

EDUARDO MARTINEZ DE PISON*, JERONIMO LOPEZ MARTINEZ**
y ALFREDO ARCHE MIRALLES***

FORMAS Y DEPOSITOS DE LA ZONA DE JOHNSONS DOCK. MAPA GEOMORFOLOGICO. ISLA LIVINGSTON. SHETLAND DEL SUR. ANTARTIDA.

RESUMEN - RÉSUMÉ - ABSTRACT

Se presenta un mapa geomorfológico de detalle de los alrededores de la Base Antártica Española Juan Carlos I. En él se muestra la disposición espacial de las formas y depósitos glaciares, periglaciares, litorales y de vertiente. Destaca el sistema de playas levantadas, hasta +18,6 m. y el conjunto de arcos morrénicos que se han agrupado en 5 fases principales de retroceso glacial. Junto al comentario de las formas existentes se propone un posible esquema cronológico de acontecimientos.

* * *

Formes et dépôts de la zone de Johnsons Dock. Carte géomorphologique. Ile Livingston. Shetland du Sud. Antarctique. - On montre une carte geomorphologique détaillé d'autour de la Base Antarctique Espagnole Juan Carlos I. On signale la distribution des formes et dépôts glaciaires, périglaciaires du littoral et de versant. Ils sont remarquables le système des plages soulevés, jusqu'à +18,6 m, et l'ensemble des arcs morainiques séparés dans cinq phases principales de retrait glaciaire. On fait un commentaire des formes presentes et on propose une possible succession des evenements.

* * *

Landforms and deposits of Johnsons Dock area. Geomorphological map. Livingston island. Shouth Shetland. Antarctica. - A detailed geomorphological map of the surroundings of the Spanish Antarctic Base Juan Carlos I can be seen. It shows the spatial disposition of the glacial, periglacial, littoral and slope landforms and deposits, being specially remarkable the rises beaches, up to +18,6 m., and the morainic archs, separated in five principal retreat phases. The landforms are comentated and a possible chronological sucesion of facts is proposed.

PALABRAS CLAVE: Mapa geomorfológico, fases glaciares, playas levantadas, Isla Livingston, Shetland del Sur, Antártida.

MOTS CLÉ: Carte géomorphologique, phases glaciaires, plages soulevés, Ile Livingston, Shetland du Sud, Antarctique.

KEY WORDS: Geomorphological map, glacial episodes, rised beaches, Livingston Island, South Shetland, Antarctica.

I. INTRODUCCION

La isla Livingston se encuentra situada en el archipiélago de las Shetland del Sur, entre los 62° 27' y 62° 48' de latitud Sur y los 59° 45' y 61° 15' de longitud Oeste. La superficie de la isla es de 845 Km² y el terreno que queda descubierto de hielo y de nieve en el verano antártico no llega al 10% de esa extensión (Fig. 1). El sector oriental de Livingston es de contorno masivo y posee la máxima alti-

tud de la isla, 1.770 m., en el Monte Friesland, orlado por grandes circos glaciares. El sector central es, en cambio, estrecho, casi lineal, con glaciares de domo, y el extremo occidental, Byers, de escasa altitud, se encuentra sin recubrimiento de hielo. La Base Antártica Española Juan Carlos I (BAE) se emplaza en el sector meridional insular, en una vallonada abierta hacia el Norte a la denominada Bahía Sur, enclavada en la costa occidental de la Península Hurd. El espinazo de esta península está

* Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

** Departamento de Geología. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.

*** Instituto de Geología económica. CSIC. Facultad de Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

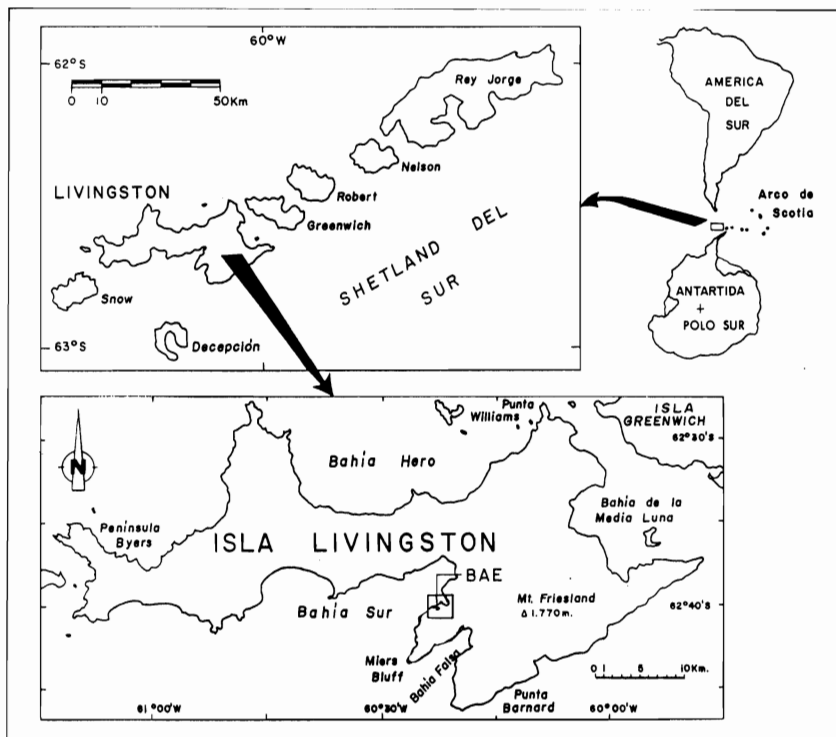


Fig. 1. Situación de la zona estudiada.

también cubierto por un domo glaciar. Entre el frente de hielo de los lóbulos procedentes de este domo y la costa existe una franja rocosa relativamente extensa que contiene un conjunto de formas y depósitos, en especial una serie de playas levantadas y una nutrida secuencia de arcos morrénicos, de indudable interés geomorfológico.

Durante la segunda fase de la campaña antártica española de 1989-90, entre enero y marzo y radicados en dicha base, llevamos a cabo un estudio geomorfológico y geológico de los sectores de la isla Livingston que nos fueron accesibles, entre ellos la península Byers y diversos puntos de la península Hurd. Entre la información recogida resulta especialmente expresiva la contenida en el mapa geomorfológico del entorno de la Base Antártica Española, área que hemos denominado «Zona de Johnsons Dock». El mapa se ha elaborado sobre la base topográfica del mapa E.1:5.000 de la Academia Polaca de Ciencias (MADEISKI, 1988). El comentario que aquí realizamos se ciñe principalmente al área cubierta por este mapa geomorfológico. Alguna información complementaria de la que aquí se presenta ha sido ya publicada (LOPEZ-MARTINEZ, MARTINEZ DE PISON y ARCHE, 1991a), estando en preparación otros trabajos que relacionan estos datos con los obtenidos en distintos puntos de la isla.

II. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

La franja descubierta de hielo en la zona de Johnsons Dock culmina a 275 m. de altitud en el

Pico Reina Sofía, a sólo 850 m. de distancia lineal de la costa, por lo que el relieve es, en conjunto, moderadamente abrupto.

La topografía más escarpada se concentra en el entorno de este pico, de cumbre amesetada pero con pronunciadas paredes, así como en el acantilado sobre el fiordo del Fondeadero Johnsons —con menos de 100 m. de desnivel— y en los extremos Oeste y Nordeste de la caleta orientada al Norte donde se sitúa la BAE. Otros escarpes menos pronunciados están constituidos por umbrales glaciares y por restos de un antiguo cantil litoral.

Las formas restantes son alomadas, existiendo vallonadas suaves y rellanos que escalonan los fondos de valle y las laderas (Fig. 2), tanto rocosos como cubiertos de materiales finos o, más gruesos, en bandas inmediatas al litoral. En algunos de los rellanos de las vaguadas se dan encharcamientos temporales y lagunillas intramorrénicas o de cubeta glaciar. En las playas escalonadas in-

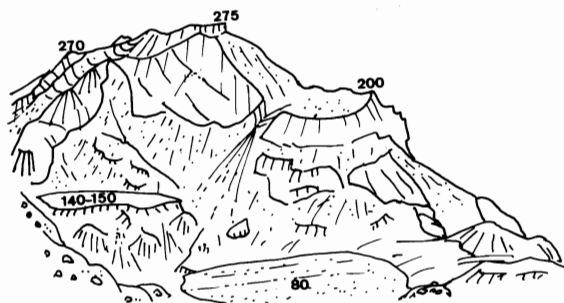


Fig. 2. Croquis de campo de los rellanos escalonados en el sector NE del Pico Reina Sofía. Los relieves destacados están definidos por paredes rocosas y laderas ampliamente cubiertas por derrubios activos, escalonadas por tales rellanos. (Cotas en metros).

feriores cercanas a la BAE existe también una pequeña albufera.

El conjunto descubierto de hielo aquí estudia forma tres vallonadas que, aunque tienen disposición divergente desde sus cabeceras meridionales, conectan entre sí lateralmente por collados o umbrales de antiguas difluencias glaciares. La vallonada occidental es simple y bien individualizada; la central, separada de la anterior por el Pico Reina Sofía y su estribación Norte, es, en cambio, compuesta, con un circo labrado en el flanco ENE de dicho pico, pero en evidente dependencia morfológica de la vallonada oriental, con la que enlaza mediante un amplio sector de difluencia. Este último vallejo se abre entre tal sector y el frente de hielo del domo de Hurd hacia el Fondeadero Johnsons, con un marcado umbral sobre la orilla del fiordo.

Este fiordo, con una anchura entre sus riberas de unos 450 m. en su sector medio, posee una topografía sumergida en la que destacan seis relieves arqueados y está cerrado al SE por el frente acantilado del glaciar que hasta hace no mucho se canalizaba por él. Igualmente, la topografía submarina de la Bahía Sur en las inmediaciones del área estudiada responde a una confluencia de antiguas artesas glaciares.

El frente de hielo que cierra por el Sur la vallonada occidental corresponde a un lóbulo del domo de Hurd, que muere a 143 m. de altitud. En la oriental el borde del glaciar es sinuoso; procede del mismo domo, con una difluencia tras el Pico Reina Sofía a 260 m. de altitud, y desciende hasta la costa de Johnsons, en cuya cercanía el recubrimiento de material detrítico y en parte piroclástico es especialmente intenso, ocasionando una fusión diferencial en pináculos de hielo del tipo «conos de barro». Tres pequeños torrentes estivales de fusión glaciar y nival recorren las tres vallonadas; los procedentes de los frentes glaciares en los vallejos oriental y occidental poseen a lo largo del verano antártico mayor continuidad y caudal que el central.

Las rocas que afloran en el área cartografiada son turbiditas de la formación Miers Bluff, de edad entre Carbonífero superior y Jurásico. Han sido objeto de diversos trabajos, entre los que cabe destacar los de HOBBS (1968) y DALZIEL (1972). Una columna estratigráfica de la formación Miers Bluff y más referencias pueden encontrarse en ARCHE, LOPEZ MARTINEZ y MARTINEZ DE PISON (1991). Se trata principalmente de grauwackas y pizarras, con los estratos, de dirección NE-SW y buzamiento en general al NW, distorsionados por diversos pliegues y afectados por una intensa fracturación. Aunque la erosión diferencial ocasiona fenómenos de diversidad local en la morfología, no es responsable de la disposición de las principales formas de relieve, más relacionadas con la morfotectónica general de la isla.

III. MORFOLOGIA LITORAL

Las formas litorales principales corresponden a la caleta de la BAE, abierta al NNW, donde dominan las playas de cantos, y el Fondeadero Johnsons, fiordo de dirección SE-NW.

En la línea de costa de la caleta se extiende la playa inferior a +1,5 m., con una longitud aproximada de unos 800 m., en el frente de las vallonadas occidental y central. Por encima de ella y en el vallejo de la BAE se escalonan siete playas más hasta los 18,6 m. de altitud. Por detrás de la terraza más alta y en el fondo de la vaguada existe una somera depresión de presumible origen litoral, aunque ubicada en un valle glaciar previo y remodelada luego en un ámbito intermorrénico, estando rellena en la actualidad por materiales de arrastre torrencial y de ladera.

Todo este conjunto de ocho terrazas (+1,5 m., +1,6 m., +2,8 m., +5,8 m., +12,1 m., +13,7 m., +16,0 m., +18,6 m.) está enmarcado por restos de un paleoacantilado que separa las playas de las laderas de la vallonada. En contacto con la terraza superior se encuentra un arco morrénico cuyo frente aparece destruido. Esa playa superior posee caracteres que hacen pensar en su origen a partir de una antigua morrena, retrabajada desigualmente por las olas: su sector oriental, con abundancia de bloques, algunos conservando la angulosidad de origen, debió quedar más protegido por un saliente rocoso que refractaba las olas, mientras el occidental sufrió una remodelación mayor.

Hacia el NE desaparecen los niveles superiores y sólo se observan entre una y tres playas escalonadas. El arco frontal morrénico de la vallonada central, bien formado en este caso, avanza aquí casi hasta la costa y se apoya sobre la tercera playa. Todo ello indica que, tras el retroceso de los grandes glaciares del Pleistoceno superior de Bahía Sur y de Hurd —que pudo tener varias fases—, se formó el paleoacantilado en una situación probablemente transgresiva y, tras él, el sistema de playas en progresivo levantamiento, con la incidencia de un reavance glaciar posterior —al menos en la vallonada central— a la elaboración de la playa tercera. La disposición de las morrenas bajas de la vallonada occidental plantea otros problemas que más adelante tratamos.

La correlación de estos datos con los de otros puntos costeros de la Península Hurd (LOPEZ-MARTINEZ, MARTINEZ DE PISON y ARCHE, 1991) permite establecer una división más generalizada entre playas recientes (inferiores a +2 m., con uno o dos escalones), intermedias (entre +2,8 m. y +8 m., parcialmente colonizadas por líquenes y por hierba, con cuatro a ocho escalones) y superiores (entre +12 y +18,6 m., colonizadas, con uno a cuatro escalones).

Las causas del levantamiento parecen vincular-

se, más que a fenómenos glacioeustáticos o isostáticos, a la tectónica activa general de la zona, que se traduce en una epirogénesis que afecta al conjunto de la isla Livingston. En el archipiélago de las Shetland se han señalado también fenómenos similares, en concreto en la isla Rey Jorge, donde el nivel superior marino, a +20 m., se ha datado en 6.000 años (MÄUSBACHER, MÜLLER y SCHMIDT, 1989). Si aceptamos este dato como válido también para Livingston, en la zona de Johnsons Dock la tasa de levantamiento sería, pues, en este período, de unos 3 m. cada mil años.

En los sectores de acantilados activos la acción marina puede considerarse intensa, especialmente en los frentes de hielo de los glaciares que descienden hasta la costa —como el glaciar Johnsons— con cavitaciones basales, caída de paneles y aludes inducidos en los escarpes, que desfiguran a lo largo del verano su morfología y producen escombros de hielo en el fiordo y en la bahía. En los cantiles rocosos se suman a los procesos litorales los periglaciares, los de gravedad, con abundante derrubiamiento en los sectores más vulnerables de la roca, lo que ocasiona una intensa evolución de los escarpes costeros.

En el Fondeadero Johnsons hay otros fenómenos peculiares, como el remodelado litoral de un arco morrénico en forma de flecha, con dos niveles de playa, y la presumible existencia de cinco arcos más sumergidos, el último muy próximo al frente actual del hielo. También es reseñable la existencia de un limitado sector de caracteres morfológicos glacio-litorales, en el borde occidental del glaciar Johnsons, con morrena subactual y depósitos proglaciares, así como, en su proximidad, un tramo de tipo torrencial, por la deposición actual de materiales en la parte inferior del cono de deyección de la vallonada oriental.

IV. MORFOLOGÍA GLACIAR

1. FORMAS DE MODELADO

Los grandes rasgos de las formas de modelado responden a la acción glaciaria. La última fase mayor, probablemente en el Pleistoceno reciente, ocasionó el relieve general como artesas de este sector de la Bahía y del Fondeadero. Los actuales frentes glaciares acantilados sobre el mar al Norte y Oeste de Johnsons Dock o en Bahía Falsa, así como la topografía sumergida, no admiten dudas sobre la citada mayor extensión de las lenguas.

Livingston no ofrecía entonces áreas descubiertas, como muestra incluso su sector actualmente más deglaciado, la Península Byers, cuyo modelado glaciario general retoca unas viejas superficies marinas, aunque sus formas se encuentren hoy en proceso de modificación por las acciones nivo-perigla-

ciar, torrencial y litoral. Con igual claridad los sectores descubiertos de la Península Hurd muestran la generalización de la morfogénesis glaciaria.

Las grandes formas de difluencia existentes entre las distintas vaguadas corresponden a esta situación y, de manera especialmente clara, el interfluvio más occidental del área cartografiada, que enlaza, al Oeste de nuestro mapa, con los relieves de excavación sobre la Caleta Argentina. Con seguridad, las vallonadas quedaron ya labradas entonces, aunque posteriormente hayan sido remodeladas: en efecto, las más antiguas morrenas observables reposan sobre sus interfluvios, ya definidos en el relieve. Tales morrenas indican un estadio posterior de disociación en lenguas o lóbulos diferenciados, pero aún con importantes volúmenes de hielo. La posición alejada de la costa de estos depósitos no permite establecer su relación temporal relativa con las playas, pero la falta de remodelado glaciario de éstas en la BAE hasta los 18 m. las sitúa como posteriores a este estadio frío. Por tanto, esta fase podría corresponder al final del Pleistoceno. La disociación en lenguas habría favorecido la individualización de las diferentes vallonadas y la acentuación de sus formas internas.

La existencia de morrenas más recientes en las vaguadas y su superposición en la central a una playa intermedia indica, por un lado, la continuidad de la existencia de lenguas individualizadas y, por otro, la existencia de un retroceso y reavance de su frente por esta cauce. Las secuencias de arcos morrénicos en las vallonadas muestra también la persistencia de tales lenguas con fases relativamente estables. Por tanto, las vallonadas han sido retocadas en estas fases, incidiendo en sus diferencias locales, retrabajando sus cubetas y umbrales, así como el fondo del circo ENE del Pico Reina Sofía, esculpido previamente en el máximo glaciario.

Finalmente, en los sucesivos retrocesos y en las condiciones actuales estos paisajes han sido y están siendo afectados por la torrencialidad, que ocasiona incisiones menores, forma conos de deyección en los cambios de pendiente y rellena las depresiones locales; igualmente, por el periglaciario, que desfigura las laderas, y por la acción litoral, que genera las playas y modifica los acantilados.

2. DEPOSITOS GLACIARES

Como acabamos de señalar existe una pluralidad de arcos morrénicos en cada una de las dos vallonadas principales y, muy probablemente pero sin seguridad, también en el fiordo de Johnsons, aquí sólo detectables por la topografía submarina, basada en la carta hidrográfica del IHM (1988).

En el vallejo de la BAE se observan seis arcos principales, aparte del depósito del interfluvio occidental, pero en total pueden sumarse hasta 12 epi-

sodios menores distintos, aunque son fácilmente agrupables, ya que el más bajo y antiguo presenta dos subfases juntas y el más alto y moderno seis pulsaciones muy próximas entre sí y cercanas al frente actual de hielo.

En la vallonada central se distinguen igualmente seis fases morrénicas principales, pero también pueden establecerse hasta 14 episodios menores de suficiente entidad, aparte de las morrenas antiguas de los interfluvios, entre el frente actual de hielo y la costa. Otras 6 pulsaciones muy juntas se aprecian, incluso, en la cubeta del circo ENE del Pico Reina Sofía, como un conjunto aislado local de disociación dentro del retroceso de esta vaguada. En este caso, sólo en los arcos externos se detecta un mínimo de 7 pulsaciones agrupadas. Este fenómeno peculiar se repite en otras partes de la isla, aunque no con la pluralidad de este sector; como ejemplo, podemos indicar el retroceso pulsador muy reciente del domo de Roch en la Península Byers, con 7 arcos yuxtapuestos.

En el mapa adjunto hemos optado por indicar estas subdivisiones, agrupando, sin embargo, los arcos en sólo cuatro conjuntos: antiguos, externos, intermedios e internos. Los tres últimos señalan las principales posiciones respectivas de retroceso dentro de las vaguadas.

Un problema básico consiste en la posibilidad de homogeneizar o no las secuencias de las distintas vallonadas. Los dos arcos externos de la vallonada de la BAE aparecen con el frente roto, en conexión la morrena izquierda con la playa +18 m., pero no prosiguen sobre ésta ni las demás. Los de la vaguada central, en cambio, construyen un notable muro cerrado con múltiples subfases, que se apoya sobre la playa +2,8 m. Por otra parte, la playa +18 m. está constituida a expensas de una morrena que podría haber sido, hipotéticamente, este arco frontal destruido. Una particularización en el tratamiento de las vallonadas es, por tanto, planteable, debida a un diferente comportamiento de los respectivos lóbulos glaciares. Sin embargo, también es posible su

asociación —por la que hemos optado—, en razón de: la cercanía entre ambas, la proximidad en los dos casos al hielo actual, la dependencia de éste del mismo domo y, sobre todo, la repetición de la serie de fases principales en las dos secuencias. El problema del avance desigual del hielo sobre las playas en su fase de mayor desarrollo local puede deberse a una dinámica glaciaria diferente, justificable por la distinta importancia de los frentes glaciares sobre cada vaguada, más favorable a la central. La rotura del frente occidental puede estar ocasionada por una construcción más precaria y una mayor incidencia de la arroyada, procedente aquí de la fusión glaciaria, mientras que en la vaguada central sólo se nutre de la nival desde el momento de retroceso del frente —tras la deposición de los arcos intermedios— a la vaguada oriental, por la cual desagua su torrente en la actualidad. Por otro lado, la playa +18 m. ha podido elaborarse a partir de un depósito glaciario anterior a los arcos morrénicos de la vaguada occidental.

En suma, puede proponerse el siguiente esquema cronológico:

- 1.- Máximo glaciario pleistoceno reciente; elaboración de las formas mayores del modelado.
- 2.- Estadio de disociación con glaciares voluminosos y deposición de morrenas antiguas.
- 3.- Retroceso glaciario y elaboración de las playas altas y parte de las intermedias.
- 4.- Avance glaciario por las vallonadas, en alguna de ellas sobre la playa +2,8 m. y construcción muy pulsadora de los arcos externos. Confluencia del Circo del Pico Reina Sofía con el flujo procedente del domo.
- 5.- Retrocesos sucesivos de los tres frentes de los arcos intermedios, sobre umbrales rocosos. Disociación de la lengua central del núcleo de hielo del circo ENE del Pico Reina Sofía, con alimentación insuficiente e independiente del domo, y retrocesos locales pulsadores en dicho circo.
- 6.- Arcos recientes y subactuales pulsadores, con escasa o nula colonización liquénica.

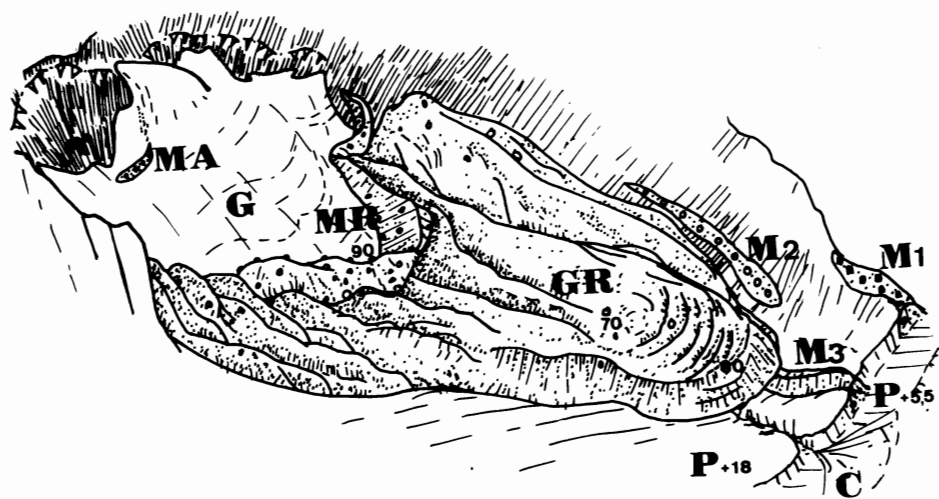


Fig. 3. Esquema de campo de la caleta del glaciar rocoso en la Bahía Falsa (Península Hurd). GR: glaciar rocoso, posterior a la playa +5 m. M1, M2, M3: morrenas laterales antiguas, anteriores a la playa +18 m. MR: morrena reciente, atribuible a la Pequeña Edad del Hielo. MA: morrena intraglaciaria actual. C: cono proglaciario del glaciar rocoso, superpuesto a la playa +5,5 m. P+5,5, P+18: playas levantadas. G: glaciar actual. (Cotas en metros).

7.- Retroceso glaciar actual; pérdidas de longitud y volumen, aparición de puntos del sustrato rocoso entre el hielo; formación de divisorias rocosas en el área de domo.

Es evidente que podría proponerse también una asociación de este esquema con los arcos sumergidos del Fondeadero, al que llega una masa glaciar de mayor entidad, pero la falta de más datos morfológicos impide hacerlo. Es interesante, igualmente, señalar que la disposición de las morrenas internas e incluso de hielo residual sobre cantos de playa en Punta Bulgaria, próxima a la zona cartografiada, permite afirmar el carácter de avance glaciar que ha tenido la última manifestación positiva, atribuible a la Pequeña Edad del Hielo.

Sin embargo, los problemas de correlación son constantes. En la misma Península Hurd, la existencia de un circo local labrado en rocas muy vulnerables a la gelivación ocasiona la formación de un glaciar rocoso, hoy fósil. Aunque su edad no está determinada, parece ser posterior, como se indica en la Fig. 3, a la terraza +5,5 m.; el pie del glaciar se apoya sobre una morrena lateral del mismo circo anterior a la playa +18 m.; entre el glaciar rocoso y el hielo actual se interpone un arco morrénico muy reciente. Como vemos, por las diferentes circunstancias glaciares locales, la posibilidad de asociar estos datos son todavía escasas, aunque, de momento, aportan hechos complementarios.

Por último, es interesante señalar la presencia de morrenas supraglaciares que, en otros puntos de la isla, como el domo de Roch, adquieren mayor extensión. Poseen núcleos de hielo y se forman en líneas o bandas de salida de clastos intraglaciares en los bordes del aparato; los clastos contribuyen a la conservación del hielo infrayacente, lo que proporciona relieve a la banda morrénica.

V. MORFOLOGIA PERIGLACIAR Y TORRENCIAL

Todas las superficies descubiertas de hielo de la isla están sometidas a los mecanismos de geli-

fracción y flujo de las laderas, con abundancia generalizada en la producción y recubrimiento de derrubios móviles, siendo Byers el lugar de máxima intensidad, extensión y diversidad del fenómeno. El glaciar rocoso fósil antes mencionado en la Península Hurd (Fig. 3) es también muestra de la existencia de formas mixtas con el glaciario y de formas heredadas de situaciones morfoclimáticas recientes y distintas.

El área cartografiada está caracterizada principalmente por la abundancia de derrubios, que se distribuyen por las laderas y forman conos bajo las canales que hienden las paredes. Son frecuentes los lóbulos de solifluxión, aunque este fenómeno se encuentra más desarrollado en las proximidades de la divisoria con la Caleta Argentina. En otros puntos de Livingston son más habituales las figuras geométricas abiertas y cerradas y los mud-flow, como consecuencia de distintos tipos de topografía y de roquedo.

Como ya hemos indicado, la torrencialidad no ocasiona, salvo en puntos concretos, incisiones importantes, siendo de mayor interés la deposición de conos bajo los umbrales o en puntos de cambio de pendiente, como los que jalonan la vallonada de la BAE. Es especialmente significativo el conjunto proglaciar de la vaguada oriental, al presentar tres aterrazamientos posteriores a la fase de repliegue del frente glaciar a esta vallonada. Son indicadores de cambios en el comportamiento de la fusión frontal del lóbulo de hielo y quizá de sus posiciones locales, como también parecen indicar algunos arcos morrénicos próximos. Aguas abajo, el cono de desembocadura de este torrente también presenta tres fases recientes en progresión desde su sector de vértice, estando la actual formándose en la misma línea litoral, lo que coincide con el carácter pulsador anteriormente reseñado.

AGRADECIMIENTOS

La delimitación del mapa geomorfológico ha sido realizada por Federico Ramírez.

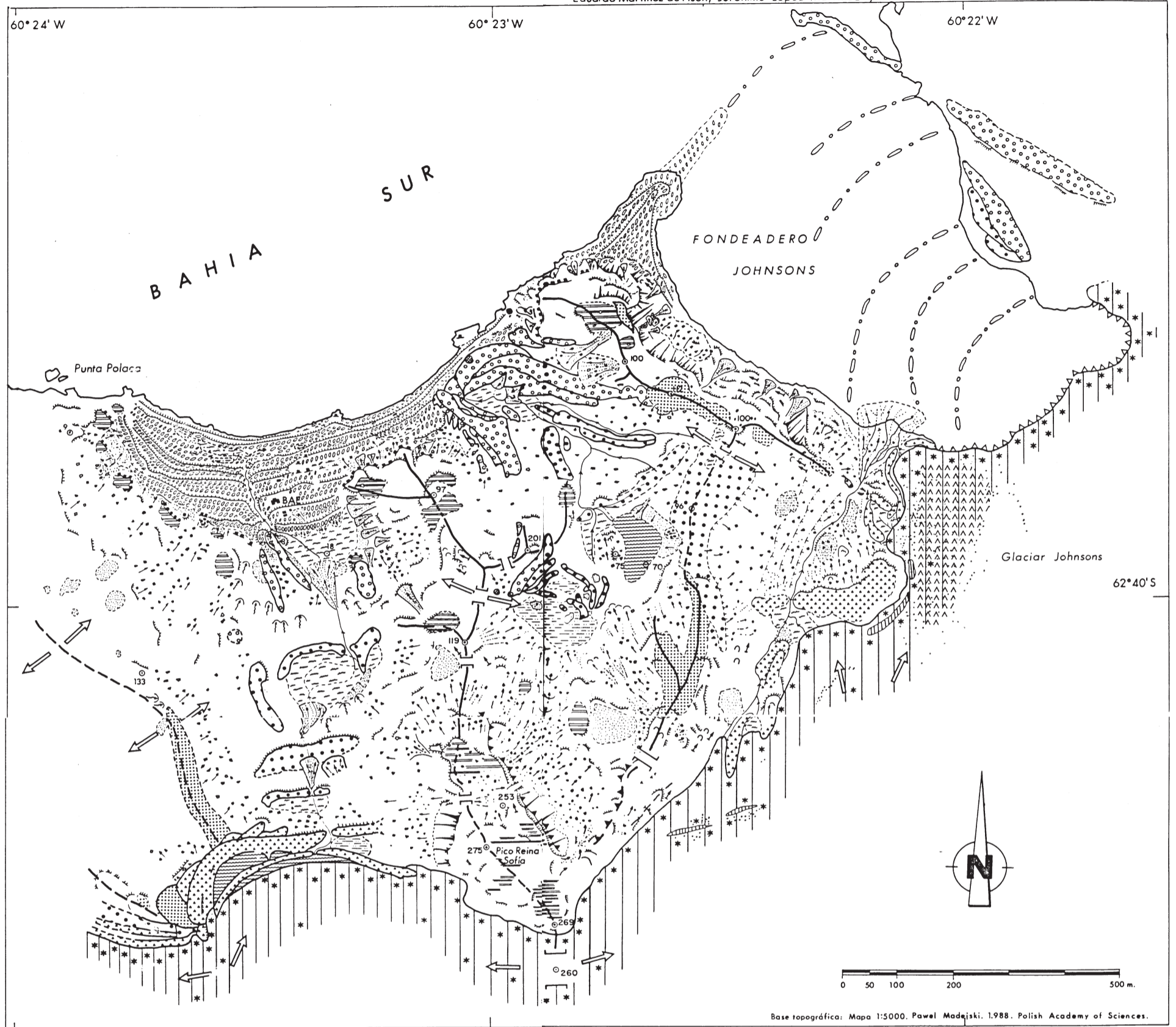
Este trabajo forma parte del proyecto ANT-89-0821-E, financiado por la CICYT.

MAPA GEOMORFOLOGICO. Zona de Johnsons Dock.

ISLA LIVINGSTON. SHETLAND DEL SUR. ANTARTIDA.

Eduardo Martínez de Pisón, Jerónimo López Martínez y Alfredo Arche.

(1.990)



Base topográfica: Mapa 1:5000. Pawel Madejski. 1988. Polish Academy of Sciences.

LEYENDA

	Edificios B.A.E. Base Juan Carlos I.		Laguna litoral		Playas elevadas		Bloque errático
	Cota puntual en metros		Zona encharcada temporalmente		Paleoacantilado		Difluencias glaciares
	Cordales divisorias		Llano intramorrenico colmatado de partículas finas		Rocas litorales aisladas		Arco o umbral glaciar sumergido
	Arroyo		Conos de deposición y abanicos aluviales		Glaciar		
	Collado o brecha		Conos de derrubios		Concentración de partículas finas sobre el hielo		
	Escarpe		Acumulación de partículas finas en ladera		Pináculos con finos	FASES MORRENICAS	
	Pared rocosa		Derrubios de ladera y morrenas derrubidas		Frente glaciar acantilado		Morrenas supraglaciares con núcleo de hielo
	Replano rocoso		Lobulos de soliflucción		Circo glaciar		Arcos morrenicos internos
	Replano con partículas finas		Aterrazamientos torrenciales		Rocas aborregadas		Arcos morrenicos intermedios
	Laguna glaciar		Vallonada cóncava		Estrias y/o acanaladuras glaciares		Arcos morrenicos externos
							Morrenas de fases más antiguas

BIBLIOGRAFIA

- ARCHE, A., LOPEZ-MARTINEZ, J. y MARTINEZ DE PISON, E. (1991): Sedimentología de la formación Miers Bluff en los alrededores de la Base Antártica Española. Isla Livingston. Shetland del Sur. *Geogaceta*, 9, pp. 74-77.
- DALZIEL, I. W. D. (1972): Largescale folding in the Scotia Arc. In R. J. Adie (ed.) *Antarct. Geoscience, Symp. on Antarct. Geology and Geophysics*. Oslo, Universitetsforlaget, Series B, Number 1, pp. 47-55.
- HOBBS, G. J. (1968): The Geology of the South Shetland Islands. IV. The Geology of Livingston Island. *Scientific Reports. Br. Antarc. Surv.*, 47, 34 pp.
- I. H. M. (1989): *Carta Hidrográfica de Punta Polaca a Punta Larisa*. 001 ANT. esc. 1:5.000. Inst. Hidrográfico de la Marina. Cádiz.
- LOPEZ-MARTINEZ, J., MARTINEZ DE PISON, E. y ARCHE MIRALLES, A. (1991a): Pulsaciones glaciares y terrazas marinas escalonadas en los alrededores de la Base Antártica Española. Isla Livingston. Shetland del Sur. *Geogaceta*, 9, pp. 44-47.
- LOPEZ-MARTINEZ, J., MARTINEZ DE PISON, E. y ARCHE MIRALLES, A. (1991b): Evolution of moraines and beaches and recent rise rates in Hurd Peninsula, Livingston Island, South Shetland. *6th Intern. Symp. on Antarct. Earth Sciences*. Japan. (en prensa) preprint 6 pp.
- MADEJSKI, P. (1988): *Mapa topográfico esc. 1:5.000. Johnsons Dock Area. South Bay. Livingston Island. Antarctica*. Polish Academy of Sciences.
- MAUSBACHER, R., MULLER, J. y SCHMIDT, R. (1989): Evolution of postglacial sedimentation in Antarctic lakes (King George Island). *Zeitch. fur Geomorphologie*, 33(2), pp. 219-234.