

Características estructurales e isótopos de plomo de las mineralizaciones auríferas de la franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)

Structural characteristics, lead isotopes of gold mineralizations of the border Huaytará-Tantará-Huancavelica (Perú)

Jorge Luis Quispe Cangana¹

RESUMEN

La franja Huaytará-Tantará se extiende a lo largo del flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes del Perú central, contiene mineralizaciones Au - Ag (Pb-Zn-Cu) hospedadas en secuencias volcánicas del Eoceno al Mioceno, está afectada al menos por seis fases de deformación definidas a través del análisis estructural en cuatro estaciones de trabajo: Antapite, Jatun Orcco, Pampa Andino y Castrovirreyna. Los diagramas de evolución de plomo de 17 muestras extraídas de los tres primeros definen procesos hidrotermales independientes, con una evolución de Pb similar en Pampa Andino y Jatun Orcco, pero distinto en Antapite. Asimismo, en Antapite la fuente de Pb radiogénico procede de una zona orogénica, con predominio tanto de la corteza superior como de la inferior, mientras que en las otras zonas sólo de la corteza superior. Esto sugiere que el magmatismo de Antapite fue más profundo y sus fluidos tuvieron mayores posibilidades de lixiviar metales.

Por otro lado, se estima que el volcanismo del Eoceno tardío relacionado con la caldera Pampa Andino no tiene relación con la mineralización de dicho yacimiento.

Palabras clave: Análisis estructural, Fases de deformación, Procesos hidrotermales, Evolución de Pb, Pb radiogénico, Magmatismo, Volcanismo, Caldera.

ABSTRACT

The Huaytará-Tantará belt extends along the western flank of the Western Cordillera of the Andes of central Peru. It contains Au-Ag (Pb-Zn-Cu) mineralizations hosted by volcanic sequences from Eocene to Miocene. It is affected by at least six phases of deformation, defined through structural analysis in four work stations: Antapite, Jatun Orcco, Pampa Andino and Castrovirreyna. The diagrams of lead evolution of 17 samples extracted of the three first, indicate hydrothermal processes independent, with a lead evolution similar in Pampa Andino and Jatun Orcco, but different to Antapite. Also, in Antapite the source of radiogenic lead proceed of an orogenic area, with prevalence both the upper crust and the lower crust, contrary to the others zones, that only show influence of the upper crust. Then it is considered that the magmatism of Antapite was deeper and that its fluids had more possibilities of leaching metals from the source.

On the other hand, it is considered that the volcanism of the late Eocene related with the Pampa Andino caldera, does not have any relationship with the mineralization of this ore deposit.

Keywords: Structural analysis, Phases of deformation, Hydrothermal processes, Lead evolution, Radiogenic lead, Magmatism, Volcanism, Caldera.

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se ubica en el Perú central, en el flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes. Está representada por una franja de 130 km de

largo por 20 km de ancho de rumbo NW - SE que se extiende desde la Mina Antapite en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica hasta el yacimiento de Pampa Andino en la provincia de Chinchipe, departamento de Ica (Fig. 1).

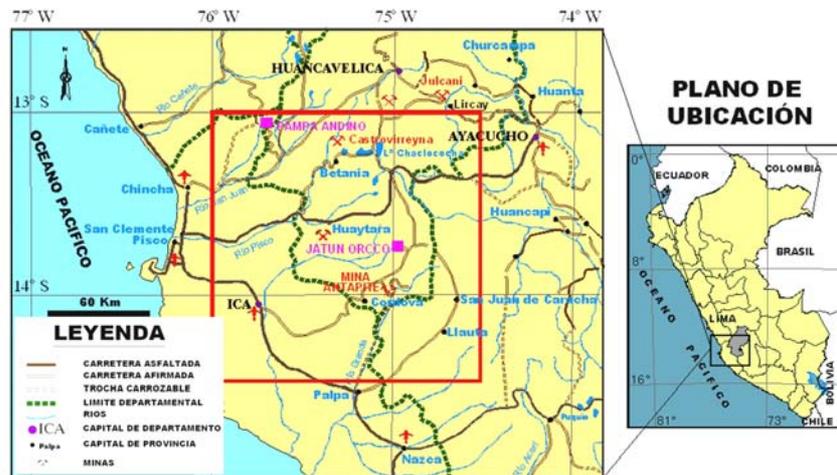


Figura 1

El área de estudio ha sido investigada por varios autores que han reconocido al factor estructural como principal control de la mineralización de los yacimientos de la franja Huaytará-Tantar, sin embargo, regionalmente aún no se ha podido explicar el cambio de orientación de las estructuras mineralizadas y no se ha establecido las fases de deformación que permitieron la circulación de fluidos mineralizantes ni la relación de estos con los eventos plutóno-volcánicos. Con el desarrollo de este tema de investigación se pretende contribuir a esclarecer tales interrogantes.

ANTECEDENTES

Entre los trabajos realizados en el área de estudio, se pueden mencionar el cartografiado a escala 1:100,000 realizado por geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico entre los años 1962 y 2000, que definieron las grandes unidades geológicas del Mesozoico al Plioceno. Asimismo, Benavides-Cáceres en 1999, da una visión general de las posibles fases de deformación en la franja Huaytará-Tantar. Condori et al. (2004), determinaron áreas anómalas en oro y evidenciaron el potencial de la franja Huaytará - Tantar. Wise et al. (2001) investigaron la cinemática de la falla Chonta. Vidal (2004), puso en evidencia nuevas regiones auríferas en el Perú, entre ellas, la franja Huaytará - Tantar. Angeles (2000, 2003 y 2005), determinó en Antapite la presencia de centros volcánicos y en Pampa Andino una estructura de colapso que denominó "caldera Pampa Andino". Noble (2001, 2002 y 2004), registró eda-

des radiométricas de rocas volcánicas e intrusivos, así como de la alteración-mineralización de las áreas de Antapite, Jatun Orcco y Pampa Andino. Noble et al. (2005), determinaron la presencia de calderas relacionadas a volcanismo Paleoceno y de una posible fase extensional entre el Cretáceo tardío y Paleoceno. No se puede dejar de mencionar las actividades exploratorias de numerosas compañías mineras, como Compañía de Minas Buenaventura S.A., cuyos geólogos descubrieron entre los años 1994 y 2002 sistemas de vetas auríferas de baja sulfuración hospedadas en rocas volcánicas terciarias.

METODOLOGÍA

El trabajo de campo ha consistido en el levantamiento de datos estructurales y la toma de muestras de menas auríferas y rocas hospedantes para determinar las relaciones isotópicas de $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ en cuatro estaciones de trabajo: Antapite, Jatun Orcco, Pampa Andino y Castrovirreyna. En ellas se ha realizado mediciones de más de 300 planos de falla y de sus estrías de fricción a fin de entender mejor los procesos ocurridos. Los datos estructurales consisten de: azimut y buzamiento del plano de falla, pitch, dirección e inclinación la estría, sentido de movimiento de la falla y calidad del dato.

En gabinete se separaron datos con incompatibilidades cinemáticas notables usando el programa Tectonics FP, para determinar las direcciones e inclinaciones de los tres esfuerzos principales σ_1 (compresivo), σ_2 (intermedio) y σ_3 (tensional), graficados en

estereodiagramas. En laboratorio se analizaron las composiciones isotópicas por el método de Pb-Pb en 17 muestras extraídas en los yacimientos de Antapite, Jatun Orcco y Pampa Andino. Para la interpretación de análisis isotópicos de Pb se empleó los

diagramas de evolución de plomo de Stacey & Kramers (1975) y plumbotectónicos de Zartman & Doe (1981) (en: Gunter, F. & Mensing, M., 2005) (Fig. 2 y 3).

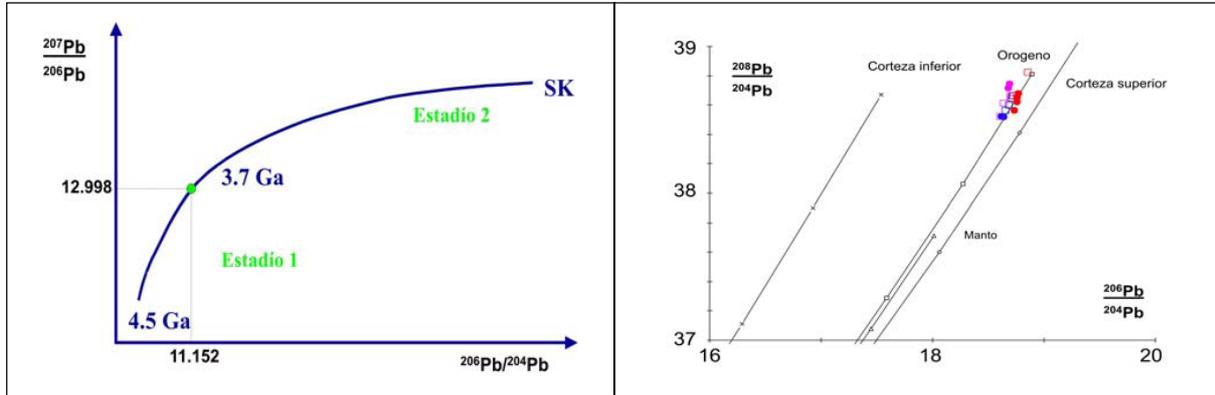
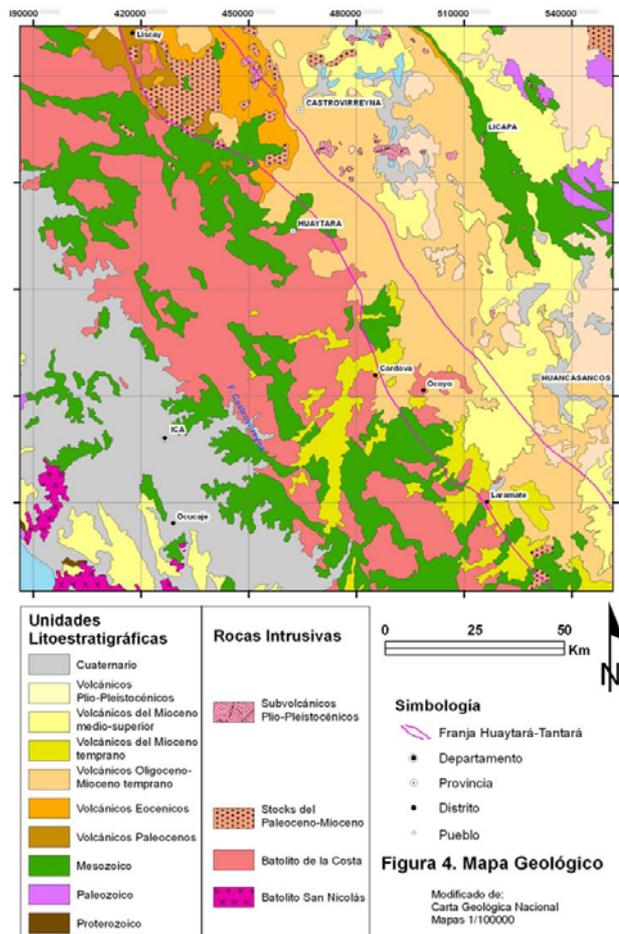


Figura 2. Diagrama de evolución de Pb propuesto por Stacey & Kramers (1975). Figura 3. Diagrama plumbotectónico de Zartman & Doe (1981). Tomado de Gunter, F. & Mensing, M. (2005).

CONTEXTO GEOLÓGICO

La litoestratigrafía del área de estudio está conformada principalmente por rocas volcánicas

Cenozoicas, dispuestas discordantemente sobre eventos plutónicos del Batolito de la Costa y secuencias sedimentarias mesozoicas (Fig. 4).



Los volcánicos paleocenos son tobas fuertemente soldadas ricas en plagioclasas, cuarzo y sanidina. Se encuentran rellenando la caldera Santa Beatriz (Noble *et al.*, 2005), con edades radiométricas Ar-Ar de $59,70 \pm 0,77$ Ma a $62,49 \pm 0,35$ Ma (Noble *et al.*, 2005).

Los volcánicos eocenos corresponden a un substrato de lavas y tobas, con composiciones que varían de andesíticas a riolitas. Presentan edades radiométricas de 37 a 45 Ma (Noble *et al.*, 1979).

Los volcánicos oligoceno-miocénicos tempranos están constituidos por tobas, aglomerados y coladas de lava, mayormente de composición andesítica; con intercalaciones de areniscas, calizas y lutitas. Sus edades radiométricas van de 18,6 Ma Noble, 2001; datos no publicados) a 31,20 Ma (Noble *et al.*, 1979).

Los volcánicos miocénicos temprano son tobas dacitas a riolitas que yacen sobre el Batolito de la Costa y rocas sedimentarias cretáceas. Registra edades radiométricas K-Ar de 20,0 a 22,6 Ma (Noble *et al.*, 1979).

Los volcánicos miocénicos medio-superior están constituidos por aglomerados, lavas y tobas, con composiciones que varían de andesita a dacita. Tienen edades radiométricas K-Ar de 12,0 Ma a 14,1 Ma (Noble *et al.*, 1979). Los volcánicos plio-pleistocénicos son derrames lávicos, brechas y tobas; con composiciones que varían de andesitas a traquitas. Registran edades entre 1,9 y 6,0 Ma (Noble *et al.*, 1979).

CONTEXTO TECTÓNICO

La zona de estudio se enmarca en la Cordillera de los Andes del Perú central, cuya evolución tectónica está asociada al ciclo orogénico andino (Mégard, 1978a). A partir del Campaniano temprano, se producen fases tectónicas compresivas; como la fase Peruana (84 Ma - 79 Ma), Incaica I (59 Ma - 55 Ma), Incaica II (43 Ma - 42 Ma), Incaica III (30 Ma - 27 Ma), Incaica IV (22 Ma), Quechua I (17 Ma), Quechua II (8 Ma - 7 Ma) y Quechua III (5 Ma - 4 Ma) (Benavides - Cáceres, 1999). Entre los pulsos finales de la fase Peruana y el inicio de la fase Incaica I (Campaniano tardío - Paleoceno), se produce un régimen extensional manifestado por la presencia de cuencas intermontanas, rellenas por capas rojas (Benavides - Cáceres, 1999) y volcanismo relacionado a calderas (Noble *et al.*, 2005). Durante el Paleoceno tardío y Eoceno temprano se desarrolló la fase compresiva Incaica I (Noble *et al.*, 1985) que generó pliegues NW-SE en las capas rojas del Cretáceo tardío, seguido de levantamiento y erosión. En los estadios tardíos del Eoceno medio, se produce una fase compresiva NE - SW, Incaica II que genera pliegues y fajas corridas, en las secuencias sedimentarias (Steinmann, 1929; Noble *et al.*, 1979b, 1985, 1990)

mientras que, los afloramientos de rocas graníticas del Batolito de la Costa son truncados por la generación de centros volcánicos que permitieron la deposición de tobas del Eoceno tardío, como en la caldera Tantará (caldera Pampa Andino para Ángeles, 2005). En el Oligoceno, se produce la fase compresiva Incaica III, caracterizada por un acortamiento NNE - SSW; paralelo a la dirección de convergencia en el Oligoceno (Sebrier *et al.*, 1991). Benavides - Cáceres (1999), en estadios tempranos del Mioceno temprano (22 Ma) registra la fase compresiva Incaica IV (Noble *et al.*, 1979a) que generó ejes de pliegues NW-SE en los volcánicos del Oligoceno (Este y Noreste de la localidad de Laramate) y superficies de erosión en los niveles más expuestos del Batolito de la Costa; que sirvieron para la deposición de secuencias volcánicas del Grupo Nazca de 20 Ma (Noble *et al.*, 1979a; Bellom *et al.*, 1977). Alrededor de los 17,0 Ma (Mioceno medio), se evidencia una fase compresiva definida como Quechua I (Steinmann, 1929; MCKee *et al.*, 1982; Mégard *et al.*, 1985), que afectaron a secuencias volcánicas oligocenas-miocenas y al Batolito de la Costa (Macharé *et al.*, 1986). Entre los 9,5 Ma y 10,0 Ma Paredes *et al.* (1977) y Wise *et al.* (2001) registran un régimen extensional que permitió la erupción de lavas y emplazamiento de domos en Huachocolpa. Wise *et al.* (2001), registran entre los 9,5 Ma y 3,9 Ma una fase compresiva E-W, que produce movimiento sinistral en la falla Chonta NE-SW y consecuentemente por dicho sistemas de fallas conjugados NE-SW, que permitió el emplazamiento de la mineralización en el distrito de Huachocolpa.

MARCO ESTRUCTURAL DE LA FRANJA HUAYTARÁ-TANTARÁ

En base a la revisión de estudios anteriores, análisis de imágenes de satélite Landsat TM, cartografía regional y de detalle (1:25 000), se ha determinado los principales elementos estructurales en la franja:

- Fallas: Chonta inversa con reactivación sinistral, Castrovirreyna inversa con reactivación sinistral, Chocclanca - Zorro Rojo normal con reactivación sinistral y Ruñahuanusca dextral.
- Centros volcánicos y calderas registradas al Noroeste y Sureste de la franja Huaytará - Tantará, en las áreas de los yacimientos de Antapite y Pampa Andino. En Antapite se han identificado cuatro centros volcánicos (Ángeles, 2000), asociados a la deposición de rocas volcánicas datadas de 20,94 Ma a 27,10 Ma. (Noble, 2001; datos no publicados). Asimismo, Noble *et al.* (2005) han diferenciado cuatro calderas entre los ríos San Juan y Castrovirreyna, denominadas como Santa Beatriz, Tantará, Huachos y Ticrapo. Relacionadas a ellas se tienen secuencia volcánicas del

Paleoceno al Eoceno tardío, así plutones de 52,16 Ma a 59,47 Ma (Noble *et al.*, 2005) y subvolcánicos de 29,08 Ma y 34,27 Ma (Noble, 2004a).

- Ejes de pliegues registrados en rocas que van desde el Mesozoico hasta el Mioceno tardío asociadas a uno de los estilos de deformación de las fases

compresivas del ciclo Andino. Destacan ejes de pliegues con rumbo N 40° a 50° W en rocas sedimentarias del Cretáceo, N a N 20° E en secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno, N 20° a 40° W en rocas volcánicas del Mioceno medio-superior, N 10° W a N 10° en todas las anteriores, sugiriendo la última deformación del área.

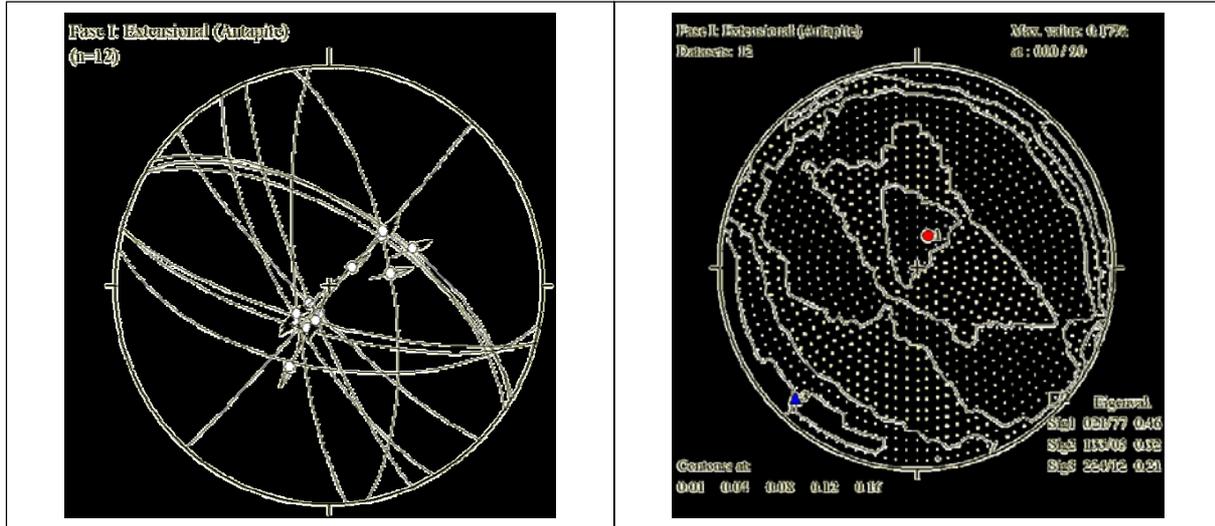


Figura 5. Estereodigramas de la fase de deformación E_{NE-SW} en la mina Antapite. Corresponde a allas normales NW-SE; NE-SW.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En base a la medición de más de 300 planos de fallas principales y menores, así como, de sus estrías de fricción en las estaciones de Antapite, Jatun Orcco, Pampa Andino y Castrovirreyna, se ha definido: En **Antapite** tres fases de deformación denominadas: **ENE-SW TCEW** y **TCNE-SW**. La primera es una fase extensional en la dirección N 45° E-S 45° W (Fig. 5)

que generó fallas normales que desplazaron tobas del Oligoceno inferior hasta ponerlas en contacto con tobas del Oligoceno tardío de 27,10 Ma (Noble, 2001; dato no publicado). Estaría relacionada con los alimentadores volcánicos (centros volcánicos) de tobas de 27,10 Ma y con el emplazamiento de la mineralización de la veta Zorro Rojo en tal dirección NE-SW. La segunda es transcurrente con una compresión en la dirección N 85° E-S 85° W.

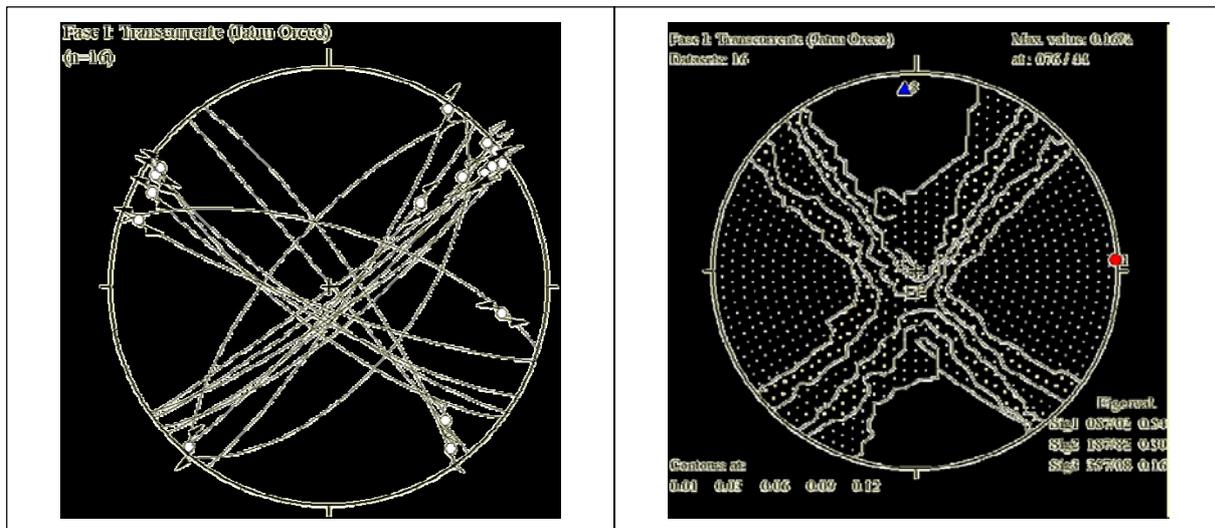


Figura 6. Estereodigramas de la fase de deformación denominada Fase I, en el prospecto Jatun Orcco. Corresponde a fallas transcurrentes NW-SE; NE-SW.

Habría perado hasta los 19 Ma, puesto que la falla NW-SE Chocllanca con desplazamiento sinistral; es cortada stocks dioríticos de $18,76 \pm 0,08$ Ma (Noble, 2001; dato no publicado), emplazados en zonas de tensión generadas por las fases **ENE-SW** y **TCEW**. La tercera crea zonas de transtensión NE-SW, siguiendo la dirección del esfuerzo máximo compresivo y sería responsable de la generación de las fracturas que permitieron el emplazamiento de fluidos mineralizantes en el yacimiento Jatun Orcco, con una edad de mineralización de $17,26 \pm 0,10$ Ma (Noble, 2001; dato no publicado).

En **Jatun Orcco** las fases de deformación **I, II y III**, la primera de ellas transcurrente con una compresión en la dirección N 87° E-S 87° W (Fig. 6). Genera zonas de transtensión de rumbo E - W y representa la deformación previa a la mineralización de las vetas Rosario y Esperanza, ya que la edad de mineralización del yacimiento de Jatun Orcco ha sido registrada en 17,26 Ma. Si se compara esta fase con la **TCEW** de Antapite (26 Ma - 19 Ma), se puede decir que corres-

ponden a la fase compresiva Incaica IV de Benavides-Cáceres (1999). La segunda es transcurrente con una compresión en la dirección N 60° E-S 60° W. Genera zonas de transtensión en la dirección del esfuerzo máximo compresivo. Estaría relacionada con el emplazamiento de la mineralización de Jatun Orcco, siendo su edad entre 17,50 Ma y 17,00 Ma. Es equivalente a la fase **TCNE-SW** de Antapite. La tercera es compresiva en la dirección N 85° W-S 85° E. Está relacionada a fallas inversas y crea zonas de tensión en la dirección E-W, siguiendo la dirección del esfuerzo σ_1 .

En **Pampa Andino**, cinco fases de deformación: La **Fase I**, extensional en la dirección N 85° E - S 85° W a la que se ha denominado **EEW** (Fig. 7), genera tensión en la dirección NNW-SSE en la dirección de σ_2 . Benavides-Cáceres (1999) define una fase extensional entre el Campaniano y Paleoceno, que generó cuencas intermontanas como las de la Formación Casapalca.

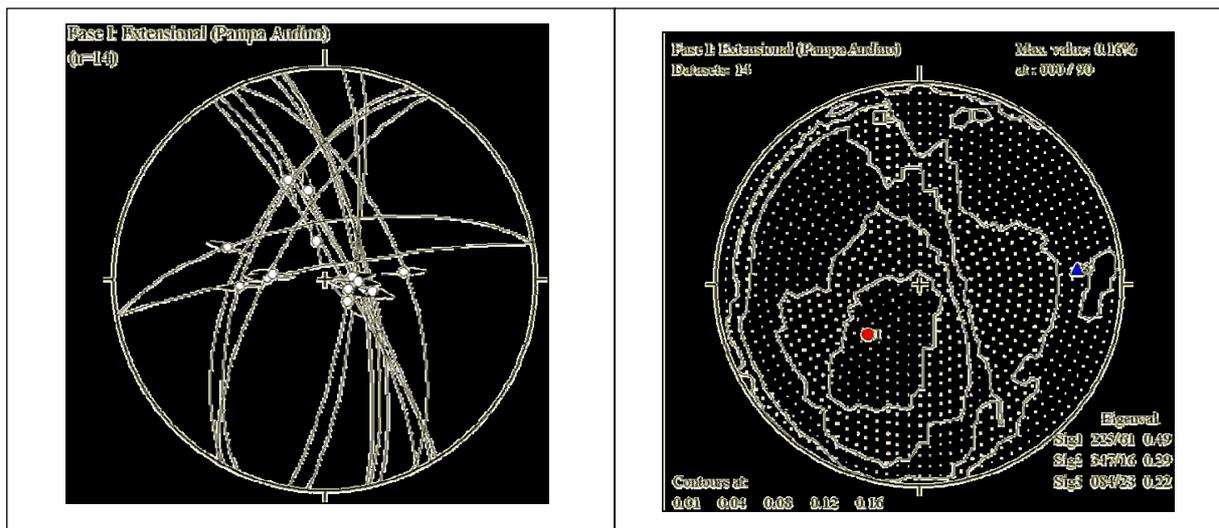


Figura 7. Estereodigramas la fase de deformación denominada EEW en el prospecto Pampa Andino. Corresponde a Fallas normales NS-EW.

La **Fase II**, que representa a una compresión en la dirección N 10° E-S 10° W, por lo que la denominaremos como **CNS**. Al borde de la caldera Pampa Andino, se han definido fallas inversas WNW-ESE que afectan tanto a las tobas paleocenas como a las intracaldera de aproximadamente 36,71 Ma.

Correspondería al evento Incaico III de Noble (1998). Además genera tensión en la dirección del esfuerzo σ_1 y en la dirección de las estructuras mineralizadas del yacimiento Pampa Andino, es decir podría estar relacionada con el emplazamiento de mineralización. La **Fase III** es la segunda fase extensional en la dirección N 60° E-S 60° W posterior a la fase **CNS** (30 Ma - 27 Ma). Esta fase genera desplazamientos norma-

les en la veta Rosita, algunos de ellos sobre planos N-S que en un principio tuvieron un movimiento inverso. Asimismo, se tienen estrías de alto ángulo con movimiento normal que rayan a la veta Claudia (420543 E - 8549460 N), lo que sugiere que el desplazamiento normal fue post-mineralización.

La **Fase IV** representa la primera fase transcurrente con una compresión en la dirección N 80° E-S 80° W. Produce movimientos dextrales de planos de falla NE que desplazan a la vetas Rosita y Lupe. Si comparamos la dirección de σ_1 de esta fase con los σ_1 de la **TCEW** de Antapite y de Jatun Orcco (Fig. 6), tendrían relación; por lo que estarían representando a la misma fase tectónica, equivalentes a la Incaica IV (26 Ma a 19 Ma).

La **Fase V** es la segunda fase de compresión en el área de Pampa Andino y en la dirección N 80° W-S 80° E. Este evento produce fallas inversas de bajo ángulo; así como movimientos sinestrales en los planos N-S y dextrales en los planos ENE-SSW, contrarios al movimiento del sistema transcurrente de la fase **TCEW**; prueba de ello son las estrías de bajo, con movimiento sinistral que rayan a la veta Claudia (420698 E - 8551232 N). Igualmente, se tiene el registro del movimiento dextral en fallas ENE-WSW del interior de la caldera Pampa Andino (423696 E - 8543533 N). Asimismo, si procedemos a comparar esfuerzo σ_1 de esta fase con el σ_1 de la fase **CEW** de Jatun Orcco muestran la misma orientación, representando a la fase **CEW** y correlacionable con las fases tectónicas Quechua II y III de Benavides-Cáceres (1999). En **Castrovirreyna** dos fases: La **Fase I** definida por una compresión en la dirección N 80° E-S 80° W (Fig. 8)

y representada por los planos de fallas inversas y la **Fase transcurrente** con una compresión en la dirección N 85° W-S 85° E. La dirección del esfuerzo σ_1 en ambos casos, sugiere una compresión E-W de los ejes de pliegue N-S de las rocas volcánicas eocenas y oligocenas que las limitan. Esto se corroboraría considerando la dirección E-W de las estructuras mineralizadas en San Genaro. Asimismo, si se considera la compresión de 9,5 Ma a 3,9 Ma (Wise *et al.*, 2001) relacionada con el movimiento sinistral de la falla Chonta que tuvo un desplazamiento inverso inicial y sinistral posterior, al igual que en las fases I y II de la falla Castrovirreyna; se podría estimar para estas fases una edad similar a las de los eventos tectónicos Quechua II y III como sucede en la falla Castrovirreyna; e igual a la fase **CEW** del presente trabajo. Sin embargo, esto no se ha comprobado radiométricamente.

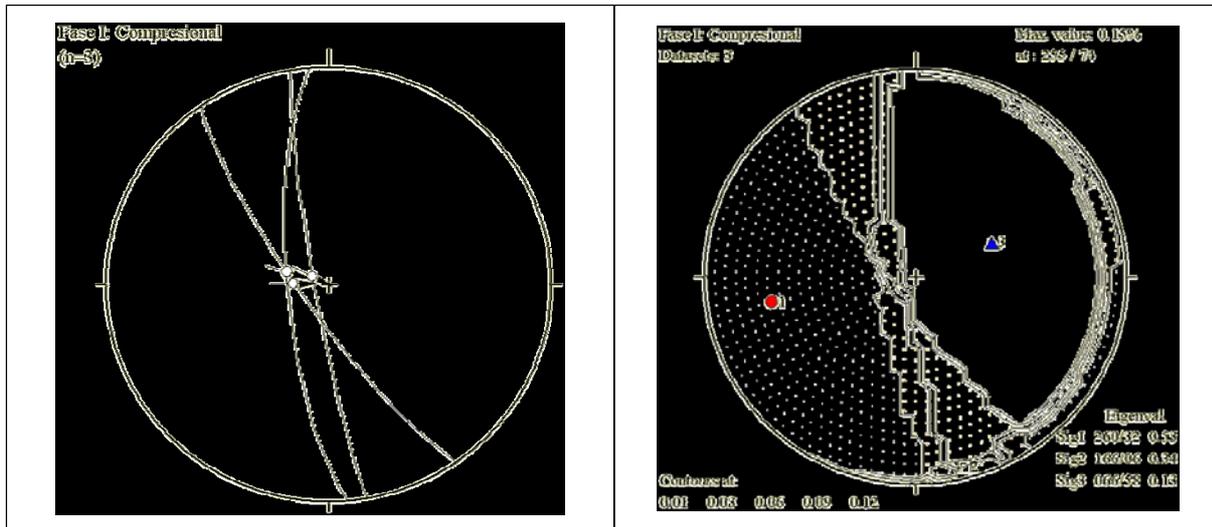


Figura 8. Estereodiagramas de fase de deformación denominada Fase I en Castrovirreyna.

RELACIÓN ENTRE LA DEFORMACIÓN Y LA MINERALIZACIÓN

La mineralización del yacimiento de Antapite tiene un rango de edad de 26,34 Ma a 25,25 Ma y sus estructuras muestran los rumbos preferenciales NW - SE y E - W. Las fases más importantes que generaron tensión durante la actividad hidrotermal corresponderían a las fases **ENE-SW (27 Ma - 26 Ma)** extensional en la dirección N 50° E-S 50° W y **TCEW (26 Ma - 19 Ma)** transcurrente con el esfuerzo máximo compresivo σ_1 en la dirección N 85° E - S 85° W. La fase **ENE-SW** extensional estuvo estrechamente relacionada con la circulación de fluidos mineralizantes en la veta Zorro Rojo, como lo refleja la presencia falla Chocllanca como su principal control estructural con desplazamiento inicial nor-

mal. La **TCEW** transcurrente, produjo movimientos sinestrales en el corredor Zorro Rojo-Chocllanca y generó de zonas de tensión en la dirección N 85° E - S 85° W que corresponden a los clavos mineralizados E-W de la veta Reyna y con las vetas N 80° E del sector Occocancha.

Las estructuras mineralizadas del yacimiento Jatun Orcco tienen una edad de 17,26 Ma y rumbos NE-SW y E-W. Las estructuras E-W representan al estilo de deformación más antigua y previa al relleno hidrotermal, la fase **TCEW (26 Ma - 19 Ma)** transcurrente que produjo tensión en la dirección N 85° E-S 85° W, definida por la orientación de las vetas Rosario y Esperanza. La deformación más importante y relacionada con la mineralización corresponde a la fase **TCNE-SW (19 Ma - 11 Ma)**

transcurrente que generó tensión en la dirección N 60° E - S 60° W. Igualmente, estuvo relacionada con el movimiento dextral de las fallas NNE sin-mineralización de las vetas Mercedes y Tentadora; así como, con el movimiento sinistral de fallas E - W dentro de las vetas Rosario y Esperanza.

Las estructuras con mineralización aurífera dentro del yacimiento Pampa Andino tienen principalmente rumbo NNE - SSW, hospedadas en rocas volcánicas del Paleoceno y Eoceno tardío (de aproximadamente 36,71 Ma) y ubicadas a la periferia de la caldera Pampa Andino (caldera Tantará; Noble et al., 2005). La fase **CNS (30 Ma - 27 Ma)** compresional produjo tensión N 10° E - S 10° W en la dirección del esfuerzo **61** siendo la más ligada con el emplazamiento de la mineralización.

RELACIÓN ISOTÓPICA ENTRE LOS EVENTOS PLUTONO-VOLCÁNICOS Y LA MINERALIZACIÓN

De los resultados de las composiciones isotópicas de Pb se estima que las relaciones isotópicas de Pb en las menas varían en el rango de: 18.617 - 18.690 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$), 15.594 - 15.654 ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) y 38.520 - 38.745 ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$). Mientras que las rocas hospedantes presentan el rango de: 18.606 - 18.854 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$), 15.596 - 15.630 ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) y 38.520 - 38.745 ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$). Asimismo, los intrusivos registran una variación de 18.682 - 18.699 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$), 15.597 - 15.613 ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) y 38.602 - 38.658 ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$).

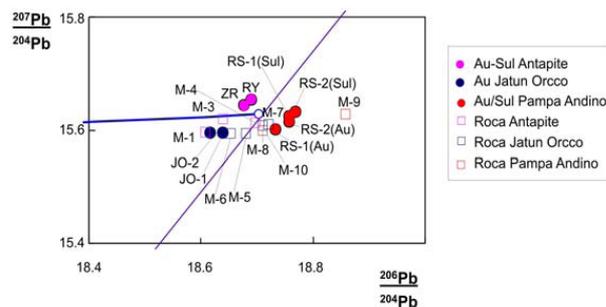


Figura 9. Diagrama de evolución de Pb de Stacey & Krammer (1975) de las muestra de los yacimientos Antapite, Jatun Orcco y Pampa Andino.

El diagrama de $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ Vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ de Stacey & Kramers (Fig. 9) muestra que las mineralizaciones de Antapite, Jatun Orcco y Pampa Andino, están asociadas procesos hidrotermales independientes, debido a que las relaciones isotópicas de Pb, se muestran separadas unas de otras. Asimismo, define que el volcanismo que generó las rocas hospedantes en Antapite y Pampa Andino no son fuente exclusiva de mineralización, debido a que muestran evoluciones de Pb distintas. Contrariamente, el volcanismo

de Jatun Orcco esta estrechamente relacionado con la mineralización aurífera. Los diagramas plumbotectónicos de Zartman & Doe, muestran que las mineralizaciones y rocas volcánicas hospedantes de Antapite tienen como fuente de Pb radiogénico una zona orogénica, con predominio de tanto de la corteza superior como de la corteza inferior, lo que indicaría que el magmatismo de Antapite fue más profundo que los otros y sus fluidos habrían tenido mayores posibilidades para lixiviar metales. Igualmente conlleva a determinar que la falla Chocclanca que controla la mineralización de la veta Zorro rojo en Antapite, corresponda a niveles corticales profundos. Igualmente, indican que el volcanismo de Pampa Andino, no tiene relación con la mineralización; es decir el volcanismo del Eoceno tardío relacionado a la caldera Pampa Andino (caldera Tantará para Noble et al., 2005) no aporta fluidos hidrotermales. Con ello, se respalda la relación entre la deformación de la fase **CNS (30 Ma - 27 Ma)** y la mineralización en este yacimiento, además corroboraría la edad oligocena temprana para la mineralización.

RELACIONES ENTRE MAGMATISMO, TECTÓNICA Y MINERALIZACIÓN EN LA FRANJA HUAYTARÁ-TANTARÁ

Los volcánicos del Paleoceno (**V1**) se habrían producido en un ambiente extensional de la fase **EE-W**, estarían relacionadas con las calderas planteadas por Noble, et al. (2005) y aparentemente no son favorables para la mineralización aurífera (Fig. 10).

La mineralización de Pampa Andino se produce en regímenes compresivos N - S de la fase **CN-S** y la mineralización (**M1**) estaría relacionada a eventos plutono-volcánicos del oligoceno temprano (**V4/P1**).

Los eventos plutono-volcánicos del Eoceno y Eoceno tardío (**V2-V3/P2-P3**) no se muestran favorables para la mineralización.

Entre los 27 Ma y 26 Ma se pone en evidencia un regimen extensional NE - SW definido por la fase **ENESW** que permite la actividad volcánica (**V5**) y generación de sistemas hidrotermales, tal es el caso de los fluidos mineralizantes (**M2**) de Antapite con una edad de mineralización de 26.3 Ma. A partir de los 26 Ma el régimen extensional cambia a transcurrente con compresión E - W representado por la fase **TCE-W**; en este caso, el volcanismo se produciría en zonas de tensión (**V5-V6**) que debido al desplazamiento sinistral generó tensión E - W y permitió la deposición de clavos mineralizados en dicha orientación, como lo respalda Noble con una edad de 25.25 Ma en la veta Zorro Rojo. A los 19 Ma cambia la dirección de compresión a NE - SW, generándose la fase transcurrente **TCNE-SW**, que tendría actividad hasta los 11 Ma aproximadamente, debido a que

volcánicos alrededor de la laguna Choclococha de 12 Ma (V7) muestran ejes de pliegues NW-SE, transversales a la compresión. Esta fase genera tensión NE-SW como las vetas Mercedes y tentadora de Jatun Orcco (M3) y movimientos sinestrales en fracturas E-W. Las fallas sinestrales E-W podría haber sido aprovechadas para el emplazamiento de la

mineralización de las vetas del distrito de Castrovirreyna (M4) de 11.1 Ma (Noble *et al.*, 1999). Entre 10,0 Ma y 9,5 Ma, Wise *et al.*, (2001), registran un régimen extensional E y que habría permitido la generación de volcanismo en Huachocolpa (V8/P6). Entre los 9,5 Ma y 3,9 Ma Wise *et al.*, (2001) definen una fase compresiva E-W igual a la identificada en este trabajo C_{E-W}.

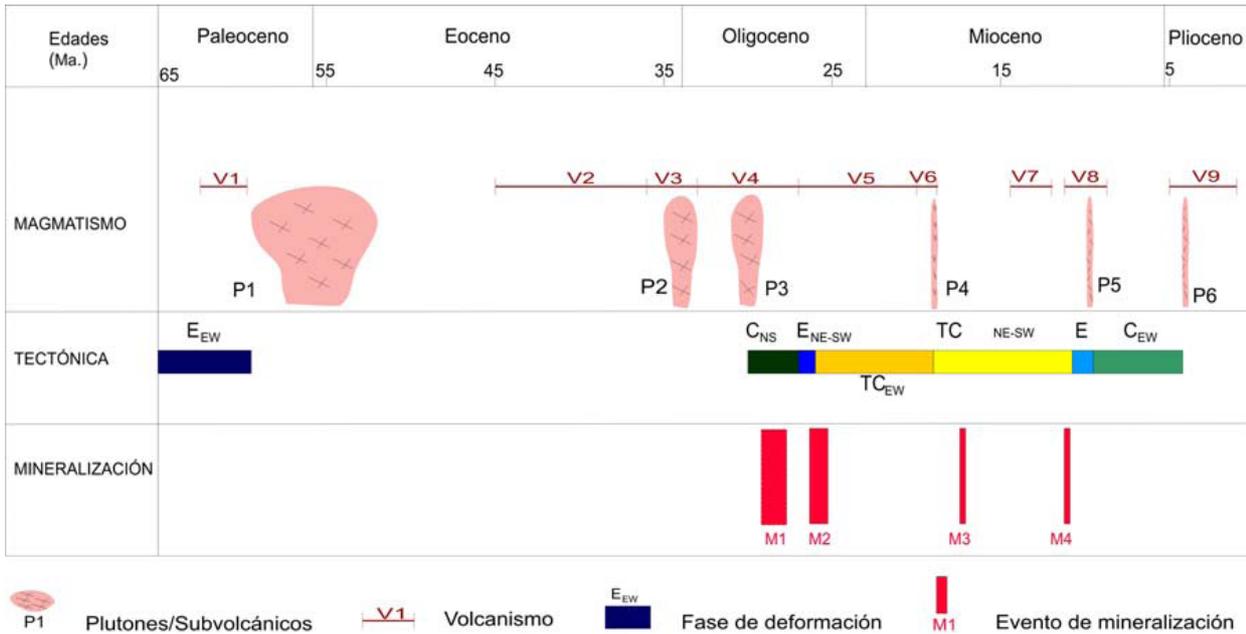


Figura 11. Esquema de relaciones magmáticas, tectónicas y de mineralización de la Franja Huaytará-Tantará y del sector Castrovirreyna-Huachocolpa. Datos compilados de Ángeles (2000, 2003 y 2005), Noble (2002 y 2004), Noble *et al.* (1999 y 2005), Wise *et al.* (2001) y de este trabajo. V1: Tobas Tunsho/ Azángaro), V2: Formación Tantará, V3: Toba Rupachicusa, V4: Tobas Ocobamaba/Callanca/C° Sayasaya V5: Tobas Machucancha/Antapite, V6: toba Condoray, V7: Volcánicos Choclococha, V8: Volcánicos Caudalosa, V9: Volcánicos Astobamba. M1: Pampa Andino, M2: Antapite, M3: Jatun Orcco, M4:Castrovirreyna.

CONCLUSIONES

La fase **ENE-SW** y los primeros estadios de la fase **TCE-W** fueron contemporáneas a la mineralización de Antapite. La fase **ENE-SW** permitió la deposición de menas auríferas en la veta Zorro Rojo. Mientras que la fase **TCE-W** generó zonas de transtensión E-W en la veta Reyna, que corresponde con sus clavos mineralizados. Los fluidos hidrotermales de Antapite estuvieron asociados a volcanismo del Oligoceno medio.

La fase **TCNE-SW** en el área de Jatun Orcco generó tensión NE-SW y fallas sin-mineralización NNE-SSW dextrales y E-W sinestrales, que permitieron la circulación de fluidos mineralizantes relacionados al volcanismo del Mioceno temprano.

Los resultados de las relaciones isotópicas de Pb definen procesos hidrotermales independientes para Antapite, Jatun Orcco y Pampa Andino, con una

evolución de Pb similar para las muestras de oro de Pampa Andino y Jatun Orcco, pero distintas a las de Antapite, sugiriendo potencial aurífero diferente. El volcanismo que generó las rocas hospedantes en Antapite y Pampa Andino no son fuente exclusiva de mineralización, debido a que muestran evoluciones de Pb distintas.

Las mineralizaciones y rocas volcánicas hospedantes de Antapite, Jatun Orcco y Pampa Andino, que tienen como fuente de Pb radiogénico una zona orogénica, sugieren magmatismo más profundo y mayores posibilidades de sus fluidos para lixiviar metales.

El volcanismo del Eoceno tardío relacionado a la caldera Pampa Andino no tiene correspondencia con la mineralización aurífera de sus vetas, corroborando la edad oligocena temprana de la mineralización y de la fase compresional **CN-S**.

Los volcánicos del oligoceno medio muestran características necesarias para ser considerado como un metalotecto importante.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ángeles, C. (2000). *Geología del área del proyecto Antapite (Prov. de Huaytará, Dpto. de Huancaavelica)*. Informe Interno de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., 28 p.
2. Ángeles, C. (2003). *Geología del área del prospecto Pampa Andino (Prov. de Chíncha, Dpto. de Ica; y de Castrovirreyna, Dpto. de Huancaavelica)*. Informe Interno de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., 8 p.
3. Ángeles, C. (2005). *Geología del área del prospecto Pampa Andino (Prov. de Chíncha, Dpto. de Ica; y de Castrovirreyna, Dpto. de Huancaavelica)*. Informe Interno de Cía. Minera Totoral S.A., p. 19.
4. Benavides-Cáceres, V. (1999). «Orogenic evolution of the peruvian andes: The andean cycle». In Skinner, B. J., ed., *Geology and mineral deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists Especial Publication N° 7, pp. 61-107.
5. Bellom, H. & Lefèvre, C. (1977). *Spectre d'ages radiométriques du volcanisme cenozoïque du Pérou central (Region de Castrovirreyna-Ayacucho-Nazca)*. 5^{ème} Reunion Annuelle des Sciences de la Terre, Rennes, Société Géologique de France, Paris, p. 58.
6. Condori, A., Amaya, W., Barrera, Y., Martínez, J. & Rendón, J. (2002). *Informe Final del Proyecto Jatun Orcco - Actividades y Resultados 2002*. Informe interno Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., 32 p.
7. Condori, A., Ochoa, J. & Cruz, S. (2004). *Reconocimiento geológico, Región Antapite - Pampa Andino*. Informe interno Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., p. 115.
8. Gunter, F. & Mensing, M. (2005). *Isotopes principles and applications*. Third Edition. Published by Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, p. 897.
9. MCKee, E. & Noble, D. (1982). «Miocene volcanism and deformation in the western Cordillera and High Plateaus of South - Central Perú». *Geological Society of America, Bulletin* Vol. 93, pp. 657-662.
10. Macharé, J., Sebrier, M., Huamaní, D. & Mercier, J. (1986). «Tectónica cenozoica de la margen continental peruana». *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, N° 76, pp. 45-77.
11. Mégard, F. (1978a). *Etude géologique des Andes du Pérou Central - Contribution à l'étude géologique des Andes*. Vol. 1. Memorie O.R.S.T.O.M. Vol. 86, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 310 p.
12. Mégard, F., Noble, D., MCKee, E. & Cuénod, Y. (1985). «Tectonic significance of silicic dikes contemporaneous with latest miocene quechua III tectonism in the Rimac Valley, western cordillera of Central Perú». *Journal of Geology*, Vol. 93, pp. 373-376.
13. Noble, D., Farrar, E., & Cobbing, E. (1979a). «The Nazca group of south-central Perú: Age, source and regional volcanic and tectonic significance». *Earth and planetary science letters*, Vol. 45, pp. 80-86.
14. Noble, D., Mégard, F. & McKee, E. (1979b). «Early tertiary "incaic" tectonism, uplift and volcanic activity, Andes of Central Perú». *Geological Society of America, Bulletin* Vol. 90, pp. 903-907.
15. Noble, D., Sébrier, M., Mégard, F. & MCKee, E. (1985). Demonstration of two pulses of paleogene Deformation in the Andes of Perú: Earth and Planetary Science Letters, Vol. 73, p. 345-349.
16. Noble, D., MCKee, E., Mourier, T. & Mégard, F. (1990). «Cenozoic stratigraphy, magmatic activity, compressive deformation and uplift in northern Perú, demonstration of two pulses of paleogene». *Geological Society of America, Bulletin* Vol. 102, pp. 1105-1113.
17. Noble, D. & McKee (1999). «The miocene metallogenic belt of central and northern Perú». In Skinner, B. J., ed., *Geology and mineral deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists Especial Publication, N° 7, pp. 155-193.
18. Noble, D. (2001). *Economically important geological constraints on mineralization base don preliminary isotopic age determinations on rocks at Antapite*. Memorando Interno de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.
19. Noble, D. (2002). *Age of mineralization at mina Antapite and Jatun Orcco*. Informe interno Cía. De Minas Buenaventura S.A.A.
20. Noble, D. (2004a). *First isotopic ages from Pampa Andino*. Memorandum para C.E Vidal, 2 pp.
21. Noble, D., Vidal, C., Angeles, C., Wise, J., Zannetti, K. & Spell, T. (2005). «Caldera related ash-flow tuff of paleocene age in central Perú and its significance for late cretaceous and paleocene magmatism, sedimentation and tectonism». *Boletín Especial de la Sociedad Geológica del Perú*. N° 6. Alberto Giesecke Matto, pp. 127-140.
22. Paredes, J. & Benavides, A. (1977). «Tectónica de fractura y mineralización del distrito de Huachocolpa (Andes Centrales del Perú)». En 2nd Congreso on Latin American Geology. Venezuela *Bulletin of Geology Special Publication*, N° 7, pp. 2521-2531.

23. Sebrier, M. & Soler, P. (1991). «Tectonics and magmatism in the peruvian andes from late oligocene time to the present». *Geological Society of America*, Special Paper, Vol. 265, pp. 259-278.
24. Steinmann, G. (1929). *Geologie von Perú*. Heidelberg, Carl Winterss Universitats Buch Handlung, 448 pp.
25. Vidal, C., Condori, A., Ochoa, J. & Cruz, S. (2004). *Franja aurífera de baja sulfuración de Huancavelica*. XII Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos, pp. 746-749.
26. Vidal, C. (2004). *Nuevas regiones auríferas en el Perú*. VI Simposium Internacional del Oro.
27. Wise, J., Noble, D. (2001). «La falla Chonta del Perú central - Una falla inversa con reactivación de rumbo respondiendo a un cambio de la oblicuidad relativa de convergencia de las placas tectónicas». *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, N° 92, pp. 29-41.