

La piel de las rocas

Antonio Daza Sánchez. Dr. Ingeniero Geotécnico. Profesor Titular Universidad.

Jesús Gutiérrez–Ravé Caballero. Dr. Ciencias Geológicas. Profesor Sustituto.

Grupo RNM244-Seminario Antonio Carbonell. Universidad de Córdoba. EPSB de Belmez.

La piel de las rocas evita el proceso de alteración y se caracteriza por la salida a la superficie rocosa de elementos contenidos en la misma, también en macizos rocosos puede desarrollarse que los hidróxidos metálicos migren al exterior de la matriz rocosa hacia sus discontinuidades, originando la pátina y a partir de la formación de esta piel el proceso de alteración interna disminuye. Las discontinuidades del macizo rocoso también presentan una costra de alteración que tiene que ver con el desplazamiento de fracturas o con la presencia de fluidos y minerales desde su entorno exterior.

PALABARAS CLAVE: pátina, costra, discontinuidad, alteración, piel de la roca.

KEY WORDS: patina, crust, discontinuity, alteration, rock skin.

INTRODUCCIÓN

La pátina de las rocas son acrecimientos que disminuyen la alteración mediante un proceso de migración hacia la superficie de la roca de los constituyentes tales como Al, Fe y Mn. Ante el desequilibrio producido en una superficie de discontinuidad por un cambio debido a la menor impedancia en el exterior de la propia roca, debido al proceso de interacción de la roca y el medio que le rodea.

Aunque ya existe modelización genética de nódulos y concreciones (Torrijo *et al.* 2004), en el presente artículo no se ha pretendido la ordenación de las pátinas o piel de las rocas y

tampoco de las costras de alteración, ambas pueden estar presentes en las discontinuidades del macizo rocoso como un rasgo distintivo básico. Nuestro objetivo es enlazar algunas reflexiones esenciales a manera de sugerencias basadas en el ámbito de su formación, ya con un ambiente oxidante o bien anaeróbico, que permita un reconocimiento coherente, no una ordenación sistemática, y aportar distinciones entre pátinas y costras.

Las discontinuidades del macizo rocoso pueden presentar una costra de alteración o un relleno (Bieniawski, 1976 y González de Vallejo *et al.* 1999) que tiene que ver con el desplazamiento de fracturas o bien con la presencia de fluidos y minerales.





Tito de la Cuenca del Guadiato.

El depósito está condicionado por la rugosidad y porosidad, y se forma desde un entorno exterior de la roca hacia el interior, es decir en la superficie de la roca hacia dentro, cubriendo la rugosidad y así las asperezas se suavizan por el precipitado de sales. También se puede completar el relleno con costras dispuestas de forma paralela y simétrica, que se adaptan y alteran los labios o bordes de la discontinuidad (figura 1).

Las rocas y los útiles prehistóricos enterrados pueden desarrollar hidrólisis de los feldspatos a arcillas –que absorben cationes–, debido a alta humedad del terreno, pero también los hidróxidos metálicos migran hacia el exterior de la roca originando la pátina (figura 2) y a partir de la formación de esta piel de la roca el proceso de alteración interna disminuye por la impermeabilización de la pátina, y ello además no disminuye o aplanar la rugosidad externa.

Se trata de un sistema de equilibrio y cuando una roca vuelve a unas condiciones aeróbicas podrían tener lugar los procesos de alteración,



Figura 1. Costra que se adapta a la discontinuidad de forma paralela.

sobre todo con la costra o relleno de las discontinuidades debido a los periodos cíclicos de humedad-sequedad (figura 3) que contribuyen al envejecimiento de las rocas. Así es importante la degradación de las rocas de edificios en ambientes urbanos (Grossi et al. 1998).

METODOLOGÍA

En el terreno la existencia de acidez y la presencia de sales tan sólo precisan una humedad higroscópica para que el terreno se convierta en un electrolito de oxidación, también es conocida la electroósmosis o consolidación inducida donde el frente ácido H^+ drena la humedad hacia la superficie por adsorción al aumentar la tensión efectiva con una presión de poro nula o negativa. Ello puede aprovechar un previo desplazamiento osmótico del terreno por condiciones saturadas con presión de poro positiva y así disminuye la tensión efectiva con pre-roturas laterales que desarrollan manchas de óxidos metálicos o pátinas.

La piel de la roca o pátina que impregna la roca se forma generalmente en un ambiente de reducción anaeróbica y donde un cierto contenido en óxidos migra desde dentro de la roca hacia el exterior, fuera de la discontinuidad y no altera sus labios o bordes, así como una difusión en baja permeabilidad sin zonación interna, a manera de transpiración que da protección, las pátinas van a manchar las paredes de las discontinuidades con tonalidades pardas, rojizas o negras (figura 4), también la superficie exterior o el caso de ciertas discontinuidades cerradas que no han llegado a moverse presentan escalones de pre-rotura que configura su rugosidad en el macizo rocoso, pequeñas pre-roturas llamadas "pelos" son debidas a la liberación de tensiones en el arranque de la roca. La piel de la roca o pátina es la finísima mancha superficial de óxido de hierro y manganeso, sin nitrógeno, al existir humedad en condiciones anaeróbicas y que llega a proteger la roca, no altera sus labios y es característica de la discontinuidad.

La costra de alteración o relleno puede formarse por corrosión y reacción o por minerales depositados (figura 5), generalmente en ambiente oxidante, y desde fuera hacia el interior de la roca alterando los labios de la discontinuidad, teniendo que ver con los fluidos en contacto con la discontinuidad o superficie externa.

La oxidación supone una progresiva reacción de la roca con el ambiente y se adhiere una capa entre los labios alterados que es la



Figura 2. Pátina o piel de la roca, en útiles prehistóricos enterrados.



Figura 3. Condiciones aeróbicas que alteran la costra o relleno.

costra de alteración o corrosión ambiental y tiene un espesor de relleno que disminuye la rugosidad. Suele ser caolinización sin sulfato, precipitado duro y amorfo silíceo o salino, descamación superficial por alteración, y características de un proceso de alteración de fuera hacia dentro que altera los labios de la discontinuidad o los bordes de la roca.

La costra de alteración libera elementos débilmente unidos a las estructuras cristalinas como son: Na, Ca, K y Mg. También existen in-





Figura 4. La pátina manchando la pared de discontinuidades.



Figura 5. Costra o relleno formado por los minerales depositados.

Las rocas y los útiles prehistóricos enterrados pueden desarrollar hidrólisis de los feldspatos a arcillas –que absorben cationes–, debido a alta humedad del terreno, pero también los hidróxidos metálicos migran hacia el exterior de la roca originando la pátina.

tercambios o reemplazamiento de iones de minerales de la roca por otros o por grupos (OH⁻).

En algunas costras de las margas y arcillas de la provincia de Murcia no se han detectado reflexiones propias de fases de hierro o manganeso, pero en pátinas ferruginosas de

espesor milimétrico adheridas a las rocas junto a goethita y hematites –baja cristalinidad– aparecen delgadas láminas cristalizadas de calcita y en los intersticios existen prismas de aragonito (Arana y Rodríguez, 2000).

La meteorización provoca una decoloración de la matriz de la roca favoreciendo su descomposición (Hoek et al. 1980,1981) y podría abrir las discontinuidades, también la humedad desarrolla meteorización esferoidal en rocas que liberan tensiones, además la dilatación del agua es mayor que la de la roca.

Los metales al pasar a iones liberan electrones, y el oxígeno disuelto reacciona con los electrones migrando, así se genera el ion hidróxido que se une a iones metálicos y se forma hidróxidos metálicos, el hierro y el manganeso son los elementos que conforman una mayor protección en la piel de las rocas (figura 6).

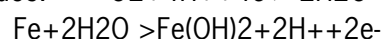
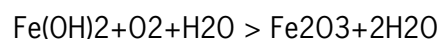




Figura 6. Piel de la roca con presencia de óxidos de hierro.



Figura 8. Pátina y costra, conjuntamente en la discontinuidad con escalones pre-rotura.



Figura 7. Pátina constituida por elementos del interior de la roca matriz.



Figura 9. Zona de cizalla con relleno de serpentinitas y estrías de fricción.

Análisis realizados por el grupo Seminario Antonio Carbonell (Daza, 2001) con microscopía electrónica de barrido EDAX y otros sobre pátinas y en labios de roca intacta-sana de bloques de Arenisca Calcárea (Mioceno Superior) muy reactiva al agua y al depósito de SO₂ con la velocidad de oxidación –las sales pueden migrar al interior–, las muestras se han encontrado a pequeña profundidad encima del nivel freático y han registrado unas pátinas formadas por

elementos químicos procedentes del interior de la roca (figura 7), posee también elementos mínimos procedentes del exterior por lixiviación de minerales metálicos. La pátina es de óxidos de Fe, Mn y Al, con sulfatos complejos de Pb y Sr de reacción lenta. Los elementos químicos que presentan porcentajes en la pátina del doble valor que en labios de roca intacta son: C, Si, Fe, Na, Ta. Otros elementos no varían en la pátina y en labios de roca intacta son: O, Al, S, Mg, K, P, Ti, Mn. También en las pátinas se registran elementos mínimos de influencia del entorno: Pb, Sr, Ni, Cu, Co y La.



OBSERVACIONES

No es fácil reflexionar sobre el proceso de interacción de las rocas para diferenciar la pátina de la costra, ya suelen darse conjuntamente en las discontinuidades (figura 8), así un argumento razonable para descartar la existencia de una pátina o piel de la roca y que sea reconocida como una costra por oxidación o bien de relleno por desplazamiento de falla (figura 9) es que se presenten modificaciones cromáticas de los labios de la discontinuidad o de los bordes de la superficie exterior de la roca. Entonces además el perfil de rugosidad que presentaba originalmente asperezas puede estar suavizado –aplanado– al existir un relleno en esta costra. Pero también puede darse la existencia de la rubefacción que podría confundirse con las manchas oscuras de óxidos metálicos correspondientes a la fina pátina o piel de la roca.

Las rocas en condiciones aeróbicas se meteorizan en un mayor o menor grado, ello conlleva la formación de una costra de alteración y no se formaría una pátina.

Desde dentro de la roca y hacia el exterior, por migrado, se conforman las pátinas que he-

La meteorización provoca una decoloración de la matriz de la roca favoreciendo su descomposición (Hoek *et al.* 1980,1981) y podría abrir las discontinuidades, también la humedad desarrolla meteorización esferoidal en rocas que liberan tensiones.

mos llamado “la piel de las rocas”, que no presenta cambio de color en los labios de discontinuidades o superficie externa, y que supone la protección de la alteración en unas condiciones de reducción anaeróbica. ■

REFERENCIAS

- Arana Castillo R. y Rodríguez Estrella T. (2000). Termalismo y Mineralogénesis en el sondeo del Saladillo (Mazarrón, Murcia). 1º Simposio Ibérico sobre Geología y Termalismo de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (Ed. Josep Mata–Perelló). ISBN: 84–88894–31–7. p. 121–126. D’Arenis de Mar.
- Bieniawski Z.T. (1976). Rock Mass Classification in Rock Engineering. Exploration for Rock Engineering Proc. Of the Symp. (ed. Z.T. Bieniawski). Vol. 1, p. 97–106. Cape Town, Balkoma.
- Daza Sánchez A. Investigación de la pátina de las esculturas de la antigüedad, Casa–Museo “Posada del Moro” Torrecampo (Córdoba). Obra Cultural del grupo de empresas PRASA. Córdoba. 2001, agosto, Boletín nº4, El museo. p. 15–17. DL: CO 5911998.
- González de Vallejo L., Ferrer Gijón M., Ayala Carcedo F., Capote del Villar R., Beltrán de Heredia F., Encinas Sánchez I. y Sada Allo C.: Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1999, 109 p. ISBN: 84–7840–387–6.
- Grossi C.M., Estebert R.M. y Díaz–Pache F.: Degradación y durabilidad de materiales rocosos de edificación en ambientes urbanos. Materiales de Construcción, 1998, Oct–Dic., Vol. 48, nº 252. Instituto Eduardo Torroja. CSIC. Madrid.
- Hoek E. and Bray J.W.. Rock Slope Engineering. 3rd Ed., London, Institution Mining and Metallurgy, 1981, 358 p. ISBN: 0 900488 573.
- Hoek E. and Brow E.T. Underground Excavations in Rock. London, Inst. Min. Metall., 1980, 527 p. ISBN: 0 900488 54 9.
- Torrijo Echarri F.J., Mandado Collado J. y Bona Artazos M.E. (2004). Modelización genética de nódulos y concreciones, propuesta de clasificación. Estudios Geológicos. Vol. 60 (3–6). p. 95–110. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.