

# BRECHAS DE ROMPECABEZAS

Por Alberto Lobo-Guerrero Sanz, M.Sc., Min.Ex.  
 Geólogo consultor en exploración minera  
 Teléfonos: 51-1-9427877, 2646452, Lima, Perú  
 ageo@iname.com; ablg@andinet.com

## PALABRAS CLAVE:

Brecha, brecha de rompecabezas, brechas hidrotermales, descripción sistemática, despresurización, estoverca, exploración minera, explosión volcánica, fragmentación explosiva, metodología, segunda ebullición, sistemas hidrotermales, trabajo de campo, yacimientos hidrotermales, yacimientos minerales

La mayor parte de los yacimientos metálicos en ambientes de arco magmático están asociados genéticamente con rocas brechoides {6,11,4}. Tales rocas son recurrentes en sistemas de pórfidos cupríferos {3,13}, yacimientos hidrotermales de baja y alta sulfuración, así como en depósitos de oro diseminado alojados en rocas sedimentarias. Hay una enorme variedad de clases de brechas, que están íntimamente relacionadas entre sí, y que cambian radicalmente al ser cartografiadas en el terreno (Figs. 1,2,3); su identificación de campo constituye una importante herramienta para el geólogo de exploración. Este documento trata la clasificación y descripción de las *brechas de rompecabezas* (o “jigsaw breccias”, como se denominan en inglés {2,4,8,9,11}) que ocurren como parte de brechas hidrotermales magmáticas (Figs. 1,2), freatomagmáticas (Fig. 2) o brechas freáticas (Ver {4 y 12} donde hay descripciones de estas clases de brechas). Las brechas constituyen una de las mejores rocas huésped para contener yacimientos hidrotermales de bajo tenor, porque se forman durante el período de segunda ebullición de los sistemas hidrotermales, donde los fluidos mineralizantes precipitan luego de súbitos cambios de presión producidos por despresurización durante la fragmentación explosiva de las rocas.

El brechamiento de cualquier origen genera espacios abiertos, porque se presenta un inherente incremento del volumen. Las brechas hidrotermales explosivas son buenos candidatos para la infiltración de soluciones hidrotermales. Las brechas son “esponjas” donde los fluidos mineralizantes depositan su carga de minerales luego de ser absorbidos (Fig. 1). En yacimientos de metales preciosos de origen hidrotermal, las brechas hidrotermales son una característica recurrente.

Una brecha es “**una roca clástica compuesta de fragmentos unidos por una matriz, que contiene cavidades rellenas de minerales hidrotermales post-brechamiento**” {4, p.45}. Las brechas intrusivas son “una mezcla heterogénea de fragmentos angulares a redondeados en una matriz de material clástico, que ha sido desplazada e intruida en su actual posición a lo largo de estructuras pre-existentes” {8, p.333}. Por lo general presentan alteración hidrotermal. Los fragmentos o roca fracturada progresivamente se muelen con mayor brechamiento. La matriz es el fino material rocoso que se halla entre los fragmentos y, dependiendo del grado de conminución, puede gradar hasta fragmentos. Las brechas son matriz- o fragmento-soportadas. Gran parte del componente mineralizado es introducido como fluido hidrotermal y se presenta en la matriz. Un cemento mineral mantiene unidos fragmentos y matriz. Las cavidades se desarrollan durante el proceso de brechamiento; son rellenas con minerales hidrotermales incluyendo mineralización metálica, y constituyen parte integral del proceso de brechamiento y mineralización {4, p. 45, 8 p. 82}. Las brechas asociadas con sistemas porfíricos se forman a profundidades mayores y se produjeron probablemente más por fracturamiento hidráulico que por explosión (Figs. 1,2,3). En esos ambientes de alta presión, los fragmentos de brecha tienden a no estar desplazados ni rotados.

Una **brecha de rompecabezas** o “brecha de mosaico” para llamarla con un sinónimo de uso común, es aquella donde los fragmentos se pueden “armar” nuevamente al remover la matriz {8, 4 p. 46}. Está compuesta por fragmentos que “casan” entre si como resultado de una menor expansión sin rotación significativa, reemplazamiento a lo largo de redes de fracturas (también llamadas “crackle breccia” en inglés), o por re-empaquetamiento mecánico de los fragmentos angulares {9 y 7, p. 401}. Las estovercas (= “stockworks”) son una variedad de brecha de rompecabezas, producida principalmente por el reemplazamiento reactivo dentro de una “crackle breccia”. Por lo tanto, las brechas de rompecabezas no exhiben fragmentos exóticos y tienen poca rotación y redondeo de fragmentos. La matriz tiende a derivar de la conminución de material local, pero se compone esencialmente de sustancias hidrotermales introducidas {4 p. 47}.

Una brecha de rompecabezas en el caparazón de una intrusión (Fig. 1) puede ser estéril y no llevar hacia mineralización de alto valor, lo mismo que una brecha de rompecabezas en un sistema de alta sulfuración (Fig. 3 {4 p. 46}). Sin embargo, distinguir la brecha de rompecabezas ayuda enormemente a identificar el ambiente geológico, y contribuye a construir el modelo del eventual yacimiento mineral.

Si se busca una moraleja de este documento, puede ser: **La descripción de brechas ha de ser objetiva**. Los términos descriptivos son más útiles que los genéticos para calificar brechas. Esto es especialmente cierto en la cartografía inicial de campo. Las hipótesis sobre génesis de una determinada brecha deben conservarse en notas de campo y/o informes, pero su descripción siempre debe ser lo más objetiva posible, para permitir interpretaciones futuras. En este caso, el clásico método de las múltiples hipótesis de trabajo, descrito por Chamberlin {1} debe aplicarse al pie de la letra.

Se deben registrar datos precisos al describir, para poder identificar y correlacionar las diversas clases de brechas hidrotermales. En general, se recomienda evaluar brechas usando el procedimiento que aparece abajo en la tabla. Las superficies frescas, recién cortadas, son ideales para describir brechas en el campo; mejor si están húmedas.

### PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA DESCRIBIR BRECHAS HIDROTERMALES EN EL CAMPO

PARAMETRO	NOTAS
Fragmentos polimícticos/oligomícticos	Son raras las composiciones diversas: describir cada tipo de fragmentos, indicando su porcentaje relativo de abundancia.
Forma de los fragmentos	Rectangular, regular o aleatoria, en “panal”, etc.
Gradación en tamaño y forma de los fragmentos	Direccional (Si se requiere, incluir descripción estadística de tamaño y angularidad, pensar en términos de esfuerzos).
Rotación de fragmentos	Cantidad aproximada, si existe. Evidencia de avance direccional?
Matriz- o grano-soporte	Porcentaje de cada uno en toda la roca
Composición de la matriz	Cristales, pequeños fragmentos, vidrio, etc. Describir como una toba {5}
Cemento de la matriz	Sílice opalino, cuarzo, albita, feldespato potásico, alunita, etc.
Oquedades	%, tipo, tamaño, forma geométrica
Mineralización	Clase y ubicación (en matriz, fragmentos o ambos)
Alteración	Toda la roca, gradual alejándose de la matriz, etc.

Los cuerpos brechoideos deben delimitarse en el campo lo mejor que sea posible. En general, las brechas de rompecabezas gradan de un extremo al otro, desde roca moderadamente fresca, sin fracturar, pasando por roca fracturada, estovercas (tipo especial de brecha de rompecabezas) y brecha de rompecabezas, para llegar a brecha completamente fracturada y remobilizada. A veces no se halla el extremo remobilizado, y está representado por una falla o

un cuerpo intrusivo posterior (Figs. 1,2). En lo posible, los contactos de cuerpos brechoides deben seguirse paso-a-paso con trincheras, para producir una representación precisa del sistema hidrotermal.

Otro importante aspecto cartográfico es establecer en el campo la aloctonía o autoctonía de la roca brechoide como un todo. Repetidos eventos explosivos pueden haber remobilizado los cuerpos (Fig. 2). Algunos del tamaño de un edificio de doce pisos han sido transportados por fluidos hidrotermales. Las brechas de rompecabezas remobilizadas son menos significativas como guía hacia minerales que las brechas de rompecabezas in situ. A la escala de cartografía, la gradación de características de las brechas in situ, constituye una poderosa herramienta de exploración.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA SENCILLA

1. CHAMBERLIN, TC [1987] "The Method of the Multiple Working Hypothesis", *Journal of Geology*, v.V, pp. 837-848, reimpresso en MATHER, KF & MASON, SL, *A Source Book in Geology 1400-1900*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 604-812.
2. BOWES, DR editor [1989] *The Encyclopedia of Igneous and Metamorphic Petrology*, Encyclopedia of Earth Sciences, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 666p.
3. CLARK, AH [1990] "The Slump Breccias of the Toquepala Porphyry Cu (-Mo) Deposit, Peru: Implications for Fragment Rounding in Hydrothermal Breccias", *Economic Geology*, v. 85, pp. 1677-1685.
4. CORBETT, G & LEACH, T [1996] *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*, taller presentado para la Sociedad de Geología Económica y la Sociedad de Ingenieros de Minas en Phoenix, Arizona, marzo 8-11, 400 p. Documento corregido y re-editado en 1998, como *Special Publication No. 6*, Society of Economic Geology.
5. FRANCIS, EH [1989] "Tuffisite" y "Volcanic Neck" en BOWES, DR, editor, *The Encyclopedia of Igneous and Metamorphic Petrology*, Encyclopedia of Earth Sciences, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, pp. 574-575, p. 603-605.
6. HEDENQUIST, JW & LOWENSTEIN, JB [1994] "The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal Ore Deposits", *Nature*, v. 370, 18, pp. 519-526.
7. HIBBARD, MJ [1995] *Petrology to Petrogenesis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 587 p.
8. JACKSON, JE [1997] *Glossary of Geology*, 4a. ed., American Geological Institute, Alexandria, Virginia, 769 p.
9. LASNICKA, P. [1988] *Breccias and Coarse Fragmentites, Petrology, Environments, Associations, Ores*, Elsevier, Nueva York, 488 p.
10. SAWKINS, FW & SILLITOE, RH eds. [1985] "A Special Issue Devoted to Ore-Hosted Breccias", *Economic Geology*, v. 80, pp. 1465-1752.
11. SILLITOE, RH [1985] "Ore-Related Breccias in Volcanoplutonic Arcs", *Economic Geology*, v. 80, pp. 1467-1514.
12. WRIGHT, AE [1989] "Breccia Pipe" y "Diatreme" en BOWES, DR, ed., *The Encyclopedia of Igneous and Metamorphic Petrology*, Encyclopedia of Earth Sciences, Van Nostrand Reinhold Nueva York, p. 64, pp. 123-125.
13. ZWENG, PL [1984] *Evolution of the Toquepala Porphyry Cu (-Mo) Deposit, Peru*, tesis de maestría, inédita, Queen's University, Kingston, Ontario, 131 p.

---

Kingston, Ontario, Canadá, abril 1999; traducido Bogotá, ag. 1999; revisado Medellín, feb. 2001.

c:\my documents\mindepst\jigsaw breccias, spanish article