

ISÓTOPOS DE Pb Y Sr EN EL COMPLEJO PORFIRÍTICO (Cu- Au) UTUPARA – ANTABAMBA – APURIMAC. APLICACIONES A LA EXPLORACIÓN MINERA.

Alberto Bustamante Romani

Email: albastaro@gmail.com

INTRODUCCIÓN

EL Complejo porfirítico (Cu-Au) Utupara se encuentra ubicado en la provincia de Antabamba departamento de Andahuaylas. Este prospecto está incluido dentro de la franja metalogenética del Batolito de Andahuaylas–Yauri la cual es reconocida por hospedar depósitos de tipo pórfido-skarn de Cu-Au±Mo. Litológicamente el área está caracterizada por secuencias clásticas y carbonatadas de edad mesozoica las cuales están intruídas por un sistema ígneo polifásico que ha evolucionado desde fases intermedias en la etapa de pre-mineralización hasta fases más ácidas en la etapa de mineralización

En el área existen tres estilos de mineralización siendo el principal el del tipo pórfido el cual se encuentra relacionado a la ocurrencia de una brecha intrusiva mineralizada y una serie de stocks monzoníticos. Asociado a este sistema se ha identificado mineralización del tipo skarn y vetiforme. Fallas con rumbo NNW-SSE y NE-SW controlan la alteración y mineralización. La alteración es predominantemente potásica (FK- bt - ab - mt - py - cpy) con sobre imposición de fases sericíticas y propilíticas.

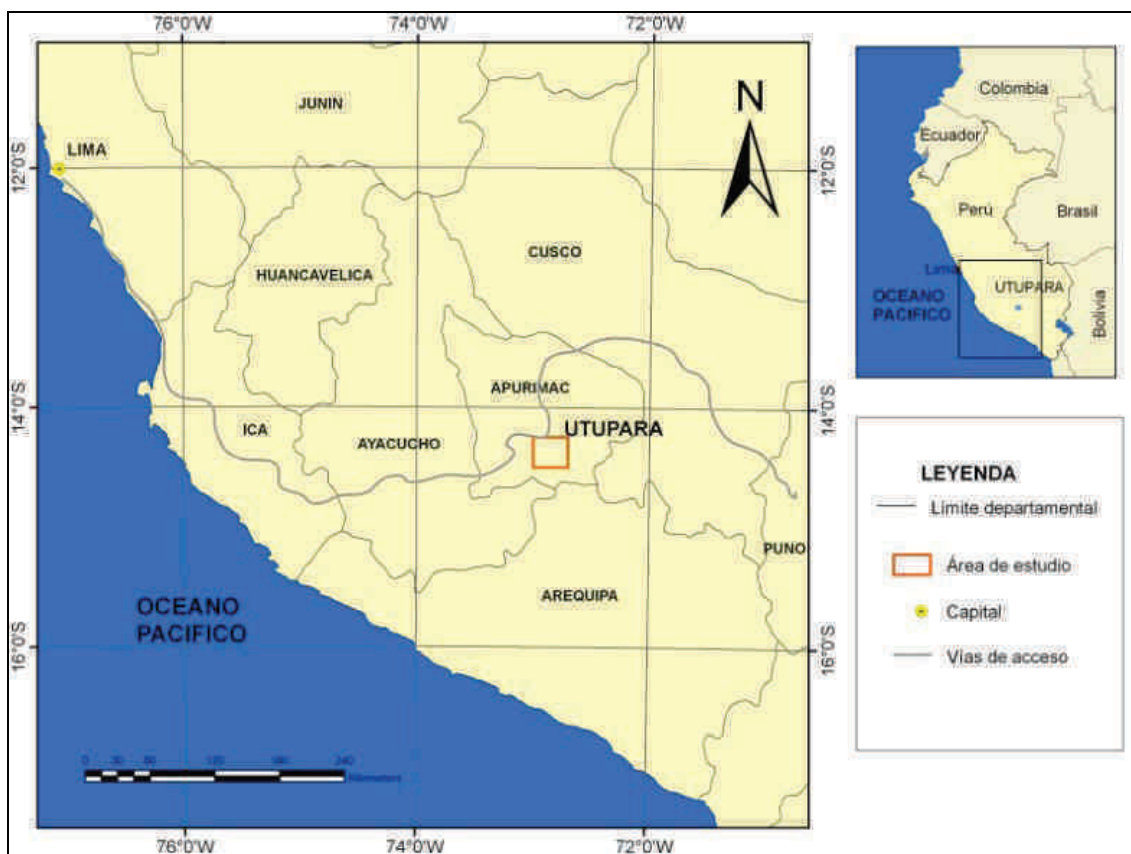


Figura 1. Mapa de Ubicación

ISOTOPOS DE PLOMO

Para establecer la fuente de los metales se realizaron estudios isotópicos de Pb obteniéndose las relaciones isotópicas $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ en 05 muestras de pirita pertenecientes a la brecha intrusiva mineralizada y en 02 muestras de diorita pertenecientes a la roca hospedante.

Tabla 1. Resultados isotópicos de Pb del área de Utupara

Muestra	Material	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro % (1s)	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro % (1s)	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro % (1s)
UTU-001	Pirita	18.596	0.041	15.629	0.044	38.661	0.044
UTU-002	Pirita	18.645	0.007	15.652	0.010	38.760	0.010
UTU-003	Pirita	18.641	0.020	15.654	0.019	38.732	0.023
UTU-004	Pirita	18.675	1.055	15.729	1.061	38.963	1.065
UTU-005	Pirita	18.703	0.009	15.662	0.009	38.790	0.009
UTU-012	Diorita	18.848	0.008	15.649	0.008	38.941	0.008
UTU-016	Diorita	18.755	0.007	15.638	0.008	38.839	0.008

MODELO DE EVOLUCIÓN DE Pb EN 2 ESTADIOS DE STACEY Y KRAMERS (1975)

En la figura 03 se puede observar que las muestras de mineralización (pirita) se ubican por encima de la curva de evolución del plomo de Stacey & Kramers. Las muestras de roca hospedante (diorita) manifiestan una tendencia acorde con la curva de evolución de Pb (SK) lo que evidencia que las muestras de mena manifiestan la misma tendencia con sus rocas hospedantes; esto nos sugiere una participación mayoritaria del intrusivo diorítico en la mineralización.

La mejor recta que pasa por los puntos de las muestras de sulfuros intercepta la curva SK en 51 Ma. Como los puntos no son colineales y esta edad es fuertemente dependiente del modelo de Stacey y Kramers (1975) no se puede garantizar un significado geológico de la edad obtenida, sin embargo se puede sugerir una edad más antigua para la mineralización dentro del Batolito de Andahuaylas-Yauri.

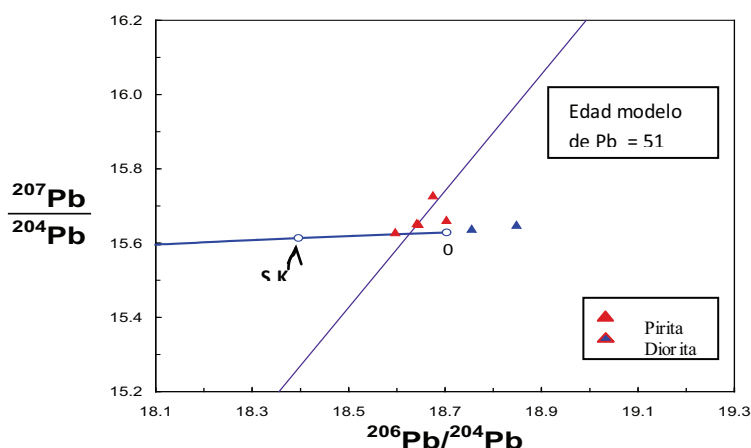


Figura 3. Diagrama de composiciones isotópicas de plomo $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para las muestras de mena y roca fresca del área de Utupara. Se utilizó como referencia la curva de evolución isotópica de Pb establecida para el modelo de Stacey & Kramers (1975).

MODELO PLUMBOTECTÓNICO DE ZARTMAN & DOE (1981)

En el diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Figura 04) se puede ver que tanto las muestras de mena como las de rocas (diorita) se ubican entre la curva de la corteza superior y la curva de mezcla orogénica lo que sugiere que la fuente principal son rocas de la corteza superior. Las muestras de sulfuros siguen la misma tendencia de la curva de evolución isotópica de Pb de las rocas intrusivas hospedantes por lo tanto se puede admitir a estas rocas como la fuente principal de Pb de los minerales de mena. En el diagrama $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Figura 05) se puede distinguir que la fuente tiene una relación Th/Pb por encima del promedio pero que no llegan a ser elevadas. En general las razones isotópicas de $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ observadas en las muestras de mineralización son homogéneas lo que sugiere que la fuente principal sería el propio complejo intrusivo a partir de una circulación de fluidos dentro del cuerpo diorítico.

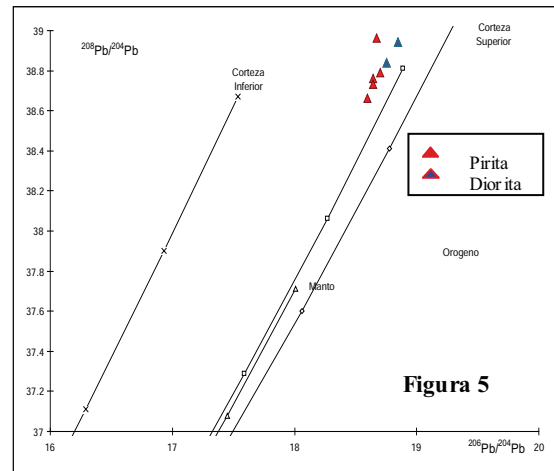
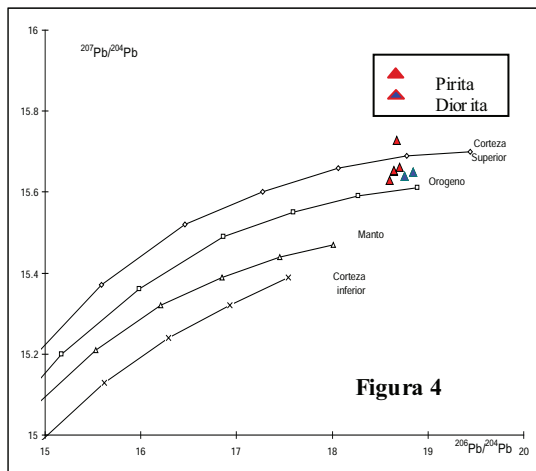


Figura 4. Diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para las muestras de mena y roca usando como referencia las curvas de evolución isotópica de Pb establecidas para el modelo Plumbotectónico Uranogénico de Zartman & Doe (1981). Figura 05: Diagrama $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ para las muestras de mena y roca usando como referencia las curvas de evolución isotópica de Pb establecidas para el modelo Plumbotectónico Toriogénico de Zartman & Doe (1981).

COMPARACIONES DE LAS COMPOSICIONES ISOTÓPICAS DE Pb DE UTUPARA CON ALGUNOS DEPÓSITOS PERUANOS.

Con fines comparativos se han graficado los valores de razones isotópicas de Pb de algunos depósitos peruanos característicos tratando de incluir las principales franjas mineralizadas del Perú (Figura 06). Se puede notar que existe una evolución radiogénica del plomo con valores que se incrementan desde los depósitos más cercanos a la zona de subducción a los más alejados. Los depósitos porfíricos paleocenos del sur de Perú (Toquepala y Cerro Verde) tienen las composiciones isotópicas de Pb menos radiogénicas y el depósito tipo Mississippi Valley de San Vicente tiene los valores más radiogénicos, esta característica es típica en este tipo de depósitos debido a que ocurre una mayor circulación de fluidos a través de las rocas sedimentarias. Sin embargo esta característica también puede sugerir que existe un crecimiento de estas razones isotópicas con respecto a la distancia a la Fosa Peru-Chile (Macfarlane et al (2005). Las muestras de Orcopampa manifiestan razones isotópicas con valores cercanos a los de Utupara. Julcani y Yanacocha muestran valores dispersos con un rango de composición isotópica mucho más grande característico de depósitos epitermales. Los pórfidos miocénicos del norte del Perú (Galeno y Michiquillay) presentan valores

algo más elevados que los Utupara pero en conjunto parecen manifestar predominio de material orogénico.

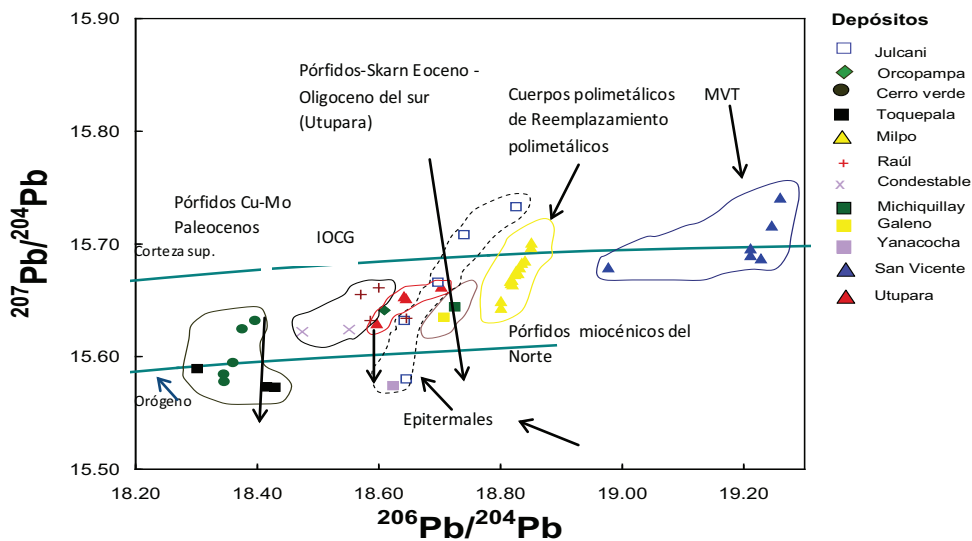


Figura 6. Comparación de razones isotópicas de Pb de Utupara con otros depósitos peruanos. Diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ mostrando

comparación isotópica de Pb de distintos depósitos

ISÓTOPOS DE ESTRONCIO

Para caracterizar las fuentes de mineralización se analizó dos muestras con el fin de obtener las relaciones iniciales de Sr de los fluidos mineralizantes. Las rocas muestreadas fueron tomadas considerando la alteración hidrotermal relacionada a la mineralización de tal manera que los resultados obtenidos deben referirse a la composición isotópica inicial del fluido mineralizante resultante de la interacción con la roca caja.

Tabla 2. Resultados isotópicos de Sr del área de Utupara

Muestra	Material	Rb(ppm)	Sr(ppm)	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ (X)	Erro	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ (Y)	Error
UTU-007 D84	RTOT	57.3	332.4	0.499	0.014	0.706526	0.000056
UTU-008 D84	RTOT	164.43	1116.29	0.4262	0.0034	0.70585	0.00005

ISOTOPOS DE Sr COMO INDICADOR DEL POTENCIAL DE DEPÓSITOS PORFIRÍTICOS

Los isótopos de estroncio son usados como un indicador del tamaño del potencial de los depósitos porfiríticos. Si asumimos que en general todos los pórfidos son formados por los mismos procesos con una variación de la energía de los fluidos entonces se puede deducir que aquellos fluidos que tienen una energía elevada es decir una fuente de calor muy fuerte emplearán un tiempo relativamente corto durante su ascenso para atravesar la corteza lo que indica que no tendrán contaminación cortical significativa y su circulación hidrotermal será en una zona mucho más grande manifestándose con valores bajos en la relación inicial de Sr⁸⁷/Sr⁸⁶. Si los fluidos tienen una energía baja estos van atravesar la corteza en un periodo más prolongado teniendo el tiempo suficiente para sufrir una contaminación cortical lo que se manifiesta en valores altos de la relación inicial de Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ (Tassinari, 2007). Este concepto valido para depósitos del mismo distrito ha sido empleado para verificar la existencia de alguna dependencia entre el tamaño del depósito y las relaciones iniciales de Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ en los depósitos porfiríticos del norte de Chile encontrándose que existe una relación inversa (Tassinari, 2007). De estas relaciones se puede deducir que si el pórfido tienen una baja relación isotópica inicial de Sr entonces tiene una posibilidad de ser un depósito grande, si la relación es alta, indica fuerte contaminación cortical, entonces existe la probabilidad de ser pequeño.

REFERENCIAS

- Faure, G., and Mensing, M., 2005, *Isotopes Principles and Applications*, Third Edition. Published by Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, p. 897.
- Kontak, D. J., Cumming, G.L., Krstic, D., Clark, A. H., and Farrar, E., 1990. Isotopic composition of lead in ore deposits of the Cordillera Oriental, southeastern Peru: *Economic Geology*, v. 85, p. 1584-1603.
- Gunnesch, B.L., Baumann, A., and Gunnesch, M., 1990, Lead isotope variations across the central Peruvian Andes : *Economic geology*, v. 85, p. 1384-1401.
- Macfarlane, A. W., Marcet, P., Lehuray, A. P., and Petersen, U., 1990, Lead isotopic provinces of the central Andes inferred from ores and crustal rocks: *Economic Geology*, v. 85, p. 1857-1880.
- Mamani, M.I., 2006, Variations in magma composition in time and space along the Central Andes (13°S-28°S). Ph.D. Dissertation at Göttingen University. En la red: http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2006/mamani_huisa/mamani_huisa.pdf [vistado el 01/07/2008].
- Mukasa, S. B., and Vidal, C. E., 1990, Pb isotope bearing on the metallogenesis of sulfide ore deposits in central and southern Perú: *Economic Geology*, v. 85, p. 1438-1446.
- Perello, J., Carlotto, V., et al, 2003, Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region, Peru : *economic Geology*, v. 98, p. 1575-1605.
- Petersen, U., Macfarlane, A.W. y Danielson, A., 1993, Lead isotopic provinces in Perú, Bolivia and Northern Chile. In: *Andean Geodynamics. Proceedings of the ORSTOM/Oxford University International Symposium (Oxford)*, p. 477-480.

Stacey, J.S., and Krammers, J. D., 1975, Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model: Earth Planet.Sci.Letters, v.26, p. 207-221.
Zartman, R.E., and Doe, B.R., 1981, Plumbotectonics the model : Tectonophysics, v. 75, p. 135-162.