



Petrogénesis de las rocas intrusivas del Grupo Casma (145-105 Ma) en el segmento Acarí–San Juan de Marcona

Walter Ccallo, Mirian Mamani, Harmuth Acosta, Juan Rodríguez, y Moises Cutipa

INGEMMET, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú (jrodriguez@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

El área de estudio se ubica en los departamentos de Arequipa e Ica, suroeste del Perú, dentro de la franja metalogenética de depósitos de Fe-Cu-Au (IOCG, Iron Oxide-Copper-Gold) del Jurásico medio a Cretácico inferior (Carlotto et al., 2009). Los depósitos IOCG [e.g., Raúl-Condostable (Cu-Au-Ag-Zn-Pb), Eliana (Cu-Fe), Marcona (Fe), Mina Justa (Cu-Fe-Au), Pampas de Pongo (Cu-Fe-Au), y Hierro Acarí (Fe-Cu-Au)] están relacionados a diferentes facies de dioritas. Estas dioritas se formaron durante la actividad del arco magmático Casma (145-105 Ma; Mamani et al., 2010).

Los estudios de las dioritas para la zona de Acarí llegaron a diferentes conclusiones. Dunin (1970) diferenció tres tipos de diorita: 1) una diorita marginal de grano fino, 2) una diorita central de grano grueso, y 3) una diorita cuarcífera aplítica. En cambio, el trabajo de Injoque (1985) menciona que las dioritas de Acarí contienen piroxenos y también anfíboles del tipo actinolita. Las dioritas de Acarí fueron datadas en 109 ± 4 Ma por el método K-Ar (Vidal, 1990). Otros afloramientos de dioritas ocurren en el Cerro Huaricangana, donde se trata de dioritas cuarzosas de 113 ± 2 Ma (Chara, 2000). Al sur del Cerro Huaricangana, en la mina Marcona, afloran stocks dioríticos a lo largo de fallas de dirección NE-SO y son las que están relacionadas a las ocurrencias de Fe (Chen, 2008). Los sills y diques de diorita relacionados a la mineralización de magnetita en Pampa de Pongo fueron estudiadas por Hawkes et al. (2003), pero para estos intrusivos no se tiene información de dataciones.

En base a los datos geocronológicos de las dioritas sabemos que éstas se han formado coetáneamente (113-109 Ma), pero sus características petrográficas son diferentes. Por lo tanto, en el Proyecto GR1 "Geología de la costa sur y vertiente oeste de la Cordillera Occidental", usamos las características petrográficas, geoquímicas,

geológicas y tectónicas para caracterizar estas dioritas. El interés principal es entender el contexto magmático, tectónico y metalogenético de cuándo se formaron estas dioritas. Para ello, usamos las muestras de Cerro Huaricangana, Acarí y Pampa de Pongo. Finalmente se compara las petrografías observadas con las dioritas más recientes (~ 90 Ma) del Cerro San Francisco.

2. Método petrográfico de población de cristales

La aplicación de este método fue descrita por Jerram y Martin (2008). Para el análisis se usa cuatro componentes principales, los cuales se deben observar y/o determinar en una sección delgada: 1) fenocristales y cristales co-genéticos; 2) xenocristales, cristales ajenos a la serie magmática y el sistema del magma; 3) antecristales, cristales que se reciclan una o varias veces antes de su inclusión en el magma, pero tienen un origen en el sistema magmático; 4) microlitos, que representan los pequeños cristales co-genéticos que nuclean y crecen rápidamente en la desgasificación y en la erupción. La determinación de estos componentes ayuda a conocer si los cristales se formaron in situ o fueron reciclados bajo diferentes condiciones del sistema magmático.

3. Descripción de muestras en sección delgada

3.1. Intrusivo Huaricangana (113 ± 2 Ma)

Muestra GR1-12-37. Esta muestra corresponde a un stock y se ubica al norte de la mina Marcona (Fig. 1). Es una diorita holocristalina fanerítica con textura inequigranular (Fig. 2A). El cuarzo con formas anhedrales se encuentra rellenando intersticios. Las plagioclasas (2 mm) presentan bordes con formas euhedrales a

subhedrales alterándose a sericitas; a veces se observan inclusiones de apatito. Los clinopiroxenos (250 μ m) con formas euhedrales a subhedrales hacia los bordes y dentro de los cristales se reemplazan a minerales opacos. Los cristales de ortopiroxeno (1 mm) con formas euhedrales a subhedrales presentan bordes corroídos y

alterados. Generalmente los clinopiroxenos y ortopiroxenos se presentan agrupados y superpuestos a manera de cúmulo y los bordes de estos cúmulo se reemplazan a minerales opacos de hasta 0.5 mm (Fig. 2A'). El porcentaje estimado para los minerales opacos es menor de 5% de volumen en roca total.

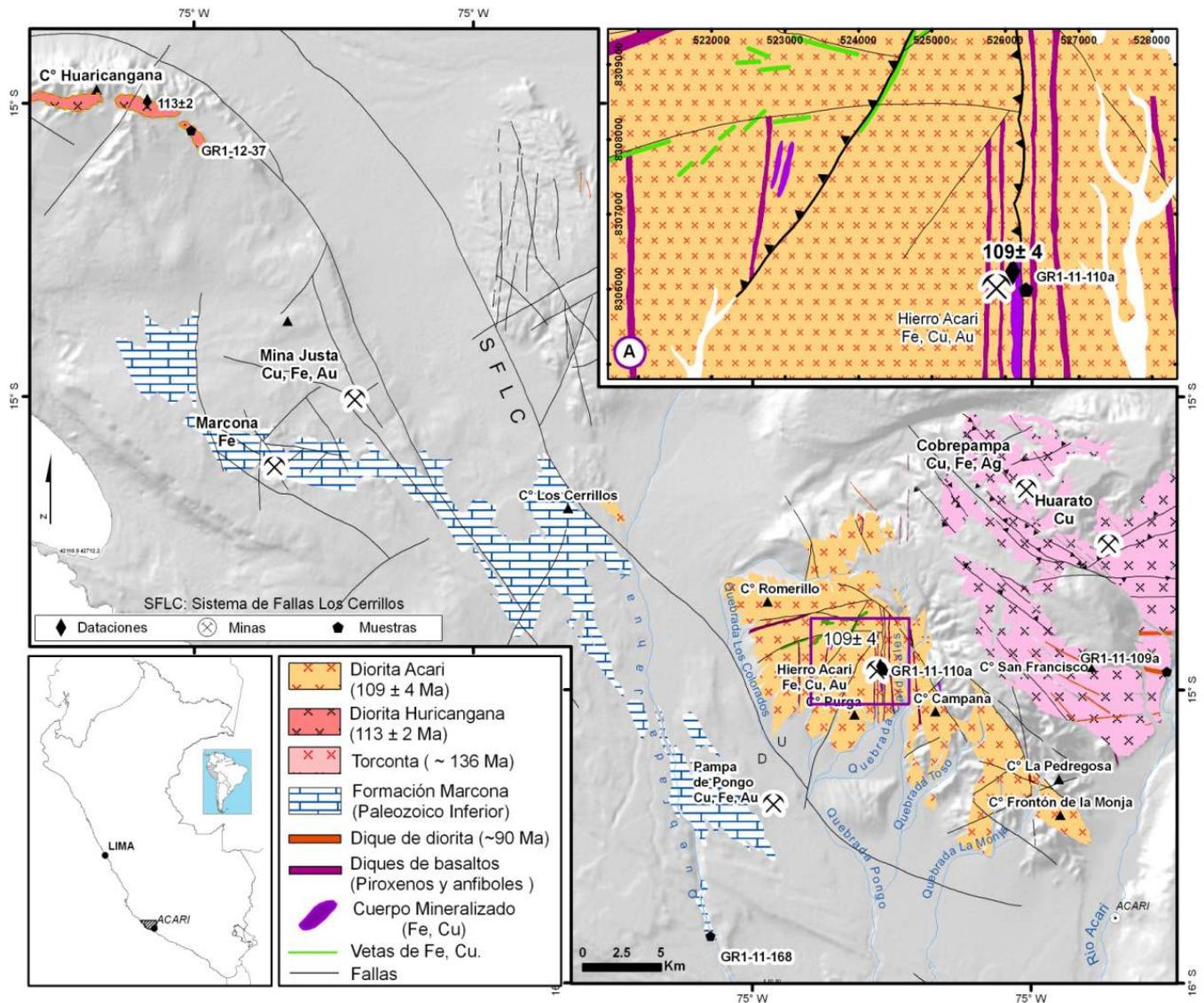


Figura 1. Mapa geológico de las unidades litológicas, y ubicación de las muestras. 1A) Área de zona fallada y mineralizada (Cu, Au) en las dioritas Acari, con la ubicación de la datación de Vidal (1990) y de la muestra GR1-11-110a.

3.2. Intrusivo Acari (109 ± 4 Ma)

Muestra GR1-11-110a. Ubicado al noroeste del poblado de Acari, en la mina Hierro Acari (Figs. 1A y 1A'). Se trata de una diorita holocristalina fanerítica con textura equigranular (Fig. 2B). Los cristales de cuarzo (0.2 mm) con formas anhedral se encuentran fragmentados, intercrecidos en cristales de feldespato potásico (textura mirmequítica). Los cristales de feldespato potásico (0.7 mm) se encuentran intercrecidos dentro de los fenocristales de plagioclasas con bordes alterados. Los cristales de plagioclasas (2 mm) presentan maclas

polisintéticas y se encuentran alterados en los bordes a sericita. Los fenocristales de clinopiroxeno y ortopiroxeno (0.8 mm) con formas subhedrales contienen mayor diseminación de minerales opacos (0.5 mm). Los fenocristales de anfíbol (actinolita), de hasta 1 mm con diseminación de minerales opacos < 0.1 mm, se caracterizan por mostrar facilidad en el reemplazamiento de minerales de Fe (Fig. 2B'). El porcentaje estimado para los minerales opacos es menor a 4% del volumen de roca total.

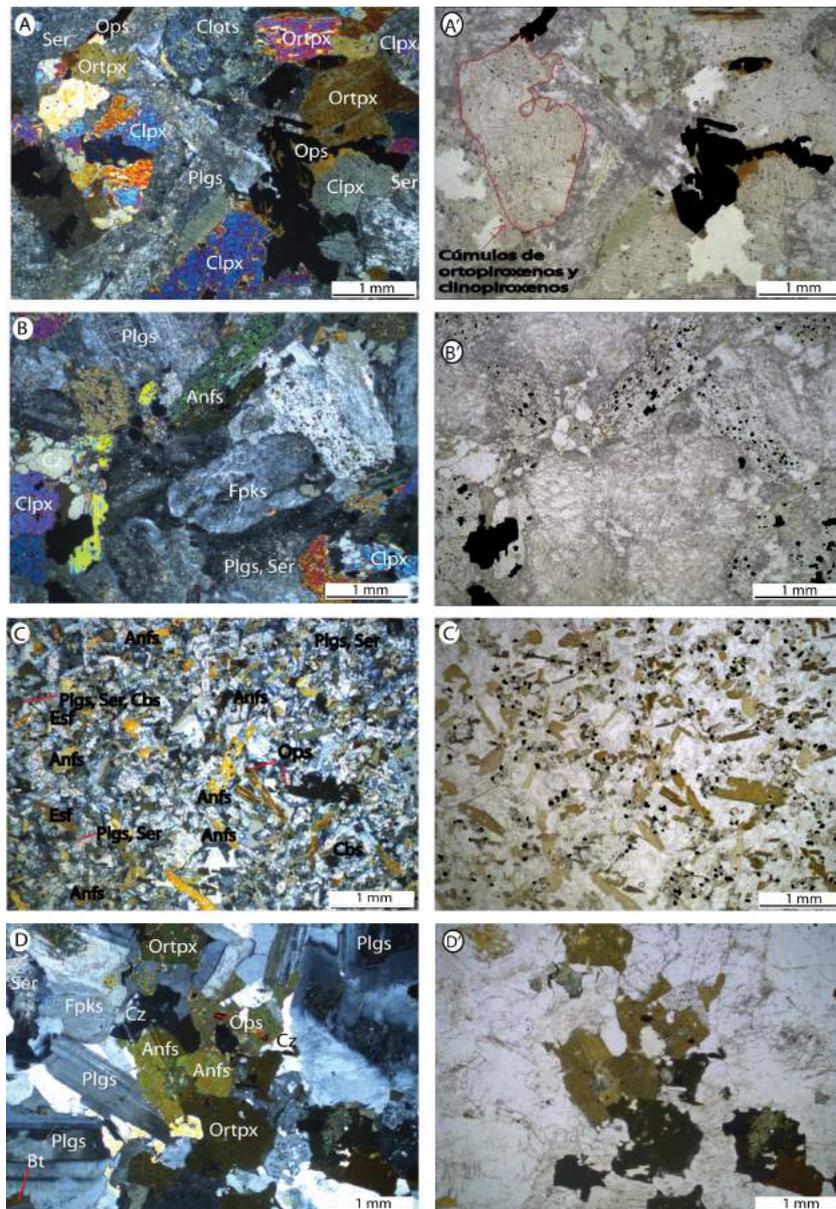


Figura 2. Microfotografías tomadas con un lente de 2.5X en un microscopio modelo Leica DM750P. A) Muestra GR1-12-37, diorita Huaricangana. B) Muestra GR1-11-110a, diorita Acarí. C) Muestra GR1-11-168, microdiorita de Pampa de Pongo. D) Muestra GR1-11-109a, cuarzo diorita. A, B, C y D: vistas en LPA (Luz polarizada y analizada); A', B', C' y D': vistas en LPNA (Luz plano-Polarizado-No Analizado). Pgl: plagioclasas, Fpks: feldespato potásico, Ops: opacos, Clpx: clinopiroxeno, Ortpx: Ortopiroxeno, Cz: Cuarzo, Anfs: anfíboles, Esf: Esfena, Bt: Biotita, Ser: Sericita, Cbs: Carbonatos.

3.3. Sill de Pampa de Pongo (~109 Ma)

Muestra GR1-11-168. Esta muestra pertenece a un sill intruyendo rocas sedimentarias de la Formación Marcona (Caldas, 1978), ubicado al noroeste del poblado de Acarí en Pampa de Pongo y Quebrada Jahuay (Fig. 1). Es una microdiorita holocristalina fanerítica con cristales distribuidos en forma inequigranular de textura porfírica (Fig. 2C). Los cristales de cuarzo con formas anhedrales presentan tamaños < 0.1 mm. Los cristales de feldespato potásico tienen formas subhedrales y se presentan en intersticios algunas veces junto al cuarzo. Los microcristales de plagioclasas (≤ 0.1 mm) tienen formas subhedrales a euhedrales y algunas veces están maclados y zonados con inclusiones de apatito. Los cristales de ortopiroxeno (0.2 mm) presentan formas

subhedrales con bordes alterados y corroídos. Los fenocristales (1 mm) de tremolita se encuentran dentro de una matriz de microcristales de plagioclase, cuarzo y feldespato potásico. Los fenocristales de esfena (titanita) (1mm) con formas subhedrales se presentan en forma dispersa con los bordes alterados. Los minerales de sericita, clorita y carbonatos junto con minerales opacos (≤ 0.1 mm) (Fig. 2C') se encuentran en forma diseminada en la matriz. Los minerales opacos se concentran en los bordes de los cristales de tremolita y son menores de 3% del volumen de roca total.

3.2. Dique de San Cristóbal (~90 Ma)

Muestra GR1-11-109a. Esta muestra corresponde a un dique y se ubica al norte del poblado de Acarí, en el Cerro

San Francisco y el río Acarí (Fig. 1). Corresponde a una cuarzo-diorita holocristalina fanerítica con textura granular (Fig. 2D). Los cristales de cuarzo (textura mirmequítica y gráfica) con formas anhedrales se encuentran rellenando intersticios con inclusiones de apatito. Entre los cristales de plagioclasa apreciamos algunos cristales de feldespato potásico (0.2 mm) en textura perfitica. Las plagioclasas (1.5 mm) se encuentran macladas y zonadas con muy poca alteración y fracturamiento en los bordes. Los fenocristales de ortopiroxeno (1 mm) tienen formas subhedrales y bordes corroídos. En los cristales de anfíbol (1 mm), con formas euhedrales a subhedrales, se observan maclas simples de contacto. Los minerales opacos (Fig. 2D') en su gran mayoría están distribuidos sobre las biotitas. El porcentaje de minerales opacos es menor de 2% del volumen de roca total.

4. Geoquímica

En el diagrama de SiO_2 versus $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Fig. 3A), las dioritas Acarí y las dioritas de Huaricangana caen en el campo de las series calcoalcalinas. En la relación SiO_2 (wt%) versus $\text{FeO}_{\text{total}}$ las dioritas tienen alto contenido de Fe (Fig. 3B). En el perfil de elementos de tierras raras normalizados al condrito (Fig. 3C) se observa una pendiente suave y empobrecimiento de Eu. En cambio, para las dioritas Huaricangana se observa una pendiente pronunciada, debido a las bajas concentraciones de tierras raras pesadas. Estos diagramas sugieren que las dioritas derivan de fuentes de magma diferentes, además que la diorita Acarí posee más contenido de agua. En el diagrama de estado de oxidación de los magmas (Fig. 3D), las dioritas caen alejadas al campo de ocurrencias de Fe-Cu-Au, confirmando la relación genética entre estos intrusivos y los depósitos de IOCG.

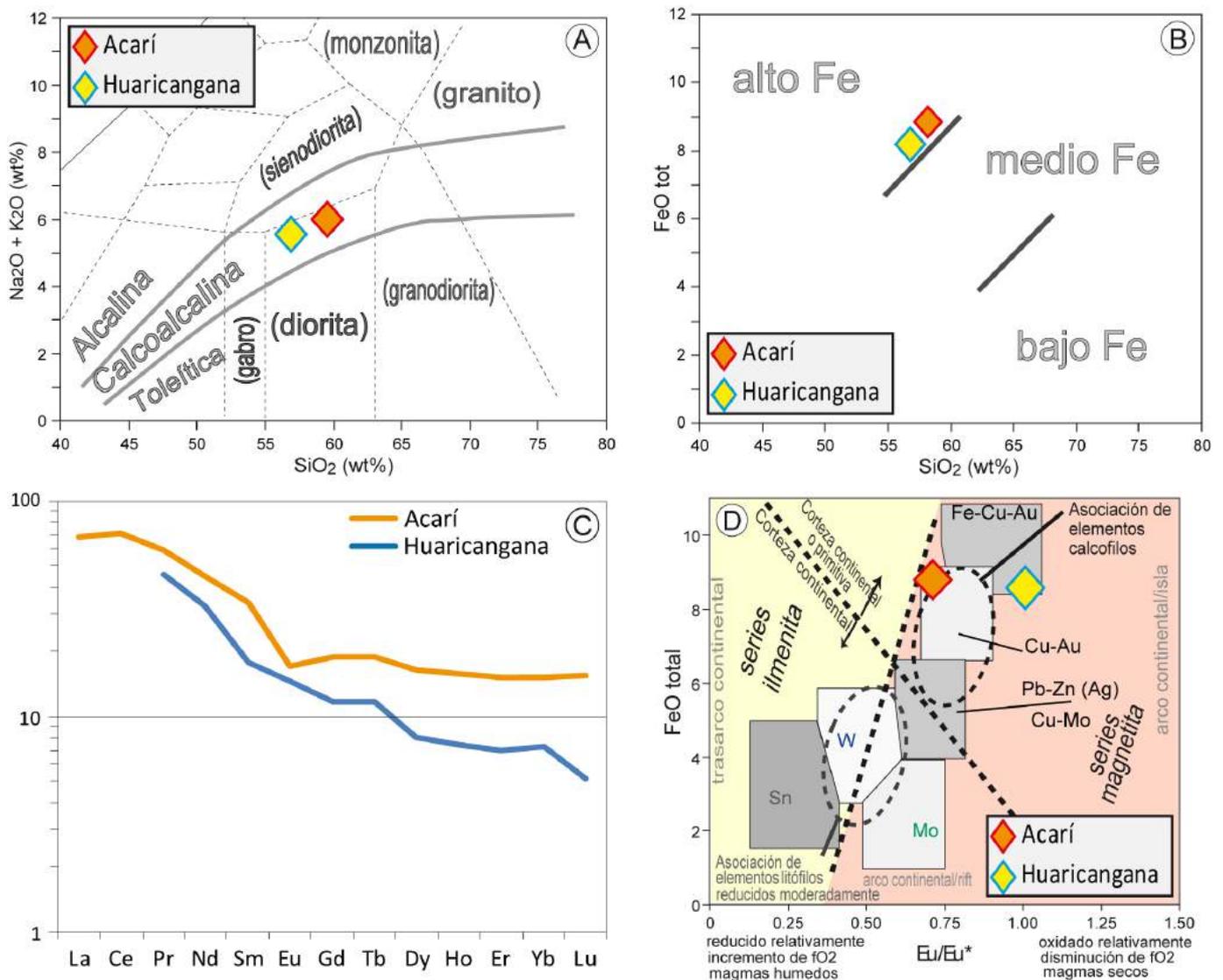


Figura 3. A) Diagrama binario de SiO_2 (wt%) versus $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (wt%). B) Diagrama binario de SiO_2 (wt%) versus $\text{FeO}_{\text{total}}$. C) Diagrama de elementos de tierras raras normalizados al condrito. D) Diagrama de razones Eu/Eu^* versus $\text{FeO}_{\text{total}}$.

5. Discusión

La característica del intrusivo de Huaricangana es la presencia de cúmulos de clinopiroxenos y ortopiroxenos que se alteran a grandes cantidades de minerales opacos (óxidos de Fe). Los fenocristales de plagioclasa tienen bordes alterados debido a la dispersión magmática y una posterior recarga del mismo líquido magmático.

La población de cristales del intrusivo Acarí presenta en los cristales de cuarzo textura mirmequítica y no presenta cúmulos de cristales como en el intrusivo de Huaricangana. Los minerales opacos (óxidos de Fe) están relacionados principalmente a los fenocristales aislados de clinopiroxeno y ortopiroxeno. En los cristales de actinolita se observa pequeñas cantidades de óxidos diseminados en todo el cristal.

La microdiorita de Pampa de Pongo presenta textura porfirítica con fenocristales de actinolita y esfena (titanita) alargados dentro de una matriz compuesta por microcristales de plagioclasas, clinopiroxenos, carbonatos, cuarzo y feldspatos. Los minerales opacos (óxidos de Fe) se observan diseminados en la matriz y deben estar relacionados a los microcristales de clinopiroxeno y ortopiroxeno (Fig. 2C'). Las tremolitas en forma de microlitos indican que estos magmas representan una rápida nucleación y el crecimiento de sus cristales se produjo durante la desgasificación, y su tiempo de residencia es demasiado corto, esto explicaría el poco desarrollo de los cristales de clinopiroxeno.

Para comparar la textura y sobretodo la población de los piroxenos y anfíboles, se muestra la microfotografía de un dique de cuarzo-diorita que corta a la super-unidad Torconta (Fig. 1 y Fig. 2D). La diferencia entre las muestras de dioritas del Grupo Casma relacionadas a IOCG y las cuarzo-dioritas de ~90 Ma no relacionadas a depósitos de minerales está en el tipo y cantidad de piroxenos y anfíboles. Las cuarzo-dioritas tienen cristales de ortopiroxeno con muy poca cantidad de minerales opacos (óxidos de Fe), encontrándose éstos en su mayoría sobre los cristales de biotita.

6. Conclusión

La abundancia de los minerales opacos (óxidos de Fe) está más relacionada a cúmulos de clinopiroxenos y ortopiroxenos. Las agrupaciones de cristales de clinopiroxeno y ortopiroxeno sólo se dan en los intrusivos de Huaricangana. La diorita Acarí presenta poco y/o nada de aglomeramientos de cristales. Finalmente el sill de microdiorita de Pampa de Pongo se emplazó en corto tiempo en la zona débil formada por un sistema de fallas de dirección NO-SE con movimientos normales.

El estado de oxidación con relación al contenido de H₂O de los magmas (Fig. 3D) muestra que las dioritas del

Grupo Casma (Acarí, Huaricangana, y Pampa de Pongo) están relacionadas genéticamente a los yacimientos de tipo IOCG.

Comparando con la diorita del Cerro San Francisco, los cristales de ortopiroxeno en los diques de ~90 Ma no tienen relación con la presencia de minerales opacos.

Referencias

- Caldas, J. 1979. Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acari y Yauca (hojas 31-m, 31-n, 32-n). Carta Geológica Nacional, Boletín del INGEMMET, serie A, v. 30, 78 p.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, M., Díaz, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, K., Lu, S., Cueva, E. 2009. Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 103, p. 1-89.
- Chara, J. 2000. Petrografía, geocronología y exploración minera en el cuadrángulo de Ica: Nuevos datos. X Congreso Peruano de Geología, Lima, Actas, v. 2, p. 410-424.
- Chen, H. 2008. The Marcona-Mina Justa District, south-central Perú: Implications for the genesis and definition of the iron oxide-copper (gold) ore deposit clan. Unpublished Ph.D. thesis, Kingston, Ontario, Canada, Queen's University, 266 p.
- Dunin, B. 1970. Der Acari-Pluton (Perú) als Beispiel der Differentiation des tonalitischen Magmas (mit einem Anhang über die ihn durchquerenden Stocker und Gänge). Geologische Rundschau, v. 59, p. 1141-1179.
- Hawkes, N., Moody, T., Abbott, C., Panez, R., Carbajal, R. 2003. Exploration report for Pampa de Pongo. Internal report of Rio Tinto Mining and Exploration, Sucursal Perú, 23 p.
- Injoque, J. 1985. Geochemistry of the Cu-Fe-amphibole skarn deposits of the Peruvian central coast. Unpublished Ph.D. thesis, University of Nottingham, U.K., 597 p.
- Jerram, D., Martin, V. 2008. Understanding crystal populations and their significance through the magma plumbing system. Geological Society Pub House, p. 133-148.
- Mamani, M., Navarro, J., Carlotto, V., Acosta, H., Rodríguez, J., Jaimes, F., Santos, A., Rodríguez, R., Chávez, L., Cueva, E., Cereceda, I. 2010. Arcos magmáticos mesozoicos del Perú y su relación con ocurrencias metálicas. XV Congreso Peruano de Geología, Cusco, Resúmenes extendidos, p. 563-566.
- Vidal, C., Injoque, J., Sidder, G., Mukasa, S. 1990. Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru. Economic Geology, v. 85, p. 1447-1461.