

MUNIBE	36	93-97	SAN SEBASTIAN	1984	SOCIEDAD DE CIENCIAS ARANZADI
--------	----	-------	---------------	------	-------------------------------

Recibido: 29-4-83

# Análisis y significado de diferentes tipos de estructuras en el magmatismo del Cretácico Superior de la Cuenca Vasco-Cantábrica

J. CUEVAS Y J.M. TUBIA\*

## 1. INTRODUCCION

Los trabajos sobre las estructuras de las rocas volcánicas que han aparecido en los últimos años son numerosos. Entre ellos cabe citar los de Moore et al. (1973) y Moore (1975) sobre los mecanismos de formación de almohadillas; los de Carlisle (1963), Furnes (1972) y Furnes y Fridleifson (1979), sobre el desarrollo de brechas de almohadillas rotas; los de Garrison (1972) y (1974), sobre asociaciones de calizas pelágicas y lavas almohadilladas; y los de Dimroth et al. (1978), relacionando diferentes estructuras en rocas volcánicas.

Las rocas ígneas intercaladas en el Cretácico superior del sinclinorio de Vizcaya, presentan una gran variedad de estructuras que, en buena medida, han sido estudiadas en una publicación anterior (Cuevas et al., 1981).

Con este artículo damos por finalizado el análisis de las estructuras en las rocas ígneas de la cuenca Vasco-Cantábrica. En este trabajo profundizamos el estudio de las lavas almohadilladas, que son la formación volcánica más común y voluminosa de la superficie terrestre; asimismo, se indica, por primera vez, la existencia de mega-almohadillas («megapillows») y digitaciones («tongues»), asociadas a coladas de lavas almohadilladas en el País Vasco. Además, se presentan nuevas hipótesis sobre la relación entre brechas de almohadillas rotas y coladas de lavas almohadilladas, a la luz de los resultados obtenidos a partir de investigaciones, en zonas con vulcanismo activo en un medio submarino (dorsal atlántica e islas Hawaii).

## 2. CARACTERISTICAS DE LAS LAVAS ALMOHADILLADAS

La morfología de las lavas almohadilladas ha sido un tema ampliamente debatido. Algunos autores como Snyder y Fraser (1963), Johnston (1969) y McDo-

nald (1972), opinan que la mayoría de las coladas de lavas almohadilladas están compuestas por masas elipsoidales independientes. Otros como Jones (1968), Vaugnat y Pustaszeri (1965) y Moore et al. (1971), describen las coladas de lavas almohadilladas como masas cilíndricas de flujo lávico interconectadas.

Observaciones con la ayuda de vehículos sumergibles (Arcyana, 1978; Juteau, 1980), indican que la lava basáltica incandescente, a temperaturas próximas a los 1200°C, al entrar en contacto con el agua del mar, se enfría rápidamente, dando lugar a la aparición de una corteza vítrea, sobre la lava todavía fluida. Este enfriamiento tiende a engrosar la corteza, mientras que el flujo de lava tiende a adelgazarla. Ballard y Moore (1977), han demostrado que el proceso de avance de las coladas de lava bajo una corteza vítrea, produce la formación de las coladas de lavas almohadilladas. La progresión de éste tipo de coladas se hace por digitación del frente engrosado de la colada, formándose lóbulos de todos los tamaños y formas, con sección generalmente redondeada y estructura radial: las almohadillas.

Los trabajos de Dimroth et al. (1978), en el área volcánica de Rouyn-Noranda (Quebec, Canadá), ponen de manifiesto el paso lateral de las coladas de lavas almohadilladas a coladas masivas, por medio de una zona de transición, constituida por mega-almohadillas («megapillows»), en las cuales convergen las digitaciones («tongues»), que originan las almohadillas.

Las lavas almohadilladas son estructuras que están ampliamente representadas en el Complejo Volcánico del sinclinorio de Vizcaya. Su estructura interna ya ha sido descrita previamente (Rossy, 1969; Cuevas et al., 1981). Las formas más habituales de las lavas almohadilladas, como se observa en numerosos afloramientos del área Deva-Urola, varían desde elipsoidales a subredondeadas, con longitudes de los ejes mayores comprendidas entre 40-80 cm, en general. En este sentido, es de resaltar el interés que presenta el afloramiento de la cala de Meñacoz (Vizcaya); en él, aparece la superficie basal de una colada de lavas

\* Departamento de Geotectónica y Geomorfología. Universidad del País Vasco. Facultad de Ciencias, apartado 644, Bilbao.

almohadilladas, en la que se observan mega-almohadillas, de dimensiones superiores a los 3 m. de diámetro, en muchos casos; estas mega-almohadillas presentan digitaciones subredondeadas, con secciones próximas a los 50 cm de diámetro (Foto 1). Un plano de afloramiento transversal a la base de la colada, cortarían a las digitaciones dando una forma elipsoidal, característica de una almohadilla.



Foto 1.- Muro de una colada de lavas almohadilladas en el que se aprecian mega-almohadillas y digitaciones (D) que nacen de ellas. Meñacoz.

En afloramientos próximos a Vergara, se pueden ver coladas de lavas almohadilladas atravesadas por diques de grano grueso y escasa potencia, que corresponden, desde el punto de vista composicional a gabros hornbléndicos (Foto 2). Estos diques se podrían interpretar como canales de alimentación de coladas superiores, en los que el magma basáltico habría cristalizado más lentamente.

### 3. COMPARACION CON LA DORSAL ATLANTICA: SIGNIFICADO DE ALGUNAS ESTRUCTURAS

Exploraciones recientes con vehículos sumergibles han mostrado el amplio desarrollo de lavas almohadilladas y brechas de almohadillas rotas en la dorsal atlántica. También han proporcionado información sobre la génesis y relaciones entre dichas estructuras.

La dorsal atlántica es una zona con vulcanismo submarino activo. Es la expresión superficial del límite de dos placas en acreción (Africana y Americana). En conjunto, está sometida a un movimiento de extensión, que produce fisuras abiertas de decenas de metros de largas y anchuras variables. Esta tectónica de extensión origina una estructura en escalones de débil pendiente, separados por paredes casi verticales. La densidad media de las fallas es de una cada 50 m, aproximadamente, con direcciones cercanas a



Foto 2.- Dique de gabro hornbléndico que afecta a una colada de lavas almohadilladas. Cercanías de Vergara.

la del rift y un buzamiento medio entre 50 y 60°. Las fisuras abiertas se rellenan por taludes de fragmentos rocosos y por sedimentos pelágicos. Cuando una fractura alcanza la cámara magmática, la lava asciende a través de ella y se desparrama, hasta que se obstruye; así finaliza una etapa volcánica: el resultado suele ser un volcán de 100 a 250 m de altura, que se puede formar en un lapso de tiempo muy breve. La prolongación de las condiciones de extensión lleva a una nueva fase eruptiva.

La expansión rápida del magma que llega a la superficie origina coladas masivas o laminares, sin formación de corteza vítrea significativa durante su progresión. Las coladas masivas sólo se han encontrado, en estas observaciones con minisubmarinos, bajo capas de lavas almohadilladas.

La morfología volcánica dominante en el valle del rift de la dorsal atlántica, está formada por coladas de lavas almohadilladas. Estas coladas producen al avanzar, un amontonamiento de almohadillas en el frente. Generalmente el frente es muy abrupto, con una inclinación entre 30 y 60° o superior, y puede alcanzar los 50 m de altura. La progresión de la colada provoca el derrumbamiento de las almohadillas emplazadas en la parte superior del frente. Así, se forma un talud de derrubios al pie del frente de la colada y los derrubios van quedando bajo las lavas almohadilladas al avanzar ésta. Los taludes están compuestos por fragmentos angulosos de almohadillas, de las cuales la mayoría se han roto al progresar la colada. Presentan una pendiente original de depósito muy fuerte, del orden de 45°, y potencias de varios metros, que aumentan considerablemente hacia la base de los escarpes de fallas activas.

En el Complejo Volcánico, las brechas de almohadillas rotas, de los tipos A y B (Cuevas et al., 1981), se sitúan generalmente a techo de las coladas de lavas almohadilladas, aunque no es raro que aparezcan

también bajo las coladas. Estas brechas son heterométricas y están constituidas por fragmentos angulosos (Foto 3) de almohadillas. Aunque no descartamos un origen olistostrómico para algunas de las brechas de los tipos A y B, sus características se explican mejor a partir de una formación simultánea al avance de coladas de lavas almohadilladas, de manera semejante a la descrita para las brechas de la dorsal atlántica.

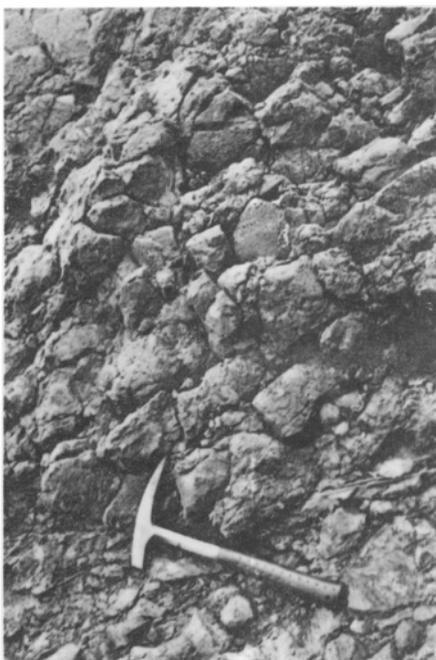


Foto 3.- Brecha de almohadillas rotas (tipo A). Se aprecia perfectamente su carácter heterométrico, la angulosidad de los fragmentos y la escasez de matriz. Meñacoiz.

Las rocas sedimentarias carbonatadas intercaladas entre las rocas volcánicas, en el área Deva-Urola, son escasas. Corresponden a lentejones, que salvo raras excepciones, presentan escasa potencia y poca continuidad lateral (Cuevas y Tubía, en prensa, figura 2); o a pequeños depósitos, de formas irregulares, que colmatan espacios vacíos entre almohadillas y/o brechas de almohadillas rotas (Foto 4). Este hecho sugiere que la frecuencia de las erupciones era demasiado grande para permitir una acumulación notable de sedimentos sin aportes volcánicos.

Las semejanzas en cuanto a la descripción morfológica entre la dorsal atlántica y el área estudiada son indudables; sin embargo, conviene destacar que el vulcanismo en la dorsal es de composición basáltico-toleítica, mientras que los datos disponibles sobre el magmatismo en el Cretácico superior de la cuenca Vasco-Cantábrica (Rossy, 1974; Cuevas et al., 1981) indican una composición basáltico-alcalino para el mismo.



Foto 4.- Retazo de caliza con laminación entre brechas volcánicas. Corte del río Urola.

#### 4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Tradicionalmente se ha considerado que las coladas masivas, coladas de lavas almohadilladas y brechas, se distribuyen espacialmente de acuerdo con la proximidad al foco volcánico, reflejando una posición proximal-distal al mismo. Esta idea es válida para zonas en las que las coladas avanzan sobre suelos con pocas irregularidades (Dimroth et al., 1978); sin embargo, en lugares con numerosos desniveles topográficos, la brechificación se puede producir en áreas relativamente cercanas al foco de emisión. Desde este punto de vista, la delimitación cartográfica de las formaciones de brechas de almohadillas rotas de los tipos A y B, así como el conocimiento de sus relaciones, verticales y laterales, con las coladas de lavas almohadilladas, se presenta como un aspecto de sumo interés, con vistas a determinar las zonas de emisión de lavas, y a precisar la posición de antiguas fallas, cohetáneas con el vulcanismo, en la cuenca de sedimentación.

La naturaleza basáltico-alcalina del magmatismo y las estructuras descritas, son coherentes con una extensión generalizada, originada por la apertura del Golfo de Vizcaya, responsable de los procesos de «rifting» antiecenomanense (Azambre y Rossy, 1976) y de la creación de la corteza oceánica del Golfo (Sibuet et al., 1971), probada por medidas de sísmica de refracción, anomalías magnéticas y registros de sísmica de reflexión.

La morfología de la cuenca durante el magmatismo quedó determinada por la formación de los edificios volcánicos y por una tectónica de extensión, que originó una estructura en «horsts» y «graben». Dicha morfología es compatible con la fuerte subsidencia observada durante el Cretácico en la cuenca Vasco-Cantábrica, favorecida por el funcionamiento de fallas normales sinsedimentarias de gran salto (Mattauer

y Seguret, 1971), mientras se producía la gran transgresión Cenomanense-Coniacense (Feuillée y Rat, 1971).

## ABSTRACT

ANALYSIS AND SIGNIFICANCE OF DIFFERENT STRUCTURAL TYPES IN THE MAGMATISM OF UPPER CRETACEOUS OF THE BASQUE-CANTABRIC BASIN (2<sup>nd</sup> PART).

Some structures as mega-pillows and tongues are here described and analyzed for the first time in the pillow-lavas of the Basque Cantabric basin.

New theories in relationship between broken pillow breccias and pillow-lavas in comparison with structures that have been seen with submersible vehicles in the Atlantic rift are presented.

## LABURPENA

Lan honetan egitura batzuk urkuldu egiten dira pillow-laba handiak eta dijitazinoak bezela, erabat Arro Euskal-Kantauriarreko pillow-laben batzuk erakusten dira. Orobat egigai batzu pillow-laba puskatzen brechen buruz agertzen dira. Horiek urpontzi txikiz Atlantikoko dorsalean ikusitako egiterekin konparatzen dira.

## RESUMEN

En este trabajo se analizan algunas estructuras como mega-almohadillas y digitaciones, descritas por primera vez en las coladas de lavas almohadilladas de la cuenca Vasco-Cantábrica: se insiste en algunos caracteres, no explicados en el trabajo anterior, de las lavas almohadilladas. Asimismo, se presentan nuevas hipótesis sobre la relación entre brechas de almohadillas rotas y coladas de lavas almohadilladas, comparándolas con estructuras observadas por medio de vehículos sumergibles en la dorsal Atlántica.

## BIBLIOGRAFIA

### ARCYANA

1978— Atlas FAMOUS. Ed. Gauthiers-Villars, 128 p., París.

### AZAMBRE, B. & ROSSY, M.

1976— Le magmatisme alcalin d'âge crétacé dans les Pyrénées occidentales et l'Arc basque; ses relations avec le métamorphisme et la tectonique. *Bull. Soc. Géol. France*, XVIII, 1725-1728.

### BALLARD, R.D. & MOORE, J.G.

1977— Photographic atlas of the mid-Atlantic Rift Valley. Ed. Springer-Verlag. New-York.

### CARLISLE, D.

1963— Pillow breccias and their aquagene tuffs, Quadra Island, British Columbia. *J. Geol.*, 71, 48-71.

### CUEVAS, J., GARROTE, A. & TUBIA, J. M.

1981— Análisis y significado de diferentes tipos de estructuras en el magmatismo del Cretácico Superior de la cuenca Vasco-Cantábrica (1.º parte). *Munibe*, 33, 1-20.

### CUEVAS, J. & TUBIA, J. M.

(En prensa) Estructuras diapíricas asociadas al Sinclinorio de Vizcaya. *Munibe*.

### DIMROTH, E., COUSINEAU, P., LEDUC, M. & SANSCHAGRIN, Y.

1978— Structure and organization of Archean subaqueous basalt flows Rouyn-Noranda area, Quebec, Canada. *Can. J. Earth Sc.*, 15 (6), 902-918.

### FEUILLEE, P. & RAT, P.

1971— Structures et paléogéographies Pyrénéo-cantabriques. *Histoire structurale du Golfe de Gascogne, II*, 1-48.

### FURNES, H.

1972— Meta-hyaloclastite breccias associated with Ordovician pillow lavas in the Solund area, West Norway. *Norsk. Geol. Tidsskrift*, 52 (4), 385-407.

### FURNES, H. & FRIDLIFSON, I.B.

1979— Pillow block breccia-occurrences and mode of formation. *Nw. Jb. Palaont. Mh.*, 3, 147-154.

### GARRISON, R.E.

1972— Inter- and intrapillow limestones of the Olympic peninsula, Washington. *J. Geol.*, 80, 310-322.

### GARRISON, R.E.

1974— Radiolarian cherts, pelagic limestones, and igneous rocks in eugeosynclinal assemblages. *Spec. Pubs. Ass. Sediment.*, 1, 367-399.

### JOHNSTON, W.E.Q.

1969— Pillow and pahoehoe: a discussion. *J. Geol.*, 77, 730-732.

### JONES, J.G.

1969— Pillow lava and pahoehoe. *J. Geol.*, 76 485-488.

### JUTEAU, T.

1980— La naissance de la croute océanique. *Geophysique*, 11, 1373-1383

### MATTAUER, M. & SEGURET, M.

1971— Les relations entre la chaîne des Pyrénées et le Golfe de Gascogne *Histoire structurale du Golfe de Gascogne, I*, 4.1-4.24

### MCDONALD, G.A.

1972— Volcanoes. Ed. Prentice-Hall, 510 p.

MOORE, J.G.

1975— Mechanism of Formation of Pillow Lava. *Am. Scientist*, 63(3), 269—277.

MOORE, J.G., CRISTOFOLINI, R.E & LOGIUDICE, A.

1971— Development of Pillows on the Submarine Extension of Recent Lava Flows, Mount Etna, Sicily. *U.S. Geol. Sur. Prof. Paper*, 750 C, 89—97.

MOORE, J.G., PHILLIPS, R.L., GRIGG, R.W., PETERSON, D.W. & SWANSON, D.A.

1973— Flow of lava into the Sea, 1969—1971 Kilauea Volcano, Hawaii. *Geol. Soc. Am Bull.* 84, 537—546

ROSSY, M.

1969— Sur la nature de quelques pillow-lavas du Crétacé supérieur du Pays Basque Espagnol. *C. R. Acad. Sc. Paris* 269, 542—543

ROSSY, M.

1974— Origine des trachytes albitiques du volcanisme Crétacé du Guipuzcoa (Pays Basque Espagnol). *Bull. Soc. Géol. France* XVI, 43—49.

SIBUET, J.C., PAUTOT, G. & LE PICHON, X.

1971— Interprétation structurales du Golfe de Gascogne a partir des profils de sismique. *Histoire structurale du Golfe de Gascogne*, II 10.1—10.32

SNYDER, G.C. & FRASER, G.D.

1963 Pillowed Lavas II: A Review of Selected Literature. *U.S. Geol. Sur. Prof. Paper*, 454 C, 1—7.

VAUGNAT, M. & PUSTASZERI, L.

1965— Réflexions sur la structure et mode de formation des coulées en coussins du Montgenevre. *Arch. Sc. Geneve*, 18(3), 686—689.