

Reportar a:

EJEMIN SA, Lima

**Descripciones e interpretaciones petrográficas de
muestras de rocas y vetas de la propiedad de oro
Jireh (distrito de Buldibuyo, La Libertad, Perú)**

por:

Yves Haeberlin

Geólogo, Ph.D.

Dirección: Bahyse 26, CH-1807 Blonay, Suiza
Correo electrónico: yves.haeberlin@bluewin.ch

Ginebra, 31 de julio de 2003

Resumen ejecutivo

La propiedad aurífera Jireh en el distrito Buldibuyo (La Libertad, Perú) pertenece a la provincia aurífera Pataz. Esta propiedad comparte una gran cantidad de parámetros descriptivos con los conocidos y documentados depósitos de oro orogénico en los distritos de Pataz y Parcoy, y en particular tiene la misma roca hospedante granítica, alteración hidrotermal, texturas de cuarzo, secuencia paragenética y relación textural tardía de minerales auríferos.

El estudio petrográfico de las rocas plutónicas que afloran en la propiedad Jireh ha revelado dos tipos de intrusión diferentes: monzogranito del Batolito de Pataz Carbonífero (330-327 Ma) y monzonita de pórfido de cuerpos del Cretácico Superior (ca. 80-65 Ma). El monzogranito, tipificado por un color rosado (feldespato K) y una textura equigranular, es la principal roca hospedante de las vetas de oro, y puede presentar localmente una sobreimpresión de alteración hidrotermal de débil a moderada, compuesta de moscovita y clorita menor. La monzonita de pórfido, tipificada por K-feldespato, plagioclasa y fenocristales de cuarzo en una matriz afanítica, se presenta como diques o reservas, y es más joven y no está relacionada con la mineralización de oro orogénica de Pataz (314-312 Ma).

Los depósitos auríferos en Jireh se producen como vetas de sulfuro de cuarzo en el borde del Batolito de Pataz. Presentan (1) una secuencia paragenética de dos etapas rica en sulfuros, con una primera etapa compuesta por pirita, magnetita temprana, arsenopirita y cuarzo lechoso, y una segunda, sincrónica con una fase de fracturamiento, con esfalerita, pirrotita, galena, calcopirita, telururos de pirita, freibergita, electrum y oro con cuarzo microgranular gris azulado, moscovita de grano fino (también llamada sericita), clorita y calcita; (2) una alteración hidrotermal de las rocas de la veta, que consiste en una sericitización generalizada con minerales menores de clorita y carbonato en rocas plutónicas. Los minerales de Jireh se diferencian de los de Poderosa (distrito de Pataz) por su elevado contenido de pirrotita y esfalerita, la presencia de telururos de oro y magnetita, y la baja cantidad de arsenopirita.

Los minerales auríferos en la veta Patricia son el electrum (ca. 60-80% en peso de Au) y telururos de oro (ca. 25-40% en peso de Au). Se encuentran al final de la secuencia paragenética y están íntimamente relacionados con la galena. Electrum (tamaño de grano: 5 a 30 μ , excepcionalmente hasta 120 μ) se aloja con galena en fracturas en pirita o crece como partículas aisladas entre granos de pirrotita. Telururos de oro (tamaño de grano: 1 a 20 μ), posiblemente calaverita (??), precipitado dentro de las vetillas de galena, a menudo unidas a los límites de pirrotita o cuarzo. Se deben realizar más investigaciones químicas para determinar las composiciones minerales.

Las texturas de cuarzo son guías excelentes para evaluar el volumen de empastes posteriores y para una estimación aproximada de las leyes de oro. Los ensambles compuestos de cuarzo azul-grisáceo impregnado de sulfuro que forman delicadas redes en granos de cuarzo lechoso brechados son el material de alta ley. El cuarzo lechoso masivo, en hábitos no fracturados, es típicamente estéril.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	2
PREFACIO	4
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Estudios petrográficos previos en la provincia de Pataz	4
1.2. Muestreo en la propiedad Jireh	4
2. DESCRIPCIONES DE MUESTRAS DE ROCAS	6
2.1. Muestra MJ 010306 (Batolito de Pataz)	6
2.2. Muestra MJ 060306 (intrusión de pórfido del Cretácico tardío)	8
3. DESCRIPCIONES DE MUESTRAS DE VENAS	9
3.1. Muestra de mineral MJ 020306	9
3.2. Muestra de ganga MJ 030306	10
3.3. Muestra de mineral MJ 040306	10
3.4. Muestra de mineral MJ 050306 Mesa	14
3.5. paragenética	14
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
4.1. Comentarios sobre las rocas plutónicas	15
4.2. Comentarios sobre las venas auríferas	dieciséis
REFERENCIAS	17
GLOSARIO	17

Prefacio

El presente informe surge de un trabajo de consultoría geológica realizado en la Universidad de Ginebra a favor de Ejecutivos y Operadores Mineros SA (EJEMIN SA), Lima. El estudio petrográfico de muestras de rocas y vetas de la propiedad aurífera Jireh en el distrito Buldibuyo (provincia de Pataz, La Libertad, Perú), del 21 al 28 de julio de 2003, se realizó a solicitud del Ing. Manuel Cabrera, Gerente General e Ing. Luis Ruiz, Superintendente de Mina.

Este trabajo se llevó a cabo en la continuación de mi proyecto de investigación sobre los yacimientos de oro de la provincia de Pataz, y en particular de mi Ph.D. tesis, titulada “Entorno geológico y estructural, edad y geoquímica de los yacimientos de oro orogénico en la provincia de Pataz, Cordillera Oriental de los Andes, Perú”. En el marco de este proyecto, realicé varias estancias de larga duración en la región de Pataz (en 1996, 1998, 2000 y 2001, es decir, 12 meses acumulados), realicé mapeo subterráneo y de superficie, muestreo geoquímico, relevamiento e interpretación estructural, logueo de cores y microscopía de minerales, y se visitó y estudió los depósitos de oro en los distritos de Pataz y Parcoy.

En este informe, presento descripciones petrográficas detalladas, interpretaciones y fotografías de nueve secciones delgadas y siete secciones pulidas, preparadas a partir de seis muestras seleccionadas de la propiedad de oro Jireh. Propongo sobre la base de las observaciones microscópicas (1) una caracterización de dos tipos de rocas plutónicas que afloran en el área cercana a la mina, y (2) una secuencia paragenética para la mineralización de la veta de oro, inferida del estudio del mineral / ganga / minerales de alteración y sus relaciones texturales. Concluyo con algunas recomendaciones geológicas y comparaciones con los otros yacimientos auríferos de la provincia de Pataz.

1. Introducción

1.1. Estudios petrográficos previos en la provincia de Pataz

Entre la literatura dedicada a los depósitos de oro de Pataz y su huésped, el Batolito de Pataz, se pueden encontrar descripciones petrográficas detalladas de minerales, alteraciones y rocas plutónicas en Schreiber (1989), Schreiber et al. (1990), Miranda (1994), Haeberlin (2002) y Haeberlin et al. (2003). Sin embargo, estos estudios se refieren principalmente a muestras de rocas y vetas del distrito norte de Pataz. Para el distrito sur de Parcoy, información adicional, pero menos descriptiva, está disponible en Vidal et al. (1995) y Macfarlane et al. (1999).

1.2. Muestreo en la propiedad de Jireh

Las seis muestras estudiadas provienen de la propiedad Jireh, a unos 2,5 km al oeste de Buldibuyo en la parte sur de la provincia aurífera de Pataz, Perú. La geología alrededor de esta propiedad consiste en rocas plutónicas carboníferas del Batolito Pataz (MJ 010306) y rocas metamórficas infra-silúricas (principalmente pizarras de la Formación Ordovícico Contaya), superpuestas por rocas sedimentarias del Cretácico Superior-Eoceno de la Formación Chota (Vegarra, 2002). Vetas ricas en sulfuro de cuarzo (MJ 020306, MJ 040306, MJ 050306), pertenecientes a la clase de depósitos de “oro orogénico” (Haeberlin, 2002; Haeberlin et al., 2003) ocurren en el borde de las intrusiones graníticas y dentro de las rocas metasedimentarias adyacentes. Estas vetas están rodeadas por un halo de alteración hidrotermal, compuesto de muscovita de grano fino (término científico utilizado para sericita) y clorita menor (MJ 030306). Los diques porfiríticos (MJ 060306) también afloran en la propiedad Jireh e indican una presunta actividad magmática del Cretácico Superior. La Tabla 1 resume las propiedades y la mineralogía de las seis muestras estudiadas, y la Figura 1 indica su ubicación en un mapa de mina subterránea.

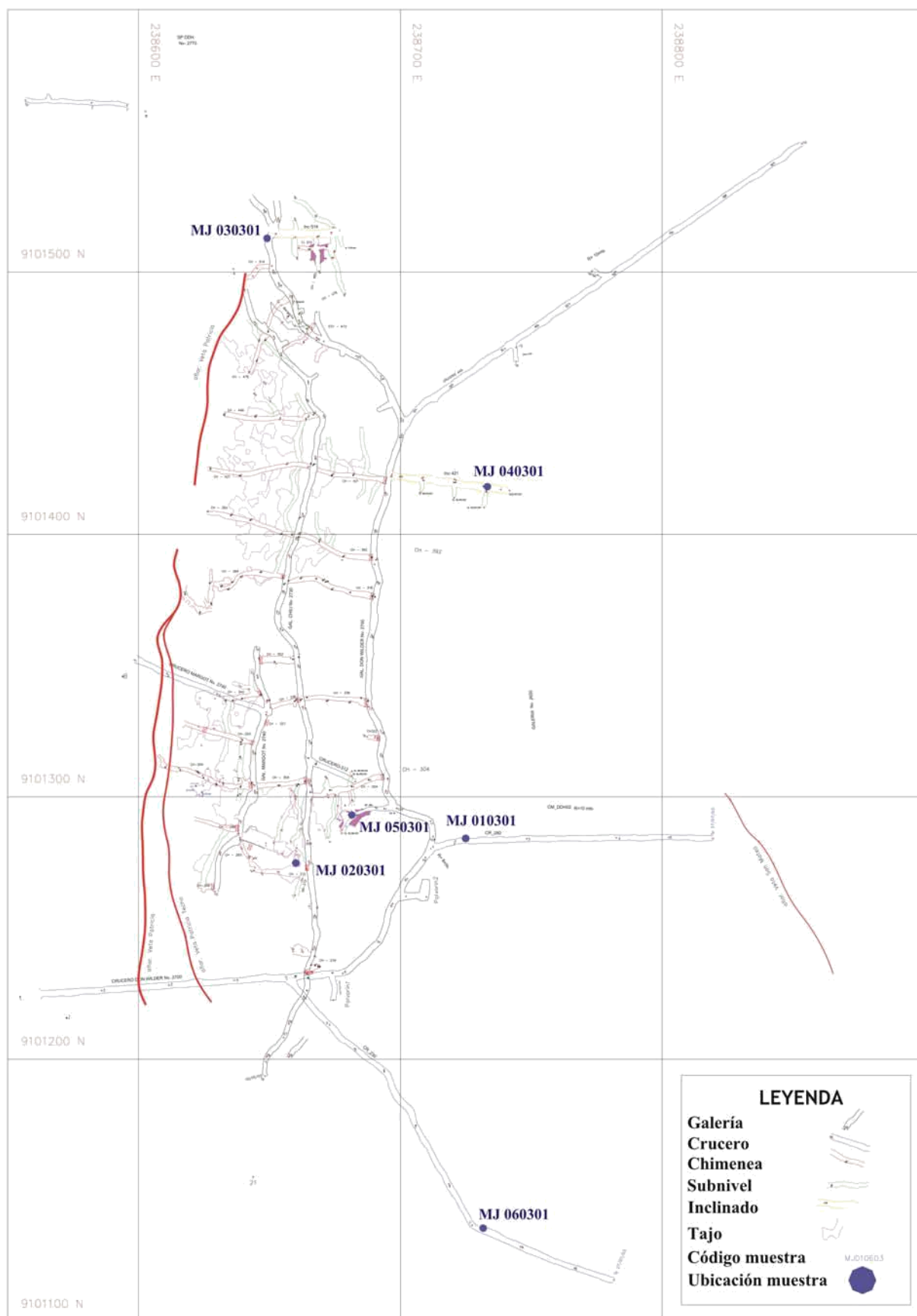


Fig. 1 - Mapa subterráneo de la mina Jireh, con la ubicación de las muestras estudiadas (de EJEMIN SA).

Tabla 1 - Tabla descriptiva de las seis muestras estudiadas.

Muestra #	Descripción del material	Localidad	Coordenadas Pulido Delgado		Mineralogía
			Elevación	secciones secciones	
MJ 010306 ROCA	Hornblenda de grano grueso monzogranito de biotita con alteración débil de clorita y moscovita (Batolito de Patatz)	CR 280, Patricia mía, Depósito de Jireh, Barrio Buldibuyo	C-238,725 N-9,101,284 2710 metros	MJ 01	cuarzo +++, plagioclasa +++, K-feldespato +++, hornblenda (alterada a clorita y epidota), biotita, magnetita, circonio <i>hidrotermal</i> : moscovita +, clorita, biotita, calcita
MJ 060306 ROCA	Fuertemente degradado (oxidado) monzonita porfídica (Tardío Intrusiones cretáceas) (golpe de dique / buzamiento: N28 ° E / 40 ° SE)	CR 230, Patricia mía, Depósito de Jireh Barrio Buldibuyo	C-238,732 N-9,101,136 2709 metros	MJ 06	K-feldespato +++, cuarzo +++, plagioclasa +++, biotita- <i>supergénico</i> : hidróxidos de hierro, sericita, limonita
MJ 020306 VENA	Mineral de esfalerita-pirita-magnetita en una veta Patricia de cuarzo poligonal y lechoso, ganga (rumbo / buzamiento de la veta: N5 ° E / 25 ° SE) Distrito Buldibuyo	Tajo 272, Depósito de Jireh, 2736 metros	C-238,660 N-9,101,275	MJ 02-1, MJ 02-4, MJ 02-2, MJ 02-5 MJ 02-3	esfalerita +++, pirita +++, lechosa cuarzo ++, magnetita +, calcopirita, cuarzo gris azulado, freibergita, moscovita- <i>supergénico</i> : hidróxidos de hierro, covelline
MJ 030306 VENA	Ganga de cuarzo lechoso estéril, brecciada localmente y llena de moscovita, azul grisáceo minerales de cuarzo y carbonato tardío (golpe de vena / buzamiento: N25 ° E / 40 ° SE)	Gal 2700, Patricia vena, Depósito de Jireh, Barrio Buldibuyo	C-238,649 N-9,101,513 2711 metros	MJ 03-1, cuarzo lechoso +++, moscovita +, azul- MJ 03-2	cuarzo gris, calcita <i>supergénico</i> : hidróxidos de hierro
MJ 040306 VENA	Pirrotita laminada rica en mineral de pirita-esfalerita-galena en una veta Patricia, cuarzo fuertemente brechado-ganga moscovita	Inc 514, Patricia, Depósito de Jireh, Barrio Buldibuyo	C-238,733 N-9,101,418	MJ 04-1, MJ 04-4, MJ 04-2, MJ 04-5 MJ 04-3	pirrotita +++, cuarzo gris azulado ++, cuarzo lechoso ++, moscovita ++, pirita ++, clorita +, esfalerita +, galena +, arsenopirita, calcopirita, electrum, Au-telururos
MJ 050306 VENA	Esfalerita-pirita diseminada mineral con pirrotita menor en un cuarzo poligonal lechoso ganga (golpe de vena / inmersión: N20 ° W / 35 ° NE)	Tajo 272, Patricia vena, Depósito de Jireh, Barrio Buldibuyo	C-238,681 N-9,101,293 2723 metros	MJ 05-1 MJ 05-2	cuarzo lechoso +++, rico en hierro esfalerita ++, pirita +, pirrotita, cuarzo gris azulado, moscovita

Símbolos de frecuencia: +++ = muy abundante, ++ = abundante; + = común, - = traza

2. Descripciones de muestras de rocas

Se analizaron dos muestras de roca plutónica: un granitoide del batolito 330-327 Ma Patatz y una monzonita meteorizada de una intrusión de pórfido del Cretácico tardío. La Figura 2 muestra las fotografías de muestra de la mano y las correspondientes microfotografías en secciones delgadas.

2.1. Muestra MJ 010306 (Batolito de Patatz)

Esta roca plutónica de grano medio y color rosado (Fig. 2A-B) es un monzogranito típico del Batolito de Patatz que sufrió alteración deutérica durante las últimas etapas de cristalización, y una superimpresión de alteración hidrotermal débil a moderada durante el emplazamiento de la zona cercana. vetas de oro. Su evolución paragenética se resume en la Figura 3. El monzogranito de Jireh es similar a las muestras de monzogranito recolectadas en el depósito Culebrillas en el distrito de Parcoy.

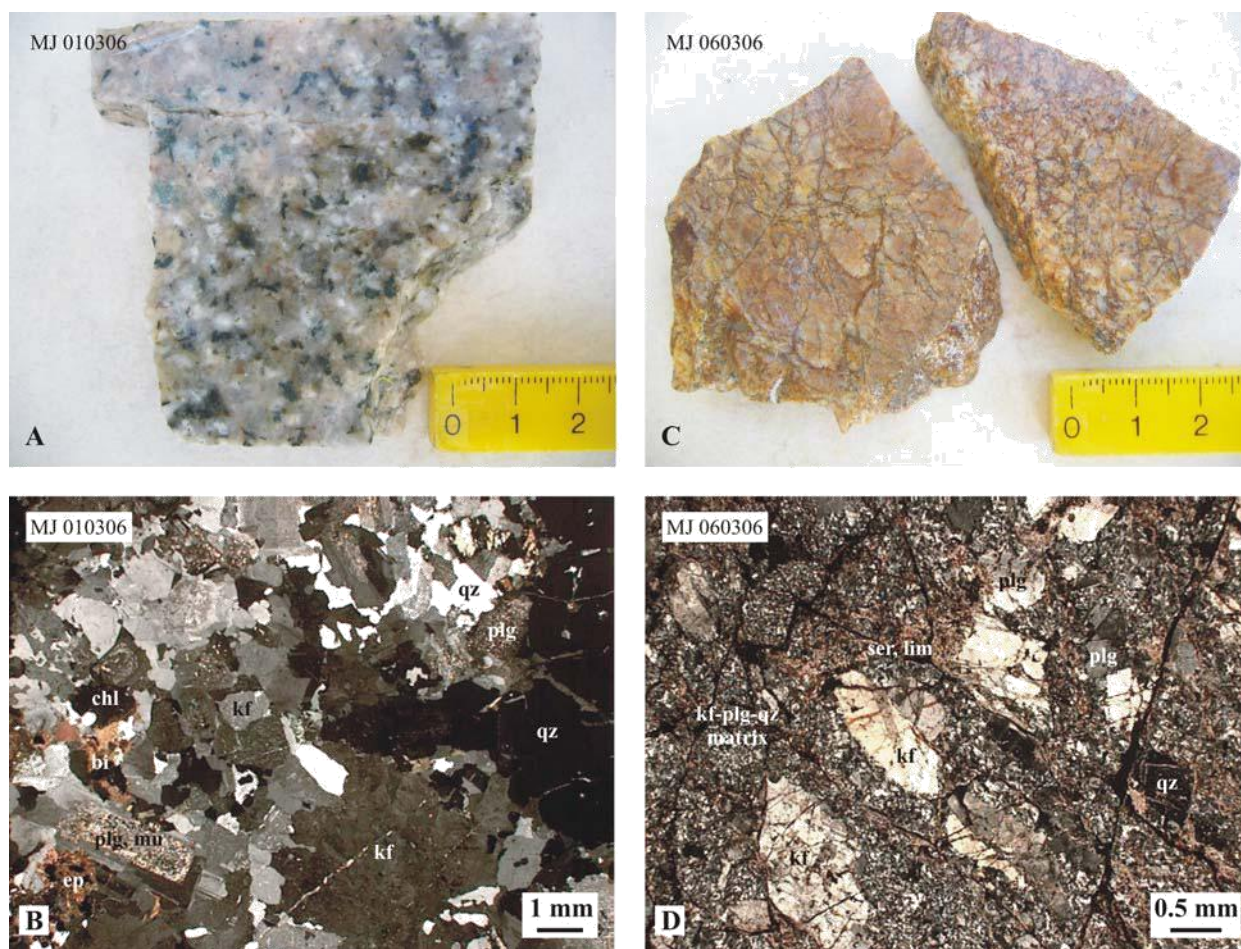


Fig. 2 - Fotografías de muestras de rocas de material plutónico de la región de Jireh y sus correspondientes fotomicrografías en nicols cruzados de relaciones texturales minerales de cuarzo, feldespato K, plagioclasa y máficas. Abreviaturas: bi = biotita, chl = clorito, ep = epidota, kf = feldespato K, lim = limonita (supergénico), mu = moscovita (hidrotermal), plg = plagioclasa, qz = cuarzo, ser = sericita (supergénico). (A, B) Monzogranito de hornblenda-biotita de grano grueso con alteración débil de clorita y moscovita (Batolito de Pataz). (C, D) Monzonita porfídica fuertemente degradada (intrusiones del Cretácico Tardío).

El monzogranito estudiado presenta predominantemente una textura equigranular y subsidiariamente micrográfica (es decir, intercrecimiento intersticial de cuarzo y feldespato K, Fig. 2B). Su mineralogía primaria consiste, en orden decreciente de abundancia, de cuarzo de tamaño mm (40-50% vol.), Feldespato K (25-30% vol.), Plagioclasa (15-20% vol.) Y hornblenda menor. (fuertemente alterada a epidota y clorita) y biotita. El cuarzo y el feldespato K son euédricos e inalterados. La plagioclasa (dividida en zonas) es euédrica y está parcialmente alterada a minúsculas sericitas y clinozoisitas. La mayoría de las hornblendes se reabsorben y se alteran a clorita fibrosa y epidota subédrica; los pocos cristales inalterados son verdes (¿ferrohornblenda?) e idiomórficos. La biotita es escasa, anédrica y generalmente inalterada. Los minerales accesorios son circón y magnetita (la muestra de roca presenta un magnetismo débil).

La evidencia de una sobreimpresión de alteración hidrotermal débil a moderada en esta muestra viene dada por las abundantes escamas de moscovita en los núcleos de plagioclasa (Fig. 2B), una segunda generación de clorito fibroradial en cavidades (¿y vetillas?), Y el desarrollo, aunque incompleto, de placas secundarias de biotita a expensas de la hornblenda cloritizada. Las vetas tardías de calcita monomineralica probablemente también estén relacionadas con esta etapa hidrotermal.

Mineralogía	Plutónico primario minerales	Alteración deuterica (cristalización tardía)	Hidrotermal modificación
Cuarzo	_____		
K-feldespato	_____		
Plagioclasea	_____		
Hornblenda	_____		
Biotita	_____		
Circón	_____		
Magnetita	_____		
Clorita		(hornblenda)	
Epidota		(hornblenda)	
Sericita		(plagioclasea)	
Clinozoisita		(plagioclasea)	
Hydro. moscovita			alteración de la plagioclasea
Hydro. clorito			en vugs, veinlets?
Hydro. biotita			alteración de la hornblenda
Calcita			en vetillas

Fig. 3 - Evolución paragenética del monzogranito alterado hidrotermalmente (MJ 010603).

2.2. Muestra MJ 060306 (intrusión de pórfido del Cretácico tardío)

Esta muestra pardusca fuertemente erosionada (oxidada) y fracturada (Fig. 2C-D) es un dique de monzonita porfídica. Esta roca se diferencia de los granitoides de Pataz Batolith por su textura porfídica (esta observación no es obvia con la muestra manual, Fig. 2C), e indica la presencia de otro evento plutónico, presumiblemente más joven, en el área de Jireh. Intrusiones porfídicas similares, relativamente fechadas como Cretácico tardío (ca. 80-65 Ma), son comunes algunos kilómetros al norte en los depósitos de Marsa en la parte sur del distrito de Parcoy (Haeberlin, 2002; Haeberlin et al., 2003).

Mineralogía	Plutónico primario minerales	Alteración deuterica (cristalización tardía)	Supergénico
Cuarzo	_____		
K-feldespato	_____		
Plagioclasea	_____		
Biotita?	_____		
Clinozoisita		(plagioclasea)	
Sericita		(¿plagioclasea, biotita?)	
Hidróxidos de hierro			
Calcita			

Fig. 4 - Evolución paragenética de la monzonita de pórfido intemperizada (MJ 060603).

Esta muestra de monzonita tiene aproximadamente 40 vol. porcentaje de fenocristales de tamaño mm de feldespato K, plagioclasea, cuarzo, en orden de abundancia decreciente (Fig. 2D). El feldespato K y la plagioclasea son euédricos, escasamente zonificados y ligeramente alterados a minúsculas sericitas y clinozoisitas. El cuarzo es anédrico, a menudo fracturado. La matriz afanítica tiene la misma mineralogía, con feldespato K, plagioclasea y cuarzo en tamaño diminuto (tamaño de grano: 0,05-0,3 mm). Los minerales máficos (¿biotita?) Están completamente alterados a sericita y limonita. Varias microfracturas cortan la muestra y se rellenan con minerales supergénicos, que incluyen sericita, calcita e hidróxidos de hierro. En esta muestra no se identificaron minerales de alteración hidrotermal.

3. Descripciones de muestras de venas

Se han estudiado tres muestras de mena y una de ganga (Fig. 5) de la veta Patricia para establecer la evolución paragenética de los minerales de mena, alteración y ganga en Jireh. Las fotomicrografías de las relaciones entre minerales y las texturas de cuarzo se presentan en la Figura 6 y 7, respectivamente.

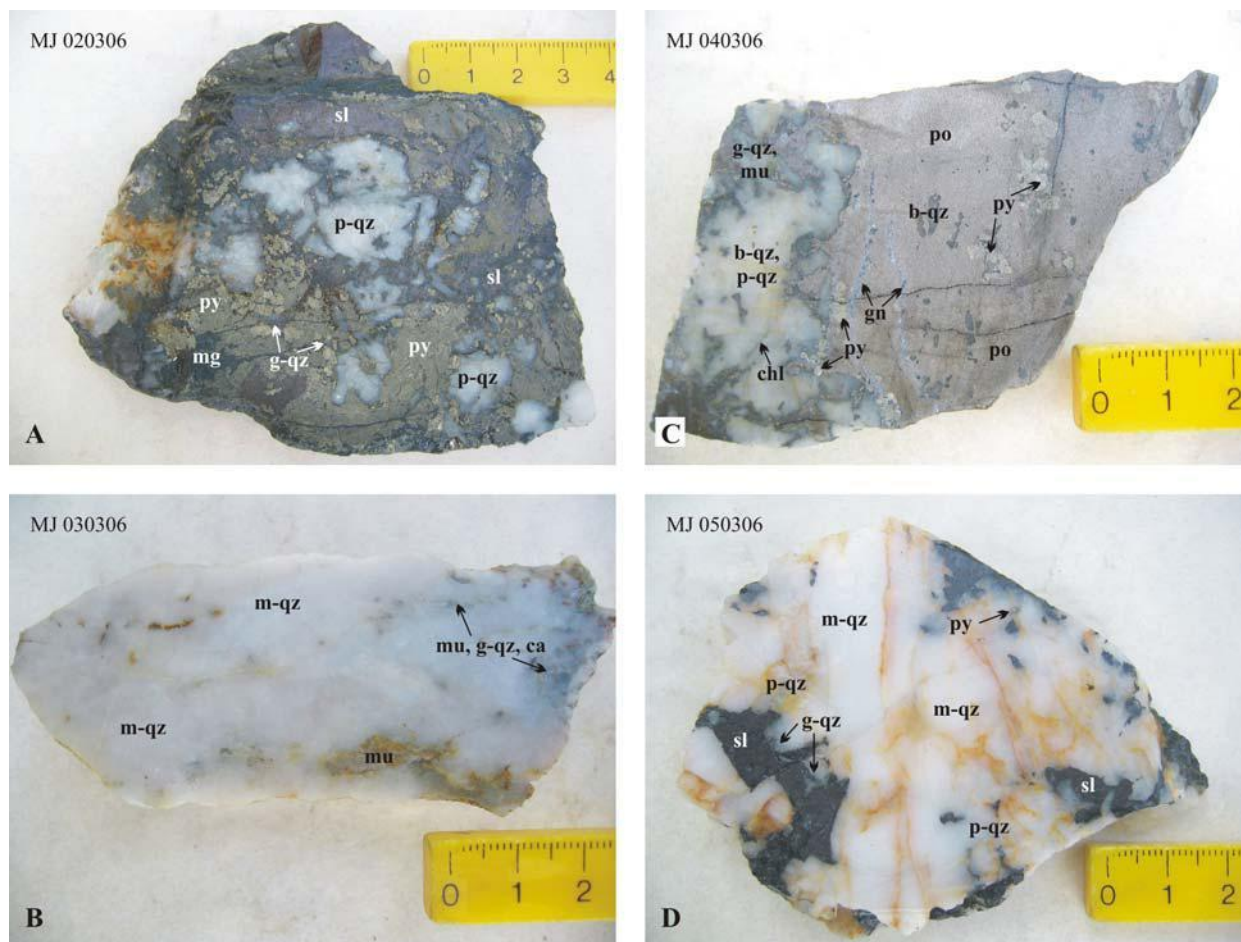


Fig. 5 - Fotografías de muestra de venas de las vetas de Jireh. Abreviaturas: b-qz = cuarzo lechoso brechado, ca = calcita, chl = clorita, gn = galena, g-qz = cuarzo microgranular gris azulado (segunda generación), m-qz = cuarzo lechoso no deformado, mg = magnetita, mu = moscovita, p-qz = cuarzo lechoso poligonal, po = pirrotita, py = pirita, sl = esfalerita. (A) Mineral de esfalerita-pirita-magnetita en una ganga de cuarzo poligonal lechoso. (B) Ganga de cuarzo lechoso estéril, localmente fracturado y relleno de moscovita, cuarzo gris azulado y minerales de carbonato menores. (C) Mineral de pirrotita-pirita-esfalerita-galena laminado rico en Au en una ganga de cuarzo-moscovita fuertemente brechada. (D) Mineral de esfalerita-pirita diseminada con pirrotita menor en una ganga de cuarzo poligonal y lechosa.

3.1. Muestra de mineral MJ 020306

La muestra MJ 020306 es una muestra de veta altamente mineralizada y débilmente deformada, con esfalerita y pirita como principales minerales (Figuras 5A, 6A-C y 7A-B). Su magnetismo débil se debe a la magnetita temprana, un mineral poco común en los minerales de Pataz.

La ganga está compuesta por más del 90% en volumen de cuarzo lechoso de primera generación. Este cuarzo es de tamaño mm, euédrico y poco deformado. Se observa una polygonización de débil a moderada de sus granos donde la muestra está fracturada. La magnetita es el mineral más antiguo y crece hasta 0,5 mm de

ancho, granos subédricos entre el cuarzo lechoso (Fig. 6A, C). La pirita es coetánea o ligeramente más joven y se presenta como cristales idiomórficos de tamaño mm (pirita I), luego brechados (pirita II) y rellenos con esfalerita de segunda etapa (Fig. 6A-C). La pirita II se reconoce comúnmente en la muestra manual por su hábito tosco y molido. Numerosas microfracturas cortan el conjunto lechoso de cuarzo-pirita y se rellenan con una segunda generación de cuarzo microgranular gris azulado, moscovita de grano fino, esfalerita y calcopirita menor. La esfalerita se presenta también como granos anédricos poiquilíticos en los contactos entre el cuarzo lechoso poligonal y el cuarzo microgranular (Fig. 7A), y como cemento entre el cuarzo lechoso no deformado y los límites de pirita (Figs. 6B-C, 7B). La calcopirita es como granos minúsculos en inclusiones en esfalerita o como aislada, débilmente oxidada a covellina, granos (0.1-0.2 mm). Inclusiones muy pequeñas de freibergita (ca. 20 granos de 10-20 μ), un mineral que contiene Ag, se encuentran en la esfalerita. No se han identificado minerales de oro ni galena en las secciones de mineral.

3.2. Muestra de ganga MJ 030306

La muestra MJ 030306 es una vena de cuarzo lechoso estéril, débilmente oxidada, con moscovita hidrotermal a lo largo de sus planos de fractura (Fig. 5B y 7C-D). Muestra muy poca deformación frágil para albergar rellenos posteriores con material de sulfuro aurífero.

Esta muestra de cuarzo macizo está compuesta por abundantes granos de cuarzo lechoso euédricos, de hasta 5 mm de ancho, generalmente poco deformados. Este ensamblaje está atravesado por algunas microfracturas, y en sus bordes, los granos de cuarzo lechoso muestran sistemáticamente una mayor tasa de deformación y tienen hábitos poligonizados e incluso brechados (Fig. 7C-D). Las microfracturas se rellenan con una segunda etapa de minerales de ganga de pequeño tamaño, que consisten en cuarzo microgranular gris azulado, moscovita de grano fino en forma de escamas mezcladas y granos de calcita aislados (fig. 7C-D). Localmente, la moscovita crece como cristales idiomórficos de 0,3 a 0,5 mm de ancho (Fig. 7D), pseudomorfos después de biotita plutónica relictas. Ningún mineral de sulfuro acompaña a la etapa de llenado de microfracturas. A esta etapa, a su vez, le sigue una segunda generación de calcita y cuarzo blanco menor que crecen en corte transversal, venillas tensionales (Fig. 7D)

3.3. Muestra de mineral MJ 040306

La muestra MJ 040306 es una muestra de veta brecha rica en oro con pirrotita como mineral dominante, pirita, esfalerita y galena (Figs. 5C, 6D-J y 7E). Tal abundancia de pirrotita en los minerales de la provincia de Pataz es excepcional y no se ha documentado antes.

La muestra de mano se caracteriza por una textura laminada con cristales de pirita en la interfaz entre una ganga de cuarzo-moscovita y un ensamblaje de grano fino, de 4 cm de espesor, compuesto principalmente por pirrotita (reconocida por su color bronce y magnetismo), posteriormente corte transversal por galena veinlets. En la ganga, los primeros granos de cuarzo lechoso están todos poligonizados, de hecho brechados, y las grietas están rellenas de cuarzo microgranular impregnado de sulfuro y moscovita de grano fino (Fig. 7E). Este ensamble está atravesado por vetillas de clorita, aparentemente asociadas con la esfalerita (Fig. 7E).

Pirita (15-20% en volumen de minerales minerales), el mineral de sulfuro más temprano forma agregados de cristales de tamaño mm y forma dodecaédrica entre el cuarzo lechoso (Fig. 6D, G). La mayoría de los cristales se fracturan y luego se rellenan con calcopirita, galena y electro (Fig. 6E, GH). La arsenopirita (1-2% en volumen) es ligeramente posterior a la pirita, y se presenta como ejes en sus bordes o entrecruzada en pirrotita granular (Fig. 6E) que sustituye a la pirita. La pirrotita (70-80% en volumen) crece hacia el final de la primera etapa y durante la segunda etapa como cristales subédricos de 0,05 a 0,3 mm de ancho en textura de relleno de espacio abierto sobre pirita euédrica (Fig. 6E-F). La esfalerita (2-3% en volumen) y la calcopirita (0,5% en volumen) son sincrónicas (intercrecimientos con pirrotita, Fig. 6F) a ligeramente más jóvenes (granos en fracturas en pirrotita, Fig. 6E).

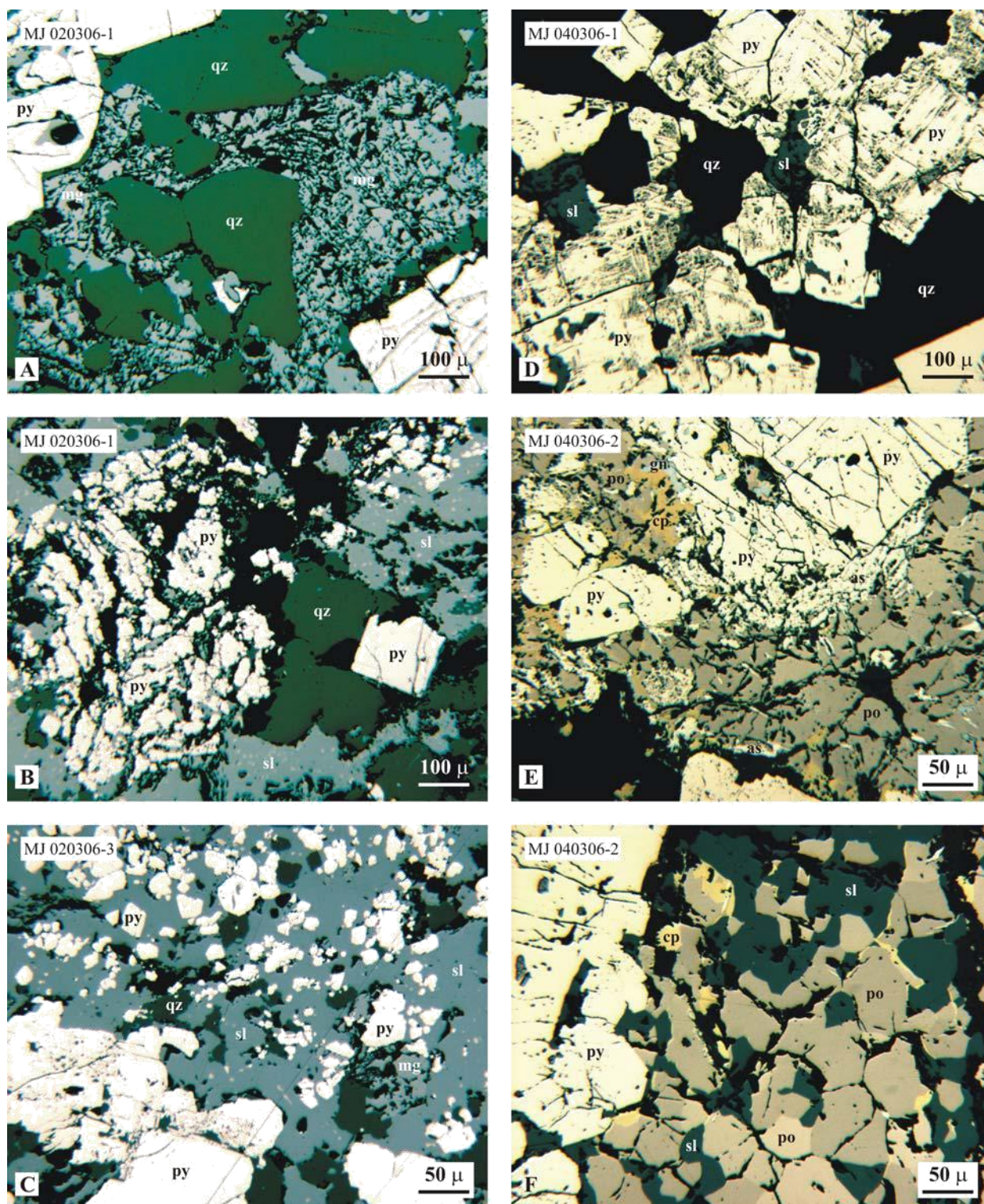


Fig. 6 - Fotomicrografías en luz polarizada plana de las relaciones texturales del mineral de oro y sulfuro en los minerales de Jireh. Abreviaturas: as = arsenopirita, cp = calcopirita, gn = galena, mg = magnetita, po = pirrotita, py = pirita, qz = cuarzo, sl = esfalerita. (A) Ensamblaje de mineral de primera etapa compuesto de pirita euédrica, cuarzo lechoso y magnetita subédrica. (B) Pirita idiomórfica I (derecha) yuxtapuesta a pirita II brecha más joven (izquierda), rellena de esfalerita poiquilítica. (C) Material de esfalerita cementosa entre granos de pirita brechados. (D) Pirita idiomorfa y cuarzo lechoso euédrico, posteriormente relleno de esfalerita. (E) Conjunto compuesto por granos de pirita fracturados rodeados de arsenopirita (husos) y pirrotita, posteriormente rellenos de calcopirita y galena. (F) Pirita euédrica, luego rodeada de pirrotita granular,

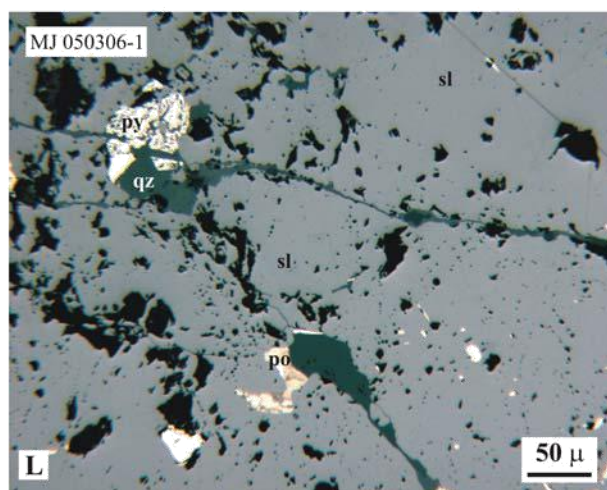
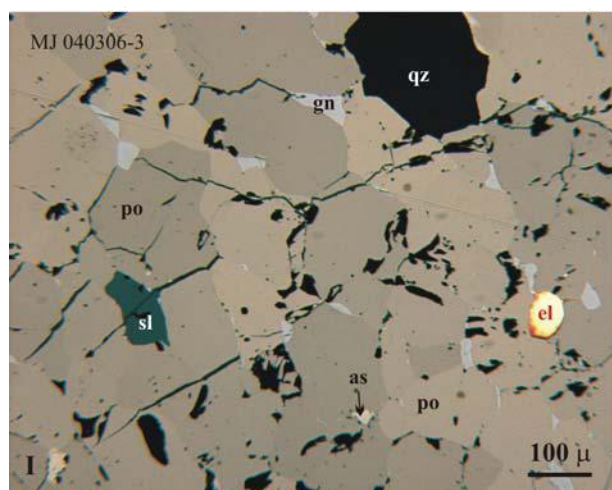
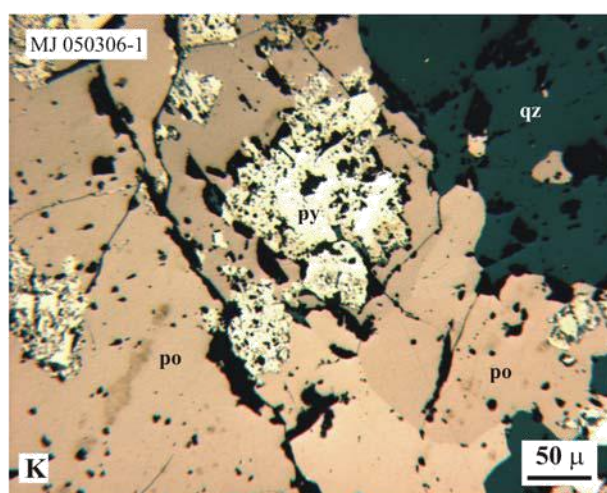
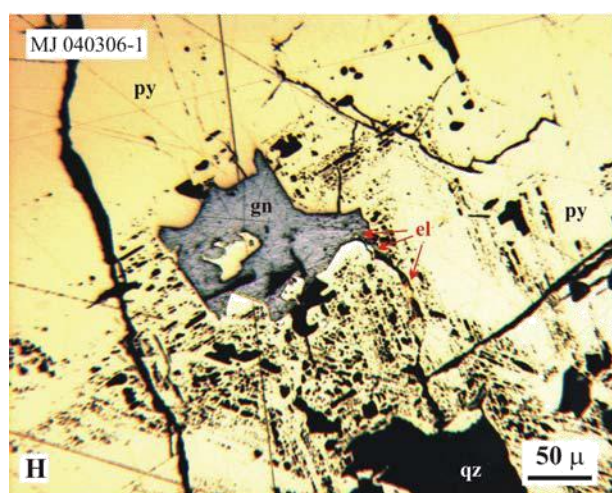
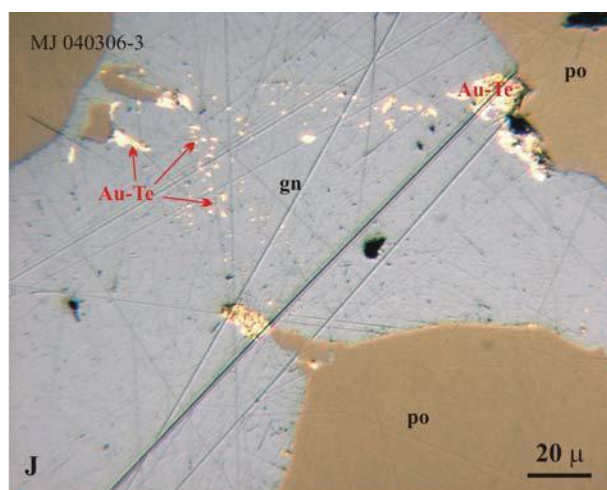
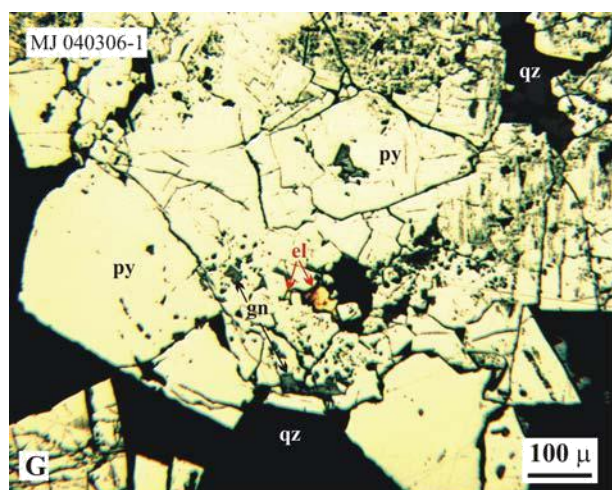


Figura 6 (cont.) - Microfotografías en luz polarizada plana de relaciones de textura de minerales de oro y sulfuro en los minerales de Jireh. Abreviaturas: Au-Te = Au-teluros, as = arsenopirita, el = electrum, gn = galena, po = pirrotita, py = pirita, qz = cuarzo, sl = esfalerita. (G, H). Cables de electrum e inclusiones de galena coetánea en las grietas de los cristales idiomórficos de pirita I (I). Ensamblaje de granos de pirrotita subédricos con galena intersticial, esfalerita, arsenopirita y electro. (J) Veleta de galena en pirrotita con inclusiones coetáneas de granos de telururo de oro. (K) Reliquia, pirita de primera etapa alterada a pirrotita granular. (L) Esfalerita (marmatita) rica en hierro poiquilítico con inclusiones de pirita y granos de pirrotita, posteriormente cortados transversalmente por vetillas de cuarzo.

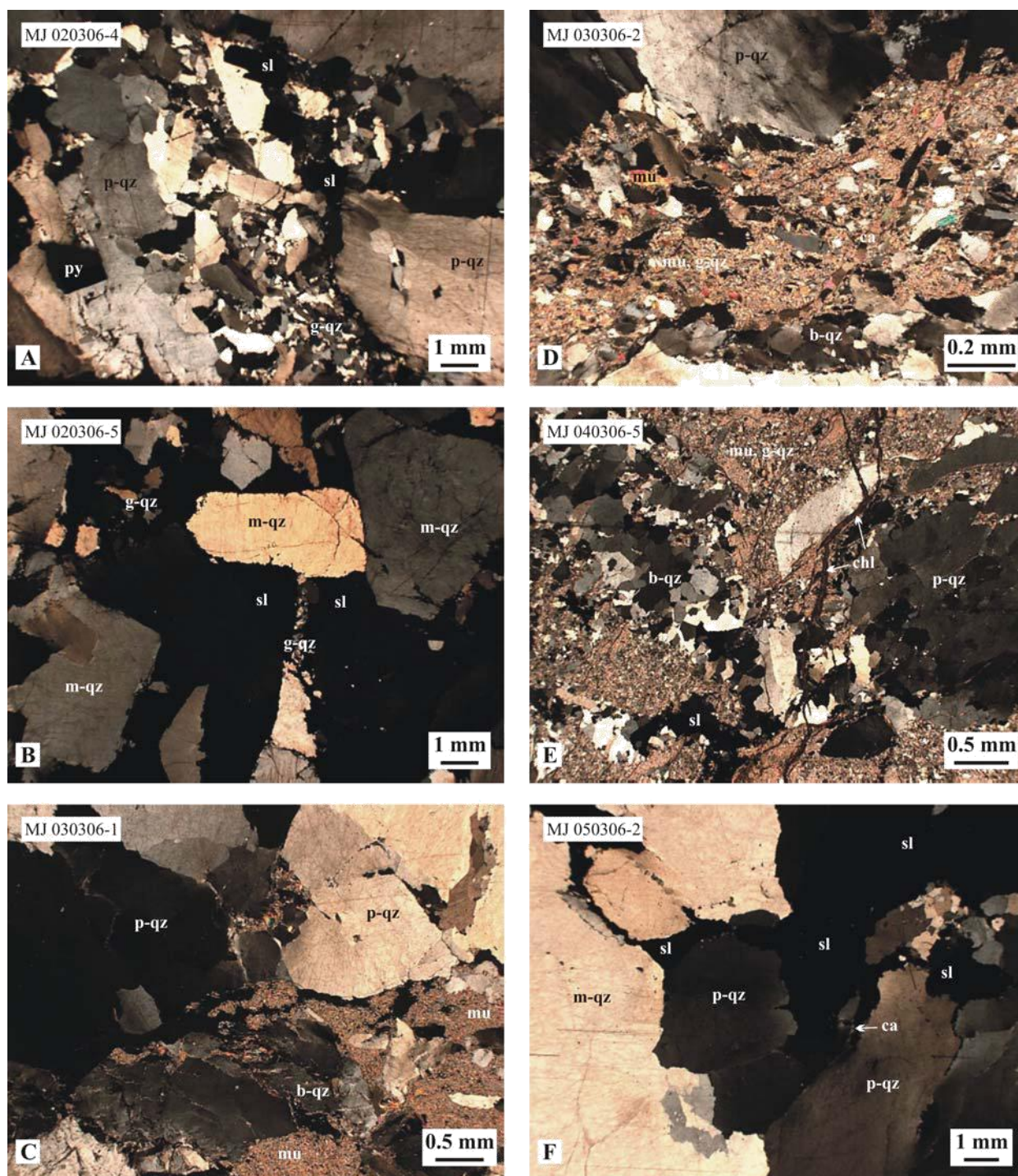


Fig. 7 - Microfotografías en nicóles cruzados de relaciones texturales minerales de cuarzo, moscovita y sulfuro y carbonato en las vetas de Jireh. Abreviaturas: b-qz = cuarzo lechoso brechado, ca = calcita, chl = clorita, gqz = cuarzo microgranular gris azulado (segunda generación), m-qz = cuarzo lechoso no deformado, mu = moscovita, p-qz = cuarzo lechoso poligonal, py = pirita, sl = esfalerita. (A) Veta mineralizada, compuesta de cuarzo lechoso deformado y pirita, fracturada y rellenada por cuarzo de grano fino impregnado de esfalerita. (B). Cemento intersticial de esfalerita y cuarzo de grano fino entre cuarzo lechoso euédrico no deformado. (C, D) Cuarzo lechoso euédrico débilmente deformado con corte transversal de escamas de moscovita de grano fino, cuarzo microgranular y calcita tardía (vena). (MI). Vena brecciada de alto grado con moscovita de grano fino y cuarzo microgranular que rodea un gran grano de cuarzo poligonal, más tarde atravesado por una vena de clorita y esfalerita asociada. (F) Material de esfalerita cementosa entre granos de cuarzo lechoso (en el contacto: cemento de calcita diminuto).

fracturas en pirita. La galena tardía (3-5% en volumen) crece como granos anédricos en vetillas monomineralicas que cortan la pirrotita (Fig. 6E, I) o como granos minúsculos en las fracturas en pirita (Fig. 6G-H).

En las secciones pulidas se identificaron dos minerales auríferos, coetáneos con galena: electrum (MJ-04-1) y telururos de oro (MJ-04-3). Electrum se aloja con galena como alambres (20-25 granos en MJ-04-1) en las fracturas en pirita (Fig. 6 GH) y crece como granos aislados (uno de 60- μ - grano ancho en MJ-04-3) entre los límites de pirrotita (Fig. 6I). El tamaño de las partículas de electrum es generalmente entre 5 y 30 μ , y puede alcanzar localmente hasta 120 μ . Los telururos de oro se presentan como pequeñas inclusiones (de 300 a 500 granos en MJ-04-3) en las vetas de galena que atraviesan la pirrotita (Fig. 6I). El tamaño de grano de los telururos está entre 1 y 20 μ . Las observaciones microscópicas no permiten determinar la especie de telururo (sugerencia: calaverita, AuTe₂ ??).

3.4. Muestra de mineral MJ 050306

Esta muestra mineralizada rica en esfalerita (Figs. 5D, 6K-L, 7F) presenta características similares a las muestras de mineral descritas anteriormente, sin embargo, con una primera etapa de mineral menos desarrollada. Su ganga está compuesta de granos de cuarzo lechoso euédrico, de tamaño mm, que muestran generalmente poca deformación, excepto cerca de las microfracturas donde el cuarzo lechoso se poligona y se abre. Los granos de pirita aislados, parcialmente alterados a pirrotita (Fig. 6K) acompañan al cuarzo temprano. Las microfracturas que cortan el conjunto de cuarzo lechoso \pm pirita se rellenan con una segunda etapa de minerales, que consiste en abundante esfalerita marrón oscura rica en hierro (marmatita, > 95% en volumen de minerales minerales), cuarzo gris azulado, moscovita de grano fino, calcita menor y generaciones tardías de pirrotita anédrica pequeña y pirita cúbica. La esfalerita contiene numerosas inclusiones de los últimos minerales (pirrotita anédrica, pirita cúbica, moscovita y granos de cuarzo gris azulado; Fig. 6L) y forma un material cementoso entre los granos de cuarzo lechoso (Fig. 7F). La calcita menor rellena como cemento diminuto los límites lechosos de cuarzo-esfalerita. No se han identificado minerales de oro ni galena en la sección de mena.

3.5. Mesa paragenética

De acuerdo con las observaciones anteriores, las vetas de oro de Jireh (veta Patricia) tienen una secuencia paragenética similar a la documentada para los otros depósitos de oro orogénicos en los distritos de Pataz y Parcoy (Schreiber et al., 1990; Vidal et al., 1995; Haeberlin, 2002), con la excepción de las proporciones relativas de minerales de sulfuro en los minerales. Los minerales de Jireh se diferencian de los de Poderosa (distrito de Pataz) por su elevado contenido de pirrotita y esfalerita, la presencia de telururos de oro y magnetita, y la baja cantidad de arsenopirita. Las muestras de mineral estudiadas se caracterizan por una asociación de metales constante de Au, Ag, Cu, Fe, Pb, Zn, \pm As, \pm Sb, \pm Te y una secuencia paragenética rica en sulfuros (Fig. 7), con una primera etapa compuesta de pirita, magnetita temprana, arsenopirita y cuarzo lechoso, y una segunda etapa de esfalerita, pirrotita, galena, calcopirita, telururos de pirita, freibergita, electrum y oro con cuarzo microgranular gris azulado, moscovita de grano fino, clorita y calcita en microfracturas. La galena y los minerales de Au íntimamente relacionados aparecen como ligeramente posteriores a la pirrotita y la esfalerita (Fig. 7). Esta segunda etapa mineral es sincrónica con una etapa de deformación frágil. Una etapa posterior a la mena consta de cuarzo blanco estéril y calcita en vetillas transversales, tensionales. En la zona de oxidación de las vetas, la pirita, la pirrotita y la esfalerita se degradan a goethita, lepidocrocita y jarosita, y la calcopirita se reemplaza por covellina. La galena y los minerales de Au íntimamente relacionados aparecen como ligeramente posteriores a la pirrotita y la esfalerita (Fig. 7). Esta segunda etapa mineral es sincrónica con una etapa de deformación frágil. Una etapa posterior a la mena consta de cuarzo blanco estéril y calcita en vetas transversales, tensionales. En la zona de oxidación de las vetas, la pirita, la pirrotita y la esfalerita se degradan a goethita, lepidocrocita y jarosita, y la calcopirita se reemplaza por covellina. La galena y los minerales de Au íntimamente relacionados aparecen como ligeramente posteriores a la pirrotita y la esfalerita (Fig. 7). Esta segunda etapa mineral es sincrónica con una etapa de deformación frágil. Una etapa posterior a la mena consta de cuarzo blanco estéril y calcita en vetas transversales, tensionales. En la zona de oxidación de las vetas, la pirita, la pirrotita y la esfalerita se degradan a goethita, lepidocrocita y jarosita, y la calcopirita se reemplaza por covellina.

Se han observado los siguientes hábitos del cuarzo en sección delgada: (1) cuarzo lechoso euédrico (m-qz), que muestra poca deformación; (2) cuarzo lechoso poligonizado (p-qz), lo que indica una fractura de débil a moderada; (3) cuarzo lechoso brechado, que indica una fracturación intensa (b-qz); y (4) cuarzo microgranular gris azulado (g-qz) en grietas con esfalerita, galena, electro y moscovita de grano fino. Los tres primeros hábitos, correlacionables con las texturas de pirita reflejan la intensidad creciente

de deformación frágil en cuarzo lechoso de primera etapa; el último es un cuarzo de grano fino de segunda generación, que crece durante la etapa de fractura. Los ensamblajes compuestos de cuarzo azul grisáceo impregnado de sulfuro (g-qz) que forman redes en granos de cuarzo lechoso brechados (b-qz) son el material de mayor calidad (p. Ej., Muestra MJ 040603). Las muestras de cuarzo lechoso masivo no fracturado son estériles (por ejemplo, muestra MJ 030603).

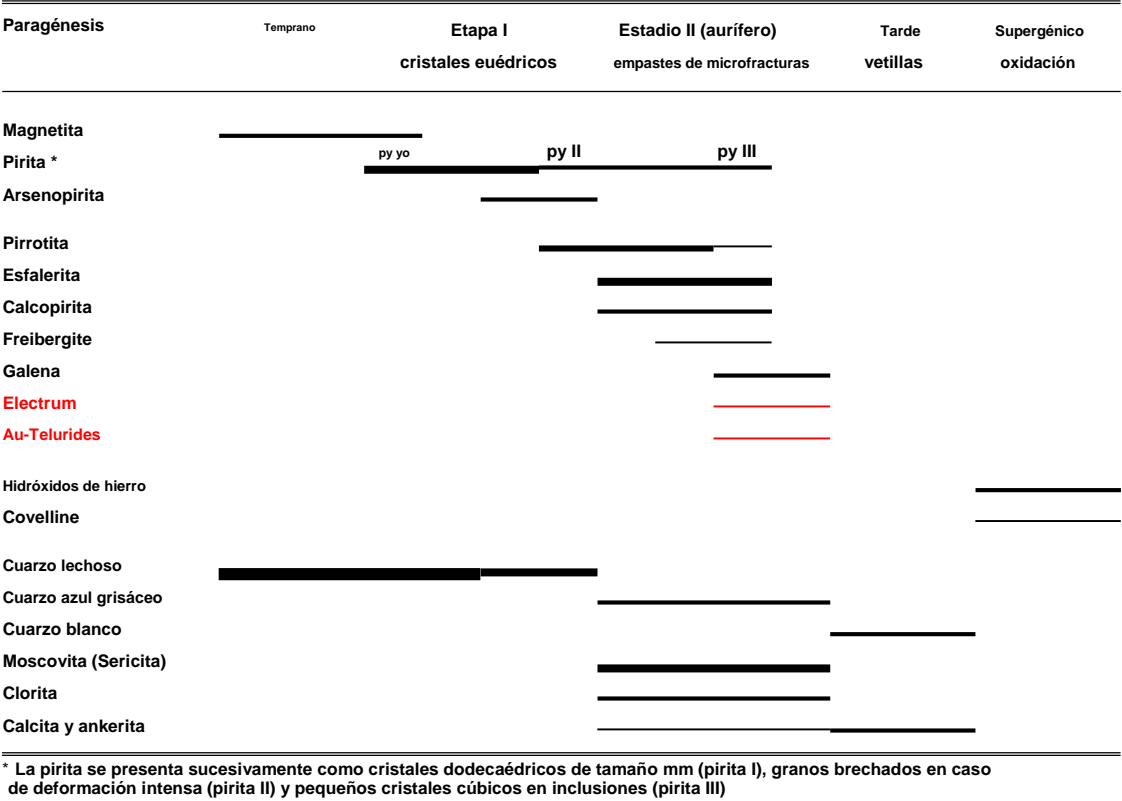


Fig. 7 - Secuencia paragenética del mineral, ganga y minerales de alteración en los depósitos de oro de Jireh (veta Patricia).

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Comentarios sobre las rocas plutónicas

- Un monzogranito típico, perteneciente al Batolito de Pataz, es la principal roca anfitriona de las vetas de oro en la propiedad Jireh. Se puede reconocer por su color rosado (feldespato K) y su textura equigranular.
- Una alteración hidrotermal de débil a moderada, mejor visible bajo el microscopio, sobreimprime las rocas hospedadoras monzograníticas “frescas” hasta distancias de varias decenas de metros de las vetas auríferas. Esta zona de alteración distal se caracteriza por una alteración parcial de la plagioclasa a moscovita, algo de hornblenda cloritizada pseudormofosizada a biotita secundaria y vetillas de clorita y calcita.
- Cuerpos de pórfido monzonita (¿diques?) Afloran en la propiedad de Jireh. Estas intrusiones, a menudo oxidadas, no están relacionadas con el Batolito de Pataz y pueden cortar (!) las vetas de oro orogénicas, ya que son mucho más jóvenes (Cretácico tardío) que la mineralización. El mapeo geológico superficial y subterráneo de las intrusiones de pórfido permitirá identificar y delimitar áreas no prospectivas.

4.2. Comentarios sobre las venas auríferas.

- La secuencia paragenética del mineral, la ganga y los minerales de alteración en Jireh es similar a la documentada en la provincia de oro de Pataz. Las vetas de Jireh presentan (1) la típica secuencia paragenética de dos etapas, con una primera etapa compuesta por pirita, magnetita temprana, arsenopirita y cuarzo lechoso, y una segunda, sincrónica con una fase de fracturamiento, con esfalerita, pirrotita, galena, calcopirita, telururos de pirita, freibergita, electrum y oro con cuarzo microgranular gris-azulado, moscovita de grano fino (también llamada sericita), clorita y calcita; (2) la alteración hidrotermal típica, que consiste en una sericitización generalizada con minerales menores de clorita y carbonato en rocas plutónicas. Los depósitos de oro de Jireh pertenecen también a la clase de depósitos de “oro orogénico” y se encuentran en la continuación sur del cinturón de oro 314-312 Ma Pataz-Parcoy.
- Los minerales de Jireh se diferencian de los de Poderosa (distrito de Pataz) por su elevada cantidad de pirrotita y esfalerita, la presencia de magnetita y telururos de oro y la casi ausencia de arsenopirita. El reemplazo de pirita por pirrotita puede explicarse por variaciones, incluso débiles en las condiciones físico-químicas del sistema hidrotermal (por ejemplo, menor actividad de azufre). Los minerales de pirrotita en las vetas podrían localizarse mediante el uso de varios métodos de exploración magnética, pero su aplicación, aunque prometedora, es un desafío, porque el estudio puede (1) pasar por alto los minerales de pirita ricos en oro, (2) detectar pirrotita diseminada asociada con contacto metamórfico aureolas de intrusiones de pórfido, y (3) detectar magnetita, que se presenta como mineral temprano, no relacionado con la etapa de oro, en las vetas y como mineral accesorio en la roca hospedante de monzogranito.
- Los minerales auríferos en la veta Patricia son el electro (ca. 60-80% en peso de Au) y telururos de oro (ca. 25-40% en peso de Au). Se encuentran al final de la secuencia paragenética y están íntimamente asociados con la galena. Electrum (tamaño de grano: 5 a 30 μ , excepcionalmente hasta 120 μ) se aloja con galena en fracturas en pirita o crece como partículas aisladas entre granos de pirrotita. Telururos de oro (tamaño de grano: 1 a 20 μ), posiblemente calverita (??), se precipita dentro de las vetillas de galena, a menudo unida a los límites de pirrotita o cuarzo. Recomendando investigar más a fondo las composiciones químicas de los telururos de oro y electrum mediante microsonda electrónica y analizar, además de Au, Ag, Pb, Zn, también los contenidos de Bi, Sb, Se, Te en algunas muestras de mineral.
- Las texturas de cuarzo son excelentes indicadores de la naturaleza y la intensidad de la deformación que prevalece durante la formación de vetas. Su análisis es una guía poderosa para evaluar el volumen de empastes posteriores y para una estimación aproximada del oro. Los conjuntos compuestos de cuarzo azul grisáceo impregnado de sulfuro que forman delicadas redes en granos de cuarzo lechoso brechados son el material de alta-ley. El cuarzo lechoso masivo, en hábitos no fracturados, es típicamente estéril.

Yves Haeberlin

Referencias

- Haeberlin, Y., 2002, Entorno geológico y estructural, edad y geoquímica del oro orogénico depósitos en la provincia de Pataz, Cordillera Oriental de los Andes, Perú. Departamento de Mineralogía, Universidad de Ginebra, Terre et Environnement, v. 36, 182 p.
URL: <http://www.unige.ch/cyberdocuments/theses2001/HaeberlinY/these.html>
- Haeberlin, Y., Moritz, R., Fontboté, L. y Cosca, M., 2003, depósitos de oro orogénico carbonífero en Pataz, Cordillera Oriental Andina, Perú: marco geológico y estructural, paragénesis, alteración y 40 Arkansas/ 39 Geocronología ar. Economic Geology, en prensa.
- Macfarlane, AW, Tosdal, RM, Vidal, CE y Paredes, J., 1999, Restricciones geológicas e isotópicas sobre la edad y el origen de las vetas de cuarzo aurífero en el distrito minero de Parcoy, Pataz, Perú, en Skinner, BJ, ed., Geología y depósitos de mineral de los Andes centrales: Serie de publicaciones especiales de geología económica, v. 7, p. 267-279.
- Miranda, C., 1994, Alteración, litología y mineralización en las vetas Mercedes y Papagayo (Maria) en el segmento norte del Batolito de Pataz (Área de Papagayo): Lima, Cía. Minera Poderosa SA, informe de mina inédito, 15 p.
- Schreiber, DW, 1989, Zur Genese von Goldquarzgängen der Pataz-Region im Rahmen der geologischen Entwicklung der Ostkordillere Nordperus (unter besonderer Berücksichtigung der Distrikte Parcoy, La Lima und Buldibuyo): Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen, v. 29, 235 p.
- Schreiber, DW, Fontboté, L. y Lochmann, D., 1990, Entorno geológico, paragénesis y fisicoquímica de vetas de cuarzo de oro alojadas por rocas plutónicas en la región de Pataz: Geología económica, v. 85, p. 1328-1347.
- Vegarra, J., 2002, The Jireh Mine. Informe de la empresa, 16 p.
- Vidal, CE, Paredes, J., Macfarlane, AW y Tosdal, RM, 1995, Geología y metalogenia del distrito minero Parcoy, provincia aurífera de Pataz, La Libertad: Lima, Sociedad Geológica del Perú, volumen jubilar A. Benavides, p. 351-377.

Glosario

Depósitos de oro orogénico:

Estos depósitos, anteriormente llamados mesotérmicos o alojados en zonas de corte, son una clase distintiva de depósitos minerales que ha sido la fuente de gran parte de la producción mundial de oro. Los minerales son ampliamente reconocidos tanto en cinturones móviles fanerozoicos como en bloques cratónicos más antiguos. Las características geológicas consistentes incluyen rocas hospedantes deformadas y con metamorfosis variable; volumen de sulfuro de bajo a moderado; ensamblajes de alteración de carbonato-sulfuro-sericita-clorita en rocas huésped de facies de esquistos verdes; baja salinidad, CO₂ fluidos ricos en minerales; y, normalmente, una asociación espacial con estructuras compresionales a transpresionales a gran escala. Los depósitos de oro orogénicos normalmente consisten en abundantes vetas de carbonato de sulfuro de cuarzo. Estas vetas se formaron en una amplia gama de presiones de la corteza superior a media (1-5 kbar) y temperaturas (200-650 ° C). Representan un flujo de fluido regional inherente al tectonismo a lo largo de márgenes convergentes.