

**Alcances Metalogénéticos de los Pórfidos de Au-Cu-Mo
y sus Relaciones en la Exploración Minera
(Región Cajamarca)
(TT – 160)**

Comité de Geología

Autor: Raymond Rivera Cornejo

INGEMMET

Jefe de Proyecto

Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

Programa de Metalogenia

Teléfono: (51-1) 618 - 9800 anexo 145

Fax: (51-1) 225 – 4540

E-mail: rrivera@ingemmet.gob.pe

Resumen

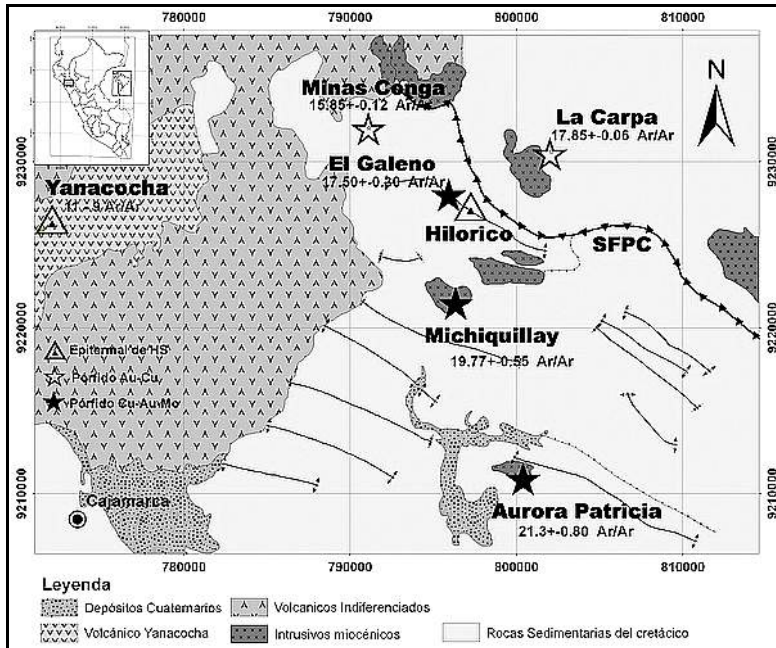
Estudios de geoquímica isotópica (Universidad de Sao Paulo – Brasil) relacionados con una fuerte recopilación de información geocronológica, geoquímica y estructural en los pórfidos de Minas Conga (Au-Cu), El Galeno (Cu-Mo-Au) y Michiquillay (Cu-Mo) muestran que estos depósitos se encuentran relacionados entre sí tanto en el espacio como en el tiempo.

La geoquímica isotópica de Pb y la geoquímica de rocas indican en primer lugar que estos depósitos tienen una fuente de mineral común. En segundo lugar debido a la poca contaminación cortical indican la existencia de un sistema de fallas regionales (Punre Canchis – SFPC) que puede haber sido el canal para el emplazamiento de los sistemas porfiríticos (Minas Conga, El Galeno y Michiquillay).

Los datos geocronológicos (Ar-Ar) evidencia una evolución de estos depósitos en sentido NO paralelo al SFPC haciéndose cada vez más jóvenes en esta dirección, además la interpretación de imágenes satelitales (fallas y lineamientos) evidencian que estos depósitos se encuentran emplazados paralelamente al SFPC.

Desde el punto de vista exploratorio minero es claro que el SFPC jugó un papel predominante para el emplazamiento de estos depósitos, siendo considerado actualmente como un metalotecto estructural, con muchas expectativas de seguir encontrando más depósitos en su continuidad.

Ubicación de la Zona de Estudio



La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cordillera Occidental al Noroeste del Perú, específicamente en el departamento de Cajamarca.

14 Kilómetros al este del distrito minero de Yanacocha

Fig.1.- Mapa geológico regional del área de estudio, mostrando la ubicación de los principales depósitos mineralizados y su relación al SFPC.

Metalogénicamente la zona de estudio se encuentra en el límite de las franjas de los pórfidos Miocénicos del norte del Perú y la franja de epitermales de Au - Ag y depósitos polimetálicos. (Quispe et al., 2007)

Objetivos de la Investigación

Objetivos Generales.-

- Determinar la fuente de mineralización de los pórfidos de Au – Cu y Au-Cu-Mo.

Objetivos Específicos.-

- Estimar la firma isotópica anómala de los pórfidos de Au – Cu y Au – Cu – Mo .
- Proponer un modelo genético para los pórfidos en la zona de estudio.
- Proponer criterios adicionales para la exploración.

Justificación de la Investigación.-

El departamento de Cajamarca es muy importante, debido a que gran parte de la reservas de oro tiene su origen en los grandes depósitos minerales que se encuentran emplazados en las rocas volcánicas y sedimentarias de la cuenca Cajamarca (Wilson, 2002).

La aplicación de los isótopos radiogénicos apoyados con geología estructural, geoquímica de rocas y datos geocronológicos es muy necesario para poder determinar los modelos genéticos para la mineralización. Los estudios isotópicos en la exploración minera pueden ser hechos antes de la definición de las anomalías geoquímicas y/o geofísicas. Los resultados (anomalía isotópica) nos van a permitir evaluar el potencial económico de los prospectos antes del programa de perforación estableciendo un modelo conceptual del posible depósito futuro.

La comparación entre la firma isotópica de los prospectos con otras firmas isotópicas de yacimientos ya conocidos, nos servirán como una herramienta más para establecer prioridades en el instante de la tomas de decisiones en la exploración.

Recolección de datos

El trabajo de gabinete se desarrolló tomando como principal fuente de consulta los trabajos geocientíficos desarrollados por Davies (2002), Noble (2004) y Gustafson et al., (2004). El trabajo de campo se desarrolló en dos tipos de pórfidos muy característicos: El Galeno (Cu-Mo) y los depósitos de Au –Cu de Minas Conga (Chailhuagón y El Perol). Se tomaron muestras selectivas de diversos tipos de venillas y roca caja para geoquímica de rocas y geoquímica isotópica de Pb. Las muestras de geoquímica de rocas fueron analizadas por elementos traza (REE). Las muestras para isótopos de Pb fueron analizados en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Sao Paulo (USP), tanto en roca total, como en sulfuros.

Datos geocronológicos

Con la interpretación de estos nuevos datos (Davies, 2002; Noble, 2004 y Gustafson et al., 2004) se puede observar una clara evolución del emplazamiento de los stocks Miocénicos mineralizados y estériles (Aurora Patricia, Michiquillay, El Galeno, Minas Conga) en sentido NO y paralelo al Sistema de fallas Punre-Canchis. Se interpreta que los depósitos porfiríticos se emplazaron en un lapso de tiempo que duró

aproximadamente 5.72 Ma siendo ligeramente menor al lapso de tiempo propuesto por Davies (2002). Las nuevas dataciones en Minas Conga (Chailhuagón y El Perol) nos indican una edad mucho más joven, estableciendo por lo tanto que no existe una relación temporal entre estos depósitos con relación a El Galeno y La Carpa. Davies, (2002) interpretó que El Galeno fue el último pórfido emplazado, pero ahora se sabe que son los pórfidos de Minas conga los que representan el ultimo evento mineralizado. Esta evolución geocronológica puede ser también aplicada para el distrito minero de Hualgayoc – Tantahuatay ubicado al Noroeste de los pórfidos Miocénicos y posiblemente asociado también al sistema de fallas Punre-Canchis. (Fig. 2).

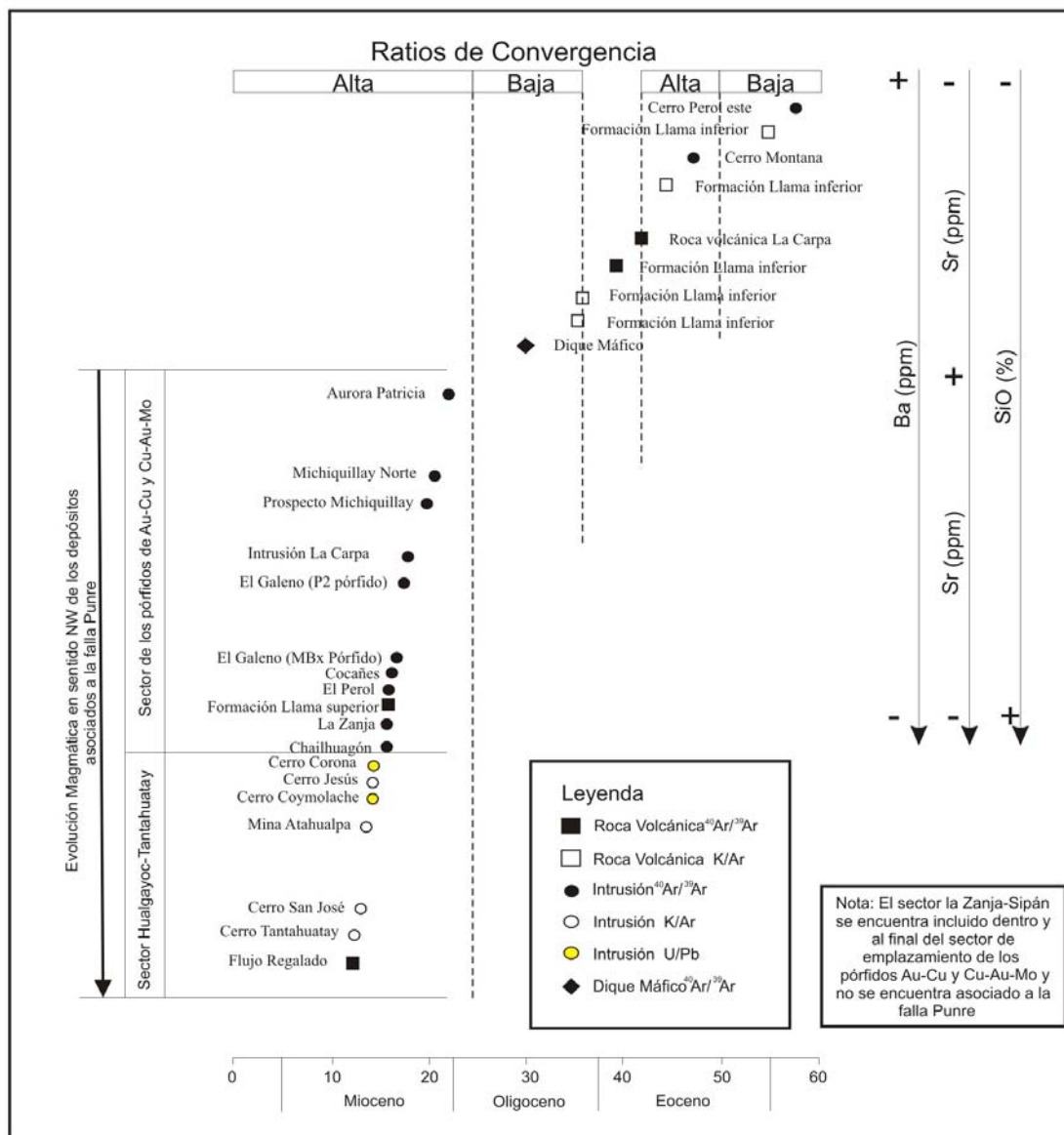
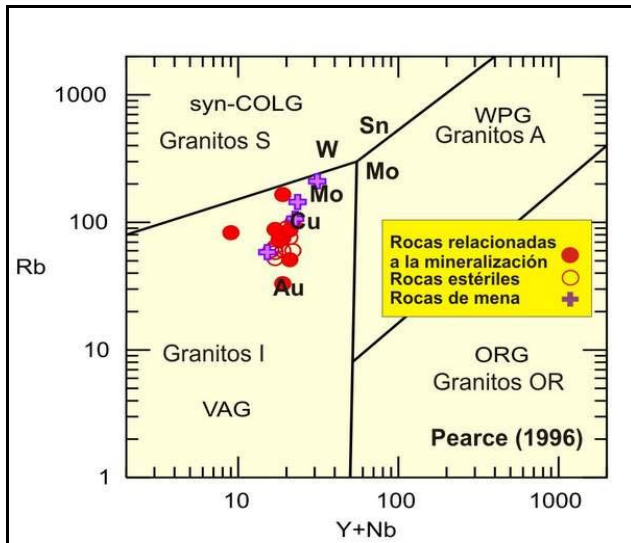


Fig. 2.- Diagrama esquemático mostrando la geocronología magmática en la zona de estudio. Modificado de Davies (2002).

Datos geoquímicos



Pearce (1996) diferencia los tipos de granitos como producto de su marco tectónico, reflejando sus componentes de origen y procesos magmáticos. Los datos de elementos traza ($Rb / Yb+Nb$) tanto en intrusivos estériles como en mineralizados nos indican que este tipo de rocas se encuentran dentro de un marco tectónico de arco volcánico relacionado a minerali-

Fig. 3.- Diagrama de discriminación de granitos.

zaciones de Cu – Au y Mo. La tendencia de los datos de roca mineralizada y estéril se puede explicar como de origen mantélico (granito tipo I) con cierta contaminación de la superficie (granito Tipo S). Los granitos tipo I tienen una alta fugacidad de oxígeno lo cual explica que las concentraciones de Cu, Pb, Zn, Mo, W y Au (Pearce, 1996). Otra característica muy importante de los granitos tipo I, es que presentan anomalías negativas de Nb.

Datos Isotópicos

La composición isotópica del Pb de las menas de roca ha sido usada para inferir el origen de la fuente de mineralización en los depósitos porfíricos de Au – Cu y Cu-Au-Mo. El mineral analizado fue pirita seleccionada desde los principales estadios de mineralización (main porphyry) desde El Galeno, Chailhuagón, El Perol y Hilorico (epitermal posiblemente relacionado al pórfido El Galeno) (Fig. 4).

También se tomaron muestras del intrusivo fresco y de la roca caja, que para el caso de el Galeno fueron areniscas y para Chailhuagón y el Perol fueron calizas. Este singular muestreo se realizó con el la finalidad de determinar la influencia que podría haber ejercido la roca caja en los diferentes tipos de mineralización en pórfidos muy similares (Fig. 5).

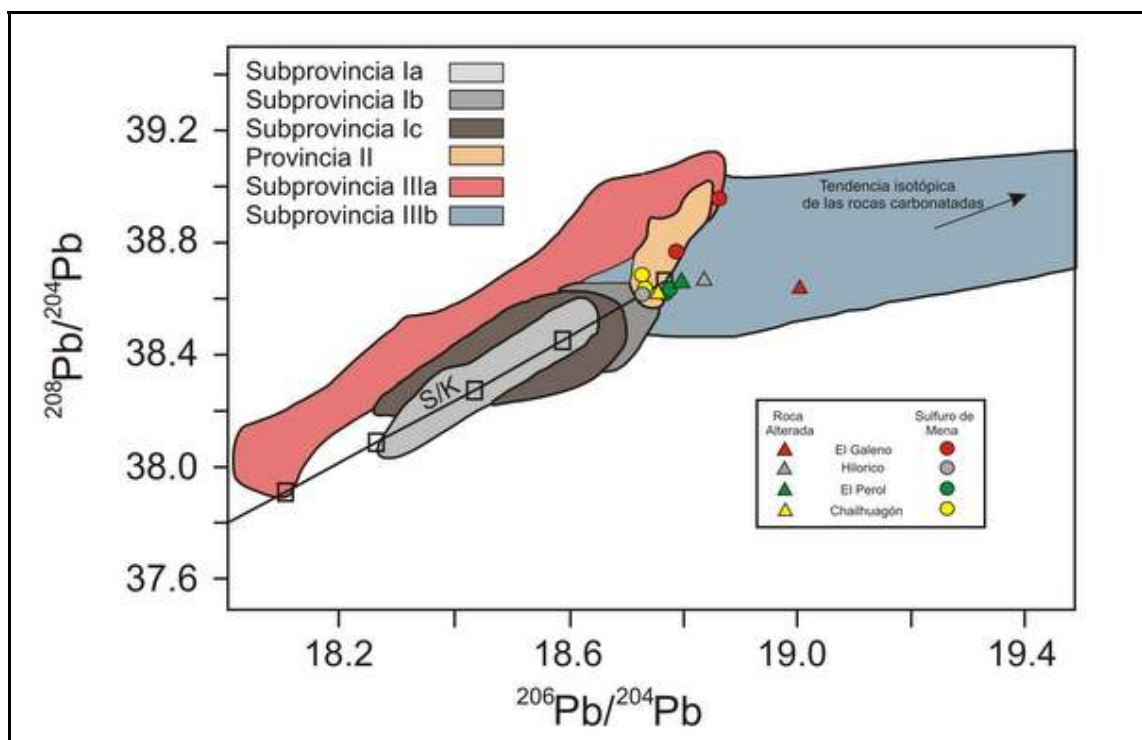
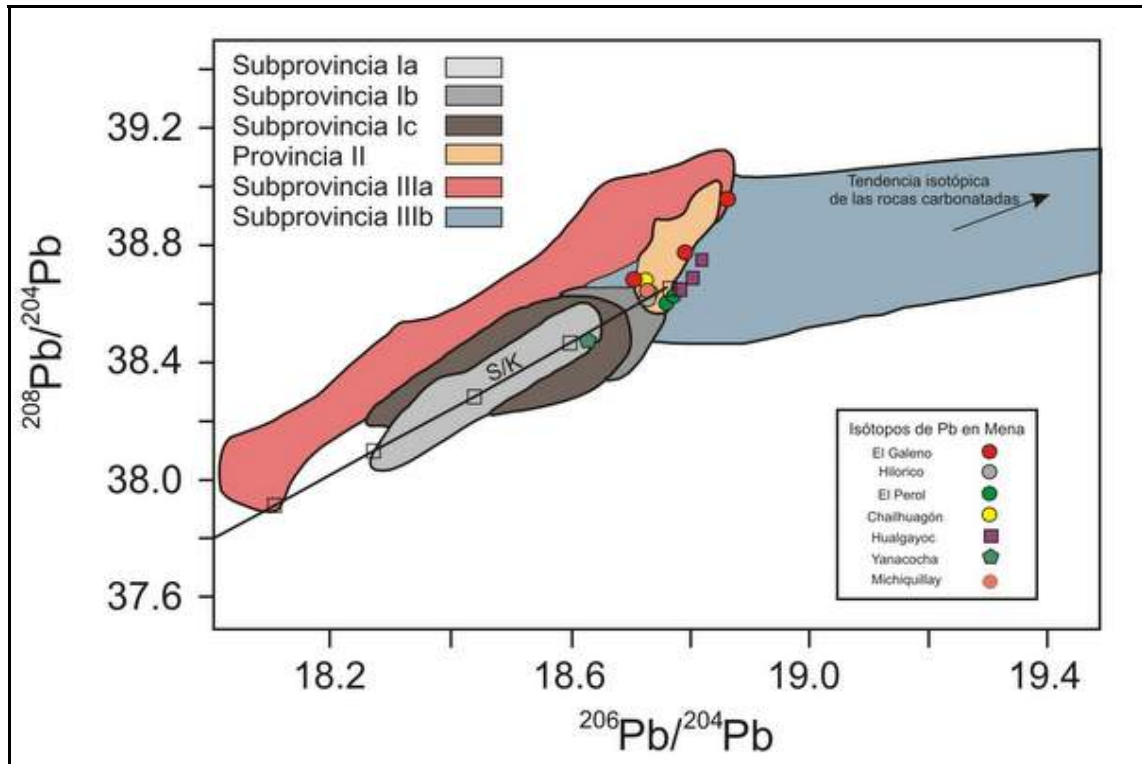


Fig. 4 y 5.- Diagrama esquemático $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para los sulfuros, Roca alterada y roca caja de los depósitos de la zona de estudio y su comparación con las relaciones isotópicas de Hualgayoc (Macfarlane, 1979), Michiquillay, El Galeno y Yanacocha (Davies, 2002). Se toma como referencia las provincias isotópicas de Pb (Macfarlane et al., 1990; modificado por Tosdal et al., 1999) y la curva de evolución del Plomo (Stacey y Kramers, 1975).

Interpretación estructural

El origen de la falla Punre-Canchis (Quispe et al., 2007) se piensa está relacionada al tectonismo de placa. El comportamiento inicial de esta falla regional fue de rumbo con sentido dextral, con una clara componente compresional. Es durante el Mioceno temprano que debido al giro en sentido del reloj de la dirección de convergencia de la placa de Nazca (Pardo Casas & Molnar, 1987) que la falla Punre-Canchis se reactiva. La característica principal de la reactivación de la falla es que cambia su sentido de movimiento a un comportamiento sinistral, con una fuerte componente compresional, pero además con una clara componente tensional en las zonas de inflexión de la falla.

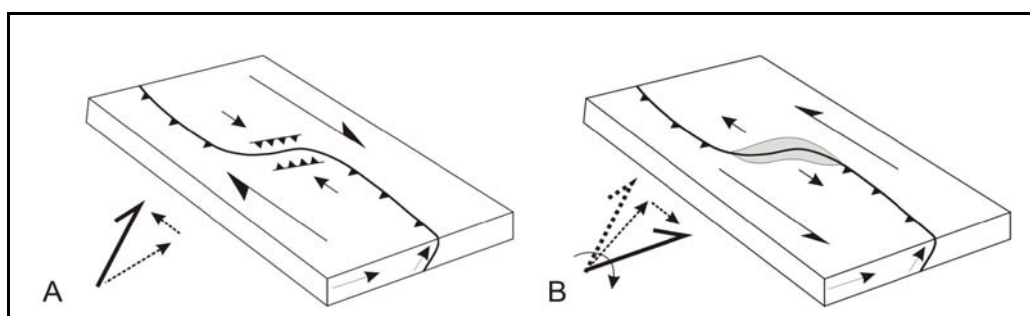


Fig. 6.- Comportamiento de la Falla Punre-Canchis en sus zonas de inflexión durante el Paleógeno (A) y el Mioceno (B).

Estas zonas de inflexión sujetas a un esfuerzo tensional se habrían comportado como zonas de menor presión y serían propicias para el emplazamiento de los sistemas porfiríticos.

La evolución geocronológica de los pórfidos en sentido NO se encuentra también estrechamente relacionado a su disposición espacial. Estos depósitos minerales son siempre paralelos a la falla Punre-Canchis y comparten igualmente una orientación NO. La relación espacial de los depósitos porfiríticos se debería a un gran esfuerzo diferencial horizontal que afectó a la Falla Punre-Canchis durante el Mioceno, el cual fue acompañado de una moderada a fuerte alimentación magmática conllevando consigo el emplazamiento de numerosos stocks porfiríticos siempre paralelos al principal control estructural regional.

Por último a escala más local se aprecia que la forma elíptica de algunos centros porfiríticos es también paralela a la falla Punre-Canchis. Esta singularidad geológica es como consecuencia de que el esfuerzo regional producto del tectonismo de placa fue mayor que la presión magmática del mismo pórfido (Tosdal and Richards, 2001).

Conclusiones

Durante el Mioceno existió una clara asociación entre el tectonismo, magmatismo y mineralización en los andes del norte del Perú (región Cajamarca). Estos procesos geológicos controlaron el emplazamiento de los depósitos porfiríticos de Cu-Au-Mo y Au-Cu.

La distribución espacial, el sentido de la evolución geocronológica y sus similitudes geoquímicas nos permiten relacionar a los sistemas porfiríticos de la región de Cajamarca a un común control estructural regional (Falla Punre- Canchis).

La prolongación de la falla Punre-Canchis hacia el NW afecta también al distrito minero de Hualgayoc. Las similitudes entre las relaciones isotópicas de Hualgayoc y los pórfidos miocénicos de la región de Cajamarca sugieren que Hualgayoc también tuvo como principal control estructural regional la falla Punre Canchis.

Los resultados isotópicos de plomo en las menas de los depósitos minerales relacionados a la falla Punre-Canchis son muy parecidos, lo cual sugiere un origen común para la fuente de mineralización (manto enriquecido). Las similitudes de las relaciones isotópicas corroboran que la falla se comportó como el principal control estructural, sirviendo como la principal vía de acceso para el emplazamiento de los pórfidos.

Se recomienda un estudio estructural detallado de la falla regional Punre-Canchis, estableciendo su posible continuidad hacia el norte, con la expectativa de encontrar nuevas zonas de interés.

REFERENCIAS

- Davies, C. (2002)** Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, northern Peru. Unpub PhD. Thesis, James Cook University, Australia.
- Gustafson, L; Vidal, C; Pinto, R; Noble, D. (2004)** Porphyry-Epithermal transition, Cajamarca region, Northern Peru. En Society of Economic Geologists. Special Publication N° 11 pp. 279-299.
- Quispe, J., Carlotto, V., Macharé, J., Chirif, H. (2007)** Nuevo mapa metalogénico del Perú. Reporte interno INGEMMET, pp. 6.
- Noble, D. C. (2004)** Space-time relationships of some Porphyry Cu-Au, epithermal Au, and other magmatic related mineral deposits in northern Peru. Society of Economic Geology, Special Publication N° 11, pp. 313-318.
- Pardo-Cassas, F. & Molnar, P. (1987)** Relative motion of the Nazca (Farallón) y South American plate since late Cretaceous time. Tectonic, vol. 6, pp. 233- 248.
- Pearce, J. (1996)** Source and settings of granitic rocks. Episodes vol. 19, N° 4, pp. 120 – 125
- Tosdal, R. M. & Richards J. P. (2001)** Magmatic and structural controls on the development of porphyry Cu + Mo + Au deposits. Society of economic geologists, Reviews vol. 14, pp. 157 – 181.
- Wilson, J. J. (2002)** Structural development of the Northern Andes of Peru. In: X Congreso Peruano de Geología, Lima- Perú.