

EDUARDO MARTÍNEZ DE PISÓN

Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid

## *La disposición morfoestructural del conjunto de altas cumbres del Valle Superior del Baltoro (Karakorum, Pakistán)*

### RESUMEN

Se analizan los caracteres orográficos, morfolitológicos, morfotectónicos y de modelado glaciar del conjunto del Baltoro, que pueden explicar de modo relacionado sus pronunciadas formas de relieve. Se estudia particularmente la disposición concentrada de sus macizos de elevada altitud en la cabecera de la cuenca.

### RÉSUMÉ

*La disposition morphostructurelle de l'ensemble des hautes sommets de la vallée supérieure du Baltoro (Karakorum, Pakistan).*- On analyse les caractères orographiques, morpholithologiques, morphotectoniques et du modelé glaciaire de l'ensemble du Baltoro que, en les mettant en rapport, permettent expliquer les formes accentuées de son relief. On étudie particulièrement la disposition concentrée des massifs de haute altitude dans le secteur oriental du bassin glacier.

### ABSTRACT

*The morphostructural arrangement of the Upper Valley of Baltoro high peaks (Karakorum, Pakistan).*- This article analyzes the orographical, morpholithological and morphotectonical traits of the Baltoro ensemble, as well as its glacier erosion, for relating them allows to explain its pronounced landforms. We particularly study the concentrated arrangement of the high altitude massifs in the oriental sector of the glacier basin.

### *Palabras clave / Mots clé / Key words*

Morfoestructuras, modelado, Baltoro, Karakorum.  
Morphostructures, modelé, Baltoro, Karakorum.  
Structural landforms, erosion, Baltoro, Karakorum.

### I

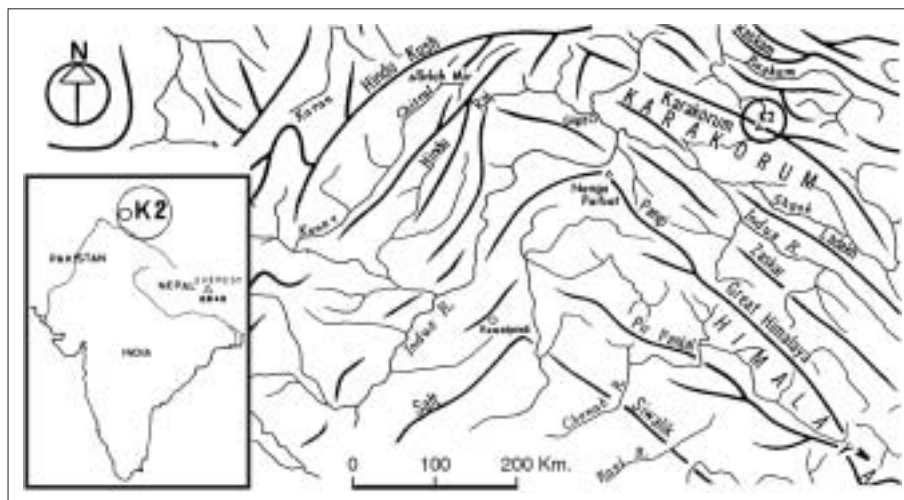
#### INTERÉS DEL SISTEMA OROGRÁFICO

AUNQUE todo el Karakorum está caracterizado por las elevadas altitudes de sus aristas y cumbres (se distinguen por lo común 57 setemiles principales y 4 ochomiles en estas montañas), sin duda llama la atención su singular concentración en el valle superior del Baltoro, donde se sitúa la segunda cima de la Tierra, el K2, con 8.611 m.<sup>1</sup> (figura 1-A).

<sup>1</sup> Hay otras mediciones puntuales del K2 y de algunos picos notables de la cordillera, que pueden crear ciertas disparidades numéricas. Por ejemplo, en el

K2, la de Wallerstein en 1987, de 8.859 m. —que levantó sorpresa, pues superaba la del Everest—, corregida enseguida por una nueva medición de Ardito Desio en 8.616 m., no muy diferente de la comúnmente aceptada, como las que propuso para el Broad Peak (8.060 m.) o el Gasherbrum IV (7.929 m.). Este pico G IV fue estimado por la expedición italiana de 1958 incluso en 7.980 m. y aparece así con dos cifras (7.925 y 7.980) en el conocido *Karakoram trekking and mountaineering map 1:200.000, sheet 3*; más tarde, el mapa chino del K2, 1:100.000, le adjudica una altitud de 7.932 m., manteniendo, los 8.611 del K2, etc. (Ver, como muestra, Desio, A. (1987): *Sulle vie della sete dei ghiacci e dell'oro*. Novara, Inst. Geografico de Agostini, págs. 288-295 y 354, y Maraini, F. (1961): *Gasherbrum 4º*. Barcelona, Ed. Latina, xix + 330 págs.). Hay también una lista de altitudes en Raza, M. H. (1990): *Mountains of Pakistan*. Islamabad, Colorpix, 150 págs. Como la mayor parte de estas variaciones no aparecen insertas en una revisión altitudinal más amplia donde estén mutuamente referenciadas y, además, no afectan al sentido de nuestro planteamiento, tanto en el K2 como en los restantes picos nos atendremos aquí a las cifras más habituales, integradas en las cartografías comarcales y regionales, que se comentan en la nota nº 2.

FIG. 1-A. Mapa de situación del área estudiada (Esquema de cordilleras según el atlas *Mountaineering Maps of the World*, 1978).



Como es sabido, hay catorce ochomiles en el mundo, diez dispersos por el Himalaya entre el Nanga Parbat y el Kangchenjunga —realmente, más próximos entre sí desde el Dhaulagiri a este último pico—, con la máxima cota en el Everest (8.848 m. según la cartogra-

fía usual, si bien en 1999 se han propuesto 8.849,86 m.), como consecuencia geológica general de la magnitud de la colisión intercontinental India-Tíbet.

Los otros cuatro ochomiles, entre ellos el K2, están, en cambio, agrupados en un reducido espacio del Karakorum, en la cabecera del Baltoro (figura 1-B). No muy lejos de ellos, aunque netamente separado y en estructuras distintas, se encuentra el ochomil más occidental del Himalaya, el Nanga Parbat, como un bloque aislado por la especialmente compleja tectónica de cabalgamiento y fractura de ese sector final de la cordillera. Pero esos cuatro ochomiles, más dos picos que casi alcanzan esa cota, el Gasherbrum III, con 7.952 m., y el IV, con 7.925 m., se emplazan en una alineación NO-SE (únicamente abierta cerca del K2 por el valle glaciar del Godwin Austen) de sólo 25 kilómetros de longitud. Como en esta línea se concentran dieciséis setemiles, es casi constante su mantenimiento altitudinal. Estas 16 cumbres son parte importante de las 23 cimas de esa cota que enmarcan el conjunto del valle del Baltoro, por el que se extiende así esta notable elevación local, pero el agrupamiento antes señalado constituye un hecho geográfico llamativo y una particularidad morfológica realmente destacada.

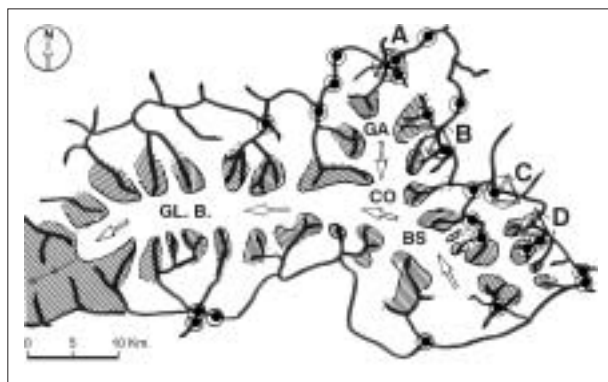


FIG. 1-B. Disposición de los cordales de elevada altitud de la amplia cuenca glaciar del Baltoro. Con círculos pequeños se destacan 23 cumbres entre los 7.000 y 8.000 m. de altitud, con triángulos las 4 superiores a 8.000 m. y, en los círculos grandes, las agrupaciones de éstas con los picos elevados inmediatos (A: Chogori o K2, 8.611 m. —segunda cumbre de la Tierra—. B: Broad Peak, 8.047 m. C: Gasherbrum II, 8.035 m. D: Gasherbrum I o Hidden Peak, 8.068 m.). Otros dos picos del conjunto Gasherbrum rebasan los 7.900 m. Por las cuerdas se sitúan, además, numerosos seismiles (37 cimas bien individualizadas) y cincómiles.

Las flechas indican el flujo del glaciar de Baltoro (GL. B.), formado por la confluencia en Concordia (CO), a 4.650 m. de altitud, de las lenguas de Godwin Austen (GA), al Norte, y del Valle Superior del Baltoro (BS), al Sur. El frente glaciar llega hasta los 3.600 m. de altitud, tras un recorrido desde el origen del Godwin Austen y desde el Ghogolisa de 53 km., y de 61 km. desde el inicio del glaciar Sur del Gasherbrum.

Maraini se refería a la llamativa agrupación de los Gasherbrum como «la familia», a cuyos miembros animaba con diversos caracteres (solemnes, huraños, vigorosos, retraídos), enlazados por «elevadas crestas encastilladas», que encierran una «sala desmesurada» de hielo, roca, nieve y nubes en el corazón del grupo (figuras 1-C y 1-D). Una versión nativa del valle de Hushé, sin duda expresiva, dice que Gasherbrum equivale a «rami-

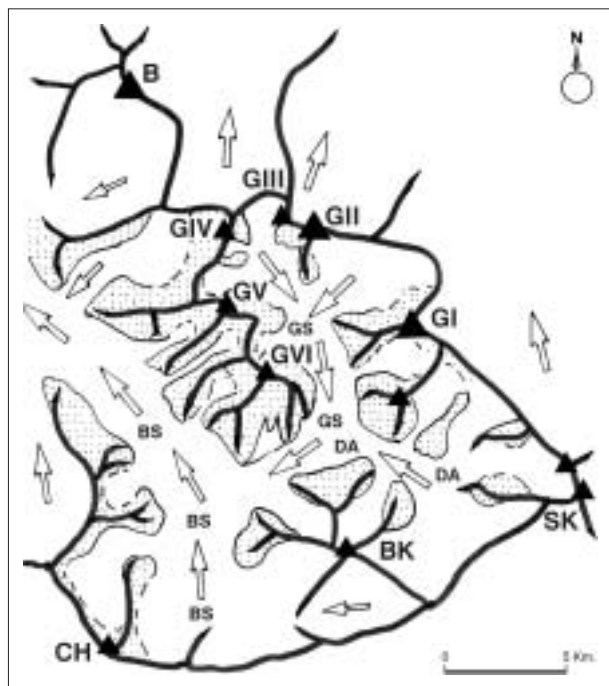


FIG. 1-C. Cabecera del Baltoro Superior. Sistema complejo de 15 circos principales, con todas las orientaciones, y de doble confluencia, primero de la lengua original del aparato llamado Gasherbrum Sur —GS— (N-S) con la del Duque de los Abruzos —DA— (SE-NO) y, segundo, del sector inferior de ésta (ENE-OSO) con la del Baltoro Superior —BS—, que desciende del Chogolisa —CH— (S-N). La primera lengua recorre de norte a sur un valle interno, subparalelo, vecino y opuesto al del Baltoro Superior, encerrado en doble alineación local y circo de cabecera por la formidable cadena de los Gasherbrum. En el cordal más alejado de ésta se elevan dos cumbres superiores a los 8.000 m. (G I —8.068 m.— y G II —8.035 m.—) que, en el conjunto de la cabecera, se agrupan con diez setemiles destacados (G III a G VI —7.952, 7.925, 7.321, 7.003 m.—, más Chogolisa (CH) —7.654 m.—, Baltoro Kangri (BK) —7.260 m.—, Sia Kangri (SK) —7.422 m.—, etc.). Cercano al conjunto y aún en su alineación se sitúa al NO además el Broad Peak, 8.047 m. —B—.

llete» de montañas, aunque otras versiones del baltí dan distintas etimologías, con referencias a la luz, al resplandor, a la belleza de la blancura de la montaña.

Destacan en el sistema orográfico del Baltoro 27 cumbres superiores a los 7.000 m. de altitud, más 37 entre seis y siete mil metros, alimentando y rodeando una caudalosa, ramificada e intrincada cuenca glaciar, con una lengua eje bien individualizada, el glaciar de Baltoro.

Esta lengua procede de una gran confluencia a 4.650 m. de altitud, de dos tributarios, el septentrional de Godwin Austen y el meridional del Valle Superior del Baltoro, y acaba a los 3.600 m. de altitud, tras un recorrido

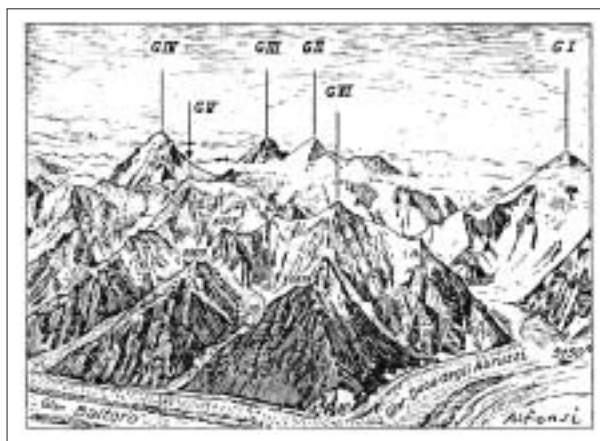


FIG. 1-D. Grupo de los Gasherbrum. Dibujo de Alfonsi en 1959, tomado de F. Maraini (1961).

entre 60 y 61 km. desde su inicio más remoto en la revuelta del glaciar Sur del Gasherbrum, según los datos de campo y de la cartografía disponible<sup>2</sup>. No obstante, la carencia de un mapa detallado y reciente del frente del Baltoro no nos permite precisar el punto y la cota de terminación del glaciar actual para establecer su exacta

<sup>2</sup> Hay una buena tradición de exploración geográfica y de actividad cartográfica en el Karakorum, iniciada con la catalogación del K2 en el año 1856. Hay tempranos mapas interesantes del Baltoro, como el de Godwin Austen en 1886, o el excelente de W. Martin Conway de 1892 o el de 1909 del Duque de los Abruzos. El conjunto de mejor representación de este valle, con curvas de nivel cada 100 m., es el del *Ghiacciaio Baltoro*, 1:100.000, impreso en 1969 por el Istituto Geografico Militare italiano, con los datos de las expediciones de 1929 y 1954; sin duda es el mapa clásico. Resultado de los trabajos geográficos de 1953-1955 es también el mapa 1:25.000, editado por el mismo «Istituto», sólo de la pirámide del K2, de notable detalle —equidistancia a 25 m.— y gran belleza de confección gráfica. Sobre estas bases, algunos claros mapas de cuerdas a diferentes escalas se insertan en el libro de Fantin, M. (1972): *Alpinismo italiano nel mondo*, T<sup>o</sup> 1, Milano, CAI, figs. 21, 25, 26 y 27. Es también recomendable el *Baltoro Glacier*, 1:100.000 de Y. T. K. Koku Sha. Mapas algo esquemáticos, pero útiles, son los correspondientes a las hojas «Baltoro Muztagh», «Skardu» y «Saltoro & Masherbrum Range», del atlas de T. Miyamori: *Mountaineering Maps of the World*, de 1978, que mantiene la mayoría de las cotas tradicionales. El reciente y buen mapa chino K2 (*Mount Qogori*), 1:100.000, de Mi Desheng, Lanzhou Institute of Glaciology, con curvas a 40 m., no cubre la vertiente sur del Baltoro, pero mejora las disposiciones orográficas y rectifica algunas altitudes clásicas (por ejemplo, el G VI pasa de ser un setemil escaso a un seismil alto y otros crecen ligeramente, como el Broad Peak que llega a los 8.051, etc.). Estos cambios, como los demás topográficos, se establecen en un conjunto referenciado, por lo que es recomendable su uso en el tramo que cubre; sin embargo, este recubrimiento parcial nos ha hecho optar aquí, por necesidades de homogeneidad, por la utilización provisional de las cotas clásicas, ya que, en cualquier caso, ello sólo afecta secundariamente a los datos o argumentos morfológicos que exponemos. Son interesantes en su formato los mapas de conjunto de M. Kurz: *Karakorum*, 1:750.000, el 1:250.000 (*Karakoram*, Sheet 2) de la Swiss Found. of Alpine Research y el excursionista de Leomann, *Karakoram Trekking...*, 1:200.000, Sheet 3. Las hojas de este sector del Us AMS, 1:250.000, *India and Pakistan*, son las N<sup>o</sup>. 43. 3 y 4.

longitud y sus fluctuaciones, salvo con dudosos datos de altímetro. En 1929 Desio lo situó a 3.500 m. de altitud; el mapa italiano de 1969, con datos de 1954, lo dibuja a 3.550 m. Desio señalaba entonces posibles oscilaciones del frente a partir de estimaciones poco precisas de las exploraciones anteriores, que anotaban tanto retrocesos como avances a fines del siglo XIX y a inicios del XX; el examen de Desio se inclinaba hacia un aspecto estable entre 1909 y 1929 en tal frente, pero constataba algunos claros retrocesos en tributarios internos de cuenca más limitada y, por tanto, más rápidamente influidos por cambios en su balance.

Sin embargo, podemos examinar también algunos documentos cartográficos de distintas fechas, aunque son heterogéneos y no siempre puede asegurarse su precisión. Si comparamos la cartografía de Conway del año 1892 con la de 1954, se podría deducir un retroceso frontal aproximado de un kilómetro y medio. La retirada del frente actual es, por otro lado, bien visible respecto a los arcos múltiples de las morrenas latero-frontales, en concreto de los más internos, datables en la Pequeña Edad del Hielo, pese a estar incompletos, abiertos por el río proglaciar divagante. Pero los croquis cartográficos más recientes, no exactos en este aspecto, sólo permitirían estimarla en cerca de otro kilómetro respecto a la posición de mediados del siglo XX. Es decir, según estos datos documentales, es posible, pero no seguro, que la pérdida de longitud llegue a ser de unos dos kilómetros y medio en algo más de un siglo. El contraste de formas actuales con la foto publicada por Desio del frente en 1929 no puede precisar distancias, pero sí indica pérdidas de volumen y de la fisonomía característica de un frente de apariencia estable, con una retirada particular de su sector central, donde surgen las aguas del Braldo de una corriente subglaciar. Sólo podemos constatar menor altura, más biselado y, en ese punto al menos, mayor alejamiento<sup>3</sup>. Sin duda, el asunto requiere un análisis expreso, que va más allá del objeto de estas notas.

En líneas generales el mapa del valle del Baltoro dibuja una figura a modo de T tumbada, una planta casi en crucero, formando sus alas una cabecera doble, pero bastante alineada, de la cuenca glaciar. Ambas alas están dominadas al Este por el gran muro del Broad Peak

y los Gasherbrum y rematadas en sus tramos finales por dos picos individualizados en sus respectivas laderas occidentales: al Norte el K2 y al Sur el Chogolisa. Entra dentro de la lógica preguntarse si esta «geometría» de la organización espacial de las formas, realmente clara, amplia y voluminosa (es decir, longitud de unos 40 km. de la suma de ambas alas, línea continua del muro oriental de unos 30 km., escarpes con desniveles directos visibles sobre el hielo entre 2.000 y algo más de 3.000 m. o contraste de altitud de 3.600 m. entre la base glaciar meridional y la cumbre del K2 en 4 km. de recorrido sobre el plano), pudiera derivarse de una pauta estructural de este sector la cordillera.

Pero la cabecera meridional se despliega con cierta complejidad, al duplicarse localmente las cuerdas casi paralelas de los Gasherbrum, enlazadas al Norte y abiertas al Sur. Este serpenteo de cordales da lugar a la reunión de un conjunto de quince circos próximos, con una doble confluencia en el origen del Baltoro Superior. En primer lugar, la lengua procedente del cuenco y valle escondido del Gasherbrum Sur, con dirección N-S, se une a la del Duque de los Abruzos, que viene del cierre SE de la alineación (figuras 1-C y 12-B). En segundo lugar, el aparato resultante de este enlace se reúne con los hielos que proceden materialmente de la misma cumbre del Chogolisa (7.654 m.) y que por sí mismos forman ya un sistema glaciar compuesto, para dar en conjunto la lengua del Baltoro Superior (figuras 1-C y 12-A). El punto más elevado de origen del glaciar de Baltoro Superior, y por derivación de esta secuencia del «conjunto Baltoro», es, por tanto, el Chogolisa y el más alejado el del Gasherbrum Sur, pese a la imponente presencia de los circos septentrionales del K2, Savoya y Godwin Austen.

Interesados por estos tipos de grandes relieves desde hace años (por ejemplo el Everest en 1986 y 1988 o el Nanga Parbat en 1990) nos ha parecido que esta cuestión se asocia de modo evidente a los mismos planteamientos estructurales abordados en aquellos casos y, sobre todo, los complementa de modo muy expresivo<sup>4</sup>. De

<sup>3</sup> Estas características ya se aprecian en una foto de similar perspectiva de los años ochenta, publicada en Cleare, J. (1991): *Trekking*. Barcelona, Integral, pág. 47. Respecto a la imagen de Desio en 1929, muestra degradación del sector derecho del frente y un retroceso de su punto central, en la surgencia del Braldo. En nuestra observación del 2000, esta retirada puntual está acentuada. En cada caso, el curso proglaciar del Braldo tiene un trazado distinto.

<sup>4</sup> En la bibliografía se encuentran las referencias a tales trabajos. Las notas que siguen surgieron de las observaciones sobre el terreno que efectué en el verano del año 2000, en el seno de una expedición al Chogolisa (7.654 m.) del equipo de Televisión Española *Al Filo de lo Imposible*, para colaborar en la filmación de un documental sobre la actividad de exploración geográfica y alpinista que llevó a cabo en 1909 el Duque de los Abruzos en esta parte del Karakorum. Agradezco aquí al equipo de rodaje —especialmente a su director Sebastián Álvaro—, al de alpinismo y al guía local Karim el apoyo a estas y otras observaciones morfológicas en aquellos excepcionales parajes.

cualquier manera, éste es explícitamente un estudio de paisaje, un análisis de configuración geográfica de una alta montaña de marcados caracteres. En ella el relieve (roquedo y glaciares) constituye sus rasgos geográficos predominantes e incluso casi exclusivos. Por tanto, el método geomorfológico es el instrumento de conocimiento adecuado para definir lo más significativo de esa configuración.

## II

### ELEMENTOS MORFOESTRUCTURALES

#### 1. ELEMENTOS MORFOLITOLÓGICOS

La riqueza de unidades litológicas del almacén rocoso del Baltoro y el visible seguimiento de tipos característicos de formas en sustratos ígneos, metamórficos y sedimentarios induce a un examen inicial del papel de este factor en el marcado reparto de volúmenes y en la llamativa geometría espacial de estas montañas, antes comentados.

Esta posible base, combinada con la tectónica, es evidente en el paisaje. Aparece incluso, por ejemplo, en la breve memoria del mapa topográfico del K2 de la Academia de Ciencias china, ya citado, al señalar de modo general que

«las masas rocosas del K2 son principalmente gneises duros con una alta resistencia a la meteorización y hay numerosas fajas de fractura. Esto favorece la formación de picos escarpados».

Desio concretaba más la misma idea en 1929:

«la fuerte ensambladura de rocas cristalinas graníticas y gneí-sicas, tan difundidas por la cuenca del Baltoro, y de rocas calcá-reas compactas y cristalinas contribuye mucho al desarrollo de estas paredes; pero no en su formación, sino en su conservación»

ya que su apertura está en buena medida ocasionada por la acción glacial que excavó los valles en el Pleistoceno y aún limpia de escombros sus bases.

Serían, así, tres tipos principales de roquedo los que ejercerían una función pasiva diferenciada respecto a los procesos morfogenéticos: 1, gneises y granito, que dan cresterías y agujas, a partir de la apertura erosiva de sus redes de planos de disyunción, como en el Trango; 2, calizas compactas y cristalinas, que permiten relieves de resistencia entre rocas más deleznales, a veces por su masividad, pero especialmente marcados cuando la estratificación está verticalizada o muy inclinada, como en el Gasherbrum; 3, esquistos erosionables, en los que la incisión prospera con mayor facilidad, originando traza-

dos de valles, como en las alas del Baltoro Superior y del Godwin Austen, o posiciones de portillas.

Una importante parte de los problemas de organización morfológica empieza, así, a aclararse, aunque, sin duda, hay otras cuestiones axiales, como el relieve positivo de la aglomeración de altitudes en posición de cabecera, ya comentada, o el negativo del largo trazado lineal del valle eje del Baltoro, casi perpendicular a aquel muro, que no parece que puedan explicarse sólo por este camino. Es decir, son necesarios otros argumentos para definir los orígenes morfológicos de los dos ejes mayores: por un lado, los sobresalientes relieves orientales, en materiales metamórficos y sedimentarios, desde los que se generan justamente los glaciares que se canalizan y muerden su borde morfológico occidental hacia el surco central y, por otro, la apertura de éste, que corta casi transversalmente el rumbo del sistema orográfico y del dispositivo litológico de la cordillera. Parece existir, por tanto, una dependencia inicial de otro orden de factores, de otro tipo de dispositivo, y luego una acomodación a las variables del sistema litológico.

Tal sistema presenta unas claras posiciones respectivas de unidades litológicas en tres bandas, que ya quedaron diferenciadas por Desio en la expedición italiana de 1929<sup>5</sup>. Sin entrar en los datos petrográficos aportados, en relación con nuestro interés se distinguieron entonces, primero, las rocas cristalinas, los granitos que enmarcan a ambos lados el eje del Baltoro y se extienden por los macizos del Paiju, Trango y Masherbrum; en segundo lugar, dos tipos de gneises, el de la Torre de Mustagh y el del K2, formando esbeltas torres y destacadas pirámides; en tercer lugar, las series sedimentarias de esquistos, calizas y conglomerados del área de Concordia y sus cadenas y valles inmediatos, particularmente el notable conjunto de los Gasherbrum.

Este mapa, lógicamente, ha sido precisado posteriormente en edades y distribuciones de los roquedos y en los elementos tectónicos mayores. En detalle, no obstante, quedan por hacer numerosos ajustes. La disposición NO-SE de la banda esquistosa de la llamada «Formación Baltoro», intercalada entre la unidad plutónica occidental y las formaciones sedimentarias orientales más compactas, aparece claramente aprovechada por las incisiones de esa directriz de las alas de la doble cabecera del Baltoro

<sup>5</sup> Llama la atención la excelente aportación científica de esta expedición a una cordillera tan lejana y dura y en una fecha tan temprana; cualquier comparación con nuestras limitadas contribuciones a la geografía de alta montaña por las mismas fechas lo hace evidente.

FIG. 2. Esquema morfolitológico de la cuenca glaciar del Baltoro (según Desio, 1929 y Searle et al., 1989 y 1990).

A: Formas torreadas y geométricas en rocas ígneas.

B: Formas agudas y piramidales de altitud en rocas metamórficas.

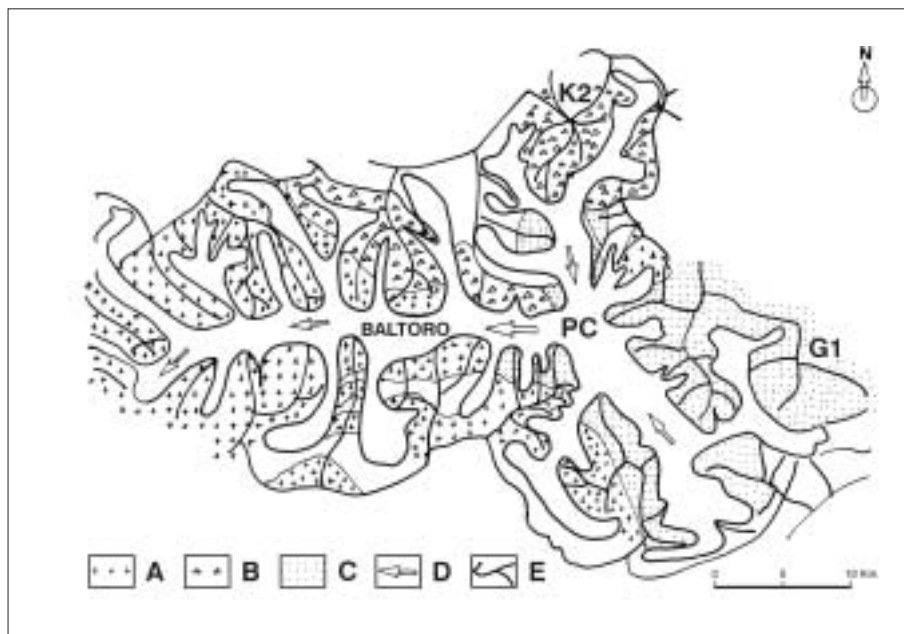
C: Conjunto de grandes picos en rocas sedimentarias.

D: Direcciones del flujo glaciar del Baltoro.

E: Cordales.

(K2: Chogori. G 1: Gasherbrum I.

PC: Plaza de Concordia).



(Savoia-Godwin Austen y Baltoro Superior), aunque también se alzan parcialmente en altitudes destacadas, como en el Mitre Peak o en el Chogolisa. En el Mitre y en el cercano espolón noroeste del Chogolisa es especialmente marcada la incidencia morfológica del contrastado contacto de las rocas metasedimentarias en fuerte cresta monoclinial —doble o simple— y su zócalo cristalino. Los gneises vecinos coinciden, efectivamente, con las rotundas formas positivas ya indicadas: la sobreelevada del K2 y la tajada de la Torre de Mustagh. Las calizas con los macizos y aglomeración de picos de los Gasherbrum-Broad Peak. Y los granitos con los edificios torreados y angulares de las Catedrales y del Masherbrum.

En suma, sintetizando, hay cuatro grandes tipos y grupos espaciales de paisajes morfolitológicos (figura 2), de Oeste a Este: 1º, formas torreadas y geométricas en rocas ígneas; 2º, formas agudas y piramidales de altitud en rocas metamórficas; 3º, apertura de línea de valles de cabecera adaptada a la banda interna esquistosa; 4º, aglomeración de grandes picos en rocas sedimentarias resistentes.

## 2. ELEMENTOS MORFOTECTÓNICOS

La compleja orografía en la que se incluye el Karakorum, adosado al dorso estructural del Himalaya y duplicando la alineación de sus grandes relieves, pertenece al abanico regional de cordilleras abierto desde el eje de

Gilgit, pero, más en general, al sistema radial de alcance continental centrado en el arco divergente del Pamir, donde se apilan verdaderas láminas corticales y donde bifurcan amplios orógenos de compresión intercontinentales y las cadenas de tipo derivado, relacionadas con tectónica de desgarre. En el núcleo de este amplio arco de montañas, en el centro de esta especial acumulación y ramificación orográfica, se encuentra el nudo geológico del Nanga Parbat (8.125 m.) en forma peculiar de bucle terminal occidental del Himalaya, fuerte torsión estructural producida por la marcada intensidad regional de la tectónica compresiva localizada en este ángulo índico. De forma inmediata, en el dorso de ese nudo, se apila la unidad cabalgante del Karakorum con el K2 (8.611 m.).

La posición del largo y estrecho batolito del Karakorum, así como la del de Ladack, sigue la directriz NO-SE, propia de grandes accidentes tectónicos, como la Sutura del Indo y de los cabalgamientos mayores, tanto del Karakorum, desde el Este de Hunza hasta la falla secante de Shaksgam, como, más al Sur, el del alto Himalaya a oriente del Nanga Parbat. Hay, pues, concordancia general de disposiciones y acomodación a ella de la morfolitológica del Baltoro que acabamos de señalar. Sin embargo, el eje del valle del Baltoro cruza rectilíneamente el batolito de lado a lado en buena parte de su recorrido, entrando en él con un ángulo agudo. Tal trazado es prácticamente ortogonal al de la mencionada gran falla límite de desgarre de Shaksgam, fractura que hace de

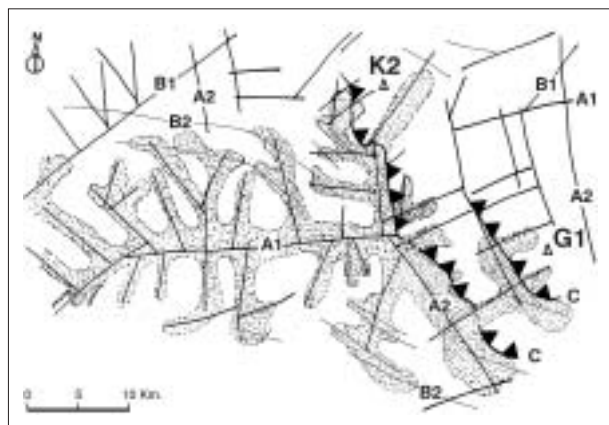


FIG. 3-A. Sistemas de alineaciones morfológicas de valles e interfluvios del Baltoro, asociadas a 4 dominantes estructurales.

A/ Alineaciones morfológicamente decisivas en esta cuenca:

1: Sistema transversal a la directriz principal de la cordillera (disposición del valle del Baltoro).

2: Sistema asociado a la gran falla límite del NE del Karakorum o de Shaksgam (disposición del alto Baltoro).

B/ Alineaciones importantes, pero secundarias en esta cuenca:

1: Sistema intermedio transversal de Sharpo Laggo y alto Braldo.

2: Sistema asociado a la directriz de la cordillera, según la disposición general del relieve, del MKT (Main Karakoram Thrust) y del batolito interno.

C/ Trazado de los grandes frentes morfológicos (línea con triángulos).

borde brusco NE del espaldar de este sector del Karakorum, es decir, de las formaciones gnéisicas de Mustagh y K2 y de las sedimentarias de los Gasherbrum.

Si analizamos el sistema de alineaciones morfológicas de la red de valles e interfluvios del Baltoro, resaltan de modo muy marcado cuatro tipos de direcciones. Incluso, puede decirse que son decisivas en la distribución de sus volúmenes y pasillos morfológicos, por su carácter estructurado y repetitivo (figura 3-A).

En primer lugar, hay dos pautas particularmente importantes: las alineaciones que corresponden a un sistema transversal a la directriz principal de la cordillera, en la que destaca, primero, la disposición del labrado del valle del Baltoro y el rumbo de los relieves de sus cordales limítrofes (Collado Este de Mustagh-K2, al Norte, y Masherbrum-Chogolisa, al Sur). Y, segundo, casi perpendicularmente, las de un sistema asociado a la gran falla de desgarre límite del NE del Karakorum o de Shaksgam<sup>6</sup>, que aparecen repetidas en las disposiciones

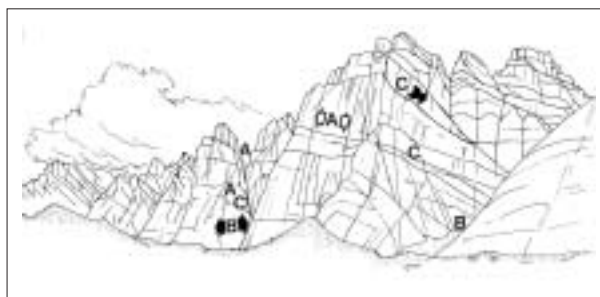


FIG. 3-B. Sistema básico de fracturación en el macizo del Trango. Cruce de planos de fracturas: 1º, verticalizados, de la directriz del Baltoro como frente de bloque (A y A', sistema A1 de la fig. 3-A) con otros transversales a ella (B, sistema A2 de la fig. 3-A). Y, 2º, con planos inclinados hacia el Norte (C).

de los valles afluentes a Norte y Sur de la lengua, en las de los marcados valles de cabecera del alto Baltoro, más en las de los Gasherbrum y las sus traseras, como Nakoo-Sgan y Urdok. Sus interfluvios se insertan en este trazado de modo frecuente en forma de aristas y espolones, salvo en el del Broad-Gasherbrum, que se manifiesta en el doble muro de cierre del Baltoro, con notable entidad y continuidad.

Este carácter sistemático de asociación del reparto espacial del relieve a una pauta geométrica, cuyo rumbo parece definido por un hecho tectónico mayor, como la falla de Shaksgam, sea de modo paralelo o perpendicular, conduce a plantear una hipótesis morfotectónica (a la que complementarían los más evidentes datos morfolitológicos ya señalados), 1º, en el establecimiento básico de estos volúmenes rocosos y, 2º, en la configuración de una trama estructural a la que se han acomodado los agentes erosivos principales.

Así, por un lado, el gran valle lineal del Baltoro posee todos los elementos característicos de una adaptación limpia a una señalada alineación de fractura transversal que hiende el sistema montañoso, franca sobre todo, como es lógico, en los granitos. Es, además, visible la acomodación de notables escarpes de los bordes de la gran artesa del Baltoro a planos de fracturación de tal directriz, exentos por los hielos pleistocenos (figura 3-B); alguno, como en el encuentro de las dos directrices del valle, O-E y SO-NE (con la acentuación erosiva en el sector convexo de torsión del glaciar), en la Catedral

<sup>6</sup> El amplio desarrollo regional hacia el NO de esta falla aparece representado por A. Gansser en sus mapas «Structural Map of Himalaya and South Ti-

bet» (*Ecologie et Géologie de l'Himalaya*, Col. Int. CNRS, vol. 268, 1976) y «Geological Map of the Himalayas» (Olschak, B. C. (1987): *Himalayas*. New York, Facts and File, págs. 30-31) y por Cronin (1989). Gansser señala también la repetición de su directriz en fracturas del Sur de la cordillera o próximas.

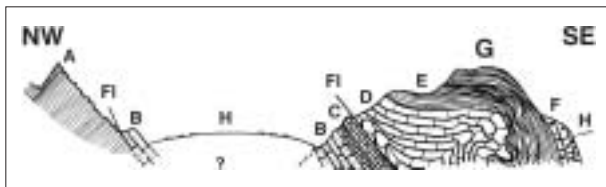


FIG. 4-A. Esquema de disposición morfotectónica del Golden Trone («G», 7.260 m.). (Sin escala). Estructura plegada y cabalgante inmediata al Baltoro Superior. Croquis de campo sobre datos de Desio, 1929: A, esquistos oscuros; B, calizas arenosas; C, calizas oscuras; D, calizas compactas; E, esquistos oscuros; F, conglomerados. FL: fallas. H: hielo glaciar.

de Thumno, con 1.800 m. de altura de pared sobre el glaciar actual<sup>7</sup>.

Y, por otro, la explotación erosiva de las alas del crucero de su cabecera y de los valles inmediatos muestra tan neta asociación al rumbo de una alineación de falla próxima, que es igualmente razonable introducir esta influencia morfotectónica no sólo en el crucero, donde aparece añadida al ya comentado carácter morfotectológico del corredor esquistoso, sino en los demás valles de esa directriz que no tienen tan clara pauta diferencial rocosa.

Pero incluso, la trama morfotectónica se manifiesta en otras dos alineaciones, aún importantes, pero secundarias en esta cuenca: un sistema intermedio transversal, muy evidente en la directriz de Sharpo Laggo y en la que hemos mencionado del alto Braldo. Y un sistema asociado a la dirección general de la cordillera, según la disposición regional del relieve, del Main Karakoram Thrust y del batolito interno, aunque aquí su incidencia está localmente subordinada. Este conjunto de pautas permite establecer con mayor fundamento una influencia visible de la trama tectónica en todo el dispositivo morfológico. Sin embargo, la operatividad morfológica del sistema tectónico local es mayor aquí que la general.

La observación cercana del frente Broad-Gasherbrum y del conjunto de éstos desde una buena perspectiva añade datos de mayor detalle, interesantes para la morfología particular de los picos, pero también expresiva del condicionamiento general de este sector. Así, en el Baltoro Superior, los afloramientos relativamente vi-

sibles del Golden Trone, del escarpe del G VI y del espón Norte del Chogolisa permiten seguir la disposición de una estratigrafía variada (aunque de modo discontinuo por el recubrimiento de hielo y nieve), sobre todo alternante de esquistos y calizas, vigorosamente plegados y fracturados (figura 4-A). Esta estructura plegada y distorsionada está, a su vez, en posiciones cabalgantes locales hacia el Oeste y Noroeste, que pueden repetirse no sólo en este ejemplo, sino en el conjunto del muro y respecto al ámbito rocoso occidental e incluso dentro de la serie de los Gasherbrum, de modo influyente en los relieves, tanto de los emplazamientos de los surcos de los valles del Baltoro Superior y del Gasherbrum Sur, como en el escalonamiento de los cordales, primero del G IV-G VI (sietemiles) y luego del G III al G I (con dos ochomiles), en enlace con el Broad Peak.

De este modo, el muro orográfico oriental de Concordia se explicaría como resultado de las estructuras locales de la cadena, de rumbo NO-SE, con el conjunto de grandes altitudes en posiciones cabalgantes según similar directriz que la falla trasera de Shaksgam. El muro queda realzado, además, por la apertura de los valles glaciares del crucero, adaptados no sólo a este dispositivo sino también a la banda de los materiales metasedimentarios vulnerables, localizada entre este edificio calcáreo y el resistente macizo granítico y metamórfico occidental.

Se ha señalado la existencia de un marcado cabalgamiento propio del conjunto gnéisico del K2, emplazado en su borde suroccidental en la línea del glaciar Savoya, cuya continuidad se pierde bajo el hielo. También el contacto entre la serie metamórfica y la sedimentaria en el Broad Peak aparece fallado. En el Karakorum y en el Himalaya estas estructuras no son fenómenos indirectos respecto al relieve, sino que tienen entidad morfológica<sup>8</sup>. Este cabalgamiento puede intervenir, por ello, en la disposición morfoestructural local sobreelevada del K2, pero puede ser indicativo también de la viable prolongación de este tipo de estructuras con repercusiones en los volúmenes del relieve, en la elevación del edificio que enlaza en forma de barrera realzada el conjunto de los ochomiles que cierra el Baltoro, contribuyendo al mismo tiempo al establecimiento de una o varias líneas o

<sup>7</sup> Unas imágenes expresivas de esta rotundidad de formas asociadas a grandes fracturas pueden verse en las figuras 1 (Trango) y 2 (Catedral) del libro de Shirahata, S. (1997): *The Karakoram*. Lahore, Ferozsons, 192 págs.; y en la figura 38 (Catedral) del de Audoubert, L. (1984): *Baltoro*. Barcelona, Martínez Roca, 222 págs.

<sup>8</sup> De modo general, sigue vigente la clásica afirmación de Gansser (1964, pág. 37): «The imposing aspect of the Karakorum is the result of very young morphogenetic movements, which are supposed to have acted along marked ESE-ONO fault zones, uplifting the central part to its present heights». Estas ideas están más ampliadas en Gansser (1982).



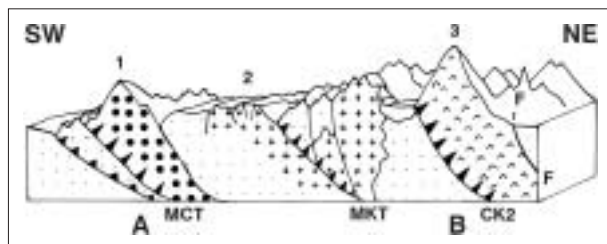


FIG. 4-B. Disposición morfoestructural de conjunto de las cordilleras del Himalaya (A) y del Karakorum (B). (Sin escala). Esquema con los respectivos cabalgamientos fundamentales, a partir de datos de Searle et al., 1989: 1: Sector del Nanga Parbat. 2: Meseta de Deosai. 3: K2. MCT: Main Central Thrust. MKT: Main Karakorum Thrust. CK2: Cabalgamiento del K2. F: Falla limítrofe de Shaksgam.

faja de dislocación en su borde occidental, que participa como guía de erosión.

Estos hechos de notable envergadura se insertan en una especial disposición morfoestructural de conjunto del Karakorum y el Himalaya, en los resultados orogénicos de la proximidad de las dos grandes cordilleras, lo que les hace congruentes con su entorno estructural. La multiplicación próxima de los grandes cabalgamientos de ambas cadenas, la cercana sobre elevación local del Nanga Parbat como pilar tectónico aún activo, inscribe en tal cuadro acumulativo el peldaño final de la escama del K2 (figura 4-B). También hace posible una interpretación morfoestructural análoga de la elevación conjunta, concentrada, del «bloque» en estructura de escama cabalgante del alto Baltoro, del K2 a la Cuerda del Chogolisa, parcialmente con dos escalones que disocian las dos alineaciones de los Gasherbrum, y abierto por fractura en el valle de Godwin Austen entre el K2 y el Broad (figura 4-C<sup>9</sup>).

El sistema morfológico aparece así trabado, tanto en el emplazamiento de sus relieves realzados como en las disposiciones de sus canales erosivos, sumando y uniendo sus caracteres morfoestructurales y morfológicos. Los primeros son claves generales y básicas, y la acomodación a la colocación en bandas de los segundos el complemento indispensable; esta combinación se ofre-

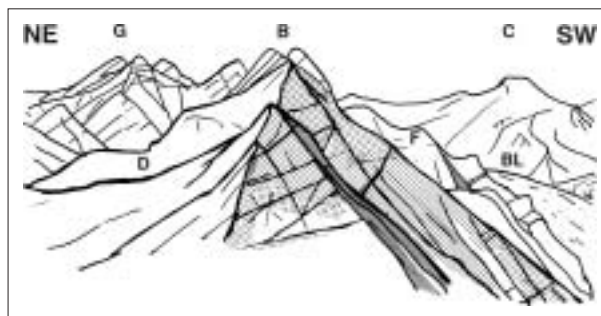


FIG. 4-C. Disposición del conjunto Broad (B) - Gasherbrum (G). Dorso nororiental (D) y frente suroccidental (F) del macizo cabalgante Broad-Gasherbrum, sobre el Baltoro (BL). C: Chogolisa. El desnivel directo del frente entre la cumbre del Broad y el hielo del Baltoro es de 3.200 m. en sólo 4 km. de distancia horizontal. Esquema a partir de una foto desde el K2 (ÁBREGO, 1987).

ce, como enseguida veremos, a diferentes escalas. Donde hay especial coincidencia entre pautas tectónicas y litológicas el resultado morfológico es, lógicamente, más rico e intenso.

### 3. PATRONES DE RELIEVES CONCRETOS

La observación de algunos de los componentes orográficos que constituyen estos conjuntos permite seleccionar unos modelos expresivos del concreto tallado de formas que más caracteriza el paisaje de los cordales del Baltoro. La exposición que sigue se apoya en las figuras 4 a 11, que manifiestan varios tipos de netas relaciones entre formas y estructuras.

Así, por un lado, en líneas generales, como vimos, la elevación del K2 responde a la secuencia apretada de cabalgamientos y dislocaciones del conjunto de las cordilleras del Himalaya y del Karakorum (figura 4-B): Main Central Thrust, Main Karakorum Thrust, Cabalgamiento del K2 y falla limítrofe de Shaksgam. O bien, por otro, la disposición morfoestructural del Golden Trone (7.260 m.), también comentada (figura 4-A), es buen ejemplo de la incidencia local de la estructura plegada y cabalgante en el dibujo interno de un pico aislado, en sus paredes y canales y en el acoplamiento de sus glaciares colgados a los escarpes derivados de las calizas compactas.

Observemos, además, el dibujo del contrafuerte occidental del Gasherbrum VI (figura 5), que constituye un ejemplo del gran frente morfológico del conjunto de los Gasherbrum, con 2.000 m. de desnivel sobre la superficie glacial del Baltoro Superior. Su escarpe muestra di-

<sup>9</sup> Las fotografías y filmaciones de los alpinistas permiten recomendar la consulta de algunos documentos de conjunto y de detalle sobre esta disposición estructural. Unas interesantes imágenes documentales del conjunto de la gran escama Broad-Gasherbrum se encuentran, así, en las páginas 59 y 62 del libro de Abrego, M. y Ariz, G. (1987): *En la cima del K2. Chogolisa*. Pamplona, Inlena, 121 págs., con estructuras de amplias cobijaduras, frentes al Oeste y dorsos al Este. El detalle de esta estructura frontal con fuertes buzamientos al Este es observable, por ejemplo, en el documental *Gasherbrum IV* emitido en enero del 2001 por TVE en su serie «Al Filo de lo Imposible».

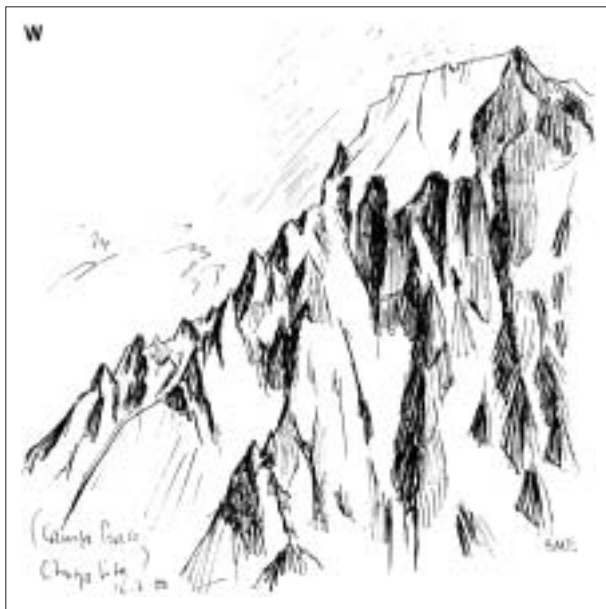


FIG. 5. Contrafuerte occidental del Gasherbrum VI. Frente morfológico de 2.000 m. de desnivel sobre la superficie glaciar. La combinación de estratificación, esquistosidad y fracturas romboidales incide directamente en el carácter y la distribución de sus formas. (Croquis de campo).

simetría con el lado opuesto del valle, reducido al espolón norte del Chogolisa, que queda cortado por el valle glaciar de Vigne. La combinación de estratificación, esquistosidad y fracturas romboidales se expresa directamente en la rugosidad de sus paredes, aristas, canales y crestas.

Son además características las formas culminantes particularmente agudas de este sector del Karakorum, propiciadas por el aprovechamiento erosivo peculiar de alta montaña de la vigorosa trama morfoestructónica angular y vertical de los macizos, especialmente visible en



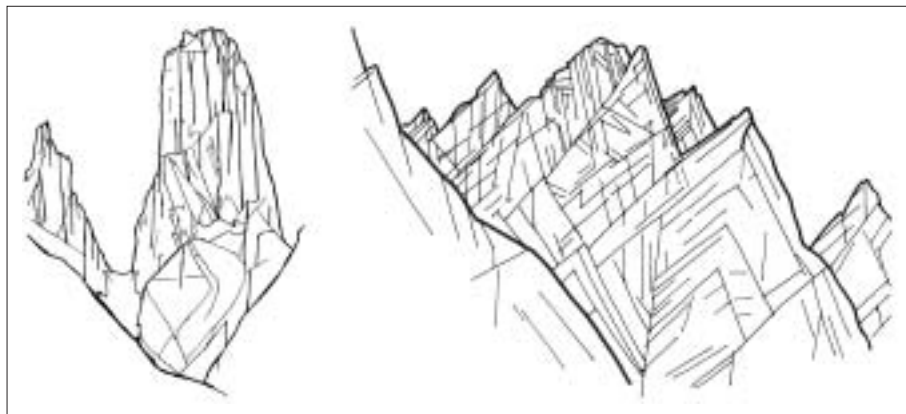
FIG. 6. Formas agudas culminantes. Formas propiciadas por el aprovechamiento erosivo de la trama morfoestructónica angular y vertical de los macizos. (Laila Peak, en el valle del Gondogoro. Croquis de campo).

algunas agujas, como el Laila Peak (figura 6), en el inmediato valle del Gondogoro. No obstante, también hay picos notables, como el G IV (figura 8) o el Chogolisa, con forma de pirámide truncada, cuyas cumbres parecen conservar un resto de superficie erosiva antigua o de líneas de culminación de bloque o constituir sólo una adaptación a un condicionante estructural horizontal.

Muy frecuentemente aparece, pues, un dominio de formas verticales, cuando la incidencia de las fracturas rectilíneas de tal trazado es de mayor entidad que las de dibujos angulares; el modelado esculpe entonces grandes formas torreadas (figura 7-A). También numerosos relieves agudos aparecen debidos, en cambio, a la adap-

FIG. 7-A (izda.). Dominio de formas verticales. Incidencia de fracturas rectilíneas verticales dominantes, en el esculpido de formas torreadas. (Torre del Trango, 6.251 m.).

FIG. 7-B (dcha.). Dominio de formas angulares. La geometría angular de la fracturación del roquedo granítico define un relieve de dibujo quebrado. (Agujas del Trango).



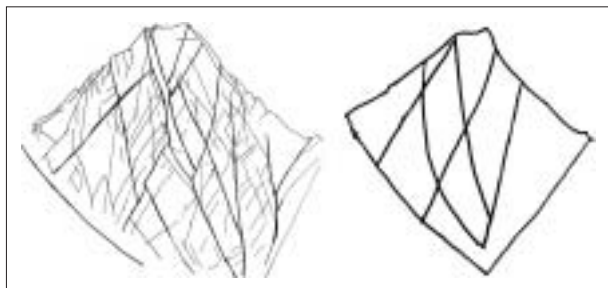


FIG. 8. Grandes formas directamente adaptadas a la trama morfoestructural. Formas del frente occidental del G IV (7.925 m.), abiertas según su red de fracturación en rombos, en «V» y «X». Izda.: líneas principales y secundarias. Dcha.: esquema simplificado de líneas maestras. (Croquis de campo).

tación estricta de las formas de picos, aristas y canales a la rígida geometría angular de la fracturación del roqueado granítico, cuando ésta domina, lo que da lugar a un paisaje definido por su dibujo quebrado, sistemático y repetitivo (figura 7-B).

Estas pautas simples se hacen compuestas en las grandes formas, igualmente adaptadas de modo directo a la trama morfoestructural. Además de su disposición en el frente morfotectónico hacia el Oeste del grupo Gasherbrum, las formas generales e internas del G IV, 7.925 m. (figura 8), se han abierto en grandes líneas maestras guiadas por su neta y amplia red de fracturación en rombos, en «V» y «X», combinada con la disposición del roqueado. En el conjunto pueden distinguirse, de este modo, elementos estructurales con efectos morfológicos principales y secundarios. En la definición de la forma del K2 es evidente la influencia combinada de esta trama (figuras 9-A y 9-B). La elevada pirámide rocosa se escinde y es modelada internamente según los cruces de sus fallas, su red de fracturas y el bandeado del roqueado (gneis generalizado, con rocas filonianas y

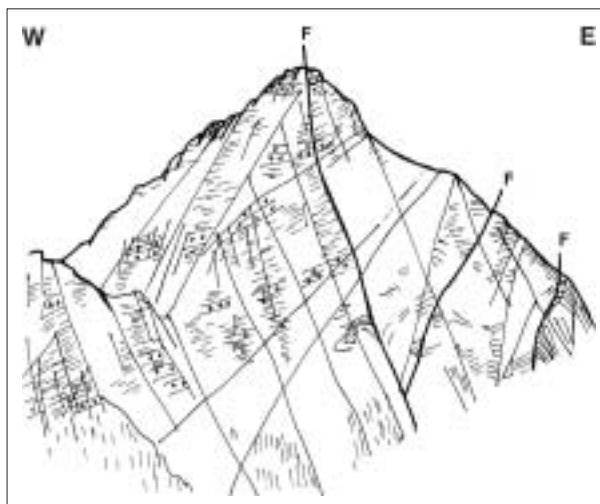


FIG. 9-A. Definición de la forma del K2. La pirámide es modelada según los cruces de sus fallas (F), su red de fracturas y el bandeado del roqueado. Su disposición general realizada en el Karakorum se muestra en la figura 4. (Esquema a partir de Gansser, 1964).

fajas estrechas y discontinuas de rocas cristalinas y calcáreas). En la cara Norte del K2 se observa no sólo la adaptación del «horn» a su marcada estructura de fracturación en rombos, sino también su incidencia en su dibujo interno, preestableciendo el dibujo de su nicho central, que aloja un glaciar suspendido. Conviene, sin embargo, ponderar de paso la entidad de este relieve en forma de «horn»: una comparación rápida con el desarrollo de un «horn» modélico alpino, el Cervino (figura 10), permite situar las dimensiones de los mismos tipos morfológicos en el Karakorum y la entidad de sus pautas estructurales.

Estos datos conducen a una posible asociación aun más general de estructuras geométricas y formas montañosas. En la figura 11-A se muestra una relación directa

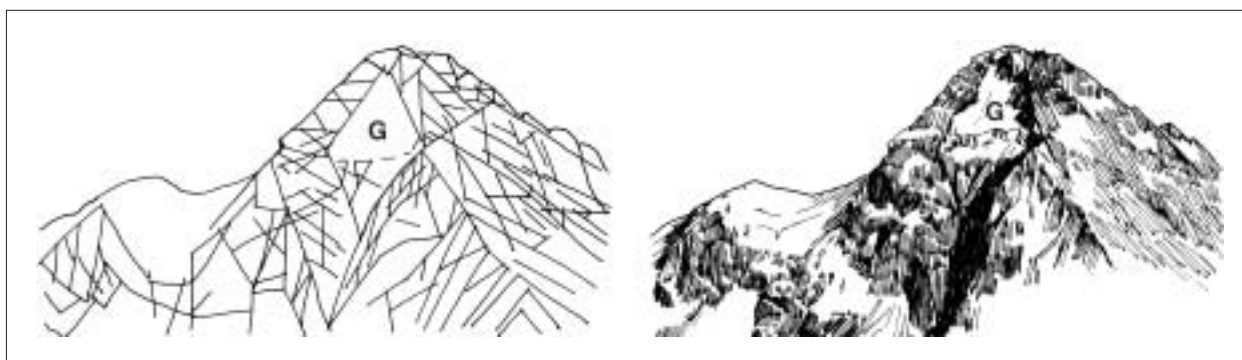
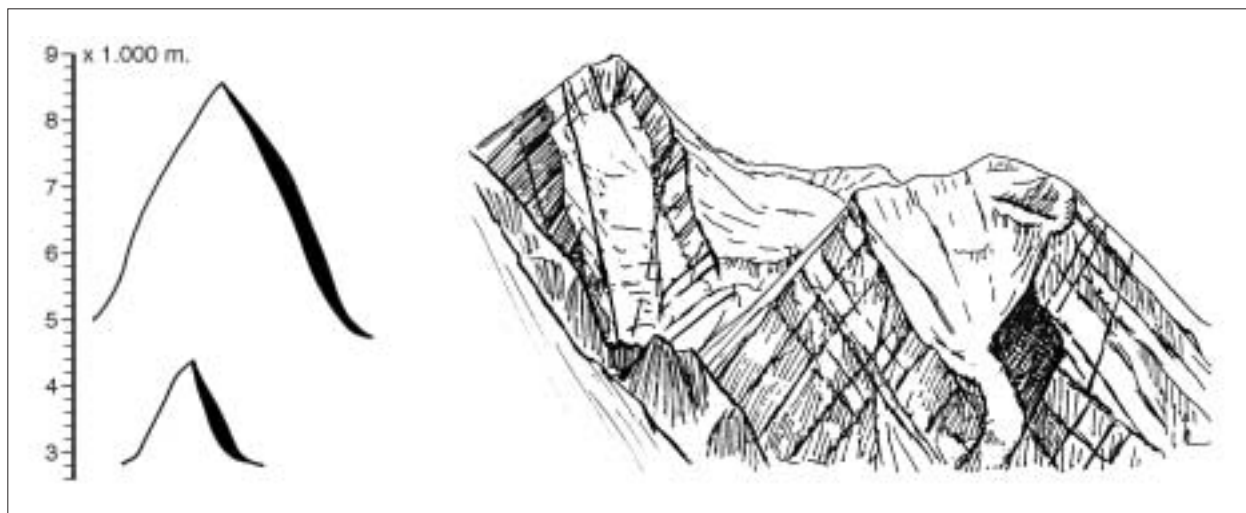


FIG. 9-B. Cara Norte del K2. Adaptación del «horn» a su estructura de fracturación en rombos. Su nicho central, que aloja un glaciar suspendido (G), se inscribe en ese sistema. Izda.: análisis de fracturas. Dcha.: croquis de formas.



FIGS. 10 (izda.) y 11-A (dcha.).

10: Dimensiones relativas de relieves alpinos. Comparación entre las altitudes de dos formas de «horn», en los Alpes (Cervino, 4.477 m.) y el Karakorum (K2, 8.611 m.). (Los formatos de conjunto sobre sus respectivas bases sólo son indicativos).

11-A: Asociación de estructuras geométricas y formas montañosas. Relación entre morfoestructuras de fracturación en X y en V con formas positivas (picos exentos), y negativas (vaciado de circos). (Hidden Peak —8.068 m.— desde el Baltoro Superior).

y seriada entre morfoestructuras de fracturación en X y en V con formas positivas convergentes hacia el cielo (que configuran picos exentos por excavado periférico), y negativas convergentes hacia tierra (con vaciado de circos por excavado interno), muy marcada en la vertiente Suroeste del Hidden Peak. En este pico, de 8.068 m. de altitud, se pueden distinguir (figura 11-B), sin embargo, tanto formas mayores como subordinadas, en función de distintos aprovechamientos morfológicos de sus elementos estructurales, propios de la unidad sedimentaria en que se arma. Por un lado, mientras la disposición verticalizada en las capas calcáreas favorece la forma escarpada del pico, la estructura replegada visible en diversos afloramientos rocosos sólo tiene una incidencia secundaria en las formas. Por otro, es constatable que son las fracturas mayores quienes guían preferentemente la erosión; incluso, el actual glaciar de ladera aparece inscrito en ésta según las morfoestructuras de fracturación. Otros casos pueden plantear igualmente matices y también modos distintos de aparecer los elementos mayores y subordinados. En los relieves de la unidad metamórfica, el perfil general tajado de la espectacular Torre de Mustagh (7.273 m.), que da su forma principal, se abre en un bloque gnésico profundamente fracturado en la vertical, pero las formas angulares subordinadas siguen, en cambio, una pauta secundaria romboidal y bandeada compleja, con elementos geométricos irregulares, de los que se derivan también los

collados y los diferenciados pináculos que definen su espolón meridional (figura 11-C).

El análisis a esta escala permite, de este modo, definir las directrices estructurales de los elementos y unidades del paisaje, sucesión de arquitecturas, de geometrías rocosas en una región casi exclusivamente mineral, con fuertes dinámicas morfogenéticas que siguen esas pautas de modo selectivo. Básicamente, podría incluirse esta relación ejemplar en la conexión a veces formulada entre dinámicas caóticas (tectónica y modelado) y resultados geométricos (estructuras y formas).

### III LAS GRANDES FORMAS DE ESCULPIDO GLACIAR

Todas las formas de modelado del valle del Baltoro indican la gran dimensión del glaciario pleistoceno, que esculpió los canales por los que aún fluyen los hielos actuales. Las huellas de las antiguas artesas suben por las laderas hasta cotas elevadas. Lo mismo ocurre fuera del ámbito de esos hielos vivos y, como consecuencia, las marcas de la gran glaciación se prolongan y extienden lejos de esta montaña, pues, en el máximo glaciar Pleistoceno con formas en el paisaje (reciente o medio), el glaciar que fluía finalmente por el valle del Indo recibía importantes confluencias, concentrando su-



FIG. 11-B. Formas mayores y subordinadas. Elementos estructurales y formas en la unidad sedimentaria.

A: Disposición verticalizada en las capas calcáreas y estructura replegada, con distinta incidencia en las formas.

B: Fracturas mayores que guían preferentemente la erosión.

C: Glaciar actual de ladera, inscrito según las morfoestructuras de fracturación.

(Hidden Peak, 8.068 m. Croquis de campo).

cesivamente alimentaciones desde el Karakorum, el Hindu-Kush y el Himalaya. Incluso, la alta meseta de Deosai que ocupa el interfluvio entre el Indo y el Astor ofrece ahora la forma de un antiguo ice-field de plataforma —tapizada por una tundra de altitud, cuyo mosaico se adapta con riqueza a los elementos geomorfológicos típicos—, y con modelado glaciar de montaña en su borde. Desde aquí se aportaron también en el Pleistoceno grandes masas de hielo a la lengua principal, que se sumaron a las de las cordilleras entre las que se alza (entornos del Baltoro Mustagh y del Nanga Parbat).

Son estos glaciares pleistocenos los que han abierto a modo de arquetas la red de valles hasta más allá del pie de este último pico y, por tanto, con mayor razón, los que han modelado las formas espléndidas de excavación del Baltoro, estrictamente acomodadas a su dispositivo morfoestructural, esculpiéndolo definitivamente para dar los paisajes actuales. A tales formas de marcado sello se añade el indudable hecho de que los glacia-

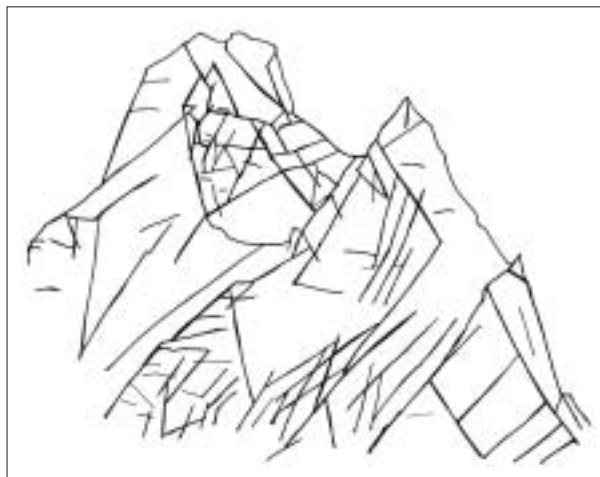


FIG. 11-C. Formas mayores y subordinadas. Elementos estructurales y formas en la unidad metamórfica. La Torre de Mustagh (7.273 m.) se abre en un bloque gnéisico profundamente fracturado. Sus formas angulares subordinadas siguen una pauta con elementos geométricos irregulares.

res activos, aún abundantes, son también parte muy significativa de ese paisaje.

En el mismo valle del Baltoro ya Desio observó restos de cordones morrénicos colgados en sus laderas que señalan fases sucesivas de posiciones glaciares en disminución, que median entre la más voluminosa y la actual. Apunta fundamentalmente tres estadios: 1º, una fase que parece tardía, aunque él la atribuye al Pleistoceno reciente, cuyo espesor alcanzó algo más del centenar de metros por encima del nivel del hielo en 1929 en Concordia, manteniéndose en cota y, por tanto, creciendo ese desnivel según se desciende hoy glaciar abajo; 2º, una fase reciente, ya próxima a las morrenas laterales entonces actuales; y 3º, esta última. En el frente de la lengua, más pulsador, como ya dijimos, la variedad de arcos próximos es mayor y denotan sucesivas posiciones de retroceso holocenas e históricas. El nivel alto, de notable entidad, aunque discontinuo, aparece lacrado por derrumbes y cárcavas; el bajo, pegado a la ladera rocosa constituye con frecuencia un único arco, que va desplazándose del hielo actual según éste desciende. Esta morrena lateral más reciente, de la Pequeña Edad del Hielo, es por lo general muy visible tanto en el valle principal como en sus afluentes y ya donde la regresión glaciar empieza a aparecer en el contacto con las laderas rocosas, se distancia el hielo de sus depósitos subactuales.

El actual complejo de alimentación glaciar del Baltoro puede observarse en la ladera septentrional del

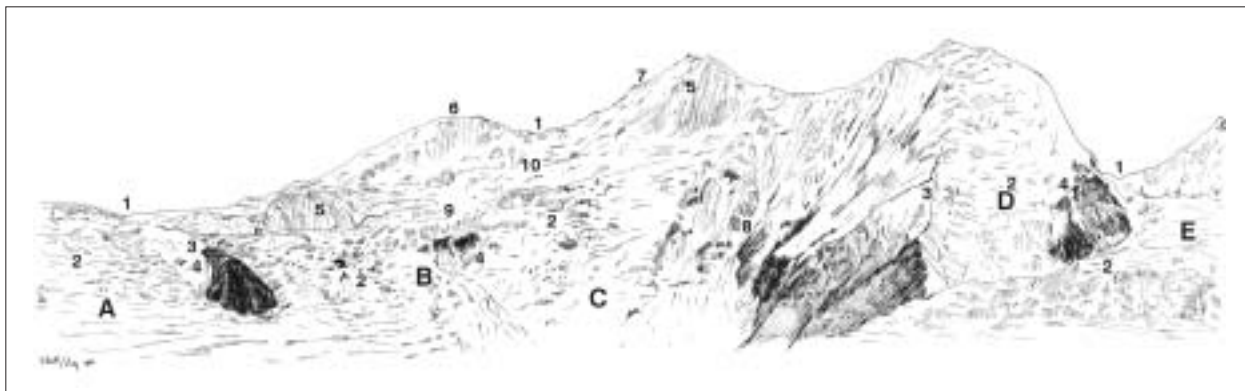


FIG. 12-A. Elementos del complejo glaciar de la vertiente Norte del Chogolisa (inicio del Baltoro Superior).

1. Collados glaciares. 2. Cascadas de seracs. 3. Aristas interglaciares. 4. «Rognons» (afloramientos rocosos entre el hielo). 5. Laderas de hielo estriado. 6. Domo glaciar. 7. Cornisas en aristas de hielo y nieve. 8. Canales de aludes. 9. Rellanos intraglaciar. 10. Circo glaciar.

A: Lengua SO del Baltoro Kangri. B: Lengua del Collado del Chogolisa. C: Lengua del Circo del Chogolisa. D: Glaciar del Espolón de Chogolisa. E: Lengua occidental del Chogolisa. (Croquis de campo).

Chogolisa (figura 12-A), donde aparece una convergencia local de cinco lenguas procedentes de sus circos, collados, laderas, plataformas, domos, aristas con cornisas y paredes estriadas. Forman, como comentamos, de cumbre a valle, con un brusco desnivel de casi 2.700 m., el alto nacedero escalonado del Baltoro Superior, verdadero almacén de hielo en rápido desplazamiento. Aunque el complejo de alimentación es abundante y variado, la aparición de «rognons» rocosos y áreas descarnadas o la acentuación de los seracs en las pendientes parecen indicar una tendencia muy reciente a la disminución del hielo, particularmente en la parte inferior y en la lengua del Baltoro Superior<sup>10</sup>. La línea de nieve se establecía en Julio del 2000 alrededor de los 5.500-5.600 m. de altitud; en el mal tiempo monzónico —algo marginal— de verano aparecía con un claro contraste: fusión acelerada del glaciar bajo la lluvia por debajo de los 5.000 m. y recubrimiento de nieve por encima de esta cota. Las lenguas mayores resultantes de las convergencias de hielo limpio de alta montaña, quedaban en consecuencia descarnadas, cubriéndose enseguida hacia abajo de detritus supraglaciar y de los largos cordones morrénicos medianos; la fusión origina en estas circunstancias poderosos torrentes supra y yuxtaglaciares —violentos, con molinos profundos—, así como lagunas efímeras sobre el hielo. Un balance, pues, negativo.

Inmediatamente se establece la nueva confluencia de los hielos procedentes de la unión de las lenguas del Gasherbrum Sur y del Duque de los Abruzos con los del Chogolisa (figura 12-B). Las morrenas superficiales medianas recubren y siguen las yuxtaposiciones de lenguas con poco espesor y canales blancos en largas distancias, entre los que surgen espaciadamente o por sectores algunos pináculos de hielo hasta los 4.000 m. de altitud. Sus litologías varían según los tramos (esquistos, calizas, conglomerados, gneis, granitos...) de los afloramientos de donde proceden y tienen un efecto protector del hielo, tendiendo a dar montículos con núcleo glaciar. Externamente aparecen en caos de piedras, pero también en enlosados y formaciones poligonales, de proceso distinto pero convergente con el periglacial, así como abundantes mesetas de glaciar basculantes. Progresivamente, el delgado recubrimiento se generaliza, se hace informe, afectado por el movimiento glaciar y por la fusión superficial.

La lengua principal aparece deprimida respecto a sus dimensiones en la Pequeña Edad del Hielo, hundida respecto a sus depósitos laterales o con retrocesos en algunos de los afluentes bajos. La forma externa de la lengua, pese a sus numerosas confluencias laterales que la realimentan, presenta una apariencia colapsada en su tramo inferior, con abundantes lagunas de fusión, cargadas de detritus, corrientes supraglaciares y escarpes de hielo negro. Inmediatamente por debajo del frente glaciar, biselado, ya comentado en sus variaciones recientes, el curso del Braldo es divagante, con amplio aluvionamiento y formidables huellas de erosión fluvial.

<sup>10</sup> Hay un dibujo de este mismo sector del Chogolisa a fines de los años cincuenta en el libro de Maraini, F. (1961): *Gasherbrum 4º*. Barcelona, Latina, pág. 305; pero no permite una comparación detallada del aspecto glaciar.

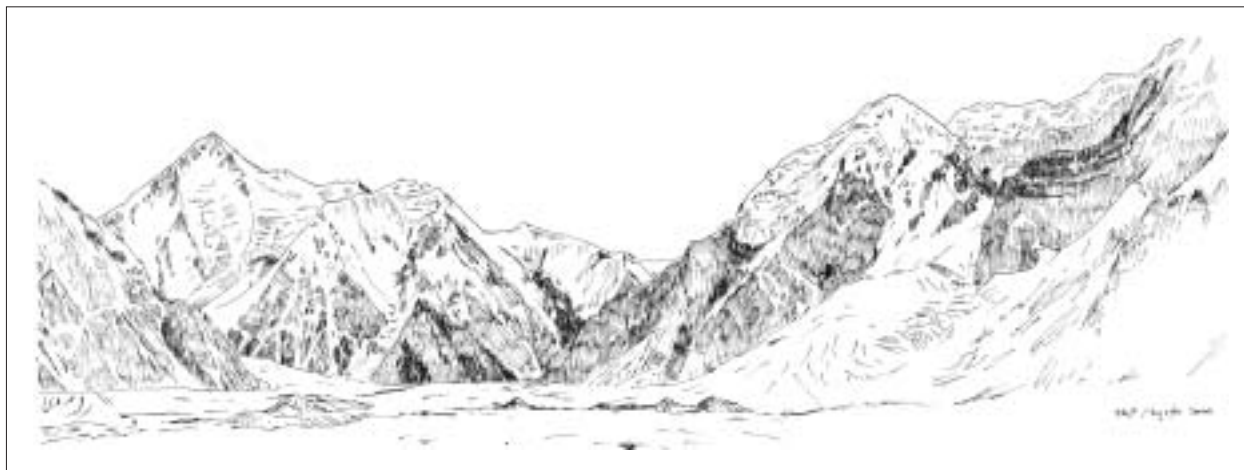


FIG. 12-B. Confluencia glaciár múltiple en el Baltoro Superior. De izquierda a derecha: reunión de los flujos procedentes de los aparatos: 1º, del Gasherbrum Sur —bajo el Hidden Peak, 8.068 m.—; 2º, del Duque de los Abruzos —oculto en el valle central—, y 3º, del glaciár colgado del Baltoro Kangri, con la lengua del Baltoro Superior —en primer término—. (Croquis de campo).

Cambia el paisaje de fondo de valle por la presencia de terrazas aluviales y conos de deyección mordidos por la zapa del río; las morrenas laterales forman dos niveles acarcavados, que remiten ya a momentos del Pleistoceno y, pasado Paiju, hay numerosas muestras de morrenas frontales más recientes en el fondo del valle.

Las cumbres inmediatas se levantan mediante fuertes y descarnados desniveles, lo que propicia que en las laderas abunden pedreras, *debris-flow* y coladas torrenciales, cundiendo los derrames violentos y episódicos. Hay glaciares laterales, por ejemplo el de Biafo, que experimentan un evidente retroceso actual: las morrenas de la Pequeña Edad del Hielo alcanzan y casi cortan el valle principal, mientras el hielo frontal, negro, se retranquea claramente respecto a su trazado. En el vecino, pero meridional, glaciár de Gondogoro, el retroceso está claramente marcado, con una morrena lateral de la Pequeña Edad separada y alta respecto al hielo actual y con su área final alejada del frente glaciár. Otros cordones recientes, holocenos, enmarcan aquí esta fase histórica, indicando su carácter más fluctuante, lo que confirman hasta cinco niveles de inmediatas terrazas fluvio-glaciares también holocenas.

Finalmente, los depósitos de Askole, entre otros lugares, indican la sucesión de episodios glaciares y fluvio-glaciares del Braldo aguas abajo hacia el Indo en una serie que no es objeto de este trabajo. Es llamativo, sin embargo, por poner un ejemplo, el conjunto sedimentario de Apo Alí-Gon, con el río y dos de sus terrazas encajados en un espesor morrénico superior a los 100 m.

A partir de aquí el paisaje expresa las considerables dimensiones de los hielos pleistocenos en las formas de grandes artesas o en la presencia de valles afluentes colgados, de morrenas laterales espaciadas en un nivel máximo y otro medio, en la aparición de restos de morrenas frontales de fases de retroceso de la última gran glaciación o en el alto relieve formado por el amplio umbral del valle del Shigar sobre la fosa de Skardú, con morrenas intercaladas o incluso superpuesta y terrazas encajadas.

La fosa de Skardú tiene una clara entidad morfotectónica, con planos derivados de falla, rectilíneos y facetados, en sus bordes Norte y Sur. Su fondo está relleno en buena parte por sedimentos lacustres y fluviales, con niveles colgados. Sus valles afluentes conectan con la fosa mediante elevados umbrales y amplios boquetes de entrada, presentando claras morrenas, por lo que en esta depresión se observan morfologías glaciares confluentes. Los depósitos lacustres que aparecen en dos niveles, ahora recortados por el Indo, están incluso localmente replegados muy posiblemente por empujes de avances glaciares relacionables con fluctuaciones pleistocenas tardías de lenguas procedentes de esos valles confluentes.

Prosiguen las formas de artesas suspendidas en los valles afluentes de la garganta inmediatamente inferior del Indo y hasta en el área de Chilás se observa la presencia de diversos tills y morrenas laterales, realimentados los hielos del Indo (en el máximo glaciár morfológicamente reconocible) por los glaciares procedentes principalmente del valle de Gilgit, y de los macizos del

Deosai y del Nanga Parbat. A partir en ellos, en conos aluviales con varios niveles y en dunas consolidadas, se puede establecer una sucesión local de fases glaciares y finiglaciares combinada con la evolución morfológica del valle del Indo, indicadoras en conjunto de la riqueza de datos de historia glacial en este sector en el Pleistoceno (sobre todo, reciente). Pero a ello se une cierta presencia de formas típicas de erosión, como umbrales, hombreras, rocas aborregadas, que reafirman esa antigua presencia glacial, que aquí recogemos sólo, sin entrar en su análisis, como una referencia de continuidad con los relieves que hemos tratado.

Las huellas glaciares en el valle del Indo alcanzan, sedimentariamente, las localidades de Shatial y Sazin, pero las formas de modelado de este tipo pueden seguirse algo más lejos, hasta Dasu. Esto significa que, en su máximo morfológico, desde los circos lejanos del Gasherbrum Sur, tal lengua realimentada se habría prolongado, con sus revueltas, alrededor de 400 km. (Sazin) o más (Dasu). Hasta este punto la fisonomía del gran valle, rodeado ya de cumbres altas, contiene elementos aparentemente glaciares, con umbrales, rellanos y, más cerca de Chilás, hombreras, rocas aborregadas, depósitos de obturación, etc, suficientemente indicativos, aunque no sean dominantes en el paisaje. La proximidad de áreas con cotas altas, netas formas glaciares e incluso con glaciares activos obliga a distinguir entre formas propias del máximo de valle (gran lengua continua, justificable por las colosales dimensiones de los glaciares confluentes y por sus secuencias de depósitos) y las de-

rivadas de aportes transversales que lo alcanzaran (lenguas locales discontinuas de los macizos inmediatos), en distintos episodios. Posiblemente hay huellas de ambas. Como ya señalamos en nuestro estudio del Nanga Parbat (1991), los trabajos realizados en esta parte del valle por Schroder et al. (1989), dentro de una tradición bibliográfica conocida, señalan el máximo morfológico al que nos estamos refiriendo en Shatial, como una glaciación intermedia con dos fases, tras un supuesto avance antiguo deducido de una diamictita tectonizada. Otra glaciación posterior, en el Pleistoceno reciente, con varias fases, respondería, en cambio, al carácter disociado de las lenguas de aportes laterales que alcanzarían el Indo. Así, por ejemplo, la hombrera colgada en el valle de Raikot es expresiva de, al menos, una fase glacial pleistocena que sin duda habría descendido al Indo (1.250 m.) desde el inmediato Nanga Parbat (8.125 m.).

En suma, la longitud del glacial actual de Baltoro, entre otros de la cordillera del Karakorum, que le hace aún dominante en el paisaje de esta montaña tan favorable a los hielos, vendría a corresponder a cierta proporcionalidad con aquellas magnitudes del Pleistoceno. La capacidad de estos hielos para abrir formas de notable entidad siguiendo la pauta morfoestructural ha contribuido no sólo a que el relieve se configure ampliamente según su estilo de modelado, sino también a un realce intenso de tal pauta, por la suma de dos hechos: una acomodación a los volúmenes morfotectónicos y una erosión diferencial guiada por la variedad litológica y por las directrices tectónicas.



## B I B L I O G R A F Í A

- CRONIN, V. S. (1989): «Structural setting of the Skardu intermontane basin, Karakoram Himalaya, Pakistan». *Special Paper 232. Geological Society of America*, págs. 183-201.
- DESIO, A. y SAVOIA-AOSTA, A.: *La spedizione geografica italiana al Karakorum (1929)*, Milano, Arti Grafiche Bertarelli, 568+LI págs.
- GANSSER, A. (1964): *Geology of the Himalayas*, Londres, Interscience, XVI+ 289 págs.
- GANSSER, A. (1982): «The Morphogenic Phase of Mountain Building». En Hsü, K. J. (ed.): *Mountain Building Processes*, Londres, Academic Press, págs. 221-228.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1979): «Observaciones morfológicas de la expedición al Diran Peak (Karakorum)». *Bol. R. Soc. Geográfica*, págs. 155-190.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1991): «Observaciones geomorfológicas en el Nanga Parbat (Himalaya del Pakistán)». *Ería*, nº 26, págs. 157-177.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. y LÓPEZ, J. (1989): «Major Pleistocene and Holocene glacial episodes in the Kumbu region. Southern side of Mount Everest (Nepalese Himalaya)». *Geogaceta*, 6, págs. 35-38.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; LÓPEZ, J. y NICOLÁS, P. (1989): *Observaciones geomorfológicas en la vertiente tibetana del Everest*, Madrid, Universidad Autónoma, 159 págs.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; NICOLÁS, P. y MARTÍNEZ, J. (1999): «Observaciones sobre la morfología glaciar del alto valle de Kaphe. Macizo de los Dhaulagiri, Himalaya del Nepal». *Ería*, 48, págs. 81-99.
- SEARLE, M. P. et al. (1989): «Metamorphic, magmatic and tectonic evolution of the Central Karakoram in the Biafo-Baltoro-Hushe regions of northern Pakistan». *Special Paper 232. Geol. Soc. of America*, págs. 47-73.
- SEARLE, M. P. et al. (1990): «Age of crystallization and cooling of the K2 gneiss in the Baltoro Karakoram», *Journal of the Geological Society. London*, 147, págs. 603-606.
- SCHRODER, J. F. et al. (1989): «Quaternary glacial chronology and neotectonics in the Himalaya of northern Pakistan». *Special Paper 232, Geological Society of America*, págs. 275-294.