

Fig. 1.—Esquema del contacto Dom. Alborán-Dom. Sudibérico al W y S de Ronda. Las flechas representadas indican el movimiento del bloque de techo. P: Penibético (t: Trías); CpG: Flyschs Campo de Gibraltar; Pd: Predorsal; D: Dorsal; M: Maláguide; R: M. de los Reales (Pe: peridotitas); G: M. de Guadaiza. Fallas o zonas de falla: Cabrejas (CB), Pompeya (PM), Fuenfría (FF), Piedras Recias (PR), Pto. Chamorro (PCh) y Espartina (ES).

reorientación de S previa junto con planos C (clivaje de crenulación extensional en rocas foliadas), fibras y estrías.

Así se han reconocido de N a S la Falla de Cabrejas, la Zona de F. de Pompeya, la F. de Fuenfría y la Zona de F. de Piedras Recias. No existen datos directos sobre su fecha de funcionamiento, si bien son posteriores al Burdigaliense. Pese a ello podrían integrarse en un sistema extensional (bloques de techo desplazados hacia el Sur, fig. 1) con omisiones de varios km (sólo la ZF de Piedras Recias sustrae casi todo el M. de los Reales; tiene buzamiento  $<45^\circ$ , que se hace mucho menor en su posible prolongación al NW de Coín, Guaro y Tolox). Las tres más septentrionales parecen aprovechar, en rellanos, antiguas superficies de cabalgamiento, lo que hasta ahora había sido interpretado como cepillamientos basales de accidentes contractivos (ver cortes de Dürr, 1967; Bourgois, 1980, etc.); cada una de ellas llega a omitir localmente más de 1 km de materiales. En su trazado, junto a segmentos de bajo ángulo, se encuentran frecuentemente rampas, de manera que la pendiente media es relativamente alta (siempre por debajo de  $45^\circ$ ). Han sido plegadas suavemente y falladas.

Estas grandes fallas normales se interrumpen por el W a lo largo de

dos fallas de salto en dirección sinistrorsas (Fallas de Puerto Chamorro y de Espartina). La Falla de Espartina limita asimismo por el W el Dom. de Alborán.

(Trabajo subvencionado por la CAICYT y CSIC, proy. n.º 2-461-2.)

#### Referencias

- Bourgois, J. (1980): *Geológica Romana*, 19: 151-170.  
 Campos, J.; García-Dueñas, V., y Simancas, F. (1986): *Maleo-Bol. Inf. Soc. Geol. Portugal*: 14.  
 Didón, J.; Durand-Delga, M., y Kornprobst, J. (1973): *Bull. Soc. géol. Fr.*, 15: 777-105.  
 Dürr, S. (1967): *Geológica Romana*, 6: 1-73.  
 García-Dueñas, V. y Balanyá, J. C. (1986): *Maleo-Bol. Inf. Soc. Geol. Portugal*: 23.  
 Navarro-Villa, F. y Tubía, J. M. (1983): *C. R. Ac. Sc.*, 296: 111-114.  
 Olivier, Ph. (1984): Tesis Univ. Toulouse.  
 Tubía, J. M. (1985): Tesis Univ. País Vasco.

Recibido el 3 de septiembre de 1986  
 Aceptado el 8 de septiembre de 1986  
 Presentado a la Sesión Científica de Barcelona el 19 de septiembre de 1986

## Notas preliminares sobre la geomorfología glaciaria del Valle de Rongbuk, vertiente norte del Qomolangma (Everest). Tíbet. R. P. China

E. Martínez de Pisón. Universidad Autónoma. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid.

J. López. Universidad Autónoma. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid.

P. Nicolás. Universidad Autónoma. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid.

#### ABSTRACT

Five major glacial episodes are differentiated in Rongbuk Valley along the Upper Pleistocene and Holocene, till the Little Ice Age, with the frontal moraines at 5150, 5140, 5075, 4970 and 4.700 meters over sea level.

Martínez de Pisón, E.; López, J., y Nicolás, P. (1986): Notas preliminares sobre la geomorfología glaciaria del Valle de Rongbuk, vertiente norte del Qomolangma (Everest). Tíbet, R. P. China. *Geogaceta*, 1, 21-23.

**Key words:** *Glacial episodes, Pleistocene, Holocene, Everest.*

Durante la estación premonzónica (marzo a junio) de 1986 se desarrolló una expedición española a la vertiente

tibetana del Qomolangma (Everest), de 8.848 m. Esta expedición incluía un programa de investigación científica,

dentro del cual se realizaron diversas observaciones geomorfológicas. El área estudiada se sitúa entre

los 4.500 m de altitud y el Qomolangma, a lo largo de unos 60 km, fundamentalmente en el Valle del Rongbuk.

Una de las labores principales ha sido la confección de un mapa geomorfológico del área de estudio. Se han cartografiado y analizado las formaciones de origen glaciar, fluvio-glaciar, torrencial y de ladera. Hemos atendido especialmente a la dispersión de los frentes morrénicos y a la localización de los sistemas de terrazas con el fin de deducir las fluctuaciones experimentadas por el hielo durante el Cuaternario.

En esta breve nota presentamos un esquema simplificado del mapa geomorfológico, resaltando los principales episodios glaciares. Se encuentra en fase de elaboración un trabajo más amplio en el que se abarcan con mayor detalle éstos y otros aspectos de los estudios efectuados en la expedición.

La ladera norte del Qomolangma, con unos 4.000 m de desnivel, está constituida fundamentalmente por rocas metamórficas, con sedimentos areniscosos y carbonatados en su parte alta. Estas rocas, datadas de fines del Paleozoico, presentan un buzamiento general hacia el norte. A lo largo de los valles septentrionales se encuentran afloramientos de materiales ígneos, relacionados con el vecino plutón del Makalú.

Los dos valles principales al norte del Qomolangma son el Rongbuk Central y el Rongbuk Oriental, que confluyen a 5.350 m. Los glaciares actuales finalizan a unos 5.250 m en el Central y a poco más de 5.550 m en el Oriental.

El hielo del fondo de los circos alcanza los 6.600/6.700 m. Las particulares condiciones climáticas del Qomolangma impiden la acumulación nival en la cara norte por encima de los 7.500 m, debido a los fuertes vientos. Por debajo de los 6.400 m de altitud se observan pérdidas de volumen del hielo glaciar a lo largo de este siglo. Las confluencias forman una morrena mediana muy notable en el glaciar oriental.

Las extremas condiciones ambientales dan lugar a la aparición de pináculos de hielo (de hasta 30 m de altura).

El glaciar Central de Rongbuk se prolonga en el Valle de Rongbuk, de notable carácter rectilíneo. En él se

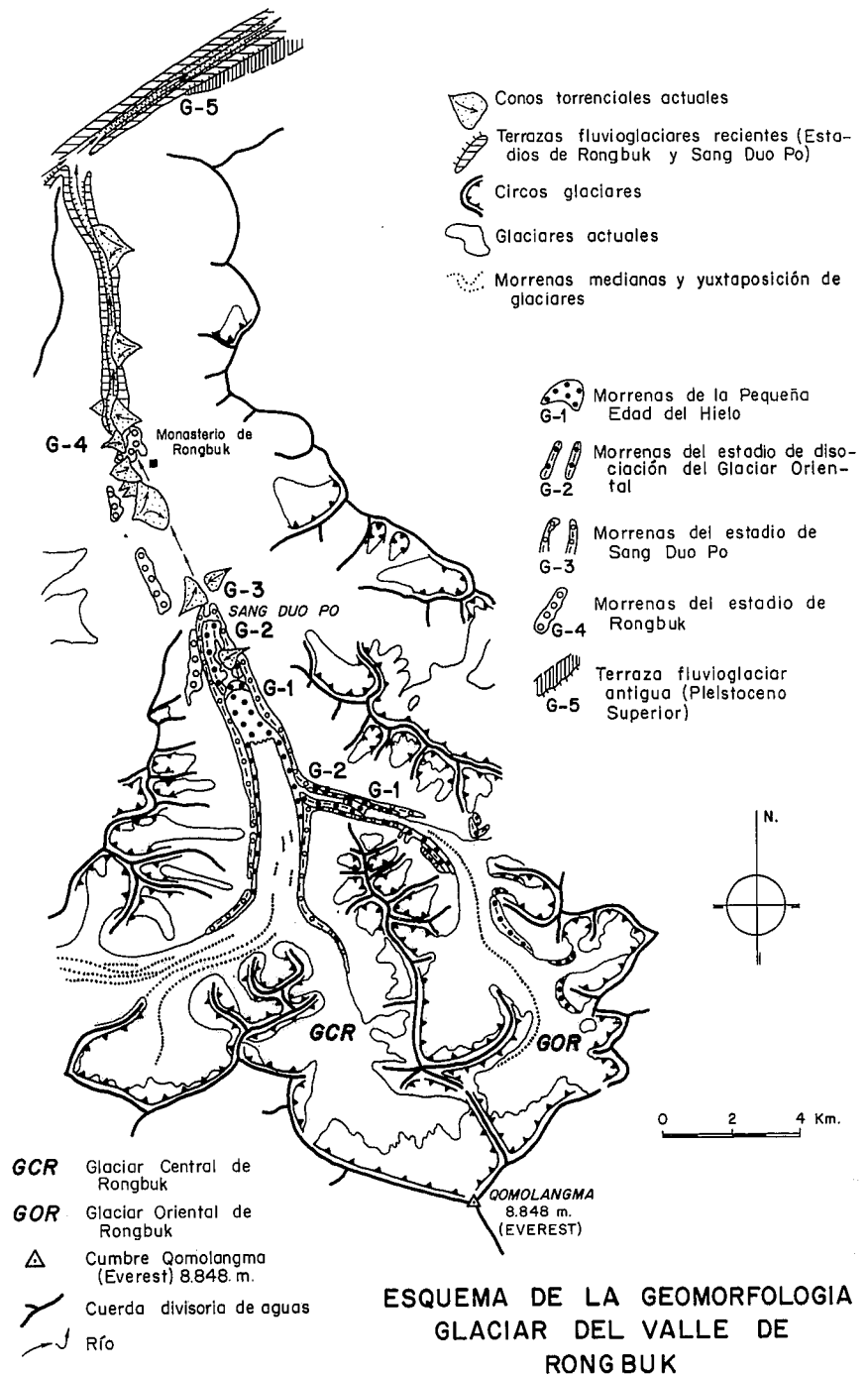
han conservado varios sistemas de morrenas que nos permiten deducir hasta cinco episodios importantes en la evolución glaciar del valle.

Los depósitos correspondientes al episodio más reciente ( $G_1$ ) se prolongan hasta unos 2 km por delante del frente del hielo actual, con el cual enlazan. Esta morrena, atribuible a la «Pequeña Edad del Hielo», es la gran acumulación frontal que obtura el valle a 5.150 m de altitud con una altura visible de unos 50 m.

En el glaciar Oriental los depósitos

equivalentes a los últimos citados se prolongan unos 500 m por delante del hielo actual, en una acumulación morrénica que ocupa el lecho del valle.

Otro episodio ( $G_3$ ) queda señalado a 5.075 m por el conjunto de arcos que se prolongan hasta 2,5 km por debajo del  $G_1$ , con el frente en las proximidades del lugar conocido como Sang Duo Po. En este episodio se llegan a distinguir ocho fases menores, una de ellas, más relevante ( $G_2$ ), correspondería a la fase de disocia-



ción del glaciar Oriental de Rongbuk respecto al Central.

Seis kilómetros más abajo, a 4.970 m e inmediatamente al norte del Monasterio de Rongbuk, se encuentra otro frente morrénico (G<sub>4</sub>), en el cual se distinguen dos etapas. Estos depósitos podrían relacionarse con la morrena lateral más alta de la vertiente occidental del valle.

Aguas abajo del Monasterio de Rongbuk, la morfología glaciar dominante en el paisaje de la parte superior es sustituida por formas y depósitos de naturaleza fluvio-glaciar. En este tramo se conservan formas erosivas glaciares que hemos podido observar hasta los 4.730 m. Los más bajos índices de presencia del hielo (G<sub>5</sub>), señalados por el comienzo de una antigua terraza fluvio-glaciar, se sitúan cerca de 10 km al norte de las morrenas de Rongbuk, a unos 4.700 m. Más abajo no se han encontrado depósitos ni formas glaciares.

Entre los dos últimos episodios señalados se sitúan tres niveles de terrazas encajadas, dos de ellas más importantes. Son relacionables con el episodio Rongbuk las superiores y con el episodio Sang Duo Po la inferior.

La última fase glaciar citada (G<sub>5</sub>), que parece corresponder a la máxima expansión visible de los hielos en el área estudiada, pertenece a una gran glaciación de valle del Pleistoceno Superior.

En otros trabajos, referidos a un área más amplia, varios autores (Chang Chengfa *et al.*, 1977; Ben-Xing y Jin-Jun, 1981) han señalado la existencia de tres glaciaciones principales a lo largo del Pleistoceno. Las dos primeras, de piedemonte, corresponderían al Pleistoceno inferior y medio respectivamente. La última, del Pleistoceno superior, sería de valle. Es a ésta, pues, a la que correspondería, al menos, el máximo señalado (G<sub>5</sub>). Sin embargo, el límite inferior que nosotros señalamos difiere de la posi-

ción terminal, más meridional, indicada en otros trabajos (Ben-Xing y Jin-Jun, 1981).

#### Agradecimientos

La expedición al Qomolangma por el Tíbet y los trabajos en ella efectuados, han sido posibles gracias a la colaboración entre todos los miembros del grupo expedicionario y a los organismos y empresas patrocinadores, especialmente Caja de Ahorros de Madrid, Comunidad de Madrid, Secretaría de Estado de Universidades y Universidad Autónoma de Madrid.

#### Bibliografía

- Chang Chengfa *et al.* (1977): China Sci. Sinica. Beijing. 17 p.  
Zheng Ben-Xing y Li Jin-Jun (1981): Proc. of Symp. on Quinghai-Xizang (Tibet) Plateau. Beijing. Vol. 2, páginas 1631-1640.

*Recibido el 25 de julio de 1986.*

*Aceptado el 8 de septiembre de 1986.*

*Presentado en la Sesión Científica de Barcelona, el 19 de septiembre de 1986.*

#### Comentarios

*David Serrat.*—Vista la interesante cronología glaciar relativa del Valle del Rongbuk, pregunto: ¿Qué criterios se han seguido para atribuir el G<sub>1</sub> a la Pequeña Edad del Hielo (de los Alpes)? ¿Es útil utilizar esta terminología en el Himalaya si no se tienen dataciones absolutas? (¡Esta 2.<sup>a</sup>, sólo si no se tienen!)

*Respuesta.*—Como muchos otros autores creemos prudente usar cronologías locales cuando denominaciones más generales o relativas a fenómenos lejanos supongan extrapolaciones inadecuadas o correlaciones insuficientemente fundadas. Pero también pensamos que conviene, cuando los datos y los argumentos lo permiten, buscar el contexto general.

En este caso concreto podríamos haber utilizado las denominaciones de «fase subactual» (imprecisa) o de «estadio del Campamento Base» (local), en vez de la «Pequeña Edad del Hielo»; hemos preferido acogernos a esta última por diversas

razones, de las que podemos destacar las tres siguientes:

1. Aparte de en los Alpes hemos observado una fase aproximadamente coetánea en Groenlandia, Pirineo, Sur y Norte del Himalaya central, Karakorum e, incluso, en el Hemisferio Sur; en los Andes peruanos (Cordillera Blanca) y argentinos (Aconcagua), aunque con variedades y desfases de orden secundario desde el Ecuador al Artico, por lo que podemos afirmar que tal glaciación histórica tiene carácter mundial.
2. Otros autores coinciden con estas observaciones en diversos puntos del globo, de modo regional o local, y, en concreto, científicos chinos han afirmado también la existencia de esta progresión en los glaciares de su país entre los siglos XVII y XIX.
3. Al constituir la Pequeña Edad del Hielo un avance histórico, existen con frecuencia, en numerosos lugares extralpinos, documentos gráficos y literarios de sus caracteres y extensión, suficientes para hacer posible un primer ajuste cronológico correlacionable. Así, por ejemplo, las fotografías de fines del siglo XIX de V. Sella en el Himalaya central y en el Karakorum permiten observar el volumen de diversos glaciares, que aún rellenan sus muros morrénicos laterales y cuyos frentes alcanzan las posiciones relativas que, en Rongbuk, atribuimos a la Pequeña Edad del Hielo, con un enlace entre frentes y morrenas laterales similar al aquí señalado.

Creemos interesante también proponer la asignación del estadio subactual de Rongbuk a la Pequeña Edad del Hielo porque con esta correlación, una vez más, se apoya el carácter mundial de esta Fase Fría. Mantenemos la denominación alpina por su expresividad, difusión y por ser la originaria.

Agradecemos al doctor Serrat su interés por este punto, que no había sido posible desarrollar en una comunicación tan breve y cuya aclaración era, sin duda, conveniente.