

**SGP**
FUNDADA 1924**Boletín de la Sociedad Geológica del Perú**journal homepage: www.sgp.org.pe

ISSN 0079-1091

Caracterización estructural y deformacional de los mantos auríferos de San Miguel de Untuca (Sandia, Puno)

Roger Gonzales A.¹, Esteban Aquino A.¹, Gilberto Mamani P.²,
Miguel Calcina B.¹, Mario Soto G.¹, y Erasmo Carnero C.¹

¹ Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Mina San Miguel de Untuca, Puno, Perú

RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio geológico estructural y deformacional en mantos auríferos que se encuentran hospedados en rocas metamórficas de bajo grado (pizarras) de la Mina de San Miguel de Untuca, en el sector sur de la Cordillera Oriental peruana. Las rocas metamórficas de la zona estudiada sufrieron efectos de diferentes ciclos orogénicos, produciendo estructuras geológicas en regímenes dúctil, frágil-dúctil, y frágil.

Fábricas de tipo planar, lineal, y plegamientos fueron generados en régimen dúctil. Cizallamientos, brechamientos tectónicos, y grietas tensionales con rellenos de cuarzo se desalloraron en régimen frágil-dúctil. Fallamientos y fracturamientos fueron producidos en régimen frágil.

Los efectos deformacionales indicados están siendo investigados por su posible relación con la mineralización en la zona.

1. Introducción

La zona de estudio se ubica en el flanco occidental de la Cordillera Oriental del sur del Perú. Geopolíticamente se encuentra circunscrita en la comunidad campesina de Untuca, distrito de Quiaca, Provincia de Sandia, Departamento de Puno.

• Interpretación de los datos en términos de cinemática y dinámica e integración en un marco geológico regional tomando en consideración lo observado en todos los afloramientos.

2. Metodología

El desarrollo del presente tema de investigación ha consistido básicamente en:

- Observación, reconocimiento de los tipos de fábricas y de las estructuras en los afloramientos a lo largo de una serie de itinerarios preestablecidos.
- Recolección de datos de orientación y descripción cuantitativa para la interpretación geométrica de las estructuras en el afloramiento.
- Análisis de datos y elaboración de un esquema de eventos tectónicos, que se expreso por medio de gráficos estadísticos y mapas.

3. Marco geológico regional

La unidad estratigráfica que enmarca la totalidad del área de estudio es la Formación Sandia, cuya litología corresponde a una secuencia detrítica de cuarcitas, entrelazadas con niveles de pizarras negras. El contacto con la unidad estratigráfica infrayacente no se observa mientras que el contacto con la Formación Ananea es normal a través de un sobrecurrimiento (Chávez et al., 1996). Descripciones microscópicas hechas por Chávez et al. (1996) demuestran la presencia de porfidoblastos de cuarzo producido durante la foliación S_1 .

La Formación Ananea, que aflora más al sur del área de estudio, consta de una homogénea y monótona sucesión

de pizarras negras en paquetes de 20 hasta 80 cm de espesor. Esta unidad está afectada por un metamorfismo regional leve de tipo epizonal. Se intercalan algunos bancos delgados masivos de areniscas de grano fino con grosores de 20 a 40 cm. Sus contactos estratigráficos infrayacentes relacionados a un fallamiento inverso que pone la Formación Sandia sobre la Formación Ananea (Chávez et al., 1996).

Estudios recientes encajan la ocurrencia de mineralización aurífera de la zona de estudio en el tipo orogénico. Su naturaleza litológica, y en particular mineralógica, suscitó la atención de varios investigadores, que allí desarrollaron trabajos (Fornari, 1973; Miranda, 1980; Bonnemaïson et al., 1983). Muchos de esos estudios fueron originados por las potencialidades metalogenéticas de Au en mantos, habiendo inclusive el registro de explotaciones mineras pequeñas de tipo artesanal en túneles que siguen los mantos mineralizados.

4. Marco geotectónico

La zona de estudio está enmarcada en la Cordillera Oriental, cuya evolución tectónica está ligada a las orogénias brasilida, hercínica, y andina (Palacios et al., 1995). Esta cordillera constituye una de las unidades de mayor relevancia morfológica del territorio peruano, en donde se observan mejor las rocas neoproterozoicas y paleozoicas. La Cordillera Oriental contiene macizos montañosos aislados por valles encañonados y de mucha pendiente. Su formación está ligada a inicios del tectonismo pre-andino y descansa sobre un basamento o núcleo del Precámbrico. El levantamiento u orogénesis fue controlado por fallas regionales longitudinales (Palacios et al., 1995).

5. Caracterización litológica mesoscópica

En las rocas aflorantes del área de estudio, se observó una gruesa capa de pizarras de color gris oscuro con un espesor de 200 m. Estas pizarras en ciertos niveles presentan oxidación prominente a partir de minerales sulfurados de hierro, arsénico y cobre, que son lixiviados por acción de aguas meteóricas. Una particularidad es la secuencia de pizarras bituminosas a filitas, en el cual se observa un incremento de arsenopirita y pirrotita subhedral de forma masiva en mantos de cuarzo ahumado.

El reconocimiento mesoscópico ayudó a diferenciar tres tipos de cuarzo en la zona de trabajo:

- Cuarzo lechoso de origen metamórfico, que forma estructuras métricas de tipo *boudin* y porfidoblastos en las cercanías de los laboreos en Mina Santa Rosa, el cual es confundido con diques.
- Cuarzo ahumado de color gris azulado: no se tiene la certeza todavía del origen de este tipo de cuarzo (se espera estudios microscópicos), pero es el que contiene la mineralización aurífera. Su comportamiento muestra concordancia con la foliación aunque a veces la corta con poca inclinación. Bonnemaïson et al. (1983) mencionaron que los mantos con cuarzo ahumado de la

Mina Rinconada ubicada al sur de la zona de trabajo presentan extinción ondulante y son engranados (lo que actualmente se le llama “puntos triples” relacionados a metamorfismo).

- Cuarzo lechoso que ocurre como matriz en brechas tectónicas polimicticas, el cual presenta en algunos casos cristalización hexagonal (indicación de hidrotermalismo). Las brechas tectónicas en régimen frágil-dúctil presentan también este tipo de cuarzo pero rellenando grietas tensionales cercanas a los planos de falla con formas de tipo “Z” y “S”.

6. Análisis geométrico de la deformación en la Formación Ananea, zona de San Miguel de Untuca

Ya de manera local, dentro de la zona se distinguen deformaciones en regímenes de tipo dúctil, frágil-dúctil, y frágil. En la secuencia de pizarras se reconocieron hasta tres fases de deformación, que se describen a continuación de acuerdo al régimen de deformación.

6.1. Deformación en régimen dúctil

Las estructuras de fábrica planar son las prominentes en el área y muestran superficies S_1 penetrativas (foliación). Se puede verificar la existencia de fases de deformación que afectaron a S_1 , como crenulaciones poco diferenciadas y posibles plegamientos con la consecuente formación de clivajes de plano axial. S_0 (estratificación) es muy difícil de definir y distinguir, cuando se observa en afloramiento, ya que se encuentra al parecer paralelo a S_1 , por lo que se deduce que la primera fase de deformación regional ha dado origen a pliegues isoclinales con una producción de clivaje de plano axial que está representada por S_1 .

Las observaciones mesoscópicas de porfidoblastos de cuarzo (Fotos 3 y 4) ayudan a diferenciar que algunos de los niveles de la secuencia de pizarras se encuentran filonizadas dando lugar a foliaciones miloníticas. Las direcciones de porfidoclastos de tipo sigma demuestran cizallamientos con direcciones aproximadamente N070E.

Las estructuras de fábrica lineal presentan lineaciones de mineral caracterizadas por una conspicua “estriación” sobre las superficies S_1 , debida a una elongación de los granos de filosilicatos. Las lineaciones de crenulación guardan direcciones N155°E que vendrían a representar S_2 en las pizarras y se comporta de manera oblicua a S_1 .

La existencia de *boudins* de cuarzo (tipo *pinch and swell* o *boudinage sigmoidal*) de tamaños métricos indica posibles niveles con alto contenido de sílice o también diques y filones posteriores a la formación del protolito de la secuencia de pizarras (Foto 1). Los *boudins* se generaron normalmente por extensión de capas competentes. Como la deformación fue en régimen dúctil, las capas no competentes pudieron extenderse pero las competentes no, o al menos con diferente velocidad. Una dirección de *boudin* tomada en forma paralela a su anchura arrojó N070°E. Enadimsa (1977) menciona que la foliación a veces va acompañada de migración de materia paralelamente a ella; pues algunos rellenos de cuarzo metamórfico que allí ocurren pueden haber sido generados por migración de sílice del protolito.

6.2. Deformación en régimen frágil-dúctil

Este régimen mixto de deformación según este artículo está dado por presencia de brechamiento tectónico de régimen frágil, con una componente de tipo dúctil por la existencia de grietas tensionales con rellenos de cuarzo lechoso, que ocurren a lo largo de la misma brecha y en la roca caja de la brecha (sobre el espejo de falla; su composición principal es de clastos angulosos de pizarra en una matriz de cuarzo lechoso (Foto 2). De forma irregular ocurren algunos clastos de pizarras que presentan masivas diseminaciones de arsenopirita, lo cual ocasiona la consiguiente oxidación de la roca caja. La cinemática del brechamiento demuestra movimientos en su mayoría de tipo normal. Se halló también estrías de falla que demuestran movimientos con componentes sinistresales no bien definidos.



Foto 1. *Boudins* de tamaños métricos a centimétricos de cuarzo metamórfico.



Foto 2. Brechamiento en pizarras con grietas tensionales rellenas de cuarzo lechoso.



Foto 3. Porfidoblasto de cuarzo metamórfico, de tipo sigma. Pizarras de la parte baja de la Mina Santa Rosa.



Foto 4. Pilar de cuarzo ahumado con ocurrencia de pirrotita y porfidoblasto de cuarzo metamórfico en caja de pizarra.

6.3. Deformación en régimen frágil

Como se ve en el mapa geológico regional del INGEMMET (hoja 30-y), la zona de estudio está cortada por tres fallas principales, de las cuales una de ellas corta la concesión con una dirección NE-SO. Esta falla tiene un azimut aproximado de N040° a 045°E, y presenta un buzamiento subvertical hacia el NE.

Dos estructuras más, en régimen frágil, se observan de manera regional. Una de ellas tiene la dirección azimutal N050°E, que es casi paralela a la estructura geológica que ya se mencionó. Ya en el sector NE de la concesión existe otra falla que corta casi perpendicularmente a las dos estructuras con dirección azimutal N115°E.

Las estructuras menores (fracturamientos) observados en la zona de trabajo esencialmente conforman tres sistemas principales. El primero vendría a ser la propia foliación que aprovecha su propio plano de debilidad para fracturarse, con buzamientos que van desde los 2° hasta los 35° de inclinación, en su mayoría hacia el SO. A partir de 51 datos de foliación tomados en campo se observa una familia principal ubicada al sureste con buzamientos casi subhorizontales.

Los otros dos sistemas de fracturamiento cortan de manera casi perpendicular a los planos de foliación. Uno tiene direcciones entre N060° y N080°, con buzamientos en su mayoría subverticales; este sistema mantiene paralelismo con la principal falla que corta la zona de trabajo. El otro sistema de fracturamiento tiene direcciones entre N160° y N180°, también con buzamientos subverticales.

7. Conclusiones

Se evidencia tres fases de deformación dúctil en la Formación Ananea (F_1 , F_2 , y F_3). La primera (F_1) produjo fábricas de tipo planar, lineaciones minerales, y un incipiente bandeo tectónico. La segunda fase (F_2) produjo cizallamientos en algunos niveles favorables de pizarras y/o filitas con la consiguiente generación de

porfidoblastos de cuarzo de tipo sigma. La tercera fase (F_3) correspondió el plegamiento generalizado junto a la producción de *boudins* de cuarzo metamórfico paralelo al eje de los pliegues.

Las deformaciones en regímenes frágil-dúctil y frágil están dadas por la presencia de brechamiento tectónico con componentes dúctiles y fallamientos principales con orientaciones NE-SO que generaron tres sistemas principales de fracturamientos.

Referencias

- Bonnemaison, M., Fornari, M., Galloso, A., Hérail, G., Jungbluth, R., Laubacher, G., Vergara, J., Zegarra, J. 1983. Oro primario y oro detrítico en la Cordillera Oriental del Perú: El papel de la geomorfogénesis en la formación de placeres. ORSTOM e INGEMMET: Reporte final.
- Chávez, A., Salas, G., Cuadros, J., Gutiérrez, E. 1996. Geología de los cuadrángulos de Putina y La Rinconada. Boletín del INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional, v. 66.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G., Marocco, R. 1980. Características generales de la evolución de los Andes Peruanos. Servicios de publicaciones de O.R.S.T.O.M., Francia.
- Enadimsa. 1977. Notas sobre geología estructural. Madrid, 83 p.
- Galloso, A., Laubacher, G. 1982. Proyecto Oro: Investigaciones geológicas, geomorfológicas y metalogenéticas con la definición de áreas más favorables para la exploración de oro en la Cordillera Oriental del sur del Perú. INGEMMET.
- Macharé, J., Rodríguez, J. 2007. Análisis estructural aplicado a la interpretación geológica y a la investigación de depósitos minerales. Curso R6: Programa internacional Máster aprovechamiento sostenible de los recursos minerales, Lima.
- Palacios, O., Sánchez, A., Herrera, F. 1995. Geología del Perú. Boletín del INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional, v. 55.