

Efecto del Buttressing en las Mineralizaciones de Sulfuros del Entorno de la Falla Sur de Río Tinto



Universidad de Oviedo

Gerard Casado Aijón

Trabajo de Fin de Máster

Julio de 2016

Máster en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica

Universidad de Oviedo

Máster en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica

D. GERARD CASADO AIJÓN, autor del Trabajo Fin de Máster titulado "EFECTO DEL BUTTRESSING EN LAS MINERALIZACIONES DE SULFUROS DEL ENTORNO DE LA FALLA SUR DE RÍO TINTO", confirma que es un trabajo original y solicita su presentación en el Máster Universitario Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo.

En Oviedo, a 13 de JULIO de 2016



Fdo. GERARD CASADO AIJÓN

El Dr. Iker Martínez Abad, geólogo de la empresa SATEC con dni 71655044-Q, confirma que ha tutelado y el Dr. Agustin Martin Izard, Profesor Titular del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, confirma que ha cotutelado el trabajo "EFECTO DEL BUTTRESSING EN LAS MINERALIZACIONES DE SULFUROS DEL ENTORNO DE LA FALLA SUR DE RÍO TINTO", realizado por D. GERARD CASADO AIJÓN, y autorizan su presentación y defensa como Trabajo Fin de Máster en el Máster Universitario en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo.

En Oviedo, a 13 de JULIO de 2016



Fdo. Iker Martínez Abad



Fdo. Agustin Martin Izard

Resumen: El yacimiento de Rio Tinto de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) está localizado en el sector español de la Faja Piritica Ibérica (Zona Surportuguesa del Macizo Ibérico) y se encuentra encajado en rocas volcánicas félsicas de carácter porfídico. La Falla Sur limita al sur el anticlinal de Rio Tinto, un *rollover* apretado por la deformación varisca, y junto a la falla norte, actúa como falla alimentadora que ha contribuido a generar el sistema VMS. En este trabajo se presentan por primera vez datos de 4 sondeos profundos (más de 1000 m cada uno) en el entorno de la Falla Sur, con evidencias acerca de la naturaleza transpresiva asociada por un proceso de efecto contrafuerte, lo que la diferencia de la Falla Norte. Durante el proceso de aplastamiento con cizalla, el flanco sur es verticalizado y se generan cataclasitas y milonitas de bajo grado. A este proceso se asocia un hidrotermalismo en un metamorfismo de facies de esquistos verdes ($\pm 350^{\circ}\text{C}$). En la unidad riolítica los *stockworks* se presentan plegados y cizallados, rodeados por materiales crenulados sericítico-cloríticos de grano muy fino. La mineralización presenta también texturas de deformación, recristalización y sobrecrecimiento debido principalmente al flujo hidrotermal sintectónico.

Palabras clave: Falla Sur, efecto contrafuerte, zona de cizalla, VMS, *stockwork*.

Abstract: *The Rio Tinto volcanogenic massive sulfide (VMS) deposit is located in the Spanish segment of the Iberian Pyrite Belt (South Portuguese zone of the Iberian Massif) and is hosted by felsic porphyritic volcanic rocks and tuffs. The Southern Fault is the southern limit of the Rio Tinto anticline, a tight rollover during the Variscan orogeny, and together with the Northern Fault forms the VMS feeding system. In this work, we present for the first time data from 4 deep drilling cores (over 1000 m each) around the Southern Fault, which show evidence of a buttressing related transpressive deformation, that not appear in the North Fault. During the buttressing and shearing, the Rio Tinto southern limb become vertical and cataclasites and low-grade milonites are developed. Related to these processes there is a hydrothermalism under green schist metamorphism ($\pm 350^{\circ}\text{C}$). The stockworks in the riolitic unit are folded, sheared, and surrounded by crenulated fine-grained sericitic-chloritic materials. The ore also presents textures such as recrystallization and overgrowth due to the deformation and related hydrothermal fluid flow circulation.*

Keywords: *Falla Sur, buttressing, shear zone, VMS, stockwork.*

Agradecimientos

Me gustaría agradecer antes que nada la valiosísima ayuda y soporte que se me ha brindado por parte de mis dos tutores.

Iker Martínez, por estar ahí para cualquier duda, fuera el momento que fuese, incluso asistiéndome durante las sesiones de microscopía electrónica. Especialmente agradezco como te interesaste e involucraste junto conmigo en este proyecto, aportando en ocasiones un inapreciable soporte moral.

Agustín Martín-Izard, por sus sempiternas puertas abiertas a toda clase de dudas, y en ese sentido, por ser la voz de la experiencia y el conocimiento, sin los cuales habría resultado extremadamente difícil enfocar este trabajo.

También quiero agradecer a Daniel Arias que compartiera su punto de vista acerca del proyecto, ayudando a acabar de hilvanar los puntos inconexos en un todo con sentido.

Miguel Ángel Fernández, por la ayuda cedida a la hora de realizar los análisis con microsonda electrónica y a enseñarme a usar los equipos.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia, en especial a mi padre, que lo dio siempre todo por sus hijos y estaría orgulloso de vernos con un máster y un doctorado. A mi madre y a mi hermana, que siempre están allí para lo que sea, cuando sea, por su incondicional apoyo.

Por último, quiero agradecerle a Norbert Caldera estos dos últimos años en Oviedo, por las experiencias vividas y los momentos buenos, pero también por ser mi contrafuerte en los difíciles.

ÍNDICE

1. Introducción	5
1.1 Marco geográfico	5
1.2 Geología del yacimiento	6
1.3 Litología de Riotinto	9
1.4 Objetivos	10
2. Metodología de trabajo y técnicas analíticas e instrumentales	12
2.1 Trabajo de laboratorio	12
2.1.1 Microscopía óptica	12
2.1.2 Microscopía electrónica de barrido (SEM)	13
2.1.3 Microsonda electrónica (Mp)	13
2.2 Trabajo de gabinete	14
3. Geología en el entorno de la Falla Sur de Riotinto	15
3.1 Petrología	15
3.1.1 Devónico (Struniense)	15
3.1.2 Unidad Básica	18
3.1.3 Unidad Intermedia	20
3.1.4 Unidad Ácida	20
3.1.5 Serie de Transición	24
3.2 Alteraciones hidrotermales	25
3.3 Morfología, distribución y textura de la mineralización	27
3.4 Geoquímica mineral	29
3.4.1 Óxidos, silicatos y fosfatos	31
3.4.2 Sulfuros	35
3.4.3 Geotermómetro de la clorita	45
4. Discusión	47
4.1 Evolución cinemática del anticlinal de Riotinto	47
4.2 Análisis de la facies metamórfica	47
4.3 Efecto de la transpresión en la mineralización	48
5. Conclusiones	49
6. Bibliografía	50

1. Introducción

Este trabajo se centra en el estudio y caracterización de la mineralización conocida como Filón Sur en el contexto del yacimiento de Riotinto, y la relación que la Falla Sur desempeñó en su formación. Para este fin se ha dispuesto de 4 sondeos profundos, aportando información nueva y genuina acerca de las características litológicas, minerales y estructurales del Filón Sur de Riotinto, y su relación relativa con el resto del yacimiento. El estudio se fundamenta principalmente en el sondeo FS-2, que transcurre paralelo a la Falla Sur, con una longitud aproximada de 1200 metros, llegando a una profundidad de casi 900 metros desde el nivel de superficie.

1.1 Marco geográfico

El yacimiento de sulfuros de Riotinto se encuentra en la Provincia de Huelva, en la comunidad autónoma de Andalucía. La Cuenca Minera de Riotinto abarca una amplia extensión de unos 640 km², y en ella se localiza Cerro Colorado, a 0,5 km al NE de la población de Minas de Riotinto y a 2,5 km al ONO de la población de Nerva, abarcando una extensión de 4,2 km². Desde el punto de vista administrativo, forma parte de los municipios de Minas de Riotinto y Nerva, situándose aproximadamente a unos 50 km al NNE de la capital homónima de la provincia, Huelva (Fig. 1). El actual proyecto minero de Cerro Colorado, que tiene una morfología irregular, surge de la integración de diversas cortas mineras históricas como Filón Sur, Filón Norte que incluía corta Lago y Dehesa, y más recientemente las zonas de Cerro Colorado, Cerro Salomón y Quebrantahuesos. Cerro Colorado Limita al oeste con la Corta Atalaya.

Cartográficamente, Cerro Colorado se encuentra en el sector SE de la hoja nº 938 del mapa topográfico nacional a escala 1:50.000. El relieve se distingue por ser suave, con depresiones allí donde se encuentran las distintas cortas y trabajos mineros, y colinas redondeadas producto de la acumulación de materiales de deshecho a lo largo de siglos. No hay masas de agua apreciables que afecten al conjunto de Cerro Colorado, dejando de lado el relleno por agua de lluvia en las zonas de Cerro Colorado, Cerro Salomón y Corta Atalaya. El propio Río Tinto nace unos kilómetros al norte del extremo oriental de Cerro Colorado, en la Sierra de Padre Caro, bordea la cara oriental de la mina y la occidental de la población de Nerva y transcurre ondulante hasta llegar a fundirse con el Río Odiel en Huelva, justo antes de la desembocadura al mar de éste.



Fig. 1- Imagen por satélite del Landsat de la Península Ibérica y detalle de los trabajos mineros en el yacimiento de Riotinto.

1.2 Geología del yacimiento

La mina de Riotinto se localiza en la denominada Faja Pirítica Ibérica, que se extiende por el sur de Portugal y España, con unos 250 km a lo largo (E-O) y hasta 60 km de ancho (N-S). Dentro del Macizo Ibérico, la Faja Pirítica pertenece a la denominada Zona Surportuguesa, y es uno de los cinco principales dominios geológicos de esta zona, junto a la Ofiolita de Beja-Acebuches, el Anticlinal de Pulo do Lobo, el Flysch de Baixo Alentejo y el Suroeste de Portugal, que comprende los anticlinales de Bordeira y Aljezur. La Zona Surportuguesa limita al norte con la Zona de Ossa Morena (Fig. 2). Este límite se caracteriza por una intensa tectónica de desgarre con desarrollo de numerosas estructuras dúctiles y frágiles, que se ha denominado Zona de Cizalla Suribérica (Crespo Blanc, 1991). La naturaleza de las estructuras presentes a lo largo de la Zona Surportuguesa evidencia la complejidad tectónica de la región, que ha sido ampliamente analizada, dando como resultado distintas teorías como la actualmente en general

aceptada de Oliveira (1990) apuntando a una zona de transpresión senestra (Martin-Izard et al., 2016).

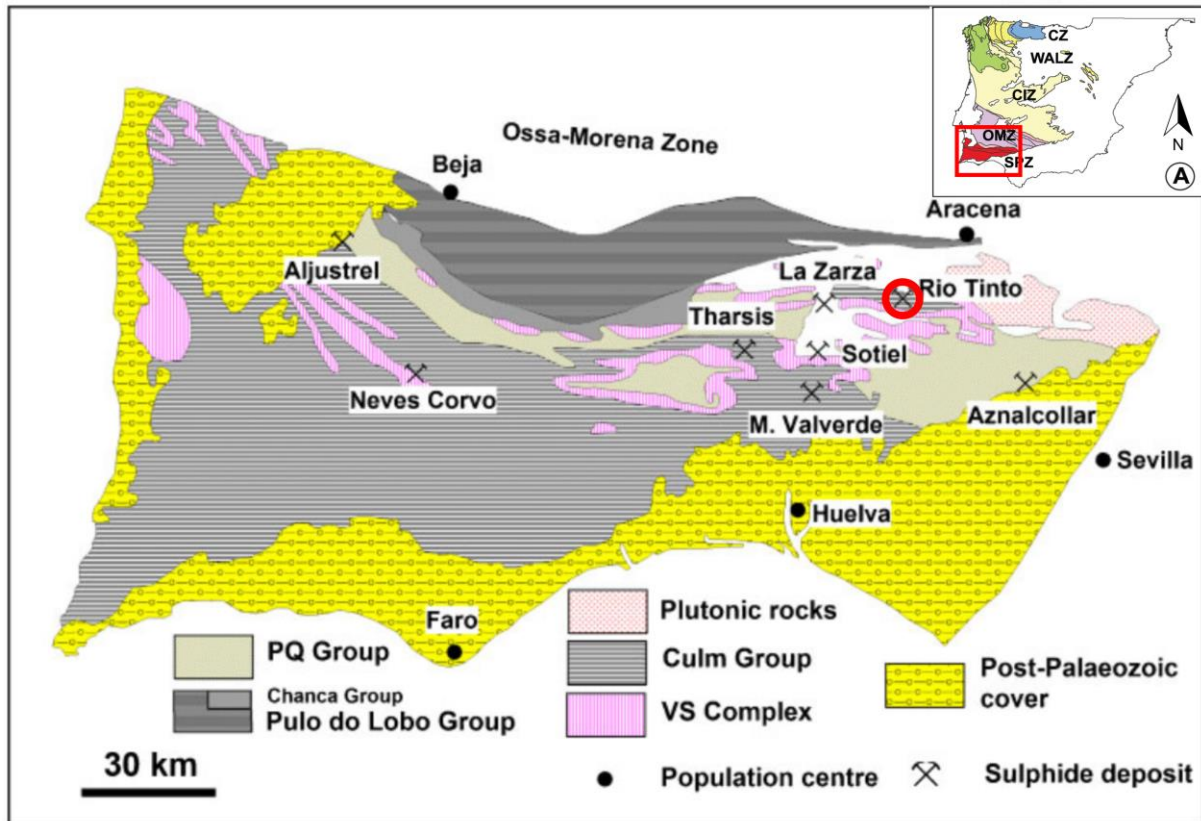


Fig. 2- Mapa geológico de la Zona Surportuguesa (modificado de N. G. Adamides, 2013) En detalle localización del yacimiento de Riotinto. Arriba, a la derecha, zonas del Macizo Ibérico: CZ: Zona Cantábrica, WALZ: Zona Asturoccidental-Leonesa, CIZ: Zona Central Ibérica, OMZ: Zona de Ossa Morena, SPZ: Zona Sudportuguesa.

Previamente al estado transpresivo, La Faja Pirítica Ibérica se vio afectada por un régimen transtensivo de fracturación continental, a partir del cual se desarrollaron una serie de cuencas marinas (Oliveira, 1990; Martin-Izard et al., 2016), junto con la presencia de una pluma mantélica (Simancas et al., 2003), con lo que se generó un magmatismo de carácter bimodal, por una parte de basaltos básicos de origen mantélico y por la otra unas posteriores riolitas ácidas de origen cortical (Mitjavilla et al., 1997). El conjunto de materiales tiene una edad comprendida entre el Devónico Superior y el Carbonífero Medio, momento a partir del cual se inició la Orogenia Varisca, causando la deformación transpresiva en esta zona, fruto de la subducción oblicua y la colisión de Laurentia, del que formaba parte la Zona Surportuguesa, y Gondwana (Oliveira, 1990). Durante la deposición de estos materiales de origen volcánico se intercalaron en el área de Riotinto materiales detríticos de naturaleza siliciclástica, dando lugar a rocas sedimentarias detríticas, básicamente areniscas y lutitas (García Palomero, 1990; Soriano and Marti, 1999). Asimismo, junto con los materiales volcánicos ácidos de la etapa

extensional, se formaron grandes masas de sulfuros en un ambiente submarino, en lo que se llama el Complejo Vulcano-sedimentario. con un desarrollo clásico de *stockworks* que llegan a generar concentraciones de sulfuros masivos exhalativos en la parte superior. En total, la Faja Pirítica Ibérica contiene más de 100 depósitos de *stockwork* junto con sulfuros masivos (Leistel et al., 1998; Martin-Izard et al., 2016), constituyendo en su conjunto el mayor distrito minero en toneladas de sulfuros del mundo. La razón de la concentración de esta cantidad de yacimientos con elevados volúmenes de sulfuros ha sido abordada por algunos autores (Oliveira, 1990; Gumiel et al., 2010; Martin-Izard et al., 2016), quienes señalaron la presencia de fallas normales en sentido E-O, que se formaron durante la etapa transtensiva generando las cuencas marinas. Los fluidos hidrotermales habrían aprovechado dichas fallas como canales de alimentación. La edad de los Sulfuros Masivos Vulcanogénicos se ha calculado mediante isotopos de U-Pb en zircones situados en las partes más superiores de la Unidad Ácida riolítica, dando unos valores estimados resultantes de entre 356 y 349 Ma, correspondientes ambos al Misisípico. Los valores más jóvenes se obtuvieron en Riotinto, y los más antiguos en Lagoa Salgada, situado en Portugal, en la parte más occidental de la Faja Pirítica Ibérica (Tucker et al., 2002).

Centrándonos en el yacimiento de Riotinto, éste se encuentra encajado entre las fallas de Filón Norte, por el norte, y Filón Sur por el sur. Estas fallas se generaron durante la etapa extensional pre-Varisca, conectándose en profundidad, probablemente, en los materiales sedimentarios del Devónico Tardío o Struniense. La Falla Sur actúa como una falla lítrica antitética y la Falla Norte como la sintética, dando lugar a un anticlinal de tipo *rollover* (Martín-Izard et al., 2015). En este caso como en el resto de la Faja Pirítica Ibérica, estas fallas de naturaleza transtensiva y con orientación E-O tuvieron el papel principal de canales de alimentación para las rocas volcánicas y los fluidos hidrotermales generados por ellas. A su paso por el Complejo Vulcano-sedimentario los fluidos mediante hidrofracturación generaron los *stockwork*, cuprífero en profundidad y pirítico en el nivel superior, causando además la alteración hidrotermal de las rocas encajantes de la mineralización. Las fracturas de los *stockwork* se encuentran rellenas por cuarzo y sulfuros y su tamaño varía dentro del Complejo, engrosándose hacia los niveles superiores (Gumiel et al., 2010). La Falla Eduardo se dispone con una orientación NNO-SSE, separando Corta Atalaya, situada al sur del antiformal, del resto de masas de sulfuros principales, y cortando el anticlinal perpendicularmente, desplazándolo unos 150 metros al sur en un movimiento dextro. Lo mismo ocurre con la Masa Dionisio, que queda cortada y desplazada en la Falla Eduardo, reconectando en el Filón Sur siguiendo la Falla Sur.

A techo del Complejo Vulcano-sedimentario, por encima de la Unidad Ácida riolítica, al llegar al lecho marino el fluido hidrotermal exhalativo formó masas de sulfuros masivos que se extienden lateralmente, limitadas por las fallas Norte y Sur, llegando a sobrepasarlas debido a la gran cantidad de material exhalado. El Complejo Vulcano-sedimentario finaliza con la Serie

de Transición y fue finalmente cubierto, junto a los sulfuros masivos y los edificios volcánicos, por las turbiditas del Culm.

Durante la etapa transpresiva correspondiente a la Orogenia Varisca, Martín-Izard et al. (2015) proponen un modelo de deformación por *buttressing* aplicado a la Falla Sur, con un esquema muy similar al establecido por Bailey et al. (2002) para cuencas lístricas, en su caso para un ejemplo en los Andes, pero que se adapta con facilidad a una hipotética situación de la Falla Sur de Riotinto. De acuerdo con este modelo, la cuenca lístrica ya generada habría sufrido una inversión de los esfuerzos, en este caso de transtensivos a transpresivos como sucedió en la Zona Surportuguesa al empezar la Orogenia Varisca, generando un plegamiento del *rollover* y un movimiento de inversión de la falla lístrica antitética donde se concentraría la mayor parte de la deformación, generando como consecuencia una intensa cizalla localizada.

Debido al poco interés económico en el contexto de la Falla Sur de Riotinto hasta fechas recientes, la falta de datos de profundidad en forma de sondeos no había permitido analizar ni respaldar ninguna teoría acerca de la naturaleza de la deformación y las estructuras presentes, que se abordarán en este trabajo mediante el estudio de sondeos profundos.

1.3 Litología de Riotinto

Litoestratigráficamente el distrito minero de Riotinto responde a una secuencia completa que se puede dividir en diversas unidades que ya fueron definidas por García Palomero (1990) y que comprende:

Devónico Tardío: También conocido como el Grupo PQ (*Phyllite-Quartzite*), constituyen los materiales más antiguos de la Faja Pirítica Ibérica, compuestos por pizarras de colores grises y fuerte esquistosidad, con niveles de areniscas cuarcíticas de grano fino hacia el techo asociadas a los primeros depósitos de rocas volcánicas de carácter básico y de edad Tournasiense, depositado en un ambiente de plataforma epicontinental estable (Schermerhorn, 1971).

Complejo Vulcano-sedimentario: Es aquí donde se concentra la mayor parte de la mineralización y es una unidad muy variable, con espesores que pueden llegar a los 1300 metros, y que abarca desde el techo del Devónico hasta el Viseense Medio (356-349 Ma) (Silva et al., 1990; Tucker et al., 2002; Simancas et al., 2003; Oliveira et al., 2004; Pereira et al., 2007). Este se divide en distintas unidades según la naturaleza bimodal de los magmas:

Unidad Básica: Se sitúa concordante sobre el Devónico y su espesor es constante en el área de Riotinto (400-500 m). Esta Unidad está compuesta principalmente por tobas básicas que alternan con rocas piroclásticas o cineritas ácidas, básicas e intermedias, asociadas en ocasiones a materiales sedimentarios como pizarras negras, características por estar carbonatadas. En superficie se pueden encontrar en la zona sur y central del

anticlinal, normalmente alteradas, aunque a veces aparecen sin alterar con colores verdes de una fuerte cloritización. Parte del *stockwork* se localiza en esta unidad.

Unidad Intermedia: Nivel de separación entre los magmas básicos a muro y los ácidos a techo con un espesor de hasta unos 40 m. Está compuesta por pizarras y conglomerados aunque tiene intercalaciones de rocas volcánicas félsicas, indicando el cambio del magma mantélico a un magma de origen cortical. En esta unidad también se localiza algo de *stockwork*.

Unidad Ácida: Con un espesor variable dependiendo de la zona y seguramente asociado a engrosamientos y adelgazamientos producto de la deformación (75-400 m) está constituido en su parte inferior por depósitos de rocas ácidas homogéneas, riocitas, seguidas de piroclastos, lavas y brechas volcánicas, tobas porfídicas y cineritas. Esta unidad es la que concentra la mayor parte de *stockwork*, y en su techo se localizan los sulfuros masivos.

Serie de Transición: con un espesor alrededor de los 10 metros y hasta los 30 metros, este es un nivel que se extiende bastante uniformemente por toda la Faja Pirítica Ibérica, por lo que es un muy buen nivel guía, y es el último nivel que termina a techo con el Complejo Vulcanosedimentario. Básicamente aparecen tobas litocristalinas, brechas volcánicas, cineritas y sedimentos de origen químico, con algunos lentejones de jaspes o jasperoides localizados.

Carbonífero (Culm): Representa el final de los procesos volcánicos y el comienzo de la deposición de materiales terrígenos. Se trata de materiales que ya se depositaron en un ambiente sin-orogénico, compuesto por una unidad monótona de pizarras silíceas y carbonosas, con niveles tipo *flysch* de pizarras y cuarcitas. Se encuentran grauvacas y areniscas en bancos de espesor variable hacia el techo del Carbonífero (Rumbaud, 1969).

Miocuaternario (Gossan in situ y Gossan transportado): Estos son materiales que en su mayoría ya han sido explotados y/o removidos en el área de Riotinto, particularmente los Gossan in situ que son prácticamente inexistentes dada su exhaustiva explotación por Au y Ag. Por lo que respecta al Gossan transportado, Se trata de afloramientos irregulares de oxihidróxidos de hierro producto de la oxidación de los sulfuros que envuelven una mezcla de cantos de rocas volcánicas, pizarras, cuarcitas, con una matriz limonítica, apoyándose discordantes sobre las pizarras carboníferas. Se distinguen por ser masas semihorizontales de pequeñas dimensiones (1-10 m), pero que por otro lado tienen interés debido a la concentración de metales preciosos, en especial oro y plata, que acabaron removilizados en estos materiales mientras que el resto de metales fueron lixiviados. En el contexto del Filón Sur, el Gossan ya ha desaparecido debido a la explotación, por lo que en este trabajo no se estudia.

1.4 Objetivos

Los objetivos propuestos para este trabajo son los siguientes:

- Estudio de muestras de sondeos profundos realizados en la Falla Sur, en el flanco sur del anticlinal de Rio Tinto, siendo los primeros sondeos profundos realizados en esta zona.
- Descripción de la secuencia litoestratigráfica observada en los sondeos y correlación con la secuencia descrita en la bibliografía para Rio Tinto.
- Estudio e interpretación de la morfología y disposición en las mineralizaciones presentes.
- Identificación y caracterización química de las especies minerales, especialmente de los minerales metálicos de la mineralización.
- Definir el modelo estructural y el proceso cinemático que actuó sobre el anticlinal de Rio Tinto.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y TÉCNICAS ANALÍTICAS E INSTRUMENTALES

Para la realización de este trabajo y con el fin de lograr los objetivos establecidos se han llevado a cabo trabajos de laboratorio y de gabinete. No se ha contemplado el trabajo de campo debido a que las muestras con las que se ha trabajado fueron entregadas directamente para su estudio por la empresa minera Atalaya Mining (Emed Tartesus) que explota el yacimiento de Rio Tinto. El material de campo proporcionado consta de cuatro sondeos profundos realizados en 2015 en el flanco sur del anticlinal de Rio Tinto. Los testigos se desmuestraron y seleccionaron para enviarlos al Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo.

En este apartado se describe la metodología de trabajo así como las técnicas analíticas y recursos, tanto materiales como digitales, utilizados durante el transcurso del proyecto.

2.1 TRABAJO DE LABORATORIO

A partir de la selección de testigos desmuestrados se cortaron tacos de roca con el fin de elaborar láminas delgadas pulidas. La elaboración de las láminas se realizó en la Unidad de Preparación de Muestras Geológicas de la Universidad de Oviedo. Estas láminas constituyen, en este trabajo, el material en el que se ha basado la observación y estudio con microscopía así como para el análisis químico semicuantitativo y cuantitativo.

2.1.1 Microscopía óptica

Para la realización de este estudio se ha contado con 120 láminas delgadas y pulidas, correspondientes a los cuatro sondeos estudiados. Su observación se llevó a cabo mediante un microscopio petrográfico de marca ZEISS Axiolab A junto con otro de marca LEICA, utilizando para ello luz polarizada transmitida y reflejada. El estudio en microscopía óptica de las láminas se realizó en los laboratorios de microscopía de la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo. Con este estudio se reconocieron las distintas fases minerales y texturas, así como una observación detallada de las microestructuras presentes en las rocas muestreadas, que han servido para definir petrográficamente y estructuralmente las distintas litologías. Tanto de las fases minerales reconocidas como de aquellas que resultaron dudosas, sobre todo las de tamaño de cristal demasiado pequeño, se realizaron los posteriores análisis químicos complementarios, donde se analizaron las concentraciones elementales de todas las fases opacas y parte de las transparentes, en especial las silicatadas como la clorita, con el objetivo de utilizarlas como geotermómetro.

2.1.2 Microscopía electrónica de barrido (SEM)

El estudio mediante microscopía electrónica de barrido se realizó en la Unidad de Microscopía Electrónica en las instalaciones de los Servicios Científico-técnicos de la Universidad de Oviedo. El microscopio que se utilizó es un modelo JEOL JSM-6610LV, equipado para microanálisis con un equipo INCA Energy 350–Xmax 50 con el que se realizaron análisis químicos semicuantitativos con el objetivo de identificar todas las fases dudosas o desconocidas. El estudio con el microscopio electrónico tuvo también la función de ofrecer imágenes electrónicas mediante electrones retrodispersados, con las cuales se pueden apreciar zonados en las piritas y fases de difícil visualización óptica. En estas imágenes electrónicas se pueden observar, como fases distintas con una diferente tonalidad de grises, los distintos elementos y compuestos en función de su densidad en . La precisión de muestreo analítico de esta prueba permitió la identificación de fases minerales mucho más complicadas de obtener que con microsonda electrónica.

2.1.3 Microsonda electrónica (Mp)

Una vez obtenidos los resultados semicuantitativos del microanálisis realizado con el microscopio electrónico de barrido, se procedió a marcar las distintas fases de unas cuantas láminas con minerales opacos y transparentes. La microsonda electrónica es una CAMEBAX SX-100 que se encuentra en las instalaciones de los Servicios Científico-técnicos de la Universidad de Oviedo. Se realizaron dos sesiones para llevar a cabo el análisis cuantitativo de las muestras. En una primera sesión se realizaron análisis sistemáticos de todas aquellas fases previamente marcadas. Los minerales transparentes, constituidos por silicatos y fosfatos, y los óxidos se analizaron mediante un estudio elemental que incluye Na, Si, Al, Mg, K, Fe, Mn, Ca, Ti, Cr, Ni, F, P, Cl y V. Para los minerales opacos, constituidos por sulfuros, se analizaron metales base junto con algunos más concretos, buscando una posible anomalía geoquímica. Los elementos analizados han sido Fe, Cu, Mn, Co, Ni, Zn, As, Se, Sn, Sb, Te, Pb, Bi, Cd, Ga, In y Ag. En esta primera sesión se decidió no realizar un análisis de Au debido al gran incremento temporal que implicaba en cada análisis el hecho de añadir el oro a la lista de metales a detectar, reduciendo así el número posible de análisis. Teniendo en cuenta los antecedentes mineros de la zona, se estimó que el oro no debía encontrarse junto con los sulfuros, sino que se habría situado en el *gossan* antiguamente explotado en superficie. En la segunda sesión se decidió llevar a cabo la generación de imágenes mediante el mapeado elemental de un conjunto de cristales de piritas para definir analíticamente el zonado previamente observado, así como una serie de microanálisis en fila entre los ejes más alejados de la masa de cristales, pasando por el

núcleo, para obtener los distintos valores químicos del zonado y sus concentraciones. En esta segunda sesión sí se optó por añadir Au a la lista de metales a analizar para comprobar si el bandeado rico en arsénico podía dar positivo. Para ello, se rebajaron los límites de detección para el oro (150 ppm). Además del oro, se analizaron las concentraciones de S, Fe, Cu, Mn, Ni, Zn, As, Se, Sn, Sb, Te, Cd, Bi y Ag. El mapeado elemental generó imágenes con las concentraciones de S, Fe, As, Cu, Sb, y Au.

2.2 TRABAJO DE GABINETE

El trabajo de gabinete de este estudio ha consistido en el procesado y digitalización de los resultados obtenidos mediante la microscopía, las técnicas analíticas y el tratamiento de imágenes mediante el uso de programas informáticos.

La elaboración de figuras y la modificación de las mismas se ha conseguido mediante el uso del programa de dibujo *Inkscape*, así como el tratamiento de gran parte del material fotográfico de microscopía óptica y electrónica. Por otro lado, también se ha utilizado el programa *Adobe Photoshop* junto con el microscopio petrográfico LEICA para tomar fotografías sucesivas en luz polarizada transmitida e ir conectándolas y corrigiéndolas cromáticamente con el objetivo de conseguir una fotografía de conjunto que englobe toda la muestra. Este método se utilizó con dos de las láminas delgadas para poder tener una buena visualización de las estructuras y microestructuras que contienen las muestras, difíciles de apreciar solamente con los aumentos del microscopio.

El tratamiento de los resultados analíticos se realizó mediante el programa *Microsoft Office Excel*, gracias al cual se han generado tablas con dichos resultados. Realizando una serie de operaciones en el programa también se han calculado los porcentajes atómicos y la fórmula estructural de las distintas fases minerales y las especies que corresponden a las cloritas analizadas, con el objetivo de usarlas como geotermómetros mediante patrones conocidos, también introducidos para comparar en el programa.

3. Geología en el entorno de la Falla Sur de Riotinto

En este apartado se recogen los resultados obtenidos a partir del trabajo de laboratorio, tanto por la observación y estudio mediante microscopía óptica como por los resultados obtenidos a partir de las técnicas analíticas abordadas en el apartado 2.

3.1 Petrología

A partir de la microscopía óptica se han podido diferenciar las distintas unidades descritas por García Palomero (1990) (Fig. 3), a excepción de los depósitos de *Gossan* en superficie, debido a que ya no se encuentran por haber sido explotados, así como del Culm, por no disponer de muestras. Las distintas litologías han presentado dificultades a la hora de identificar su protolito debido a una deformación dúctil por cizalla de origen Varisca que se suele concentrar en los materiales más gruesos, así como por una intensa alteración hidrotermal que ha producido en muchos casos intensos reemplazamientos de la mineralogía primaria de las rocas. Tampoco se ha podido averiguar la cinemática de los esfuerzos debido a que los tacos de roca facilitados no disponían la orientación, por lo que se hablará siempre de cinemática aparente en relación a las muestras.

A continuación se describen cada una de las unidades litoestratigráficas identificadas en los sondeos objeto de estudio, empezando por los materiales Devónicos más antiguos:

3.1.1 Devónico (Struniense)

Los materiales devónicos están constituidos por pizarras negras ampelíticas con abundante materia orgánica y que, además, tienen una apreciable cantidad de carbonato. También están presentes materiales detríticos de grano muy fino y de composición cuarcítica y sericítica, seguramente correspondientes a las areniscas cuarcíticas que se encuentran normalmente a techo de la Unidad, dada su relación con las primeras efusiones lávicas. Su techo se encuentra a 1100 metros de profundidad del sondeo FS-2, el más cercano a la Falla Sur, y se desconoce la profundidad de su muro.

Microscópicamente la ampelita se puede describir como una roca con textura porfidolepidoblástica, con una matriz lepidoblástica compuesta principalmente por cuarzo y sericita, así como de materia orgánica. Dispersos por la matriz se observan restos anhedrales y corroídos de cristales de rutilo. Los blastos están compuestos por cristales de pirita euhedrales inferiores a 50 μm de longitud y los cristales de carbonato, que se disponen dispersos y orientados dentro de la matriz, así como formando pequeños nódulos ovalados que superan 1 mm de longitud y que están orientados según la foliación de la roca (Fig. 4b).

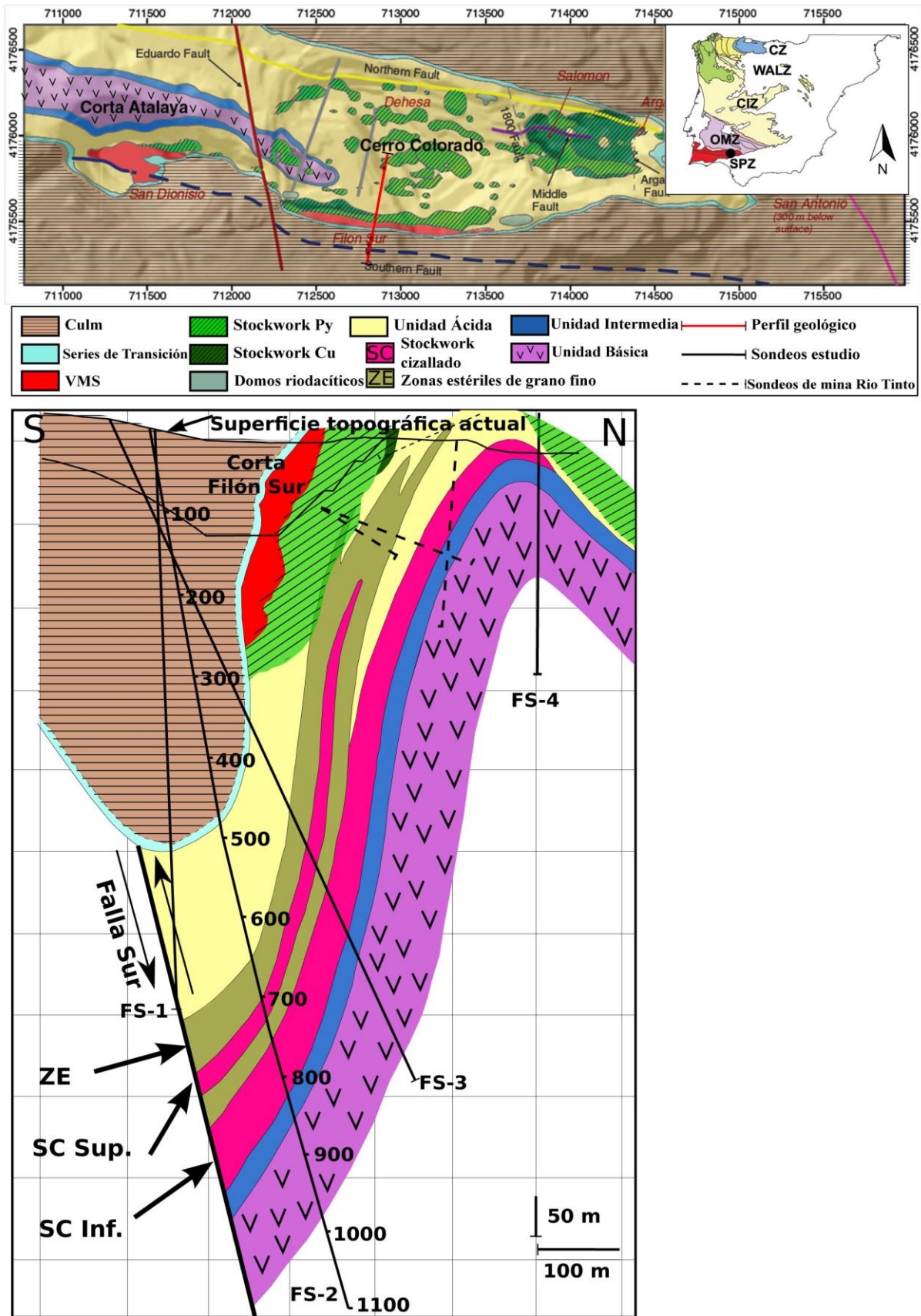


Fig. 3- Mapa geológico del anticlinal de Rio Tinto (modificado de Martín-Izard et al., 2015) y sección de la Falla Sur donde se localizan los sondeos del estudio. Zonas del Macizo Ibérico: CZ: Zona Cantábrica, WALZ: Zona Asturoccidental-Leonesa, CIZ: Zona Central Ibérica, OMZ: Zona de Ossa Morena, SPZ: Zona Sudportuguesa.

Por otro lado, la roca detrítica cuarcítica presenta granos de cuarzo con textura sacaroidea de grano muy fino junto con una sericita de grano incluso más fino y que se encuentra distribuida de forma heterogénea formando la matriz. Esto se debe a una deformación por cizalla con cinemática dextra aparente, que ha llegado a generar venas extensionales con morfología sigmoidea que llegan a los 0,5 cm, con un posterior relleno de carbonato y cuarzo. La foliación es claramente visible en la sericita, que se concentra en los extremos de los sigmoides, con los propios sigmoides rodeados solamente por cuarzo debido a una mayor concentración de los esfuerzos en esa zona. Se puede llegar a apreciar como la cizalla se reanudó posteriormente al relleno de los sigmoides debido a que algunos están a su vez fracturados y desplazados (Fig. 4a).

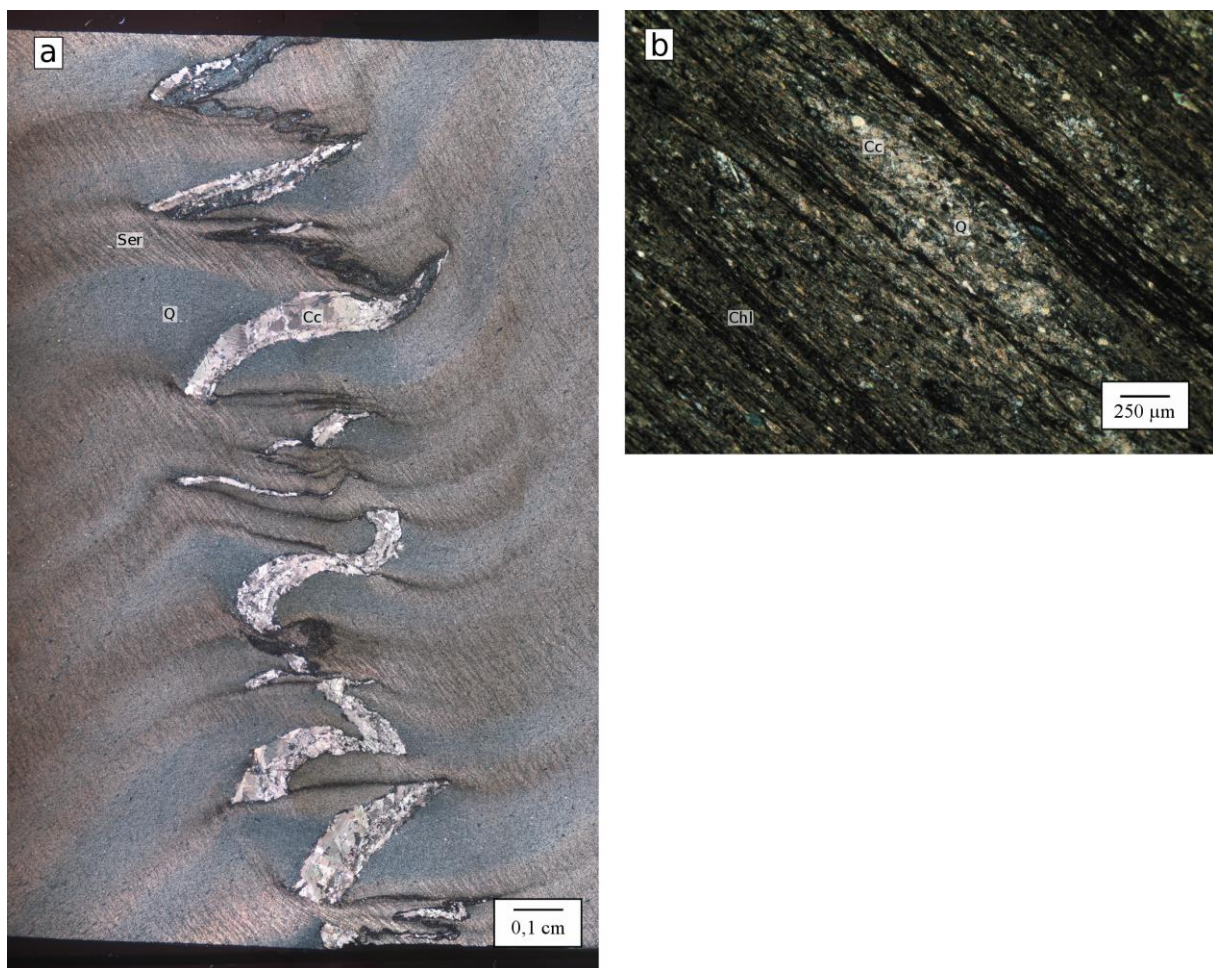


Fig. 4- a) Sigmoides fracturados con cinemática dextra aparente con relleno de carbonato. b) blastos ovalados de carbonato en la ampelita.

3.1.2 Unidad Básica

La Unidad Básica está compuesta principalmente por rocas máficas básicas tipo basalto afectadas por retrometamorfismo. El techo de la Unidad en el sondeo FS-2 se encuentra a 850 metros de profundidad, y el espesor de ésta es de unos 86 metros. Las rocas están compuestas por cuarzo, plagioclasa, sericita, carbonato, clorita y epidota. Presentan diversos grados de deformación, llegando a tener una textura porfidolepidoblástica, aunque también se encuentran texturas ígneas relictas de tipo intersertal y amigdalal. Los análisis de microsonda electrónica muestran que la plagioclasa tiene una composición albitica dado su alto contenido en sodio.

Las rocas con textura porfidolepidoblástica tienen una matriz lepidoblástica compuesta por cuarzo, sericita y clorita. Los blastos están compuestos por pequeños cristales de cuarzo de no más de 50 μm y albita, cuyos cristales están casi completamente alterados a sericita, dando pseudomorfos, a excepción de aquellos cristales lo suficientemente grandes de más de 200 μm , que tienen un núcleo lleno de impurezas de sericita y epidota y bordes corroídos. La clorita en la matriz aparece como subproducto de la retrometamorfización de los vidrios basálticos. (Fig. 5b)

Las rocas que mantienen texturas relictas ígneas contienen una mayor cantidad de albita en forma de microlitos no orientados inequigranulares, con textura subhédrica por corrosión. En estas rocas la matriz tiene una concentración muy elevada de clorita verde-marrón, junto con masas de carbonato anhedrales y de textura criptocristalina, que proporcionan la textura intersertal. También se observa la presencia de venas de cuarzo euhedral con punto triple a subhédrico con carbonato, que han sido afectados por el retrometamorfismo (Fig. 5c). En aquellas rocas menos deformadas se conservan vesículas que han sido rellenas dando lugar a una textura amigdalal. Estas amígdalas están rellenas por carbonato euhedral o subhédrico con textura en abanico (Fig. 5d) situado en los bordes, con un posterior relleno de los huecos por grandes cristales de carbonato junto con pirita, calcopirita, esfalerita y galena.

Intercaladas entre las rocas básicas hay niveles de cineritas con una matriz de cuarzo sacaroideo y sericita. Están afectadas por cizalla, y en ellas se observa un bandeado de la sericita alrededor de porfidoblastos de carbonato sigmoidales. Hay presencia de cristales de pirita euhedrales de menos de 50 μm de longitud diseminados por la matriz (Fig. 5a)

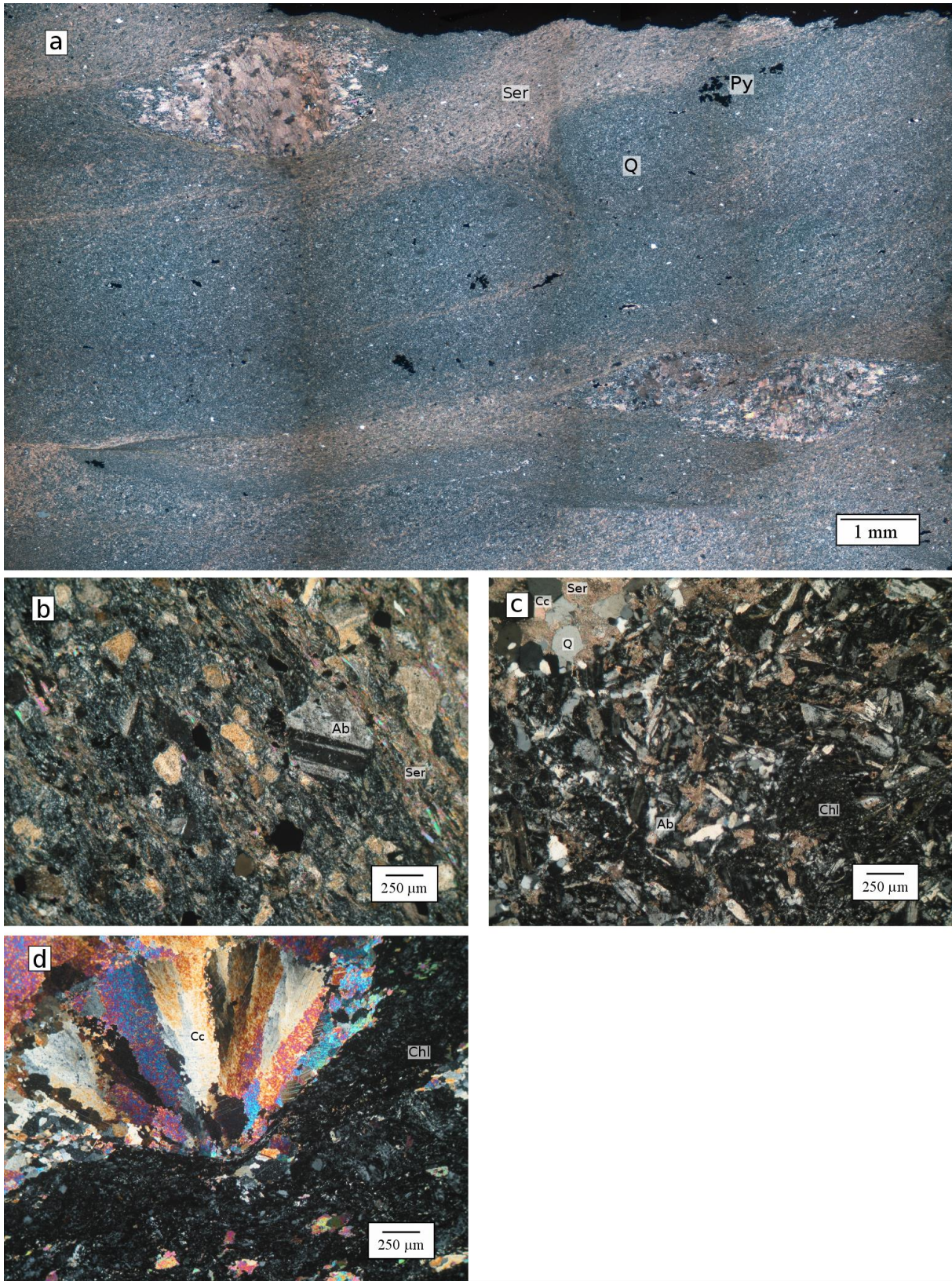


Fig. 5- a) porfidoblastos de carbonato y sericita bandeada en cinerita. b) textura porfidolepidoblástica en basalto alterado a sericita. c) basalto cloritizado con vena de cuarzo y microlitos de albita. d) basalto con textura amigdaloide rellena de carbonato en abanico.

3.1.3 Unidad Intermedia

La Unidad Intermedia tiene un espesor de unos 20 metros y está compuesta en la zona de estudio por pizarras negras y materiales tipo cinerita con textura porfidolepidoblástica. La matriz está compuesta por cuarzo, clorita y sericita, con pequeños cristales de pirita (<50 µm) diseminada y rutilo como fase accesorio. Se trata de una milonita de bajo grado, con porfidoblastos de cuarzo con textura de recristalización. Los materiales clásticos finos presentan un bandeo composicional con bandas más ricas en sericita, donde se aprecia una crenulación en contraposición a las bandas de cuarzo.

3.1.4 Unidad Ácida

La Unidad Ácida es la unidad litológica más compleja del sistema, con un espesor de unos 156 metros en el flanco sur del anticlinal, pero que sufre un engrosamiento cerca de la Falla Sur hasta alcanzar los 380 metros de espesor, debido al esfuerzo transpresivo que genera una estructura sinclinal con la falla en el eje. En la mitad superior se encuentra un pórfido riolítico intensamente sericitizado y cloritizado, con una marcada oxidación hematítica y que no presenta mineralización. Como contraste, en la mitad inferior existen grandes variaciones texturales y es donde se concentra la mayor deformación. Está formada por un *multilayer* de materiales finos constituidos por epiclastitas, cineritas, materiales lutíticos y pizarras negras intercalados entre niveles de riolitas vesiculares, tobas de grano grueso silíceas y mineralizadas.

La parte inferior de la Unidad Ácida se puede subdividir en cuatro zonas principales intercaladas tal y como se puede ver en la (Fig. 3), dos con un *stockwork* cizallado, el superior y el inferior, y dos de materiales finos que no presentan mineralización o no es observable según las muestras. Debido a la naturaleza heterogénea de esta unidad se van a describir las distintas litologías por separado:

- Parte inferior de la Unidad Ácida

Desde la base de la Unidad Ácida, a 820 metros de profundidad, hasta los 743 metros se localiza la zona inferior de *stockwork* cizallado. Esta zona se caracteriza por estar formada por rocas de textura variada, pero con una gran concentración de sulfuros principalmente pirita, calcopirita, arsenopirita, galena y esfalerita. Los materiales de grano grueso son los que concentran la mayor deformación del conjunto, mientras que los materiales finos, como las cineritas, no se ven tan afectados por la cizalla.

Las riolitas vesiculares contienen vesículas esferoidales de unos 0,5 mm, con una matriz compuesta por cuarzo, sericita, clorita y sulfuros (esfalerita, pirita y calcopirita), que están muy diseminados y son de pequeño tamaño (<50 µm). El interior de las vesículas está relleno por cuarzo prismático euédrico y subédrico mostrando una textura en cresta, con un posterior relleno de calcita y galena, dando una textura amigdaloidal. La roca muestra una textura

porfidolepidoclástica, donde las vesículas actúan como porfidoblastos junto con pequeños cristales esferoidales de cuarzo, siendo observable la desviación de la matriz a su alrededor y la formación de pequeñas sombras de presión de cuarzo y sericita. La matriz de grano fino tiene una textura lepidoblástica, con la sericita y la clorita orientadas marcando la foliación de la roca (Fig. 6a).

Los materiales finos lutíticos están compuestos por una matriz de cuarzo y sericita, con una textura bandeada y con presencia de algún pequeño porfidoclasto de cuarzo globular. El bandeo está marcado por el cuarzo con textura sacaroidea y la sericita que muestra una vistosa crenulación debida a la deformación por cizalla. (Fig. 6c).

Las epiclástitas tienen una textura porfidolepidoblástica, con una matriz de cuarzo, clorita y sericita. Los pórfidoblastos pueden ser o bien opacos como la pirita, o bien nódulos sigmoideos de cuarzo con textura en mosaico. Los pórfidoblastos desarrollan largas colas de presión onduladas de cuarzo, sericita y/o clorita que denotan un esfuerzo de cizalla (Fig. 6b,d,e).

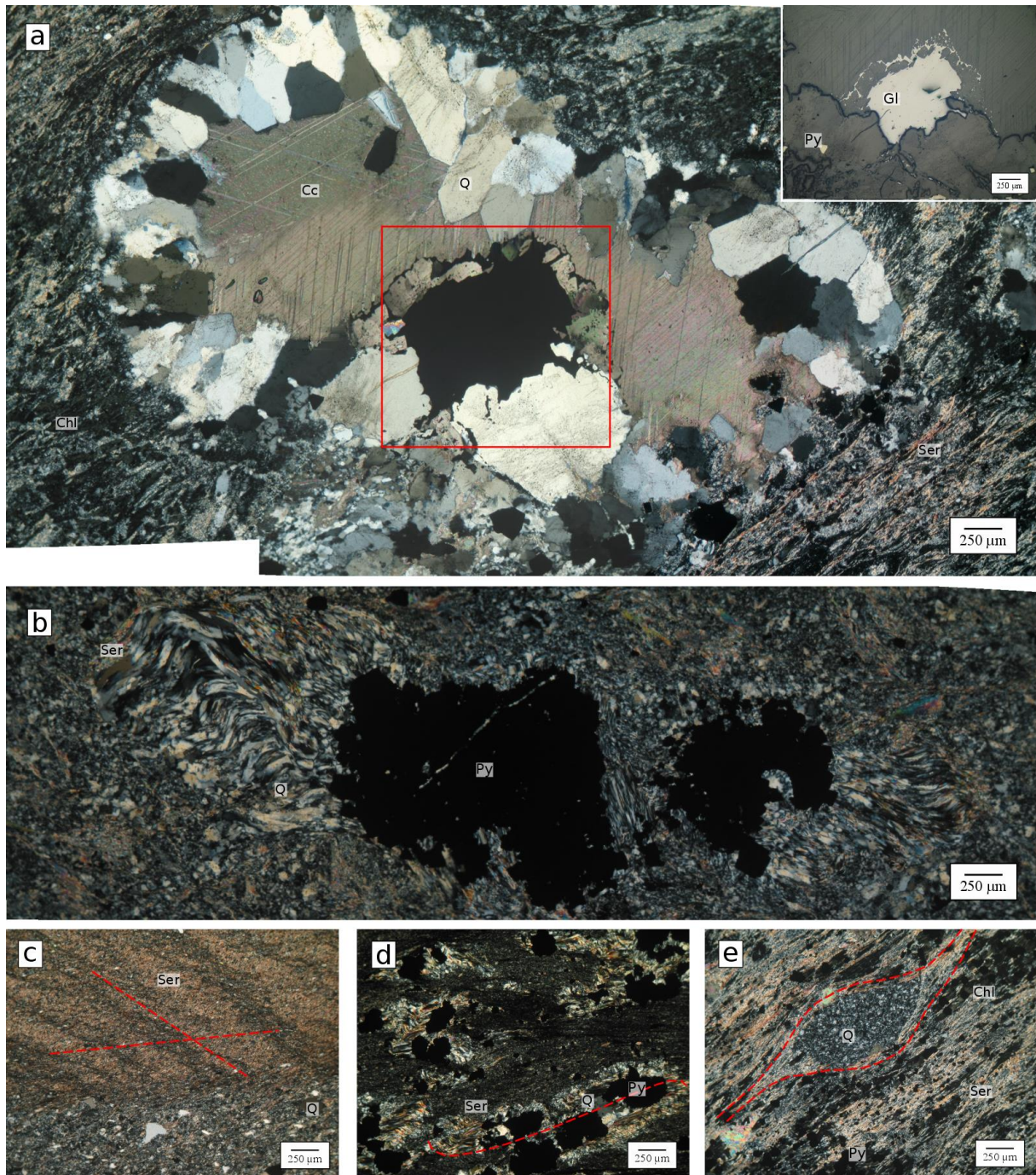


Fig. 6- a) riolita vesicular con textura amigdaloides con las paredes cubiertas por cuarzo en creta y relleno por carbonato y galena. b) agrupación de cristales de pirita que hacen de porfidoblasto, generando colas de presión de cuarzo y sericita, posteriormente plegadas por cizallamiento. c) lutita con bandeamiento de cuarzo y sericita que muestran una crenulación por cizalla. d) epiclastita con textura porfidoclástica, con clastos de pirita que generan sombras de presión y después se curvan por una cizalla con cinemática senestra aparente. e) sigmoide de cuarzo recrystalizado en mosaico que actúa como porfidoblasto, así como cristales de pirita con sombras de presión que indican una compresión con cizalla.

- Parte superior de la Unidad Ácida:

La parte superior de la Unidad Ácida se puede distinguir de la inferior por dejar de depositarse materiales clásticos de modo que el conjunto superior de la Unidad Ácida se homogeniza hasta el techo en contacto con la Serie de Transición, con una litología compuesta por riolitas muy alteradas. En este caso, se ha trabajado con muestras en el techo de la Unidad, junto con una muestra más alejada de la Falla Sur, donde la alteración no ha logrado reemplazar los componentes primarios de la roca por completo. En el contacto con la falla Sur, la roca ha sufrido un fuerte proceso hidrotermal, con una hidrólisis completa de sus componentes máficos, aportando una textura porfidolepidoclástica, con una matriz de clorita, sericita, carbonato y cuarzo junto con pequeños cristales de pirita (<50 μm) diseminados. Los pórfidoclastos están constituidos por cuarzos esferoidales primarios originarios de la riolita. La matriz presenta una gran deformación, aunque los carbonatos no, por lo que parecen haber precipitado en un régimen sin-postcinemático (Fig. 7a).

La muestra de pórfido riolítico más alejado de la falla está fuertemente sericitizada y cloritizada, con grandes cristales de cuarzo globular que se pueden mostrar fracturados y rellenados por sericita y carbonato. Quedan vestigios de feldespatos en aquellos cristales más grandes que no se han alterado totalmente. Se pueden observar texturas gráficas heredadas en el cuarzo, donde el feldespato se ha alterado a una masa de sericita (Fig. 7b).

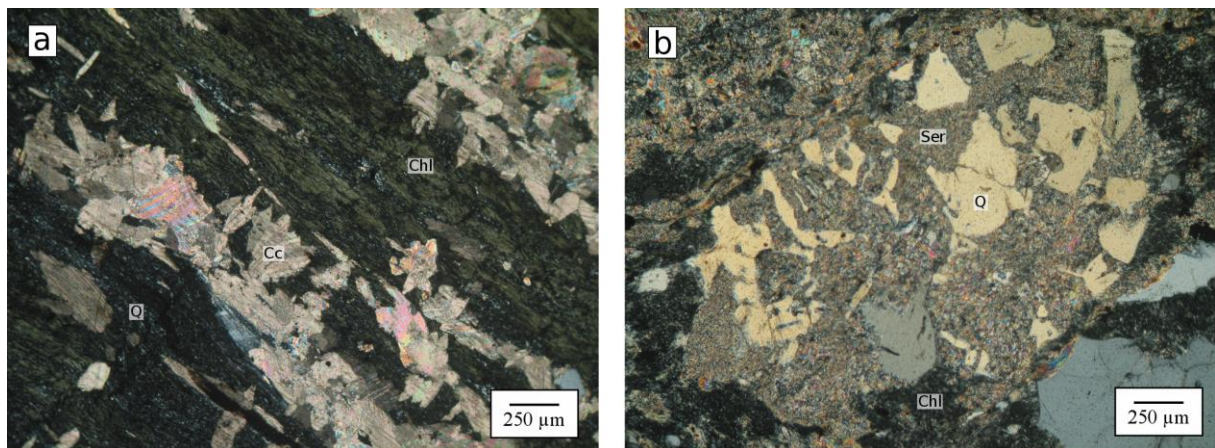


Fig. 7- a) textura porfidolepidoclástica en una matriz de clorita y cuarzo, con un carbonato posterior a la deformación, cristales de cuarzo esferoidales primarios de la riolita. b) textura gráfica heredada en el cuarzo, con el feldespato ya alterado a sericita.

3.1.5 Serie de Transición

La Serie de Transición, con un espesor de unos 8 metros, está constituida en este punto de la Faja Pirítica Ibérica por un lentejón de jasperoides hematitizados. Está compuesto principalmente por cuarzo hematítico, sericita y clorita, con apatito como fase accesoría. Como opacos se encuentra algún cristal de pirita euhedral de hasta 2,5 mm, magnetita de hasta 280 μm , en ocasiones subhédrica debido a su alteración a hematites, que se encuentra no sólo en la matriz aportando el color rojizo, sino que es visible en contacto con los cristales de magnetita (Fig. 8a,e). El hematites presenta una anomalía en vanadio, llegando a tener hasta un 4,3% en peso. La matriz de cuarzo presenta una textura de recristalización sacaroidea o en mosaico con bordes lobulados. Se pueden apreciar pseudomorfos de los minerales máficos ferromagnésicos, que han sido reemplazados por cuarzo, clorita y sericita (Fig. 8c,d). La roca está también plagada de venas de cuarzo con textura de telaraña y en mosaico, llegando a texturas en cresta con cristales prismáticos zonados en las venas más anchas, que acaban rellenándose posteriormente por carbonato, clorita y alguna diseminación de pirita, galena y calcopirita (Fig. 8b).

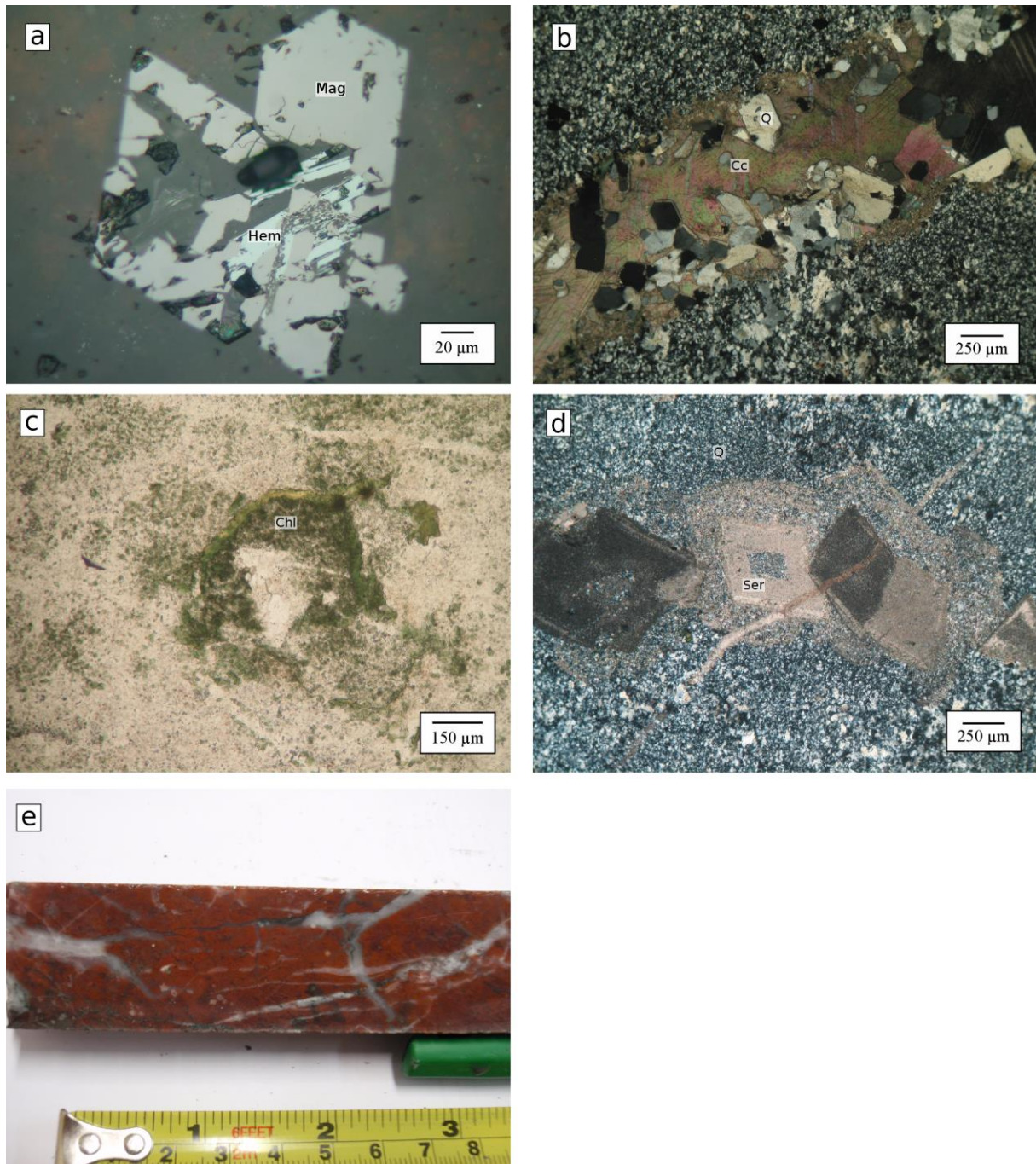


Fig. 8- a) cristal corroído de magnetita con hematites. b) vena rellena por cuarzo, carbonato y sulfuros. c) pseudomorfo de ferromagnesiano alterado a clorita. d) pseudomorfos de ferromagnesianos alterados a cuarzo y sericita. e) detalle del jasperiode en muestra de mano, el color rojo se debe a la hematites.

3.2 Alteraciones hidrotermales

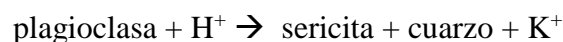
Las alteraciones presentes responden por lo general a un grado bajo o medio de hidrólisis de los minerales a medida que se desciende en la columna estratigráfica. Esto, como se ha podido observar junto con las microestructuras de las distintas unidades y litologías, responde a una correlación evidenciando que allí donde el esfuerzo compresivo ha provocado una cizalla más intensa, la cantidad de sustituciones minerales se ha visto incrementada. Esto responde en

parte a la competencia de los distintos materiales y a la cantidad de fluidos hidrotermales con los que han tenido contacto por medio de fracturación tectónica.

Se han podido distinguir dos tipos distintos de alteración hidrotermal, que pasan gradualmente de una a la otra a lo largo de la columna estratigráfica:

- **Alteración filica:** También llamada alteración sericítica o cuarzo-sericítica, es la primera que se encuentra en los materiales de la parte superior del conjunto, incluyendo las Series de Transición y gran parte de la Unidad Ácida. Se distingue por un mayor nivel de hidrólisis, de moderada a fuerte, de los minerales primarios, así como la desaparición de todos los minerales máficos. Estas rocas se distinguen por la desaparición de todos los feldespatos, que han pasado a formar gran cantidad de sericita y cuarzo secundarios. Los minerales máficos llegan a ser identificables solamente mediante algún vestigio en las riolitas en forma de pseudomorfos. Las ecuaciones que responden a las transformaciones minerales son las que siguen:

Sericitización del feldespato potásico:

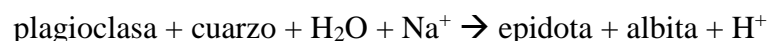


- **Alteración propilítica:** Situada en la parte inferior de la columna, que comprende el muro de la Unidad Ácida, la Unidad Intermedia y la Unidad Básica. Se caracteriza por la presencia de clorita, epidota y plagioclasa de tipo albítica, junto con piritita y calcita, lo que evidencia la entrada de CO_2 y S al sistema mediante los fluidos hidrotermales ascendentes. Aunque por lo general, esta combinación sólo se da de manera evidente a partir de la Unidad Básica, como ya se ha señalado, parece existir un cierto proceso gradual entre ambas alteraciones. Esta alteración representa un bajo grado de hidrólisis de los minerales, seguramente debido al carácter más básico de las rocas ígneas en las que tiene lugar en comparación a las ácidas de la parte superior del Complejo Vulcanosedimentario, otorgando a los fluidos hidrotermales un carácter neutro a alcalino.

Cloritización de la biotita:



Epidotización y albitización de la plagioclasa:



En el conjunto de los materiales estudiados destacan la silicificación, que genera matrices de cuarzo con texturas en mosaico, así como con texturas de recristalización asociado a porfidoblastos. Hay una sericitización intensa generalizada que, como se ha visto, llega a

reemplazar completamente los feldespatos. La cloritización se observa tanto aislada, junto a la sericita, como en colas de presión de porfidoblastos, a veces junto al cuarzo recristalizado plumoso o llameante. Finalmente, hay también una extensa carbonatación de gran parte las litologías y que tiene origen por transporte de CO₂ en los fluidos cuando va asociado a las mineralizaciones, teniendo un posible origen en las pizarras carbonatadas del Devónico.

3.3 Morfología y distribución de la mineralización

En el corte estudiado en este trabajo la mineralización aparece como un sistema de *stockwork* que se genera desde la Falla Sur, que actúa de canal alimentador. Se emplazaron dos cuerpos mineralizados en relación a los dos niveles de grano grueso presentes en la parte inferior de la Unidad Ácida, conformada por la secuencia *multilayer*. Los cuerpos mineralizados se extienden por estos niveles lateralmente hacia el norte, hacia el centro del anticlinal, algo relativamente parecido a lo que ocurre en la Falla Norte (Martin-Izard et al., 2015).

Las rocas encajantes de los *stockwork* tienen una matriz compuesta principalmente por cuarzo y sericita, con clorita situada en sombras de presión. El cuarzo de la matriz tiene una textura sacaroidea, con la sericita orientada marcando una foliación. Por lo que respecta al *stockwork*, las venas están compuestas mayoritariamente por cuarzo y opacos. Este cuarzo es distinto al de la roca encajante, puesto que tiene texturas de recristalización flameante y plumosa, afectados intensamente por cizallamiento, dando morfologías elongadas y plegadas, con marcadas extinciones ondulantes y bordes de disolución (Fig. 9a). En algunas zonas del *stockwork* el cuarzo ha quedado resguardado de la cizalla, dando lugar a texturas en mosaico con cristales subhédricos. En la zona de *stockwork* cizallado inferior, la mineralogía de algunas muestras está compuesta por una mayor cantidad de calcopirita que en su homólogo superior. Junto con la calcopirita aparece una gran cantidad de esfalerita, pirita y marcasita, con poca cantidad de galena y arsenopirita como mineral accesorio. En la zona de *stockwork* cizallado superior la mineralogía de los sulfuros del *stockwork* es principalmente esfalerita, pirita y galena, con cantidades menores de calcopirita y, en algunos tramos ricos en plata, tetraedrita argentífera (Fig. 9d). Los sulfuros más escasos son la marcasita y la arsenopirita, aunque también aparece de manera muy singular estannita.

Respecto a las texturas de los sulfuros, estos muestran signos de deformación, fracturación y de recristalización (Fig. 9e,f). La esfalerita puede presentarse o bien como exsoluciones en calcopirita o bien como cristales con abundantes maclas de deformación. En la mayor parte de la mineralización la esfalerita presenta inclusiones de pirita, calcopirita y arsenopirita. Existen dos tipos de piritas en la mineralización, aunque sólo se suelen apreciar las sintectónicas, generadas por el hidrotermalismo asociado a la deformación, con núcleos diagenéticos con sobrecrecimientos euhedrales hidrotermales y una fuerte zonación, que ha sido analizada

mediante microsonda electrónica y cuyos resultados están expuestos en el apartado de geoquímica mineral. La pirita tiene un comportamiento muy frágil en relación a los otros

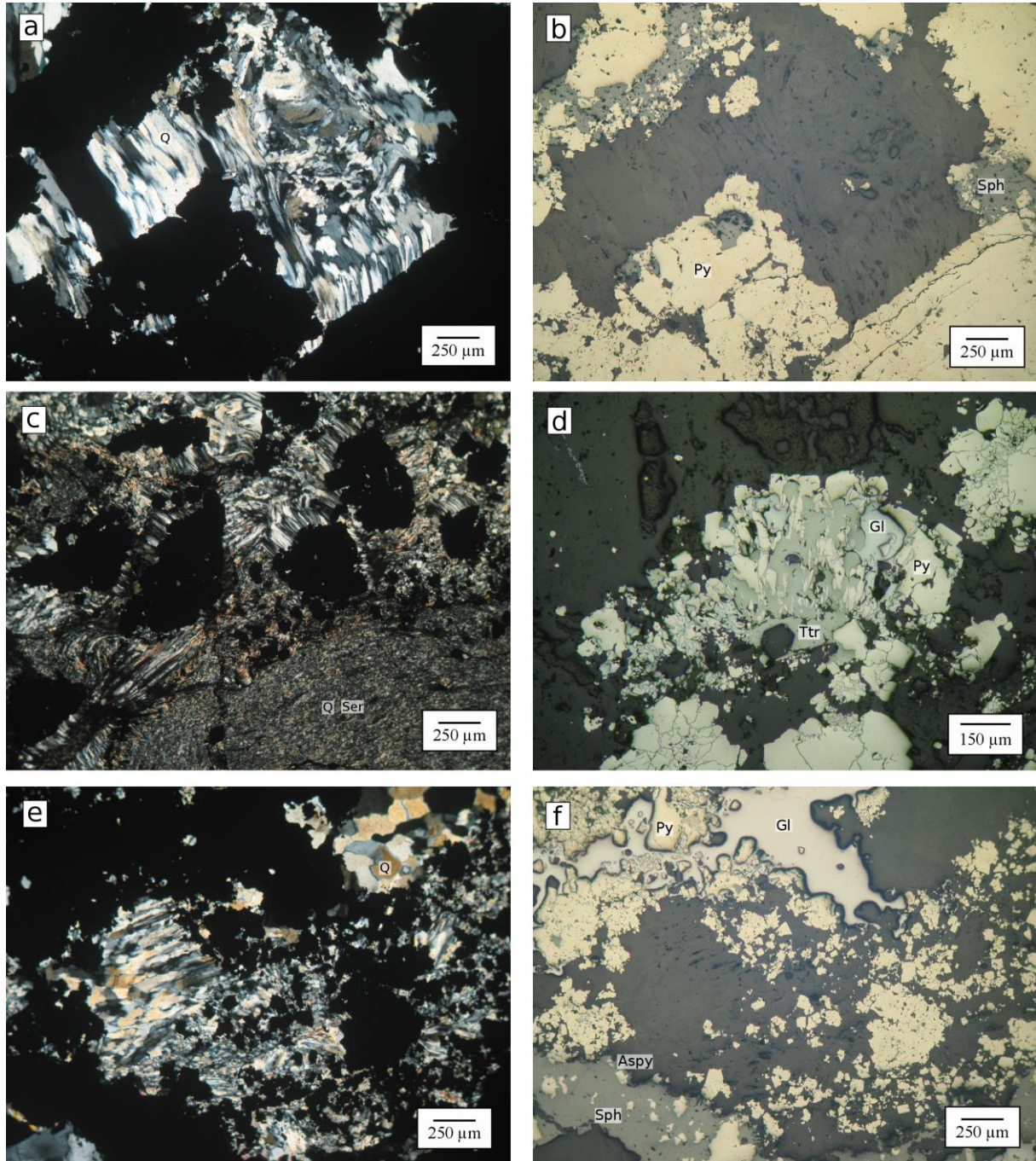


Fig. 9- a,b) Texturas de deformación en la mineralización, cuarzo con texturas de recristalización en plumosa y llameante, pirita fracturada, esfalerita con disolución. c) sombras de presión de cuarzo generadas por los sulfuros. d) muestra de tetraedrita argentífera, con un comportamiento fluido similar a la galena. e,f) más texturas de deformación en una vena de *stockwork*, con arsenopirita siendo disuelta por la esfalerita, la pirita fracturándose y la galena teniendo un comportamiento fluido.

sulfuros, por lo que siempre la encontramos muy fracturada. La calcopirita se encuentra casi siempre dentro de la esfalerita en forma de exsoluciones, también conocido como la “enfermedad de la calcopirita”, así como en fase libre cuando la concentración de cobre es suficientemente elevada. La galena es el mineral con el mayor comportamiento fluidal de todos, con una removilización que la acaba haciendo rellenar fracturas en los otros sulfuros más rígidos o en la roca, perdiendo toda característica morfológica. Aunque se puede considerar esta mineralización como polimetálica, ambos conjuntos de *stockwork* pueden diferenciarse por su composición mineral, ya que el de la zona inferior tiene un elevado contenido en calcopirita en comparación al de la zona superior. En las partes altas de la secuencia litoestratigráfica no se han encontrado evidencias de mineralización más allá de pequeños cristales de sulfuros removilizados por los fluidos hidrotermales.

La deformación no se ha limitado a la mineralogía. Las venas de *stockwork* también se han visto afectadas por la transpresión a nivel estructural, plegándolas (Fig.10)

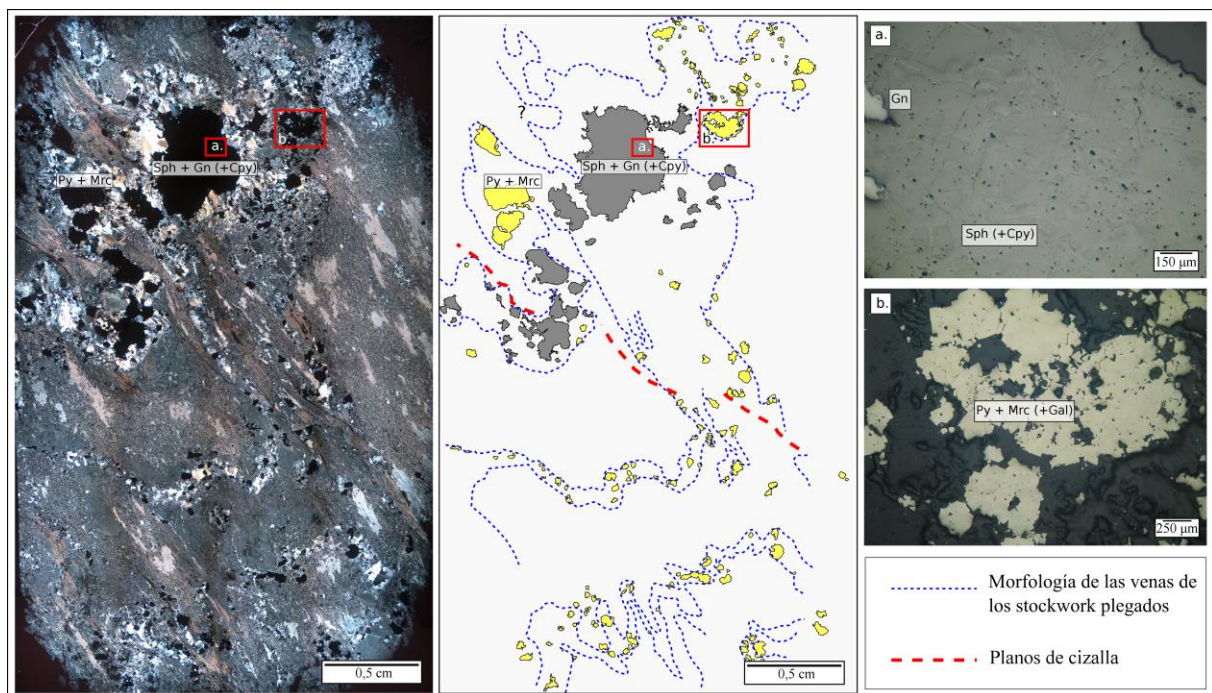


Fig. 10- Venas de cuarzo del stockwork, afectado por la transpresión, con migración del cuarzo a las charnelas, pirita intercrecida con marcasita, calcopirita y galena. (a.) Detalle de maclas de deformación presentes en la esfalerita. (b) Pirita y marcasita afectadas por deformación frágil.

3.4 Geoquímica mineral

En este apartado se presentan los resultados analíticos obtenidos a partir de microsonda electrónica para cada mineralogía. A continuación se presentan los límites de detección con los que se han analizado las fases minerales. Para la pirita zonada se decidió llevar a cabo un

análisis más preciso en busca de elementos traza, así como de Au en relación al arsénico del zonado.

Límites de detección (ppm):

Silicatos

Na	Si	Al	Mg	K	Fe	Mn	Ca	Ti	Cr	Ni	F	P	Cl	V
348	345	270	189	271	622	628	254	302	510	786	1385	221	311	354

Óxidos

Na	Si	Al	Mg	K	Fe	Mn	Ca	Ti	Cr	Ni	F	P	Cl	V
507	231	233	273	331	926	725	304	339	530	967	1028	267	380	433

Apatito

Na	Si	Al	Mg	K	Fe	Mn	Ca	Ti	Cr	Ni	F	P	Cl	V
441	178	170	292	264	631	655	577	337	573	879	2420	286	298	434

Sulfuros

S	Fe	Cu	Mn	Co	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Pb	Bi	Cd	Ga	In	Ag
499	462	698	463	1457	494	711	401	671	705	895	601	5227	2912	936	593	638	624

Pirita zonada

S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au
438	410	600	438	477	617	355	582	648	647	645	820	1247	224	153

3.4.1 Óxidos, Silicatos, Fosfatos

- Albita

Muestra	962,30B	962,30B	962,30B
SiO₂	67,68	68,17	67,88
TiO₂	0,00	0,00	0,02
Al₂O₃	20,13	20,26	19,85
FeO	0,11	0,06	0,09
MnO	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00
CaO	0,44	0,29	0,06
Na₂O	12,23	12,03	8,99
K₂O	0,10	0,07	3,79
Cr₂O₃	0,00	0,00	0,00
V₂O₃	0,00	0,00	0,00
NiO	0,01	0,02	0,01
P₂O₅	0,00	0,00	0,00
F	0,06	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00
Total	100,76	100,91	100,70
En base a 8 oxígenos			
Si	2,95	2,96	2,98
Ti	0,00	0,00	0,00
Al	1,03	1,04	1,03
Fe	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00
Ca	0,02	0,01	0,00
Na	1,03	1,01	0,77
K	0,01	0,00	0,21
Cr	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00
F	0,01	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00

La albita está presente como fase retrometamórfica a partir de Plagioclasa en las distintas litologías. Destaca la cantidad de sodio, que no es igual para todas las muestras, indicando que el proceso de albitización no ha sido completo, con concentraciones inferiores al 12%. Muestra pequeñas concentraciones de hierro (0,10%) y puntualmente de calcio hasta 0,44%.

- Clorita

Muestra	480D	480D	480D	480D	480D	729,46B	729,46B	729,46B	729,46B	729,46B	729,46B	729,46B
SiO2	24,90	23,87	24,04	23,50	23,70	25,75	25,77	26,30	26,14	25,42	25,80	25,51
TiO2	0,01	0,04	0,03	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,06	0,05	0,01	0,02
Al2O3	17,22	18,04	17,84	18,34	18,03	21,55	21,30	21,52	21,79	21,35	21,41	21,78
FeO	41,14	41,50	41,52	41,17	40,63	23,27	23,72	22,77	24,55	24,01	23,65	23,20
MnO	0,22	0,19	0,23	0,13	0,17	2,38	2,61	2,50	2,64	2,52	2,51	2,41
MgO	5,06	4,66	4,66	4,30	4,61	14,38	14,05	15,22	13,90	13,75	13,92	14,18
CaO	0,20	0,17	0,11	0,06	0,01	0,02	0,00	0,03	0,05	0,04	0,08	0,06
Na2O	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,05	0,03
K2O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
Cr2O3	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01
V2O3	0,18	0,30	0,23	0,35	0,24	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,04
NiO	0,00	0,07	0,03	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
P2O5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
F	0,08	0,13	0,02	0,05	0,02	0,16	0,14	0,14	0,11	0,08	0,03	0,08
Cl	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Total	89,02	89,01	88,74	87,97	87,49	87,62	87,66	88,55	89,30	87,25	87,51	87,32
en base a 36 oxígenos												
Si	5,67	5,46	5,52	5,45	5,46	5,40	5,42	5,44	5,41	5,39	5,44	5,38
Al IV	2,33	2,54	2,48	2,55	2,54	2,60	2,58	2,56	2,59	2,61	2,56	2,62
Al VI	2,30	2,34	2,36	2,47	2,39	2,75	2,73	2,71	2,75	2,75	2,78	2,81
Ti	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe3+	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,15	0,15	0,15	0,12	0,13	0,14
Fe2+	7,81	7,97	8,01	8,00	7,93	3,92	4,02	3,79	4,10	4,13	4,04	3,95
Mn	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,42	0,46	0,44	0,46	0,45	0,45	0,43
Mg	1,72	1,59	1,59	1,48	1,58	4,50	4,41	4,69	4,29	4,35	4,38	4,46
Ni	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Na	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02
K	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,12	0,19	0,03	0,08	0,03	0,22	0,19	0,18	0,15	0,11	0,04	0,10
Cl	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
OH*	15,87	15,81	15,97	15,91	15,96	15,78	15,80	15,82	15,85	15,88	15,96	15,90

La clorita se ha analizado teniendo en cuenta sus dos orígenes distintos, tanto en sombras de presión de porfidoblastos junto con la mineralización en la Unidad Ácida, como en venas sin-postcinemáticas en el jaseroide de la Serie de Transición, con el objetivo de usarlas de geotermómetro. Las cloritas en sombras de presión tienen alrededor de un 24% en peso de hierro, mientras que las de las venas casi lo doblan con un 41% en peso. Cabe destacar la presencia de vanadio en las cloritas de las venas y el papel que podrían haber tenido dichos

fluidos hidrotermales en la lixiviación y transporte del vanadio, acumulándose posteriormente en el hematites del jaseroide. Las especies se han definido en el apartado de geotermómetro.

- Magnetita

Muestra	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D
SiO2	0,97	0,86	0,78	0,90	0,96	0,83	0,84	1,28	1,31	0,45	0,80	0,74	0,80	1,45	0,87	0,76
TiO2	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01
Al2O3	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,00	0,01	0,01
FeO	91,12	91,44	91,74	91,12	90,90	91,02	91,47	91,54	90,96	91,42	90,96	90,89	90,79	90,50	90,62	90,33
MnO	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00
MgO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,19	0,08	0,00	0,01	0,39	0,21	0,06	0,07	0,06	0,19	0,04	0,02	0,02	0,20	0,24	0,13
Na2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
K2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr2O3	0,05	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,04	0,03	0,00	0,03	0,02	0,02
V2O3	0,24	0,32	0,30	0,31	0,27	0,23	0,23	0,22	0,28	0,27	0,25	0,26	0,25	0,25	0,28	0,17
NiO	0,01	0,00	0,04	0,02	0,07	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,02
P2O5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,05	0,00	0,08	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,06	0,01	0,01	0,05	0,01
Cl	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	91,68	92,76	92,99	92,42	92,68	92,35	92,71	93,15	92,72	92,40	92,14	92,07	91,97	92,56	92,12	91,45
En base a 4 oxígenos																
Si	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,07	0,02	0,04	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	3,87	3,88	3,89	3,88	3,85	3,88	3,89	3,85	3,84	3,92	3,89	3,89	3,89	3,81	3,87	3,90
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Se han analizado las magnetitas del jaseroide de la Serie de Transición, con el objetivo de encontrar el origen de la anomalía de vanadio en el hematites, pero los análisis indican que tienen un contenido variable desde 0,17% en peso hasta un 0,32%, imposibilitando que la magnetita sea la fuente principal del vanadio. Existen concentraciones de silicio, calcio y fluor pero debe ser culpa de una mala lectura de la microsonda confundiendo con la matriz por el pequeño tamaño de grano, ya que la matriz está silicificada, con presencia de carbonato en venas y cristales de apatito.

- Hematites

Muestra	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D	480D
SiO2	0,03	0,02	0,02	0,04	0,06	0,01	0,12	0,18
TiO2	0,04	0,04	0,03	0,61	0,04	0,03	0,47	0,52
Al2O3	0,02	0,01	0,01	0,01	0,27	0,04	0,55	0,66
FeO	93,19	86,20	86,83	90,06	90,14	89,43	83,38	85,71
MnO	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	0,02	0,07
MgO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
CaO	0,37	0,02	0,02	0,06	0,11	0,28	0,60	0,59
Na2O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,00	0,03
K2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr2O3	0,16	0,09	0,11	0,02	0,00	0,02	0,11	0,09
V2O3	6,31	5,48	4,89	0,72	0,79	0,54	3,91	3,42
NiO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2O5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,01	0,00	0,01	0,06	0,02	0,02	0,00
Cl	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Total	100,18	91,90	91,92	91,55	91,52	90,43	89,19	91,30
En base a 3 oxígenos								
Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ti	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03
Fe	2,62	2,66	2,69	2,91	2,92	2,94	2,65	2,67
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,14	0,13	0,12	0,02	0,02	0,01	0,10	0,08
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La hematites analizada, como ya se ha comentado, ha dado valores anómalos de vanadio con valores que fluctúan de cristal a cristal desde 0,54% en peso hasta 6,31%. Puesto que la magnetita ha resultado no ser el origen de este elemento, lo más probable es que el vanadio haya sido lavado por los fluidos hidrotermales de las litologías inferiores, concentrándose especialmente en este mineral.

- Apatito

Muestra	480D	480D	480D	480D
SiO₂	0,03	0,16	0,14	0,08
TiO₂	0,01	0,00	0,01	0,00
Al₂O₃	0,00	0,00	0,01	0,01
FeO	0,78	0,53	0,18	0,15
MnO	0,00	0,01	0,01	0,06
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	54,42	54,66	56,00	55,65
Na₂O	0,00	0,00	0,00	0,00
K₂O	0,00	0,01	0,00	0,00
Cr₂O₃	0,03	0,03	0,01	0,00
V₂O₃	0,00	0,02	0,04	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00
P₂O₅	36,55	36,34	33,92	34,56
F	3,35	3,08	3,19	2,34
Cl	0,11	0,02	0,02	0,03
Total	95,29	94,87	93,53	92,88
En base a 12 oxígenos				
Si	0,00	0,01	0,01	0,01
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,06	0,04	0,01	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	5,13	5,15	5,44	5,37
Na	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00
P	2,72	2,71	2,60	2,64
F	0,93	0,86	0,92	0,67
Cl	0,02	0,00	0,00	0,00

Se trata de un apatito con contenido en fluor, un fluoroapatito por lo tanto, con concentraciones de hasta el 3,35% en peso de fluor. También da concentraciones variables en hierro, que seguramente provengan de la hematización del jaseroide y no de los cristales en sí.

3.4.1 Sulfuros

Todos los sulfuros han sido analizados a partir del cuerpo mineralizado de la Unidad Ácida correspondiente a la zona superior de *stockwork* cizallado a excepción de la muestra con piritita zonada.

• Pirita

Muestra	701,78	701,78	701,78	707,95	707,95	707,95	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B
% en peso												
S	53,28	53,29	53,72	51,85	54,30	53,87	53,20	53,06	53,82	53,77	53,08	53,44
Fe	46,01	46,13	45,88	45,18	45,94	45,80	46,04	45,68	45,79	45,94	45,83	46,19
As	0,20	0,08	0,06	1,91	0,07	0,04	0,10	0,05	0,09	0,05	0,40	0,02
Zn	0,10	0,13	0,08	0,08	0,11	0,09	0,11	1,13	0,41	0,05	0,56	0,33
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,01	0,01	0,05	0,16	0,05	0,04	0,02	0,04	0,01	0,02	0,05	0,03
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,03
Ga	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02
Ag	0,02	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01
Ni	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
Te	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,08
Sn	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Se	0,02	0,01	0,04	0,06	0,04	0,04	0,06	0,00	0,03	0,06	0,02	0,03
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,66	99,71	99,91	99,29	100,59	99,89	99,59	99,99	100,28	99,95	100,05	100,21
% atómico												
S	66,75	66,76	67,30	64,96	68,03	67,49	66,65	66,47	67,43	67,36	66,49	66,95
Fe	33,05	33,14	32,96	32,46	33,00	32,90	33,08	32,81	32,90	33,00	32,93	33,18
As	0,11	0,04	0,03	1,02	0,04	0,02	0,06	0,03	0,05	0,03	0,22	0,01
Zn	0,06	0,08	0,05	0,05	0,07	0,05	0,07	0,69	0,25	0,03	0,35	0,20
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,01	0,01	0,03	0,10	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01
Ga	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Ag	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Ni	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,11	0,13
Muestra	701,78	701,78	701,78	707,95	707,95	707,95	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B
Sn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Se	0,01	0,00	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,07	100,43	98,66	101,23	100,52	99,92	100,06	100,69	100,49	100,15	100,55

Se han analizado piritas de manera convencional junto con los otros sulfuros, además del análisis específico de una muestra que presentaba marcadas oxidaciones parciales debido a una zonación (Fig. 11).

- *Pirita zonada: Los resultados analíticos se pueden encontrar en el anexo (Tabla III)

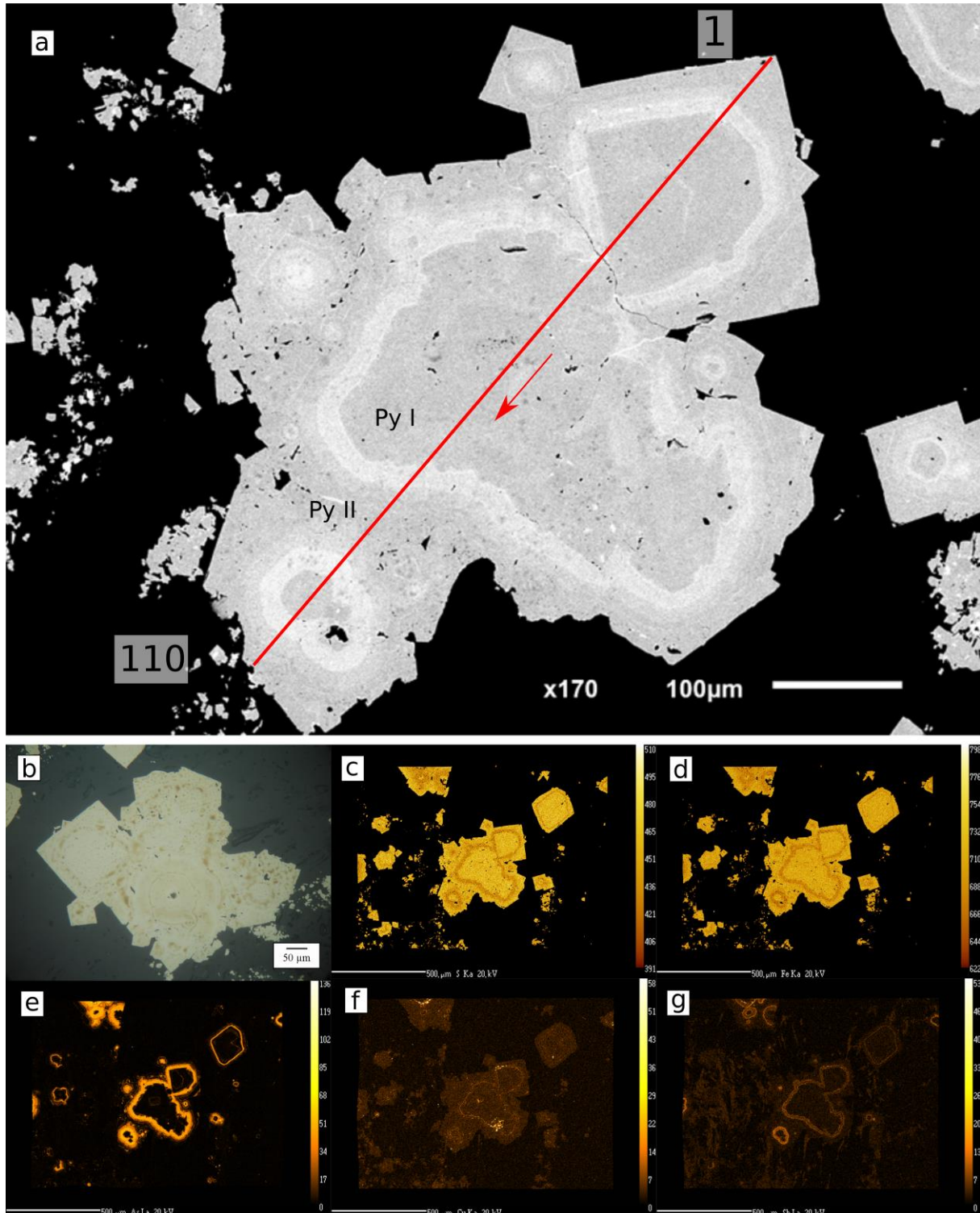


Fig. 11- a) Fotografía SEM de la muestra con el perfil de análisis, del punto 1 al 110. b) Detalle de las oxidaciones del zonado. concentraciones en c) S, d) Fe, e) As, f) Cu y g) Sb.

Los resultados de los análisis en la pirita muestran como el zonado está compuesto por una gran cantidad de arsénico, hasta el 5,97% en peso, que se asocia también a altas concentraciones de antimonio hasta el 1,04% en peso. El cobre también aparece concentrado en las zonas arsenicales con bajas concentraciones, excepto en aquellos puntos en los que hay inclusiones de calcopirita como se puede ver en el *mapping* elemental. El análisis de oro ha dado negativo.

- Esfalerita

Muestra	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	707,95
% en peso										
S	33,30	33,61	33,33	33,12	32,98	35,05	34,65	33,31	33,56	32,49
Fe	1,54	1,63	1,47	1,53	1,56	2,72	2,76	2,72	2,72	0,75
As	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	64,53	64,04	64,57	64,46	64,56	62,73	62,63	63,19	62,98	65,64
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,07	0,06	0,09	0,06	0,11	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Te	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,15	0,19	0,19	0,21	0,17	0,14	0,15	0,17	0,07	0,19
Mn	0,08	0,15	0,12	0,16	0,14	0,18	0,17	0,17	0,16	0,00
Sn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05
In	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,02	0,03
Total	99,71	99,74	99,78	99,61	99,63	100,97	100,53	99,67	99,65	99,21
% atómico										
S	51,09	51,56	51,13	50,81	50,60	53,78	53,15	51,11	51,48	49,85
Fe	1,36	1,44	1,29	1,35	1,37	2,39	2,43	2,39	2,40	0,66
As	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	48,48	48,12	48,51	48,43	48,51	47,13	47,06	47,48	47,32	49,32
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,05	0,05	0,07	0,05	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08	0,03	0,08

Muestra	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78	707,95
Mn	0,16	0,30	0,23	0,32	0,29	0,36	0,35	0,34	0,33	0,00
Sn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Se	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01
Total	101,23	101,58	101,33	101,09	100,98	103,82	103,16	101,46	101,66	100,00

Continuación:

Muestra	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	720,18B	720,18B
% en peso									
S	33,08	32,85	34,89	33,17	33,08	32,77	35,15	33,53	33,43
Fe	0,69	0,65	0,58	0,76	0,56	1,15	1,82	7,30	7,32
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	65,61	65,62	64,94	65,19	65,52	64,93	63,30	58,22	57,99
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,06	0,11	0,18	0,04	0,14	0,10	0,08	0,01	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Ni	x	0,00	x°	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Te	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,15	0,23	0,21	0,16	0,13	0,23	0,20	0,19	0,19
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,33	0,36
Sn	0,02	0,07	0,13	0,02	0,09	0,07	0,00	0,00	0,01
Se	0,02	0,07	0,05	0,00	0,04	0,08	0,04	0,07	0,01
In	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Total	99,66	99,63	100,99	99,37	99,54	99,35	100,60	99,70	99,32
% atómico									
S	50,75	50,40	53,52	50,88	50,74	50,27	53,92	51,43	51,29
Fe	0,61	0,57	0,51	0,67	0,49	1,01	1,60	6,42	6,44
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	49,29	49,30	48,79	48,98	49,23	48,78	47,56	43,74	43,57
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,05	0,09	0,14	0,03	0,10	0,08	0,06	0,01	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,06	0,10	0,09	0,07	0,06	0,10	0,09	0,08	0,08
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,66	0,72
Muestra	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	720,18B	720,18B

Sn	0,01	0,03	0,05	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01
Se	0,01	0,04	0,03	0,00	0,02	0,05	0,03	0,05	0,01
In	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Total	100,80	100,54	103,15	100,65	100,68	100,34	103,27	102,42	102,12

La esfalerita ha dado valores muy bajos en hierro, entre un 0,56% y un 7,32% en peso, correspondiendo con la coloración clara y acaramelada de las muestras, por lo que se trataría de una blenda. Presenta impurezas de cadmio, con trazas de indio y selenio. Algunas muestras de esfalerita han dado valores no estequiométricos y tienen un color más blanquecino.

- Galena

Muestra	701,7	701,7	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,95	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B
% en peso																	
S	13,65	13,43	13,34	13,47	13,54	13,59	13,43	13,78	13,54	13,37	13,44	13,65	13,59	13,56	13,49	13,51	13,73
Fe	0,01	0,02	0,73	0,23	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,11	0,10	0,02	0,06	0,00	0,00	0,03
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,36	2,56	0,19	0,04	0,08	0,02	0,13	0,11	0,10	0,07	0,07	0,10	0,20	1,39	0,36	0,09	0,09
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,02	0,09	0,07	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04	0,07	0,05	0,02	0,08	0,02	0,05	0,02	0,03	0,03
Pb	85,72	85,47	86,08	85,22	84,80	86,04	86,61	85,70	85,67	87,12	86,16	85,94	86,69	84,93	86,22	85,55	86,37
Sb	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,10	0,10	0,05	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00
Ga	0,12	0,06	0,10	0,07	0,10	0,10	0,08	0,11	0,10	0,13	0,09	0,12	0,12	0,07	0,06	0,11	0,10
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Te	0,01	0,05	0,05	0,06	0,00	0,02	0,02	0,05	0,00	0,05	0,05	0,03	0,00	0,04	0,11	0,00	0,01
Co	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02
Sn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Se	0,04	0,02	0,03	0,00	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02
In	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Total	99,96	101,7	100,5	99,19	98,79	100,0	100,5	99,94	99,74	100,9	100,0	100,11	100,66	100,17	100,36	99,34	100,47
% atómico																	
S	50,54	49,72	49,39	49,86	50,11	50,31	49,72	51,01	50,11	49,50	49,74	50,55	50,31	50,21	49,94	50,03	50,85
Fe	0,03	0,05	1,55	0,48	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,13	0,24	0,22	0,04	0,14	0,00	0,00	0,06
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,65	4,64	0,35	0,08	0,15	0,04	0,23	0,20	0,18	0,12	0,13	0,18	0,36	2,52	0,65	0,17	0,16
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,04	0,16	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,07	0,14	0,09	0,04	0,16	0,03	0,10	0,04	0,05	0,06
Pb	49,04	48,90	49,25	48,75	48,51	49,22	49,55	49,03	49,01	49,84	49,29	49,17	49,60	48,59	49,33	48,94	49,41
Sb	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,09	0,10	0,05	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00
Ga	0,20	0,10	0,16	0,11	0,18	0,17	0,13	0,19	0,17	0,21	0,16	0,20	0,20	0,13	0,11	0,19	0,17
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Muestra	701,7	701,7	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,9	707,95	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B	720,18B
Te	0,01	0,05	0,04	0,05	0,00	0,02	0,02	0,05	0,00	0,04	0,05	0,03	0,00	0,04	0,10	0,00	0,01
Co	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,03	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,09
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00	0,05	0,00	0,08	0,09
Sn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Se	0,05	0,03	0,04	0,00	0,07	0,04	0,05	0,04	0,06	0,09	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03
In	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Total	100,6	103,6	100,9	99,48	99,28	100,0	100,0	100,	99,93	100,0	99,73	100,67	100,59	101,81	100,28	99,50	100,95

Los análisis en la galena han dado trazas de galio, de un 0,06 a un 0,13% en peso. Contenidos variables hasta 2,56% en peso de zinc

- Calcopirita

Muestra	701,78	701,78	701,78	720,18B	720,18B	720,18B
% en peso						
S	37,07	37,12	37,16	37,00	37,68	36,93
Fe	29,99	30,03	30,12	30,07	29,87	30,13
As	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01
Zn	0,29	0,76	0,72	0,06	0,04	0,05
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	31,76	31,35	31,52	32,37	32,23	32,24
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03	0,02
Ni	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02
Te	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Sn	0,26	0,10	0,18	0,01	0,03	0,00
Se	0,01	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,41	99,40	99,79	99,63	99,97	99,40
% atómico						
S	52,59	52,65	52,71	52,49	53,45	52,37
Fe	24,39	24,42	24,50	24,46	24,29	24,50
As	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Zn	0,20	0,53	0,50	0,04	0,03	0,03
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	22,70	22,41	22,53	23,13	23,04	23,04
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Muestra	701,78	701,78	701,78	720,18B	720,18B	720,18B
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Ni	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01
Te	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Mn	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02
Sn	0,10	0,04	0,07	0,00	0,01	0,00
Se	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,07	100,37	100,19	100,88	100,01

La calcopirita contiene impurezas de hasta el 0,26% en peso de estaño y 0,76% en peso de zinc.

- Arsenopirita

Muestra	701,78	701,78	Muestra	701,78	701,78
% en peso			% atómico		
S	21,26	22,36	S	36,52	38,40
Fe	32,32	34,47	Fe	31,84	33,95
As	38,55	41,03	As	28,30	30,12
Zn	2,43	2,29	Zn	2,04	1,92
Bi	0,00	0,00	Bi	0,00	0,00
Cu	0,02	0,04	Cu	0,02	0,03
Pb	4,59	0,00	Pb	1,22	0,00
Sb	0,03	0,00	Sb	0,01	0,00
Ga	0,03	0,00	Ga	0,02	0,00
Ag	0,00	0,04	Ag	0,00	0,02
Ni	0,00	0,01	Ni	0,00	0,01
Te	0,00	0,00	Te	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	Co	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	Cd	0,00	0,00
Mn	0,01	0,04	Mn	0,03	0,08
Sn	0,00	0,00	Sn	0,00	0,00
Se	0,00	0,00	Se	0,00	0,00
In	0,00	0,00	In	0,00	0,00
Total	99,25	100,27	Total	100,00	104,54

La anomalía en plomo de una de las muestras se podría corresponder a galena, debido a la dificultad de analizar unos cristales tan pequeños sin analizar los cristales de alrededor.

- Tetraedrita

Se han analizado dos grupos de tetraedritas, dando como resultado una gran concentración en plata en una de ellas, con hasta el 18% en peso. En comparación las otras muestras oscilan entre el 2,88 y el 3,5% en peso de plata. , pero no lo suficiente como para ser considerada freibergita, por lo que se la identificará como una tetraedrita argentífera.

Muestra	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	707,95	720,18B	720,18B	720,18B
% en peso											
S	27,42	26,96	26,97	27,27	26,98	26,79	27,09	26,89	23,15	23,06	23,21
Fe	3,86	3,62	3,66	3,60	4,18	4,09	3,93	4,19	3,48	3,46	3,44
As	4,56	3,10	3,63	3,61	3,90	4,19	4,58	3,39	0,72	0,73	0,73
Zn	3,66	3,91	3,88	3,86	3,85	3,66	3,66	3,85	4,53	4,37	4,55
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	35,14	34,33	35,04	34,77	34,67	34,53	35,27	34,13	23,22	23,03	23,94
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	22,21	24,96	24,16	23,94	23,46	23,03	22,39	24,12	26,88	26,61	26,58
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	2,88	3,48	2,85	3,21	3,09	3,50	2,89	3,21	17,99	18,17	18,01
Ni	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Sn	0,05	0,07	0,10	0,08	0,12	0,08	0,07	0,10	0,01	0,05	0,05
Se	0,01	0,06	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,08	0,03
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,79	100,49	100,34	100,44	100,30	99,91	99,91	99,88	99,98	99,59	100,55
en base a 29 átomos											
S	13,76	13,66	13,62	13,73	13,59	13,57	13,63	13,65	12,96	12,97	12,91
Fe	1,11	1,05	1,06	1,04	1,21	1,19	1,13	1,22	1,12	1,12	1,10
As	0,98	0,67	0,78	0,78	0,84	0,91	0,98	0,74	0,17	0,17	0,17
Zn	0,90	0,97	0,96	0,95	0,95	0,91	0,90	0,96	1,24	1,20	1,24
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	8,88	8,77	8,92	8,82	8,80	8,81	8,94	8,73	6,55	6,53	6,71
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	2,93	3,33	3,21	3,17	3,11	3,07	2,96	3,22	3,96	3,94	3,89
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,43	0,52	0,43	0,48	0,46	0,53	0,43	0,48	2,99	3,03	2,97
Ni	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Sn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Se	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

- Estannita

Muestra	701,78	701,78	701,78	701,78	701,78
% en peso					
S	30,94	31,27	31,89	31,11	31,21
Fe	9,92	10,06	9,90	10,07	10,13
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	4,96	4,00	3,68	4,31	5,25
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	26,96	27,21	26,95	27,29	26,92
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,07	0,04	0,06	0,04	0,05
Mn	0,04	0,05	0,02	0,06	0,07
Sn	26,55	26,81	26,48	26,49	26,68
Se	0,18	0,17	0,15	0,15	0,20
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,63	99,61	99,13	99,52	100,52
en base a 8 átomos					
S	4,13	4,16	4,24	4,15	4,12
Fe	0,76	0,77	0,75	0,77	0,77
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,32	0,26	0,24	0,28	0,34
Bi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	1,81	1,83	1,80	1,83	1,79
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Te	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Sn	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
Se	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La estannita muestra una concentración anómala de zinc en su estructura, hasta el 5,25% en peso junto con trazas de selenio.

3.4.2 Geotermómetro de la clorita

Mediante los resultados analíticos de la clorita se han diferenciado dos especies distintas, daphnita y ripidolita (Fig. 12) La daphnita, pobre en hierro e incolora, se habría desarrollado en las colas de presión de los porfidoclastos de piritita y cuarzo como consecuencia de los esfuerzos compresivos. Posteriormente se formaron las ripidolitas, mucho más férricas y verdosas, que se encuentran en las venas de cuarzo con carbonato que atraviesan las distintas litologías, arrastrando también metales base (Tabla I). Basandose en estos resultados, se han utilizado como geotermómetros (Kranidiotis y MacLean, 1987; Cathelineau, 1988) dando unos valores de temperatura similares en ambas y alrededor de los 345°C (Tabla II)

Clorita/peso%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO
Daphnita	25,77	21,52	22,86	0	14,05
Ripidolita	23,79	18,03	40,4	0,94	4,63

TABLA I. *Composición media de elementos mayores en las cloritas.*

	MEDIA T ^a Kranidiotis y MacLean (1987)	MEDIA T ^a Cathelineau (1988)
Daphnita	329°C	355°C
Ripidolita	346°C	343°C

TABLA II. *Datos de geotermometría en las cloritas utilizando los geotermómetros de Kranidiotis & MacLean (1987) y Cathelineau (1988).*

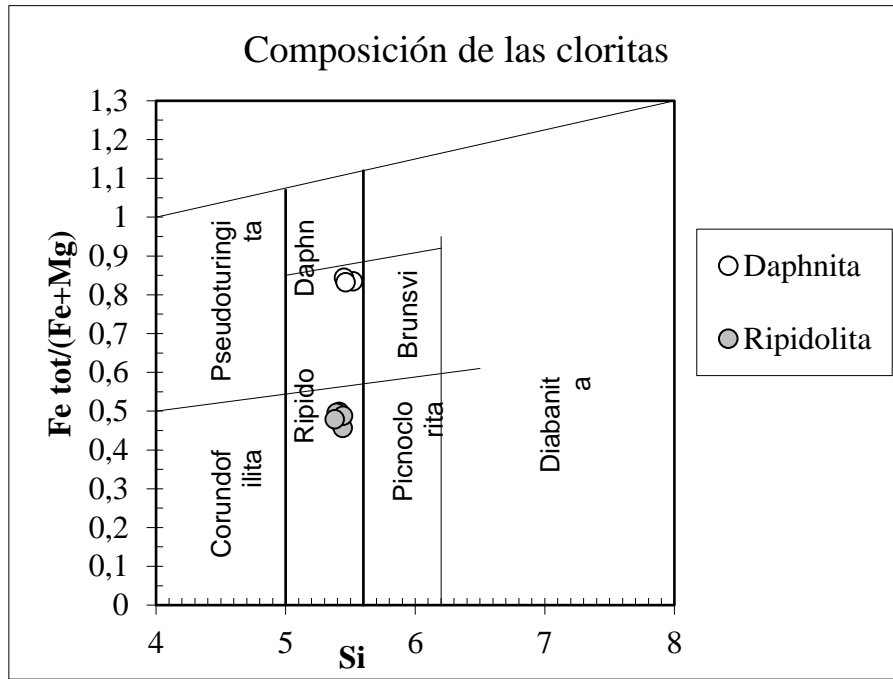


Fig. 12- Gráfico con los resultados de los análisis en cloritas en base a su relación Si-Fe, por tal de identificar su especie mineral.

4. Discusión

4.1 Evolución cinemática del anticlinal de Riotinto

Mediante el estudio de las láminas delgadas de los testigos de los sondeos realizados en el entorno de la Falla Sur del Anticlinal de Riotinto, se han podido conocer las microestructuras y mineralogía de esta zona, que han aportado información acerca de los esfuerzos a los que fueron sometidas las rocas. Las evidencias microestructurales indican que tuvieron lugar dos procesos compresivos complementarios:

- Primero hubo una compresión, compactando todos los materiales y generando una foliación (S1) marcada principalmente por los filosilicatos. Esto se tradujo en la aparición de texturas porfidolepidoblásticas, donde los blastos empezaron a generar sombras de presión de cuarzo, clorita o sericita.
- En segundo lugar se produjo una deformación por cizalla que se muestra principalmente en la rotación de los blastos, observable gracias a las sombras de presión que delimitan morfologías sigmoidales y dando como resultado rocas miloníticas de bajo grado, así como las crenulaciones (S2) que aparecen afectando la foliación en las litologías de grano fino.

Estos resultados refuerzan la propuesta (Martin-Izard et al., 2015) de que la cinemática transpresiva de la Falla Sur está marcada por una primera compresión durante el periodo inicial de transpresión de la Orogenia Varisca, afectando al anticlinal en *rollover* de Riotinto. Debido a la morfología irregular del anticlinal generado por la falla lítrica, los esfuerzos se debieron concentrar sobre el flanco sur del anticlinal. Esto se tradujo en una compresión suave del flanco norte, mientras que en el flanco sur la estratificación se empezó a verticalizar hasta alcanzar un proceso de cizallamiento asociado a la compresión. En la línea de lo que proponen Martín-Izard et al. (2015), la compresión por cizalla habría seguido hasta alcanzar una situación de *buttressing*, adquiriendo presiones y temperaturas suficientes para favorecer la aparición de un hidrotermalismo sincinemático que produjo un metamorfismo de las rocas, alteración de las fases minerales y deformación, recristalización y removilización de la mineralización.

4.2 Análisis de la facies metamórfica

Existen, por lo menos, tres evidencias plausibles para la identificación de la facies metamórfica producida por el hidrotermalismo asociado al proceso transpresivo.

- Las alteraciones presentes en la roca ofrecen una mineralogía muy específica y que se repite a lo largo de la secuencia litoestratigráfica. Especialmente en aquellas muestras donde la silicificación y la seritización no han sido demasiado intensas, dando como

resultado una alteración hidrotermal de tipo propilítica, con una mineralogía de alteración compuesta por clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada.

- El geotermómetro de las cloritas ha dado como resultado una temperatura de formación que se sitúa alrededor de los 345°C tanto para daphnitas como para ripidolitas
- La presencia de marcasita asociada a la pirita como una fase que está siendo reemplazada por ésta. Este factor indica también unas condiciones de presión y temperatura suficientes como para que se de esta situación.

Por todo ello se puede concluir que este proceso deformacional ha generado fluidos hidrotermales y ha provocado en las rocas un metamorfismo de esquistos verdes, debido a la temperatura a la que se han formado las cloritas, según el geotermómetro, así como para permitir la existencia de marcasita sin que haya sido substituida por pirita, aparte de por la presencia de los minerales característicos de esta facies como son albita, clorita, epidota y cuarzo. Se descarta una facies de sub-esquistos verdes por la presencia de epidota en vez de zeolitas, prehnita o pumpellyita, junto con la temperatura obtenida del geotermómetro, que es demasiado elevada para esta facies metamórfica.

4.3 Efecto de la transpresión en la mineralización

La mineralización en la zona de estudio se compone por un complejo de *stockwork* que ha sufrido un fuerte plegamiento y cizallamiento vinculado a los esfuerzos transpresivos durante la Orogenia Varisca. Las venas de cuarzo con sulfuros han sido deformadas de tal modo que pueden llegar a ser difíciles de reconocer como tales. Debido a la actividad de los fluidos hidrotermales sincinemáticos los sulfuros de metales base han sufrido procesos de fracturación, recristalización y removilización. Este hecho impide describir con certeza una paragénesis para la mineralogía de esta zona, al menos sin más datos disponibles.

Por comparación con yacimientos cercanos, los procesos hidrotermales asociados a la mineralización también se observan en el yacimiento de Tharsis (Marignac et al., 2003), afectado por unas presiones y temperatura similares a las de la Falla Sur de Riotinto. Aunque sujeto a los procesos compresivos de la Orogenia Varisca en la Faja Pirítica Ibérica, existe la diferencia de que en Tharsis parece que no se da el proceso de *buttressing*, por lo que el intenso efecto de cizalla en ese yacimiento no ha sido necesario para provocar las recristalizaciones como es el caso de la Falla Sur, con la generación los fluidos hidrotermales sincinemáticos .

El hecho de no haber encontrado indicios de *sotckwork* en la mitad superior de la Unidad Ácida implicaría que el *stockwork* y los sulfuros masivos de Filón Sur tienen su enraizamiento en la Falla Sur, y que se habría desplazado lateralmente por el nivel inferior posiblemente al ser más poroso y permeable. También cabría la posibilidad de que la mineralización de Filón Sur no haya sido alimentada directamente por la Falla Sur, sino por otra de la cual no hay evidencias

en los sondeos estudiados o bien no se ha descrito, y que podría ser sintética o antitética respecto a la Falla Sur, tal y como ocurre con la mineralización en el flanco norte del anticlinal.

5. Conclusiones

- El yacimiento de Riotinto se formó durante una etapa transtensiva, que generó una cuenca marina mediante una falla lítrica por la que, gracias a una pluma mantélica, ascendieron fluidos hidrotermales cargados de metales usando las fallas como canales de alimentación. Posteriormente el régimen transtensivo cambió a transpresivo durante la Orogenia Varisca, generando unos esfuerzos que hicieron plegarse los materiales de la cuenca dando como resultado la formación del anticlinal de Riotinto. Los esfuerzos fueron más acusados en el flanco sur del anticlinal, donde está situada la falla lítrica, provocando una verticalización de los estratos, llegando a un punto en el que a la presión se le unió un esfuerzo de cizalla capaz de generar un sistema de *buttressing*, mientras que en el flanco norte del anticlinal no se acumularon dichos esfuerzos.
- Las litologías que conforman el yacimiento se vieron afectadas por el paso de un fluido hidrotermal debido a la tectónica transpresiva que alteró y generó una hidrólisis capaz de sustituir a todos los minerales ferromagnesianos. Esto se ha traducido en una intensa cloritización y sericitización, en combinación con una carbonatación y silicificación.
- La mineralización relacionada con la Falla Sur de Riotinto se basa en un complejo de *stockwork* con raíz en la falla y se encaja en dos niveles separados de tobas de grano grueso. Los fluidos que generaron la mineralización se extendieron lateralmente por los materiales horizontales durante la etapa transtensiva, mientras a superficie se formaba mediante los edificios volcánicos un sistema de VMS en el techo del Complejo Vulcano-sedimentario.
- Existe una correlación en la naturaleza de los yacimientos entre la Falla Norte y la Falla Sur de Riotinto. Ambos usaron sus respectivas fallas como canales alimentadores y luego se extendieron lateralmente por materiales gruesos mientras en superficie se estaba generando un sistema de VMS que incluso podría haber llegado a conectar ambos yacimientos.
- Los sulfuros de la mineralización muestran texturas fluidas, de deformación, de fracturación y recristalización. Los efectos de la transpresión también se observan en las mismas venas de *stockwork*, que han sufrido un plegamiento y recristalización del cuarzo con texturas plumosas, llameantes y en mosaico.

- Se ha demostrado que el complejo ha pasado por un metamorfismo de esquistos verdes, ya que se encuentran los minerales indicativos de esta facies metamórfica, así como también se han obtenido resultados de temperatura aproximada con el geotermómetro de la clorita.

6. Bibliografía

- Adamides, N.G., 2013. Rio Tinto (Iberian Pyrite Belt): a world-class mineral field reopens. *Appl. Earth Sciences (Trans. Inst. Min. Metall. B)* 122. 1-15.
- Bayley, C.M., Giorgis, S. y Coiner, L. (2002): Tectonic inversion and basement buttressing: an example from the central Appalachian Blue Ridge province. *Journal of Structural Geology* 24, 925-936.
- Cathelineau, M. (1988): Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals* 23, 471-485.
- Crespo-blanc, A., Orozco, M., (1991). The boundary between the Ossa - Morena and Southportuguese Zones (Southern Iberian Massif): a major suture in the european hercynian chain. *Geologische Rundschau*. 80/3: 691-702.
- García Palomero, F. (1990): Rio Tinto Deposits. Geology and geological models for their exploration and ore reserves evaluation. Sulphide Deposits – Their Origin and Processing, Inst. Institute of Mining and Metallurgy Min Metal. *Springer, Netherlands*, pp. 17-35.
- Gumiel, P., Sanderson, D.J., Arias, M., Roberts, S. y Martín-Izard, A. (2010): Analysis of the fractal clustering of ore deposits in the Spanish Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews* 38, 307-318.
- Kranidiotis, P. y MacLean, W.H. (1987): Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. *Economic Geology* 82, 1898-1911.
- Leistel, J.M., Marcoux, E., Thieblemont, D., Quesada, C., Sánchez, A., Almodóvar, G.R., Pascual, E. y Sáez, R. (1998): The volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita* 33, 2-30.
- Marignac, C., Diagona, B., Cathelineau, M., Boiron, M.C., Banks, D. y Fourcade, S. (2003): Remobilisation of base metals and gold by Variscan metamorphic fluids in the south Iberian pyrite belt: evidence from the Tharsis VMS deposit. *Chemical Geology*, 194: 143-165.
- Martín-Izard, A., Arias, D., Arias, M., Gumiel, P., Sanderson, D.J., Castañón, C., Lavandeira, A. y Sánchez J. (2015): A new 3D geological model and interpretation of structural evolution of the world-class Rio Tinto VMS deposit, Iberian Pyrite Belt (Spain). *Ore Geology Reviews*, 71: 457-475.
- Martín-Izard, A., Arias, D., Arias, M., Gumiel, P., Sanderson, D.J., Castañón, C., Sánchez, J., (2016). Ore deposit types and tectonic evolution of the Iberian Pyrite Belt: From transtensional basins and magmatism to transpression and inversión tectónicas.
- Mitjavilla, J., Martí, J. y Soriano, C. (1997): Magmatic evolution and tectonic setting of the Iberian Pyrite Belt volcanism. *Journal of Petrology* 38, 727-755.
- Oliveira, J.T. (1990): South Portuguese zone: introduction. En: *Stratigraphy and synsedimentary tectonism. PreMesozoic Geology of Iberia* (R.D. Dallmeyer, E. Martínez García, eds.). *Springer Verlag*, pp. 333-347.
- Oliveira, J. T., Carvalho, P., Pereira, Z., Pacheco, N., Korn, D., (2004). Stratigraphy of the tectonically imbricated lithological successions of the Neves-Corvo mine región, Iberian Pyrite Belt. Implications for the regional basin dynamics. *Mineral. Deposita* 34, 422-436.

- Pereira, Z., Matos, J., Fernandes, P., Oliveira, J.T., (2007). Devonian and Carboniferous palynostratigraphy of the South Portuguese Zone, Portugal – an overview. *Comun. Geol.* 94, 53-79.
- Schermerhorn, L.J.G., (1971). An outline stratigraphy of the Pyrite Belt. *Bol. Geol. Min.* 82-84, 239-268.
- Silva, J. B., Oliveira, J.T., Ribeiro, A., (1990). Structural outline of the South Portuguese Zone. *PreMesozoic Geology of Iberia*. Springer Verlag, pp. 348-362.
- Simancas, J.F., Carbonell, R., González Lodeiro, F., Perez Estaún, A., Juhlin, C., Ayarza, P., Kashubin, A., Azor, A., Martínez Poyatos, D., Ruiz Almodóvar, G., Pascual, E., Sáez, R., Expósito, I., (2003). Crustal structure of the transpressional Variscan Orogen of SW Iberia: SW Iberia Deep seismic reflection profile (IBERSEIS). *Tectonics* 22, 1962-1974.
- Soriano, C., Marti, J., (1999). Facies analysis of volcano-sedimentary successions hosting massive sulfide deposits in the Iberian Pyrite Belt, Spain. *Econ. Geol.* 94, 867-882.
- Tucker, B.C., Yuri, A.E. y Pascual, E. (2002): U-Pb geochronology of VMS mineralization in the I.P.B. *Mineralium Deposita* 37, 684-703.

Annexos

Tabla de la pirita zonada (Tabla I)

Pirita zonada:

% en peso																
Puntos	S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au	Total
Pt 1	52,77	46,16	0,05	0,00	0,04	0,04	0,33	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	99,40
Pt 2	52,69	46,53	0,04	0,02	0,00	0,05	0,05	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	99,54
Pt 3	53,02	46,67	0,03	0,00	0,01	0,03	0,02	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,87
Pt 4	53,29	46,72	0,02	0,01	0,01	0,07	0,04	0,02	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	100,26
Pt 5	53,10	46,48	0,03	0,01	0,01	0,03	0,30	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,01
Pt 6	53,42	46,53	0,04	0,01	0,00	0,02	0,15	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	100,25
Pt 7	52,63	46,04	0,05	0,01	0,00	0,03	0,86	0,02	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	99,73
Pt 8	52,30	45,74	0,04	0,07	0,00	0,01	1,28	0,02	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	99,56
Pt 9	50,82	44,48	0,17	0,08	0,03	0,03	3,45	0,02	0,02	0,40	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	99,52
Pt 10	51,57	44,46	0,07	0,14	0,00	0,05	2,95	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,39
Pt 11	50,48	43,77	0,80	0,03	0,00	0,04	3,71	0,00	0,02	0,69	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	99,61
Pt 12	51,30	45,44	0,00	0,01	0,00	0,05	2,49	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	99,41
Pt 13	53,11	46,74	0,01	0,00	0,00	0,01	0,37	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	100,29
Pt 14	53,25	46,07	0,01	0,05	0,00	0,03	0,40	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,88
Pt 15	53,21	46,64	0,03	0,00	0,02	0,04	0,09	0,02	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	100,12
Pt 16	53,23	46,52	0,01	0,00	0,00	0,07	0,08	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,97
Pt 17	53,15	46,42	0,02	0,00	0,00	0,06	0,14	0,04	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	99,92
Pt 18	53,26	46,66	0,02	0,00	0,00	0,05	0,12	0,03	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,22
Pt 19	53,48	46,57	0,03	0,00	0,00	0,04	0,09	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,04	0,01	0,00	100,32
Pt 20	52,93	46,68	0,03	0,00	0,00	0,01	0,05	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	99,73
Pt 21	52,14	45,86	0,11	0,02	0,00	0,01	1,30	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	99,68
Pt 22	53,42	46,77	0,03	0,08	0,00	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,02	0,00	100,56
Pt 23	53,38	46,81	0,01	0,09	0,02	0,05	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,49
Pt 24	53,48	46,86	0,02	0,06	0,01	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	100,58
Pt 25	53,23	46,38	0,00	0,08	0,00	0,03	0,09	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	99,89
Pt 26	53,29	46,71	0,02	0,08	0,00	0,07	0,09	0,01	0,02	0,01	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	100,36
Pt 27	53,12	46,47	0,03	0,08	0,00	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,83
Pt 28	53,43	46,53	0,02	0,08	0,00	0,03	0,08	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,23
Pt 29	53,44	46,57	0,03	0,06	0,00	0,04	0,09	0,05	0,00	0,00	0,02	0,01	0,06	0,02	0,00	100,38
Pt 30	54,11	46,66	0,03	0,04	0,00	0,06	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	101,00
Pt 31	53,16	46,73	0,03	0,01	0,00	0,05	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,12
Pt 32	53,23	46,54	0,03	0,04	0,00	0,08	0,25	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,24
Pt 33	53,22	46,45	0,08	0,01	0,00	0,04	0,29	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	100,17
Pt 34	53,23	46,66	0,00	0,01	0,01	0,02	0,29	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	100,29
Pt 35	50,90	44,49	0,24	0,03	0,00	0,05	3,24	0,01	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	99,56
Pt 36	51,17	44,26	0,09	0,10	0,02	0,03	2,90	0,02	0,00	0,14	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	98,76
Pt 37	50,83	44,20	0,36	0,08	0,00	0,01	3,68	0,01	0,02	0,62	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	99,85
Pt 38	53,53	46,63	0,04	0,02	0,00	0,05	0,34	0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,74
Pt 39	53,77	45,95	0,08	0,74	0,00	0,08	0,11	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	100,90
Pt 40	53,46	46,56	0,05	0,00	0,01	0,07	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	100,28
Pt 41	53,77	46,35	0,13	0,14	0,02	0,05	0,20	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,73
Pt 42	53,48	46,39	0,05	0,07	0,02	0,03	0,26	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,33
Pt 43	53,38	46,54	0,04	0,05	0,02	0,03	0,05	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	100,21
Pt 44	53,08	46,60	0,04	0,01	0,00	0,03	0,09	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	99,96
Pt 45	53,20	46,72	0,02	0,01	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,05	0,01	0,00	100,20
Pt 46	53,43	46,53	0,04	0,00	0,00	0,09	0,06	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	100,27

% en peso																
Puntos	S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au	Total
Pt 47	53,44	46,58	0,04	0,00	0,01	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	100,23
Pt 48	53,19	46,55	0,06	0,01	0,00	0,00	0,08	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,97
Pt 49	53,18	46,72	0,03	0,01	0,00	0,03	0,05	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	100,07
Pt 50	53,49	46,76	0,04	0,02	0,01	0,07	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	100,51
Pt 51	53,07	46,47	0,07	0,17	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,24
Pt 52	52,77	46,46	0,13	0,03	0,00	0,02	0,14	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,61
Pt 53	53,35	46,43	0,04	0,12	0,00	0,03	0,24	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	100,29
Pt 54	53,12	46,75	0,03	0,27	0,00	0,03	0,27	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	100,54
Pt 55	53,20	46,44	0,00	0,15	0,01	0,07	0,30	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,03	0,00	100,32
Pt 56	53,24	46,54	0,00	0,18	0,00	0,03	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,23
Pt 57	53,25	46,46	0,07	0,22	0,01	0,03	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	100,14
Pt 58	53,14	46,64	0,02	0,30	0,01	0,01	0,23	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01	0,00	100,43
Pt 59	52,92	46,36	0,00	0,10	0,00	0,04	0,55	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	100,06
Pt 60	52,73	46,31	0,10	0,10	0,01	0,06	0,98	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,38
Pt 61	53,36	46,78	0,00	0,02	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,26
Pt 62	53,33	46,69	0,04	0,03	0,02	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,19
Pt 63	53,21	46,48	0,05	0,25	0,00	0,05	0,19	0,03	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	100,33
Pt 64	53,24	46,60	0,00	0,03	0,00	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,01
Pt 65	53,26	46,86	0,00	0,03	0,00	0,06	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	100,32
Pt 66	53,27	46,72	0,04	0,03	0,00	0,02	0,03	0,05	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	100,25
Pt 67	53,32	46,54	0,03	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,01
Pt 68	53,26	46,65	0,04	0,00	0,03	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	100,14
Pt 69	53,35	46,77	0,04	0,02	0,00	0,06	0,05	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	100,35
Pt 70	53,34	46,84	0,03	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,38
Pt 71	53,05	46,72	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,98
Pt 72	53,45	46,56	0,06	0,05	0,00	0,06	0,05	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	100,30
Pt 73	52,75	46,53	0,04	0,03	0,00	0,04	0,89	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,36
Pt 74	51,79	45,80	0,04	0,01	0,00	0,03	2,10	0,03	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	99,90
Pt 75	50,12	44,00	0,52	0,04	0,00	0,05	3,66	0,00	0,00	0,80	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	99,27
Pt 76	51,47	44,49	0,05	0,15	0,00	0,03	3,31	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,73
Pt 77	51,03	44,19	0,30	0,12	0,00	0,03	3,50	0,02	0,00	0,28	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	99,48
Pt 78	51,21	44,17	0,08	0,08	0,00	0,05	3,64	0,00	0,00	0,65	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	99,91
Pt 79	51,95	45,46	0,06	0,16	0,00	0,04	1,76	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,54
Pt 80	52,38	45,77	0,06	0,08	0,00	0,06	1,28	0,00	0,02	0,07	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	99,76
Pt 81	53,37	46,42	0,03	0,01	0,00	0,02	0,66	0,04	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,63
Pt 82	52,98	46,63	0,01	0,02	0,01	0,01	0,17	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,86
Pt 83	53,11	46,66	0,04	0,00	0,00	0,07	0,19	0,03	0,00	0,06	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	100,20
Pt 84	52,96	46,59	0,14	0,00	0,00	0,07	0,36	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	100,19
Pt 85	50,91	44,65	0,04	0,00	0,00	0,02	0,23	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	95,90
Pt 86	52,79	46,54	0,05	0,00	0,00	0,03	0,41	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,87
Pt 87	51,91	45,38	0,05	0,06	0,01	0,02	2,28	0,03	0,00	0,10	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	99,87
Pt 88	52,08	45,90	0,05	0,02	0,02	0,00	1,14	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	99,29
Pt 89	51,74	45,23	0,05	0,10	0,00	0,05	2,35	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	99,64
Pt 90	51,70	45,12	0,12	0,06	0,03	0,01	2,79	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,00
Pt 91	50,51	43,87	0,24	0,07	0,00	0,07	3,61	0,00	0,00	0,82	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	99,28
Pt 92	50,69	43,47	0,14	0,09	0,00	0,08	3,90	0,04	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	99,24
Pt 93	50,82	43,61	0,11	0,10	0,00	0,04	3,82	0,03	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,18
Pt 94	49,16	43,82	0,09	0,10	0,00	0,08	5,98	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,44
Pt 95	53,62	46,61	0,07	0,05	0,01	0,01	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	100,62
Pt 96	53,61	46,22	0,11	0,01	0,00	0,06	0,09	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	100,15
Pt 97	53,37	46,77	0,02	0,04	0,00	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,31
Pt 98	53,30	46,53	0,00	0,01	0,00	0,06	0,05	0,01	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	100,04

% en peso																
Puntos	S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au	Total
Pt 99	52,99	46,30	0,33	0,01	0,00	0,07	0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	99,88
Pt 100	53,14	46,62	0,08	0,02	0,00	0,05	0,12	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	100,13
Pt 101	52,37	45,96	0,04	0,02	0,00	0,03	1,78	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,34
Pt 102	51,23	43,84	0,06	0,13	0,01	0,07	3,62	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	99,45
Pt 103	51,79	43,89	0,04	0,08	0,00	0,08	3,93	0,00	0,02	0,62	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	100,48
Pt 104	51,44	43,40	0,17	0,04	0,00	0,04	3,74	0,00	0,00	1,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	99,91
Pt 105	52,85	44,98	0,12	0,08	0,00	0,06	2,65	0,03	0,03	0,13	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,95
Pt 106	52,87	45,22	0,07	0,11	0,00	0,02	2,17	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,62
Pt 107	52,86	46,17	0,02	0,01	0,00	0,04	0,93	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	100,10
Pt 108	53,07	46,33	0,02	0,05	0,02	0,06	0,43	0,00	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 109	53,65	46,26	0,03	0,01	0,00	0,04	0,17	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	100,25
Pt 110	53,15	45,33	0,00	0,00	0,00	0,05	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	98,71

% atómico																
Puntos	S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au	Total
Pt 1	66,43	33,36	0,03	0,00	0,02	0,03	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,05
Pt 2	66,28	33,60	0,02	0,02	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,02
Pt 3	66,39	33,55	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 4	66,44	33,44	0,01	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 5	66,42	33,37	0,02	0,01	0,01	0,02	0,16	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 6	66,57	33,29	0,03	0,01	0,00	0,01	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 7	66,21	33,25	0,03	0,01	0,00	0,02	0,46	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 8	66,04	33,15	0,03	0,05	0,00	0,01	0,69	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 9	65,09	32,70	0,11	0,06	0,02	0,02	1,89	0,01	0,01	0,14	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,05
Pt 10	65,70	32,51	0,04	0,11	0,00	0,03	1,61	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,06
Pt 11	64,89	32,30	0,52	0,03	0,00	0,02	2,04	0,00	0,01	0,23	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,07
Pt 12	65,35	33,23	0,00	0,01	0,00	0,03	1,36	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 13	66,31	33,49	0,01	0,00	0,00	0,01	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 14	66,63	33,09	0,01	0,04	0,00	0,02	0,21	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 15	66,44	33,43	0,02	0,00	0,01	0,03	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 16	66,52	33,37	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 17	66,51	33,34	0,01	0,00	0,00	0,04	0,08	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 18	66,45	33,42	0,01	0,00	0,00	0,03	0,06	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 19	66,62	33,30	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	100,04
Pt 20	66,36	33,60	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,03
Pt 21	65,91	33,28	0,07	0,01	0,00	0,01	0,70	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	100,07
Pt 22	66,43	33,39	0,02	0,06	0,00	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	100,01
Pt 23	66,41	33,44	0,00	0,07	0,01	0,03	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 24	66,45	33,43	0,02	0,04	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	100,02
Pt 25	66,58	33,30	0,00	0,06	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	100,03
Pt 26	66,40	33,41	0,01	0,06	0,00	0,04	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 27	66,50	33,40	0,02	0,06	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 28	66,58	33,29	0,01	0,06	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 29	66,54	33,29	0,02	0,05	0,00	0,02	0,05	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	100,02
Pt 30	66,81	33,07	0,02	0,03	0,00	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 31	66,41	33,51	0,02	0,01	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 32	66,44	33,35	0,02	0,03	0,00	0,05	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 33	66,47	33,30	0,05	0,01	0,00	0,02	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 34	66,40	33,41	0,00	0,01	0,00	0,01	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 35	65,18	32,70	0,16	0,02	0,00	0,03	1,78	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,07
Pt 36	65,62	32,59	0,06	0,07	0,01	0,02	1,59	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04

% atómico

Puntos	S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au	Total
Pt 37	65,05	32,47	0,23	0,06	0,00	0,00	2,02	0,00	0,01	0,21	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,07
Pt 38	66,48	33,25	0,02	0,02	0,00	0,03	0,18	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,03
Pt 39	66,59	32,66	0,05	0,53	0,00	0,05	0,06	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,00
Pt 40	66,59	33,30	0,03	0,00	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,02
Pt 41	66,66	32,99	0,08	0,10	0,01	0,03	0,10	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 42	66,60	33,16	0,03	0,05	0,01	0,02	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 43	66,54	33,30	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 44	66,42	33,47	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,03
Pt 45	66,41	33,48	0,01	0,01	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	100,02
Pt 46	66,60	33,29	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,04
Pt 47	66,60	33,32	0,02	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 48	66,50	33,41	0,04	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 49	66,43	33,50	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 50	66,50	33,38	0,03	0,01	0,01	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 51	66,29	33,33	0,04	0,13	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 52	66,30	33,50	0,08	0,02	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 53	66,50	33,23	0,02	0,09	0,00	0,02	0,13	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 54	66,17	33,44	0,02	0,20	0,00	0,02	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 55	66,38	33,26	0,00	0,11	0,01	0,04	0,16	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 56	66,43	33,34	0,00	0,13	0,00	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,04
Pt 57	66,46	33,28	0,04	0,16	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 58	66,24	33,38	0,01	0,21	0,01	0,01	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,01
Pt 59	66,26	33,32	0,00	0,08	0,00	0,03	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 60	66,00	33,27	0,06	0,07	0,01	0,03	0,53	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 61	66,50	33,47	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 62	66,51	33,42	0,03	0,02	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,03
Pt 63	66,36	33,28	0,03	0,18	0,00	0,03	0,10	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 64	66,52	33,43	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 65	66,39	33,53	0,00	0,02	0,00	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 66	66,43	33,45	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,01
Pt 67	66,58	33,37	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 68	66,47	33,42	0,03	0,00	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,02
Pt 69	66,46	33,45	0,02	0,01	0,00	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 70	66,44	33,49	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 71	66,36	33,55	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,02
Pt 72	66,57	33,29	0,04	0,04	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 73	66,02	33,43	0,03	0,03	0,00	0,03	0,48	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,02
Pt 74	65,53	33,27	0,03	0,00	0,00	0,02	1,13	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 75	64,74	32,63	0,34	0,03	0,00	0,03	2,02	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	100,10
Pt 76	65,49	32,50	0,03	0,11	0,00	0,02	1,80	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,04
Pt 77	65,28	32,45	0,19	0,09	0,00	0,02	1,92	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,06
Pt 78	65,36	32,36	0,05	0,06	0,00	0,03	1,99	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,07
Pt 79	65,81	33,06	0,04	0,12	0,00	0,02	0,95	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,05
Pt 80	66,04	33,13	0,04	0,06	0,00	0,03	0,69	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 81	66,43	33,17	0,02	0,01	0,00	0,01	0,35	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 82	66,36	33,53	0,01	0,02	0,01	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,02
Pt 83	66,35	33,46	0,02	0,00	0,00	0,04	0,10	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 84	66,24	33,45	0,09	0,00	0,00	0,04	0,19	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,04
Pt 85	66,41	33,44	0,03	0,00	0,00	0,01	0,13	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,03
Pt 86	66,22	33,52	0,03	0,00	0,00	0,02	0,22	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 87	65,68	32,97	0,03	0,04	0,01	0,01	1,24	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 88	65,95	33,37	0,03	0,01	0,01	0,00	0,62	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03

Pt 89	65,66	32,95	0,03	0,08	0,00	0,03	1,28	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,07
% atómico																
Puntos	S	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	As	Se	Sn	Sb	Te	Cd	Bi	Ag	Au	Total
Pt 90	65,51	32,82	0,08	0,04	0,02	0,01	1,51	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,04
Pt 91	65,08	32,45	0,16	0,05	0,00	0,05	1,99	0,00	0,00	0,28	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	100,09
Pt 92	65,28	32,14	0,09	0,06	0,00	0,05	2,15	0,02	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,08
Pt 93	65,36	32,20	0,07	0,08	0,00	0,03	2,10	0,02	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,06
Pt 94	63,84	32,67	0,06	0,08	0,00	0,05	3,32	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,09
Pt 95	66,58	33,23	0,04	0,04	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,01
Pt 96	66,78	33,06	0,07	0,01	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 97	66,48	33,45	0,01	0,03	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,03
Pt 98	66,55	33,35	0,00	0,01	0,00	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 99	66,37	33,29	0,21	0,01	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,01
Pt 100	66,38	33,43	0,05	0,01	0,00	0,03	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 101	65,80	33,15	0,03	0,01	0,00	0,02	0,96	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 102	65,55	32,20	0,04	0,09	0,01	0,05	1,98	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,08
Pt 103	65,66	31,94	0,02	0,06	0,00	0,05	2,13	0,00	0,01	0,21	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	100,09
Pt 104	65,72	31,83	0,11	0,03	0,00	0,03	2,04	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	100,12
Pt 105	66,08	32,29	0,08	0,06	0,00	0,04	1,42	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,03
Pt 106	66,18	32,50	0,04	0,08	0,00	0,01	1,16	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,04
Pt 107	66,24	33,21	0,01	0,01	0,00	0,02	0,50	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	100,02
Pt 108	66,39	33,27	0,01	0,04	0,02	0,04	0,23	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	100,01
Pt 109	66,79	33,06	0,02	0,01	0,00	0,02	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	100,01
Pt 110	67,08	32,84	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	100,04