

ROCAS METAMORFICAS DE ALTA PRESION DE LA PROVINCIA DE EL ORO, ECUADOR: CONDICIONES DE FORMACION Y TRAYECTORIAS METAMORFICAS PT

Pablo Duque

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, pduque@mac.com

Silvia Vallejo

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

Johanna León

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

INTRODUCCION

Las rocas metamórficas de alta presión de la Provincia de El Oro en el sur-oeste del Ecuador son conocidas desde hace más de 30 años (Duque & Feininger, 1974); su extensión, composición, condiciones PT de formación y relaciones con las rocas adyacentes han sido estudiadas con detalle (ie. Duque, 1975, 1979, 1993, 1996; Feininger 1980; Aspden et al., 1994; Gabriele, 2002) No obstante su nombre y calificación Como unidad litológica ha variado desde Formación Raspas (Duque, 1975) hasta Terreno Raspas (Feininger, este congreso) pasando por el Complejo Ofiolítico El Oro (Aspden et al., 1995) pasando por otras revisiones menores.

El Terreno Raspas (Feininger, este congreso) (Fig.1) comprende la Formación Raspas (eclogitas, esquistos azules, esquistos verdes, esquistos pelíticos y rocas relacionadas de alta P) y la harzburgita El Toro (que envuelve parcialmente a las rocas de alta presión y está fuertemente serpentinizada). Se formó por procesos asociados con subducción e isostasia. Su edad es 132Ma y está intruido en rocas metamórficas de serie de facies de baja presión.

El terreno Raspas está bordeado por fallas. La falla Zanjón en el sur y la Guayabo en el norte. Emerge desde debajo de una cobertura de sedimentos clásticos terciarios(¿) En la frontera con el Perú y se extiende hacia el este por más de 50 Km. hasta cerca de la ciudad de Piñas. Tiene un ancho de aproximadamente 7 km y hacia su extremo oriental convergen las fallas de Zanjón y El Guayabo.

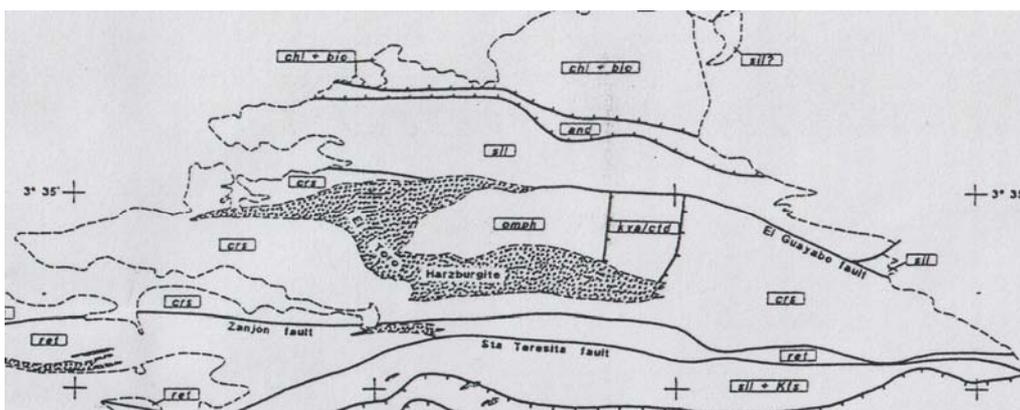


Fig. 1. Mapa del terreno Raspas. Note que las rocas de alta P están parcialmente encerradas por la Harzburgita El Toro y el esquistos verde (mapa aún no publicado elaborado por Tomas Feininger)

PETROLOGIA Y EMPLAZAMIENTO TECTONICO

Las rocas de la Formación Raspas constituyen las primeras rocas metamórficas de alta presión (eclogitas, esquistos azules, y metapelitas asociadas) reportadas en los Andes (Duque y Feininger, 1974). Se reconocen 7 tipos principales de rocas, 6 de ellas intercaladas entre sí (aunque recientemente se han podido trazar isógradas entre ellas): esquisto pelítico (cuarzo + paragonita + moscovita fengítica + granate + grafito + rutilo ± cloritoide de Mg ± cianita ± pirita), esquisto azul (glaucófano + paragonita + moscovita fengítica + granate + clinozoisita + cuarzo + rutilo ± onfacita), eclogita (onfacita + granate + barroisita + cuarzo + rutilo + clinozoisita ± cianita), gneis anfibólico (barroisita + granate + zoisita + onfacita + rutilo + pirita ± paragonita ± cuarzo ± cianita ± apatito), escasas rocas máficas retrógradas (transiciones entre eclogitas, gneises anfibólicos y rocas verdes a más de rocas pegmatíticas enriquecidas en anfíbol o granate) y cuarcita (cuarzo + fengita + granate + grafito + rutilo ± pirita ± apatito ± zircón). Adicionalmente existen cantidades importantes de esquisto verde prógrado (albita + cuarzo + actinolita o glaucófano + epidota + granate + clorita + opacos ± esfena ± calcita), abundante principalmente hacia los bordes de la formación. Vetillas de albita y calcita cortan las rocas y unas pocas contienen cantidades menores de estos minerales. El núcleo de las rocas de alta presión (eclogita, esquisto azul, esquisto pelítico) se encuentra encerrado parcialmente por el cuerpo mayor de la Harzburgita El Toro (intensamente serpentinizada) hacia el occidente, por la Brecha La Chilca hacia el norte y por el esquisto verde hacia el este y el sur. El contacto del núcleo de la Raspas con la serpentinita es definido y más bien brusco al igual que el existente entre el esquisto verde y la serpentinita a la cual engloba parcialmente (Duque, 1975). Eclogitas y esquistos azules afloran en la quebrada de Raspas y sus afluentes; hacia el este se intercalan con el esquisto verde y poco a poco desaparecen. La quebrada Panupali marca el borde oriental de la formación Raspas.

Petrografía, características estructurales y de campo de la Formación Raspas son relativamente bien conocidas (Duque, 1975, 1979; Feininger, 1980). Se han discutido también formas de emplazamiento y condiciones de formación. Duque (1979) sugiere condiciones metamórficas de 8 a 11 kb y 400 a 550°C, y más tarde prefiere valores más bajos (9Kb y 465°C; Duque, 1996). Estima que todo el conjunto de alta presión recrystalizó bajo las mismas condiciones metamórficas en una zona de subducción activa, que el bloque Raspas - El Toro ascendió isostática y rápidamente entre rocas en conjunto más densas y antiguas una vez que cesó la subducción y que metamorfismo y emplazamiento tienen edades similares que corresponden al Cretácico tardío. Feininger (1980) considera que las condiciones de formación son de $580 \pm 20^\circ\text{C}$ y 13 ± 3 kb, que el esquisto azul es producto de diaforesis de la eclogita, que las rocas de alta presión subieron diapíricamente junto con la serpentinita y que el metamorfismo es mucho más antiguo que la intrusión que ocurrió en el Cretácico tardío. En la actualidad prefiere una presión más baja a la misma temperatura (~ 12 kb y $\sim 580^\circ\text{C}$; Feininger, este congreso) para eclogitas y 8 kb a 400°C para esquisto azul y verde. Gabriele, 2002, estima para las eclogitas una presión de 20 kb y una temperatura de 580°C; piensa que los esquistos azules son productos retrogradados de las eclogitas.

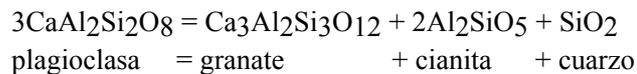
El propósito de este estudio es dilucidar las condiciones de formación en base a cuidadosos análisis químicos por microsonda electrónica de minerales críticos de rocas de la Formación Raspas, a una meticulosa reducción de datos que permita estimar las razones de hierro ferroso y férrico en los minerales, a un cálculo no secuencial de miembros finales que evite la sobreestimación de unos componentes sobre otros (todo esto ya hecho en un estudio previo, Duque, 1996) y a la aplicación simultánea de varios termómetros y barómetros geológicos probados con éxito en los últimos años. Así mismo, el estudio busca definir una trayectoria PT para las rocas de la Formación Raspas

CONDICIONES DE FORMACION

Con los procedimientos señalados en un estudio anterior (Duque, 1996) se hicieron análisis químicos, se calcularon fórmulas estructurales y se escogieron geotermómetros y geobarómetros geológicamente aplicables y con buenas calibraciones (preferencialmente varias) tanto desde el punto de vista experimental como desde el termodinámico.

Como termómetros se escogieron el intercambio de Fe^{2+} - Mg entre granate y piroxeno y el mismo intercambio entre granate y anfíbol.

Como barómetros se utilizaron las reacciones:



Todos los geotermobarómetros escogidos tienen varias calibraciones que califican como “buenas”.

Todos los equilibrios T – P se calcularon usando el programa THERMOCALC (Holland & Powell, 1998) y los formalismos simétricos y de desvío para los minerales se tomaron directamente de ese set de datos. El programa utiliza simultáneamente varias calibraciones de uno o más geotermobarómetros y da los mejores valores utilizando métodos de regresión múltiple.

Los mejores resultados obtenidos fueron para el intercambio de Fe^{2+} – Mg entre granate y piroxeno: 11 kb a 470°C que está dentro de las restricciones geológicas impuestos por otras reacciones que con su presencia o no fijan límites máximos o mínimos de formación.

TRAYECTORIA PT

Para definir una posible trayectoria de PT para las rocas de alta presión de la Formación Raspas se utilizó también el programa THERMOCALC y la fraccionación cristalina del granate para lo que se definió el perfil composicional de varios granates “barriendo” sus composiciones con la ayuda de una microsonda electrónica.

En la figura 2 se observan las variaciones composicionales de Fe, Ca y Mg versus Mn, esto es un ploteo de almandino, grosularita y piropo versus espesartina con los errores analíticos ploteados en cada análisis.

Los resultados de presión y temperatura obtenidos para las condiciones de núcleo a borde de granate pueden ser interpretados como que representan una trayectoria PT horaria, esto es prógrada. El esquema de zonación indica que en el proceso de recristalización de las rocas se produjo calentamiento durante compresión lo cual es característico de zonas de subducción y en general de terrenos en los que rocas frías se emplazan sobre calientes.

PD156 granate Mn/Ca Mg Fe

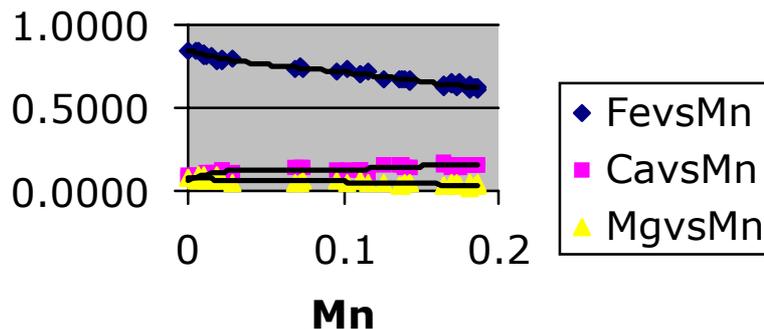


Fig.2. Variaciones de almandino, grossularita y piropo en un barrido de núcleo hacia borde de un granate de esquistos azul

REFERENCIAS

- Aspden, J.A., Bonilla, W., Duque, P.,** 1995. The El Oro Metamorphic Complex, Ecuador: Geology and economic mineral deposits. BGS, Keyworth, UK, Overseas Geology and Mineral Resources, 67, 1-63.
- Duque, P.,** 1975. Petrogénesis de unas rocas metamórficas de alta presión en la Provincia de El Oro. *Tesis no publicada*, E.P.N., Quito, 66p.
- Duque, P.,** 1979. Rocas metamórficas de alta presión de la Provincia de El Oro, Ecuador. *Primer Congreso Ecuatoriano de Geología*, Memorias, I, 23-60.
- Duque, P.,** 1993, Petrology, metamorphic history and structure of El Oro Ophiolitic Complex, Ecuador. Second ISAG, International Symposium on Andean Geodynamics, Oxford, UK, Extended Abstracts Volume, 359-362
- Duque, P.,** 1996; Condiciones de formación de las rocas metamórficas de alta presión de la Provincia de El Oro; Boletín Geológico Ecuatoriano, Quito, Ecuador, 75-93.
- Duque, P. & Feininger, T.,** 1974. Eclogitas y esquistos azules de la Provincia de El Oro, Ecuador. *Simposio sobre Ofiolitas, Memoria*, 35-8. Univ. Nac., Medellín, Colombia.
- Feininger, T.,**1980;. Eclogite and related high-pressure regional metamorphic rocks from the Andes of Ecuador. *Jour.Petrol.*, 21, 107-40
- Gabriele, P.,** 2002. HP terranes exhumation in an active margin setting: Geology, Petrology and Geochemistry of the Raspas Complex in SW Ecuador. Tesis no publicada, Univ. De Lausanne, Suiza,
- Holland, T.J.B., Powell, R.,** 1998. Thermocalc. Program for Thermodynamic Calculations, Oxford, UK.