la primera etapa mencionada, la cual comprende recolección de información, estudios fotogeológicos y de imágenes satelitales; elección de región a explorar, reconocimiento terrestre y mapeo a escala 1:10000, geofísica orientativa y geoquímica, con la premisa de identificar zonas anómalas para la selección de blancos de exploración (Ramírez, 2018).

Los presupuestos con los que trabaja el mercado minero para llevar a cabo estudios relacionados a exploraciones en etapa generativa, varían entre los 50.000 y 100.000 USD (Ramírez, 2018). El costo comercial que implica la herramienta exploratoria aplicada en la presente investigación ronda los 40.000 USD, lo que comprende costos relacionados al trabajo de terreno (viáticos, herramientas, profesionales, arriendos), de laboratorio (análisis, herramientas, profesionales) y de gabinete (profesional a cargo y viáticos).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de memoria, el costo de este método se puede reducir considerablemente para investigaciones futuras, y de dar

resultados positivos, llegar a ser una herramienta explotaría altamente competitiva en el mercado de la prospección minera.

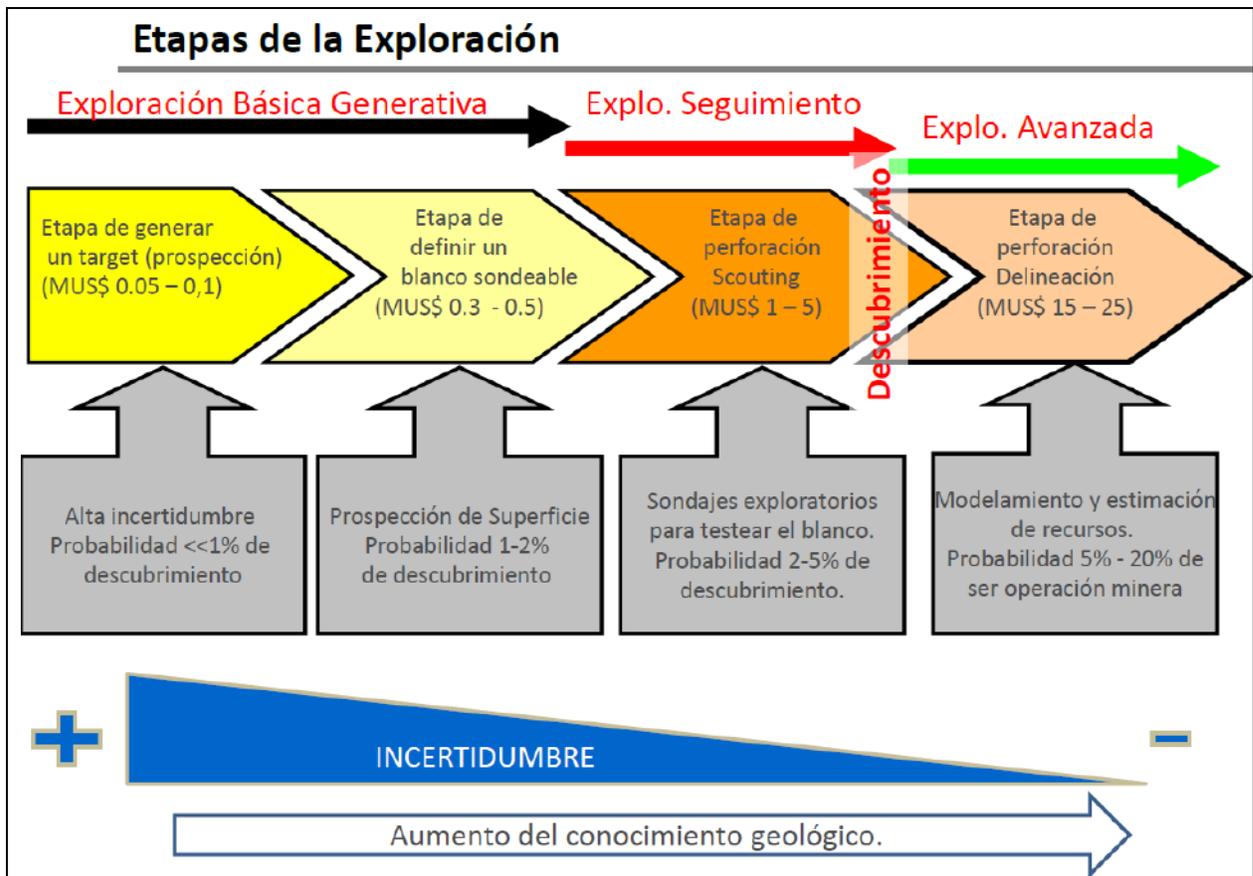


Figura 6.5. Esquema de las etapas de la exploración minera (Ramírez, 2018).

7. CONCLUSIÓN Y SUGERENCIAS

7.1. Conclusión

Existe consenso respecto a que el rutilo es un mineral relacionado a los procesos de mineralización de pórfidos cupríferos y la evidencia va en aumento con el pasar de los años de investigación (Czamanske et al., 1981; Rabbia y Hernández, 2012; Schirra y Laurent, 2021).

En este trabajo el rutilo ha demostrado ser un mineral de alta densidad que permite una sencilla separación y concentración por medios densos. También ha resultado ser de fácil reconocimiento visual, con texturas, ocurrencias y asociaciones minerales características. Su aparición en la totalidad de las muestras, a lo largo de 24 kilómetros desde el pórfido cuprífero de La Granja, comprueba su condición de elevada resistencia a la meteorización, transporte y alteración. El hecho de que tanto la fluorescencia de rayos X, como en el análisis QEMSCAN resaltaron su presencia en zonas de alteración hidrotermal, vincula su origen en tales sistemas.

La química-mineral en rutilos de sedimentos de quebrada evidenció patrones composicionales similares respecto a los rutilos hidrotermales de La Granja y también con otros pórfidos de cobre: altos contenidos de Fe, W y Sn. Por otro lado, se pudo apreciar que la gran variabilidad y la superposición de las concentraciones de V, Cr, Nb y Zr en rutilos de distintos orígenes (hidrotermales, metamórficos, pegmatíticos y detríticos), no permiten una distinción clara entre ellos. Para el caso del Sc muchas mediciones quedaron bajo el límite de detección, lo que, sumado a la escasez de datos de otros ambientes geológicos, no posibilitan una conclusión válida.

Por todo lo anterior, se concluye que el rutilo cumple los requisitos (McClenaghan, 2005; Gent et al., 2011) para ser un mineral adecuado en su utilización como mineral indicador resistente para sistemas de alteración hidrotermal relacionados a pórfidos cupríferos. Sin embargo, se reconoce que aún queda por conocer el alcance espacial de esta señal hidrotermal indirecta y que pese a la similitud de la firma geoquímica con el pórfido de cobre La Granja, no se puede asegurar que este rastro hidrotermal provenga de aquel sistema mineralizado.

Se define para el uso del rutilo, a modo de herramienta exploratoria en sistemas pórfidos cupríferos, el siguiente conjunto y secuencia de metodologías:

- Muestreo sistemático de sedimentos de quebrada.
- Línea base (secado, cuarteo y tamizaje de las muestras).
- Fluorescencia de rayos X.
- Concentración gravimétrica y confección de briquetas pulidas.
- QEMSCAN.
- Identificación, descripción y selección visual de rutilos.
- EPMA.

El costo comercial de este estudio ronda los 40.000 USD (costo aproximado a la fecha de 2022). Teniendo en cuenta que el presupuesto de este trabajo se puede reducir con modificaciones basadas en los resultados obtenidos (por ejemplo: énfasis analítico en los contenidos de Fe, Sn y W, por sobre otros elementos) y la posibilidad que brinda esta herramienta exploratoria para la detección de señales hidrotermales a distancias por sobre los 24 km aguas abajo desde pórfidos cupríferos, es prudente considerar que esta metodología en desarrollo tiene un gran potencial para situarse como una herramienta factible y económicamente eficiente para la exploración de pórfidos cupríferos cubiertos en el contexto del orógeno andino.

7.2. Sugerencias

El presente estudio se realizó a modo de experimento, con la premisa de averiguar la respuesta del rutilo frente a las metodologías analíticas aplicadas, bajo el previo conocimiento de un pórfido cuprífero ya descubierto, por tanto, los parámetros establecidos para la cantidad de muestras recolectadas, las distancias entre el muestreo sistemático y los elementos traza analizados, no son los ideales al momento de llevar a cabo este tipo de exploración en regiones de escaso conocimiento.

En el caso de aplicar esta metodología en un caso real, se recomienda un muestreo sistemático cada 2 kilómetros aproximadamente. Con especial atención de conseguir muestras para cada afluente del drenaje principal.

Considerando las características físicas de los rutilos hidrotermales, se recomienda disminuir el tamaño mínimo de grano (de 250 μm a 100 μm) para el tamizaje y preparación de muestras previo a la separación gravimétrica. Así se podrá contar con mayor cantidad de rutilos hidrotermales, cuyo tamaño suele oscilar entre los 10 – 100 μm (Schirra y Laurent, 2021; Rabbia y Hernández, 2012).

Posterior a la separación gravimétrica por medios densos, se sugiere agregar una separación magnética con un imán y así disminuir la cantidad de óxidos de fierro (magnetitas, ilmenitas) en los concentrados de minerales densos.

Para el análisis QEMSCAN, se sugiere realizarse en las muestras del inicio, intermedio, final y en aquellas donde se puedan encontrar anomalías positivas de TiO_2 de la fluorescencia de rayos X.

Dado que los análisis de la química-mineral es la etapa más costosa, se sugiere estudiar específicamente los contenidos de Fe, Sn, W del rutilo, haciendo uso de LA-ICP-MS o EPMA. Sus concentraciones elevadas han evidenciado un patrón hidrotermal distintivo tanto en esta memoria, como en la investigación reciente de Schirra y Laurent (2021).

Respecto a las interrogantes que originó esta memoria, queda pendiente investigar el significado de la anomalía de TiO_2 en la quebrada Maraybamba, si acaso, aguas arriba de tal afluyente dicha concentración continúa o incrementa; se encuentra, o no, relacionada a una zona de alteración hidrotermal. Se aconseja también, el aumento de muestreo aguas abajo por el sistema de drenaje Río Paltic, hasta los 40 km.

8. BIBLIOGRAFÍA

Averill, S. A. 2001. The application of heavy indicator mineralogy in mineral exploration with emphasis on base metal indicators in glaciated metamorphic and plutonic terrains. Geological Society, London, *Special Publications*, 185, 69-81.

Baldock, J. W. 1972. Proyecto para la Exploración Geoquímica del Norte del Perú. Reporte preliminar final. Lima, Perú.

Belousova, E. A., Griffin, W. L., O'Reilly, S. Y., y Fisherm N. I. 2002. Apatite as an indicator mineral for mineral exploration: Trace element compositions and their relationship to host rock type. *Journal of Geochemical Exploration*. 76, 45-69.

Benavides, V. 1956. Cretaceous System in northern Peru. Doctoral Thesis, Faculty of Pure Science, Columbia University. Bull. American Museum of Natural History, 108, 353-494.

Candal, R., Bilmes, S. y Blesa, M. 2001. Semiconductores con actividad fotocatalítica. *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea*. Red Iberoamericana CYTED VIII.G2001. 79-101.

Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L. y Cueva, E. 2009. Geotectonic domains as tool for metalogenetic mapping in Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103, 1-89.

Castellanos, O. M. y Ríos, C. A. 2005. EPMA: Microsonda electrónica; Principios de funcionamiento. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. Volumen 2, Número 6.

CESEL Ingenieros. 2010. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Reforzamiento de la Línea de Transmisión Centro Norte Medio en 500 Kv" (Línea de Transmisión Eléctrica Zapallal-Trujillo y subestaciones asociadas). INFORME FINAL REV.0. CSL-103100-IT.11-01. 4, 248-319.

Cooke, D. R., Baker, M., Hollings, P., Sweet, G., Zhaoshan, C., Danyushevsky, L., e Inglis, S. 2014. New Advances in Detecting the distal geochemical footprints of porphyry

systems – Epidote mineral chemistry as a tool for vectoring and fertility assessments. *SEG Special Publication* 18, 127-152.

Cornelio, F. 2020. Caracterización Mineralógica de los sedimentos de quebrada del brownfield del pórfido de Cu-Mo de La Granja, Cajamarca, Perú. Trabajo integrativo final para optar al grado de Magíster en Mineralogía aplicada a la geometalurgia. Universidad de Concepción, Instituto de Geología Económica Aplicada.

Czamanske, G. K., Force, E. R. y Moore, W. J. 1981. Some geologic and potential resource aspects of rutile in porphyry copper deposits. *Economic Geology*, Volume 76, 2240-2256.

Dewey, J. F. 1980. Episodicity, sequence and style at convergent plate boundaries. Geological Association of Canada. Special Paper 20. 553-573.

Du Plessis, J. 2016. Rio Tinto 2016 Annual report.

Ewing, T., Hermann, J. y Rubatto, D. 2013. The robustness of the Zr-in-rutile and Ti-in-zircon thermometers during high-temperature metamorphism (Ivrea-Verbano Zone, northern Italy). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Volume 165, Number 4, 757-779.

Fletcher, W. K. y Loh, C. H. 1996. Transport of cassiterite in a Malaysian stream: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 57, 9-20.

Flores, G. 1982. Exploración y Geología del Yacimiento La Granja. XVI Convención de Ingenieros de Minas. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima, Perú.

Gao, X. Y., Zheng, Y. F., Xia, X. P. y Chen, Y. X. 2014. U-Pb ages and trace elements of metamorphic rutile from ultrahigh-pressure quartzite in the Sulu orogeny. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 143, 87-114.

Gent, M., Menendez, M., Toraño, J. y Torno, S. 2011. A review of indicator minerals and simple processing methods for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 110(2), 47-60.

Griffin, W. L. y Ryan, C. G. 1995. Trace elements in indicator minerals: área selection and target evaluation in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 53(1-3), 311-337.

Gustafson, L. Y Quiroga, J. 1995. Patterns of Mineralization and Alteration below the Porphyry Copper Orebody at El Salvador, Chile. *Economic Geology*, Volumen 90, 2-16.

Hein, U. F. y Tistl, M. 1987. Characteristics of fluid inclusions in the porphyry copper deposit at La Granja, Peru. *Chemical Geology*, 61 (1-4), 183-192.

Jaillard, E. y Jacay, J. 1989. Les "couches Chicama" du nord du Pérou: colmatage d'un bassin né d'une collision oblique au Tithonique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris. Series II*, 308, 1459-1465.

John, D., Ayuso, R., Barton, M., Blakely, R., Bodnar, R., Dilles, J., Gray, F., Graybeal, F., Mars, J., McPhee, D., Seal, R., Taylor, R. y Vikre, P. 2010. USGS Porphyry Copper Deposit Model. (John, D. editor). Mineral deposit models for resource assessment: U.S. Geological Survey *Scientific Investigations Report 2010-5070-B*.

King, R. W., Rabbia, O. M., y French, D. H. 2000. Tourmaline from Andean porphyry copper deposits: its significance in the exploration of Andean mineralization. Instituto de Geología Económica Aplicada, Concepción, Chile.

Klein, C. y Hurlbut, C. 1997. Manual de Mineralogía. Cuarta edición. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, España.

Landmann, M., Rauls, E. y Schmidt, W. G. 2012. The electronic structure and optical response of rutile, anatase and brookite TiO₂. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 24, 195503.

Luvizotto, G. L. 2008. Trace element signatures in rutile: characterization of standards and applications to accessory mineral behavior in metamorphic rocks. Disertación inaugural para obtener grado de Doctor. Universidad Ruprecht Karl de Heidelberg. Facultad de matemáticas y ciencias naturales. Heidelberg, Alemania.

- McClenaghan, M. B. 2005.** Indicator mineral methods in mineral exploration. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. Volume 5, Number 3, 233-245.
- McClenaghan, M. B., Plouffe, A., Paulen, R. C., Houlé, M., Jackson, S. E., y Peter, J. M. 2016.** Overview of indicator mineral research at the Geological Survey of Canada – An update. *Explore* 2016, 170, 1-15.
- Morton, A. C. y Hallsworth, C. 1994.** Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, Volume 90, Issues 3-4, 241-256.
- Noble, D. C. y McKee, E. H. 1999.** The Miocene metallogenic belt of central and northern Peru. Editorial Skinner, B. J. *Geology and ore deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists, Littleton, Colorado. Special Publication 7, 155-193.
- Okay, N., Zack, T., Okay, A. I. y Barth, M., 2011.** Sinistral transport along the Trans-European Suture Zone: detrital zircon-rutile geochronology and sandstone petrography from the Carboniferous flysch of the Pontides. *Geological Magazine*, 148 (3), 380-403.
- Ottensen, R. T. y Theobald, P. K. 1994.** Stream sediments in mineral exploration. *Drainage Geochemistry*. Handbook of Exploration Geochemistry, 6, 147-184.
- Pacheco, D., Rico, J., Díaz, J. y Espitia, M. 2013.** Estudio DFT de propiedades estructurales y electrónicas del óxido de titanio en sus fases: rutilo, anatasa y brookita. *Revista Colombiana de Materiales*. Número 5. 179-185.
- Pe-Piper, G., Nagle, J., Piper, D. J. W. y McFarlane, C. R. M. 2019.** Geochronology and trace element mobility in rutile from a Carboniferous syenite pegmatite and the role of halogens. *American Mineralogist*, Volume 104, 501-513.
- Pérez, F., Rincón, R. y Hernando, S. 1992.** Mejoras en la separación de minerales pesados usando politungstato sódico. *Geogaceta*, 11, 54-56.
- Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, H., Rivera, R., Romero, D., Huanacuni, D., y Rodríguez, R. 2008.** Mapa metalogénico del Perú 2008: herramienta

esencial para las exploraciones mineras. XIV Congreso Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología. Sociedad Geológica del Perú. 6 p.

Rabbia, O. M., Hernández, L. B., Townley, B., King, R. W. y Ayers, J. C. 2009. The El Teniente porphyry Cu-Mo deposit from a hydrothermal rutile perspective. *Mineralium Deposita*, volumen 44, 849-866.

Rabbia, O. y Hernández, L. 2012. Mineral chemistry and potential applications of natural multi-doped hidrotermal rutile from porphyry copper deposits. *Rutile: Properties, Synthesis and Applications*, Capítulo 10, 209-228.

Ramírez, M. O. 2018. Estrategias de exploración minera en Chile y estimación de costos. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y dirección de empresas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Industrial. Santiago, Chile.

Richards, J. 2003. Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation. *Economic Geology*, volume 98, 1515-1533.

Richards, J. P. 2005. Cuulative factors in the generation of giant calc-alkaline porphyry Cu deposits. Editorial Porter, T.M. *Super porphyry copper and gold deposits: A global perspective*. Volume 1: Adelaide, 7-25.

Romero, D., Sánchez, A., Martínez, W., Torres, V., Cruz, M., Ramos, B. y Navarro, P. 2004. Interpretaciones preliminares de la paleogeografía y geodinámica durante el Albiano inferior en el centro del Perú: La Formación Chayllacatana. XII Congreso Peruano de Geología, Resúmenes, 517-520. Editorial de la Sociedad Geológica del Perú.

Rösel, D., Zack, T. y Möller, A. 2018. Interpretation and significance of combined trace element and U-Pb isotopic data of detrital rutile: a case study from late Ordovician sedimentary rocks of Saxo-Thuringia, Germany. *International Journal of Earth Sciences*, 108, 1-25.

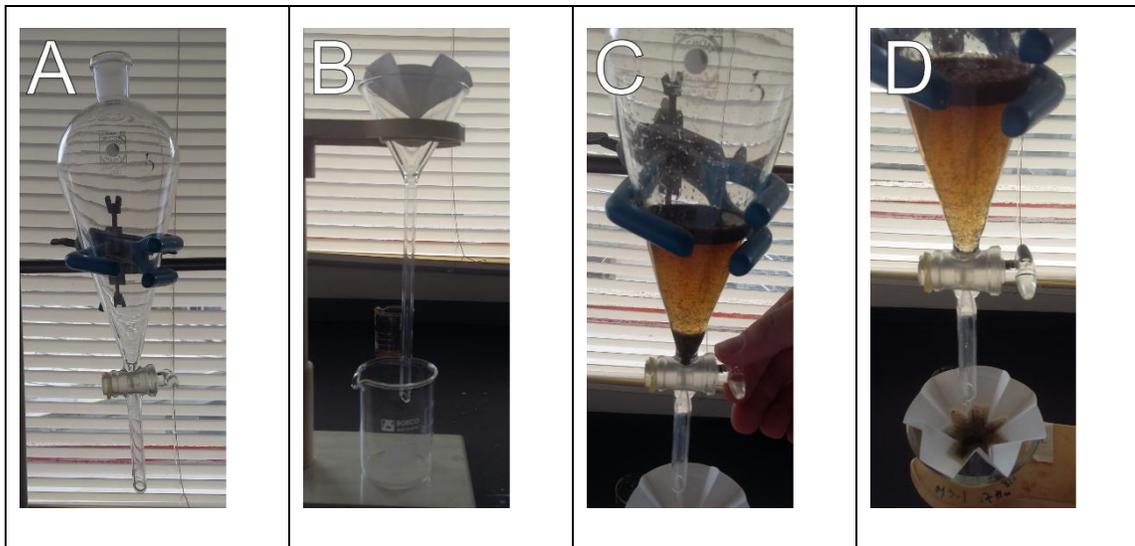
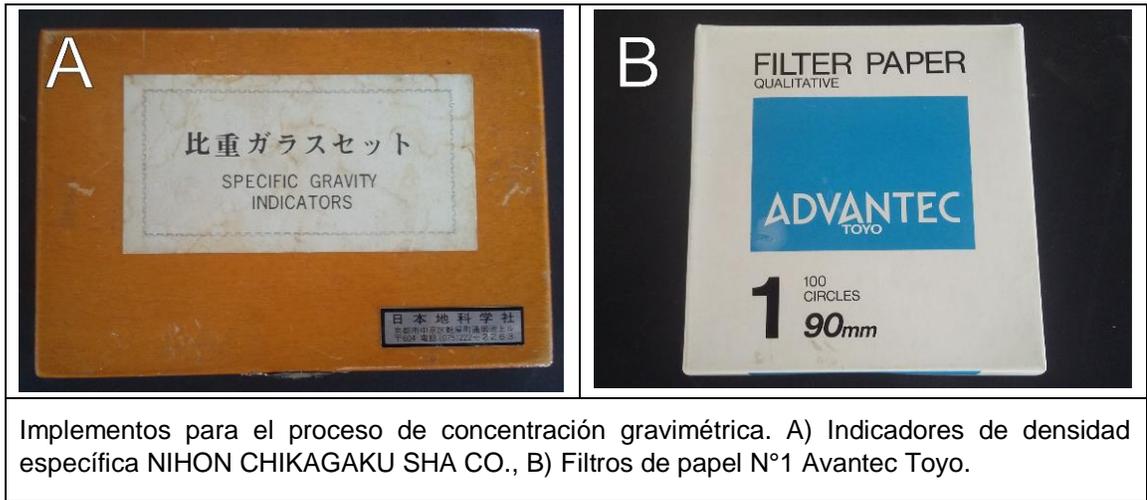
Scott, K. M. 2005. Rutile geochemistry as a guide to porphyry Cu–Au mineralization, Northparkes, New South Wales, Australia. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. Volume 5, 247-253.

- Scott, K. M. y Radford, N. W. 2007.** Rutile compositions at the Big Bell Au deposit as a guide for exploration. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. Volume 7, 353-361.
- Schirra, M. y Laurent, O. 2021.** Petrochronology of hydrothermal rutile in mineralized porphyry Cu systems. *Chemical Geology*, 581, 120407.
- Schwartz, M. O. 1982.** The Porphyry Copper Deposit at La Granja, Peru. *Economic Geology*, 77(2), 482-488.
- Sengün, F. y Zack, T. 2016.** Trace element composition of rutile and Zr-in-rutile thermometry in meta-ophiolitic rocks from the Kazdağ Massif, NW Turkey. *Mineralogy and Petrology*, 110, 547-560.
- Sillitoe, R. H. 2010.** Porphyry Copper Systems. Society of Economic Geologists. *Economic Geology*, 105, 3-41.
- Singer, D. A., Berger, V. I. y Moring, B. C. 2008.** Porphyry copper deposits of the world: Database and grade and tonnage models. U.S. Geological Survey. Open-File Report 2008-1155.
- Wilkinson, J. J., Chang, Z., Cooke, D. R., Baker, M. J., Wilkinson, C. C., Inglis, S., y Gemmell, J. B. 2015.** The chlorite proximator: A new tool for detecting porphyry ore deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 152, 10-26.
- Wilson, J. 1984.** Boletín N-38 Serie A: Carta Geológica Nacional. Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e). Lima – Perú.
- Zack, T., Kronz, A., Foley, S. F. y Rivers, T. 2002.** Trace element abundances in rutiles from eclogites and associated garnet mica schists. *Chemical Geology*, Volume 184, Issues 1-2, 97-122.

Zack, T., Moraes, R. y Kronz, A. 2004. Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Volume 148, 471-488.

ANEXO I

“Material de laboratorio y separación gravimétrica”.



De las 28 muestras recolectadas, el proceso de concentración gravimétrica se aplicó para 9 muestras. Además, se utilizaron 3 muestras previamente concentradas de la misma manera (Cornelio, 2020) para la producción final de 12 briquetas pulidas (Tabla 10.1).

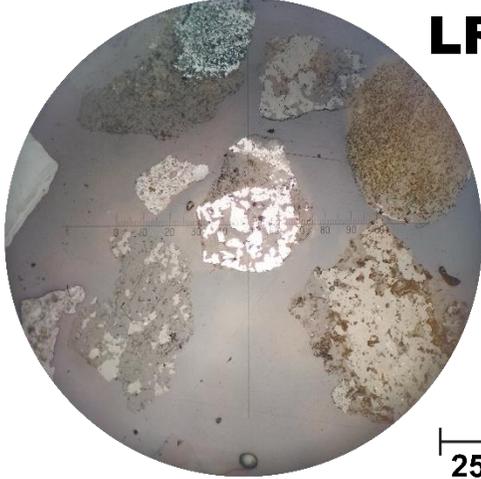
Muestras	Concentración Mineral N° 1 (Cornelio, 2020)			Concentración Mineral N° 2 (Este trabajo)			Concentrado utilizado
	Cabeza (g)	Concentrado (g)	Recuperado (%)	Cabeza (kg)	Concentrado (g)	Recuperado (%)	
4713	35,000	0,697	1,991	35,000	0,911	2,603	1,608
4714	35,000	1,003	2,866	-	-	-	1,003
4715	35,000	0,721	2,060	35,000	0,964	2,754	1,685
4716	45,000	5,798	12,884	45,000	6,972	15,493	2,000
4717	35,000	3,336	9,531	-	-	-	2,000
4720	40,000	1,103	2,758	40,000	1,105	2,763	2,000
4723	45,000	0,981	2,180	-	-	-	0,981
4727	40,000	0,455	1,138	40,000	1,423	3,558	1,878
4729	45,000	0,704	1,564	45,000	1,064	2,364	1,768
4730	35,000	0,381	1,089	35,000	0,678	1,937	1,059
4731	35,000	0,903	2,580	35,000	1,182	3,377	2,085
4732	40,000	0,562	1,405	40,000	0,55	1,375	1,112

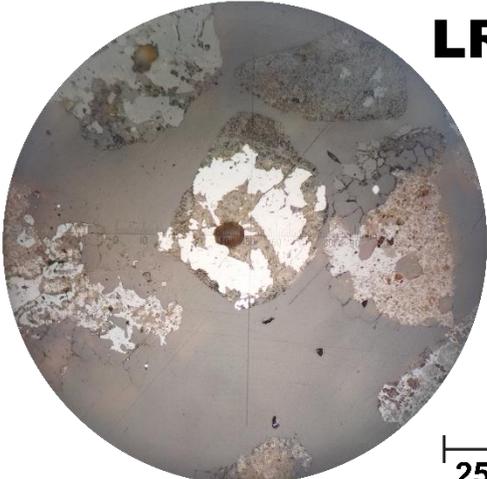
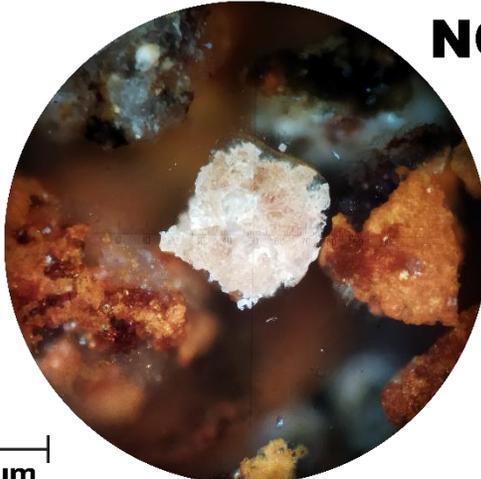
Cantidades concentradas y recuperadas mediante método gravimétrico. También, material utilizado para fabricación de briquetas. Se señalan los mayores porcentajes de recuperación en rojo (4716 y 4717).

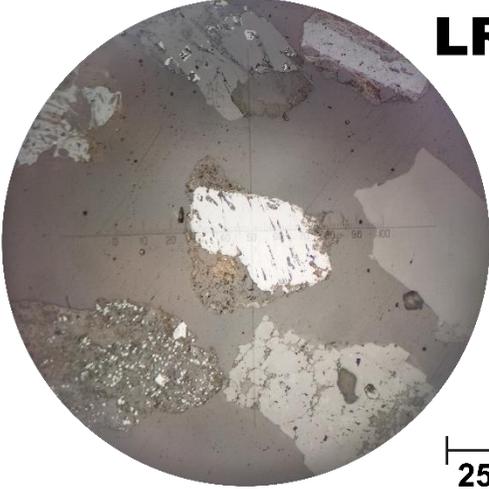
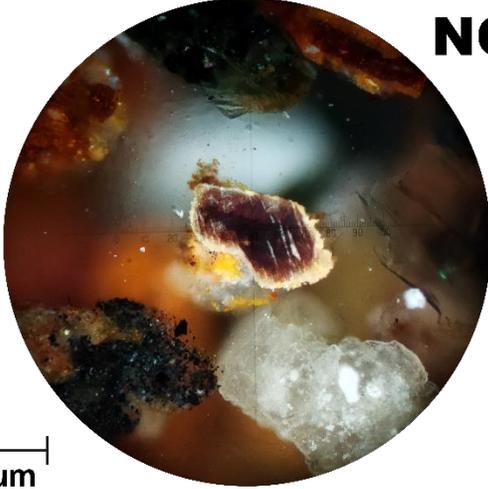
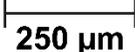
De la tabla anterior se aprecia que los mayores porcentajes de recuperación de concentrado mineral denso se encuentra en los puntos 4716 y 4717 que se ubican río arriba del pórfido de la Granja (Figura X), donde se han determinado suites de alteración fílica-argílica. Estos datos concuerdan con los resultados de un análisis de fluorescencia de rayos X, que indican anomalías en estos puntos para los contenidos detectados de TiO_2 y Fe_2O_3 (Cornelio, 2020).

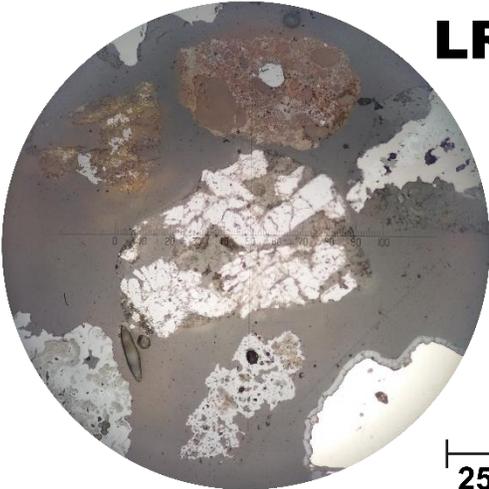
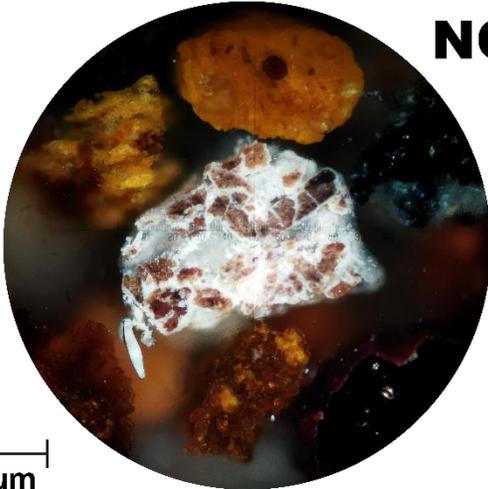
ANEXO II

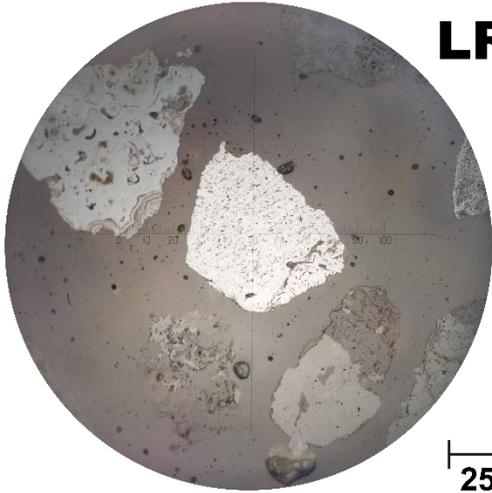
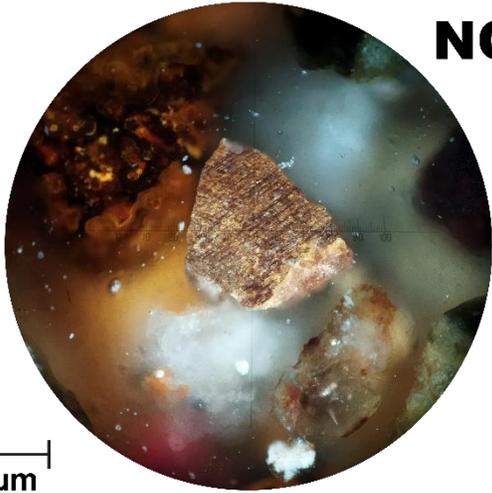
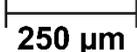
“Imágenes y descripción de rutilos”.

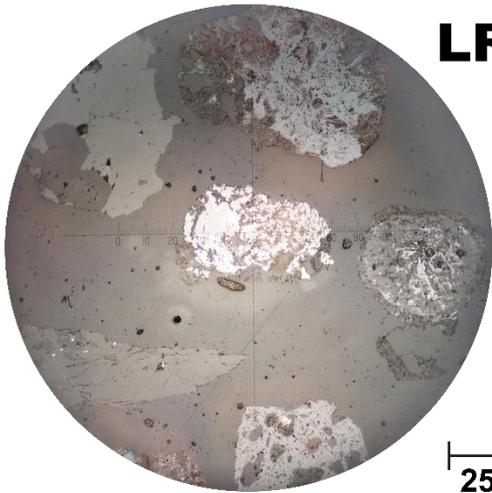
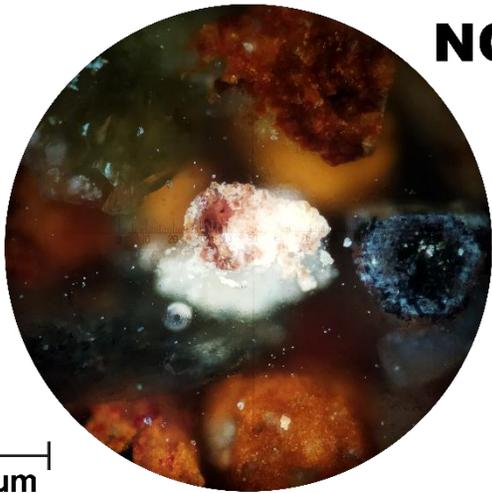
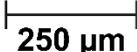
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-1			
			
Tamaño del rutilo (μm)	263	Tamaño de grano (μm)	268
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (NM). Grano subangular y de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática y se encuentra en intercrecimiento con NM (qz y chl).		

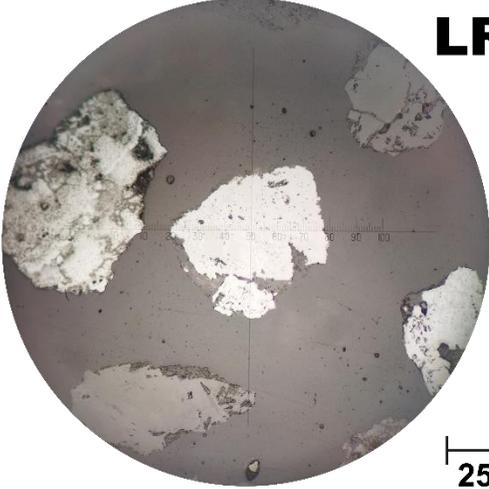
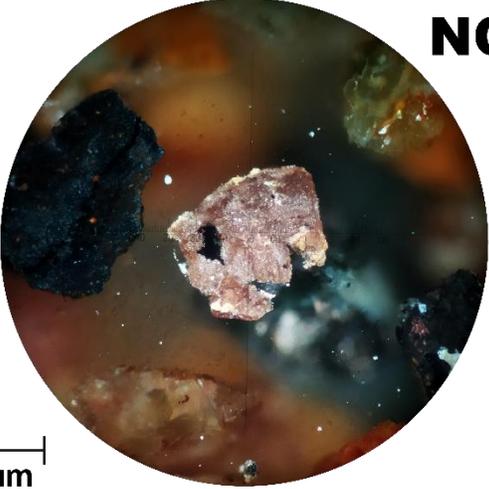
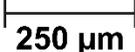
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-2			
			
Tamaño del rutilo (μm)	320	Tamaño de grano (μm)	382
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas). Grano subangular y de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática y de reemplazo con micas.		

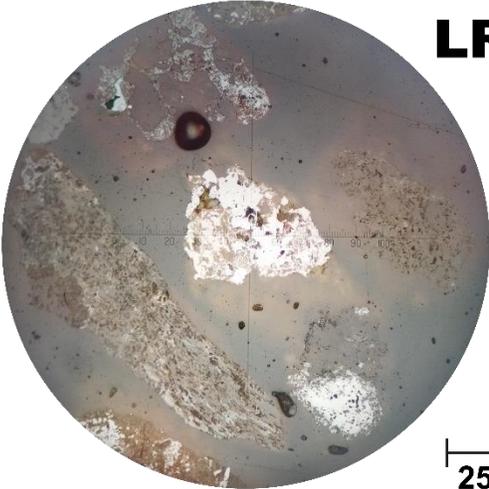
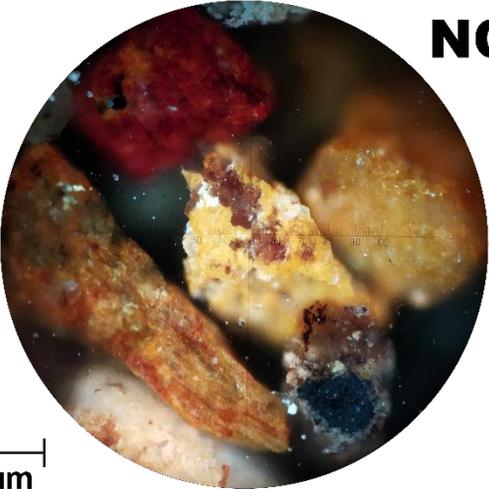
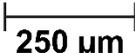
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-3			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	304	Tamaño de grano (µm)	337
Descripción	Fase mixta con no metálicos (micas). Grano subredondeado y de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática.		

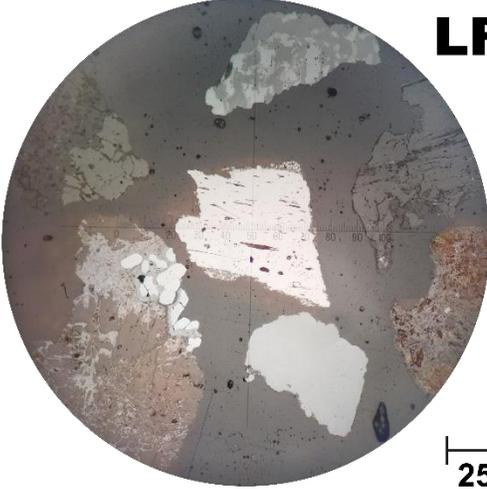
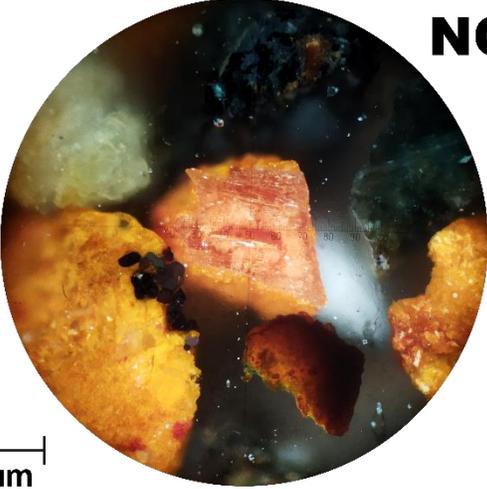
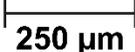
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-4			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	466	Tamaño de grano (µm)	488
Descripción	Fase mixta con no metálicos (cuarzo y micas). Grano subangular y de esfericidad baja. Textura lamelar, rutilo de gran tamaño, en intercrecimiento con no-metálicos.		

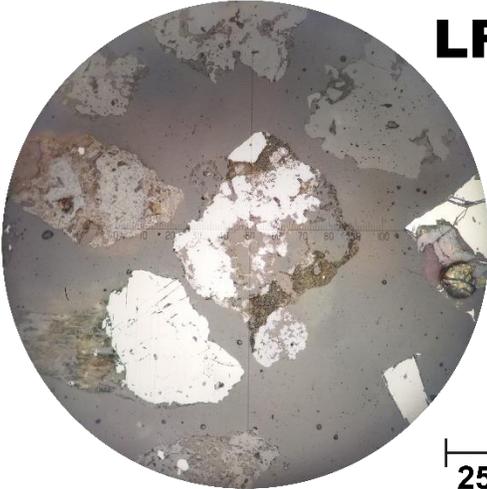
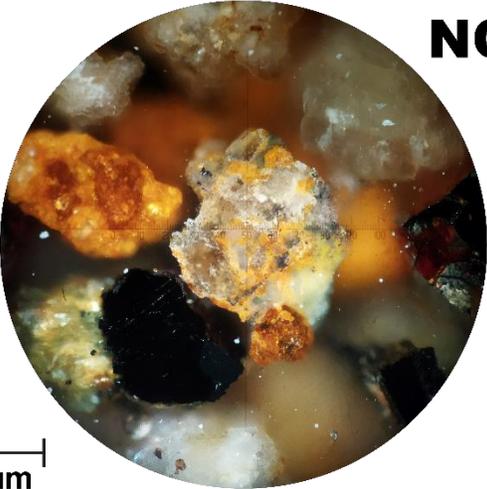
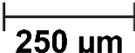
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-5			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	341	Tamaño de grano (μm)	341
Descripción	Grano subredondeado y de esfericidad media a baja. Textura lamelar, cristales orientados de forma paralela. Se observa cierta porosidad. Hay un intercrecimiento con un rutilo un poco más oscuro y con colores pardo oscuro en nicoles cruzados.		

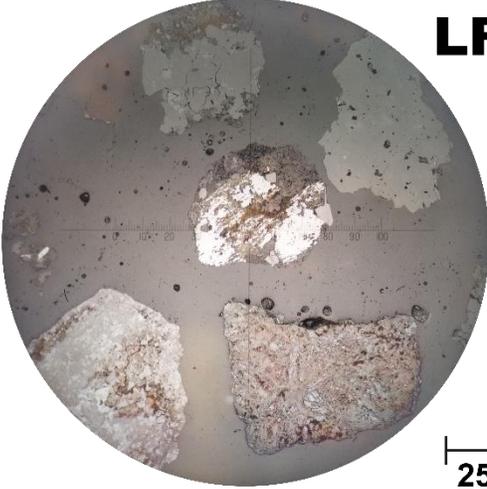
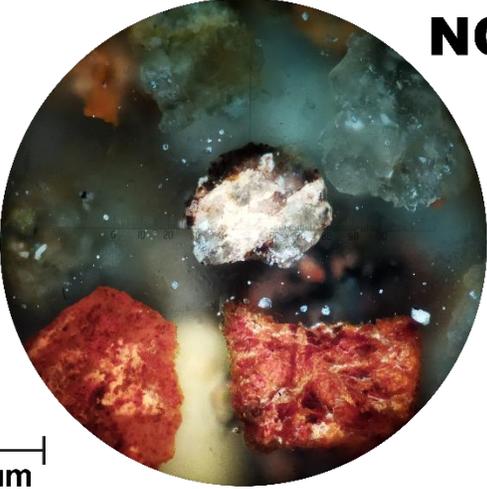
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-6			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	301	Tamaño de grano (μm)	305
Descripción	Fase mixta con no metálicos (micas). Grano subangular y de esfericidad baja. Textura de intercrecimiento con micas, subhedral y de aspecto prismático en algunas secciones.		

MUESTRA 4708P – RUTILIO 4708-7			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	322	Tamaño de grano (µm)	322
Descripción	Grano subangular y de esfericidad media a baja. Rutilo monomineral de aspecto masivo y con leve porosidad. En intercrecimiento con rutilo de color levemente más oscuro.		

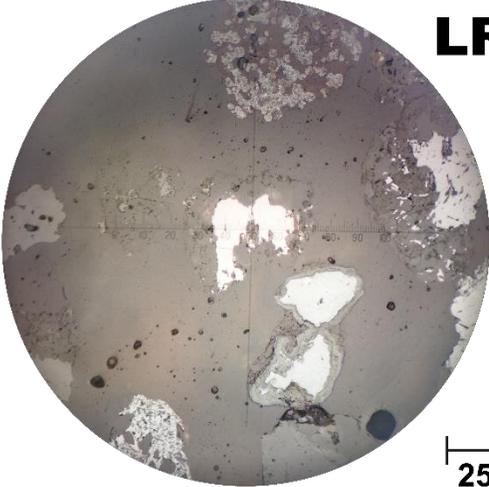
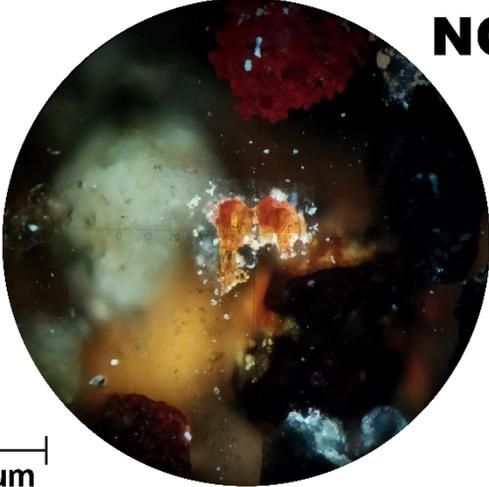
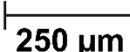
MUESTRA 4708P – RUTILIO 4708-8			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	313	Tamaño de grano (µm)	313
Descripción	Grano monomineral subangular y de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática y en intercrecimiento con un rutilo levemente más oscuro y poroso. Estas fases se diferencian también en los colores de birrefringencia bajo nicols cruzados.		

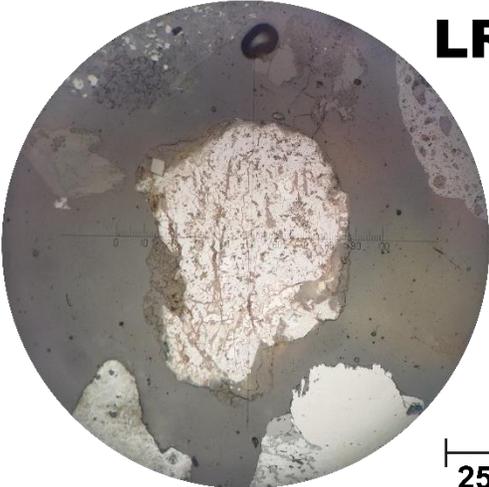
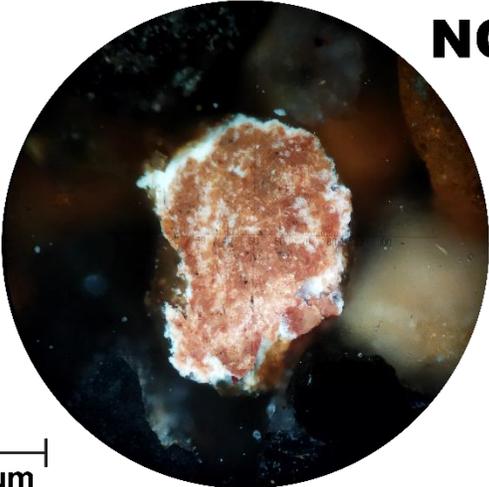
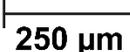
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-9			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	380	Tamaño de grano (µm)	380
Descripción	Grano monomineral subangular y de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática y presenta una leve porosidad e inclusiones de no-metálicos.		

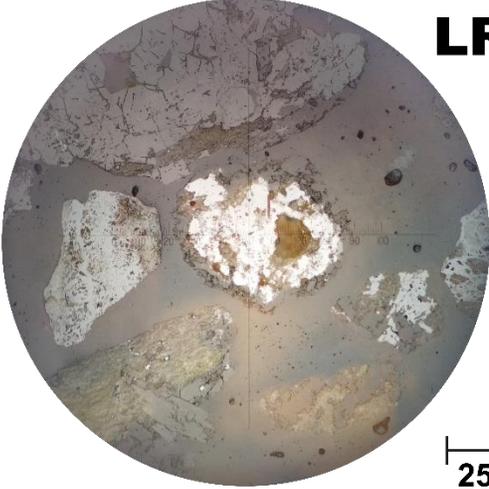
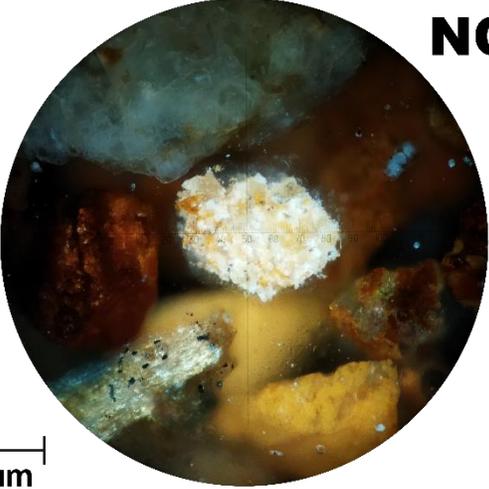
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-10			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	452	Tamaño de grano (µm)	452
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas). Grano subredondeado y de esfericidad baja. Textura de intercrecimiento con micas. Hábito prismático, rutilo de gran tamaño y con parte del mineral sumergido en la resina.		

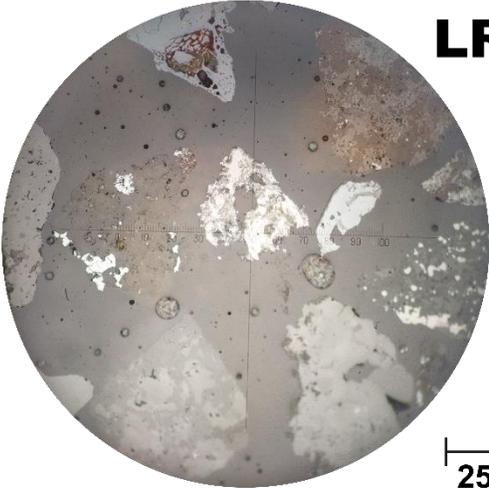
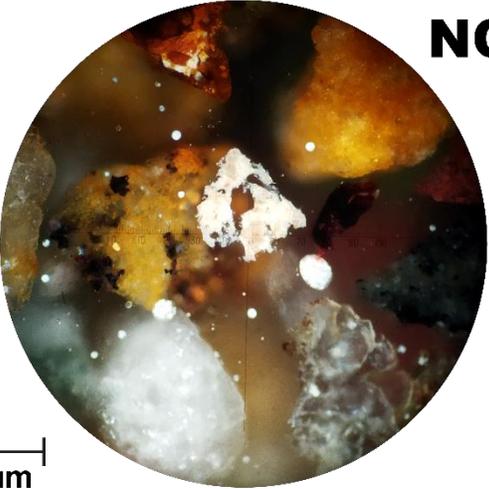
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-11			
			
Tamaño del rutilo (μm)	281	Tamaño de grano (μm)	287
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado y de esfericidad media. Rutilo de textura prismática, de leve porosidad. Se encuentra en intercrecimiento con no metálicos (micas) y se observan inclusiones de cuarzo.		

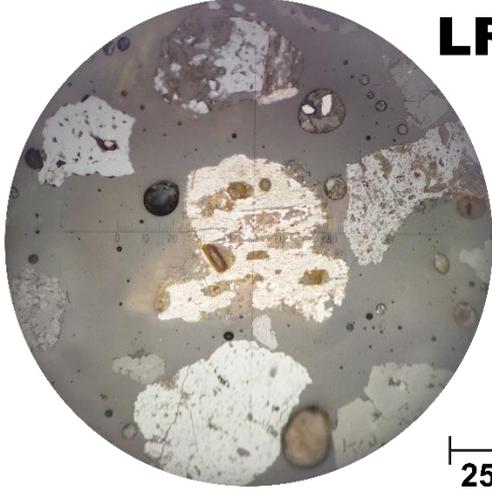
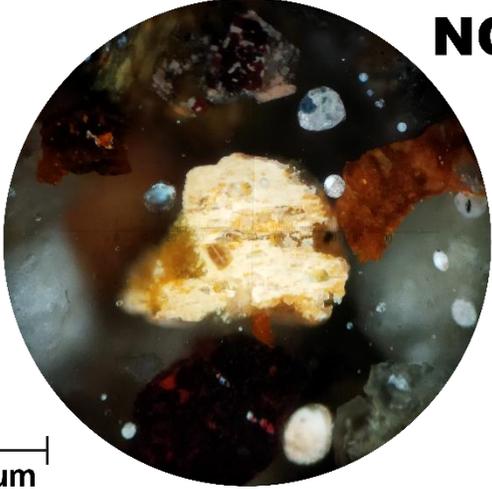
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-12			
			
Tamaño del rutilo (μm)	340	Tamaño de grano (μm)	362
Descripción	Grano subangular y de esfericidad baja. Rutilo con textura de reemplazo de tipo islas huésped en una ilmenita. Los cristales de rutilo tienen textura prismática.		

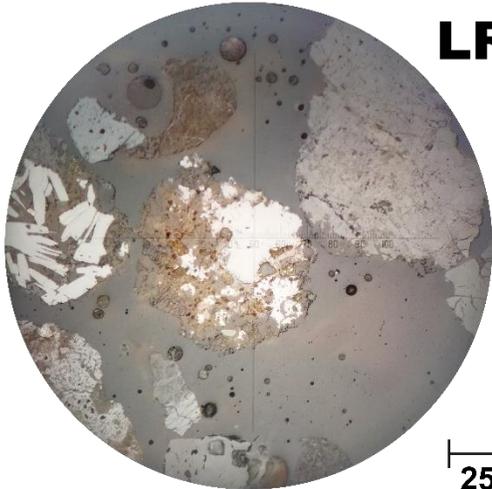
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-13			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	201	Tamaño de grano (µm)	284
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo). Grano subangular y de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática y en intercrecimiento con cuarzo.		

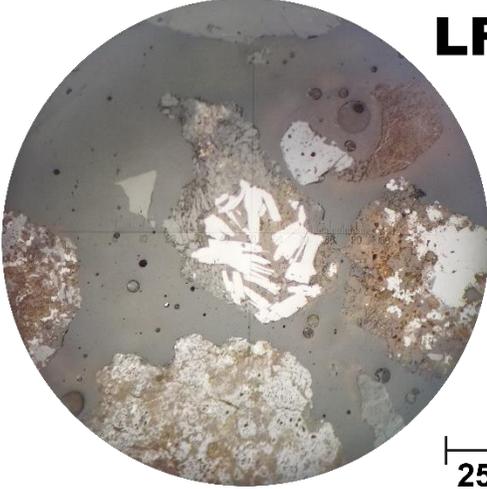
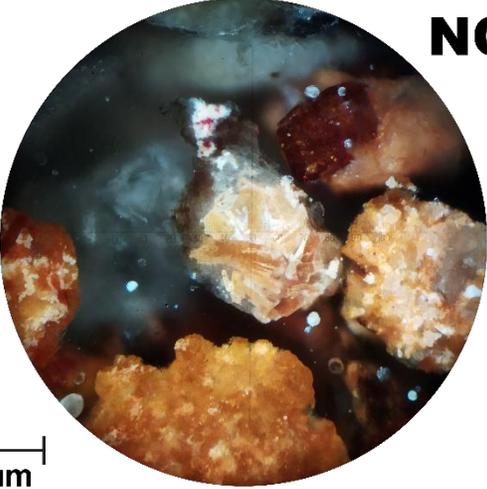
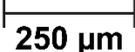
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-14			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	225	Tamaño de grano (µm)	547
Descripción	Grano subredondeado y de esfericidad media a baja. Fase mixta de rutilo con no metálicos e ilmenita. Rutilo con textura de reemplazo dentro de una ilmenita. Se observan no metálicos (micas y cuarzo) relleno de espacios.		

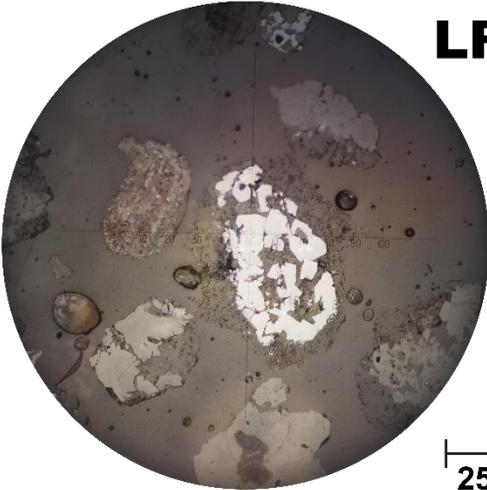
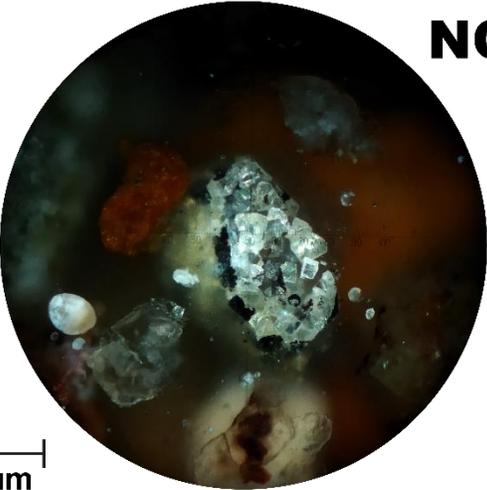
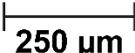
MUESTRA 4708P – RUTILO 4708-15			
			
Tamaño del rutilo (μm)	326	Tamaño de grano (μm)	349
Descripción	Fase mixta de rutilo con no-metálicos (cuarzo). Grano subangular y de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática y con leve rugosidad. Rutilo en intercrecimiento con cuarzo en los bordes del grano.		

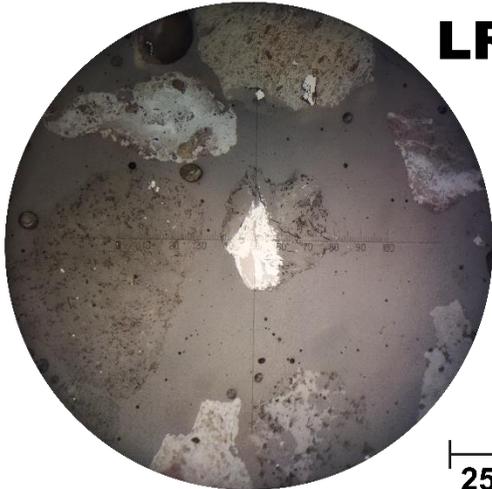
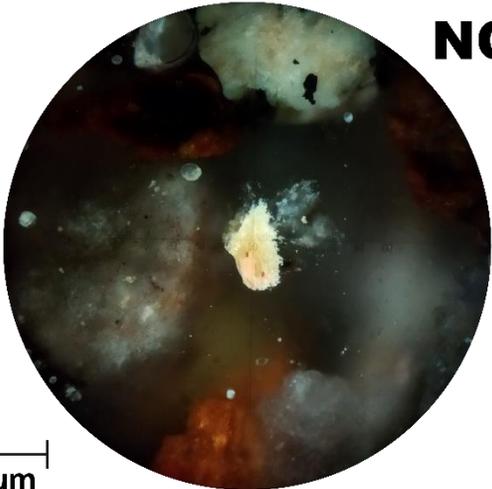
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-1			
			
Tamaño del rutilo (μm)	221	Tamaño de grano (μm)	221
Descripción	Grano monomineral subangular y de esfericidad media a baja. Se observa un rutilo más oscuro, poroso y de textura acicular, rodeando a un rutilo más claro y de textura prismática.		

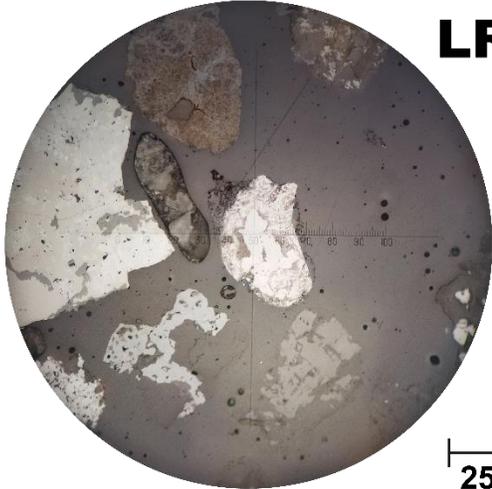
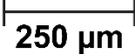
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-2			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	381	Tamaño de grano (μm)	404
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

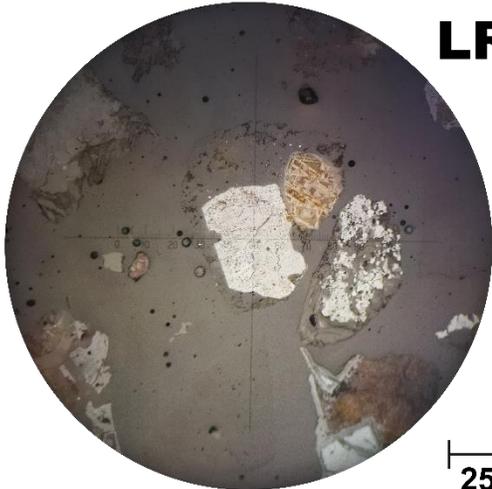
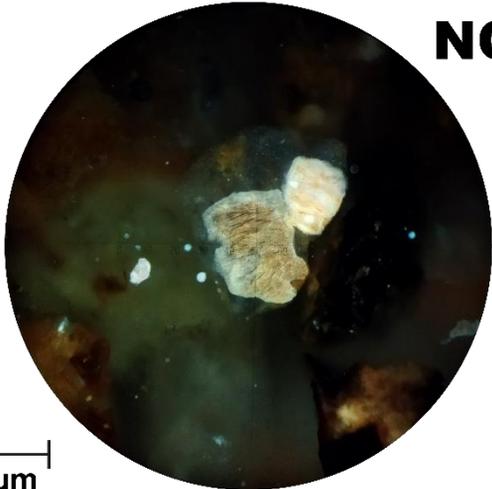
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-3-1			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	344	Tamaño de grano (μm)	391
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo), goethita e inclusiones minerales (no metálicos). Grano subredondeado, de esfericidad media. Rutilo de textura prismática y aspecto masivo.		

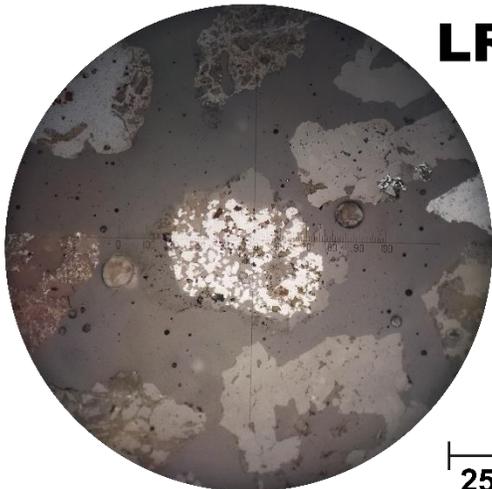
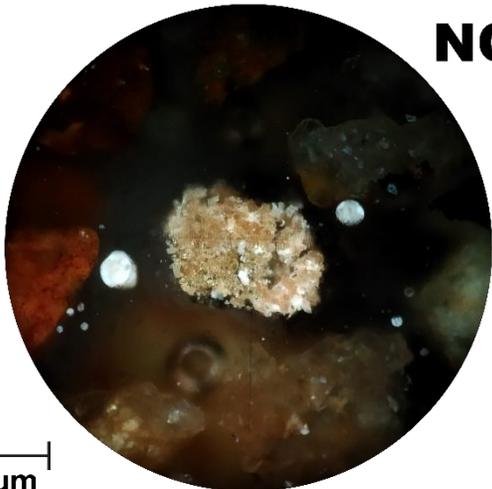
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-3-2			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	284	Tamaño de grano (μm)	490
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo, feldespatos). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura lamelar. En intercrecimiento con no-metálicos.		

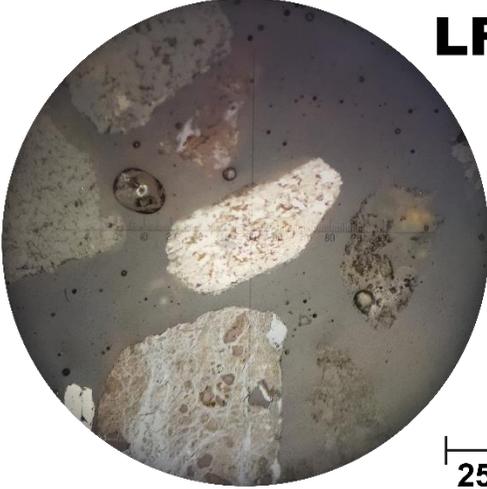
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-4			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	359	Tamaño de grano (μm)	412
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Textura prismática, con superficie lisa.		

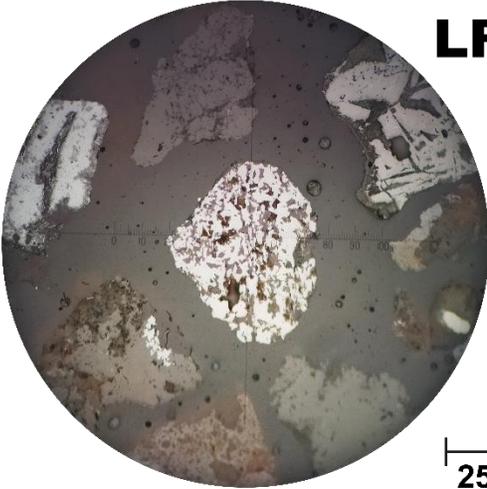
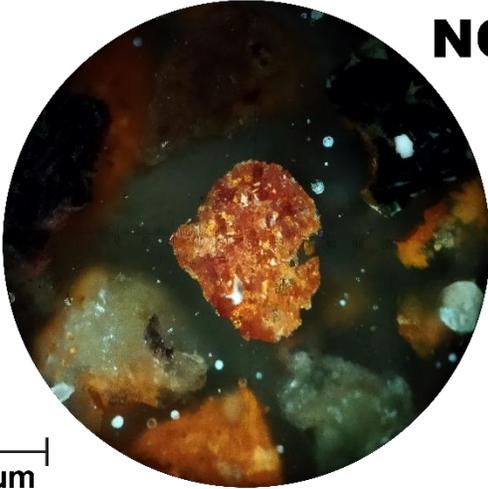
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-5			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	171	Tamaño de grano (µm)	243
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas, clorita y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media. Textura acicular en intercrecimiento con mineral no metálico (probablemente biotita).		

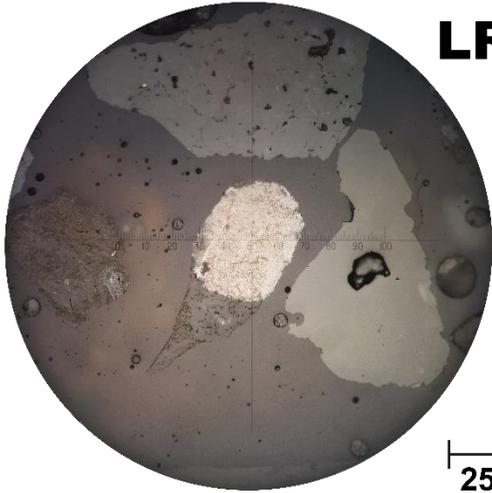
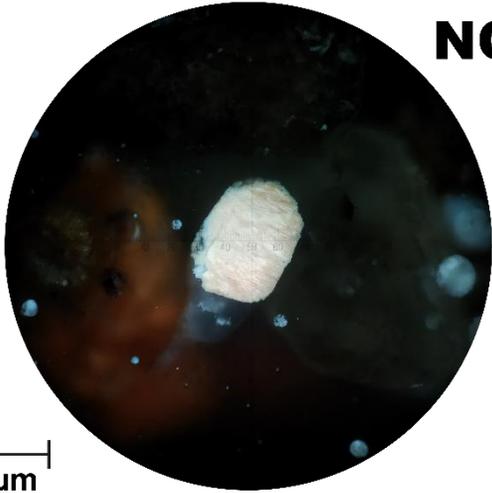
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-6			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	257	Tamaño de grano (µm)	300
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo y/o feldespatos). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo con textura prismática en el centro, a los bordes se observa intercrecimiento con no-metálico (biotita) y textura acicular.		

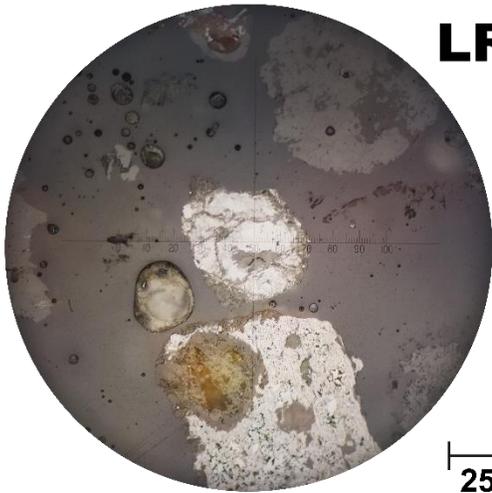
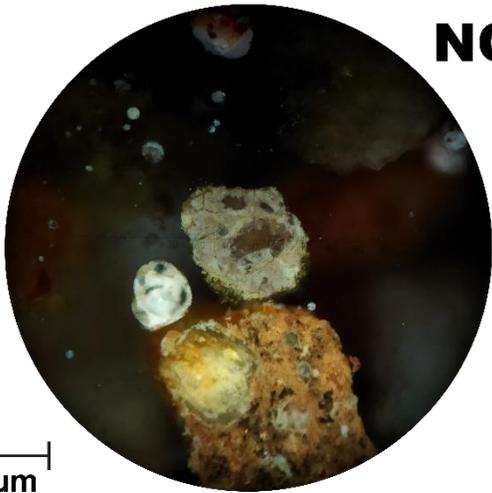
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-7			
			
Tamaño del rutilo (μm)	234	Tamaño de grano (μm)	393
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo y/o feldespatos). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Textura acicular de rutilo más claro y prismática de rutilo más oscuro, se encuentran intercrecidos entre ellos.		

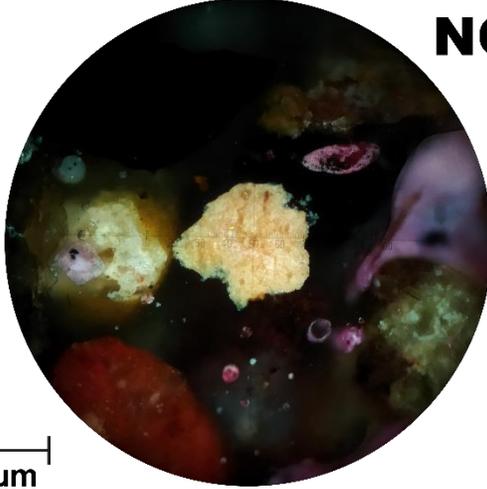
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-8			
			
Tamaño del rutilo (μm)	325	Tamaño de grano (μm)	401
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo y/o feldespatos). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, en intercrecimiento con cuarzo.		

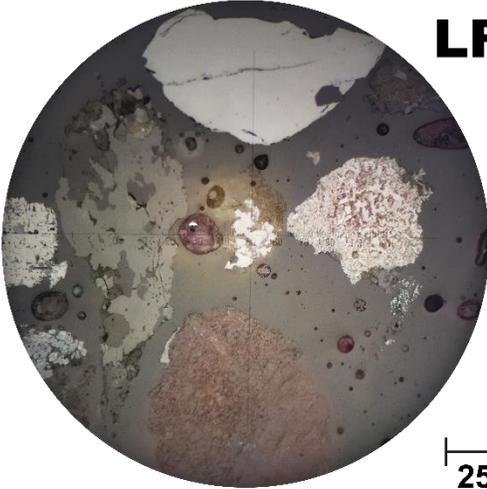
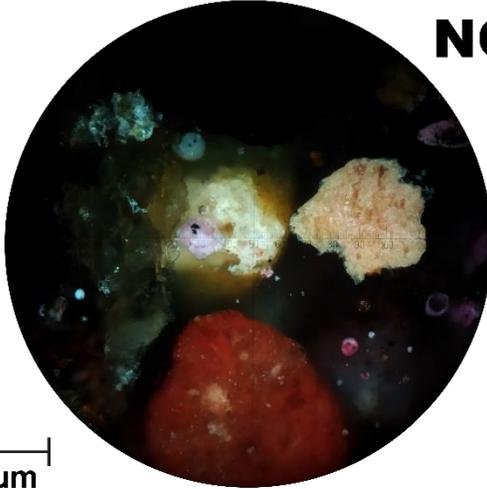
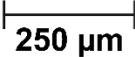
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-9			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	377	Tamaño de grano (μm)	377
Descripción	Grano monomineral subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa. Se encuentra en intercrecimiento con un rutilo un poco más opaco y de mayor presencia en el grano.		

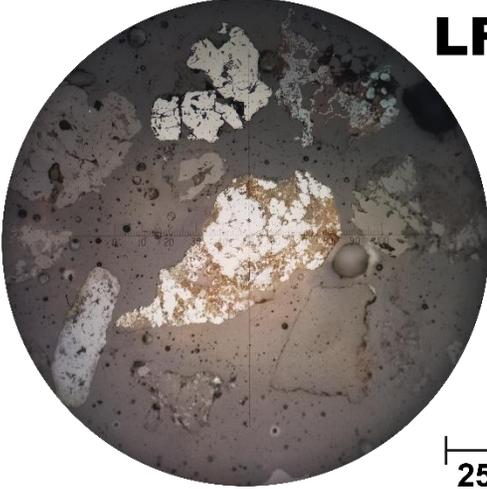
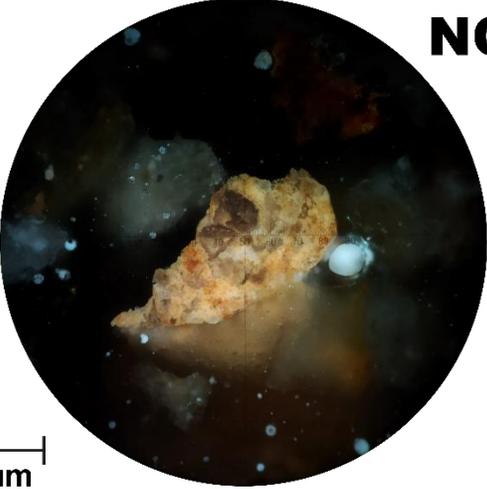
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-10			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	357	Tamaño de grano (μm)	357
Descripción	Fase mixta de rutilo con cuarzo. Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo con textura de intercrecimiento con cuarzo. Se observan cavidades, superficie de grano irregular.		

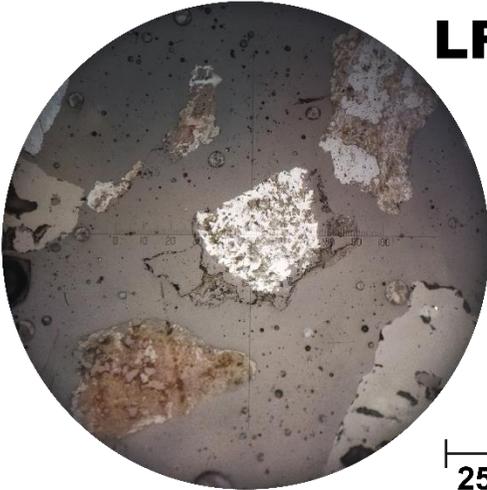
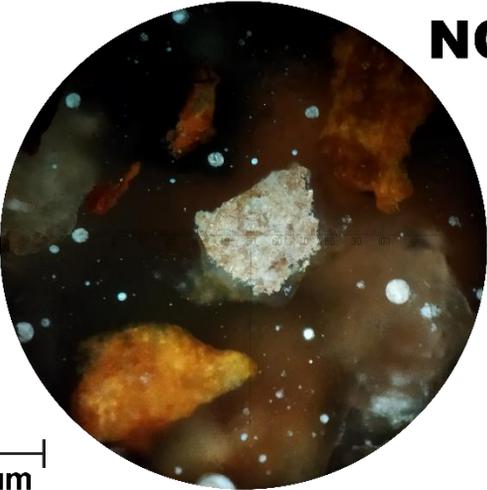
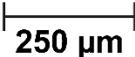
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-11			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	236	Tamaño de grano (μm)	441
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (cuarzo y micas). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo de textura acicular muy desarrollada. La superficie del rutilo es irregular, rugosa y porosa. En estos relieves se aloja mineralogía no metálica.		

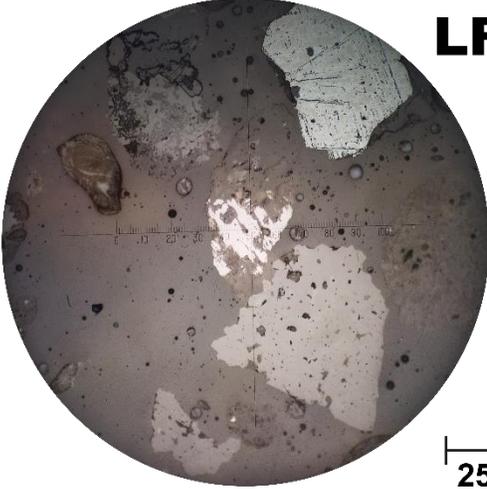
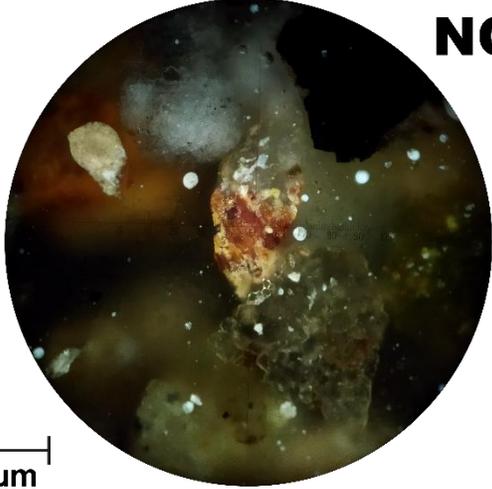
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-12			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	261	Tamaño de grano (μm)	294
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad media a baja. Textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa.		

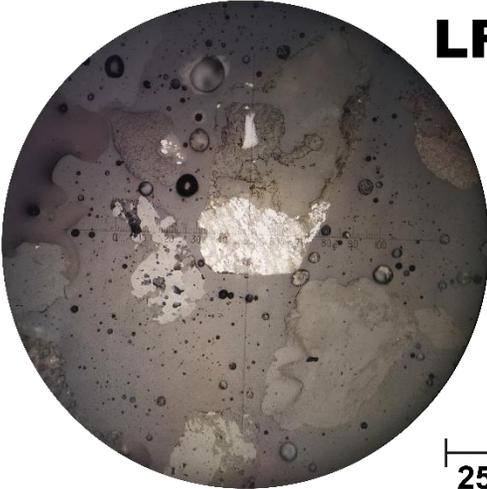
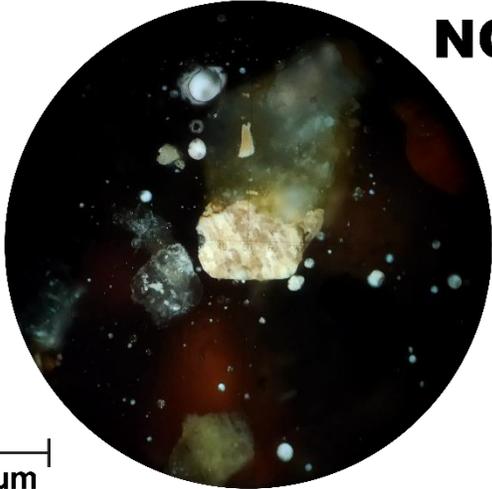
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-13-1			
			
LR		NC	
			
Tamaño del rutilo (μm)	292	Tamaño de grano (μm)	292
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo) predomina rutilo. Grano subangular, de esfericidad media a baja. Textura lamelar, con superficie rugosa. Se observa un rutilo más claro en el centro, rodeado por otro más oscuro.		

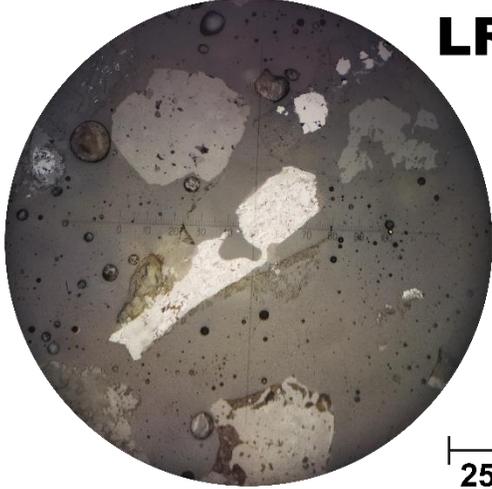
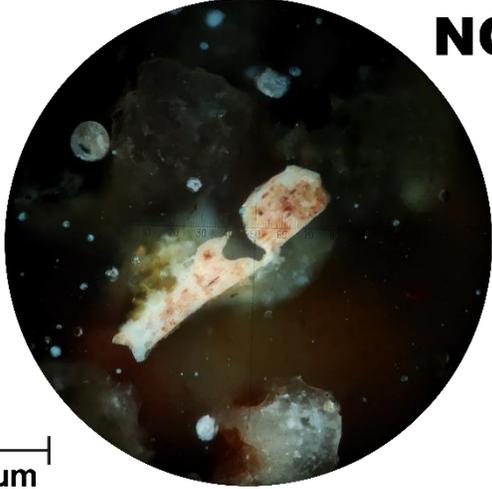
MUESTRA 4727P – RUTILO 4727-13-2			
			
LR		NC	
			
Tamaño del rutilo (μm)	142	Tamaño de grano (μm)	181
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática masiva.		

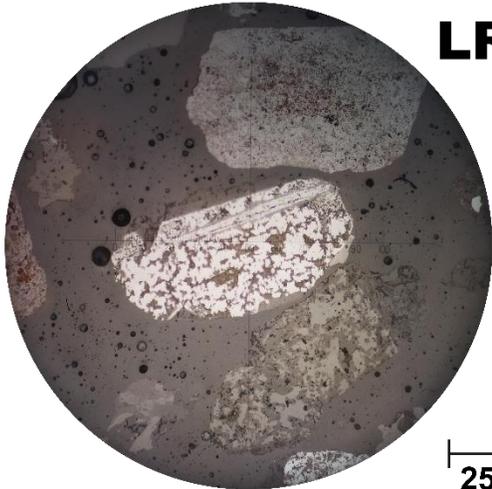
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-1			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	490	Tamaño de grano (µm)	497
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura prismática y de superficie levemente porosa y rugosa.		

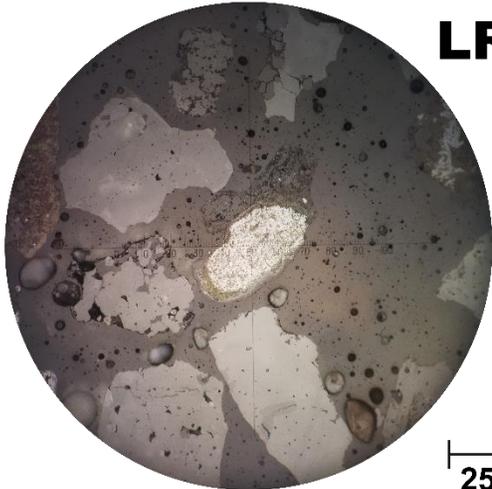
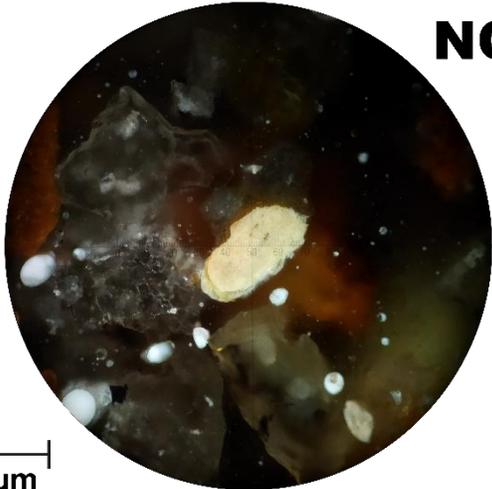
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-2			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	249	Tamaño de grano (µm)	413
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura lamelar a prismática, con superficie porosa y rugosa.		

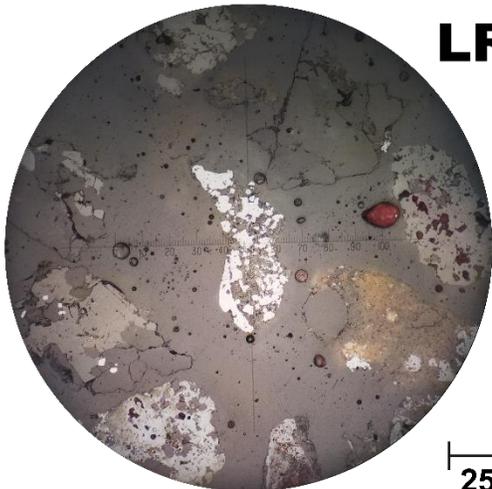
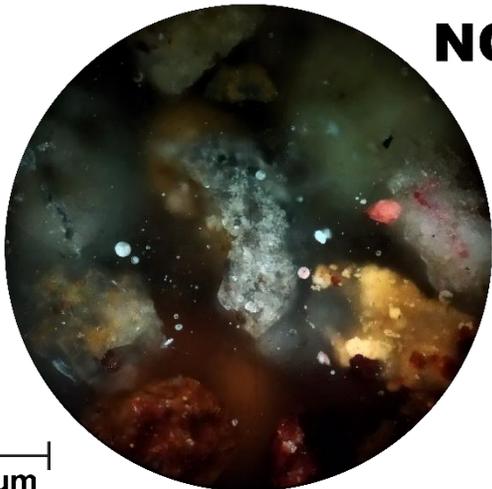
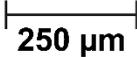
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-3			
			
Tamaño del rutilo (µm)	190	Tamaño de grano (µm)	377
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Textura prismática a lamelar.		

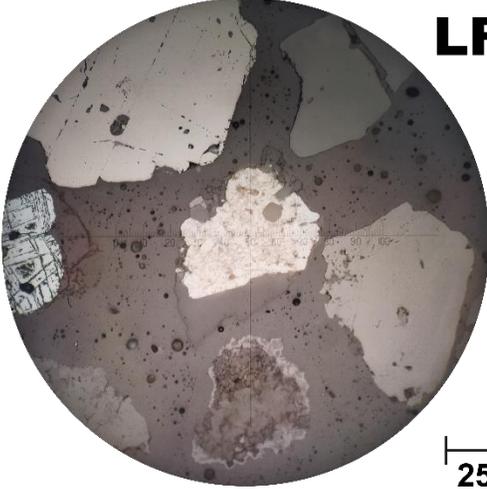
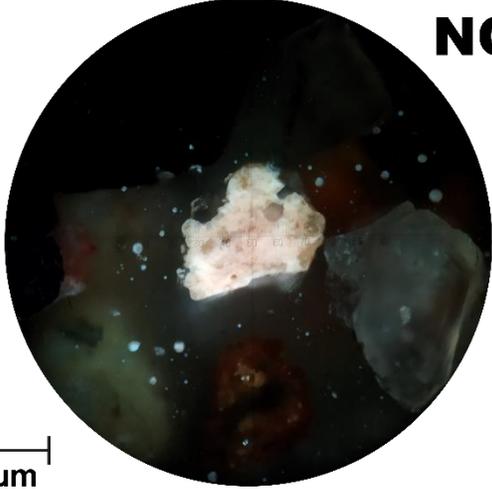
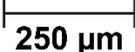
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-4			
			
Tamaño del rutilo (µm)	263	Tamaño de grano (µm)	519
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Textura prismática, de superficie porosa y rugosa.		

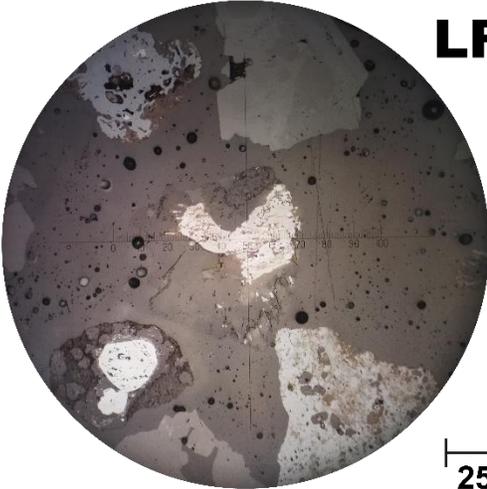
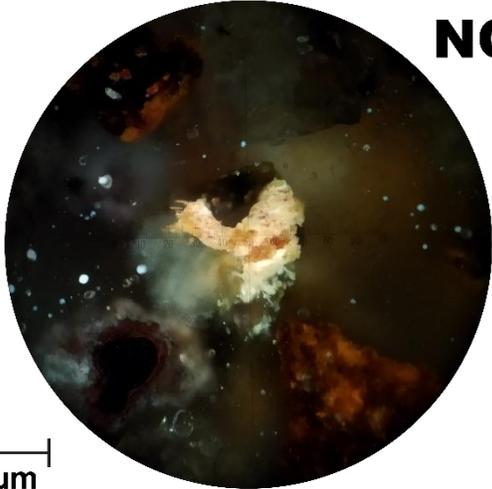
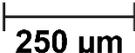
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-5			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	506	Tamaño de grano (μm)	506
Descripción	Rutilo central con no metálicos a los bordes (micas y cuarzo). Grano subangular y de esfericidad muy baja. Textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa. Se observa un rutilo levemente más oscuro mezclado con otro más claro.		

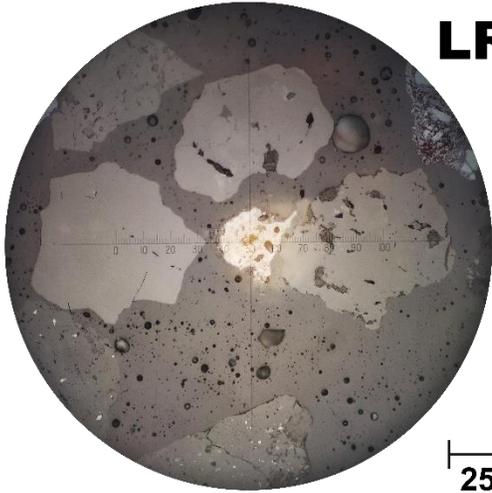
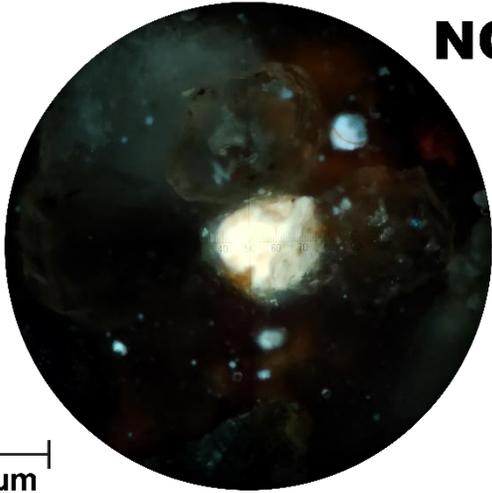
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-6			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	470	Tamaño de grano (μm)	470
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura prismática e intercrecimiento con no-metálicos.		

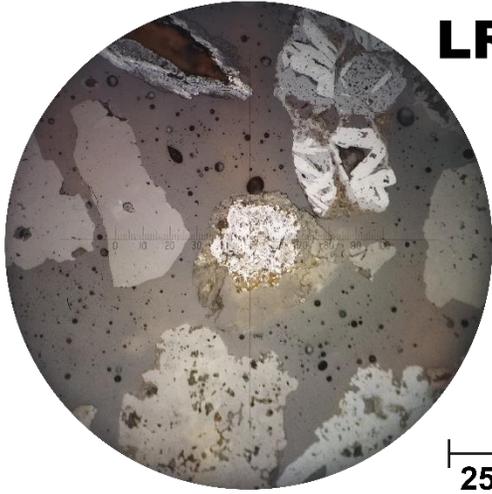
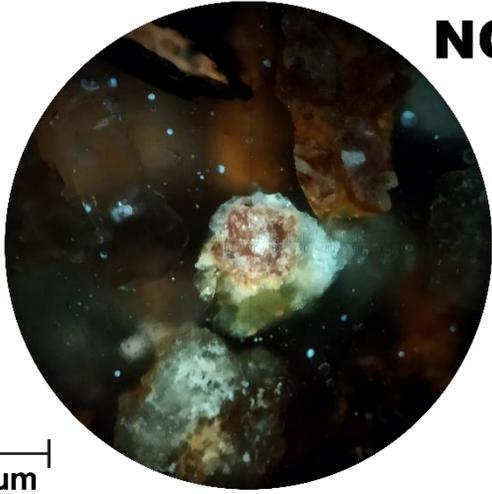
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-7			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	220	Tamaño de grano (µm)	350
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Textura prismática, con superficie muy porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

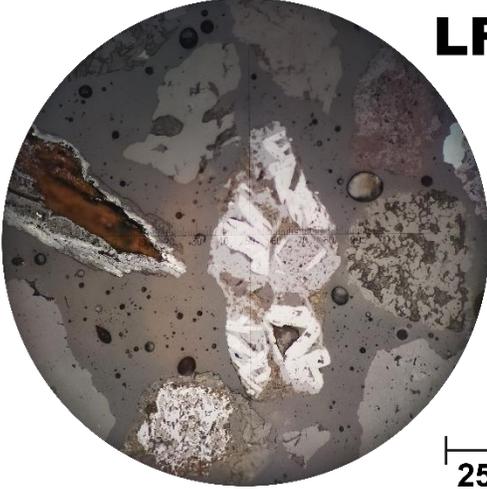
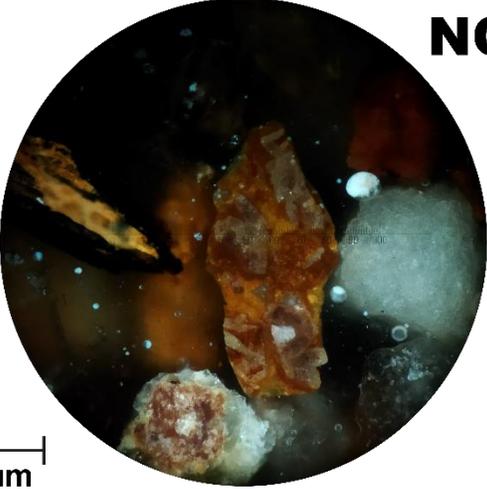
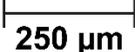
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-8			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	340	Tamaño de grano (µm)	340
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad muy baja. Textura prismática y en intercrecimiento con no-metálicos.		

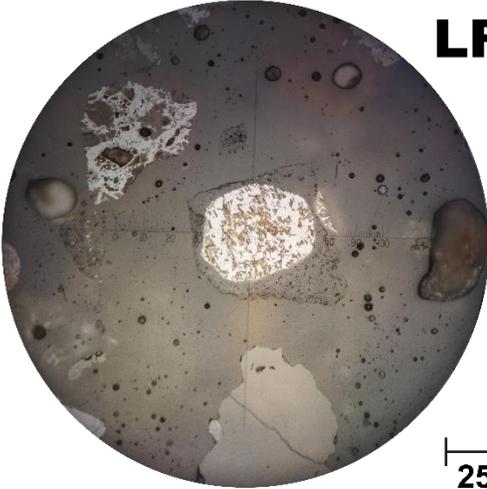
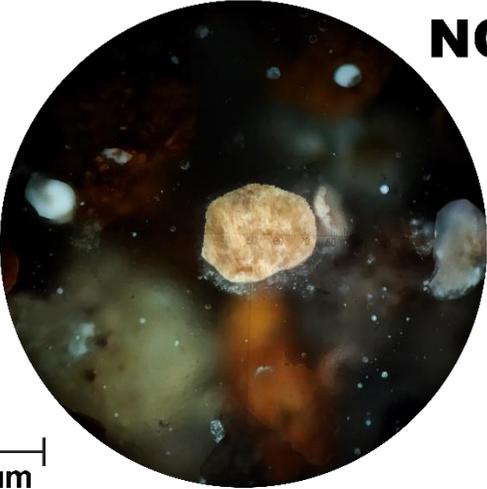
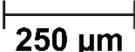
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-9			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	294	Tamaño de grano (µm)	411
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (silicatos). Grano subredondeado, de esfericidad media a baja. Textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa.		

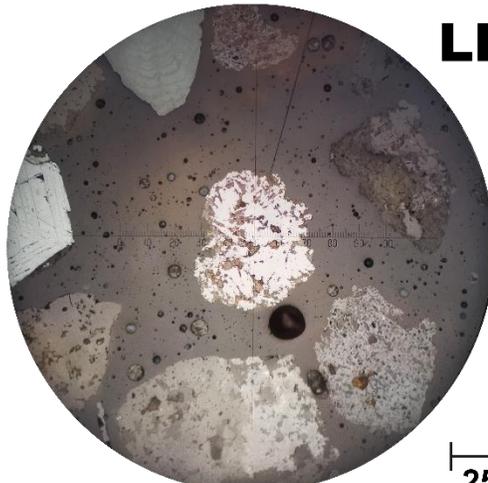
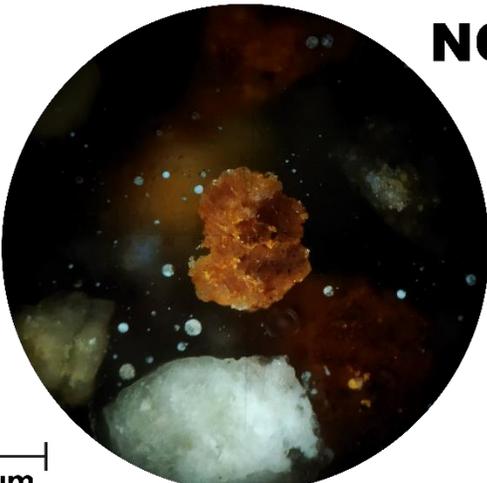
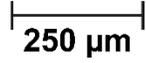
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-10			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	234	Tamaño de grano (µm)	354
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Textura prismática, con superficie levemente rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos. Se aprecia un rutilo más claro en intercrecimiento con otro levemente más oscuro.		

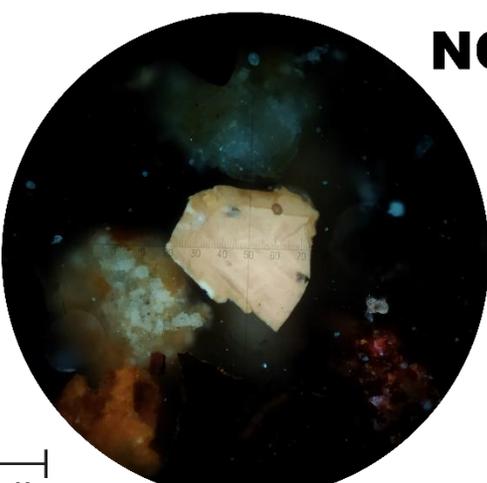
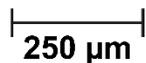
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-11			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	166	Tamaño de grano (μm)	166
Descripción	Grano monomineral subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

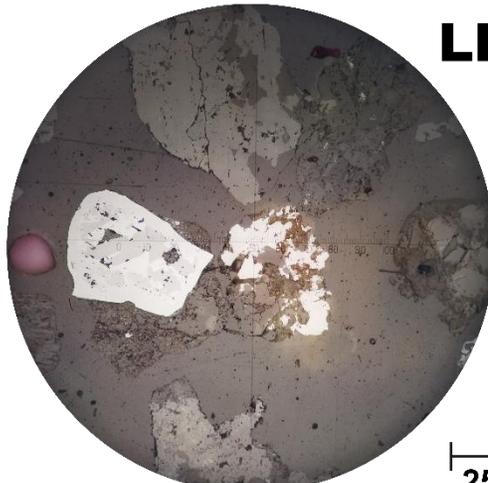
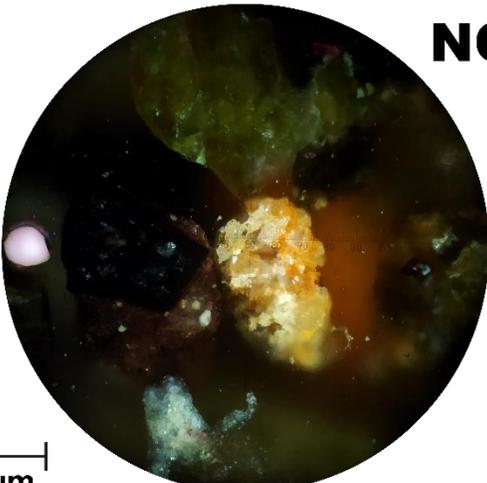
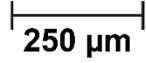
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-12-1			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	186	Tamaño de grano (μm)	288
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media a baja. Textura acicular, con superficie levemente porosa y rugosa. Se aprecia un rutilo más oscuro rodeado por rutilo claro acicular.		

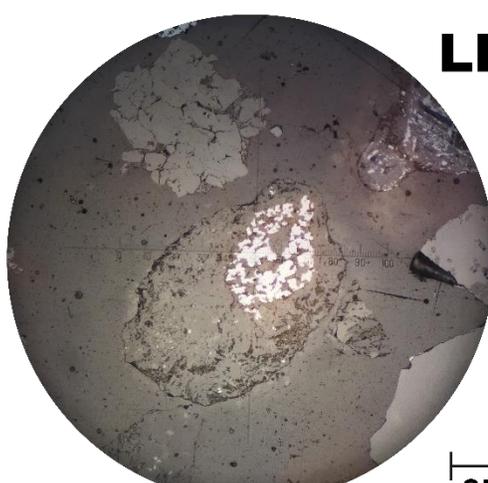
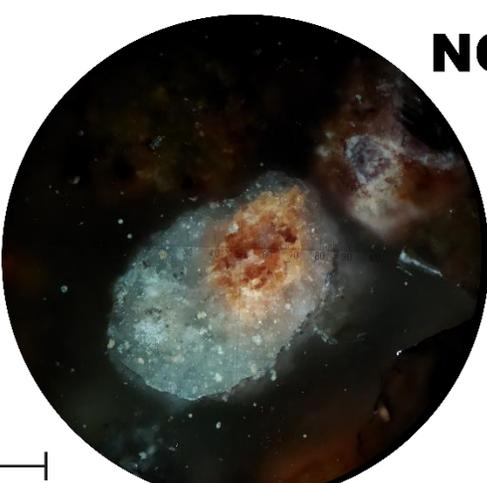
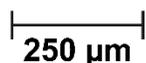
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-12-2			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	202	Tamaño de grano (µm)	530
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo) e ilmenita. Grano subredondeado, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura lamelar, en intercrecimiento con ilmenita. Se observan inclusiones de no metálicos.		

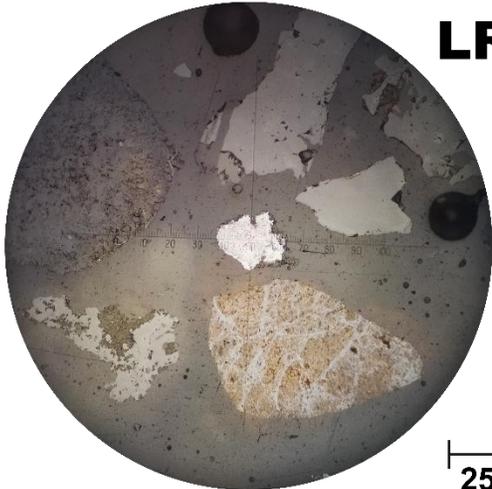
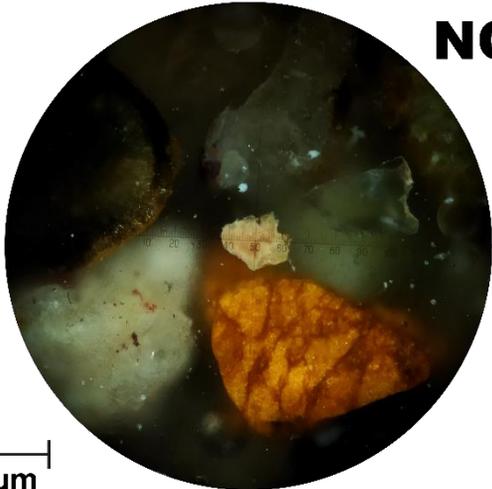
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-13			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	225	Tamaño de grano (µm)	357
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con áreas rugosas. Se observan inclusiones de no metálicos.		

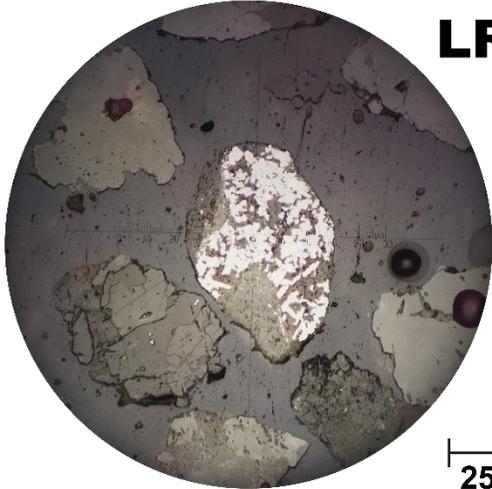
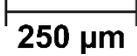
MUESTRA 4730P – RUTILO 4730-14			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	270	Tamaño de grano (µm)	270
Descripción	Grano monomineral subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática y textura acicular en zonas de menor desarrollo. Se observa inclusiones e intercrecimiento de minerales no metálicos (micas).		

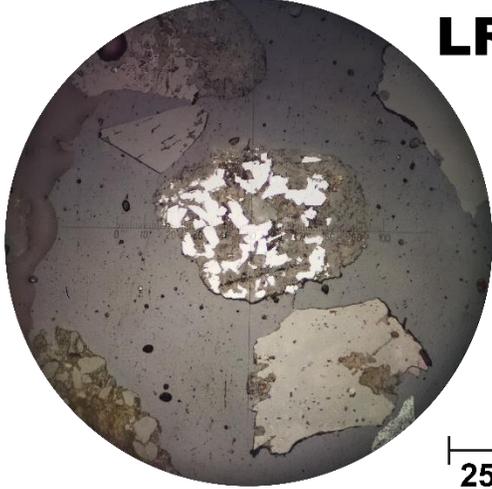
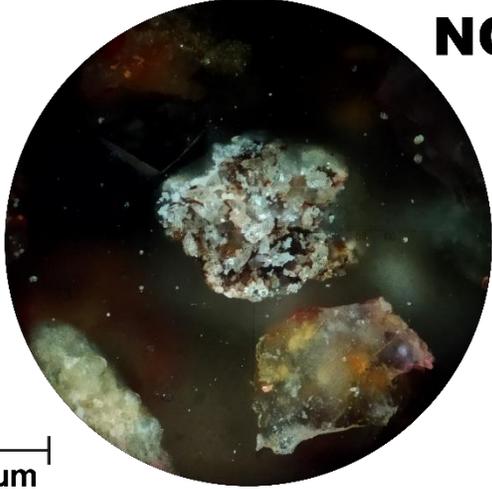
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-1			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	305	Tamaño de grano (µm)	305
Descripción	Grano monomineral de rutilo subangular, de esfericidad media a baja. Textura prismática masiva, con superficie levemente porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

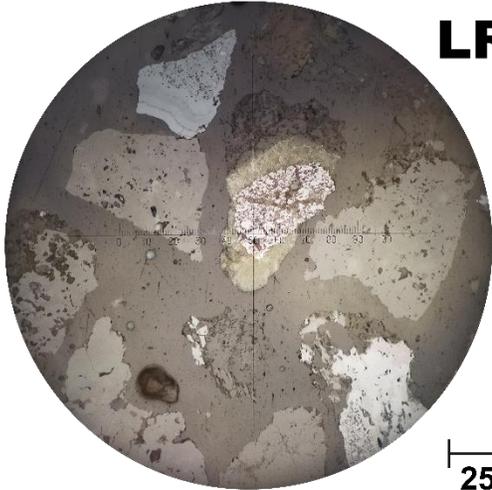
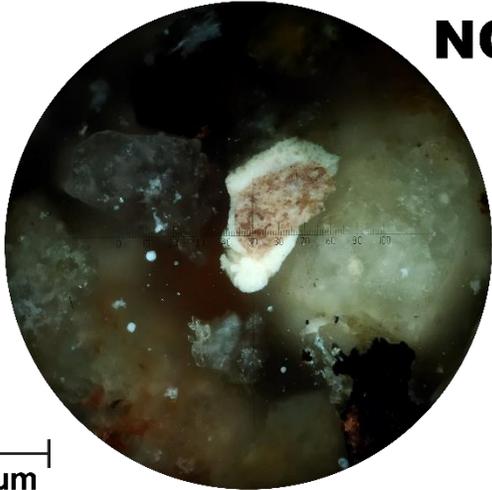
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-2			
 LR		 NC	
			
Tamaño del rutilo (µm)	268	Tamaño de grano (µm)	268
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media a baja. Textura prismática.		

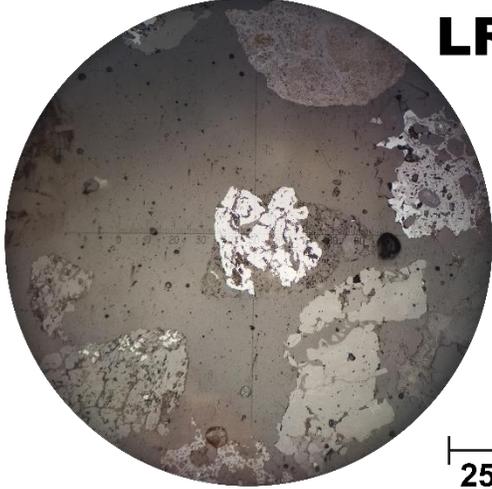
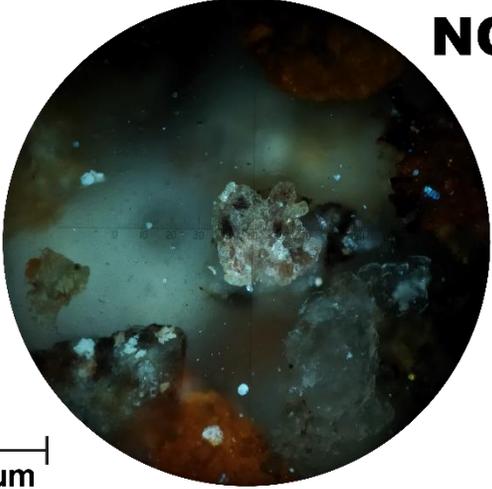
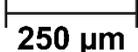
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-3			
 LR		 NC	
			
Tamaño del rutilo (µm)	244	Tamaño de grano (µm)	495
Descripción	Fase mixta de rutilos con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Textura prismática, en intercrecimiento con cuarzo.		

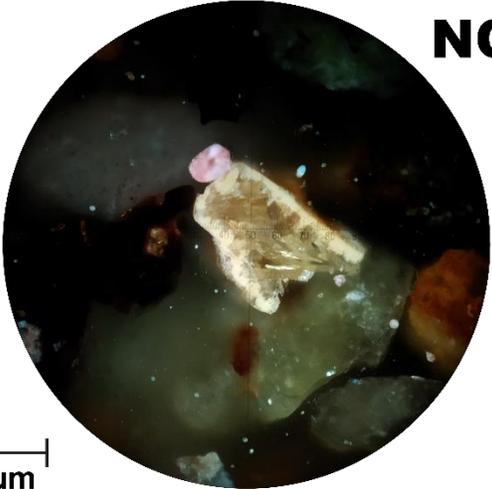
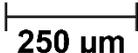
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-4			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	134	Tamaño de grano (µm)	166
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos a los bordes (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media. Textura del rutilo prismática, con superficie levemente porosa y rugosa.		

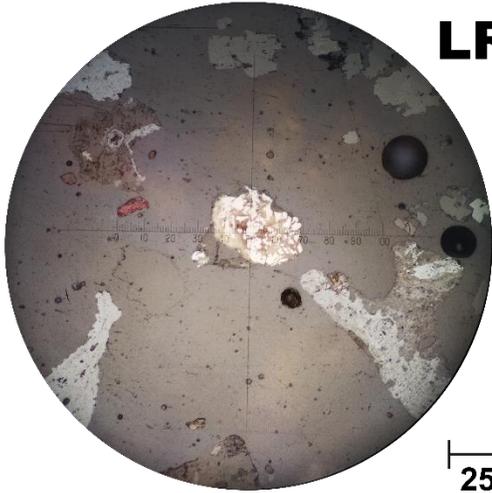
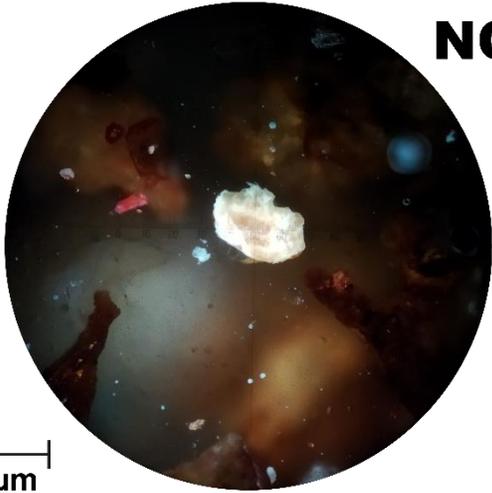
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-5-1			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	294	Tamaño de grano (µm)	396
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura prismática y lamelar en zonas de menor desarrollo, en intercrecimiento con no-metálicos.		

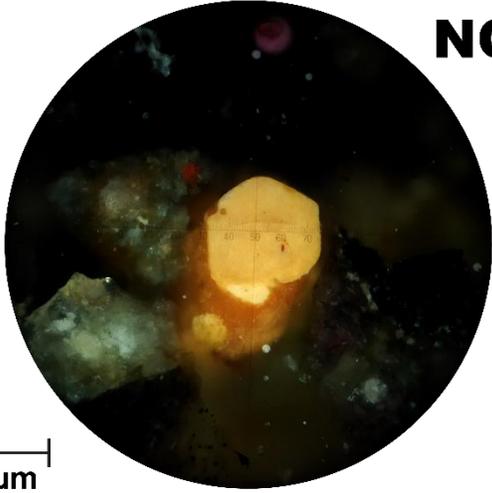
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-5-2			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	359	Tamaño de grano (μm)	422
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Textura prismática y en intercrecimiento con no metálicos.		

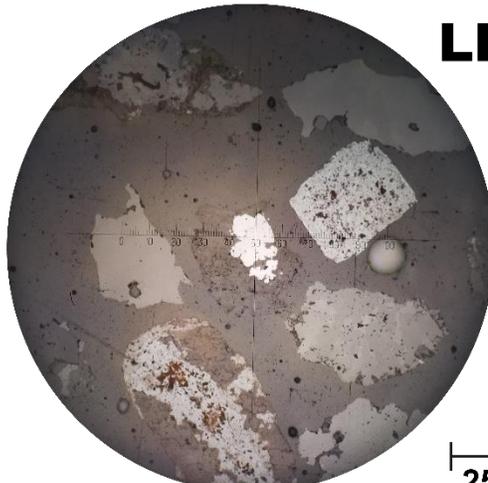
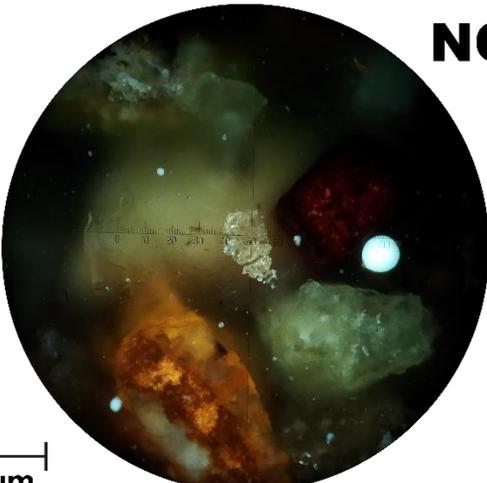
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-6			
			
		250 μm	
Tamaño del rutilo (μm)	222	Tamaño de grano (μm)	390
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad muy baja. Textura prismática, con superficie porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

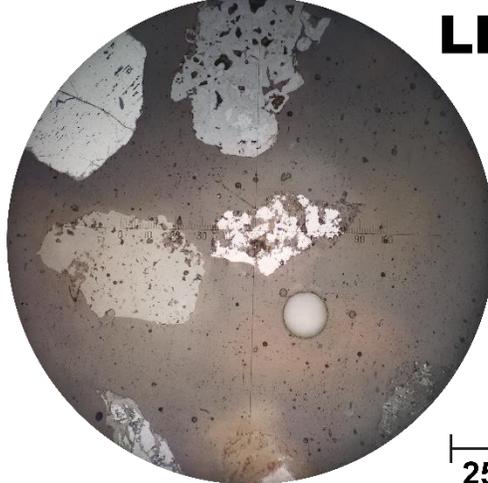
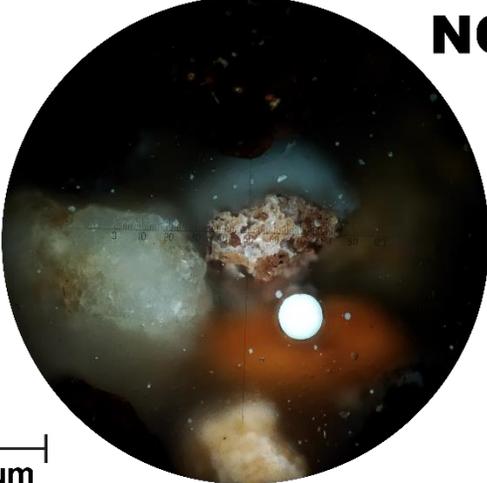
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-7			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	222	Tamaño de grano (μm)	347
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática y en intercrecimiento con no metálicos.		

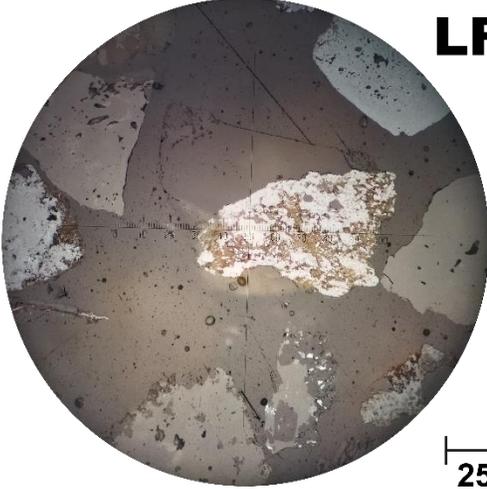
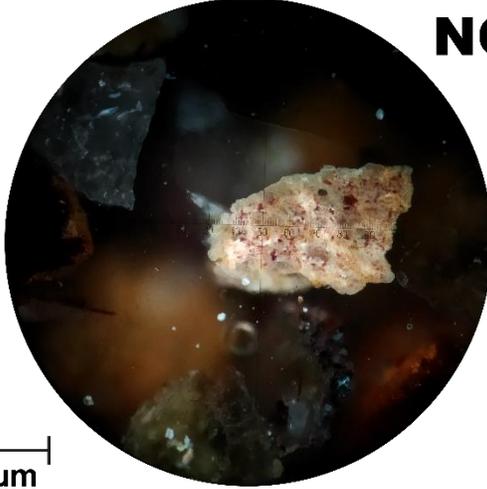
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-8			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	336	Tamaño de grano (μm)	336
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura lamelar y prismática a los bordes del grano. Se observan inclusiones de no metálicos.		

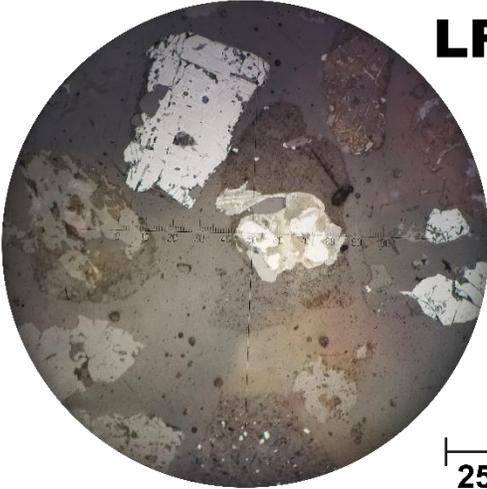
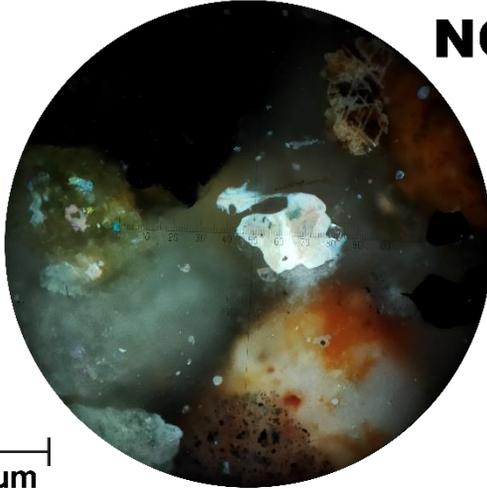
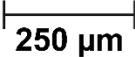
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-9			
			
Tamaño del rutilo (μm)	192	Tamaño de grano (μm)	221
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (silicatos). Grano subangular, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente rugosa.		

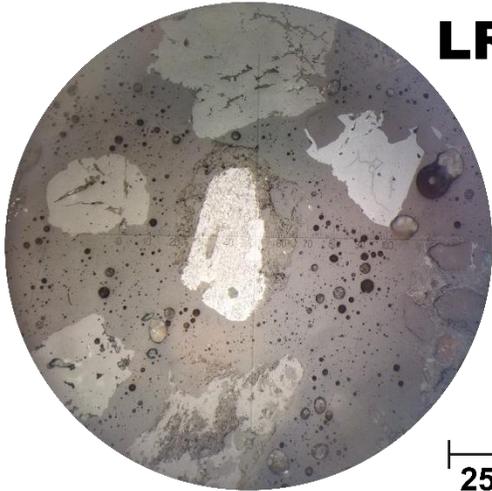
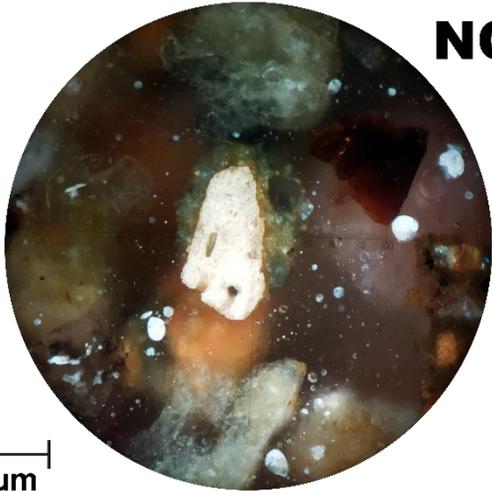
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-10			
			
Tamaño del rutilo (μm)	245	Tamaño de grano (μm)	345
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática a acicular, con superficie levemente porosa y rugosa.		

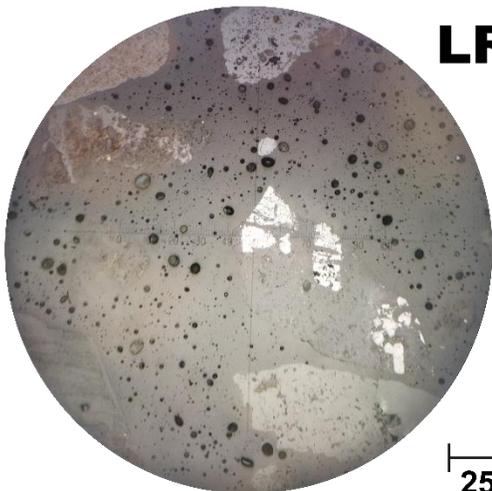
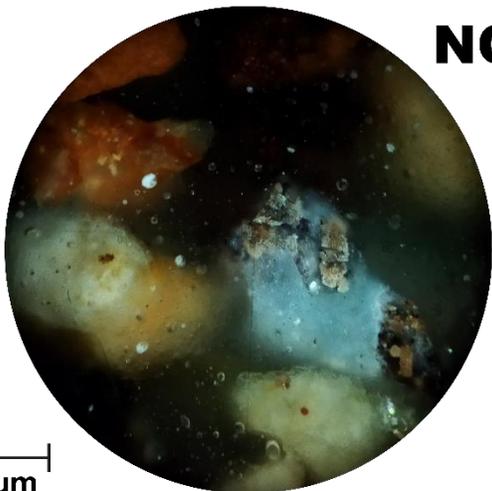
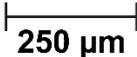
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-11			
			
Tamaño del rutilo (μm)	144	Tamaño de grano (μm)	245
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática.		

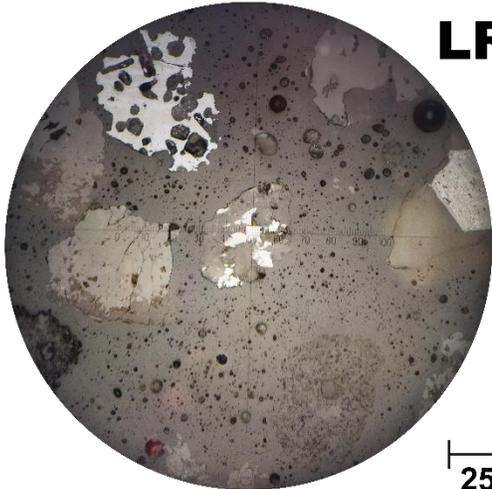
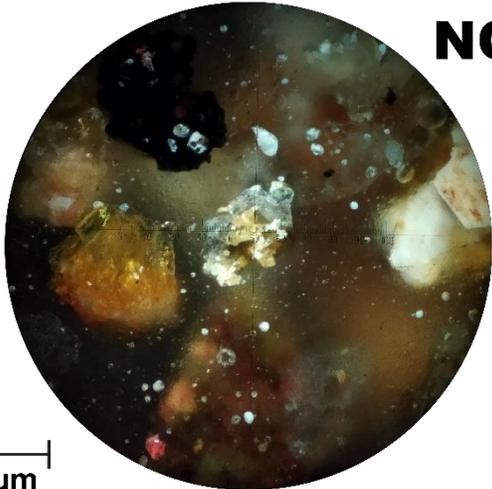
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-12			
			
Tamaño del rutilo (μm)	261	Tamaño de grano (μm)	307
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura prismática a lamelar. Se observan inclusiones de no metálicos.		

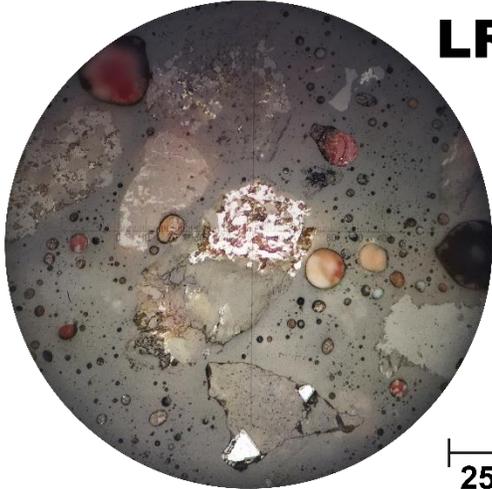
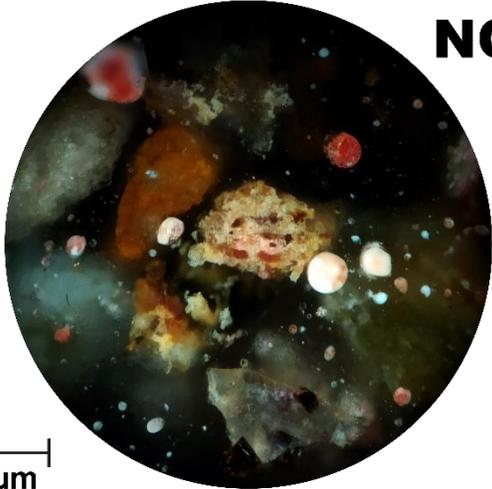
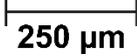
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-13			
 LR		 NC	
 250 μm			
Tamaño del rutilo (μm)	417	Tamaño de grano (μm)	417
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con superficie rugosa en zonas de menor desarrollo. Se observan inclusiones de no metálicos.		

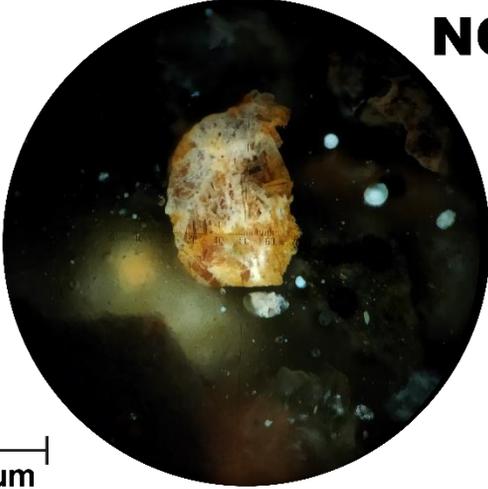
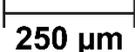
MUESTRA 4731P – RUTILO 4731-14			
 LR		 NC	
 250 μm			
Tamaño del rutilo (μm)	258	Tamaño de grano (μm)	450
Descripción	Fase mixta con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa en algunas zonas. Se observan inclusiones de cuarzo.		

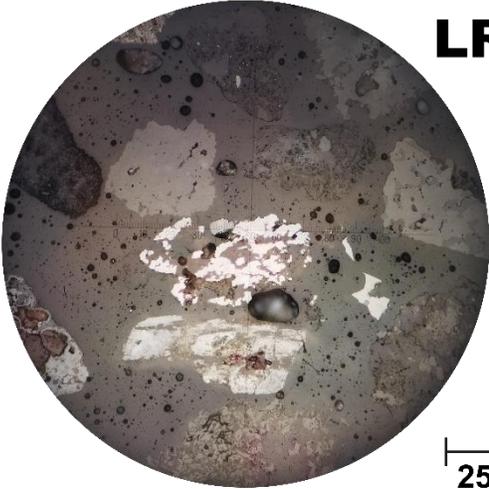
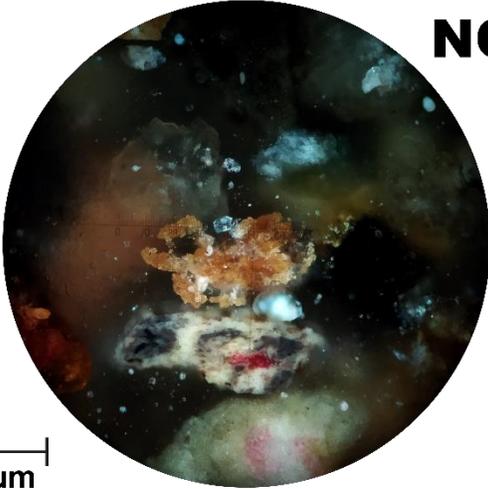
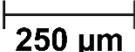
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-1			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	293	Tamaño de grano (µm)	344
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con superficie porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

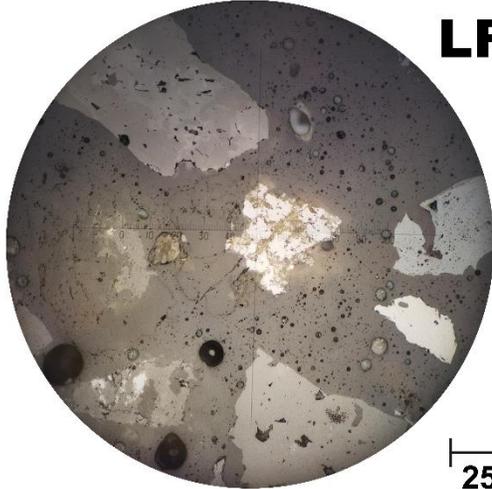
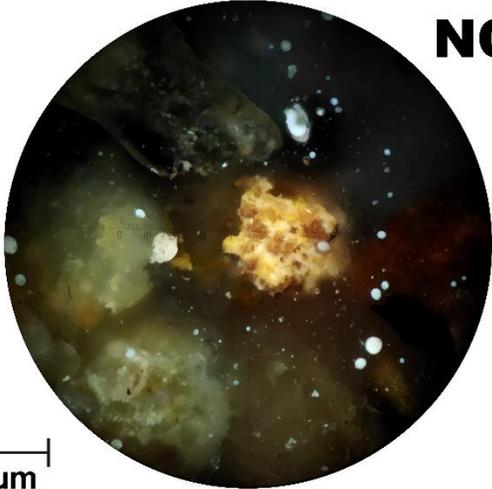
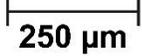
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-2			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	138	Tamaño de grano (µm)	481
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media muy baja. Rutilo de textura prismática, de superficie levemente porosa y rugosa. Se observa en intercrecimiento con no metálicos.		

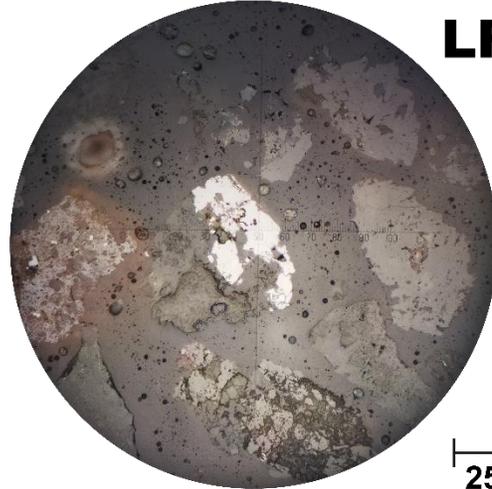
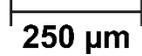
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-3			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	120	Tamaño de grano (µm)	236
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática y parcialmente sumergido en la resina.		

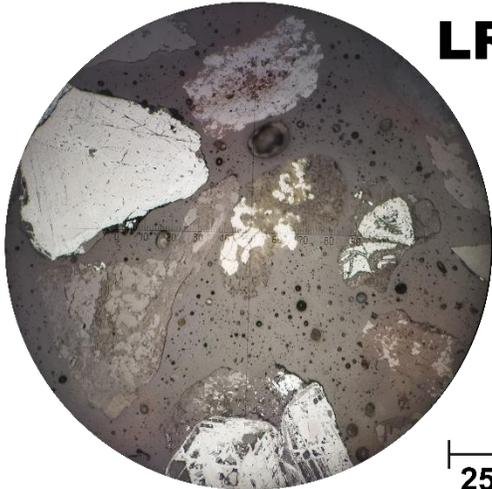
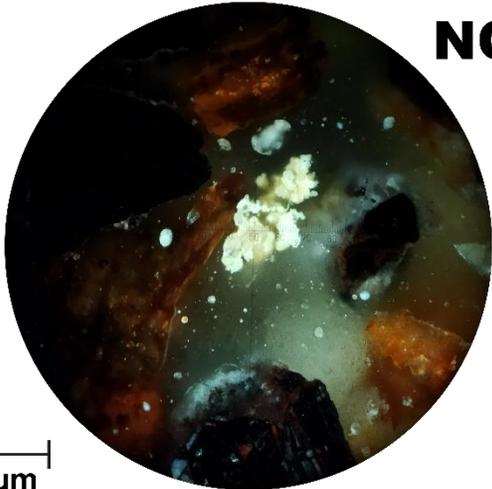
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-4			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	248	Tamaño de grano (µm)	456
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad muy baja. Rutilo de textura prismática a lamelar, con superficie rugosa y con inclusiones de no metálicos (micas y cuarzo).		

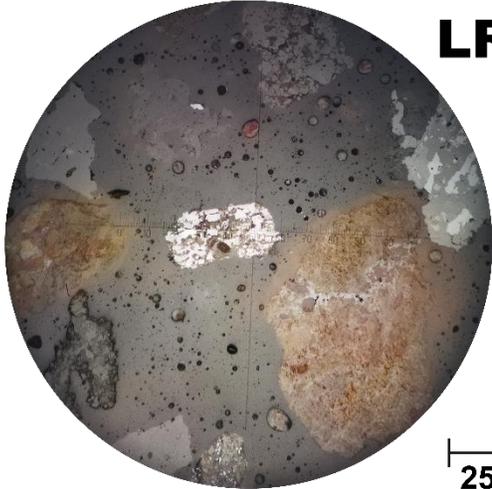
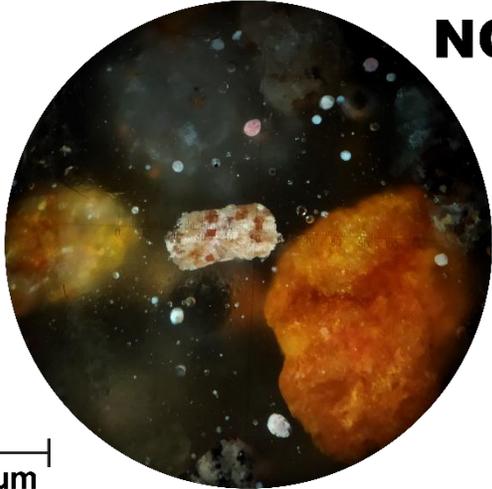
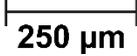
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-5-1			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	391	Tamaño de grano (µm)	391
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura lamelar, con superficie levemente porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

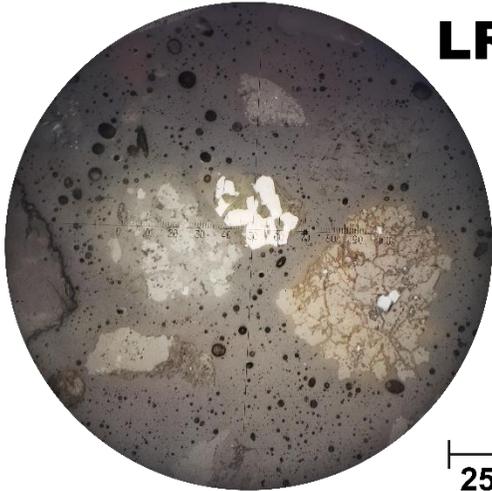
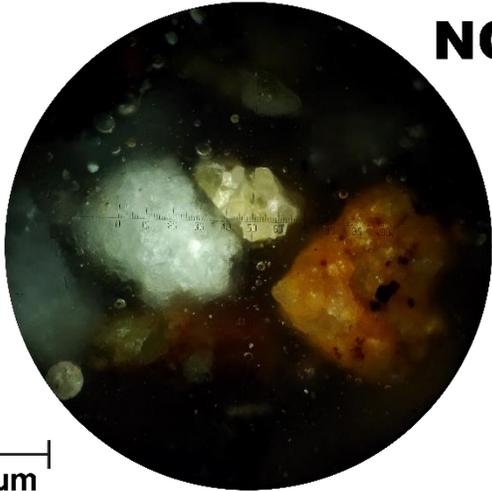
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-5-2			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	329	Tamaño de grano (µm)	329
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática y en intercrecimiento con no-metálicos.		

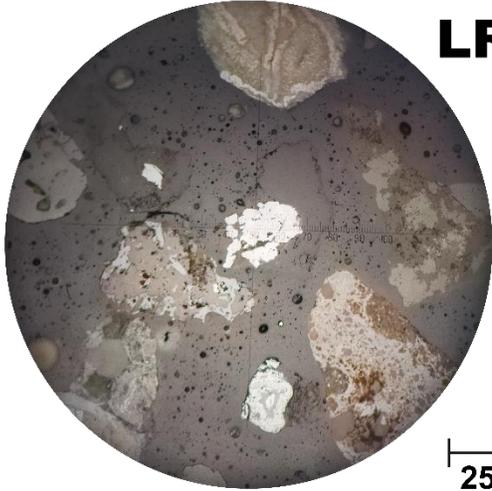
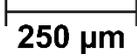
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-6			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	229	Tamaño de grano (µm)	229
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa.		

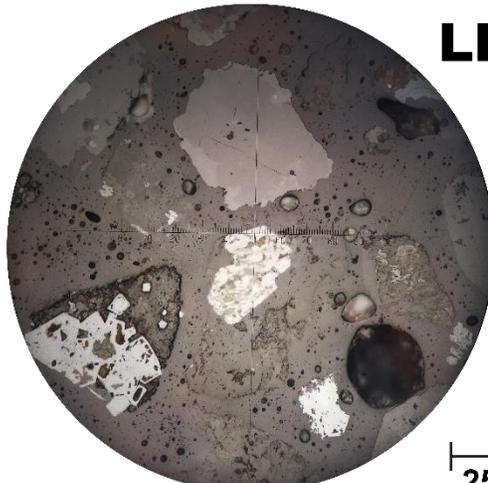
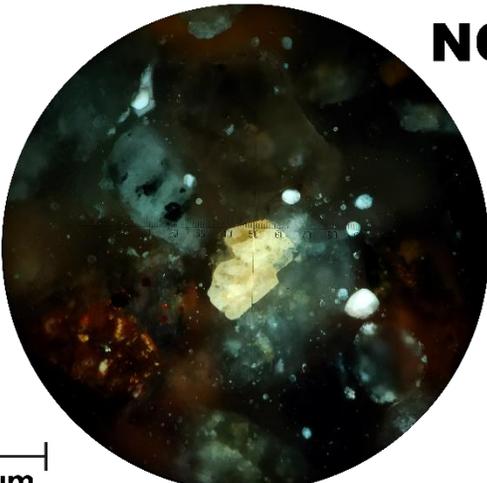
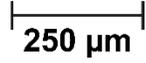
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-7			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	287	Tamaño de grano (µm)	287
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática. Se observan inclusiones de no metálicos.		

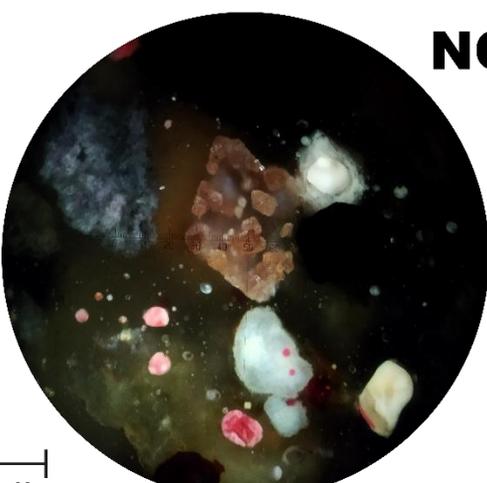
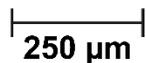
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-8			
			
<p>LR</p>		<p>NC</p>	
 <p>250 μm</p>			
Tamaño del rutilo (μm)	270	Tamaño de grano (μm)	324
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subredondeado, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática.		

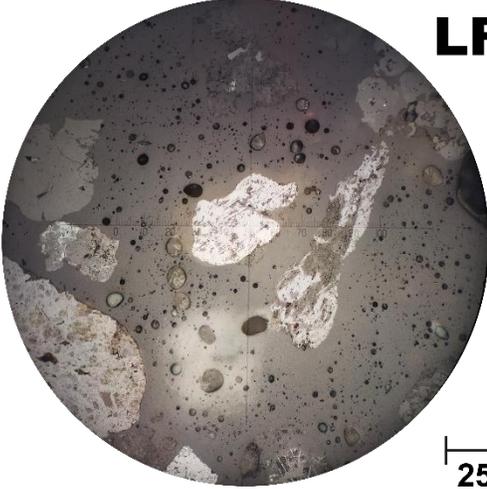
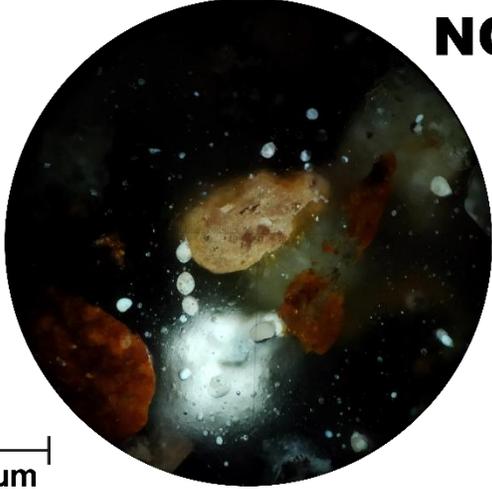
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-9			
			
<p>LR</p>		<p>NC</p>	
 <p>250 μm</p>			
Tamaño del rutilo (μm)	223	Tamaño de grano (μm)	223
Descripción	Monomineral de rutilo. Grano subredondeado, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa en zonas menos desarrolladas. Se observan inclusiones de no metálicos y relleno de resina aprovechando los espacios y rugosidades.		

MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-10			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	180	Tamaño de grano (µm)	187
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática. En intercrecimiento con no-metálicos.		

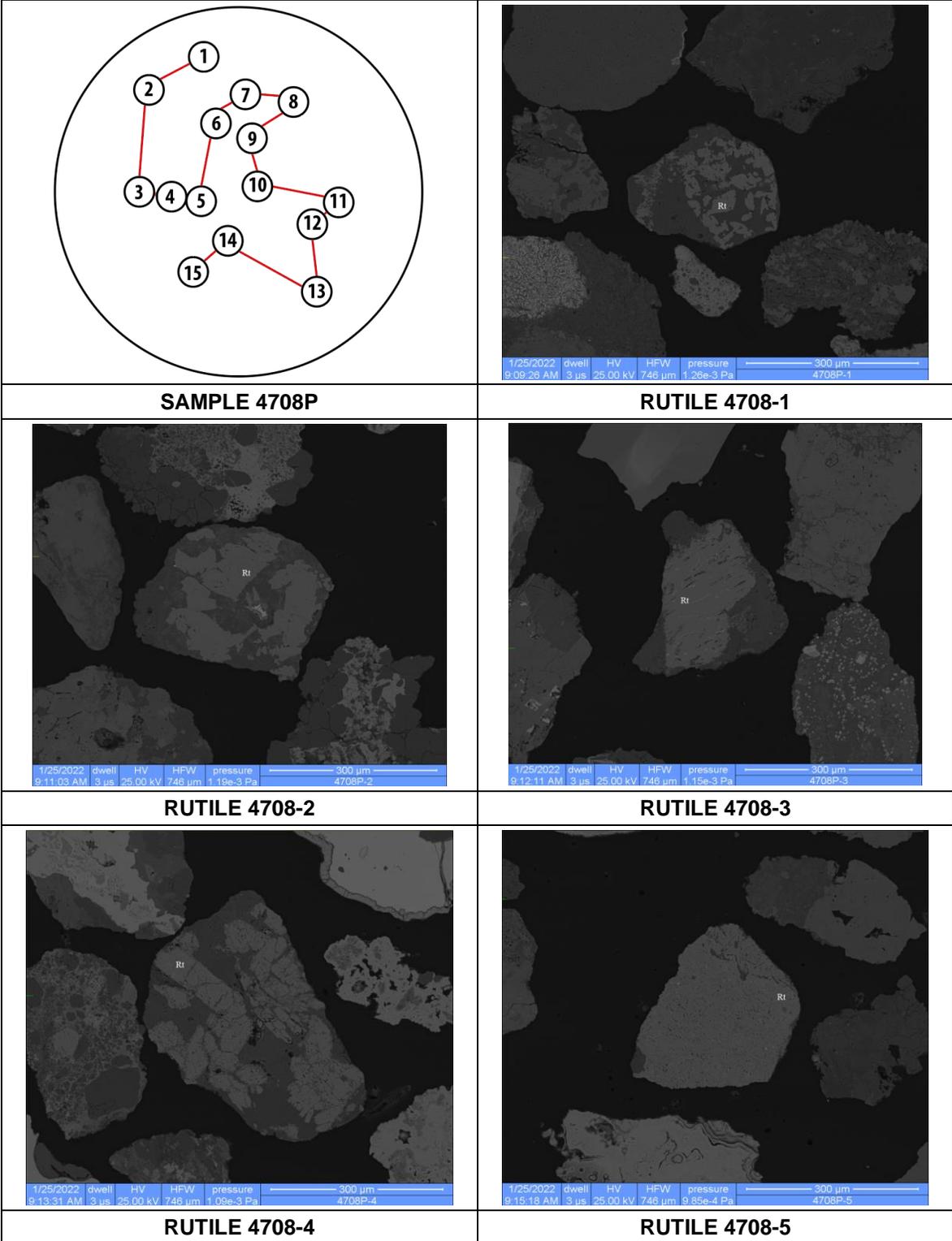
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-11			
			
			
Tamaño del rutilo (µm)	178	Tamaño de grano (µm)	292
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálico (silicato). Grano subangular, de esfericidad baja. Rutilo de textura prismática. Se observan inclusiones de no metálicos.		

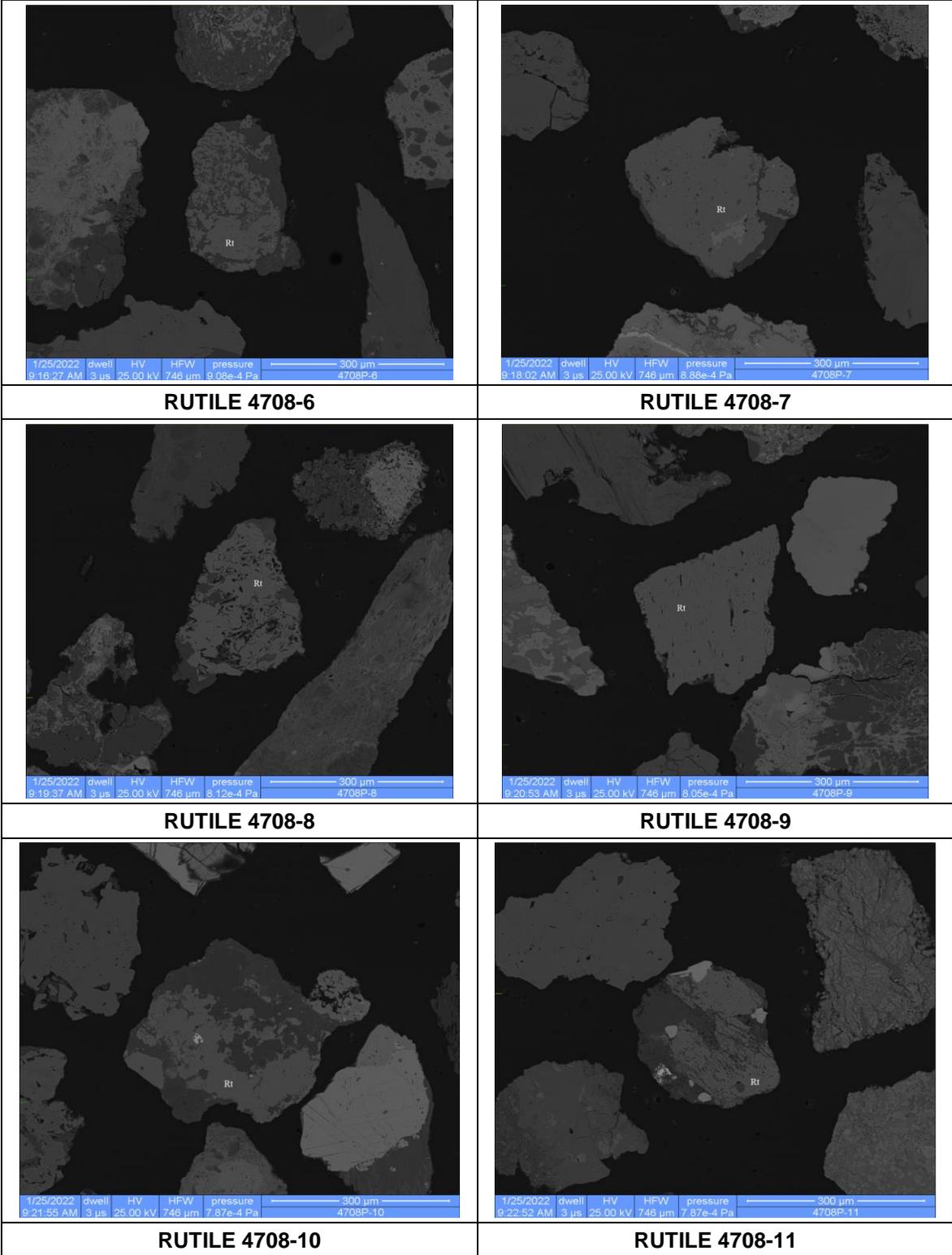
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-12			
 LR		 NC	
			
Tamaño del rutilo (μm)	199	Tamaño de grano (μm)	413
Descripción	Fase mixta de rutilo con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad muy baja. Textura prismática, con superficie levemente porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos.		

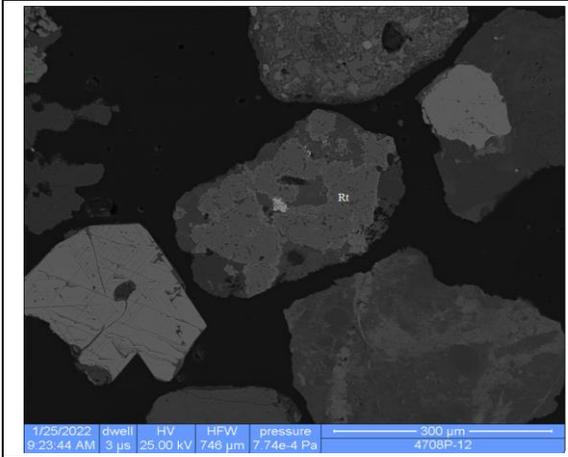
MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-13			
 LR		 NC	
			
Tamaño del rutilo (μm)	98	Tamaño de grano (μm)	330
Descripción	Fase mixta con no metálicos (micas y cuarzo). Grano subangular, de esfericidad baja. Textura prismática masiva, en intercrecimiento con no-metalicos (micas y cuarzo).		

MUESTRA 4732P – RUTILO 4732-14			
			
			
Tamaño del rutilo (μm)	238	Tamaño de grano (μm)	238
Descripción	Grano monomineral de rutilo. Grano subredondeado, de esfericidad media a baja. Rutilo de textura prismática a acicular en zonas de menor desarrollo cristalino y con superficie levemente porosa y rugosa. Se observan inclusiones de no metálicos y rellenos de resina en los espacios.		

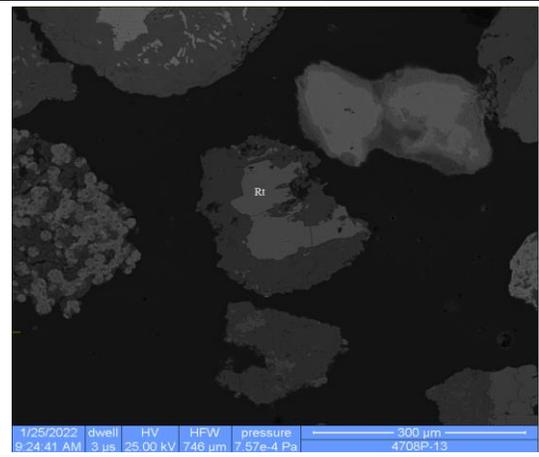
ANEXO III
“Imágenes SEM”.



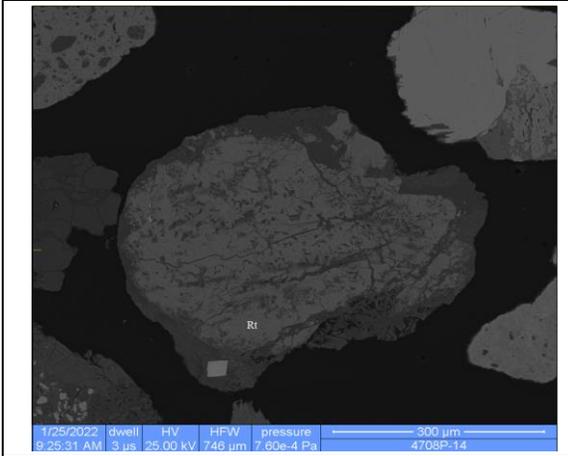




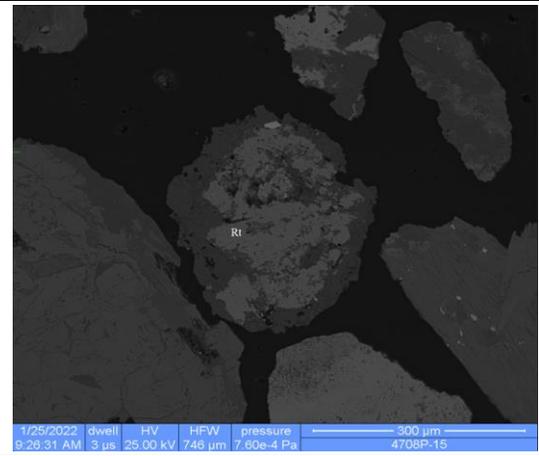
RUTILE 4708-12



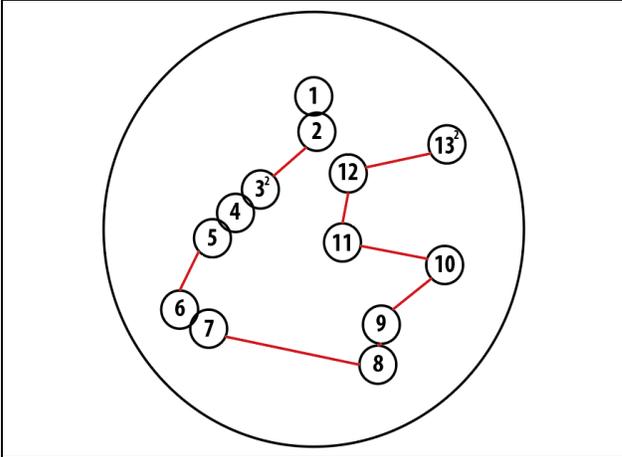
RUTILE 4708-13



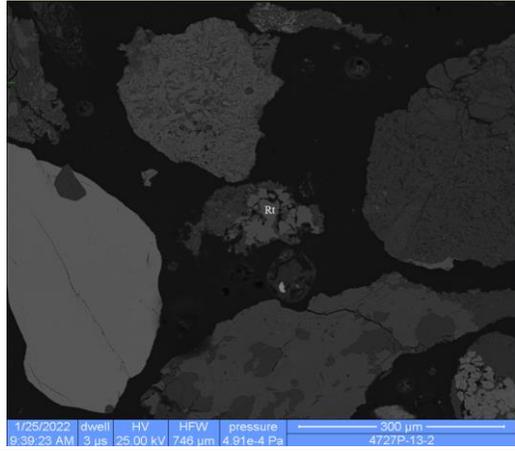
RUTILE 4708-14



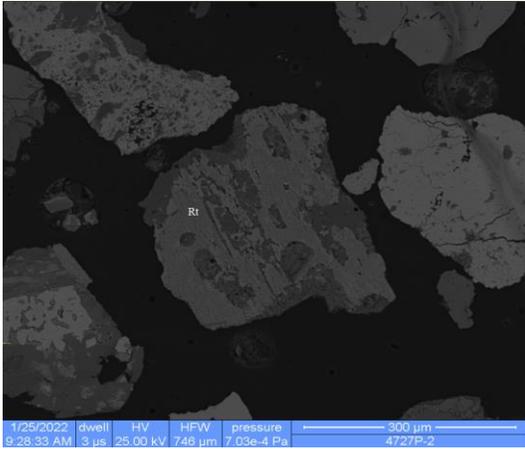
RUTILE 4708-15



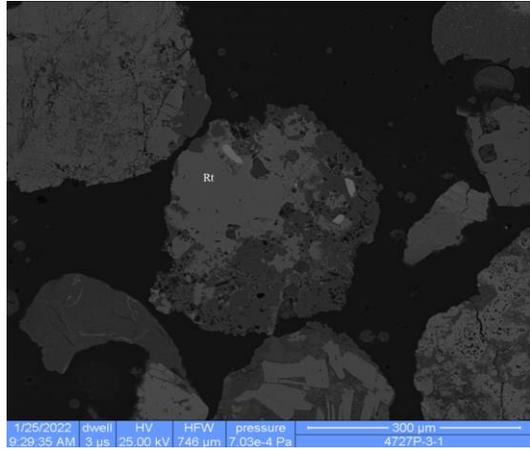
SAMPLE 4727P



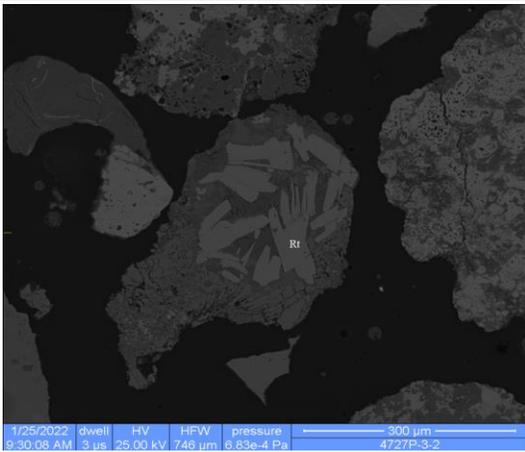
RUTILE 4727-1



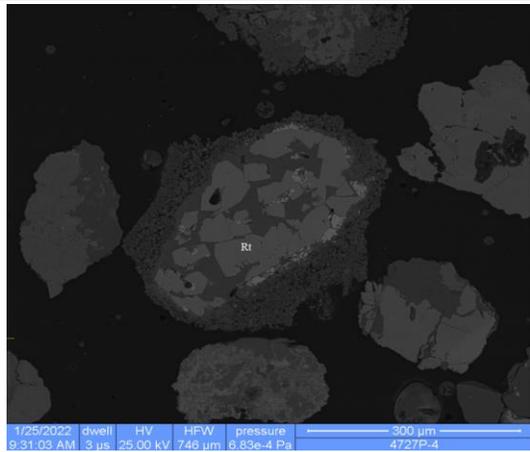
RUTILE 4727-2



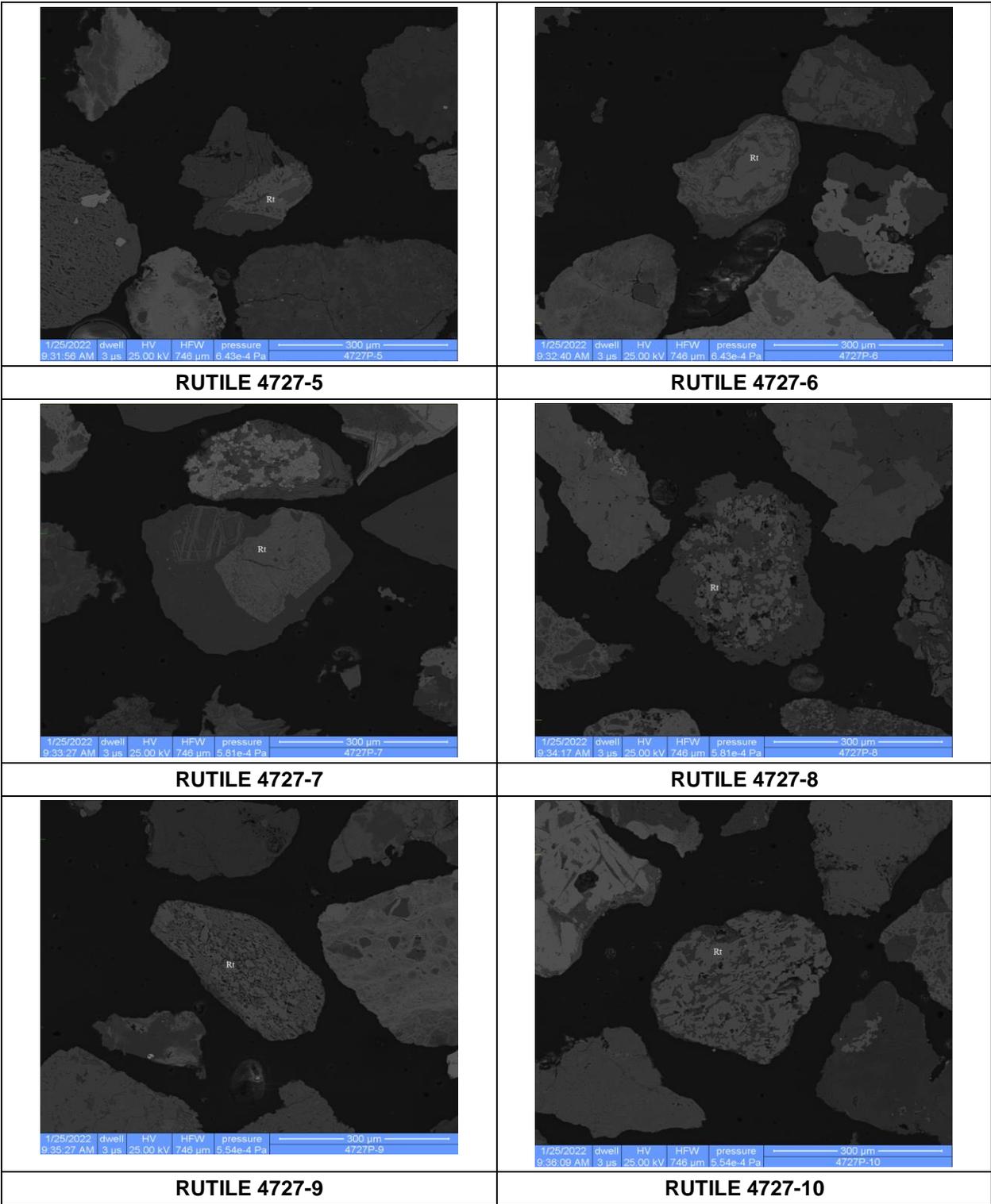
RUTILE 4727-3-1

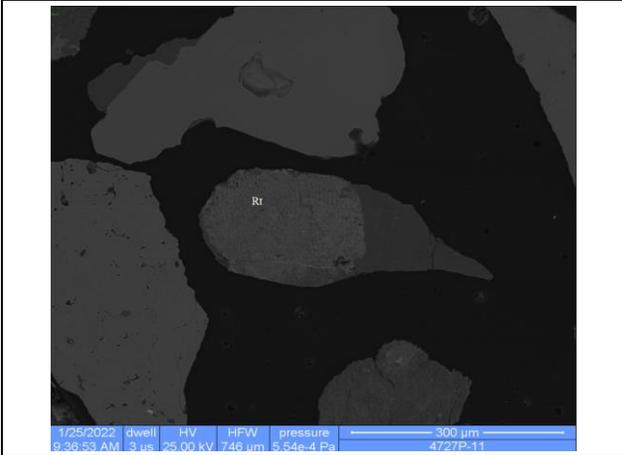


RUTILE 4727-3-2

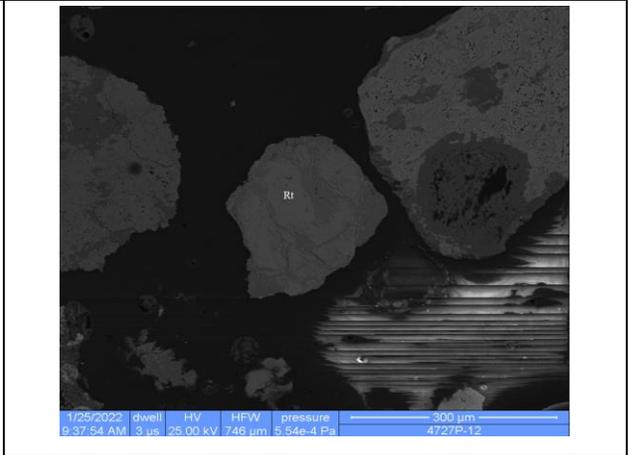


RUTILE 4727-4

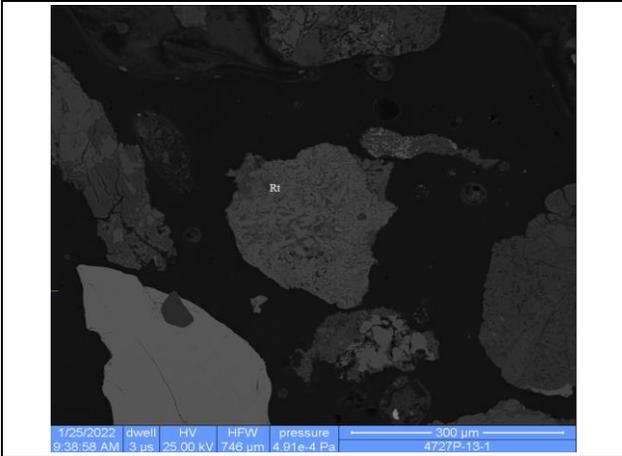




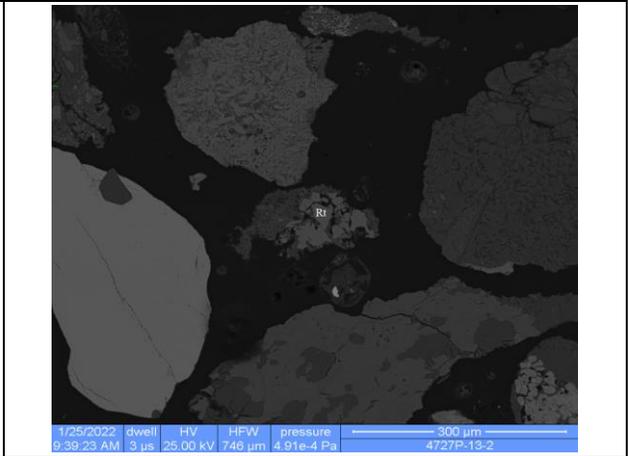
RUTILE 4727-11



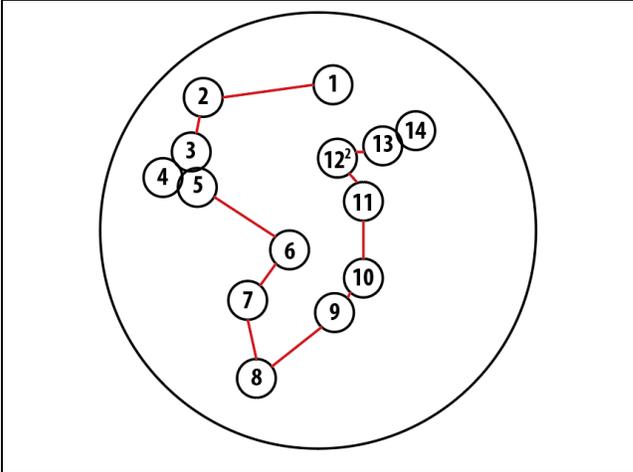
RUTILE 4727-12



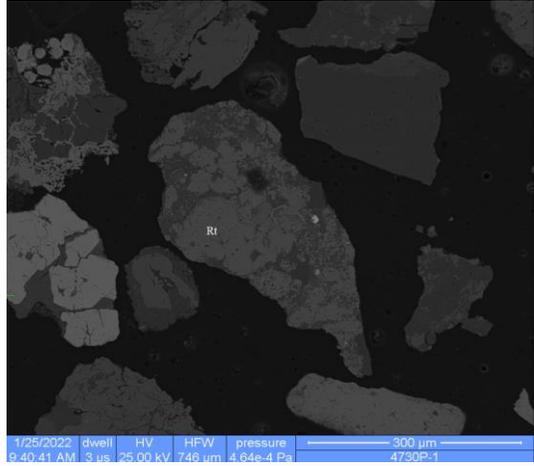
RUTILE 4727-13-1



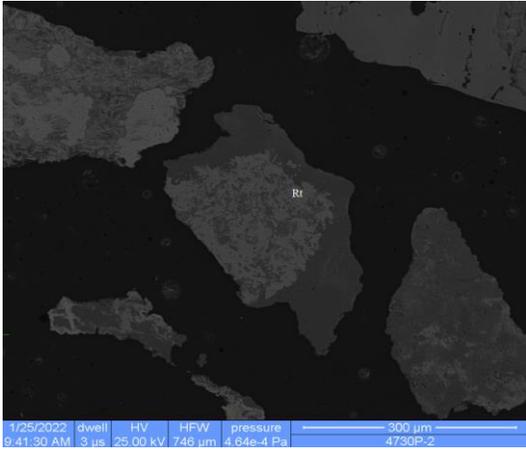
RUTILE 4727-13-2



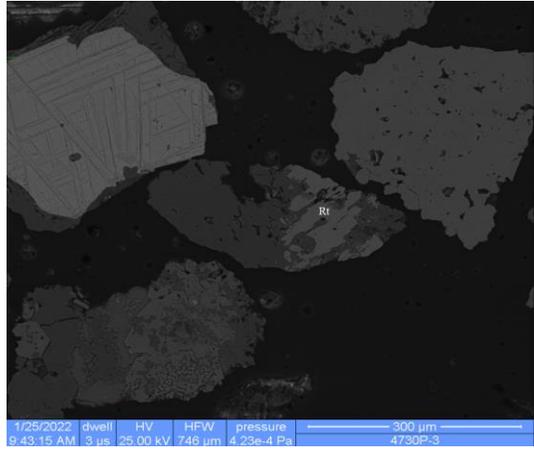
SAMPLE 4730P



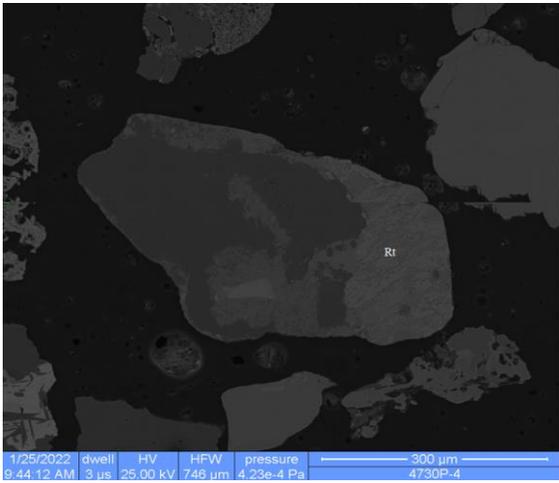
RUTILE 4730-1



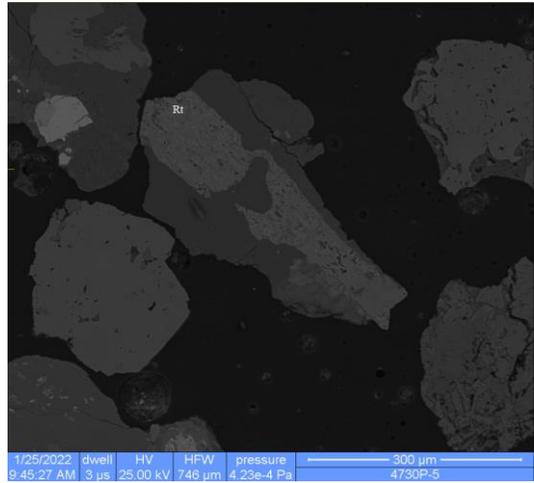
RUTILE 4730-2



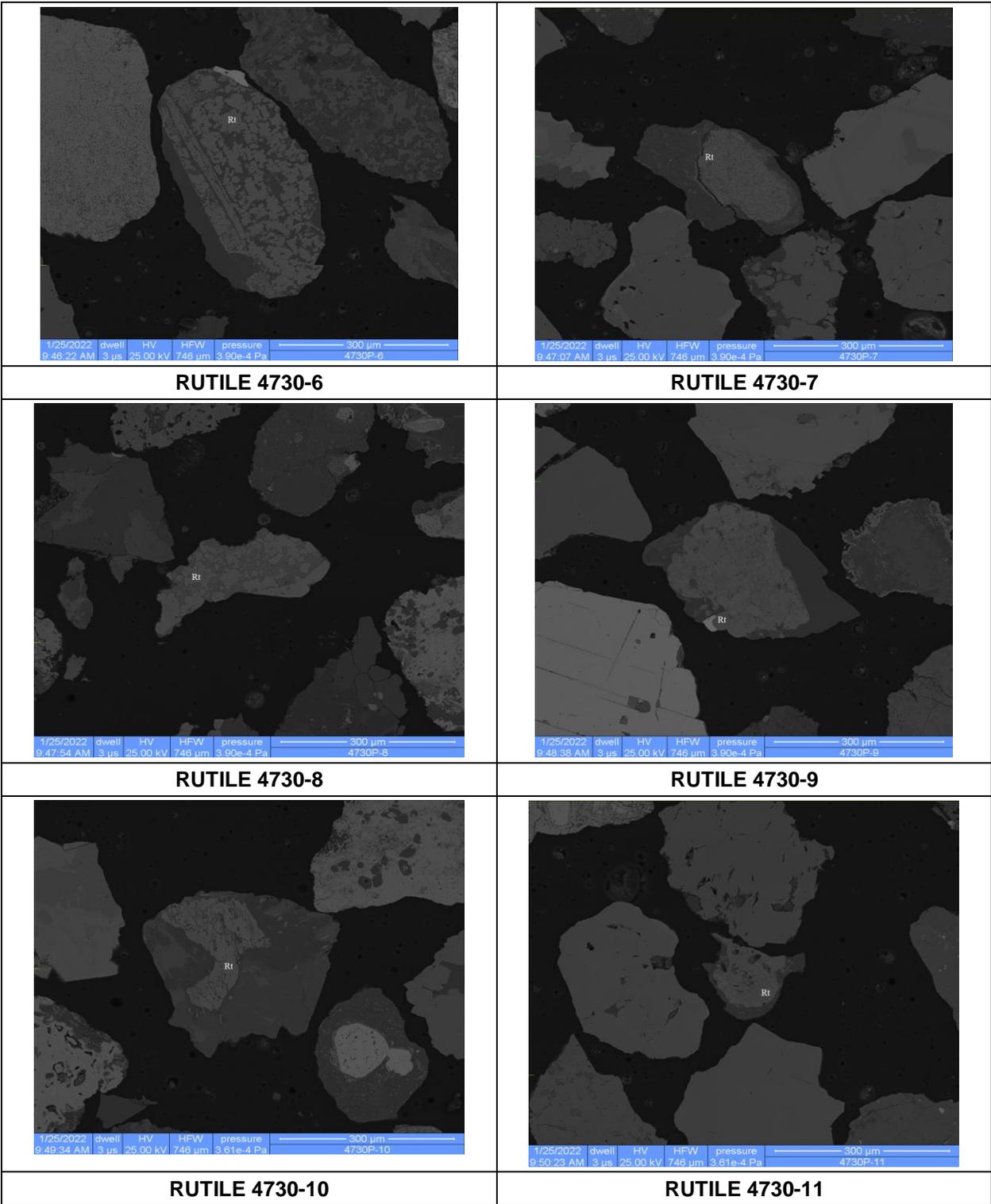
RUTILE 4730-3

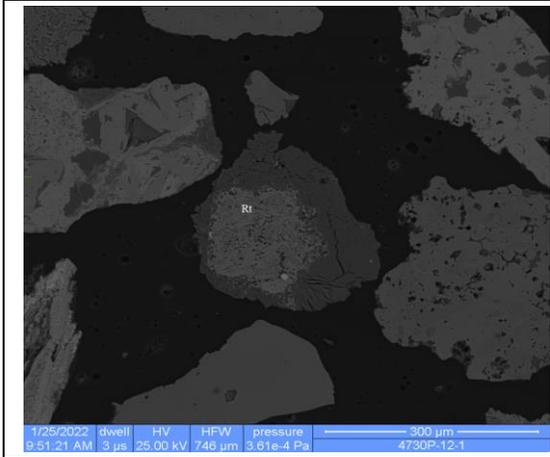


RUTILE 4730-4

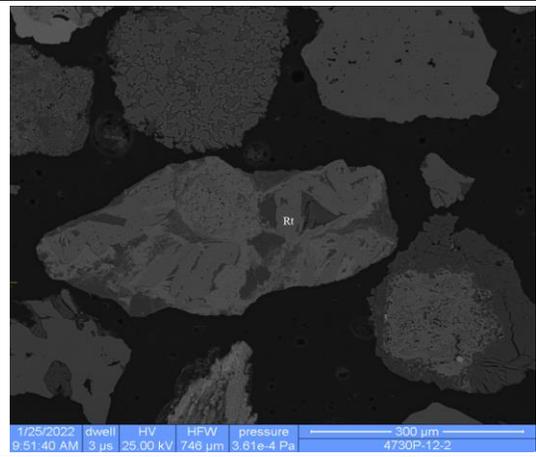


RUTILE 4730-5

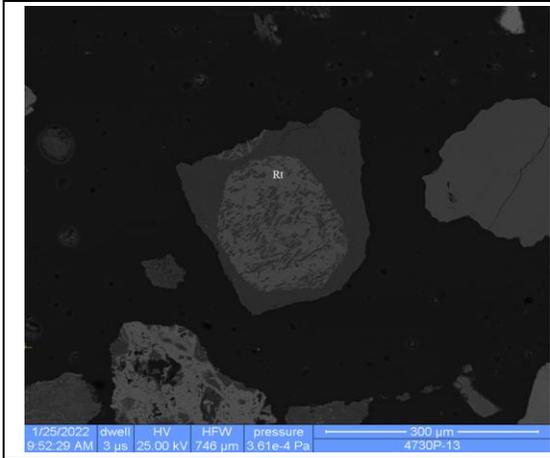




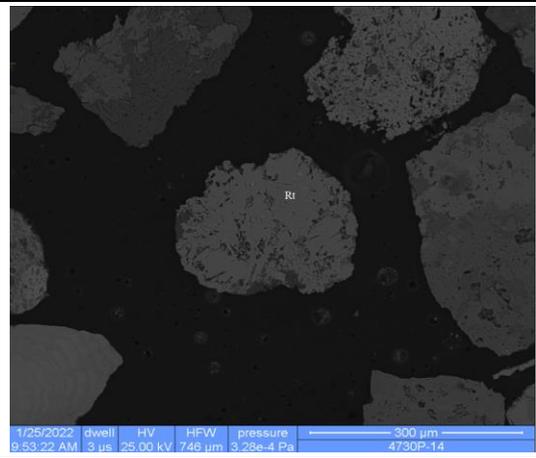
RUTILE 4730-12-1



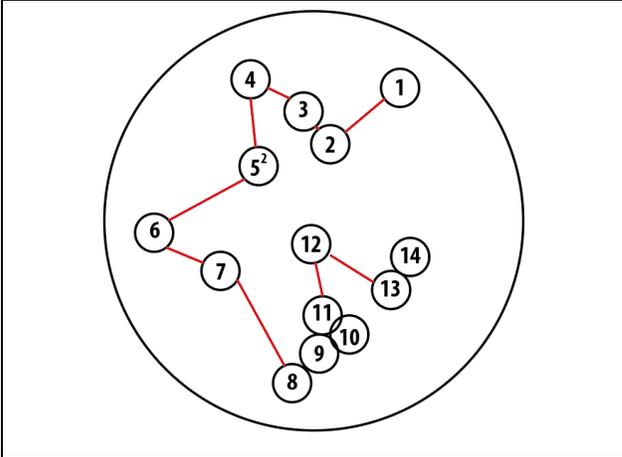
RUTILE 4730-12-2



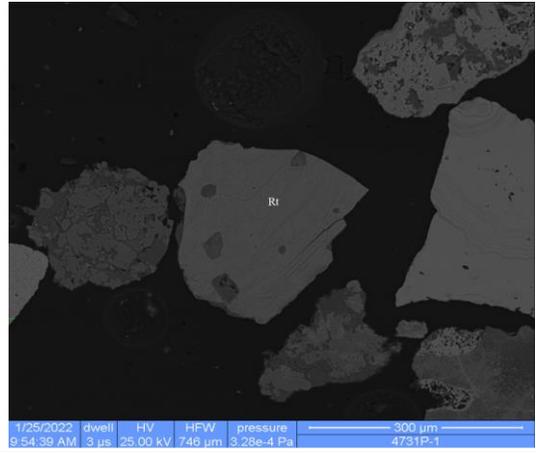
RUTILE 4730-13



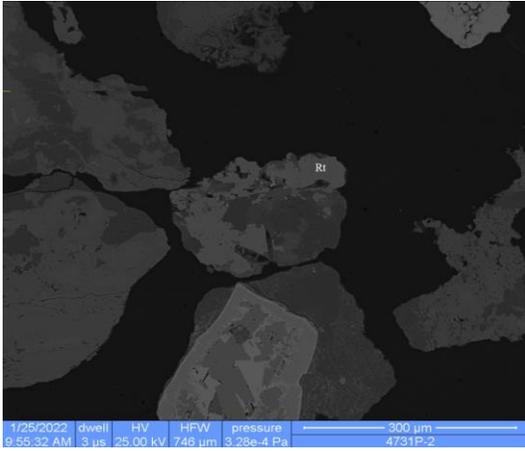
RUTILE 4730-14



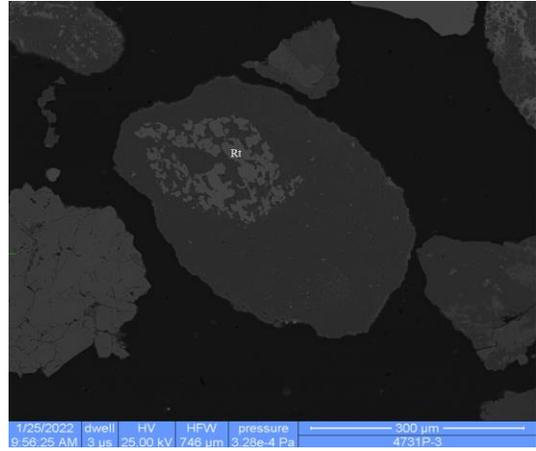
SAMPLE 4731P



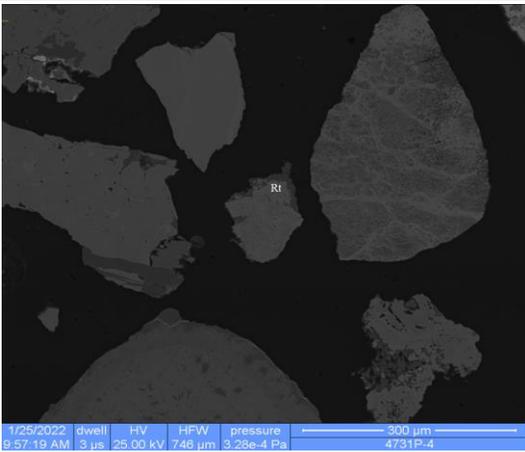
RUTILE 4731-1



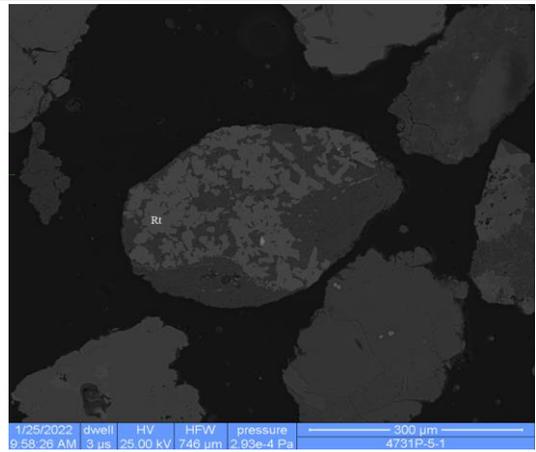
RUTILE 4731-2



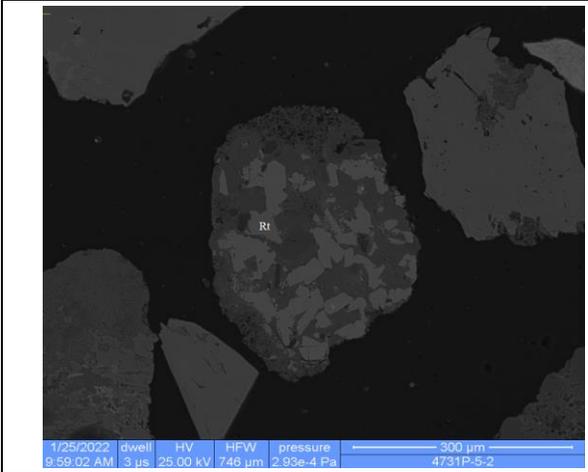
RUTILE 4731-3



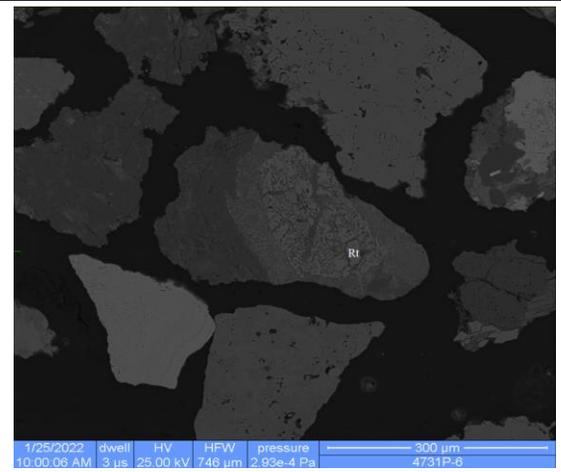
RUTILE 4731-4



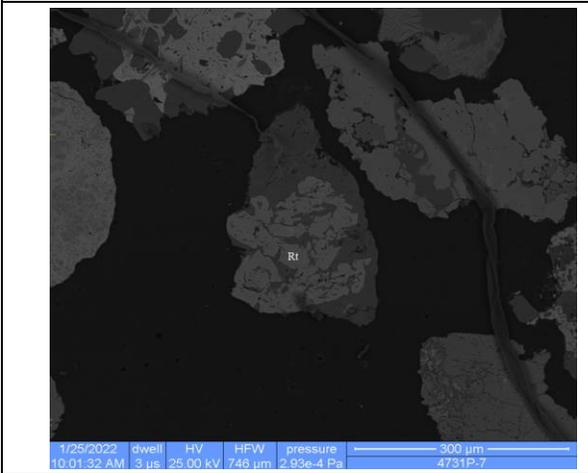
RUTILE 4731-5-1



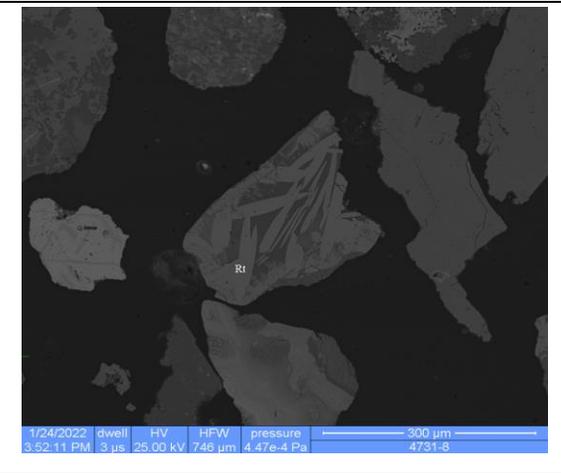
RUTILE 4731-5-2



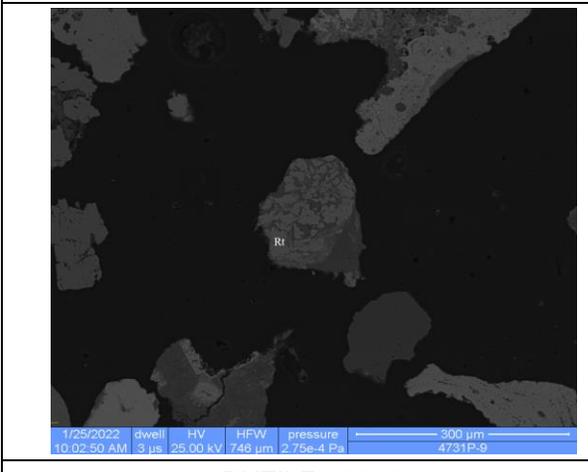
RUTILE 4731-6



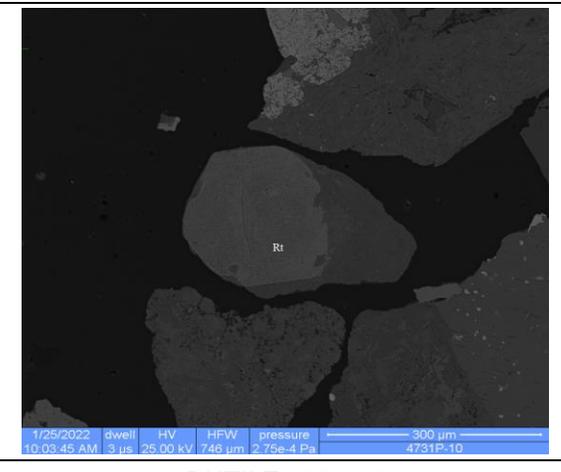
RUTILE 4731-7



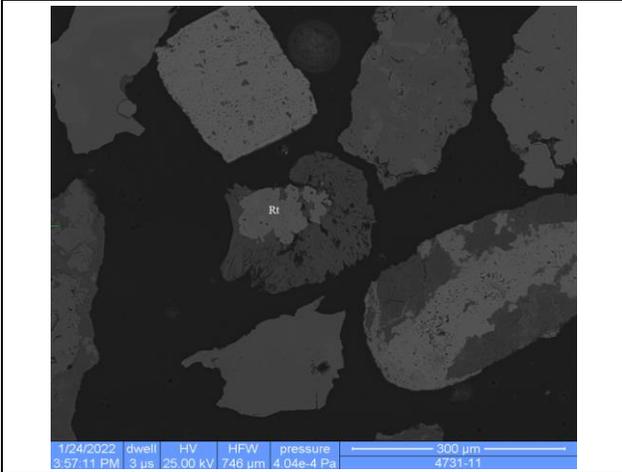
RUTILE 4731-8



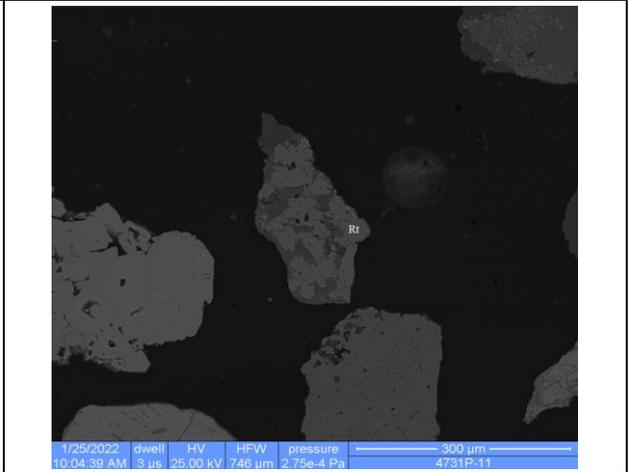
RUTILE 4731-9



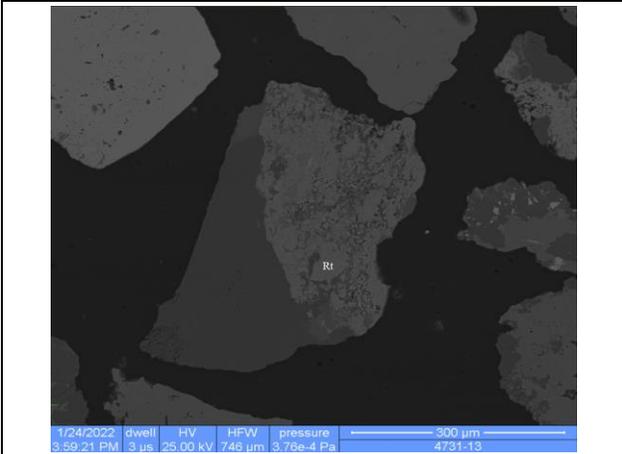
RUTILE 4731-10



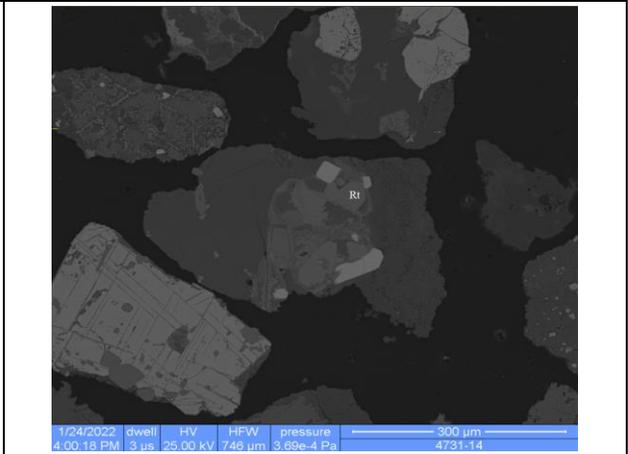
RUTILE 4731-11



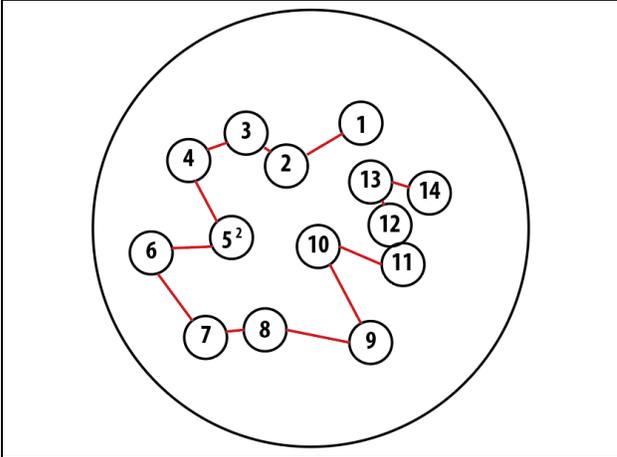
RUTILE 4731-12



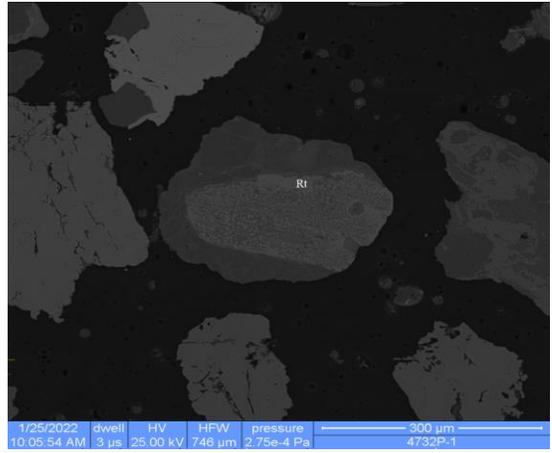
RUTILE 4731-13



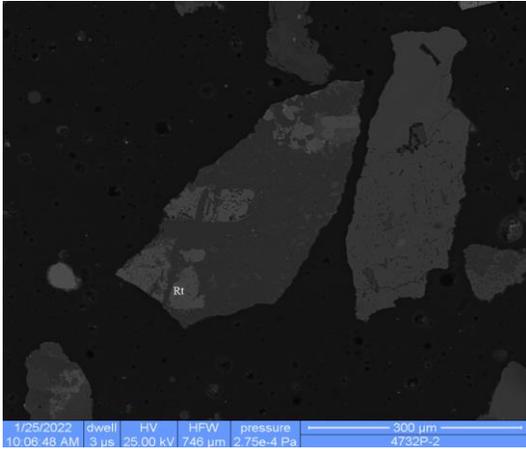
RUTILE 4731-14



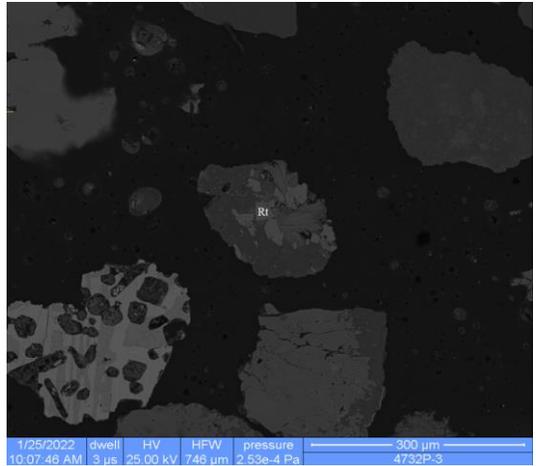
SAMPLE 4732P



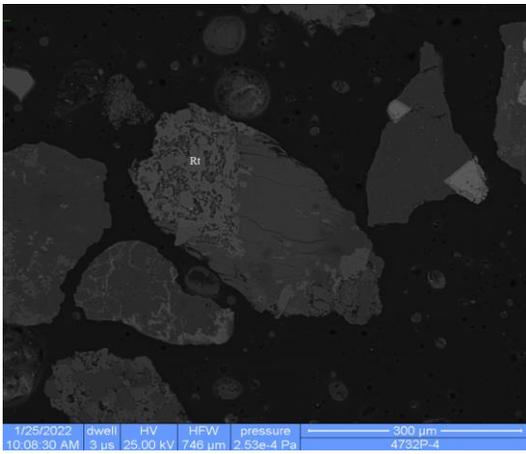
RUTILE 4732-1



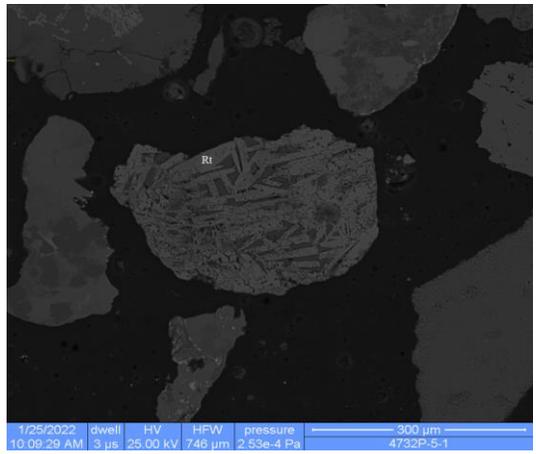
RUTILE 4732-2



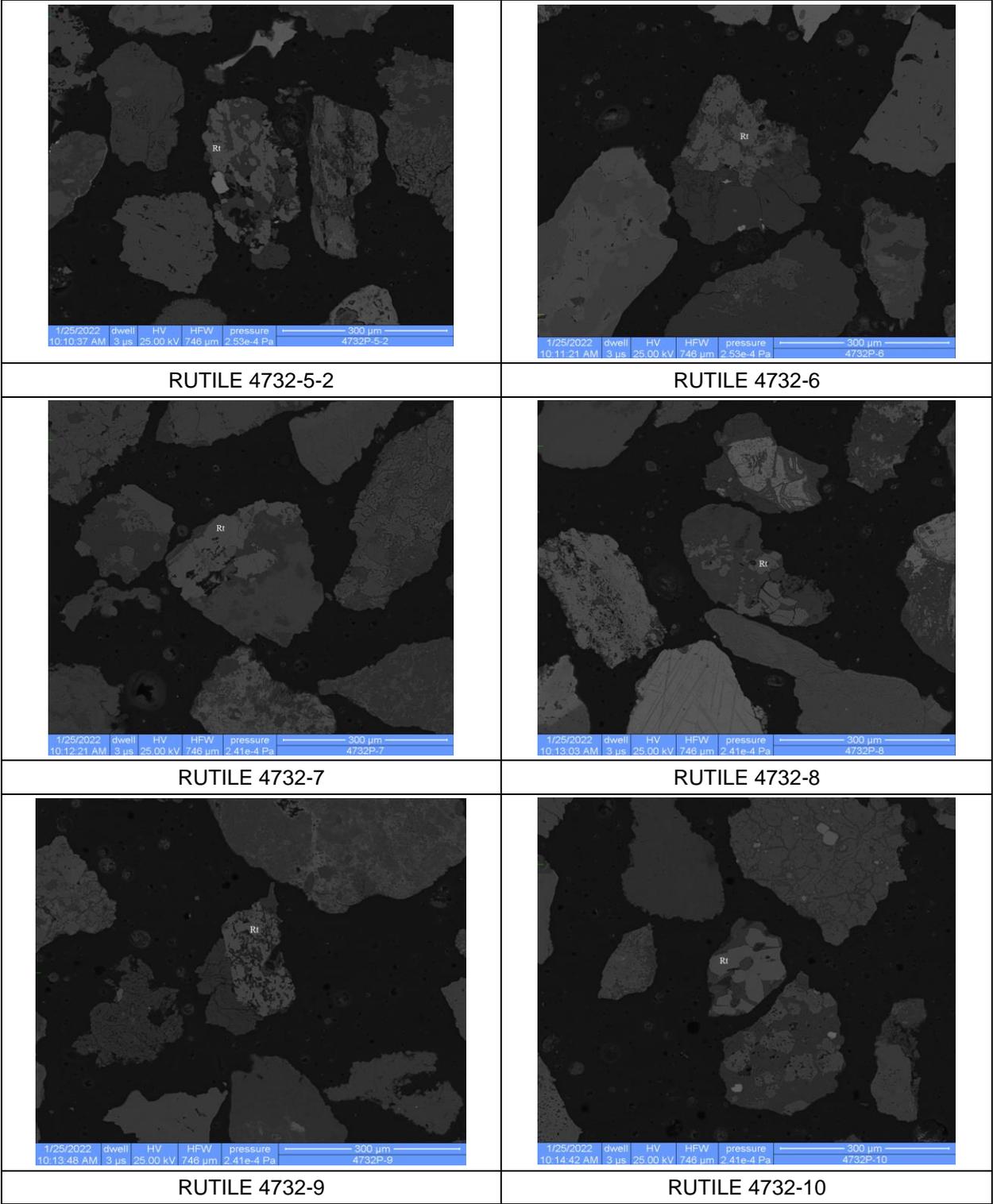
RUTILE 4732-3

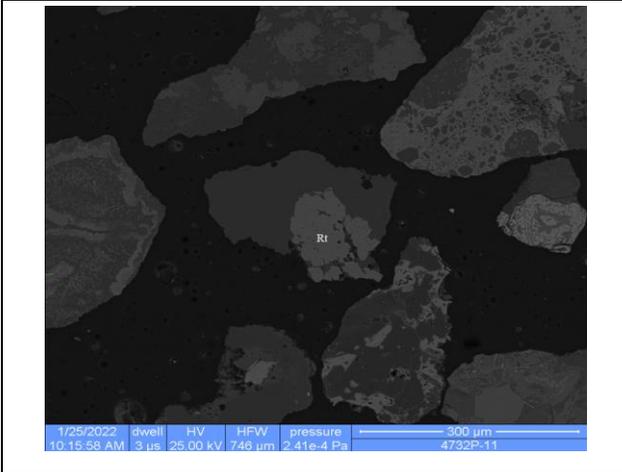


RUTILE 4732-4

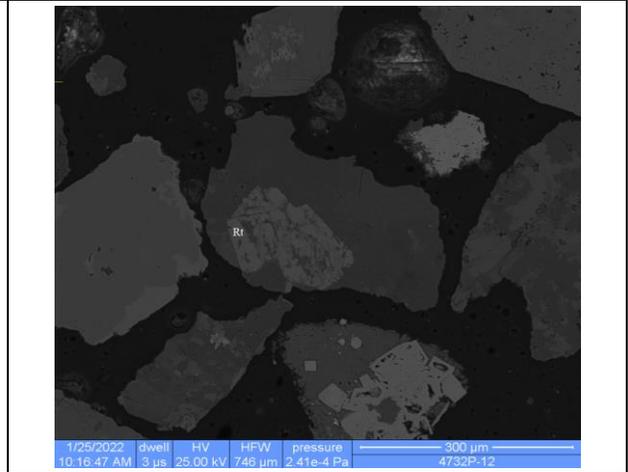


RUTILE 4732-5-1

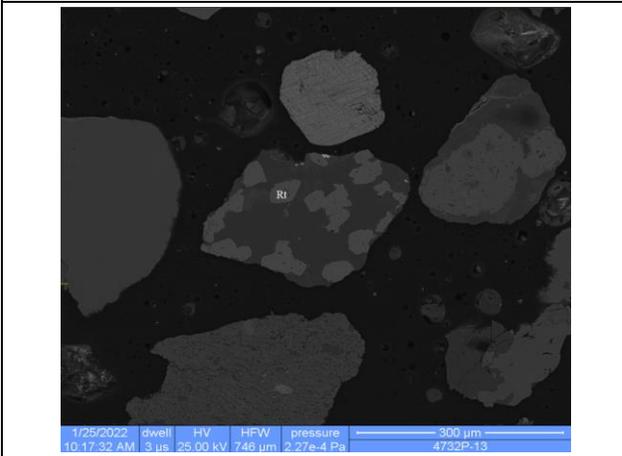




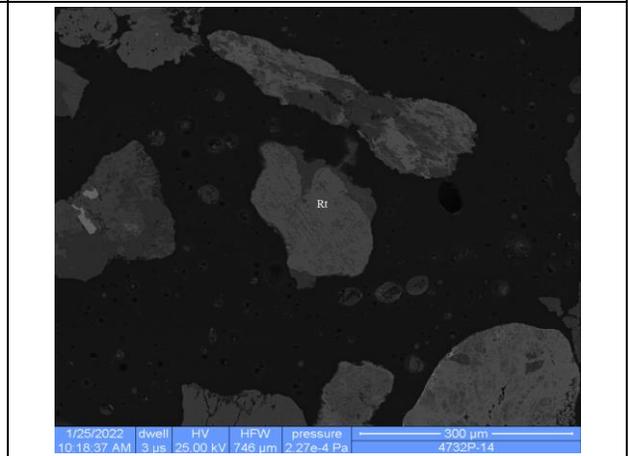
RUTILE 4732-11



RUTILE 4732-12



RUTILE 4732-13



RUTILE 4732-14

ANEXO IV

“Resultados EPMA y valores de elementos trazas en rutilos de otros trabajos”.

Rutilo	Ti	W	Sn	Fe	Cr	V	Zr	Nb	Sc
4708-1	533929	689	77	1060	41	4976	1044	370	26000
4708-2	546014	86	68	1110	<i>bld</i>	558	442	533	2891
4708-3	531743	116	16	618	792	5106	114	1633	192
4708-4	503643	34	63	11364	303	2955	1575	462	1543
4708-5	450714	<i>bld</i>	91	58371	183	2436	671	701	<i>bld</i>
4708-6	525229	28	87	1640	672	4153	2323	626	939
4708-7	534443	63	83	712	339	3727	955	717	1703
4708-8	529971	455	38	3438	62	1330	196	1449	270
4708-9	530986	145	127	3867	47	909	238	1676	<i>bld</i>
4708-10	543343	111	12	1404	12	388	65	1008	1605
4708-11	528529	3713	30	4006	<i>bld</i>	36	254	3250	4607
4708-12	516229	140	34	14765	<i>bld</i>	4295	768	994	329
4708-13	534543	103	178	3603	1338	1320	903	542	4555
4708-14	362200	1186	62	159457	166	2506	114	258	3380
4708-15	517900	734	37	23579	208	730	273	1378	1872

Resultados EPMA de los 15 rutilos provenientes de la muestra **4708**. Valores promedios y en ppm (*bld*: bajo límite de detección).

Rutilo	Ti	W	Sn	Fe	Cr	V	Zr	Nb	Sc
4727-1	545425	54	56	1705	<i>bld</i>	419	41	520	1266
4727-2	527150	65	24	4399	82	1532	1499	565	6054
4727-3-1	555200	2958	91	6303	<i>bld</i>	166	524	3919	15100
4727-3-2	543100	153	50	3833	<i>bld</i>	67	100	1780	6303
4727-4	534675	<i>bld</i>	76	3155	<i>bld</i>	93	509	1304	4313
4727-5	509975	<i>bld</i>	14	6197	25	357	177	475	1161
4727-6	532550	82	50	2371	20	491	1165	486	10200
4727-7	358000	<i>bld</i>	117	39825	402	2874	583	547	921
4727-8	527675	231	458	3990	37	442	90	625	411
4727-9	516725	220	30	3273	<i>bld</i>	385	785	307	1979
4727-10	529925	157	70	2936	406	3662	1012	170	420
4727-11	321575	<i>bld</i>	68	23950	41	1066	362	552	<i>bld</i>
4727-12	530275	118	15	1382	<i>bld</i>	341	1909	419	92
4727-13-1	510100	<i>bld</i>	65	4139	54	676	333	515	3413
4727-13-2	543100	153	50	3833	<i>bld</i>	67	100	1780	6303

Resultados EPMA de los 15 rutilos provenientes de la muestra **4727**. Valores promedios y en ppm (*bld*: bajo límite de detección).

Rutilo	Ti	W	Sn	Fe	Cr	V	Zr	Nb	Sc
4730-1	523125	70	46	4067	47	646	2329	576	2024
4730-2	487875	168	193	4460	147	1680	1086	831	3134
4730-3	524075	352	177	3160	304	3614	<i>bld</i>	987	1516
4730-4	505550	87	15	12234	<i>bld</i>	680	517	626	2212
4730-5	535300	150	46	1210	<i>bld</i>	<i>bld</i>	357	1343	511
4730-6	513425	<i>bld</i>	34	1501	43	942	421	953	10900
4730-7	358950	<i>bld</i>	59	56075	15	562	580	502	<i>bld</i>
4730-8	487175	<i>bld</i>	57	15345	<i>bld</i>	519	2297	521	271
4730-9	514300	52	48	2571	<i>bld</i>	728	191	1931	740
4730-10	430975	598	79	7695	55	1237	253	1289	<i>bld</i>
4730-11	321800	<i>bld</i>	132	20325	54	869	514	364	775
4730-12-1	508600	145	419	5783	555	5612	420	1632	2036
4730-12-2	531225	51	66	4422	76	843	1164	568	1547
4730-13	510100	<i>bld</i>	65	4139	54	676	333	515	3413
4730-14	523675	439	27	1979	61	1028	465	579	114

Resultados EPMA de los 15 rutilos provenientes de la muestra **4730**. Valores promedios y en ppm (*bld*: bajo límite de detección).

Rutilo	Ti	W	Sn	Fe	Cr	V	Zr	Nb	Sc
4731-1	423975	2413	59	71950	30	706	302	581	2822
4731-2	528200	789	51	4493	21	24	223	1412	487
4731-3	535075	390	457	1591	<i>bld</i>	1616	202	479	814
4731-4	505550	87	15	12234	<i>bld</i>	680	517	626	2212
4731-5-1	536600	165	53	575	8	2745	3400	540	<i>bld</i>
4731-5-2	543925	224	87	3901	32	113	572	1260	8641
4731-6	536775	171	24	1605	<i>bld</i>	1647	1132	729	3509
4731-7	540400	86	30	1177	33	844	93	435	2184
4731-8	528800	232	55	4231	53	160	1014	739	12
4731-9	374900	<i>bld</i>	45	8866	19	1651	295	141	1612
4731-10	244550	<i>bld</i>	85	68350	<i>bld</i>	4375	1540	381	577
4731-11	509475	13692	558	14475	14	409	467	5787	981
4731-12	522525	391	49	14542	<i>bld</i>	1330	888	741	1226
4731-13	499150	1463	59	5044	<i>bld</i>	873	208	1053	7281
4731-14	536375	97	25	3253	32	195	406	1774	1210

Resultados EPMA de los 15 rutilos provenientes de la muestra **4731**. Valores promedios y en ppm (*bld*: bajo límite de detección).

Rutilo	Ti	W	Sn	Fe	Cr	V	Zr	Nb	Sc
4732-1	424975	7	37	7152	57	1097	992	563	5132
4732-2	550325	638	56	1530	9	654	<i>bld</i>	268	4134
4732-3	494900	165	113	11917	<i>bld</i>	7631	109	514	929
4732-4	515750	29	85	6579	<i>bld</i>	1995	69	947	8794
4732-5-1	478000	523	43	34796	<i>bld</i>	1742	408	962	316
4732-5-2	532650	250	690	2065	<i>bld</i>	1894	199	649	417
4732-6	535425	76	112	3443	<i>bld</i>	1413	192	908	7716
4732-7	525850	396	76	2795	184	303	208	1076	1792
4732-8	536925	156	39	5286	<i>bld</i>	9609	543	2438	4886
4732-9	513450	548	67	6648	37	2418	<i>bld</i>	428	6456
4732-10	538450	128	38	3726	23	127	325	1556	2439
4732-11	536200	379	49	2594	101	1351	738	419	390
4732-12	468900	44	67	10027	36	403	218	1283	<i>bld</i>
4732-13	535175	393	901	2100	<i>bld</i>	2847	1953	894	9657
4732-14	508825	166	41	13834	51	536	619	595	1428

Resultados EPMA de los 15 rutilos provenientes de la muestra **4708**. Valores promedios y en ppm (*bld*: bajo límite de detección).

Datos procesados para Diagramas de Cajas y Bigotes

Elemento	Origen	N° de casos	Elemento	Origen	N° de casos
Nb	Detrítico	532	Fe	Detrítico	407
	EPMA	75		EPMA	75
	PCD La Granja	413		PCD La Granja	412
	Metamórfico	531		Metamórfico	477
	Pegmatítico	32		Pegmatítico	0
	PCD	647		PCD	644
Elemento	Origen	N° de casos	Elemento	Origen	N° de casos
Cr	Detrítico	514	Sc	Detrítico	0
	EPMA	49		EPMA	68
	PCD La Granja	413		PCD La Granja	413
	Metamórfico	531		Metamórfico	230
	Pegmatítico	0		Pegmatítico	0
	PCD	629		PCD	0

Resumen de la cantidad de casos procesados de los elementos Nb, Fe, Cr y Sc para la elaboración de diagramas de cajas y bigotes del capítulo 6.

Elemento	Origen	N° de casos	Elemento	Origen	N° de casos
Sn	Detrítico	493	V	Detrítico	532
	EPMA	75		EPMA	74
	PCD La Granja	413		PCD La Granja	413
	Metamórfico	176		Metamórfico	531
	Pegmatítico	32		Pegmatítico	0
	PCD	648		PCD	648
Elemento	Origen	N° de casos	Elemento	Origen	N° de casos
W	Detrítico	496	Zr	Detrítico	531
	EPMA	62		EPMA	72
	PCD La Granja	413		PCD La Granja	413
	Metamórfico	259		Metamórfico	531
	Pegmatítico	32		Pegmatítico	31
	PCD	646		PCD	647

Resumen de la cantidad de casos procesados de los elementos Sn, V, W y Zr para la elaboración de diagramas de cajas y bigotes del capítulo 6.

Recopilación de la química-mineral del rutilo en distintos ambientes geológicos.

A) Elementos traza en rutilos de origen metamórfico, granulitas de *Ivrea-Verbano Zone* (Ewing et al., 2013), análisis LA-ICP-MS para rutilos de provenientes de 13 muestras, valores en ppm.

Muestra	Sn	V	Cr	Fe	Nb	W	Sc	Zr
IVT-01	0,23	3831,00	690,00	271,00	1926,00	54,00	4,00	2359,00
IVT-01	0,21	3365,00	678,00	358,00	1828,00	54,00	3,00	1330,00
IVT-01	0,23	4006,00	744,00	299,00	1867,00	50,00	2,00	1087,00
IVT-01	0,20	3866,00	790,00	456,00	1748,00	54,00	2,00	1221,00
IVT-01	0,16	4180,00	792,00	340,00	1591,00	51,00	8,00	8737,00
IVT-01	0,34	2213,00	404,00	480,00	2043,00	43,00	9,00	8828,00
IVT-01	0,20	4286,00	764,00	241,00	1797,00	52,00	10,00	10827,00
IVT-01	0,20	3853,00	777,00	575,00	1766,00	56,00	2,00	919,00
IVT-01	0,19	3968,00	759,00	295,00	1773,00	51,00	2,00	1232,00
IVT-31	1,30	4480,00	842,00	344,00	2052,00	37,00	9,00	8617,00
IVT-31	4,10	5601,00	937,00	292,00	2936,00	64,00	2,00	1397,00
IVT-31	1,84	5096,00	710,00	495,00	2263,00	47,00	6,00	7272,00
IVT-31	1,70	5303,00	857,00	310,00	2141,00	40,00	6,00	7215,00
IVT-31	3,39	2824,00	635,00	1225,00	2221,00	48,00	9,00	9406,00
IVT-31	1,52	2627,00	676,00	400,00	2311,00	31,00	10,00	9811,00
IVT-31	1,82	3556,00	863,00	402,00	2117,00	41,00	3,00	1424,00
IVT-31	3,38	2640,00	820,00	599,00	2081,00	41,00	8,00	7482,00
IVT-31	1,94	6033,00	729,00	239,00	2115,00	41,00	5,00	7311,00
IVT-31	1,73	5179,00	822,00	716,00	2196,00	43,00	6,00	7574,00
IVT-31	5,64	4747,00	896,00	330,00	3000,00	70,00	9,00	8090,00
IVT-31	1,55	5095,00	845,00	335,00	2254,00	44,00	7,00	9088,00
IVT-31	2,53	3609,00	948,00	540,00	3440,00	49,00	8,00	7787,00
IVT-32	1,25	3809,00	491,00	482,00	3523,00	182,00	4,00	1580,00
IVT-32	1,99	3266,00	416,00	716,00	3500,00	199,00	10,00	8944,00
IVT-32	1,47	4434,00	656,00	492,00	3465,00	205,00	3,00	1246,00
IVT-32	2,37	5149,00	850,00	413,00	2955,00	151,00	6,00	5932,00
IVT-32	1,35	3706,00	446,00	498,00	3626,00	203,00	9,00	8901,00
IVT-32	1,14	4380,00	562,00	447,00	3436,00	206,00	3,00	1638,00
IVT-32	1,17	3820,00	494,00	401,00	2102,00	161,00	3,00	1252,00
IVT-32	1,30	4281,00	498,00	2653,00	3393,00	203,00	4,00	1484,00
IVT-32	1,21	3303,00	438,00	469,00	2190,00	162,00	4,00	1283,00
IVT-32	1,21	4382,00	534,00	593,00	3677,00	208,00	3,00	1057,00
IVT-32	1,61	4876,00	655,00	2133,00	3543,00	196,00	3,00	1517,00
IVT-32	1,14	4047,00	521,00	498,00	3553,00	205,00	4,00	1617,00
IVT-32	1,02	3772,00	495,00	411,00	3017,00	184,00	4,00	1478,00

Muestra	Sn	V	Cr	Fe	Nb	W	Sc	Zr
IVT-32	1,36	3909,00	430,00	883,00	3474,00	199,00	4,00	1871,00
IVT-33	2,25	4319,00	749,00	353,00	1408,00	72,00	8,00	9150,00
IVT-33	2,55	3757,00	695,00	569,00	1351,00	72,00	9,00	10079,00
IVT-33	2,25	3720,00	745,00	530,00	1891,00	86,00	4,00	2231,00
IVT-33	2,32	4968,00	778,00	412,00	2247,00	135,00	7,00	8730,00
IVT-33	2,13	5110,00	857,00	423,00	1964,00	143,00	8,00	9630,00
IVT-33	2,36	4690,00	818,00	530,00	1742,00	106,00	5,00	4878,00
IVT-33	1,86	6033,00	758,00	355,00	1763,00	45,00	2,00	1014,00
IVT-33	2,21	3516,00	856,00	513,00	2280,00	160,00	8,00	8845,00
IVT-33	2,46	6122,00	770,00	296,00	1503,00	88,00	8,00	9710,00
IVT-33	2,29	4420,00	793,00	419,00	1663,00	104,00	9,00	11241,00
IVT-33	2,33	3957,00	818,00	462,00	2030,00	139,00	9,00	8244,00
IVT-33	2,04	4962,00	868,00	428,00	2214,00	131,00	9,00	10723,00
IVT-33	2,07	4281,00	896,00	623,00	2527,00	99,00	5,00	6120,00
IVT-33	2,41	4544,00	781,00	494,00	2114,00	123,00	8,00	9590,00
IVT-33	2,45	5186,00	887,00	1741,00	4001,00	172,00	7,00	8299,00
IVT-34	0,54	2560,00	460,00	788,00	1852,00	65,00	3,00	863,00
IVT-34	0,70	2535,00	425,00	604,00	1609,00	53,00	4,00	1247,00
IVT-34	0,60	2069,00	384,00	5732,00	1780,00	57,00	9,00	8849,00
IVT-34	0,78	1742,00	333,00	844,00	1496,00	43,00	7,00	7280,00
IVT-34	0,61	1603,00	358,00	934,00	1739,00	60,00	9,00	8727,00
IVT-34	0,71	2874,00	487,00	832,00	1665,00	47,00	8,00	8810,00
IVT-34	0,55	2718,00	502,00	458,00	1425,00	52,00	3,00	1189,00
IVT-34	0,87	2197,00	393,00	1194,00	1994,00	69,00	10,00	9527,00
IVT-34	0,69	2454,00	406,00	792,00	1795,00	108,00	9,00	9847,00
IVT-34	0,65	2285,00	386,00	362,00	1859,00	54,00	3,00	1332,00
IVT-34	0,74	2395,00	446,00	601,00	1573,00	51,00	4,00	1933,00
IVT-34	0,90	2868,00	480,00	1801,00	1979,00	87,00	4,00	2010,00
IVT-34	0,64	2659,00	468,00	784,00	2005,00	66,00	4,00	1920,00
IVT-34	0,48	3353,00	584,00	473,00	1715,00	67,00	3,00	1811,00
IVT-34	1,35	5018,00	776,00	2109,00	3479,00	166,00	2,00	733,00
IVT-36	13,27	2200,00	452,00	820,00	2231,00	13,00	8,00	6027,00
IVT-36	5,16	3077,00	514,00	546,00	1812,00	11,00	5,00	5563,00
IVT-36	7,67	2767,00	542,00	777,00	2509,00	17,00	7,00	5721,00
IVT-36	8,90	3151,00	430,00	822,00	1943,00	12,00	5,00	5390,00
IVT-36	4,17	3000,00	532,00	1906,00	6335,00	22,00	5,00	4220,00
IVT-36	8,33	3010,00	533,00	931,00	2537,00	15,00	6,00	5143,00
IVT-36	4,61	3611,00	564,00	367,00	1106,00	0,00	2,00	975,00
IVT-36	5,48	3341,00	488,00	333,00	759,00	1,00	3,00	2316,00
IVT-36	4,72	2721,00	447,00	348,00	323,00	0,00	2,00	1385,00
IVT-36	10,03	2501,00	495,00	687,00	1978,00	11,00	4,00	2011,00
IVT-36	3,53	3745,00	522,00	674,00	1865,00	3,00	3,00	1164,00
IVT-36	11,66	3128,00	513,00	512,00	2009,00	12,00	3,00	1600,00

Muestra	Sn	V	Cr	Fe	Nb	W	Sc	Zr
IVT-36	7,83	2797,00	469,00	804,00	1842,00	10,00	3,00	1918,00
IVT-37	5,39	4186,00	562,00	438,00	2775,00	3,00	4,00	4413,00
IVT-37	3,01	2804,00	428,00	315,00	312,00	0,00	2,00	974,00
IVT-37	2,75	3027,00	486,00	486,00	998,00	1,00	1,00	1046,00
IVT-37	1,69	3631,00	502,00	1151,00	5475,00	7,00	5,00	3875,00
IVT-37	3,47	2917,00	540,00	554,00	1678,00	2,00	2,00	648,00
IVT-37	5,78	2648,00	514,00	576,00	2039,00	4,00	6,00	4297,00
IVT-37	2,18	3002,00	595,00	565,00	2305,00	3,00	5,00	5711,00
IVT-37	3,10	3497,00	494,00	485,00	2082,00	3,00	3,00	1670,00
IVT-37	4,00	2946,00	451,00	542,00	1578,00	2,00	3,00	1951,00
IVT-37	2,15	3586,00	490,00	506,00	2039,00	3,00	6,00	5344,00
IVT-37	3,41	2728,00	457,00	581,00	1397,00	3,00	5,00	4747,00
IVT-37	3,07	3112,00	437,00	326,00	183,00	<0.04	2,00	1648,00
IVT-37	5,30	3279,00	511,00	438,00	1683,00	1,00	2,00	1281,00
IVT-37	3,64	2710,00	523,00	433,00	1142,00	1,00	5,00	5854,00
IVT-37	3,87	3131,00	428,00	409,00	537,00	1,00	4,00	4468,00
IVT-37	1,44	3384,00	674,00	7161,00	2498,00	2,00	3,00	3369,00
IVT-37	3,55	3160,00	564,00	329,00	654,00	1,00	3,00	2796,00
IVT-38	18,50	3841,00	1270,00	259,00	1125,00	34,00	6,00	4833,00
IVT-38	14,02	3647,00	709,00	199,00	1169,00	19,00	3,00	972,00
IVT-38	23,60	4983,00	1118,00	223,00	1625,00	57,00	6,00	5230,00
IVT-38	19,59	5284,00	982,00	217,00	2965,00	31,00	4,00	1457,00
IVT-38	18,59	5056,00	1289,00	317,00	1586,00	41,00	4,00	2866,00
IVT-38	20,16	4531,00	1532,00	186,00	2467,00	34,00	5,00	4267,00
IVT-38	20,43	5534,00	1902,00	189,00	3309,00	30,00	6,00	4304,00
IVT-38	16,71	5353,00	1322,00	190,00	1084,00	26,00	4,00	4206,00
IVT-38	17,76	3694,00	1023,00	321,00	1916,00	82,00	8,00	4748,00
IVT-38	17,81	3749,00	1294,00	226,00	823,00	7,00	3,00	3573,00
IVT-38	32,39	5773,00	1072,00	269,00	2169,00	115,00	5,00	4352,00
IVT-38	30,32	4387,00	715,00	272,00	1153,00	36,00	3,00	1142,00
IVT-38	30,27	6508,00	1198,00	168,00	1972,00	42,00	2,00	2170,00
IVT-38	30,56	6222,00	1360,00	157,00	1169,00	51,00	2,00	874,00
IVT-38	29,68	5239,00	909,00	173,00	1615,00	50,00	3,00	1475,00
IVT-39	26,70	4262,00	934,00	222,00	2151,00	58,00	4,00	4542,00
IVT-39	12,54	3365,00	557,00	206,00	1419,00	42,00	5,00	4060,00
IVT-39	15,09	3894,00	599,00	215,00	1274,00	37,00	3,00	1703,00
IVT-39	16,78	3874,00	584,00	299,00	1947,00	95,00	3,00	1683,00
IVT-39	8,16	5401,00	1162,00	172,00	817,00	19,00	2,00	1525,00
IVT-39	12,80	3741,00	587,00	298,00	2311,00	89,00	3,00	1425,00
IVT-39	10,55	3930,00	652,00	642,00	5158,00	101,00	5,00	2040,00
IVT-39	18,41	5532,00	1188,00	238,00	898,00	18,00	2,00	969,00
IVT-39	11,45	3821,00	870,00	1869,00	9845,00	94,00	5,00	1024,00
IVT-39	18,72	4102,00	713,00	214,00	2634,00	67,00	4,00	1930,00

Muestra	Sn	V	Cr	Fe	Nb	W	Sc	Zr
IVT-39	31,71	5298,00	1161,00	241,00	1853,00	70,00	5,00	4919,00
IVT-20	3,87	2390,00	508,00	244,00	264,00	0,00	2,00	966,00
IVT-20	3,20	2476,00	310,00	214,00	558,00	7,00	4,00	2314,00
IVT-20	3,95	2260,00	526,00	329,00	540,00	4,00	3,00	1120,00
IVT-20	6,16	2339,00	254,00	276,00	129,00	0,00	4,00	1249,00
IVT-20	3,30	2382,00	670,00	369,00	1350,00	1,00	4,00	1334,00
IVT-20	3,46	2222,00	467,00	239,00	145,00	0,00	3,00	1538,00
IVT-20	3,74	1764,00	255,00	512,00	47,00	<0.02	3,00	991,00
IVT-20	4,68	2161,00	317,00	287,00	94,00	0,00	5,00	2007,00
IVT-20	3,64	2039,00	615,00	2412,00	410,00	1,00	3,00	1627,00
IVT-40	14,85	4432,00	1797,00	461,00	5348,00	126,00	5,00	1173,00
IVT-40	12,96	6181,00	1844,00	814,00	10073,00	107,00	6,00	1424,00
IVT-40	5,84	4237,00	1335,00	856,00	5368,00	110,00	4,00	1914,00
IVT-40	11,08	4529,00	1815,00	467,00	6101,00	122,00	6,00	1837,00
IVT-40	11,95	4353,00	1668,00	398,00	5449,00	119,00	7,00	3860,00
IVT-40	8,48	4431,00	1297,00	360,00	5000,00	95,00	4,00	996,00
IVT-40	9,60	4534,00	1345,00	495,00	5491,00	109,00	5,00	1853,00
IVT-40	6,09	3609,00	1006,00	716,00	4936,00	115,00	6,00	1329,00
IVT-40	10,78	4494,00	1531,00	403,00	5710,00	124,00	5,00	1467,00
IVT-40	11,99	4014,00	842,00	1431,00	5532,00	324,00	5,00	2792,00
IVT-40	9,06	4196,00	1461,00	478,00	5471,00	123,00	3,00	1248,00
IVT-40	11,10	4257,00	1560,00	344,00	5341,00	127,00	3,00	1313,00
IVT-40	16,20	3933,00	1547,00	503,00	5407,00	127,00	7,00	2033,00
IVT-42	18,97	2467,00	445,00	312,00	1739,00	59,00	4,00	2528,00
IVT-42	11,77	3241,00	667,00	293,00	2257,00	64,00	5,00	4789,00
IVT-42	12,55	3490,00	781,00	273,00	2523,00	81,00	5,00	4347,00
IVT-42	16,76	4062,00	547,00	257,00	2297,00	61,00	3,00	1588,00
IVT-42	16,16	3448,00	749,00	407,00	2216,00	64,00	3,00	2012,00
IVT-42	18,01	3587,00	732,00	565,00	2299,00	84,00	4,00	3450,00
IVT-42	15,30	3402,00	636,00	310,00	1831,00	50,00	2,00	1018,00
IVT-42	14,15	3683,00	604,00	279,00	2255,00	59,00	3,00	2030,00
IVT-42	20,50	3465,00	713,00	278,00	2546,00	78,00	4,00	1478,00
IVT-42	12,73	3344,00	679,00	251,00	2348,00	80,00	3,00	2141,00
IVT-42	10,66	3626,00	670,00	344,00	1884,00	83,00	3,00	1524,00
IVT-42	12,03	3745,00	806,00	404,00	2633,00	83,00	3,00	1512,00
IVT-43	15,42	3000,00	704,00	783,00	3244,00	178,00	3,00	1590,00
IVT-43	16,72	2977,00	903,00	354,00	2811,00	68,00	6,00	1433,00
IVT-43	12,66	3546,00	1086,00	371,00	3570,00	116,00	4,00	591,00
IVT-43	13,15	3250,00	1018,00	629,00	2766,00	67,00	6,00	1240,00
IVT-43	12,96	3287,00	998,00	443,00	3000,00	65,00	4,00	2038,00
IVT-43	13,79	3739,00	876,00	417,00	2298,00	54,00	5,00	1265,00
IVT-43	12,23	3286,00	847,00	431,00	2457,00	60,00	4,00	1387,00
IVT-43	17,23	3428,00	953,00	444,00	2678,00	67,00	5,00	1148,00

Muestra	Sn	V	Cr	Fe	Nb	W	Sc	Zr
IVT-43	13,75	3096,00	779,00	470,00	3084,00	66,00	5,00	1493,00
IVT-43	14,12	3569,00	1042,00	437,00	3248,00	96,00	3,00	1884,00
IVT-43	13,46	3127,00	788,00	366,00	2945,00	67,00	6,00	1522,00
IVT-43	14,01	3654,00	927,00	404,00	2775,00	67,00	4,00	1551,00
IVT-43	20,86	3186,00	903,00	404,00	2812,00	63,00	3,00	1554,00
IVT-43	12,82	3334,00	1021,00	309,00	2770,00	63,00	5,00	1460,00
IVT-31	3,00	4540,00	945,00	403,00	2603,00	48,00	2,00	1353,00
IVT-31	3,00	3671,00	901,00	300,00	2839,00	48,00	5,00	7336,00
IVT-31	3,00	4423,00	876,00	410,00	1932,00	43,00	6,00	7575,00
IVT-31	3,00	4460,00	882,00	381,00	1922,00	39,00	6,00	7434,00
IVT-31	5,00	4528,00	1068,00	400,00	2613,00	43,00	7,00	6274,00
IVT-31	4,00	2522,00	554,00	485,00	2291,00	60,00	9,00	10805,00

B) Elementos traza en rutilos de origen metamórfico, 31 provenientes de 15 distintas localidades. Análisis LA-ICP-MS, valores en ppm (Zack et al., 2004).

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
SB-3a	1200	371	3131	5014	492
SB-3a	1329	413	2721	4738	347
SB-3a	2033	872	4835	4940	332
SB-4	634	296	3227	4471	1505
SB-4	742	261	3389	4533	1508
SB-4	715	307	3903	4620	1555
SB-4	678	270	3281	4624	1548
SB-4	714	284	3227	4368	1511
SB-4	1536	697	7123	7082	1067
SB-4	1644	574	3189	6126	1013
SB-4	1764	620	3194	6921	1012
SB-4	1685	596	3231	6061	999
SB-4	969	348	2190	3760	1273
SB-4	1003	362	1989	3823	1247
SB-4	988	330	2517	3871	1242
WA-7	4222	1080	1000	2368	3781
WA-7	5731	1166	894	2413	3714
WA-7	5595	1175	2513	2351	3620
WA-7	5350	1125	2641	2267	3796
WA-7	4385	990	990	2517	2692
WA-7	4623	857	919	2923	5365
WA-7	4963	1100	1244	2316	3365
WA-7	4929	1147	2302	2445	3353
WA-7	3324	1325	1771	1934	2840
WA-7	4405	1754	1581	2210	3589
WA-7	4867	1923	1796	2216	3535
WA-7	4670	2019	1476	2196	3578
WA-7	1115	1096	4580	2156	431
WA-9	5031	1766	1448	3147	2895
WA-9	4629	1863	1366	3627	2701
WA-9	4575	1482	2288	2962	3294
WA-9	4160	1101	1758	3016	2761
WA-9	5636	1811	1816	2925	3332
WA-9	5221	1773	2414	2208	2980
WA-9	4813	1457	2301	881	230
WA-9	5248	1703	1443	2479	3149
WA-9	5513	1732	874	3087	3328
WA-9	4990	2015	1591	2953	3401
WA-9	4024	1653	1358	3037	3334
WA-9	4079	1616	1169	3061	3433

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
WA-9	4799	1736	1243	2965	3327
WA-12	1570	330	5480	1127	1868
WA-12	2597	412	2932	1317	2066
WA-12	585	214	6206	1635	1668
WA-12	646	200	5016	2908	1367
WA-12	591	296	5104	2748	2027
WA-12	918	265	6827	2759	2670
WA-12	3888	1619	1855	3191	2786
WA-12	4806	1530	1878	3027	2935
WA-12	4643	1376	2519	4516	3498
WA-12	3950	1628	1857	2775	3025
WA-12	4296	1578	2107	3624	2723
WA-12	4561	1544	2239	4207	3346
2a	3950	482	7763	1887	1412
2a	3508	1043	6821	2365	1470
2a	3059	710	7174	1914	1530
2c	3814	718	8601	2665	1529
2c	3773	695	8479	2611	1525
2c	4425	1204	4627	1884	1577
2c	4575	1154	4177	1692	1133
2c	3209	1032	6647	1983	611
2d	4405	1213	2156	1546	1327
2d	3793	903	9410	1774	1554
2d	3562	841	3048	2213	793
2d	3583	1002	1657	1775	934
2d	3392	1460	10937	1778	1493
2d	2930	1302	1708	1098	1321
2d	6077	1332	5222	1362	1594
PD1	2209	452	1758	3941	1394
PD1	2264	436	1978	3984	1404
PD1	687	172	4954	1752	784
PD1	687	207	4860	1773	838
PD1	1047	217	2798	1424	839
PD1	6030	1154	870	2612	926
PD1	5615	1115	764	2669	854
PD1	5180	1039	979	2726	1168
PD1	5554	2375	526	1925	1380
PD1	1217	501	2139	3168	329
PD1	836	342	2938	2124	795
PD1	965	376	3216	2240	1025
PD1	5466	1499	394	2056	1243
B614	605	42	8770	16807	3635
B614	1271	46	17183	27961	7127

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
B614	1366	42	17110	28542	7276
B614	829	45	6699	14152	2628
1041	1149	72	4036	538	660
1041	1183	59	3829	531	646
1041	1536	176	6581	256	1390
1041	1591	294	8464	369	631
1041	1937	458	4615	734	1630
1041	1210	216	4252	471	1568
1041	1271	317	3988	475	1586
1041	1298	260	3552	453	1735
1041	1339	270	3446	464	1605
1041	1271	286	3031	449	1691
W70	2828	446	5914	897	2934
W70	2706	532	601	944	3041
W70	2474	365	8769	821	4803
W70	3773	589	1536	1514	3695
W70	2882	422	4918	904	2941
W70	2508	378	6633	1063	3876
W70	2617	382	5898	1128	3906
PT-62-A	3078	223	5665	3039	3251
PT-62-A	3249	874	5623	3742	5344
PT-62-A	3226	903	6871	3830	5358
PT-62-A	3157	374	5420	3649	4850
PT-62-A	3205	378	5767	3722	4818
PT-62-A	3614	385	3133	1454	5402
PT-62-A	3981	429	3726	2307	5623
PT-62-A	3648	519	4213	2077	5462
PT-62-A	4116	464	4928	2380	5442
PT-62-A	4268	340	9639	2412	5595
PT-62-A	3697	525	3293	1685	5363
PT-62-A	3795	556	3859	1682	5388
PT-62-A	3638	1876	3806	3691	2422
PT-62-A	2089	616	3989	4694	2769
PT-62-A	2348	673	3933	6105	3808
PT-62-A	3309	325	7328	3931	3852
PT-62-A	2124	714	4226	5889	949
PT-62-A	3112	933	3518	5035	1051
PT-62-A	3432	211	5550	1651	2909
DR1	1316	371	3770	281	35
DR1	1355	319	3669	202	37
DR1	1823	281	2192	225	30
DR1	1805	322	2168	361	37
DR1	2305	369	2242	254	33

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
CHM200	1128	1841	1957	193	106
CHM200	1353	1087	3199	88	74
CHM200	1298	845	3768	186	123
CHM200	1686	809	2378	154	137
CHM200	1278	576	4853	180	115
CHM200	1400	553	3548	163	129
CHM200	1659	788	3931	144	101
CHM200	1101	1053	1993	159	75
CHM200	1237	1064	2815	163	146
CHM200	1666	1517	3521	108	125
CHM200	1183	1191	2482	185	108
CHM200	1203	1845	1691	147	96
CHM200	1142	1846	1959	172	107
50-13	1428	1499	2565	603	153
50-13	1429	1484	2639	530	164
50-13	1406	1567	2654	709	181
50-13	1376	1568	2790	562	157
50-13	1704	1770	2423	842	164
50-13	1685	1765	2381	822	164
50-13	1346	1434	3049	740	181
50-13	1387	1456	2968	739	162
50-13	1557	2063	2626	768	171
50-13	1659	2138	2744	839	169
50-13	1448	1484	4915	613	164
50-13	1217	1501	2869	794	149
59-4	782	450	3559	1849	164
59-4	843	488	3792	1799	152
59-4	904	189	6790	1531	149
50-2	1801	666	2317	246	142
50-2	1761	690	2256	299	135
50-2	1931	770	1767	318	161
50-2	1686	763	1789	246	106
50-2	1733	745	1868	195	151
50-2	1754	804	2741	325	166
50-2	1849	830	1815	318	169
50-2	1767	751	1929	296	164
2-2	1822	1144	3613	142	323
2-2	1944	1073	2435	158	263
2-2	1869	1254	4749	133	226
2-2	1652	1570	1657	114	315
2-2	1754	1009	5373	128	309
2-2	1496	1176	1331	136	505
2-2	2271	1583	3717	143	271

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
2-2	2386	1556	3774	139	250
2-2	1625	2000	986	117	292
2-2	1924	1438	929	136	430
2-2	1570	1334	1289	146	331
2-4	1156	1171	3809	136	542
2-4	1400	1208	5007	197	400
2-4	1829	1855	3012	194	292
2-4	1033	796	1420	278	444
2-4	1740	1724	2757	179	308
2-4	1659	1138	3253	132	271
2-4	1128	1085	571	309	182
2-4	1162	1082	849	280	372
2-4	1659	1033	2734	137	300
2-4	1224	923	711	171	315
2-4	1013	1110	894	307	411
109-3	1232	212	3233	1418	314
109-3	1213	163	3572	2141	359
109-3	1263	198	3258	1579	302
109-3	1292	157	3859	1310	324
109-3	1264	178	2865	1524	268
109-3	1291	261	3696	1969	450
109-3	1194	264	4648	1695	270
109-3	1220	273	3556	1761	191
109-3	1308	281	3685	2522	255
109-3	1310	254	3172	1949	279
109-3	1326	289	3349	1959	375
129-1	3425	1142	1373	516	409
129-1	3268	1102	1832	430	426
129-1	2677	249	5832	275	448
129-1	2289	257	5516	294	450
129-1	1508	148	7746	631	503
129-1	2761	326	2577	211	433
129-1	2747	336	2554	234	427
129-1	2647	329	1841	190	434
129-1	2691	317	2578	196	453
129-1	2636	348	2816	202	488
129-1	2672	295	3118	254	456
129-1	2649	313	3810	237	477
129-1	2468	277	5916	219	372
129-2a	2400	105	3213	196	427
129-2a	1647	74	6182	160	411
129-2a	1560	82	9174	85	367
129-2a	2468	180	2524	992	410

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
129-2a	2542	224	2811	1078	423
129-2a	3141	112	3446	233	235
129-2a	1970	64	5895	153	393
130-4	1303	37	4384	1826	456
130-4	1321	37	3616	1808	521
130-4	998	46	4157	1733	279
130-4	1040	39	3867	1557	301
601-1	1174	244	1829	1223	498
601-1	975	253	5970	457	351
601-1	776	51	3842	338	416
601-1	881	119	11038	253	581
601-1	963	231	8488	287	544
603-1	1375	108	2334	498	560
603-1	1319	152	2179	481	492
603-1	997	50	3976	229	454
603-1	1059	42	3927	267	467
603-1	1358	196	4393	454	538
603-1	1320	230	3982	486	572
603-1	1367	221	5425	515	621
604-2	745	139	5533	355	492
604-2	1153	86	5482	349	530
604-2	760	102	5779	370	520
604-2	765	89	5727	376	525
604-2	1139	100	5899	333	525
604-2	1152	103	5653	307	550
PT-62-A	3712	1046	3051	3269	1423
PT-62-A	3661	1079	3045	3228	1913
PT-62-A	4483	704	5791	2600	5489
PT-62-A	4780	1744	3340	2611	4317
PT-62-A	3780	1620	1847	3050	3712
PT-62-A	2602	1108	3498	3098	1967
ANA-287	2768	216	3696	1968	667
ANA-287	2691	220	3626	1991	737
ANA-287	2849	343	4647	2710	1805
ANA-287	2349	1456	3329	5880	4146
ANA-287	2449	1697	3361	4413	3470
ANA-287	1757	616	5862	3479	6207
ANA-287	1745	558	5072	2319	4797
ANA-287	1862	787	3502	3309	3679
ANA-287	1706	483	3989	3895	2233
ANA-287	1239	489	4765	3946	4579
ANA-287	1518	392	4979	1243	3851
ANA-287	1927	448	6330	1107	2532

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	Zr
ANA-287	2406	924	8461	10236	1911
ANA-287	1863	718	2188	372	234
ANA-287	1888	701	1631	659	444
ANA-287	1602	583	1711	734	517
ANA-287	1782	704	1787	1018	1315
ANA-287	2073	836	2930	3024	5155
ANA-287	1816	573	4469	3584	1104
ANA-287	1542	889	2845	3150	4568

C) Elementos traza en rutilos de origen metamórfico. Proviene de 4 rocas meta-ofiolitas de Kazdag Massif, Turquía. Análisis LA-ICP-MS, valores en ppm (Sengün y Zack, 2016).

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	W	Zr
1130	903	3162	1869	186	21	267
1130	903	2988	1655	180	19	268
1130	914	2854	1642	182	18	248
1130	927	2770	1885	191	29	254
1130	1013	2914	2013	218	41	305
1130	971	3282	1954	216	24	313
1130	1129	2349	2525	326	69	314
1130	843	2287	1433	212	21	287
1130	848	2282	2631	209	26	259
1130	876	2383	1710	224	24	299
1130	938	3472	2030	216	29	292
1130	940	3525	2729	202	27	302
1130	949	2688	2959	228	32	266
1130	957	2710	2294	234	25	286
1130	1238	2188	1662	363	51	176
1130	876	1777	1253	228	56	237
1130	919	2745	1376	120	17	285
1130	1069	1674	2182	223	20	274
1130	1027	3620	2017	200	36	352
1184	1140	1167	2911	811	22	323
1184	793	2169	1485	765	212	289
1184	1126	1171	2525	748	10	428
1184	1297	1226	1041	796	33	357
1184	704	1892	1516	802	41	378
1184	817	1658	1467	759	30	391
1184	813	2140	1476	754	32	420
1202	1104	3437	6816	779	85	302
1202	710	3355	2464	721	93	250
1202	926	2878	2620	748	66	278

Muestra	V	Cr	Fe	Nb	W	Zr
1202	758	3216	2854	760	69	274
1301	1213	1380	1784	176	25	381
1301	939	1444	2065	258	57	176
1301	959	2396	2883	336	31	333
1301	1191	1590	2099	248	103	301
1301	889	2932	2533	125	15	209
1301	836	1131	2820	226	19	340
1301	1119	1917	2158	210	44	236
1301	943	2368	2049	306	35	399

D) Elementos traza de rutilos de origen detrítico. Proviene de 3 areniscas de Pontides, Turquía (Okay et al., 2010). Valores en ppm.

Muestra	V	Cr	Zr	Nb	Sn	W
3	880,0	771,0	323,0	226,0	8,8	37,0
3	1727,0	531,0	913,0	2449,0	98,0	80,0
3	1457,0	577,0	665,0	2442,0	34,0	162,0
3	689,0	642,0	339,0	2413,0	78,0	32,0
3	550,0	548,0	448,0	1942,0	39,0	606,0
3	599,0	268,0	191,0	644,0	13,0	152,0
3	2660,0	889,0	248,0	1778,0	92,0	209,0
3	704,0	425,0	156,0	2305,0	62,0	104,0
3	2290,0	700,0	436,0	1459,0	72,0	51,0
3	3134,0	1486,0	881,0	209,0	8,5	5,9
3	1322,0	678,0	747,0	2898,0	76,0	111,0
3	1194,0	55,0	98,0	243,0	0,7	66,0
3	547,0	86,0	317,0	7382,0	54,0	88,0
3	1047,0	461,0	198,0	1673,0	93,0	106,0
3	434,0	14,0	107,0	569,0	12,0	20,0
3	1016,0	269,0	191,0	2345,0	52,0	136,0
3	240,0	105,0	34,0	383,0	16,0	55,0
3	662,0	258,0	200,0	222,0	30,0	5,1
3	1219,0	436,0	234,0	1461,0	30,0	382,0
3	1522,0	651,0	361,0	3392,0	36,0	132,0
18	849,0	590,0	90,0	1279,0	59,0	98,0
18	1272,0	18,0	542,0	189,0	26,0	49,0
18	740,0	254,0	610,0	450,0	19,0	12,0
18	994,0	495,0	108,0	1360,0	58,0	100,0
18	1179,0	405,0	180,0	1308,0	102,0	125,0
18	1302,0	1434,0	216,0	2804,0	82,0	66,0
18	1085,0	465,0	167,0	1945,0	60,0	395,0
18	1136,0	34,0	167,0	68,0	4,4	17,0
18	1428,0	74,0	289,0	466,0	29,0	59,0

Muestra	V	Cr	Zr	Nb	Sn	W
18	1471,0	130,0	139,0	1252,0	37,0	57,0
18	2732,0	986,0	876,0	2470,0	119,0	110,0
18	2461,0	570,0	316,0	1789,0	152,0	116,0
18	1320,0	535,0	107,0	1391,0	76,0	96,0
18	1771,0	482,0	330,0	2863,0	106,0	221,0
18	2214,0	380,0	851,0	2509,0	134,0	89,0
18	1517,0	522,0	984,0	1643,0	64,0	69,0
18	895,0	220,0	676,0	1923,0	14,0	160,0
18	907,0	878,0	443,0	593,0	7,0	40,0
18	1840,0	588,0	444,0	6414,0	59,0	259,0
18	609,0	723,0	439,0	811,0	10,0	40,0
18	2843,0	643,0	395,0	1446,0	36,0	35,0
18	1971,0	439,0	553,0	1682,0	85,0	133,0
18	1358,0	1382,0	311,0	4520,0	149,0	160,0
18	1684,0	390,0	285,0	598,0	71,0	25,0
18	2010,0	43,0	631,0	703,0	113,0	164,0
18	1191,0	366,0	27,0	169,0	5,0	70,0
18	4363,0	966,0	825,0	1176,0	136,0	126,0
18	1824,0	537,0	442,0	4620,0	117,0	124,0
18	1116,0	443,0	261,0	1309,0	117,0	177,0
18	945,0	15	352,0	1075,0	216,0	128,0
18	1252,0	59,0	356,0	1102,0	129,0	128,0
18	1292,0	346,0	1039,0	1802,0	63,0	75,0
18	1063,0	747,0	325,0	697,0	22,0	31,0
18	2380,0	721,0	695,0	6918,0	148,0	387,0
18	1222,0	687,0	516,0	285,0	19,0	21,0
18	721,0	793,0	235,0	296,0	8,3	83,0
18	1693,0	621,0	420,0	3050,0	87,0	95,0
18	1328,0	274,0	347,0	233,0	13,0	47,0
18	1686,0	1175,0	495,0	1031,0	24,0	17,0
18	1009,0	53,0	456,0	706,0	35,0	33,0
18	5401,0	362,0	1267,0	1362,0	191,0	73,0
18	998,0	547,0	1572,0	2012,0	261,0	144,0
18	1759,0	200,0	301,0	2802,0	124,0	215,0
18	1013,0	110,0	363,0	297,0	7,8	45,0
18	1588,0	748,0	500,0	3107,0	97,0	153,0
18	981,0	69,0	736,0	1422,0	57,0	76,0
18	2406,0	1012,0	1027,0	4318,0	68,0	128,0
18	1446,0	447,0	522,0	1167,0	207,0	106,0
18	776,0	778,0	355,0	365,0	19,0	12,0
18	1822,0	560,0	469,0	5096,0	120,0	320,0
18	735,0	447,0	248,0	645,0	38,0	17,0
18	1231,0	1630,0	418,0	1726,0	125,0	87,0

Muestra	V	Cr	Zr	Nb	Sn	W
1B	1096,0	109,0	343,0	496,0	28,0	41,0
1B	1021,0	155,0	332,0	646,0	20,0	167,0
1B	1067,0	675,0	153,0	1620,0	62,0	120,0
1B	744,0	449,0	123,0	1068,0	38,0	86,0
1B	923,0	429,0	129,0	1052,0	36,0	155,0
1B	815,0	615,0	32,0	252,0	3,8	181,0
1B	733,0	3116,0	1255,0	226,0	32,0	19,0
1B	480,0	106,0	43,0	612,0	8,8	45,0
1B	1045,0	990,0	45,0	179,0	3,6	17,0
1B	98,0	175,0	96,0	126,0	1,1	10,0
1B	904,0	433,0	43,0	180,0	5,3	174,0
1B	837,0	457,0	103,0	1162,0	43,0	182,0
1B	893,0	1107,0	69,0	333,0	8,0	84,0
1B	83,0	33,0	177,0	1198,0	7,5	35,0
1B	1193,0	546,0	196,0	660,0	87,0	235,0
1B	801,0	484,0	35,0	519,0	21,0	19,0
1B	722,0	365,0	123,0	672,0	32,0	71,0
1B	1018,0	473,0	192,0	3169,0	125,0	145,0
1B	634,0	190,0	22,0	790,0	28,0	49,0
1B	444,0	49,0	41,0	912,0	11,0	32,0
1B	475,0	299,0	43,0	1319,0	59,0	88,0
1B	1792,0	480,0	939,0	2418,0	105,0	165,0
1B	793,0	516,0	28,0	175,0	11,0	19,0
1B	767,0	80,0	203,0	412,0	43,0	32,0
1B	281,0	389,0	128,0	530,0	8,0	19,0
1B	642,0	532,0	34,0	183,0	4,0	7,2
1B	57,0	6,0	140,0	651,0	5,2	80,0
1B	67,0	13,0	298,0	721,0	1,1	393,0
1B	991,0	67,0	259,0	366,0	16,0	36,0
1B	535,0	116,0	27,0	844,0	19,0	23,0
1B	369,0	32,0	35,0	639,0	19,0	27,0
1B	2022,0	33,0	21,0	236,0	39,0	46,0
1B	689,0	227,0	36,0	332,0	19,0	470,0

E) Elementos traza de rutilos de origen detrítico, provenientes de rocas sedimentarias de Saxo-Thuringia, Alemania. Análisis LA-ICP-MS. Valores en ppm (Rösel et al., 2018).

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
021	317,9	194,4	4523,4	26,2	1820,7	58,5	204,9
021	718,5	329,3	2597,9	27,1	2036,7	75,6	139,1
021	599,2	75,2	3490,8	28,4	102,9	16,9	76,0

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
021	503,7	649,0	5137,1	36,3	592,7	b.d.l.	b.d.l.
021	493,5	1252,8	9682,8	42,9	1027,5	19,9	44,4
021	814,2	307,6	3834,0	44,3	1829,8	29,7	122,2
021	430,4	294,2	2343,6	45,5	1908,4	27,3	195,5
021	1513,5	1300,4	2811,2	50,8	3099,5	18,6	159,4
021	531,1	452,7	5747,3	51,1	4737,1	114,7	294,2
021	864,0	356,2	2964,3	51,5	1009,9	104,2	13,9
021	865,4	2742,6	2527,0	62,4	172,2	b.d.l.	67,1
021	671,5	944,5	5178,1	68,8	3475,0	b.d.l.	b.d.l.
021	378,5	95,4	6407,2	69,6	1002,7	44,0	55,0
021	800,5	351,8	2134,6	87,3	346,9	14,6	b.d.l.
021	970,2	519,2	2783,3	93,9	1965,5	82,8	16,9
021	1041,6	753,7	1667,5	94,6	1445,8	33,8	282,3
021	1628,5	1342,4	2823,4	98,9	1306,4	62,2	66,2
021	595,5	808,9	3129,3	122,6	4416,2	85,5	181,8
021	1546,3	b.d.l.	2871,3	125,5	34,4	17,2	b.d.l.
021	2245,6	1019,8	987,3	128,2	1166,9	60,0	93,0
021	499,4	339,3	7077,2	130,4	3962,8	29,7	222,3
021	1530,9	1847,2	1164,6	145,8	38,7	b.d.l.	8,9
021	2075,8	983,6	1441,3	151,2	1603,3	19,9	46,4
021	1103,5	b.d.l.	13867,6	153,1	26,3	20,9	b.d.l.
021	1277,8	1162,8	1420,0	156,3	881,0	11,9	270,7
021	769,7	77,4	4869,8	161,0	320,9	48,4	96,9
021	634,1	422,5	3047,3	168,7	1939,3	64,3	55,0
021	943,0	600,4	3742,7	170,4	3483,2	185,8	215,6
021	548,6	325,5	3986,6	178,8	735,8	21,0	7,9
021	547,7	1091,2	2344,8	192,2	328,9	7,1	26,5
021	1355,8	849,6	3024,9	193,6	3762,0	107,1	95,7
021	950,7	516,6	1660,7	196,0	1879,9	51,0	144,0
021	1099,7	b.d.l.	3432,5	200,8	14,2	b.d.l.	b.d.l.
021	2576,3	46,3	2212,7	208,7	516,1	106,5	45,3
021	1486,0	886,8	1571,7	212,4	1539,0	22,0	8,7
021	951,8	808,1	1287,9	213,8	1928,6	103,7	564,7
021	653,3	381,8	8444,9	215,3	556,6	b.d.l.	21,6
021	871,8	76,0	3523,1	228,2	251,4	b.d.l.	112,2
021	806,2	327,0	3986,3	233,0	246,3	9,8	6,9
021	781,9	583,2	4364,4	239,8	301,3	45,1	b.d.l.
021	1757,6	1071,7	2661,4	247,0	5798,7	247,5	295,2
021	856,1	168,6	2836,6	265,9	203,9	b.d.l.	29,7
021	597,9	394,6	4115,8	276,3	1045,0	22,3	4,4
021	4808,2	957,4	693,4	284,3	1194,5	49,8	56,7
021	2854,7	1453,8	1620,2	287,9	4584,2	b.d.l.	200,3
021	911,3	337,9	2261,2	299,0	271,9	40,7	51,1

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
021	2054,3	873,6	b.d.l.	328,5	234,8	b.d.l.	b.d.l.
021	548,4	150,1	2591,8	337,7	535,9	19,8	b.d.l.
021	739,5	2181,3	1204,9	341,3	569,5	28,9	47,9
021	989,6	241,3	5152,8	341,7	905,7	15,8	45,1
021	948,5	676,0	2159,4	341,8	3101,9	117,8	419,3
021	1828,1	293,0	1303,9	347,2	363,5	b.d.l.	b.d.l.
021	1925,1	1263,1	1570,3	352,0	5078,7	191,6	223,8
021	784,2	242,0	3215,5	359,3	435,2	17,2	21,8
021	1260,1	557,8	1544,3	363,6	2172,9	101,8	531,5
021	623,3	2328,5	1645,9	365,7	5257,6	b.d.l.	140,0
021	933,2	230,1	3810,1	392,4	870,1	70,5	11,8
021	1455,1	452,9	2591,6	395,1	3981,3	109,5	219,0
021	658,2	148,4	5035,1	396,8	724,4	46,5	69,0
021	2441,2	668,4	3255,5	415,4	1302,6	b.d.l.	59,7
021	1171,2	717,9	2932,6	416,8	2473,9	142,3	751,9
021	2313,6	385,3	2150,7	429,6	2312,7	36,2	116,0
021	657,3	116,2	3671,0	433,3	618,8	b.d.l.	49,8
021	1546,5	1102,8	2578,6	440,6	4643,7	218,4	928,9
021	663,8	431,9	6635,1	455,6	153,9	15,0	36,5
021	610,5	366,8	4263,9	461,6	834,6	b.d.l.	65,7
021	1204,3	417,5	4628,3	486,0	9335,7	167,0	430,6
021	1498,7	602,9	1486,5	502,4	1819,8	172,1	131,5
021	738,7	b.d.l.	3375,7	518,0	319,7	b.d.l.	60,7
021	1180,3	519,1	2618,5	525,2	4284,0	157,0	910,4
021	863,5	300,5	2729,1	526,3	1167,0	19,6	118,8
021	921,3	57,1	3281,6	532,7	495,2	57,2	14,3
021	1026,3	237,3	3933,2	552,1	6303,2	169,0	323,7
021	1895,0	b.d.l.	1316,3	557,4	26,1	33,2	b.d.l.
021	1155,2	214,3	889,0	563,0	146,3	b.d.l.	b.d.l.
021	2252,2	1132,3	b.d.l.	574,8	1396,0	84,0	69,3
021	2114,8	b.d.l.	1013,7	576,9	76,5	b.d.l.	6,2
021	1135,5	528,5	545,5	578,6	519,2	27,8	10,6
021	917,1	260,2	1327,6	582,1	391,6	30,9	14,8
021	2828,2	479,3	918,1	599,2	1013,2	56,4	20,7
021	921,5	303,2	3072,8	599,4	798,6	b.d.l.	22,3
021	2315,3	762,1	1393,8	599,4	1194,3	37,7	55,7
021	815,7	369,7	2521,4	616,9	2381,2	63,0	389,8
021	1011,7	271,4	3605,0	652,6	2216,1	34,3	b.d.l.
021	4129,8	1932,4	194,2	684,3	2368,4	22,9	29,7
021	1460,7	402,7	1094,3	695,6	1026,1	55,5	41,3
021	4063,4	1137,1	b.d.l.	709,3	1307,2	71,1	31,1
021	1721,2	88,1	1437,1	719,3	1112,1	184,3	41,3
021	2300,7	1177,4	1323,9	741,9	1374,7	69,3	34,5

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
021	2468,4	1134,3	1995,3	768,1	3799,8	117,9	332,7
021	807,8	b.d.l.	2606,2	769,3	1034,2	b.d.l.	22,6
021	679,8	402,3	2385,9	783,9	2719,2	28,9	27,1
021	4147,4	814,0	b.d.l.	787,6	685,8	33,2	24,0
021	2178,1	470,4	b.d.l.	793,5	1102,6	b.d.l.	24,3
021	1735,6	1202,4	2791,0	801,3	3345,4	1425,1	1716,2
021	1119,9	31,5	2863,4	872,2	2370,1	144,0	2,7
021	4044,6	755,5	b.d.l.	885,2	2428,9	27,3	151,5
021	3026,4	1358,0	982,1	885,3	3508,5	28,2	213,7
021	1593,0	919,5	331,9	892,5	1413,1	66,8	17,1
021	3689,8	1597,6	b.d.l.	902,1	239,0	155,0	85,2
021	2912,3	781,2	971,1	906,4	1811,4	16,6	49,3
021	3174,6	1885,6	316,3	913,5	1312,8	58,2	44,6
021	1273,4	260,0	8832,0	960,1	397,5	24,5	3,6
021	1442,4	b.d.l.	1540,8	965,3	322,5	57,1	b.d.l.
021	3222,7	1300,0	2896,1	987,4	1366,2	1068,5	2269,5
021	1954,2	914,0	b.d.l.	1014,4	656,2	37,7	b.d.l.
021	2154,6	673,8	b.d.l.	1083,7	1823,5	41,6	b.d.l.
021	1228,9	167,6	1522,8	1140,8	2440,7	272,8	24,5
021	2045,2	1019,7	1718,9	1148,5	2365,3	25,0	80,9
021	3757,3	1172,1	b.d.l.	1225,0	1324,0	41,5	44,6
021	4841,9	1411,6	843,3	1316,5	3269,3	43,7	240,4
021	2332,9	2134,6	573,9	1318,5	1191,8	113,7	b.d.l.
021	2104,2	1091,4	b.d.l.	1371,1	3443,7	155,3	226,9
021	1172,4	1117,5	2230,5	1400,2	2098,3	395,7	375,1
021	2065,1	156,6	1602,7	1401,3	387,3	42,5	b.d.l.
021	1449,3	786,8	2648,1	1444,4	1455,4	70,3	91,4
021	3517,6	1430,0	674,9	1507,7	1433,7	59,2	50,5
021	3616,0	900,4	813,1	1509,7	1477,3	21,1	32,4
021	800,3	3529,2	628,4	1517,5	1440,4	13,8	188,5
021	3145,6	605,2	812,2	1568,6	1929,4	b.d.l.	37,1
021	2902,9	1878,9	705,0	1572,8	3811,2	888,5	506,1
021	2155,5	304,7	3419,4	1594,8	412,6	83,0	b.d.l.
021	2571,2	1266,7	1026,1	1620,3	1147,1	47,5	59,4
021	2212,0	995,6	1046,7	1712,4	1041,9	68,0	307,1
021	1429,7	750,0	2211,8	1759,6	560,5	24,4	8,4
021	1666,5	616,5	972,9	1800,3	1045,4	42,7	15,1
021	2276,0	71,1	1703,2	1841,1	374,4	30,7	b.d.l.
021	4382,5	1163,4	b.d.l.	2121,8	992,7	81,3	132,0
021	2493,9	60,1	1507,9	2123,6	449,7	48,2	11,3
021	1554,0	781,8	1319,4	2153,5	2972,2	98,5	146,9
021	1933,0	832,9	1335,5	2166,4	2183,6	43,9	167,4
021	1563,1	1098,5	1339,7	2327,9	939,9	23,2	17,4

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
021	1208,1	4305,4	b.d.l.	2349,8	2792,9	39,2	69,1
021	2054,4	35,4	3293,9	2380,0	229,8	54,5	6,4
021	1047,5	115,8	2499,7	2428,4	1326,4	48,0	114,9
021	3065,2	778,6	3090,3	2462,9	2415,5	31,9	130,1
021	1584,6	123,9	3406,1	2593,1	2090,9	102,0	59,8
021	1640,7	802,4	1003,2	2841,5	986,4	15,2	56,3
021	2580,2	72,1	1751,2	2867,1	1017,1	240,2	213,7
021	2760,8	1326,8	470,6	2872,7	3664,2	42,2	288,2
021	1765,4	1160,9	1765,3	3128,5	2789,2	90,7	150,1
021	1977,1	1348,1	642,6	3798,5	1380,8	66,4	24,7
021	1416,9	419,6	369,8	b.d.l.	291,1	85,0	16,0
004	826,7	856,2	2675,6	32,3	2760,1	64,9	184,9
004	963,4	454,2	1670,4	40,8	383,6	8,0	7,1
004	865,6	220,0	2065,8	73,8	122,3	14,0	1,1
004	501,8	3119,9	3100,7	90,0	1181,4	20,2	37,2
004	974,5	151,8	3595,1	90,0	827,7	15,3	7,4
004	859,7	584,7	3445,8	112,7	3002,1	65,8	157,4
004	750,9	927,8	2526,1	119,4	2280,8	85,4	126,7
004	921,1	685,2	1956,9	125,7	6792,8	557,8	140,8
004	1777,8	421,3	1811,3	132,7	7258,9	150,1	163,8
004	834,0	761,1	1924,0	142,5	3205,4	68,9	95,2
004	2134,9	1238,4	919,1	143,9	2187,6	110,6	66,7
004	1042,7	2719,0	1011,0	158,2	2520,6	114,0	63,5
004	2382,7	392,0	1002,1	182,6	855,9	81,5	125,1
004	654,9	275,3	5428,3	190,2	18,5	18,0	5,9
004	706,3	348,4	1896,8	200,1	425,1	14,6	14,0
004	907,3	54,0	3925,0	203,6	769,8	11,8	19,1
004	667,5	243,1	3673,1	210,1	324,4	8,1	19,5
004	4887,5	2577,1	1463,5	211,7	5080,6	327,4	1906,9
004	2454,0	1108,2	285,9	218,5	1261,6	b.d.l.	b.d.l.
004	766,3	1193,8	3568,1	219,7	420,7	5,0	b.d.l.
004	635,6	279,6	7411,9	264,7	7918,4	180,1	2192,5
004	2022,6	255,5	1018,8	279,1	1791,5	109,3	141,1
004	1064,3	897,0	2986,4	305,3	7447,2	111,1	476,6
004	759,6	191,2	3214,9	323,1	1633,7	18,4	251,3
004	949,3	56,4	4897,5	376,9	261,1	20,1	1,3
004	1021,4	338,8	3135,4	387,3	440,9	18,2	12,1
004	1912,7	2086,7	407,7	401,4	1206,5	25,8	4,6
004	1029,9	1573,3	1954,6	403,6	5915,6	93,6	915,1
004	776,9	766,2	2194,0	414,8	295,8	14,6	105,0
004	2421,9	1158,6	1011,4	432,0	2568,0	16,2	44,5
004	489,2	93,6	4031,2	465,5	2590,6	29,1	431,7
004	1604,1	b.d.l.	3556,6	466,1	491,4	117,1	633,7

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
004	629,0	185,5	3147,3	489,2	458,9	8,5	22,7
004	1592,0	644,1	691,2	492,9	1016,3	102,3	7,1
004	1085,9	67,8	2782,8	547,3	231,1	9,0	10,7
004	1100,6	429,0	5866,1	549,7	9105,8	638,8	2412,1
004	637,0	1119,3	2627,8	555,6	2241,4	17,6	6,7
004	827,9	685,0	2544,5	558,5	176,1	5,1	3,1
004	800,7	317,8	3860,2	560,4	978,9	15,0	20,3
004	2520,2	1256,3	461,7	567,8	2368,9	12,7	188,6
004	1605,8	1340,0	1004,5	578,0	1893,1	b.d.l.	33,1
004	565,0	91,6	3464,1	589,1	762,0	9,3	50,6
004	764,6	872,0	1108,9	597,0	2108,4	44,0	30,8
004	2399,4	109,0	1160,6	705,6	1781,6	162,4	116,0
004	4571,6	2016,2	110,1	760,1	56,0	20,1	7,0
004	669,2	3084,1	6388,4	770,2	11560,7	45,4	601,3
004	818,6	277,0	3423,3	786,1	3515,4	63,6	179,6
004	646,5	388,1	1561,8	941,9	2695,6	99,8	85,1
004	2348,8	1029,6	752,8	959,6	1742,2	15,4	21,6
004	2836,5	1617,7	185,7	974,0	305,2	19,6	b.d.l.
004	1424,7	586,0	4197,7	999,2	9376,6	134,9	852,2
004	2089,3	20,6	3201,0	1010,5	530,0	52,8	0,9
004	1000,6	224,5	1596,1	1032,7	1056,3	24,6	11,9
004	1047,2	250,0	4097,3	1215,8	1201,0	33,8	16,8
004	3929,4	942,1	970,1	1249,3	4728,4	295,3	61,0
004	3821,7	2547,3	457,1	1256,0	1834,6	47,1	39,7
004	2647,4	781,9	295,1	1331,2	1744,8	3,2	39,9
004	1439,8	2312,0	558,8	1505,5	1836,6	45,5	26,5
004	2855,5	1075,7	650,3	1578,1	1352,3	40,4	23,8
004	4168,6	198,6	908,3	1591,6	1015,9	19,5	45,2
004	3177,5	1151,3	256,6	1617,7	1490,4	55,6	20,9
004	2076,8	2420,9	216,3	1677,3	714,8	12,6	43,4
004	3065,9	949,8	1055,2	1850,9	2767,0	148,2	134,2
004	4017,4	1282,6	1045,9	1945,8	2619,7	160,6	166,1
004	1872,8	548,1	504,3	1951,9	5185,6	104,8	149,2
004	1373,4	713,3	1756,0	2041,8	3631,5	45,7	7,4
004	3395,2	155,7	335,9	2145,9	2278,8	305,8	63,1
004	4248,8	1121,4	248,1	2789,8	1753,7	6,5	b.d.l.
044	673,7	2467,9	940,0	83,0	277,6	91,8	171,4
044	1444,3	200,9	643,5	96,5	175,4	24,2	19,4
044	667,9	2056,4	1655,6	96,7	1937,8	85,3	256,6
044	2593,0	3527,4	349,0	98,8	780,0	220,6	25,2
044	934,5	299,2	1012,0	100,3	1398,9	114,3	183,3
044	1284,8	399,9	844,6	107,4	637,9	95,5	37,9
044	1350,4	608,2	1431,4	113,8	1058,1	114,8	87,1

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
044	837,2	290,6	2538,1	116,2	3496,3	93,8	202,6
044	664,5	303,3	1968,6	117,9	892,8	77,0	76,5
044	1658,5	1358,4	1038,9	118,4	966,9	114,0	11,7
044	1554,2	744,2	774,5	120,4	1161,3	147,4	116,8
044	1343,8	500,1	2104,1	121,1	4491,8	136,6	124,9
044	2817,3	718,0	900,0	126,9	622,1	52,8	11,8
044	658,7	461,6	1712,4	133,4	249,6	24,0	10,9
044	1232,9	254,3	865,6	136,9	1175,2	124,8	40,1
044	484,4	1888,2	2121,8	140,8	3989,2	13,3	55,6
044	1322,0	238,1	1798,4	147,6	2089,2	332,5	97,2
044	924,7	442,3	1052,5	149,7	2136,1	123,0	359,1
044	1085,1	160,0	1644,3	151,6	452,0	40,0	158,1
044	1981,8	340,9	1007,6	162,9	1320,3	102,9	205,2
044	873,1	525,4	1595,7	170,0	2735,7	119,3	51,5
044	637,5	187,7	2730,0	170,8	915,9	22,4	48,5
044	746,1	267,5	3111,9	172,2	1205,6	44,2	1801,3
044	1776,9	673,8	1356,0	180,9	2852,3	115,3	121,7
044	2282,0	684,4	608,4	201,3	1010,2	43,3	5,7
044	1387,5	603,0	1299,5	215,8	1166,2	118,8	80,2
044	1237,7	109,5	761,5	217,1	188,2	2,7	2,5
044	1824,2	1148,5	727,5	232,6	3400,5	162,2	192,3
044	1841,6	848,7	1286,6	235,1	1666,6	164,8	126,1
044	801,8	153,5	3532,2	240,3	4964,5	435,3	227,3
044	708,7	193,8	3326,4	251,7	1680,3	29,5	9,6
044	1849,8	938,9	1390,2	252,7	3732,3	108,0	293,7
044	1522,5	159,2	800,7	257,8	121,5	211,4	8,1
044	497,7	71,6	2575,1	261,1	2116,2	128,7	1903,4
044	1922,7	968,1	1302,2	261,4	3105,5	157,7	35,3
044	1906,8	465,7	1120,2	278,8	2767,6	131,9	225,1
044	626,2	88,1	2451,6	292,4	1044,9	19,3	7,6
044	1846,3	576,0	4160,8	296,3	8726,9	169,1	544,0
044	1072,2	499,6	1729,2	305,8	2862,8	357,1	96,4
044	863,0	184,0	1421,8	308,3	1740,7	12,4	3,2
044	1234,9	410,8	1754,6	322,1	2184,5	55,2	17,6
044	2423,2	1977,9	1000,2	343,1	3634,3	150,2	225,6
044	1410,1	577,1	1299,0	345,9	2712,9	116,0	283,8
044	1491,3	668,0	1579,4	354,5	5528,0	137,3	213,4
044	1431,8	522,0	916,7	363,4	2213,9	110,6	36,0
044	1677,7	636,1	2966,7	364,6	5502,8	126,4	127,4
044	4361,4	763,7	682,9	364,8	2437,9	79,4	2514,0
044	2903,9	2077,1	720,2	374,8	2840,6	41,1	316,7
044	876,4	717,1	3686,4	382,1	8194,9	55,7	104,3
044	1384,9	849,8	867,0	391,8	214,8	36,3	18,6

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
044	1309,4	126,8	1117,6	399,5	327,2	15,7	34,2
044	3785,2	1313,5	414,7	400,2	134,1	37,2	4,4
044	1244,4	680,9	1220,9	409,3	2642,2	95,2	133,2
044	2006,8	789,9	1633,2	423,5	4398,8	160,1	223,0
044	2020,8	578,8	1038,0	424,6	1819,4	95,2	156,9
044	2776,5	848,1	531,6	435,0	681,8	22,4	2,7
044	2019,3	1231,9	628,6	439,0	2439,3	141,6	59,7
044	1764,6	780,2	1180,3	439,6	1399,5	63,2	344,6
044	1699,9	730,8	1102,3	450,0	3888,1	114,9	94,7
044	1531,1	452,7	1169,7	451,5	2005,9	38,0	25,9
044	2197,2	231,9	751,7	453,4	874,8	43,8	10,5
044	1198,9	368,5	1300,5	456,2	2600,3	103,4	140,4
044	1918,8	543,0	840,3	485,0	966,3	7,5	48,8
044	538,3	341,2	5394,7	510,9	5903,6	88,9	296,4
044	1476,4	558,4	2468,2	521,3	5381,9	108,5	305,1
044	1023,8	487,1	1026,7	525,1	2001,0	11,0	49,2
044	1705,7	684,1	1337,6	532,6	2246,3	94,3	88,9
044	1014,8	57,7	2055,0	537,4	1251,2	35,9	43,3
044	1014,9	30,7	1371,1	539,2	566,9	34,4	16,1
044	1700,6	772,0	1165,1	540,5	2682,0	90,4	144,9
044	1230,2	816,1	1570,6	558,6	3578,0	121,2	157,1
044	596,3	207,7	2593,7	567,1	311,6	13,9	15,8
044	2914,7	556,0	467,7	574,6	889,7	7,4	1,8
044	579,5	186,6	3627,8	579,0	3452,8	41,3	22,9
044	2135,3	213,9	975,5	585,5	1497,0	334,0	254,7
044	3465,7	901,2	292,2	603,0	1916,7	150,9	143,6
044	1644,8	220,2	1005,1	604,8	1172,9	19,9	12,3
044	954,7	1781,5	1532,0	607,8	1462,2	4,5	118,6
044	3625,2	879,6	811,4	623,1	104,8	14,3	9,7
044	802,9	226,4	1300,0	635,5	1621,9	35,4	83,4
044	1006,4	686,7	1284,2	641,5	1881,8	133,0	255,2
044	1780,8	436,1	2313,2	645,8	5813,0	54,3	53,0
044	1679,9	531,5	1276,6	691,7	2595,0	221,2	1082,2
044	3216,7	536,6	517,7	715,8	372,8	10,6	33,4
044	4534,1	897,4	398,5	748,2	772,8	68,2	1013,6
044	2325,3	123,0	2886,5	748,9	6567,0	337,2	792,3
044	924,2	207,7	1622,5	762,1	2071,7	2,8	b.d.l.
044	1086,6	192,4	674,8	777,5	793,0	54,6	13,1
044	1564,0	635,3	2411,6	823,0	4968,6	57,9	228,7
044	835,5	98,6	2990,9	830,2	4821,3	226,8	447,5
044	1826,1	924,3	2076,3	851,4	3864,8	69,1	198,5
044	665,1	422,3	3369,7	945,5	6065,1	16,3	502,6
044	1775,4	598,2	1274,3	951,2	1290,1	51,6	23,2

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
044	2004,7	255,0	1416,9	971,7	2127,8	88,4	2,9
044	507,4	181,8	3378,9	986,3	1320,4	1341,9	802,3
044	2623,2	925,3	505,4	1020,8	1532,1	18,9	13,2
044	2026,1	837,5	1996,1	1109,2	5905,7	43,4	49,4
044	2174,7	651,9	486,7	1148,2	971,5	24,5	0,5
044	1259,8	538,1	1152,0	1180,5	1421,4	16,0	36,4
044	1285,1	3531,7	478,3	1208,4	4293,1	216,8	57,5
044	1841,5	542,7	753,4	1398,2	1610,0	80,1	58,0
044	2986,4	434,7	760,1	1431,8	2892,1	109,7	38,3
044	1919,3	575,1	1451,1	1516,1	1879,2	49,0	167,2
044	2561,1	1217,1	504,6	1556,9	1522,3	6,0	b.d.l.
044	1995,7	775,3	445,6	1595,8	1523,5	63,3	162,5
044	3735,2	899,6	278,3	1846,8	2316,8	29,7	68,7
044	2777,7	758,9	653,4	1992,1	1862,4	15,3	3,3
044	2250,2	534,7	583,9	2023,8	1168,1	25,5	21,3
044	1647,5	430,6	1303,7	2158,9	2541,6	30,1	150,6
044	1388,0	1757,2	372,7	2669,1	2332,1	90,7	89,3
044	2018,8	4136,9	298,1	6385,8	654,2	33,6	20,5
033	4828,0	1016,4	b.d.l.	3,4	17,1	b.d.l.	b.d.l.
033	636,4	113,7	2352,4	27,0	1361,3	b.d.l.	73,6
033	463,6	b.d.l.	2739,4	53,9	1403,3	b.d.l.	2469,4
033	1447,4	271,5	1218,2	58,3	522,5	32,2	36,9
033	1568,7	178,9	2360,9	60,6	2233,3	89,2	228,1
033	640,4	b.d.l.	3789,6	62,9	3361,5	b.d.l.	94,7
033	1394,3	424,4	1750,8	65,9	517,5	61,3	28,2
033	638,8	b.d.l.	1627,4	71,0	82,9	33,9	b.d.l.
033	1315,5	152,1	1742,2	75,1	1691,2	190,4	b.d.l.
033	1799,7	1331,5	1225,1	75,7	3566,1	122,2	248,2
033	535,3	b.d.l.	5517,1	83,8	6242,7	308,1	84,3
033	827,7	4503,4	5375,9	84,3	12949,7	b.d.l.	1094,7
033	977,2	1099,2	857,7	89,5	2433,8	27,0	851,4
033	829,6	211,6	3379,2	95,0	2538,8	22,5	547,7
033	1162,7	1043,5	587,2	97,5	2798,8	176,5	85,5
033	1969,9	1885,6	474,1	97,7	94,4	2336,2	758,0
033	1416,1	3599,1	b.d.l.	101,2	46,8	b.d.l.	30,4
033	1401,1	273,8	813,9	112,9	623,8	83,2	4,4
033	698,7	595,9	1823,5	116,1	493,5	b.d.l.	49,3
033	1337,7	223,6	1522,4	116,3	1664,5	124,1	255,3
033	797,4	139,1	974,9	118,0	963,9	56,4	b.d.l.
033	1494,5	1912,3	467,9	118,3	30,3	112,6	30,5
033	1778,8	453,4	855,1	135,8	1994,6	183,6	189,3
033	1490,8	525,0	1555,1	144,1	1813,1	162,6	190,1
033	1127,1	444,4	1648,5	155,3	896,8	134,6	331,7

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
033	1541,0	457,2	833,0	160,8	1117,2	159,9	264,2
033	979,8	1444,8	2194,5	162,4	2565,1	121,9	129,4
033	735,0	b.d.l.	1462,0	162,4	771,5	71,2	13,8
033	2039,1	803,0	596,1	167,8	3101,1	104,3	504,0
033	1188,5	469,1	1218,8	168,1	2313,9	47,8	238,6
033	624,4	206,3	3515,3	169,7	1466,6	253,0	250,7
033	2046,9	1865,0	1070,8	171,7	558,4	95,9	51,8
033	955,5	1055,5	5835,4	175,9	2631,7	511,4	331,7
033	1030,8	219,7	2270,6	182,1	2570,9	111,7	110,1
033	1372,1	274,7	1886,1	182,4	75,9	27,7	474,3
033	774,7	1821,5	479,1	190,3	324,9	20,4	18,0
033	1285,1	425,0	725,4	192,1	1054,6	135,5	61,0
033	1234,1	1113,1	1172,1	193,9	811,0	91,0	281,8
033	1731,0	1493,9	883,0	201,4	1083,8	83,6	122,1
033	784,7	1188,6	625,4	206,5	1182,2	208,3	172,5
033	1058,9	568,7	2311,8	206,7	2582,9	113,2	205,9
033	1796,1	906,1	638,5	225,7	1847,4	165,5	162,6
033	1502,0	1201,3	1219,0	227,1	1644,8	44,4	14,1
033	815,6	372,0	2694,2	235,3	8915,0	176,0	140,4
033	1172,9	114,5	1824,5	238,3	684,5	95,5	4,1
033	1937,9	837,2	483,6	240,2	501,9	38,3	b.d.l.
033	1136,9	211,8	1892,9	241,8	222,3	b.d.l.	11,3
033	2087,4	173,0	b.d.l.	247,0	1452,8	72,7	683,7
033	2966,3	806,9	691,2	266,8	2162,9	117,6	139,1
033	470,4	135,4	1106,4	272,1	228,1	45,4	24,9
033	967,7	b.d.l.	b.d.l.	273,1	1518,5	b.d.l.	26,2
033	881,5	1170,6	1964,5	276,3	344,9	40,6	19,9
033	1497,4	544,5	3818,4	281,5	6770,0	202,5	615,9
033	1210,7	432,9	1576,7	287,4	828,5	b.d.l.	b.d.l.
033	1461,8	1109,0	1810,5	291,5	2464,8	127,6	165,7
033	991,6	548,2	1328,2	302,5	2316,0	140,7	312,5
033	3432,4	4019,9	432,8	307,9	3087,9	423,7	228,4
033	2391,4	576,0	1720,7	311,0	2637,7	142,2	498,5
033	1957,1	516,3	1481,6	314,5	1095,1	96,9	56,7
033	1062,4	1625,1	1948,6	315,9	1748,3	146,8	567,9
033	2267,0	570,2	1176,0	316,0	2016,4	22,6	94,9
033	618,4	1378,8	3669,2	333,6	1514,3	68,1	206,4
033	1398,2	450,9	2867,5	334,9	1979,1	38,3	795,0
033	1725,7	610,0	1477,6	336,2	3097,4	164,3	300,8
033	698,4	586,8	4109,8	339,1	3032,6	54,8	86,2
033	974,4	346,6	2380,3	345,3	3685,0	86,9	34,6
033	811,8	656,6	2628,5	353,0	2423,7	59,6	91,9
033	805,9	847,8	1882,4	370,8	1199,9	b.d.l.	35,0

Muestra	V	Cr	Fe	Zr	Nb	Sn	W
033	956,5	2162,0	1294,8	378,3	1876,7	119,5	119,5
033	552,3	b.d.l.	b.d.l.	383,7	209,2	25,3	31,6
033	1619,8	966,5	2994,1	407,2	6013,0	133,3	203,3
033	1381,5	4244,8	966,3	415,9	1831,6	328,2	561,0
033	1283,6	975,5	3039,2	429,7	2618,3	330,4	b.d.l.
033	2617,4	637,3	772,9	433,7	1512,3	55,8	258,0
033	1435,4	928,7	853,6	435,4	1675,2	41,1	118,9
033	2777,6	716,7	901,8	445,7	2899,1	265,4	198,1
033	4748,8	1386,2	653,4	459,0	2125,9	27,6	69,2
033	1880,1	843,9	666,3	475,2	2022,6	1512,3	463,8
033	1973,0	345,1	1409,7	476,9	5013,2	132,5	117,2
033	1595,2	736,1	2158,5	487,0	4846,2	99,2	372,8
033	2299,3	1890,2	708,7	518,4	2159,3	12,9	105,8
033	634,3	49,5	2484,5	524,0	860,8	26,1	97,5
033	6353,9	792,9	982,3	530,5	2507,3	100,2	165,7
033	1076,6	399,4	2699,7	550,1	2753,1	147,3	560,3
033	774,7	b.d.l.	4024,4	563,8	4056,0	308,1	65,5
033	1374,9	650,4	1948,6	565,8	2659,3	35,7	22,6
033	1913,8	1000,0	b.d.l.	569,9	967,3	132,4	351,9
033	1074,4	273,6	1310,0	602,2	2910,5	35,8	167,6
033	904,4	141,1	4399,8	618,5	4401,8	40,5	b.d.l.
033	4153,9	1328,7	1116,7	629,1	1355,8	95,7	430,8
033	1401,3	686,0	2036,6	673,5	2599,7	b.d.l.	147,4
033	1373,2	415,3	640,2	688,9	999,4	15,6	4,7
033	3010,3	2429,6	816,3	700,0	3937,3	257,1	223,6
033	2859,8	1792,6	777,9	747,2	2250,8	122,6	266,1
033	1498,9	2304,6	1364,1	768,7	3278,6	134,1	1477,2
033	2688,6	b.d.l.	1296,4	804,7	802,9	b.d.l.	b.d.l.
033	2887,0	981,1	421,1	825,6	983,8	245,9	295,1
033	2569,9	425,9	583,2	1012,4	361,4	62,9	b.d.l.
033	1651,2	2788,2	495,4	1028,1	1652,6	63,2	293,5
033	1642,1	561,7	773,3	1073,2	535,9	11,5	57,6
033	4258,0	864,5	503,7	1120,2	1912,7	48,1	23,5
033	1206,9	468,6	994,1	1166,4	2667,2	15,8	8,7
033	1928,0	479,9	2386,0	1244,0	1263,8	b.d.l.	77,8
033	2759,7	497,4	1595,4	1579,7	1601,7	37,5	166,8
033	4064,4	216,0	b.d.l.	4047,8	1624,8	b.d.l.	36,0

F) Elementos traza de rutilos de origen hidrotermal. Las muestras provienen de 4 distintos yacimientos tipo pórfidos de cobre (Schirra y Laurent, 2021).

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Batu Hijau	9747,8	412,8	135,0	3416,3	70,2	266,2	29,8
Batu Hijau	12083,1	408,9	213,1	2703,0	76,7	289,7	43,1
Batu Hijau	4365,4	281,5	9,7	1789,7	17,6	503,3	19,0
Batu Hijau	3606,3	10,3	9,5	74,3	14,8	100,6	28,9
Batu Hijau	5635,9	241,6	72,1	1287,4	192,1	350,9	123,8
Batu Hijau	4960,9	255,4	57,7	1054,0	218,9	347,1	141,1
Batu Hijau	4360,2	758,5	8,1	2051,2	19,2	827,5	37,6
Batu Hijau	4536,9	612,3	100,7	1706,3	52,6	929,8	43,1
Batu Hijau	5082,3	2302,2	23,2	2278,2	13,0	1138,6	27,9
Batu Hijau	16513,4	188,5	1068,3	832,5	28,1	241,0	72,0
Batu Hijau	10286,9	144,3	4314,9	847,8	133,5	1445,4	99,1
Batu Hijau	7648,7	204,2	1392,8	769,8	71,0	329,8	81,3
Batu Hijau	4470,6	1538,7	35,8	2939,7	18,1	650,1	17,7
Batu Hijau	7182,3	332,1	833,3	847,3	313,6	986,1	111,1
Batu Hijau	5470,0	247,1	1595,0	453,0	211,0	492,0	247,7
Batu Hijau	8800,0	171,3	726,0	682,0	118,8	248,0	89,8
Batu Hijau	8390,0	353,0	3870,0	587,0	88,4	204,0	255,0
Batu Hijau	5650,0	242,0	950,0	739,0	219,0	336,0	118,9
Batu Hijau	4660,0	191,0	300,0	685,0	20,5	49,8	90,2
Batu Hijau	5710,0	314,0	2200,0	673,0	42,8	233,0	107,0
Batu Hijau	5480,0	153,0	366,0	554,0	32,8	71,8	75,3
Batu Hijau	6050,0	217,4	910,0	790,0	77,0	1303,0	87,0
Batu Hijau	6040,0	222,7	1360,0	755,0	13,6	1140,0	140,8
Batu Hijau	5450,0	404,0	2150,0	822,0	56,5	495,0	121,3
Batu Hijau	6400,0	864,0	1880,0	1023,0	32,9	120,0	74,1
Batu Hijau	10800,0	353,0	1650,0	940,0	89,3	379,0	101,5
Batu Hijau	6490,0	368,0	4190,0	645,0	0,0	453,0	25,8
Batu Hijau	5410,0	179,0	1100,0	756,0	141,0	894,0	105,1
Batu Hijau	5060,0	357,0	1960,0	1420,0	67,7	244,0	83,1
Batu Hijau	5860,0	653,0	2210,0	2200,0	190,5	122,0	23,6
Batu Hijau	5050,0	710,0	1475,0	1752,0	167,9	271,0	42,4
Batu Hijau	4010,0	598,0	617,0	3830,0	71,9	133,2	32,7
Batu Hijau	6170,0	223,0	811,0	827,0	104,0	1235,0	102,1
Batu Hijau	5900,0	246,0	1500,0	650,0	107,0	430,0	114,9
Batu Hijau	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Batu Hijau	6840,0	699,0	2550,0	2250,0	47,2	664,0	42,5
Batu Hijau	3800,0	697,0	191,0	2890,0	276,0	141,6	33,6
Batu Hijau	5830,0	195,0	1182,0	777,0	78,8	351,0	99,5
Batu Hijau	5080,0	132,2	77,0	526,0	40,2	25,3	80,4
Batu Hijau	5100,0	292,0	312,0	854,0	73,0	125,0	104,1

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Batu Hijau	30800,0	217,0	1490,0	905,0	8,8	137,1	53,0
Batu Hijau	6700,0	81,5	1230,0	256,0	3,7	1345,0	11,9
Batu Hijau	5630,0	688,0	1180,0	978,0	27,1	200,0	65,4
Batu Hijau	4650,0	1310,0	800,0	2040,0	120,0	257,0	47,3
Batu Hijau	1970,0	13,8	5,3	56,0	5,3	581,0	24,7
Batu Hijau	5080,0	215,0	436,0	791,0	223,0	515,0	95,7
Batu Hijau	4940,0	313,0	781,0	800,0	24,7	199,0	79,0
Batu Hijau	3830,0	55,1	30,0	35,5	0,0	626,0	24,7
Batu Hijau	5850,0	199,0	1890,0	724,0	26,3	96,9	63,8
Batu Hijau	5320,0	274,0	22,0	345,0	17,2	24,2	73,9
Batu Hijau	5730,0	1646,0	2490,0	2453,0	361,0	440,0	61,5
Batu Hijau	4310,0	933,0	1032,0	1505,0	256,0	161,0	36,3
Batu Hijau	5580,0	269,0	1140,0	406,0	9,1	101,1	67,7
Batu Hijau	5440,0	168,5	910,0	701,0	175,0	986,0	121,3
Batu Hijau	5420,0	1070,0	2490,0	1410,0	0,0	193,0	44,9
Batu Hijau	4890,0	1402,0	1630,0	1365,0	28,2	547,0	57,2
Batu Hijau	5460,0	155,9	183,9	553,0	24,7	59,6	82,3
Batu Hijau	5370,0	198,5	1040,0	718,0	21,7	109,3	116,2
Batu Hijau	5460,0	251,0	396,0	754,0	91,1	880,0	95,2
Batu Hijau	4550,0	228,0	1560,0	650,0	15,4	1090,0	45,0
Batu Hijau	5120,0	146,2	241,4	580,0	11,6	78,4	62,8
Batu Hijau	7170,0	199,4	4590,0	602,0	25,5	479,0	166,7
Batu Hijau	6000,0	489,0	2860,0	1117,0	306,0	415,0	76,8
Batu Hijau	8600,0	381,0	1518,0	576,0	140,9	112,0	115,5
Batu Hijau	1304,0	5,5	166,0	34,2	0,0	817,0	33,2
Batu Hijau	6360,0	333,0	1760,0	767,0	100,5	260,0	133,9
Batu Hijau	5820,0	223,0	520,0	763,0	74,5	867,0	86,3
Batu Hijau	5780,0	254,0	1620,0	715,0	21,9	189,0	62,6
Batu Hijau	5430,0	268,0	867,0	767,0	296,0	655,0	101,7
Batu Hijau	8700,0	132,7	513,0	818,0	119,3	116,5	71,8
Batu Hijau	7320,0	1288,0	2165,0	1096,0	37,9	121,2	45,5
Batu Hijau	32600,0	347,0	2240,0	698,0	5,4	447,0	133,0
Batu Hijau	5840,0	880,0	3800,0	2800,0	221,0	435,0	31,3
Batu Hijau	2440,0	20,7	133,0	68,1	0,0	1028,0	20,2
Batu Hijau	8600,0	150,0	207,0	595,0	23,1	85,4	49,6
Batu Hijau	4520,0	600,0	123,0	1570,0	110,0	169,0	43,1
Batu Hijau	5300,0	165,3	740,0	662,0	34,6	61,5	90,8
Batu Hijau	3100,0	17,9	29,2	84,8	5,3	1247,0	53,0
Batu Hijau	5060,0	414,0	2670,0	927,0	114,6	183,0	64,7
Batu Hijau	12500,0	558,0	3620,0	1870,0	332,0	765,0	89,2
Batu Hijau	31300,0	569,0	2530,0	1117,0	40,1	1130,0	59,6
Batu Hijau	4170,0	323,0	892,0	762,0	47,4	249,0	129,5
Batu Hijau	7150,0	1294,0	8180,0	2960,0	140,5	389,0	61,4

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Batu Hijau	9200,0	269,1	712,0	708,0	41,7	198,0	139,2
Batu Hijau	4290,0	99,4	416,0	407,0	5,7	681,0	30,3
Batu Hijau	5410,0	269,0	22,9	307,7	10,7	75,8	105,2
Batu Hijau	4970,0	304,0	1610,0	828,0	18,2	323,0	83,5
Batu Hijau	8500,0	188,0	725,0	356,0	0,0	262,0	88,0
Batu Hijau	6660,0	414,0	3030,0	384,0	71,1	92,4	68,8
Batu Hijau	5030,0	332,0	1430,0	797,0	112,2	454,0	88,1
Batu Hijau	5750,0	1130,0	3000,0	1618,0	46,3	753,0	40,3
Batu Hijau	5740,0	190,0	2240,0	535,0	28,3	52,0	115,5
Batu Hijau	3250,0	21,9	80,0	88,1	0,0	373,0	35,0
Batu Hijau	6450,0	168,5	23,5	332,0	15,4	103,8	60,8
Batu Hijau	9600,0	334,0	1563,0	769,0	57,8	378,0	144,3
Batu Hijau	2550,0	99,5	864,0	259,0	0,0	1323,0	40,6
Batu Hijau	1268,0	5,3	255,0	35,4	0,0	518,0	16,5
Batu Hijau	6800,0	186,0	1940,0	718,0	65,2	85,8	86,5
Batu Hijau	9500,0	47,7	767,0	409,0	36,7	116,4	4,6
Batu Hijau	6680,0	749,0	5600,0	1940,0	32,2	282,0	34,0
Batu Hijau	40400,0	196,0	31,0	734,0	35,4	5,2	111,3
Batu Hijau	5050,0	950,0	420,0	2120,0	104,0	26,1	33,0
Batu Hijau	10800,0	215,8	61,7	521,0	0,0	57,1	72,4
Batu Hijau	9700,0	290,0	2580,0	746,0	156,6	396,0	178,7
Batu Hijau	2290,0	101,0	573,0	1210,0	0,0	1508,0	4,6
Batu Hijau	5020,0	287,0	1940,0	637,0	9,9	241,0	119,7
Batu Hijau	5690,0	188,6	1098,0	764,0	54,6	872,0	71,6
Batu Hijau	5130,0	213,0	1470,0	688,0	56,1	470,0	124,0
Batu Hijau	5900,0	24,9	1073,0	216,0	14,4	281,0	5,2
Batu Hijau	24900,0	355,0	212,0	788,0	32,6	175,0	49,9
Batu Hijau	6600,0	283,0	1700,0	1019,0	86,0	480,0	142,0
Batu Hijau	8570,0	312,0	1740,0	852,0	26,0	204,0	89,8
Batu Hijau	4880,0	467,0	510,0	1740,0	30,0	427,0	26,2
Batu Hijau	8600,0	148,6	1350,0	800,0	139,8	99,4	81,7
Batu Hijau	6070,0	413,0	2650,0	950,0	12,2	189,0	67,4
Batu Hijau	4540,0	1530,0	5460,0	4600,0	269,0	322,0	53,0
Batu Hijau	60000,0	467,0	3670,0	635,0	177,0	76,6	75,9
Batu Hijau	4830,0	1390,0	1610,0	1820,0	279,0	312,0	65,8
Batu Hijau	5450,0	439,0	1740,0	815,0	17,3	259,0	129,4
Batu Hijau	6250,0	310,0	0,0	1460,0	135,0	152,0	55,6
Batu Hijau	4930,0	140,7	91,0	702,0	91,3	83,2	69,3
Batu Hijau	5600,0	182,7	759,0	632,0	131,5	78,2	66,9
Batu Hijau	3210,0	36,3	136,3	718,0	2,5	402,0	36,6
Batu Hijau	25000,0	401,0	718,0	632,0	55,4	103,1	75,8
Batu Hijau	5020,0	204,8	273,0	689,0	20,1	89,0	102,9
Batu Hijau	5900,0	280,0	2720,0	1220,0	29,1	163,0	73,2

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Batu Hijau	5670,0	349,0	2500,0	1029,0	98,0	143,8	55,7
Batu Hijau	4060,0	15,8	557,0	226,0	17,3	136,1	5,9
Batu Hijau	5900,0	7,2	13,3	47,0	5,5	991,0	38,4
Batu Hijau	25700,0	1411,0	2330,0	2562,0	122,7	310,0	73,5
Batu Hijau	5110,0	173,4	49,0	379,4	23,9	180,0	183,4
Batu Hijau	5740,0	294,0	101,0	474,0	15,7	102,0	96,2
Batu Hijau	7710,0	301,0	2670,0	932,0	176,0	191,0	97,3
Batu Hijau	10700,0	423,0	1870,0	1570,0	104,1	465,0	75,0
Batu Hijau	4430,0	52,6	47,5	57,4	0,0	910,0	51,0
Batu Hijau	7530,0	995,0	315,0	665,0	0,0	774,0	169,2
Batu Hijau	5380,0	22,0	40,2	85,9	2,7	795,0	60,6
Batu Hijau	27000,0	298,0	2620,0	845,0	65,8	1060,0	120,1
Batu Hijau	5920,0	256,0	2010,0	1000,0	225,0	471,0	110,4
Batu Hijau	3630,0	60,0	2110,0	528,0	26,3	242,7	7,1
Batu Hijau	6560,0	398,0	2350,0	1070,0	118,0	707,0	109,3
Batu Hijau	134000,0	164,7	25,6	1040,0	9,2	23,6	64,0
Batu Hijau	9900,0	242,0	1650,0	910,0	400,0	414,0	102,1
Batu Hijau	6230,0	349,0	2810,0	873,0	144,0	528,0	117,2
Batu Hijau	5370,0	370,0	3650,0	3700,0	225,0	192,0	48,2
Batu Hijau	6900,0	249,0	3870,0	786,0	362,0	251,0	68,5
Batu Hijau	8380,0	543,0	10100,0	2770,0	137,5	356,0	64,7
Batu Hijau	15400,0	199,3	1210,0	929,0	148,5	260,0	104,0
Batu Hijau	6350,0	81,9	87,2	221,0	36,2	502,0	182,6
Batu Hijau	58000,0	201,0	885,0	715,0	45,9	84,5	112,1
Batu Hijau	8260,0	317,0	965,0	920,0	231,0	207,0	98,3
Batu Hijau	6020,0	98,1	80,8	321,5	0,0	144,0	62,8
Batu Hijau	5480,0	193,7	30,1	1045,0	41,3	221,0	50,2
Batu Hijau	5800,0	177,2	607,0	919,0	49,3	2026,0	110,1
Batu Hijau	5480,0	428,0	1030,0	4880,0	528,0	94,6	19,5
Batu Hijau	4470,0	538,0	6480,0	6500,0	361,0	123,9	33,6
Batu Hijau	10650,0	30,3	107,0	234,0	29,0	476,0	87,0
Batu Hijau	14900,0	325,0	1890,0	1317,0	427,0	187,9	42,3
Batu Hijau	8000,0	52,3	50,7	109,9	6,6	149,7	61,9
Batu Hijau	5880,0	126,2	343,0	885,0	59,9	487,0	84,9
Batu Hijau	5290,0	206,0	126,0	416,0	16,6	111,4	72,7
Batu Hijau	5380,0	220,0	329,0	437,0	7,9	31,8	74,0
Batu Hijau	2840,0	414,0	129,4	382,0	0,0	691,0	57,9
Batu Hijau	7300,0	393,0	4250,0	2790,0	165,7	188,0	43,3
Batu Hijau	10500,0	274,0	1232,0	2070,0	623,0	117,0	49,4
Batu Hijau	0,0	132,2	147,6	1232,0	60,0	319,0	138,3
Batu Hijau	7570,0	174,4	227,0	622,0	10,0	69,5	45,5
Batu Hijau	5220,0	255,6	692,0	406,0	75,8	19,7	27,7
Batu Hijau	6310,0	207,0	1657,0	854,0	134,0	1730,0	183,1

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Batu Hijau	5960,0	557,0	8010,0	4240,0	300,0	192,0	42,1
Batu Hijau	5020,0	198,0	347,0	838,0	101,0	270,0	72,1
Batu Hijau	5470,0	428,0	4970,0	3980,0	264,0	195,0	54,1
Batu Hijau	5130,0	106,4	458,0	954,0	77,0	156,0	48,9
Batu Hijau	4180,0	534,0	2750,0	7780,0	380,0	243,0	23,6
Batu Hijau	4990,0	166,0	447,0	1540,0	21,2	165,0	51,0
Batu Hijau	7010,0	6,4	17,7	216,0	0,0	51,5	13,9
Batu Hijau	5550,0	153,0	610,0	880,0	138,0	466,0	80,4
Batu Hijau	7770,0	158,1	755,0	1054,0	326,0	508,0	99,4
Batu Hijau	5290,0	344,0	1330,0	2410,0	387,0	133,1	48,4
Batu Hijau	20700,0	329,0	2130,0	1790,0	332,0	75,9	50,1
Batu Hijau	18800,0	1050,0	3710,0	2131,0	439,0	179,5	49,8
Batu Hijau	7410,0	129,8	326,0	835,0	143,0	304,0	86,3
Batu Hijau	5250,0	188,4	2141,0	2092,0	431,0	602,0	225,0
Batu Hijau	5380,0	115,1	398,0	621,0	29,2	139,6	70,6
Batu Hijau	5220,0	132,5	438,0	864,0	67,4	157,0	65,4
Batu Hijau	4510,0	1324,0	2298,0	3790,0	108,2	727,0	33,0
Batu Hijau	5500,0	566,0	1880,0	1562,0	238,0	329,0	44,3
Batu Hijau	8900,0	236,0	2940,0	911,0	943,0	569,0	158,5
Batu Hijau	17600,0	423,0	4450,0	3590,0	275,0	160,0	48,0
Batu Hijau	10290,0	104,2	72,4	353,0	0,0	754,0	56,1
Batu Hijau	18100,0	450,0	85,0	230,0	0,0	635,0	58,2
Batu Hijau	9000,0	398,0	919,0	1025,0	69,2	166,0	89,3
Batu Hijau	5790,0	121,3	445,0	887,0	86,2	231,0	81,0
Batu Hijau	5620,0	242,0	55,0	491,0	11,9	198,0	109,5
Batu Hijau	4580,0	250,0	1660,0	1705,0	274,0	175,6	67,3
Batu Hijau	25900,0	78,0	54,9	163,0	62,0	436,0	90,1
Batu Hijau	7740,0	141,0	122,3	636,0	3,7	569,0	385,1
Batu Hijau	6500,0	175,0	65,0	732,0	3,9	933,0	57,1
Batu Hijau	4500,0	190,0	66,3	192,0	15,9	401,0	62,4
Batu Hijau	5660,0	356,0	1640,0	2690,0	271,0	108,4	61,8
Batu Hijau	4610,0	259,0	700,0	2070,0	440,0	263,0	44,4
Batu Hijau	0,0	11000,0	12100,0	10200,0	0,0	0,0	0,0
Batu Hijau	5070,0	199,5	135,0	655,0	29,4	78,0	71,8
Batu Hijau	16300,0	362,0	4160,0	3263,0	544,0	171,0	47,6
Batu Hijau	5610,0	26,2	47,7	105,0	20,0	307,0	110,6
Batu Hijau	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Batu Hijau	13430,0	33,6	50,2	166,2	8,1	292,0	73,7
Batu Hijau	6230,0	126,9	462,0	568,0	46,5	107,2	92,9
Batu Hijau	0,0	510,0	1370,0	1280,0	364,0	218,0	53,7
Batu Hijau	5110,0	308,3	1105,0	2306,0	263,0	70,3	38,2
Batu Hijau	18400,0	526,0	5110,0	3590,0	244,0	222,2	50,4
Batu Hijau	5380,0	223,0	1021,0	1002,0	585,0	270,0	45,0

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Batu Hijau	4930,0	74,5	79,0	265,0	13,9	238,7	67,6
Batu Hijau	4000,0	106,0	85,0	420,0	4,8	1015,0	82,8
Batu Hijau	5200,0	243,0	988,0	1145,0	320,0	211,0	60,6
Batu Hijau	4570,0	163,0	1470,0	1750,0	628,0	221,0	207,0
Batu Hijau	9080,0	199,5	822,0	937,0	71,9	6380,0	140,5
Batu Hijau	8360,0	106,1	124,0	610,0	14,8	309,0	96,5
Batu Hijau	6280,0	321,0	3050,0	2124,0	194,0	145,5	39,6
Batu Hijau	28500,0	110,7	559,0	887,0	119,0	177,0	58,4
Batu Hijau	5660,0	260,0	1077,0	1760,0	116,1	290,0	97,0
Batu Hijau	7540,0	145,0	568,0	695,0	125,0	4390,0	141,0
Batu Hijau	6000,0	461,0	3080,0	4800,0	882,0	86,1	41,0
Batu Hijau	32300,0	128,9	532,0	1404,0	306,0	211,0	67,7
Batu Hijau	5520,0	544,4	3148,0	2319,0	457,0	108,8	50,5
Batu Hijau	6130,0	183,0	915,0	750,0	175,7	1620,0	159,6
Batu Hijau	4150,0	268,0	538,0	1710,0	1436,0	58,6	34,1
Batu Hijau	10500,0	127,5	273,0	481,0	20,2	101,5	62,4
Batu Hijau	8280,0	242,0	2590,0	1124,0	191,0	628,0	93,6
Batu Hijau	10300,0	218,6	1148,0	1673,0	327,0	150,3	38,9
Batu Hijau	6070,0	283,0	1660,0	2125,0	852,0	117,3	44,0
Batu Hijau	9400,0	369,0	2080,0	1461,0	97,4	335,0	62,1
Batu Hijau	8320,0	182,3	2220,0	844,0	293,0	5170,0	189,1
Batu Hijau	5350,0	751,0	3900,0	5490,0	158,0	103,0	43,6
Batu Hijau	5080,0	237,0	997,0	1716,0	232,0	174,2	40,0
Batu Hijau	4980,0	166,0	1330,0	1509,0	357,0	169,0	75,0
Batu Hijau	2550,0	11,8	27,9	36,0	18,6	146,6	98,2
Batu Hijau	2590,0	251,0	76,6	782,0	2,7	1040,0	198,3
Batu Hijau	11200,0	283,0	1400,0	1890,0	457,0	422,0	43,6
Batu Hijau	7630,0	143,3	0,0	1084,0	106,0	508,0	115,0
Batu Hijau	7000,0	165,8	317,0	777,0	128,0	220,8	102,8
Batu Hijau	4790,0	187,0	590,0	1067,0	208,0	214,0	44,1
Batu Hijau	6190,0	254,0	654,0	785,0	147,0	750,0	118,9
Bingham Canyon	3469,76	223,38	2408,52	2608,34	1027,59	4604,00	468,01
Bingham Canyon	3139,65	203,29	2940,82	2531,68	1095,58	4811,08	449,61
Bingham Canyon	3516,48	295,23	2271,98	2543,01	858,97	4416,64	295,09
Bingham Canyon	3420,78	343,55	8948,67	2853,65	3328,15	2989,62	196,50
Bingham Canyon	8603,74	286,66	1597,17	4515,12	646,11	7409,27	197,20
Bingham Canyon	3460,31	338,38	9915,46	6869,31	3143,12	11075,0	499,47
Bingham Canyon	2826,58	330,55	8678,25	3479,69	8259,72	4341,49	179,37
Bingham Canyon	5716,37	377,26	1624,09	2690,05	2530,13	14489,6	491,84
Bingham Canyon	6811,22	255,83	1890,40	3411,59	2838,01	19610,3	681,81
Bingham Canyon	6507,48	298,60	1114,55	6526,74	1534,40	20972,6	435,86
Bingham Canyon	5681,72	296,96	2787,96	7575,99	2276,24	22837,0	535,34

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Bingham Canyon	6663,90	296,27	1491,04	6353,62	1576,09	22077,1	333,94
Bingham Canyon	6179,18	301,87	1393,22	1926,44	1074,54	13505,0	742,84
Bingham Canyon	7840,70	265,31	1011,15	3431,08	822,23	19311,9	479,94
Bingham Canyon	5556,77	290,42	2732,19	7502,48	1691,47	20405,9	588,46
Bingham Canyon	6572,28	250,99	947,03	2285,82	1369,94	13920,0	774,23
Bingham Canyon	6819,53	234,24	2053,59	2978,65	1226,78	13284,9	502,17
Bingham Canyon	8202,44	294,20	2712,09	5321,20	1607,77	14207,5	299,54
Bingham Canyon	4815,59	404,65	15619,7	6553,92	1673,11	921,91	442,81
Bingham Canyon	1272,60	231,37	2559,38	4093,97	5368,44	10272,1	585,85
Bingham Canyon	1878,37	219,42	747,60	3589,19	3621,55	9776,32	734,74
Bingham Canyon	4005,37	448,40	7977,25	2469,36	2057,88	4150,27	180,74
Bingham Canyon	3700,87	279,75	2835,61	3621,91	996,48	6741,92	284,72
Bingham Canyon	3348,68	263,71	1135,48	3729,07	988,83	7641,26	406,01
Bingham Canyon	4214,53	317,88	9438,48	2956,16	1064,75	2532,52	314,47
Bingham Canyon	3918,35	596,18	8028,15	2905,72	801,21	1516,71	361,75
Bingham Canyon	5025,53	451,85	11051,7	2507,09	4007,86	1687,85	205,38
Bingham Canyon	1781,03	286,10	4268,96	2536,55	4854,43	4315,64	431,92
Bingham Canyon	2058,10	284,50	5663,77	3008,37	5127,87	5751,20	395,73
Bingham Canyon	3465,77	238,38	4110,37	3305,40	3956,94	8617,58	466,14
Bingham Canyon	3533,02	235,29	8073,94	3510,65	3870,21	4913,14	412,25
Bingham Canyon	2649,25	242,82	6475,89	3563,40	3322,34	5017,94	318,47
Bingham Canyon	4041,68	319,01	7225,90	2165,90	3420,72	3267,55	167,77
Bingham Canyon	3363,06	256,50	3736,63	4293,73	2349,02	7776,25	263,43
Bingham Canyon	4134,03	211,28	17915,6	2351,12	6942,27	902,87	240,91
Bingham Canyon	6963,19	361,10	10225,2	4713,06	712,71	8480,86	254,63
Bingham Canyon	3037,40	589,48	2083,98	2965,89	740,81	3241,25	115,35
Bingham Canyon	8044,95	528,08	18224,9	4385,46	1041,46	3766,31	176,92
Bingham Canyon	3208,52	293,79	5455,17	1891,06	1530,89	1448,05	180,64
Bingham Canyon	2915,22	663,36	3859,52	2311,08	1109,21	1432,97	127,15
Bingham Canyon	3913,07	288,42	6616,60	2824,83	1235,53	2116,86	204,73
Bingham Canyon	2931,20	365,39	4902,41	2137,29	1595,28	755,94	354,67
Bingham Canyon	3924,89	364,83	7735,35	2283,97	1560,76	991,53	347,65
Bingham Canyon	4029,17	480,50	9244,25	3399,75	940,37	1162,53	243,50
Bingham Canyon	3331,62	322,36	8913,81	2693,42	2191,56	1197,24	320,80
Bingham Canyon	5318,78	286,82	4892,73	4315,89	1844,58	12324,2	314,81
Bingham Canyon	2612,49	307,18	4324,52	3449,53	1724,09	2801,20	178,35
Bingham Canyon	1839,22	447,90	2292,35	2250,81	2471,63	2550,20	124,22
Bingham Canyon	4782,20	286,88	2023,54	6062,55	1284,02	16160,6	300,70
Bingham Canyon	969,25	458,12	4171,89	5487,43	1557,13	3160,60	153,96
Bingham Canyon	3344,43	365,86	8042,98	3068,08	1673,06	1282,80	340,79
Bingham Canyon	2309,52	339,08	6957,77	4313,86	1685,01	2245,04	142,81
Bingham Canyon	3423,35	328,90	8650,09	4487,61	1244,23	2159,20	190,58
Bingham Canyon	4051,81	368,70	6581,17	2196,93	1838,95	1996,30	165,04

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Bingham Canyon	6467,13	1661,47	31400,6	7109,28	9591,55	1150,06	179,40
Bingham Canyon	8726,50	3160,19	65333,0	7578,59	18576,7	1174,23	74,64
Bingham Canyon	5043,99	651,08	21186,9	5752,32	7174,04	2287,73	189,19
Bingham Canyon	6860,63	1739,96	32636,0	4720,07	12070,3	1177,25	64,49
Bingham Canyon	5038,22	303,74	1474,32	2436,86	1661,60	4850,31	421,03
Bingham Canyon	3168,97	566,88	2480,50	4147,86	2171,57	3024,93	486,14
Bingham Canyon	4522,54	314,70	3457,04	2129,43	2196,42	2941,69	316,98
Bingham Canyon	4270,99	366,97	2806,48	2508,32	2617,56	5967,37	586,56
Bingham Canyon	3486,06	399,46	7893,88	7350,30	1345,84	4232,09	476,99
Bingham Canyon	2652,63	321,39	5692,50	6796,75	1655,04	4848,94	505,40
Bingham Canyon	3537,10	388,94	6695,59	6715,92	2318,99	4054,05	291,91
Bingham Canyon	5011,15	139,02	1014,19	4377,03	5466,23	2321,22	1810,0
Bingham Canyon	5929,63	251,31	2154,80	6711,26	1027,21	18056,3	661,23
Bingham Canyon	6344,36	290,40	6423,67	8132,55	2292,89	10127,0	441,02
Bingham Canyon	4893,00	290,29	1258,63	3236,36	1090,27	7053,04	396,91
Bingham Canyon	6678,09	298,53	1362,41	2609,54	1446,20	11762,2	608,80
Bingham Canyon	3480,41	309,01	499,95	4149,60	946,05	5547,35	367,31
Bingham Canyon	4826,84	290,54	4810,42	5651,66	1258,73	8475,80	504,10
Bingham Canyon	4044,88	320,80	1053,40	5072,22	1179,62	9285,59	509,19
Bingham Canyon	3969,99	527,60	3392,89	4255,98	1020,56	3637,31	549,99
Bingham Canyon	1669,55	204,10	1633,58	4896,42	2886,95	1544,77	958,68
Bingham Canyon	4301,64	655,66	13617,8	5814,80	5009,05	1975,10	215,28
Bingham Canyon	2907,69	392,61	4725,74	5039,66	2831,70	2112,87	303,08
Bingham Canyon	1949,29	252,84	1817,29	4961,30	1667,64	3961,53	258,18
Bingham Canyon	3835,16	304,28	8400,87	5427,67	2999,95	2424,02	773,05
Bingham Canyon	1988,61	357,10	1175,75	4786,24	4115,39	3709,70	249,43
Bingham Canyon	1798,39	459,23	31871,2	5883,47	21242,2	726,62	68,55
Bingham Canyon	2931,88	407,55	6657,18	6341,04	2896,96	4678,67	254,77
Bingham Canyon	2698,16	491,03	12058,5	5778,02	5918,06	1689,49	281,61
Bingham Canyon	5863,24	1080,70	29716,7	9242,94	8531,20	1515,99	128,17
Bingham Canyon	1983,08	441,83	2174,22	4979,05	2718,45	3198,08	215,03
Bingham Canyon	2730,33	471,49	9322,78	6202,62	4072,26	2268,07	186,71
Bingham Canyon	1921,49	349,66	3233,17	5319,38	2557,24	2892,67	273,68
Bingham Canyon	13015,01	1101,59	41263,6	11250,1	11661,4	1117,83	133,53
Bingham Canyon	2237,99	515,47	6431,72	5122,66	3725,74	1745,09	225,32
Bingham Canyon	2839,22	332,79	3630,28	5617,06	1383,13	1054,46	213,66
Bingham Canyon	3429,06	431,34	8640,07	6122,20	3720,32	1558,39	204,09
Bingham Canyon	1744,71	399,99	8160,98	6147,79	3327,82	1539,86	211,03
Bingham Canyon	6934,26	309,36	3811,46	5846,16	1689,93	18673,7	631,20
Bingham Canyon	7320,96	326,12	4008,35	5736,31	1536,63	17435,0	516,59
Bingham Canyon	3205,96	389,70	5000,71	4589,21	2223,93	5034,98	215,51
Bingham Canyon	1496,88	229,14	7748,40	4126,47	6213,99	2471,33	361,17
Bingham Canyon	3501,01	293,66	12788,0	6938,68	4212,80	2531,64	989,49

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Bingham Canyon	2566,92	294,38	3464,11	5765,08	3198,52	5417,78	606,88
Bingham Canyon	1029,94	248,43	7035,82	4485,24	7035,05	1346,29	511,29
Bingham Canyon	3381,31	565,10	18688,5	6150,27	8219,24	1398,53	258,69
Bingham Canyon	2180,12	390,13	5122,20	5188,97	2549,71	913,83	178,49
Bingham Canyon	2601,18	354,67	4437,51	6290,69	2826,94	6392,20	413,61
Bingham Canyon	4360,26	483,75	20983,7	7679,72	6942,10	2175,50	267,15
Bingham Canyon	2076,25	376,67	2085,60	5524,91	1863,30	3573,47	292,50
Bingham Canyon	2106,51	488,41	6402,91	4753,45	4985,26	2633,07	267,47
Bingham Canyon	13356,46	259,50	2370,51	10734,4	2039,63	40702,7	854,31
Bingham Canyon	2311,55	601,91	13718,7	5457,59	7740,93	965,56	132,04
Bingham Canyon	2285,14	323,39	1593,24	5023,11	1987,75	4662,31	408,13
Bingham Canyon	2729,40	36,42	859,94	153,76	417,53	2796,29	228,24
Bingham Canyon	4588,66	221,82	11472,1	4602,70	4403,67	2276,94	807,68
Bingham Canyon	4100,75	748,23	21839,4	6239,16	8824,67	2651,59	126,92
Bingham Canyon	4494,47	589,69	22388,9	6350,93	7410,14	1600,64	155,02
Bingham Canyon	5468,61	283,35	6582,71	5896,40	2731,41	11428,8	426,51
Bingham Canyon	2456,19	252,56	9319,77	5650,58	4994,18	1542,32	433,66
Bingham Canyon	1933,85	231,76	6034,53	4359,69	4754,28	1406,08	428,75
Bingham Canyon	7820,89	379,61	27486,7	7907,97	3297,89	4147,30	622,10
Bingham Canyon	5635,43	412,63	10369,6	6079,82	2677,50	10509,2	523,65
Bingham Canyon	4373,13	303,16	6897,14	4896,83	3206,64	7544,07	604,46
Bingham Canyon	3374,81	317,69	3103,37	5555,91	2070,46	6791,92	428,95
Bingham Canyon	2730,75	315,19	3367,48	5711,13	3433,13	7926,64	390,00
Bingham Canyon	4192,04	373,98	4525,70	4491,32	1765,42	5276,39	487,41
Bingham Canyon	4213,50	345,90	2785,19	4469,28	1713,03	7539,07	486,14
Bingham Canyon	1326,85	424,20	5688,41	5694,10	5492,64	1946,06	269,95
Bingham Canyon	3883,72	406,94	9749,25	4870,05	2147,47	1105,45	191,28
Bingham Canyon	3479,35	708,00	20330,5	6999,22	8671,58	836,94	101,63
Bingham Canyon	3867,19	391,99	4064,57	2439,25	2056,43	2377,29	478,44
Bingham Canyon	3495,49	332,62	3012,31	2340,67	1871,15	3534,35	629,52
Bingham Canyon	4009,18	329,44	2886,23	3946,75	1367,57	6202,05	479,96
Bingham Canyon	2656,16	370,64	4161,44	5820,87	1406,50	4242,51	550,98
Bingham Canyon	15757,10	611,81	18379,3	888,36	1546,35	2956,96	387,10
Bingham Canyon	2311,94	580,01	16487,3	5594,62	9424,54	1089,89	109,67
Bingham Canyon	4806,54	403,61	10968,5	5334,74	6394,65	2101,37	159,56
Bingham Canyon	2537,88	276,36	2952,64	6345,98	481,61	4142,79	319,95
Bingham Canyon	3729,41	303,97	2139,69	4660,87	715,57	6819,62	303,38
Bingham Canyon	12390,92	232,21	529,49	9101,85	1194,30	34370,6	2034,2
Bingham Canyon	2497,39	304,52	1825,54	4463,44	1734,09	3308,85	233,72
Bingham Canyon	11250,66	334,61	8871,64	4869,14	2768,96	3646,00	298,11
Bingham Canyon	3190,15	403,44	3516,52	4932,61	1213,51	4190,46	393,54
Bingham Canyon	10889,78	311,53	5810,87	3931,94	2236,78	1770,44	239,86
Bingham Canyon	5575,56	1112,40	45528,4	5951,28	20732,1	1076,92	136,51

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Bingham Canyon	71,36	1,11	3624,54	28,99	522,86	1854,18	59,15
Bingham Canyon	178,74	2,83	5283,89	124,75	1202,47	1649,28	123,91
Bingham Canyon	467,95	5,70	8079,16	81,91	1636,07	2261,30	165,06
Bingham Canyon	1466,74	7,88	12797,9	81,43	2126,01	2890,86	153,15
Bingham Canyon	2321,56	320,10	5929,71	4077,80	2678,06	923,43	131,86
Bingham Canyon	2716,89	6,90	18285,3	95,20	1117,73	2599,79	211,11
Bingham Canyon	4044,60	287,78	6383,55	4362,52	2707,89	5369,41	211,53
Bingham Canyon	1038,79	10,40	6815,50	71,86	608,24	4330,42	239,60
Bingham Canyon	1880,88	590,97	13690,9	3986,31	11138,7	737,12	161,02
Bingham Canyon	4287,65	202,84	12097,1	4892,43	4105,37	1985,16	173,33
Bingham Canyon	1935,71	482,25	5389,84	5707,43	2452,35	2527,21	219,21
Bingham Canyon	3568,69	584,57	1545,96	2635,88	1843,19	5279,41	707,48
Bingham Canyon	3087,55	637,94	689,43	3193,91	1762,05	4938,54	532,97
Bingham Canyon	3142,35	406,92	2869,76	5101,44	1183,16	4519,62	257,77
Bingham Canyon	3532,90	453,53	3934,15	4826,88	1338,26	4637,47	271,69
Bingham Canyon	3591,29	379,85	2790,36	5014,74	1515,73	4170,14	229,81
El Salvador	57439,65	116,87	701,92	1183,90	21,85	1146,97	130,19
El Salvador	5527,21	81,80	52,21	2171,41	47,69	289,32	23,60
El Salvador	5876,21	131,78	3240,03	1952,62	22,47	1630,53	167,59
El Salvador	102839,3	106,74	148,00	9394,92	58,49	103,81	39,00
El Salvador	4942,03	121,19	333,39	825,62	93,37	1200,19	140,46
El Salvador	2147942	102,79	29,12	16046,1	224,76	105,11	29,36
El Salvador	405354,4	129,41	630,15	15642,1	199,88	358,69	57,30
El Salvador	33634,26	127,92	4710,65	2307,40	117,83	661,36	80,21
El Salvador	1714355	101,07	222,48	13758,0	483,34	168,99	14,31
El Salvador	6021,73	158,06	1462,21	1240,16	138,51	1120,08	63,38
El Salvador	4926,79	130,44	1327,48	2635,20	81,39	734,95	304,88
El Salvador	3837,89	154,22	397,36	839,77	54,84	554,61	41,61
El Salvador	4900,76	124,15	2956,94	1482,54	120,98	1225,11	192,53
El Salvador	215013,7	54,63	313,02	2038,14	170,53	65,65	7,89
El Salvador	4282,14	159,01	83,40	3124,15	28,58	763,33	52,65
El Salvador	4862,76	156,15	2214,22	2509,11	34,60	646,67	71,56
El Salvador	6856,46	135,69	952,18	2672,87	28,33	582,54	61,23
El Salvador	18376,71	116,49	529,20	1296,83	189,16	215,78	2070,8
El Salvador	19961,54	86,89	333,08	1208,26	129,69	728,28	65,65
El Salvador	6121,88	143,43	700,36	1277,37	111,57	343,89	48,04
El Salvador	7010,01	162,31	3340,87	2927,73	38,93	2111,66	439,31
El Salvador	3856,47	156,16	1907,18	3424,70	86,67	716,24	95,10
El Salvador	4157,89	158,98	2056,27	2925,65	95,32	659,60	88,90
El Salvador	6029,05	171,79	2236,07	2222,16	4,88	3003,34	592,59
El Salvador	7146,21	139,55	2063,38	2987,30	23,82	3252,34	496,50
El Salvador	5225,16	124,44	1459,33	710,29	71,20	244,13	57,02

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
El Salvador	4952,41	162,44	468,52	673,87	59,64	296,36	41,90
El Salvador	12748,00	180,11	1253,62	1051,20	54,01	245,05	25,43
El Salvador	38304,83	160,81	611,70	1069,14	96,90	154,19	85,25
El Salvador	5540,97	157,11	3351,47	2203,36	286,15	838,18	169,04
El Salvador	6412,78	120,33	762,91	809,94	58,22	5714,57	247,82
El Salvador	0,00	106,43	163,46	1665,85	101,35	1034,18	110,96
El Salvador	3165,39	59,00	111,22	1142,28	121,21	143,58	20,73
El Salvador	7621,93	135,72	679,43	1042,54	32,93	1717,40	147,29
El Salvador	14004,23	192,07	30230,8	7374,61	138,96	326,44	125,74
El Salvador	6479,34	184,37	6255,35	5730,04	87,69	556,10	121,10
El Salvador	5648,51	200,81	1702,11	5153,71	72,29	603,05	110,08
El Salvador	8041,75	200,12	6179,21	5680,46	84,15	584,97	116,05
El Salvador	6581,31	121,32	4143,77	1165,35	192,06	1742,85	215,93
El Salvador	1003524	17,63	132,23	6333,11	262,00	35,40	6,24
El Salvador	40650,86	144,53	5046,15	1770,72	23,59	1016,53	247,76
El Salvador	4575,63	175,91	408,39	1384,16	77,24	624,40	230,74
El Salvador	26799,27	128,47	3079,75	1615,15	96,23	2546,77	233,19
El Salvador	6959,82	168,44	7248,28	1733,04	10,96	1038,11	307,05
El Salvador	9091,70	150,94	11025,1	1924,19	15,66	2065,92	360,54
El Salvador	42172,74	168,60	546,92	2724,56	86,57	215,65	78,96
El Salvador	6341,67	139,05	2883,26	1063,98	11,28	498,32	44,50
El Salvador	8811,26	136,47	4323,07	1515,77	26,81	2229,07	284,47
El Salvador	6316,92	109,00	1369,91	1643,35	7,37	1005,58	245,38
El Salvador	4912,84	149,68	2120,21	1881,63	47,70	602,39	83,20
El Salvador	5769,61	125,75	263,29	1052,31	290,36	123,94	47,91
El Salvador	9038,25	135,63	2068,44	1752,89	103,89	3369,53	186,16
El Salvador	7124,43	204,21	6848,15	2095,47	118,60	1650,75	483,59
El Salvador	6099,85	194,24	5676,06	2068,79	117,37	1375,85	444,02
El Salvador	390425,4	214,01	4275,39	8073,03	138,16	654,20	127,86
El Salvador	4431,00	113,64	266,25	1669,35	197,41	32,29	51,27
El Salvador	12997,84	174,47	12641,50	2813,13	178,32	3452,82	355,52
El Salvador	13126,59	124,11	4675,41	1519,17	17,23	5041,94	400,60
El Salvador	4979,84	155,12	1059,19	1524,27	86,59	1026,65	269,08
El Salvador	5762,38	202,68	3029,17	2796,48	148,86	1238,86	574,07
El Salvador	5638,60	168,99	4461,33	2069,42	53,35	649,77	361,38
El Salvador	5282,55	144,07	3474,55	1230,16	78,82	404,71	361,12
El Salvador	6083,35	205,14	1625,96	1127,75	114,78	1274,58	240,86
El Salvador	6448,43	120,06	74,44	2132,13	215,82	147,82	23,82
El Salvador	8217,97	199,06	4797,95	2471,75	160,11	4913,11	512,72
El Salvador	5325,57	149,81	664,74	1395,60	37,12	612,38	116,79
El Salvador	4613,09	117,58	1375,26	2171,12	54,20	737,32	145,17
El Salvador	9054,64	161,53	3120,17	5227,25	50,81	654,27	144,67
El Salvador	5144,37	145,63	4376,26	8181,27	65,56	635,52	144,40

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
El Salvador	3565,70	153,69	2760,43	7121,70	56,13	737,90	134,83
El Salvador	5037,03	195,66	2007,72	3230,14	148,75	1438,37	319,02
El Salvador	4553,06	187,51	2857,95	5812,37	208,35	639,23	157,90
El Salvador	9155,92	196,53	2527,62	3776,49	112,94	824,43	406,14
El Salvador	4900,43	177,33	822,01	3003,58	87,47	1309,03	226,72
El Salvador	4943,83	187,55	2945,36	2761,17	143,77	417,91	512,68
El Salvador	4561,48	143,40	2345,46	2475,25	171,61	603,76	121,79
El Salvador	4100,63	169,26	2815,77	3447,57	78,69	669,54	546,93
El Salvador	4522,18	78,62	702,72	1000,55	70,01	205,67	120,20
El Salvador	2916,03	39,27	68,07	1365,59	177,40	190,00	8,72
El Salvador	5193,53	176,48	675,93	2370,09	101,83	1123,17	230,68
El Salvador	4377,10	214,00	3774,36	6519,70	175,47	728,98	657,92
El Salvador	4766,84	172,41	204,82	1327,87	146,22	1035,81	124,41
El Salvador	5943,15	57,60	158,06	1549,53	139,75	235,65	45,06
El Salvador	4231,26	70,18	767,71	1161,05	43,80	679,51	3106,5
El Salvador	5616,51	167,17	2862,90	1489,65	96,08	2274,35	366,66
El Salvador	4724,91	54,18	125,57	856,42	88,97	356,01	223,74
El Salvador	3944,65	52,99	63,21	1215,04	42,32	239,16	297,75
El Salvador	7742,83	14,69	48,06	1636,00	106,91	69,69	6,80
El Salvador	5212,00	60,11	79,95	1696,77	189,28	158,92	3,84
El Salvador	13531,52	53,93	646,59	1330,66	268,69	180,42	31,79
El Salvador	52411,71	166,89	1342,97	1331,28	184,14	715,93	516,39
El Salvador	10630,42	139,04	13242,6	2046,22	227,82	220,78	143,07
El Salvador	4872,29	62,64	152,29	902,29	129,97	342,29	364,61
El Salvador	5146,86	173,47	1284,48	1547,59	19,18	4754,77	261,59
El Salvador	3059,60	114,13	1257,14	2358,00	89,18	1141,22	282,16
El Salvador	7269,38	128,52	2066,80	3097,20	119,00	1455,22	221,50
El Salvador	3385,68	201,59	510,32	4613,37	429,78	784,79	238,32
El Salvador	2834,46	183,27	812,86	3054,13	540,30	664,83	162,40
El Salvador	2489,35	244,79	2361,72	3484,57	411,72	759,83	316,98
El Salvador	2728,25	220,40	2907,91	3704,13	513,08	1037,26	261,58
El Salvador	2594,50	311,58	432,53	4933,30	917,25	545,40	200,83
El Salvador	3809,39	106,72	2598,88	2319,87	45,95	2167,78	245,46
El Salvador	3499,65	161,82	827,35	2109,12	61,38	1261,76	209,04
El Salvador	6187,91	166,36	1079,48	2534,76	73,08	2148,03	193,27
El Salvador	3569,49	169,82	3020,37	2003,81	146,42	829,53	194,69
El Salvador	2774,51	186,59	2145,74	2869,96	257,61	1056,56	293,85
El Salvador	3723,92	199,12	2086,05	3031,60	260,08	1087,46	149,15
El Salvador	3184,16	173,28	1566,30	2949,74	271,04	1288,13	301,48
El Salvador	2978,89	170,58	1722,17	3460,44	255,05	1266,39	221,04
El Salvador	2659,68	190,92	1695,95	3017,69	173,31	951,64	195,57
El Salvador	3422,52	154,09	1687,77	2537,90	137,12	1474,76	145,55
El Salvador	2841,20	134,00	2022,21	6587,98	260,83	1089,82	189,95

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
El Salvador	3025,87	168,00	1146,64	3009,29	206,36	974,88	147,58
El Salvador	3663,80	241,50	1364,55	2225,16	417,57	1191,07	245,52
El Salvador	2802,81	134,20	895,37	2815,86	143,88	1241,07	229,75
El Salvador	3151,36	183,63	1541,72	2209,70	125,91	1137,22	292,66
El Salvador	3716,65	163,86	1220,32	2552,18	198,98	1635,47	522,73
El Salvador	2134,93	122,71	877,70	4823,59	157,09	1027,74	224,03
El Salvador	2733,79	202,65	607,11	2885,97	247,06	883,97	343,64
El Salvador	4525,89	265,77	2656,54	694,69	180,45	905,74	149,60
El Salvador	3380,31	171,44	2392,82	3584,90	161,65	1260,80	201,12
El Salvador	3956,76	229,27	2973,71	2091,73	1693,88	622,69	98,93
El Salvador	3867,30	224,34	1804,17	2092,01	252,23	1013,78	285,98
El Salvador	4373,17	143,92	4014,03	2593,63	132,16	1482,78	245,78
El Salvador	2726,85	134,57	733,73	2542,68	133,29	1214,33	218,51
El Salvador	4229,64	208,33	1428,67	2315,32	99,55	1244,27	345,03
El Salvador	3604,62	181,18	2536,10	2438,86	109,44	1633,03	396,05
El Salvador	3597,69	198,65	869,10	2470,36	102,16	851,43	383,34
El Salvador	3911,97	222,19	1673,12	2596,33	89,13	1224,65	510,80
El Salvador	4285,32	195,11	1452,62	2971,03	108,31	2547,10	398,39
El Salvador	3665,16	157,73	2545,68	3042,43	123,86	1541,37	478,59
El Salvador	4134,11	216,96	1135,29	2370,23	99,22	1246,00	435,79
El Salvador	4470,48	123,94	692,98	1281,28	115,62	1228,01	460,30
El Salvador	2711,86	275,98	2134,38	6380,26	403,03	704,00	325,32
El Salvador	4543,06	146,08	720,31	3426,40	315,63	2086,83	528,22
El Salvador	10086,05	91,75	20718,8	4230,45	1218,49	897,62	127,51
El Salvador	3233,71	139,28	1164,23	2672,78	46,09	1650,55	423,60
El Salvador	2703,25	246,47	1159,42	1834,13	235,31	562,02	188,66
El Salvador	3440,82	136,29	684,31	2096,65	58,77	1939,49	346,92
El Salvador	2841,64	125,31	1232,99	2864,45	167,95	1801,50	577,75
El Salvador	3563,73	140,69	1521,60	2499,01	54,07	1758,70	463,59
El Salvador	3845,80	124,72	1369,32	2459,66	25,34	1929,37	510,06
El Salvador	3222,14	178,19	789,28	2301,49	112,15	1065,70	346,60
El Salvador	3312,13	144,30	680,76	2689,72	160,95	2508,25	443,97
El Salvador	3110,51	78,80	1102,54	2577,83	88,94	1495,31	200,05
El Salvador	3813,61	89,93	2972,60	2660,92	75,42	1143,17	154,59
El Salvador	5406,98	122,59	5160,62	3037,88	94,70	1455,44	229,51
El Salvador	2896,62	162,69	2459,92	2601,30	1007,35	149,53	140,46
El Salvador	3800,78	136,69	1593,71	3715,87	205,80	1892,50	462,53
El Salvador	3738,26	129,64	1200,56	3887,33	133,35	2543,33	417,12
El Salvador	4087,03	160,51	2543,70	2129,56	321,09	1046,92	216,36
El Salvador	3848,28	114,27	1654,16	2426,79	64,15	1600,95	283,46
El Salvador	3484,49	132,93	1297,75	2383,59	92,03	2080,94	401,20
El Salvador	4560,96	133,79	834,49	2681,93	103,35	2953,99	295,90
El Salvador	3777,36	138,64	1065,15	2678,51	101,34	3106,65	471,80

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
El Salvador	3326,24	141,30	762,00	2555,94	37,11	1777,38	402,94
El Salvador	4247,86	149,30	840,07	2488,57	178,05	1469,04	554,82
El Salvador	3207,82	170,54	1347,59	4164,55	268,76	126,77	261,90
El Salvador	4365,66	137,33	696,20	2492,14	49,11	3151,93	338,68
El Salvador	5156,84	162,12	3683,71	2287,35	116,01	1360,97	434,47
El Salvador	3449,54	136,41	907,29	2118,43	120,91	2476,76	447,58
El Salvador	4939,71	142,18	4493,77	3347,22	125,20	1990,72	582,06
El Salvador	4731,21	139,93	2688,02	2415,61	73,18	1627,90	538,67
El Salvador	3383,12	69,55	214,73	2853,73	71,35	991,81	271,86
El Salvador	3592,63	149,42	665,65	2475,51	57,77	1383,06	591,29
El Salvador	4612,09	166,87	2390,92	2091,23	169,69	686,28	264,53
El Salvador	3393,87	178,37	2945,97	2552,75	129,93	991,75	345,07
El Salvador	3080,64	168,59	1462,20	2188,20	46,53	870,33	306,23
El Salvador	4666,60	142,16	838,50	2514,63	55,42	2690,50	1728,5
El Salvador	2870,79	110,27	963,14	1957,07	37,56	313,30	244,72
El Salvador	3895,34	132,90	2076,49	2126,03	78,26	1406,84	510,03
El Salvador	3530,67	132,86	1692,03	2534,13	193,22	1686,44	485,74
El Salvador	4974,86	145,32	2962,02	3894,87	396,81	1619,69	592,88
El Salvador	4782,90	132,33	698,99	3751,91	400,73	1232,29	513,99
El Salvador	4956,47	172,02	1489,24	3603,28	419,60	994,69	264,60
El Salvador	8521,90	144,31	4251,37	5433,53	220,88	10362,0	606,03
El Salvador	7086,24	167,83	3353,10	4557,29	190,30	6195,48	480,88
El Salvador	5750,47	114,34	2702,27	4375,05	493,64	1958,70	658,79
El Salvador	6789,56	126,03	5568,43	4965,95	428,87	5619,36	563,84
El Salvador	6455,13	123,50	4580,82	4820,07	541,23	5140,96	628,79
El Salvador	6280,82	139,74	4317,46	4841,44	524,16	4338,10	599,12
El Salvador	3658,74	151,10	749,73	3025,85	371,22	1546,27	171,24
El Salvador	3906,58	141,53	2085,93	3194,81	381,63	1706,75	432,85
El Salvador	3638,10	173,92	1935,79	4091,02	305,42	1458,54	143,34
El Salvador	3862,04	132,26	3245,62	4804,45	88,58	883,41	526,20
El Salvador	3220,59	124,96	2815,93	4542,08	99,39	354,31	593,04
El Salvador	6847,56	159,31	9861,39	5324,66	219,23	2034,82	510,42
El Salvador	4610,97	153,23	5144,38	5480,27	345,15	1921,42	424,25
El Salvador	5157,98	161,70	3163,26	4666,85	221,46	2053,71	813,20
El Salvador	2736,70	117,34	1294,88	3488,61	285,19	288,22	1272,3
El Salvador	4250,21	139,22	695,73	3729,29	566,12	378,31	511,12
El Salvador	4245,67	176,40	1125,36	3480,20	60,24	386,87	602,40
El Salvador	4076,18	157,25	792,40	3259,37	61,86	390,53	735,44
El Salvador	2823,45	158,47	1734,57	3940,11	352,14	383,84	220,48
Northparkes	4515,83	177,02	840,16	4884,66	25,39	1665,72	291,46
Northparkes	4165,43	132,27	198,47	5975,83	30,32	2102,75	488,12
Northparkes	5621,12	135,49	156,41	5363,91	42,69	1791,84	473,46

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Northparkes	4140,43	202,05	691,06	5410,75	18,35	981,12	207,78
Northparkes	5063,62	266,86	163,57	5917,49	35,91	1733,31	372,61
Northparkes	3632,41	174,97	48,44	7512,36	38,69	1182,85	395,18
Northparkes	4865,16	256,08	1047,74	5904,06	33,16	2232,53	457,81
Northparkes	3587,01	281,45	882,73	6233,91	34,07	2554,05	361,91
Northparkes	3274,68	173,55	669,87	5783,04	24,49	1016,71	242,64
Northparkes	3015,77	184,96	665,21	8683,15	31,29	1869,86	275,05
Northparkes	3885,87	338,74	353,13	7107,15	12,90	3536,26	649,84
Northparkes	6158,73	208,03	283,49	4736,08	27,00	1449,42	260,44
Northparkes	4943,92	191,99	690,34	4024,66	25,12	1678,80	425,27
Northparkes	4607,87	181,78	830,67	3987,92	27,47	1621,48	290,51
Northparkes	4886,18	267,25	763,83	5007,65	24,74	1140,78	605,55
Northparkes	3798,57	176,42	451,40	5950,74	27,91	1922,99	335,59
Northparkes	3200,83	201,38	1488,16	8155,07	21,58	1196,93	283,43
Northparkes	4035,93	194,86	586,62	6077,21	27,73	1642,61	354,79
Northparkes	4776,52	191,39	433,07	6571,34	65,13	2717,12	344,14
Northparkes	4248,29	182,20	80,51	8003,22	35,57	1556,61	339,27
Northparkes	6592,29	186,18	288,88	6306,35	31,22	1475,70	357,95
Northparkes	4049,52	233,37	552,92	4578,06	18,22	2186,56	416,42
Northparkes	3696,77	194,27	166,00	6876,79	25,87	1280,93	438,87
Northparkes	3516,85	145,39	166,95	8513,63	40,92	1612,15	254,94
Northparkes	4402,39	198,01	313,81	4977,66	32,01	1140,29	182,58
Northparkes	4321,36	272,74	627,20	6432,10	20,04	2420,99	342,38
Northparkes	4070,71	194,05	910,67	5913,66	60,74	1459,49	451,91
Northparkes	7076,37	359,19	572,47	5748,66	68,82	1338,25	439,59
Northparkes	4148,36	96,41	174,93	5328,16	18,64	624,25	160,26
Northparkes	3744,21	168,24	254,96	6389,91	39,79	1435,99	239,23
Northparkes	4809,92	363,33	270,83	7501,25	22,02	1965,23	661,37
Northparkes	2889,90	272,36	237,01	9520,09	19,52	2860,93	885,31
Northparkes	2611,45	169,75	448,68	11416,9	40,71	1876,79	439,69
Northparkes	3736,61	200,00	512,00	9728,21	41,83	1622,09	327,51
Northparkes	4605,39	122,46	411,51	6088,94	25,34	1080,42	183,75
Northparkes	6238,02	144,43	880,38	6867,92	20,45	1139,61	215,65
Northparkes	5170,75	205,60	678,77	5105,71	35,19	1509,04	246,80
Northparkes	4926,81	249,76	411,06	6411,17	28,11	1415,67	370,72
Northparkes	5408,65	223,73	760,72	5583,70	35,07	2767,30	279,62
Northparkes	6297,62	186,25	196,86	10357,4	33,43	1323,94	351,93
Northparkes	4142,53	183,48	261,44	9926,70	31,15	1338,39	553,35
Northparkes	5219,58	226,59	833,32	5521,54	44,60	2863,85	739,18
Northparkes	5679,47	266,80	555,08	5294,70	35,91	2629,54	647,46
Northparkes	3850,94	270,34	894,54	9227,20	36,21	2630,91	617,03
Northparkes	4777,90	166,55	490,91	5023,61	26,45	1916,90	381,07
Northparkes	4386,67	214,50	1841,59	4694,66	31,57	1878,68	467,05

Yacimiento	Fe	Sn	W	V	Cr	Nb	Zr
Northparkes	5034,84	417,73	455,24	4785,35	19,45	2185,80	608,71
Northparkes	3695,14	303,60	366,87	7147,53	29,31	1658,55	516,45
Northparkes	5995,40	237,75	247,77	3444,33	23,94	1359,55	281,35
Northparkes	5338,38	160,17	461,64	6188,50	54,34	894,77	244,42
Northparkes	3676,20	284,76	379,95	8150,89	21,88	2724,40	522,05
Northparkes	5925,87	211,32	770,38	4664,24	30,74	1348,74	308,70
Northparkes	5521,05	231,20	923,91	4819,53	35,31	1620,29	404,49
Northparkes	6018,00	303,68	653,83	3106,74	21,74	2616,78	443,18
Northparkes	5680,25	235,08	579,97	2982,94	18,86	3238,73	470,13
Northparkes	4671,59	391,29	276,83	8051,15	24,00	2744,29	607,94
Northparkes	5023,54	193,10	413,71	5115,40	17,44	1503,04	399,16

ANEXO V

“Diagramas de cajas y bigotes”.

