

Sistemas de inversión tectónica y su relación con los yacimientos minerales (6° - 8°30'S) de la Cordillera Occidental

Tectonic inversion systems and their relationships to the mineral deposits (6° - 8° 30'S) of the Western Cordillera

Javier JACAY¹, Freddy GOMEZ², Jaime GOMEZ³, Ricardo PACHAS⁴ e Israel SANGAY¹

1 UNMSM: EAP Ingeniería Geológica, Av. Venezuela cd 34 s/n, Ciudad Universitaria, Lima - Perú. (jjacayh@unmsm.edu.pe; israel.sangay@gmail.com)

2 Geólogo de Exploraciones, Av thomas Marsano 2009, Lima-Perú. (huvergomez04@gmail.com).

3 INGEOSERMIN SRL. Urb. Hurtado Miller H-14, Cajamarca, Perú (Jaime.gomez@ingeosermin.com)

4 Compañía Minera los Andes Gold, Av. La Encalada 1388-805, lima, Perú (r_pachas@hotmail.com)

1. Resumen

La Cordillera Occidental de la parte norte de los andes peruanos está mayoritariamente estructurada en rocas cretáceas con cobertura volcánica cenozoica y forma parte de la Deflexión de Cajamarca, que presenta un sistema plegado y donde la mineralización del Mioceno se entrapo en estructuras (anticlinales) de inversión tectónica, previamente formadas durante el Paleoceno – Eoceno y allí se emplazó un sistema porfirítico, donde una unidad sedimentaria sirvió de receptáculo y otra de sello.

Palabras clave: inversión tectónica, geología estructural, estratigrafía, yacimientos minerales.

Abstract

The Western Cordillera of the northern part of the Peruvian Andes is mainly structured in Cretaceous rocks with Cenozoic volcanic coverage and is part of the Cajamarca Deflection, which presents a folded system and where the Miocene mineralization is entrapped in tectonic inversion structures (anticlines) previously formed during Paleocene-Eocene and there a porphyritic system was located, where a sedimentary unit served as a receptacle and another as a seal.

Keyword: inversion tectonic, structural geology, stratigraphy, mineral deposits.

2. Introducción

La región norte del Perú (departamentos de Cajamarca y La Libertad) tiene una producción aurífera cercana al 50% de la producción nacional provenientes de yacimientos en terrenos volcánicos y/o sedimentarios, especialmente presentes en la

Cordillera Occidental. La mayoría de los yacimientos tienen un minado a cielo abierto.

Esta región que comprende la parte septentrional de la Cordillera Occidental de los andes peruanos (Fig. 1) y alcanza una altitud entre 3500 a 4000msnm, muestra una sucesión estratigráfica que va desde el Jurásico Superior hasta el Neógeno Superior y es afectado por estructuras de inversión tectónica, que han generado fallas inversas asociadas a cabalgamientos y a una serie de anticlinales y sinclinales.

Esta inversión tectónica positiva ocurre cuando las fallas extensionales que limitan cuencas sedimentarias, en este caso la Cuenca Occidental, cambian el sentido de movimiento durante la tectónica compresiva cenozoica (Cobbing et al 1981, Noble et al 1990, Eude 2014) y parte de la Cuenca Occidental resulta elevada en diferente grado, a partir de diversos mecanismos de inversión tectónica, definiendo así un cambio de elevación estructural relativo a nivel regional (Cobbing et al 1981, Eude 2014, Bazán 2017). Durante este proceso las fallas extensionales previas, de alto ángulo de buzamiento, son reactivadas como fallas compresivas (falla el Punrrre).

En este trabajo se presentan los modelos de inversión tectónica mostrando su estilo estructural y su posible relación con algunos sistemas de mineralización de la región (Hilorico, Igor, Calamaca, entre otros).

3. Marco Geológico

La parte septentrional de los andes peruanos se caracteriza por presentar una gruesa sucesión sedimentaria mesozoica (Triásico, Jurásico y Cretácico), desarrolladas en una cuenca extensional de fuerte subsidencia durante su sedimentación (Cobbing, et al., 1981, Jaillard, 1990).

3.1. Estratigrafía

Regionalmente se reconocen dos unidades tectonoestratigráficas una comprendida en el sector de la cuenca occidental y la otra en la región altiplánica disectada, cada una con una sucesión estratigráfica diferente.

Entre las unidades litoestratigráficas (Benavides 1956, Jaillard 1990) comprendidas en el sector de la cuenca occidental se pueden reconocer al Grupo Chicama, Grupo Goyllarisquizga, formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Jumasha (o equivalentes como las formaciones Yumagual, Mujarrun, Romiron, Coñor, Cajamarca y Celendín); de manera discordante al Eoceno, sobre unidades más antiguas y sobre la Formación Celendín, se tiene a las Capas Rojas de la Formación Chota; asimismo, discordantemente desde el Eoceno, se tiene al Grupo Calipuy siguiendo un rumbo generalmente andino. Toda esta sucesión sedimentaria y/o volcánica es cortada por numerosos cuerpos intrusivos del Neógeno.

3.2. Características estratigráficas del Grupo Goyllarisquizga

La franja comprendida entre 6° a 8°30' S. donde según Cossio (1964), Reyes (1980), y Wilson (1984), predominan afloramientos de secuencias siliciclásticas del Grupo Goyllarisquizga, los que tectónicamente son afectadas por un sistema de fallas inversas de rumbo sureste – noroeste a este – oeste e intruidos por numerosos cuerpos magmáticos, con edades entre 25 - 17 Ma (Navarro 2007 y 2014, Montgomery 2012). Estos intrusivos están relacionados a sistemas de mineralización, en los que la roca caja pertenece a diferentes niveles del Grupo Goyllarisquizga (Fig. 2).

La unidad litoestratigráfica del Grupo Goyllarisquizga, de esta parte de los andes norperuanos, es divisible en cuatro formaciones (Chimú, Santa Carhuaz y Farrat) las que litológicamente se componen de materiales competentes e incompetentes, es así como la Formación Chimú se compone de areniscas cuarzosas de granos grueso a medio, en estratos de hasta un metro de espesor, hacia la parte superior de esta unidad el espesor de los bancos

de arenisca disminuyen y se intercalan con niveles delgados de limolitas y limolitas carbonosas para pasar transicionalmente a la Formación Santa que se compone de una intercalación de limolitas y margas con algunos delgados niveles de areniscas de granulometría fina; la Formación Carhuaz que es la más potente consta de una intercalación de potentes gruesos bancos de arenisca con limolitas, siendo una de las características en los niveles inferiores es la presencia de fósiles de gasterópodos, en la parte superior del Grupo Goyllarisquizga se puede observar un conspicuo nivel de areniscas cuarzosas que resalta en la topografía y representa a la Formación Farrat.

Al tope, sobre el Grupo Goyllarisquizga, se tiene a la Formación Pariahuanca donde se reconocen dos secuencias de orden menor; la inferior, compuesta de niveles delgados de areniscas cuarzosas de grano fino y de coloración marrón con presencia de laminaciones onduladas y rizaduras de corriente, y la parte superior, corresponde a limolitas con ocasionales niveles delgados de areniscas de granulometría fina.

4. Geología Estructural

Paleogeográficamente la sedimentación carbonatada del Cretáceo Superior (Turoniano), en la región norte de los andes peruanos, muestra un detritismo, que da lugar al término de la plataforma carbonatada del Cretáceo Superior y el inicio de una sedimentación margosa correspondiente a la Formación Celendín del Coniaciano – Santoniano (Jaillard 1990) que es sobrepuesto discordantemente por la Formación Chota del Eoceno Inferior-Medio(?) (Noble et al 1990, Eude 2014)).

Las manifestaciones de los eventos magmáticos, se observan ya desde el Eoceno Inferior y corresponden estos a los niveles basales del volcanismo Cenozoico, formaciones Llama y Porculla (Grupo Calipuy), cuyas bases han sido datadas en 54.8 Ma (Noble et al 1990) y en 40.1 ± 2.6 Ma (Aude 2014) respectivamente; así mismo, los intrusivos porfíricos ocurren entre el Paleoceno Superior-Eoceno Inferior, en la región de Minas Conga, donde los cuerpos intrusivos se emplazan entre 57 y 43 Ma (Llosa et al 1996). Un evento posterior en la franja de Santiago de Chuco a Huamachuco, corresponden a un episodio de emplazamiento comprendido entre 29 – 17 Ma., el que se prolonga a la región de Conga – Hualgayoc, donde los episodios son incluso más jóvenes (8.3 a 6.2 Ma).

El análisis de la carta geológica (Cossio 1964, Reyes 1980, Wilson 1984), imágenes satelitales, cartografiado local y las observaciones de campo, pone en evidencia un sistema estructural compuesto de pliegues (anticlinales y sinclinales), fallas inversas, cuyas trazas a diferentes escalas son muy continuas, esto responde a su estructuración en una rampa tectónica de alto ángulo (Dahlstrom 1969, Boyer & Elliot 1982). El sistema que es cortado en diferentes zonas por fallas cortas norte-sur o suroeste a noreste.

Los afloramientos muestran que los pliegues anticlinales asociados a estas fallas inversas (caso del anticlinal de Galeno), tienen un plano axial cercano a la vertical, con fuerte cizallamiento tectónico en las unidades superiores (Fm. Farrat) del frente de falla inversa; el núcleo de los anticlinales, que generalmente es la Formación Chimú, presentan sistemas de fracturas oblicuas y perpendiculares al eje de los pliegues (anticlinales de Galeno, Simbron, Igor, entre otros).

Asociado a este sistema de fallas inversas que constituyen la Deflexión de Cajamarca (Rousse et al 2003, Bazán 2017, Bazán y Lagos 2018) se emplazan cuerpos intrusivos (pórfidos), con una geometría elongada y paralela a las fallas inversas, los que están relacionados a la mineralización, sea al contacto con las rocas encajonantes o en una estructura anticlinal.

Discusión

Para determinar la edad de las estructuras tectónicas ligadas a la mineralización, entre los 6° y 8°30', se tiene los siguientes argumentos:

- Durante el Turoniano Superior el incremento de detritismo da lugar a un cambio en el régimen de sedimentación, iniciándose la depositación de la Formación Celendín, lo que indica un proceso de levantamiento, en los sectores más occidentales;
- En el Eoceno Inferior (base de la Formación Chota), la presencia de clastos de rocas volcánicas en las areniscas de la Formación Chota, es un indicativo de un sistema de exhumación, que ocurría en los sectores occidentales para dar sus productos de erosión al sector oriental
- En el Mioceno, época del inicio de la estructuración mayor de los andes (Megard 1984), se tiene el emplazamiento de cuerpos intrusivos, los que se ubican en diferentes niveles estratigráficos y/o de manera cortante en las unidades del Grupo Goyllarisquizga.

La estructuración previa de anticlinales en la región ligada a sistemas de inversión tectónica, creo el entrapamiento de los fluidos mineralizantes en las rocas y en aquellas zonas de brechas, del frente de inversión intensamente fracturadas. Estas zonas tuvieron al tope niveles litológicos de lutitas y/o limolitas que jugaban el papel de sello al momento del entrapamiento de los fluidos hidrotermales.

Es así que se tiene una roca intrusiva, del Mioceno, generadora de fluidos hidrotermales y "portadora de la mineralización" y una roca "huésped", las areniscas (con porosidad primaria y/o secundaria de fracturas) del Grupo Goyllarisquizga y una roca sello, con niveles de lutitas y/o limolitas, de las formaciones Santa o Inca, según corresponda (Fig. 2).

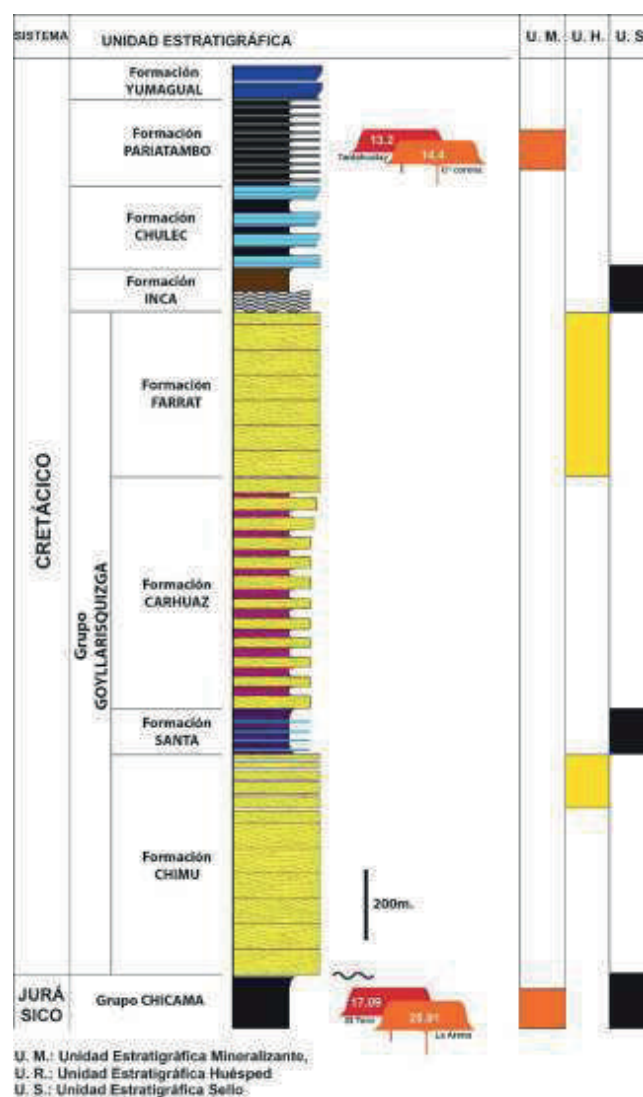


Figura 2: Columna estratigráfica para el Cretáceo Inferior, que muestra los niveles estratigráficos de emplazamiento de los cuerpos intrusivos relacionados a la mineralización, niveles de roca huésped de la mineralización y roca sello.

Conclusiones

Las estructuras cerradas (anticlinales) se habrían estructurado cuando menos durante el Eoceno.

Las unidades estratigráficas que presentan porosidad primaria y de fractura corresponden a la parte superior de la Formación Chimú y a la Formación Farrat; mientras que las formaciones Santa e Inca, por sus características litológicas (mayoritariamente lutitas y limolitas), habrían jugado como roca sello durante el proceso hidrotermal.

Los intrusivos (pórfidos) del Mioceno (portadores de la mineralización) se entramparon en las estructuras anticlinales, y generaron la mineralización dentro de éstas (trampa estructural).

Así se tiene un “sistema de mineralización”, compuesto por un intrusivo (portador de la mineralización), una roca previamente estructurada (anticlinal, con porosidad primaria y/o secundaria) y una roca “sello” (impermeabilizante) que permite el entrampamiento de las soluciones hidrotermales y la consecuente formación del yacimiento.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Cesar Muñoz por la revisión de este resumen y al Departamento de Geología de la UNMSM por permitir la publicación de este trabajo, así mismo a Alcides Gallardo, por sus sugerencias previas al manuscrito.

Referencias

Bazan O. (2017) Evolución geotectónica de la Deflexión de Cajamarca y su implicancia en la Metalogenia del Norte del Perú. Publicación Especial N° 12, Resúmenes ampliados del XVIII Congreso Peruano de Geología. pp: 241-245.

Bazan O. y Lagos A. (2018) Fallamiento en Bloques y Desacople Cortical en la Deflexión de Cajamarca Durante la Tectónica Andina. XIX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. 4p.

Benavides V. (1956) Cretaceous system in northern Peru. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 108 (4), 353-494

Boyer S.E., & Elliott D. (1982) Thrust systems: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 66, p. 1196-1230.

Cobbing E. J., Pitcher W. S., Wilson J. J., Baldock J. W., Taylor W. P., McCourt W. J., and Snelling N. J., 1981.

The Geology of the Western Cordillera of northern Peru, *Inst. Geol. Sci. Overseas Mem. No. 5*, p. 1-143.

Cossío A. (1964) Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín*, 8, 69 p.

Dahlstrom C.D.A. (1969) Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v6: p. 743-757.

Eude A. (2014) La croissance des Andes centrales du nord du Pérou (5-9°S): Propagation d'un prisme orogénique dans un contexte d'héritage tectonique et de subduction plane. These Doc. de l'Université de Toulouse, 322p.

Jaillard E. (1990) Evolución de la margen Andina en el norte del Perú desde el Aptiano superior hasta el Senoniano. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 81, 3 - 13.

Llosa F, Lescuyer JL, Milesi JP (1996) Minas Conga: descubrimiento, exploración y marco geológico de los pórfidos Au-Cu en la región de Cajamarca. Segundo Simposio Internacional del Oro, Comité Aurífero, Sociedad Nacional de Minería y Petróleo, Lima, pp 275-283.

Mégard, F. (1984) The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. *J. Geol. Soc. Lond.*, 1, 893-900.

Montgomery, A.T. (2012) Metallogenetic controls on Miocene High- Sulphidation Epithermal Gold Mineralization, Alto Chicama District, La Libertad, Northern Perú. Ph.D thesis, Queen's University Kingston, Ontario, Canada, 455 p.

Navarro P. (2014) Correlación espacial, temporal y metalogénica del magmatismo cenozoico del Grupo Calipuy del norte del Perú en base a nuevas dataciones. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, v. 109, pp. 7-11.

Navarro, P. (2007) - Características metalogénicas de los yacimientos asociados al Grupo Calipuy en el norte del Perú, departamentos de la Libertad y Ancash. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, n. 102, pp. 79-100.

Noble D., McKee E., Mourier T. and Megard F. (1990) Cenozoic Stratigraphy, Magmatic Activity, Compressive Deformation, and Uplift in Northern Peru, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102(8), 1105-1113.

Reyes L. (1980) Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *Bol. INGEMMET* N° 31, 67 pp.

Rousse S., Gilder S., Farber D., McNulty B., Patriat P., Torres V., and Sempere T. (2003) Paleomagnetic tracking of mountain building in the Peruvian Andes since 10 Ma, *Tectonics*, 22, 1048, doi:10.1029/2003TC001508

Wilson J. (1984) Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepen. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Bol. 38, Serie A, carta geológica nacional, 104p.

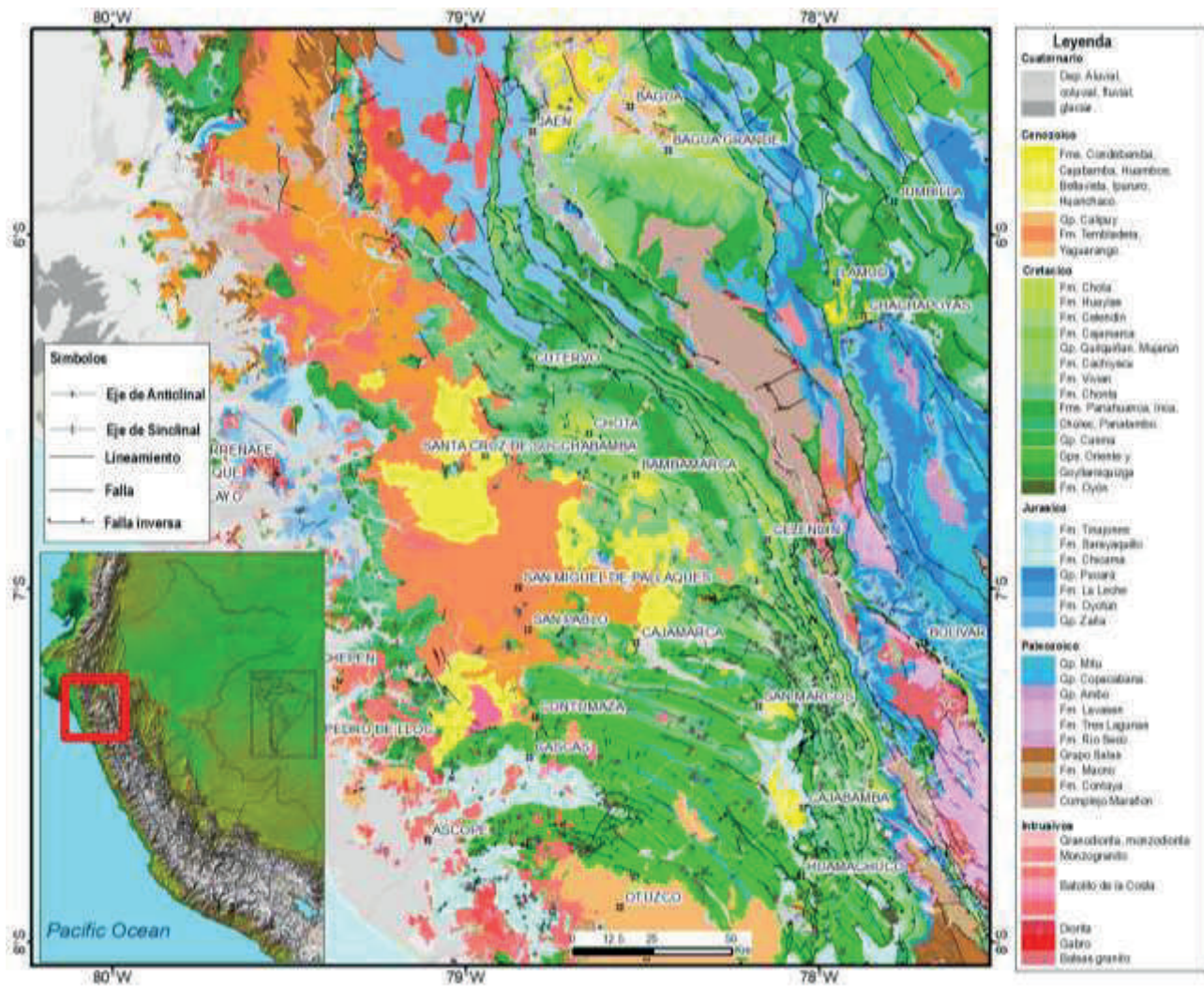


Figura 1: mapa de ubicación de la región estudiada (tomado de GEOCATMIN – INGEMMET).