

MAPA GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DE LA BAHÍA ESPERANZA

ESCALA 1:10.000



MEMORIA Y MAPAS

Mayo 2005



Instituto Geológico
y Minero de España

Instituto Antártico
Argentino





MAPA GEOLÓGICO DE LA BAHÍA ESPERANZA
ESCALA 1:10.000

MEMORIA

Mayo 2005

INDICE

0.- INTRODUCCIÓN	7
0.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA	7
0.2 MARCO GEOLÓGICO	7
0.3 ANTECEDENTES	8
1.- TOPOGRAFÍA	9
1.1 INTRODUCCIÓN	9
1.1.1 MAPAS HISTÓRICOS	9
1.2 ELABORACIÓN DEL MAPA TOPOGRÁFICO	9
1.2.1 DATOS	9
1.2.2 EQUIPO	9
1.2.3 TRABAJO DE CAMPO	9
1.3 PRECISIÓN DEL MAPA TOPOGRÁFICO	9
1.4 TOPONIMIA	9
2.- ESTRATIGRAFÍA	11
2.1 FORMACIÓN HOPE BAY (GRUPO TRINITY PENINSULA). CARBONIFERO?-TRIÁSICO	11
2.1.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	11
2.1.1.1 MIEMBRO CALETA ÁGUILA. UNIDAD CARTOGRÁFICA 1. Areniscas y niveles de lutitas laminadas.	11
2.1.1.2 MIEMBRO PUERTO MORO. UNIDAD CARTOGRÁFICA 2. Areniscas y lutitas laminadas. 2a. Lutitas laminadas con ripples.	12
2.1.1.3 MIEMBRO COLINAS SCAR. UNIDAD CARTOGRÁFICA 3. Areniscas y niveles esporádicos de lutitas laminadas.	12
2.1.2 INTERPRETACIÓN SEDIMENTARIA	12
2.1.3 EDAD	13
2.2 FORMACIÓN MOUNT FLORA (GRUPO BOTANY BAY). JURÁSICO INFERIOR	14
2.2.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	14
2.2.1.1 MIEMBRO FLORA 1. UNIDAD CARTOGRÁFICA 4. Conglomerados masivos heterométricos. 4a. Cineritas. 4b. Areniscas.	14
2.2.1.2 MIEMBRO FLORA 2. UNIDAD CARTOGRÁFICA 5. Areniscas conglomerados y lutitas negras con restos de plantas. 5a. Cineritas	14
2.2.2 INTERPRETACIÓN SEDIMENTARIA	15
2.2.3 EDAD	15
2.3 FORMACIÓN KENNEY GLACIER (GRUPO VOLCANICO ANTARTIC PENINSULA). JURÁSICO INFERIOR-MEDIO	17
2.3.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	17
2.3.1.1 MIEMBRO KENNEY 1. UNIDAD CARTOGRÁFICA 6. Ignimbritas cristalizadas, con intercalaciones de brechas y areniscas volcánicas y niveles de ignimbritas soldadas. a. Contacto térmico rojizo.	17
2.3.1.2 MIEMBRO KENNEY 2. UNIDAD CARTOGRÁFICA 7. Brechas, areniscas y limolitas volcánicas con intercalaciones de ignimbritas soldadas. a. Contacto térmico rojizo.	17

2.3.1.3	MIEMBRO KENNEY 3. UNIDAD CARTOGRÁFICA 8. Ignimbritas cristalizadas, con intercalaciones de ignimbritas soldadas y niveles de brechas y areniscas a. Limolitas volcánicas laminadas, areniscas volcánicas y niveles de lavas basálticas. b. Contacto térmico rojizo.	17
2.3.1.4	MIEMBRO KENNEY 4. UNIDAD CARTOGRÁFICA 9. Brechas y areniscas volcánicas con intercalaciones de ignimbritas cristalizadas.	17
2.3.2	INTERPRETACIÓN SEDIMENTARIA	17
2.3.3	EDAD.....	17
2.4	FORMACIONES SUPERFICIALES	18
2.4.1	UNIDAD CARTOGRÁFICA 10. Depósitos morrénicos.....	18
2.4.2	UNIDAD CARTOGRÁFICA 11. Terrazas marinas	18
2.4.3	UNIDAD CARTOGRÁFICA 12. Depósitos fluvioglaciares.....	18
2.4.4	UNIDAD CARTOGRÁFICA 13. Conos aluviales proglaciares.....	18
2.4.5	UNIDAD CARTOGRÁFICA 14. Depósitos de ladera.....	18
2.4.6	UNIDAD CARTOGRÁFICA 15. Depósitos de gelifluxión	18
3.-	TECTÓNICA	19
3.1	CONTEXTO TECTÓNICO	19
3.1.1	TECTÓNICA GONDWANICA.....	19
3.1.2	TECTÓNICA ANDINA	19
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	20
3.2.1	DEFORMACIONES TECTÓNICAS GONDWANICAS	20
3.2.2	DEFORMACIONES TECTÓNICAS ANDINAS	20
3.3	CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN	21
4.-	ROCAS IGNEAS.....	23
4.1	PLUTONES ANDINOS	23
4.2	DIQUES.....	23
5.-	GEOMORFOLOGÍA	25
5.1	DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA.....	25
5.2	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.....	26
5.2.1	ESTUDIO MORFOESTRUCTURAL	26
5.2.2	ESTUDIO DEL MODELADO.....	27
5.2.2.1	Modelado glaciar.....	27
5.2.2.2	Modelado litoral	28
5.2.2.3	Rasgos proglaciares	29
5.2.2.4	Modelado periglacial.....	29
5.3	GLACIOLOGÍA.....	30
6.-	HISTORIA GEOLÓGICA	31
6.1	EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.....	31
6.2	EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA	31
7.-	ÁREAS PROTEGIDAS	33
8.-	BIBLIOGRAFÍA	35

0.- INTRODUCCIÓN

R. Del Valle, M. Montes, F. Nozal

0.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

0.2 MARCO GEOLÓGICO

En el sector más septentrional de la península Antártica y desde el punto de vista tectonosedimentario las rocas aflorantes pertenecen a dos ciclos orogénicos distintos, las más antiguas se han depositado y deformado durante el Ciclo Orogénico Gondwanico, y corresponden al Grupo Trinity Peninsula (Hyden y Tanner, 1981) del Carbonífero Superior (?) - Triásico (Hathway 2000); el cual constituye parte del basamento Gondwanico pre-Jurásico sobre el que se deposita discordantemente el conjunto mesozoico-terciario del Ciclo Andino cuyos sedimentos más antiguos conocidos corresponden a los sedimentos continentales de la Formación Mount Flora (Elliot y Gracain, 1983), perteneciente al Grupo Botany Bay del Jurásico Inferior, fosilizados a su vez, por rocas vulcanosedimentarias (subaéreas) silíceas del Jurásico Medio (Hathway, 2000) pertenecientes al APVG (Fm Kenney Glacier)

En la península Tabarin situada en el extremo más septentrional de la península antártica, afloran con buenas condiciones de observación ambos conjuntos, y más concretamente en las proximidades de la base argentina Esperanza, donde la mayor parte del área cartografiada corresponde a la Fm. Hope Bay (Hyden y Tanner, 1981) del G. Trinity. tanto las rocas del G. Trinity, como las de Mount Flora y Kenney Glacier aparecen intruidas y metamorfizadas térmicamente por diversas rocas plutónicas, que del Valle y Scasso, (2004) asignan al Cretácico inferior de acuerdo a las dataciones

radiométricas realizadas por Pankhurst (1982) (¿ en riodacitas y riolitas del APVG)

0.3 ANTECEDENTES

1.- TOPOGRAFÍA

J. Lusky, D. Gomez Izquierdo, M. Memmoli y R. Del Valle

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 MAPAS HISTÓRICOS

1.2 ELABORACIÓN DEL MAPA TOPOGRÁFICO

1.2.1 DATOS

1.2.2 EQUIPO

1.2.3 TRABAJO DE CAMPO

1.3 PRECISIÓN DEL MAPA TOPOGRÁFICO

1.4 TOPONIMIA

2.- ESTRATIGRAFÍA

M. Montes, F. Nozal, A. Martín-Serrano y R. Del Valle

2.1 FORMACIÓN HOPE BAY (GRUPO TRINITY PENINSULA). CARBONIFERO?-TRIÁSICO

La Fm Hope Bay ocupa la mayor parte del área cartografiada en las inmediaciones de la base Esperanza (Montes *et al.*, 2004); aparece como un monótono conjunto de sedimentos clásticos azoicos constituido por una alternancia de areniscas y lutitas, habiéndose levantado una columna estratigráfica que abarca casi toda la serie aflorante, unos (1.400 m). Atendiendo a criterios litológicos se han distinguido tres unidades, que a grandes rasgos coinciden con las establecidas por Paciullo *et al.* (2002).

2.1.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

2.1.1.1 MIEMBRO CALETA ÁGUILA. UNIDAD CARTOGRÁFICA 1. Areniscas y niveles de lutitas laminadas.

Es laminación unidad inferior, de Grupo Trinity y aflora con unos 400 m de espesor, en el sector oriental a lo largo de la costa de Caleta Cabaña. Se caracteriza por una alternancia de areniscas y tramos lutíticos; las litofacies arenosas son de grano medio a grueso, presentándose en capas bien estratificadas de 0´3-2 m con bases planas y ocasionalmente erosivas, con brechas intraformacionales de cantos de lutíticos (*mud chips*); las únicas estructuras de muro reconocidas corresponden a esporádicas y pequeñas huellas de carga (*flame structure*), sin embargo, sobre el techo de los estratos es relativamente frecuente la presencia de ripples de oscilación y linguoides.

Internamente suelen ser masivas aunque ocasionalmente se ha observado laminación cruzada sigmoidal y ondulada a techo. Las intercalaciones centimétricas pizarrosas son de color oscuro, aunque aparece algún tramo métrico que incorpora niveles centimétricos de areniscas de grano fino y limolitas con estratificación ondulada (*wavy*), *linsen* y lenticular con laminación cruzada de ripples. En la base de uno de estos tramos se han encontrado restos de troncos y una importante acumulación de materia orgánica vegetal, reconociéndose restos de hojas y tallos.

Desde el punto de vista composicional (Elliot, 1965), las areniscas contienen granos de cuarzo, plagioclasa, feldespatos alcalinos y fragmentos de rocas ígneas, metamórficas sedimentarias y minerales pesados (magnetita, esfena o rutilo y circón). La matriz, de grano muy fino está formada por cuarzo, sericita y clorita. El área fuente parece corresponder por tanto a afloramientos de rocas graníticas y volcánicas con otros subordinados de rocas metamórficas y sedimentarias.

2.1.1.2 MIEMBRO PUERTO MORO. UNIDAD CARTOGRÁFICA 2. Areniscas y lutitas laminadas. 2a. Lutitas laminadas con ripples.

Aflora frente a la base hasta Punta Foca, tiene un espesor de unos 225 m y consiste igualmente en una alternancia de areniscas y lutitas laminadas, caracterizándose porque estos últimos tramos son más potentes (inmediaciones de Puerto Moro) que en la unidad anterior. En detalle son una ritmita centi-decimétrica de areniscas y lutitas negras. Las areniscas corresponden a niveles de *ripples* aislados (*ripple drift*), *linsen* o de *climbing ripples*, a veces con laminación ondulada de recubrimiento; son frecuentes pequeñas micro-estructuras de carga formando pseudo nódulos (*load-casted ripples*).

2.1.1.3 MIEMBRO COLINAS SCAR. UNIDAD CARTOGRÁFICA 3. Areniscas y niveles esporádicos de lutitas laminadas.

Es la más potente, con un espesor cercano a los 900 m; aflora a lo largo de la costa occidental desde la Caleta Águila hasta el glaciar Depot, siendo los mejores afloramientos los correspondientes a las Colinas Scar. Se presenta en capas de 1-4 m bien estratificadas, formando cuerpos potentes de espesor decamétrico (10-15 m) sin lutitas intercaladas; corresponden a areniscas de grano grueso a medio, masivas, aunque hacia techo, ocasionalmente se observan laminaciones ondulada y cruzada muy tendida, bioturbación vertical, y en la superficie de los estratos ripples y probables pistas de gusanos. De forma subordinada, entre las areniscas aparecen también niveles de 1-3 m de ritmitas centimétricas semejantes a las descritas en la unidad 2, aunque en afloramiento son más difíciles de reconocer por el escaso contraste que muestran en estos afloramientos.

2.1.2 INTERPRETACIÓN SEDIMENTARIA

Tradicionalmente el conjunto de la formación se ha venido interpretando como turbiditas (Elliot, 1965?; Aitkenhead, 1965; Birkenmajer, 1992, Paciullo *et al.*, 2002), sin embargo, tanto las diversas estructuras

sedimentarias observadas, asociaciones de facies y la arquitectura deposicional de los materiales, sugieren más bien un medio sedimentario mucho más somero, reforzado además por la presencia en nunataks cercanos (Heredia *et al.*, 2004) de niveles calcáreos métricos con morfologías de "*buildups*" con posibles laminaciones algales a techo (nunatak Cairn Hill), y de intercalaciones de tobas volcánicas y sobre todo ignimbritas, en afloramientos al SSO del Mount Cardinal, y que implicarían por tanto, una lámina de agua escasa.

Todo ello parece indicarnos que se trata de una plataforma siliciclástica somera de baja energía.

2.1.3 EDAD

Respecto a la edad de la Fm Hope Bay, la única cita de fósiles encontrados en dicha unidad corresponde a Halpern (1965) que los referencia en varias localidades de las islas Gandara y Kopaitic, dentro de la Fm. Legoupil, perteneciente al Grupo Trinity Peninsula (Hyden & Tanner) frente al Cabo Legoupil (en la costa oeste de la península Antártica) y que posteriormente, Thomson (1975) identifica los restos como bivalvos triásicos. Tokarski (1989), localiza también los niveles de conchas en la isla Gandara.

La otra referencia es su posición estratigráfica, puesto que los materiales más antiguos, discordantes sobre ella corresponden a los conglomerados continentales con los que comienza la Fm. Monte Flora, que a techo de la misma contiene el yacimiento de plantas homónimo.

2.2 FORMACIÓN MOUNT FLORA (GRUPO BOTANY BAY). JURÁSICO INFERIOR

Los afloramientos conocidos de esta formación se encuentran en la base y flanco de la cara norte del Monte Flora. Sin embargo, la retracción del glaciar Buenos Aires ha exhumado nuevos afloramientos al sur de la Laguna Boeckella (Fig. 1). Las evidencias de campo junto con la cartografía, permiten deducir que la Fm. *Mount Flora* se apoya en discordancia angular sobre la Fm. *Hope Bay* (Elliot y Gracani 1983; Faquharson 1984). Sin embargo, esta discordancia no se observó directamente en el terreno por hallarse cubierta por detritos de ladera. Tampoco se han reconocido fallas en el contacto entre ambas formaciones, como sugiere Birkenmajer (1993a y b). Se ha medido un total de 367 m de espesor para la Fm. *Mount Flora* que puede dividirse en dos unidades (Fig. 1).

2.2.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

2.2.1.1 MIEMBRO FLORA 1. UNIDAD CARTOGRÁFICA 4. Conglomerados masivos heterométricos. 4a. Cineritas. 4b. Areniscas.

Consiste en unos 260 m de capas tabulares de 1-20 m de espesor de conglomerados con cantos redondeados, clastosoportados y de composición exclusiva del Gr. Trinity Península. Las capas tienen gradación normal hasta niveles de arenisca de poco espesor, discontinuos lateralmente. Hacia el NO, sobre la cara norte del Flora, existe un nivel continuo y de potencia decamétrica de areniscas de grano grueso (unidad 4b), que se interpreta como un cambio lateral de parte de los conglomerados. Hacia la parte superior de la unidad, hay dos niveles fácilmente reconocibles por su color más claro (unidad 4a), formados por rocas piroclásticas y tobas volcánicas gradadas (cineritas, Fig. 2), de 15 y 25 m de espesor, respectivamente. Estos niveles se acuñan progresivamente hacia el noroeste hasta desaparecer en las proximidades del "Espolón Machy" (NO del Monte Flora, Fig. 1). A la unidad 4 pertenece el grueso de los nuevos afloramientos descubiertos, que exhiben unos 60 m de la serie conglomerática.

2.2.1.2 MIEMBRO FLORA 2. UNIDAD CARTOGRÁFICA 5. Areniscas conglomerados y lutitas negras con restos de plantas. 5a. Cineritas

Se trata de unos 100 m de microconglomerados, areniscas y lutitas finamente laminadas con gradación normal y laminación cruzada en sucesiones de 1-3 m de espesor, en cuyos techos hay restos de plantas. En la mitad de la serie se distinguen dos niveles de tobas estratificadas con espesor conjunto de unos 20 m (unidad 5b). Por encima de estos niveles son frecuentes las areniscas finamente laminadas y carbonosas, con abundantes restos paleobotánicos, así como niveles de areniscas con lag de gravas y bases erosivas (Elliot y Gracani, 1983). La potencia de esta unidad disminuye hacia el oeste, con un registro de 60 m. Estas últimas facies también están presentes en los nuevos afloramientos mencionados, si bien aquí la serie fosilífera se encuentra muy tectonizada y pinzada entre fallas (Fig

1). En este yacimiento inédito, se encuentran gran cantidad de restos de plantas.

2.2.2 INTERPRETACIÓN SEDIMENTARIA

A la Fm. Mount Flora se le atribuye un medio deposicional de abanico aluvial retrogradante, como lo sugiere la superposición de facies fluvio-lacustres de la unidad 5, sobre facies de abanico aluvial de la unidad 4 (Fig. 2).

2.2.3 EDAD

La edad proporcionada por este yacimiento ha sufrido a lo largo del tiempo distintas atribuciones; el yacimiento fue localizado por Anderson (1903) y referenciado por él en 1906 como flora jurásica, posteriormente las muestras fueron estudiadas y clasificadas por Halle (1913) como del Jurásico Medio. Posteriormente Croft (1947) recoge bivalvos y élitros de escarabajos que estudia Zeuner (1959), y encuentra en Camp Hill (extremo septentrional de la costa norte del Canal Príncipe Gustavo) una secuencia similar a la del Mte Flora y con restos de flora Jurásica. Bibby (1966) considera el yacimiento del Jurásico Medio; Stepanicic & Bonetti (1972) revisan las floras jurásicas de Argentina y de la Antártida y concluyen que la flora de Hope Bay es del Jurásico Superior y posiblemente incluso del Cretácico inferior, Elliot & Graccani (1983) parece que admiten esta nueva atribución, que también es admitida como probable Cretácico Inferior por Farquharson (1984).

Sin duda la confusión viene originada porque aparecen un conjunto de rocas conglomeráticas mesozoicas continentales (abanicos aluviales) desde las Orcadas del Sur hasta más al sur de Longing Gap, y que unas son Jurásicas y otras Cretácicas. En las Orcadas se reconocen dos secuencias conglomeráticas, cada una con más de 500 m de espesor (Elliot & Wells, 1982), los únicos conglomerados continentales que tienen una edad inequívoca son los de aquella secuencia que tiene una intercalación marina con ammonites, y que proporcionan (Thomson, 1981) una edad Cretácico Inferior (Neocomiense). Farquharson (1983a) generaliza esta edad para todos los afloramientos de conglomerados continentales, presentado argumentos estratigráficos a favor de esta edad Cretácico inferior para "este significativo grupo tectonoestratigráfico de depósitos continentales (Botany Bay Group de Farquharson, 1984), que típicamente aparecen recubiertos por las rocas volcánicas de APVG, y que comúnmente contienen intercalaciones de rocas volcánicas, principalmente hacia la parte superior".

Es en riolitas y riolitas pertenecientes a este grupo APVG donde Pankhurst, (1982) obtiene dataciones radiométricas de 130 ± 7 Ma (Valanginiense-Hauteriviense, Cretácico Inferior) y 114 Ma (Aptiense, Cretácico Inf. alto) que refuerzan la asignación al Cretácico inferior para estos depósitos continentales que, en Bahía Esperanza (Farquharson, 1984) aparecen fosilizados "concordantemente" (conformably) por aglomerados e ignimbritas del calcoalcalino APVG. Además, este mismo autor (1984) concluye que "la probable edad Cretácico inferior del Botany Bay Group, y la Jurásico Sup.-Cretácico Inferior de la Nordenskjöld Fm. (tuffs, lutitas y radiolaritas con fósiles del Jurásico Sup.-Cretácico Inf., (Farquharson, 1982,

1983b; Thomson, 1982) indicarían que la formación del arco magmático podría haber ocurrido durante (sometime) el Cretácico Inferior". Birkenmajer, (1988) mantiene una edad Jurásico Medio para la Fm Kenny Glacier.

Datos paleobotánicos y radiométricos más recientes apuntan nuevamente a una edad Jurásico Inf. a Medio (Rees, 1993, Rees y Cleal, 1993, Riley y Leat, 1999), y ya por último, Rees y Cleal (2004) después de re-estudiar las colecciones de Hope Bay y de Botany Bay concluyen que se han identificado 37 especies de flora en la primera y 32 en la segunda, siendo muy similares, puesto que el 80% de las especies de Botany Bay, también aparecen en Hope Bay y corresponde al Jurásico Inferior.

2.3 FORMACIÓN KENNEY GLACIER (GRUPO VOLCANICO ANTARTIC PENINSULA). JURÁSICO INFERIOR-MEDIO

2.3.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

2.3.1.1 MIEMBRO KENNEY 1. UNIDAD CARTOGRÁFICA 6. *Ignimbritas cristalizadas, con intercalaciones de brechas y areniscas volcánicas y niveles de ignimbritas soldadas. a. Contacto térmico rojizo.*

2.3.1.2 MIEMBRO KENNEY 2. UNIDAD CARTOGRÁFICA 7. *Brechas, areniscas y limolitas volcánicas con intercalaciones de ignimbritas soldadas. a. Contacto térmico rojizo.*

2.3.1.3 MIEMBRO KENNEY 3. UNIDAD CARTOGRÁFICA 8. *Ignimbritas cristalizadas, con intercalaciones de ignimbritas soldadas y niveles de brechas y areniscas a. Limolitas volcánicas laminadas, areniscas volcánicas y niveles de lavas basálticas. b. Contacto térmico rojizo.*

2.3.1.4 MIEMBRO KENNEY 4. UNIDAD CARTOGRÁFICA 9. *Brechas y areniscas volcánicas con intercalaciones de ignimbritas cristalizadas.*

2.3.2 INTERPRETACIÓN SEDIMENTARIA

2.3.3 EDAD

2.4 FORMACIONES SUPERFICIALES

La mitad del territorio libre de hielo está ocupado por una importante cobertera detrítica producto de la actividad glaciaria, pasada y actual. La mayoría son morrenas. El resto, con ocupación más discontinua, es el resultado de acciones mixtas o el retoque de la actividad periglacial.

2.4.1 UNIDAD CARTOGRÁFICA 10. Depósitos morrénicos.

Ocupan una amplia franja, relativamente continua y potente, prolongada desde los glaciares Kenney, Flora y Buenos Aires hasta la misma costa oriental. La acumulación es muy importante y está compuesta por bloques autóctonos, en el sentido de que están constituidos por material procedente de los afloramientos del entorno (Monte Flora, La Pirámide, etc.), sueltos, sin ningún tipo de organización ni estructura.

2.4.2 UNIDAD CARTOGRÁFICA 11. Terrazas marinas

constituyen afloramientos discontinuos junto a la costa oriental entre el glaciar Buenos Aires y Punta Foca. Estos depósitos que tienen poco espesor (2 o 3 m), están formados por gravas rodadas con matriz arenosa compacta y buen ordenamiento interno con estructuras sedimentarias propias de flujos acuosos. Son de procedencia relativamente autóctona, la proporcionada por el hielo y los chorrillos veraniegos.

2.4.3 UNIDAD CARTOGRÁFICA 12. Depósitos fluvioglaciares

se considera al material morrénico re TRABAJADO y arrastrado por los arroyos de deshielo formados durante los meses estivales. Se trata de una película superficial de las propias morrenas algo más seleccionada y menor tamaño.

2.4.4 UNIDAD CARTOGRÁFICA 13. Conos aluviales proglaciares

Semejante descripción y explicación puede darse en el caso de los conos aluviales proglaciares (13) emplazados al noreste y sureste de la laguna Boeckella.

2.4.5 UNIDAD CARTOGRÁFICA 14. Depósitos de ladera

aparecen junto a la costa septentrional (colinas del Scar y de las Pingüineras) y sobre todo al pie del Monte Flora donde la intensa gelifración de sus laderas alimenta una imponente franja de derrubios alargada en su frente septentrional. La fragmentación de la roca aprovecha cualquier discontinuidad, rotura o diaclasa, de ahí el carácter anguloso de los fragmentos que por gravedad se acumulan al pie de los cantiles formando importantes taludes y conos de derrubios.

2.4.6 UNIDAD CARTOGRÁFICA 15. Depósitos de gelifluxión

Durante el verano, y especialmente en su periferia, las morrenas próximas a la laguna Boeckella, están rodeadas por un cinturón de barro que es consecuencia de la coalescencia de numerosos lóbulos de gelifluxión (15) de orden métrico.

3.- TECTÓNICA

M. Montes, F. Nozal N. Heredia y R. Del Valle

3.1 CONTEXTO TECTÓNICO

El GTP presenta una deformación escasa al este de la alineación Mte. Cardinal-Mte. Taylor, donde los afloramientos de este grupo presentan generalmente características homoclinales, debido a la presencia de flexiones de gran radio que además no desarrollan foliación (Heredia *et al*, 2004). Así, los afloramientos de bahía Hope presentan un buzamiento bastante constante hacia el Oeste observándose, no obstante, pequeños anticlinales muy abiertos de plano axial vertical.

3.1.1 TECTÓNICA GONDWÁNICA

3.1.2 TECTÓNICA ANDINA

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

3.2.1 DEFORMACIONES TECTÓNICAS GONDWANICAS

3.2.2 DEFORMACIONES TECTÓNICAS ANDINAS

Las Formaciones *Kenney Glacier* y *Mount Flora* se encuentran plegadas por un sinclinal de eje ONO. El flanco mejor expuesto es el nororiental donde se encuentran los mejores afloramientos de ambas series (cara norte del Monte Flora), presentando buzamientos hacia el SE de 50° a 20° (Fig. 1). La serie conjunta de ambas formaciones experimenta un progresivo aumento de potencia hacia el norte, conformando un abanico de capas que puede observarse claramente desde el SE del Monte Flora. Esta disposición geométrica probablemente fue originada sincrónicamente con la actividad de una importante estructura situada en el paso (Collado Gallegos) entre el Monte Flora y el Monte Pirámide (fuera del área cartografiada), de dirección NE y registrada en gran parte del norte de la Península Tabarin (Fig. 1A, Heredia *et al.*, 2004). Dicha estructura pertenecería a las primeras etapas de estructuración del orógeno andino en la Península Antártica, permaneciendo activa al menos hasta el Jurásico Medio, tal como sugiere la cronología de las series sintectónicas afectadas.

Afectando también a las Formaciones *Kenney Glacier* y *Mount Flora* existen fallas distensivas claramente visibles en el flanco sur del Monte Flora (fig. 2). Estas fallas de dirección NNE, tienen un salto normal de más de 100 m. Los afloramientos de las unidades 4 y 5 ubicados al NE del Monte Flora, descubiertos en esta campaña, están preservados en el bloque hundido de una de estas fallas (Fig. 1). Dado que estas estructuras afectan a las series más modernas de la zona, se producirían en una etapa distensiva, probablemente al final del Ciclo Andino, rejugando estructuras previas como la descrita anteriormente, con las que comparte la misma dirección.

Un intenso diaclasado de dirección NE-SO está presente en las tres formaciones del área, así como al menos dos sistemas de diques básicos de direcciones NE-SO y ONO-ESE (Figs 1 y 2). Algunos de estos diques intruyeron aprovechando zonas de falla como las que se observan en la cara sur del Monte Flora.

3.3 CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN

4.- ROCAS IGNEAS

Gallastegui, F. Nozal y M. Montes

4.1 PLUTONES ANDINOS

4.2 DIQUES

5.- GEOMORFOLOGÍA

A. Martín-Serrano, F. Nozal y M. Montes

Según Bruschi et al. (1997) no existen mas allá de 18.000 km² de territorio antártico con cartografía geomorfológica a escala media y detallada (tan solo 3.363 km² de mapas propiamente dichos), lo que dice de la pequeña proporción de la misma que ha sido objeto de la atención de este tipo mapas por parte de la comunidad científica. Por eso, el mapa que se presenta, realizado en el área deglaciada en el entorno de Base Esperanza es motivo de satisfacción por poder contribuir con él al desarrollo de esta materia en un lugar de tanta significación geológica e histórica.

Los datos que han dado lugar a este mapa son fruto de la colaboración del Instituto Antártico Argentino y el Instituto Geológico de España durante la campaña de verano de 2004. las observaciones sobre el terreno se completaron con la de la observación de fotografías aéreas (tres fotos estereoscópicas del Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina y una foto del--- , que ante la falta de base topográfica ha servido soporte gráfico), imagen satélite (----); también se contó con algunos esquemas geológicos y topográficos previos (*citas*)

5.1 DESCRIPCIÓN FISIOGRÁFICA

Base Esperanza y el Monte Flora se encuentran en la Península de Tabarin (63° 30'S, 57° 00'O), extremo suroriental de la Península Antártica. Geológicamente pertenece al arco magmático de dicha península con afloramientos metasedimentarios (grupo Trinity Península) y rocas detríticas y volcánicas (formación Mount Flora y grupo Antarctic Península). La región, que se encuentra casi totalmente cubierta por hielo, aunque tiene una altitud

moderada presenta afilados *nunatacks* con el Monte Flora como uno de los mas conocidos. Sus 520 m de altitud a un km del mar son superados por la Pirámide (565 m) y por el Taylor (--- m). mientras que el domo glaciar está próximo a los 400 m. si se excluye al Monte Flora, la franja sin hielo entre la Bahía Esperanza y el área glaciada, es un territorio alomado de unos 3 km² y cotas inferiores a los 100 m.

5.2 ANALISIS GEOMORFOLOGICO

Obviamente, la geomorfología de esta zona se caracteriza por el predominio casi absoluto de las formas y de los procesos glaciares y periglaciares. Subordinadamente también aparecen aquellos ligados al litoral, al viento y a la actividad estival de los arroyos y lagunas. La escala de trabajo permite la representación de los numerosos elementos que constituyen la morfología del área.

El tipo de representación utilizada es la empleada por IGME para la realización de su cartografía geomorfológica a escalas intermedias y detalladas (Martín-Serrano et al., 2004). La esencia del mapa es morfogenética, con los distintos elementos (recintos coloreados símbolos y tramas) organizados en grupos cada uno de ellos identificado por un color determinado), y un matiz morfocronológico casi siempre relativo. Su simbología, que es la que se recoge en el citado manual, conserva aquellos caracteres de mayor aceptación internacional.

5.2.1 ESTUDIO MORFOESTRUCTURAL

5.2.2 ESTUDIO DEL MODELADO

5.2.2.1 Modelado glaciar

Obviamente, en este territorio predominan casi absolutamente los sistemas morfogénéticos glaciar y periglaciar, aquél en su inicio y sobre todo. El glaciario regional, fundamentalmente dómico con flujo divergente, está sujeto a fusiones estivales (diciembre- marzo) y a la dinámica regresiva general de la zona. Junto al litoral se reconocen masas de hielo muerto, en todos los lugares morrenas separadas del frente glaciar y frentes de perfil biselado o convexo.

El domo glaciar de la zona lo constituyen, por orden de importancia, el glaciar Buenos Aires, el Kenney, el Depósito y el Flora. Las divisorias glaciares son en el Monte Flora, un magnífico *horn* como en todos los *nunataks* de la región, afiladas y netas. Las zonas de acumulación de dicha montaña están muy bien definidas sobre su espléndido glaciar de circo abierto hacia el noreste. Este pequeño glaciar tiene una mínima conexión lateral en su flanco suroriental con el gran glaciar Buenos Aires a través de una suave y convexa rampa ascendente de unas pocas decenas de metros. El Kenney es otra importante lengua que desciende hacia el mar desde La Pirámide detrás del Monte Flora; más al noroeste, el Depósito lo hace al pie del Monte Taylor hasta el fondo de Bahía Esperanza.

Fuera de las zonas de hielo activo, sobre las áreas descubiertas aún quedan restos de hielo residual. Corresponden a dos pequeñas masas relictas del antiguo recubrimiento glaciar y se ubican ambas junto al mar, en los desagües de los arroyos de las Cinco Lagunas (Costa Papua) y Laguna Boeckella (Caleta Águila). Ésta última presenta un pequeño frente escarpado cortado en el mar.

Durante la época estival se reconocen importantes fenómenos de fusión: regueros supraglaciares, cascadas, caudalosos arroyos proglaciares, y coladas y conos de barro. Todos ellos testimonio del carácter regresivo del hielo. Se reconoce alguna ventana glaciar o umbrales en la rampa lateral del glaciar Buenos Aires, numerosos bloque erráticos en todos los lugares, formación de morrenas supraglaciares, lagunas supraglaciares y proglaciares, heleros cóncavos en los escarpes, el frente dómico del glaciar Buenos Aires retrocedido respecto al mar, y por supuesto, este retroceso es palpable a partir de los innumerables arcos morrénicos presentes en toda la zona. También, gran parte del substrato libre de recubrimiento presenta notorias evidencias de la actividad glaciar pasada, con pequeñas cubetas de sobreescavación más o menos retocadas por fenómenos periglaciares, pulimentos y estrías, formas aborregadas, bloques erráticos y restos de material morrénico.

El material morrénico es el recubrimiento más importante. Se trata de material muy heterométrico con grandes bloques de rocas autóctonas, es decir procedentes de los *nunataks* más próximos, y afectadas por fenómenos de termokarst y flujos laterales. Aparece un fondo morrénico con estructura poco definida en la mitad oriental del Valle de Cinco Lagunas y a la espalda de Base Esperanza. Distintos tipos de morrenas, laterales, centrales o terminales

son fácilmente reconocibles por su relación o pertenencia a cualquiera de los glaciares aludidos. Sin embargo, arcos frontales desconectados del hielo actual son visibles por toda la zona. En el Valle de las Cinco Lagunas se reconocen los frentes de retroceso del Glaciar Kenney; los más próximos al mismo son muy netos y agudos, con crestas numerosas y bien señaladas; las más lejanas que dan lugar a las lagunas más grandes están organizadas por orlas de bordes muy romos apenas destacables del resto del detrito. Bastante más espectaculares son las morrenas frontales del Glaciar Flora pues su retroceso ha dado lugar a un complejo y apretado entramado de crestas de curvatura muy pronunciada originando pequeñas lagunas casi tapadas por los neveros. Todo este frente morrénico procedente del circo del Monte Flora queda colgado e interrumpido por un escarpe de unos 50 m, neto, rectilíneo y cubierto por nieve (¿escarpe de falla?). La Laguna Boeckella tiene su límite septentrional cerrado por varios arcos morrénicos, tres, bien definidos en el este pero algo degradados hacia el oeste. Al sur de dicha laguna existe otro gran arco morrénico tras él y limitada por la gran rampa lateral del Glaciar Buenos Aires, aparece una nueva laguna semioculta por la nieve. Ambos arcos parecen que tienen su origen en una pequeña lengua lateral por difluencia del citado glaciar.

La presencia sobre los metasedimentos del basamento permotriásicos, especialmente sobre las colinas de las pingüineras y de la base uruguaya, de un tapiz discontinuo de bloques de rocas alóctonas (paraautóctonas) podrían vincularse a un till subácueo resultado de la fusión de barreras de hielo.

5.2.2.2 Modelado litoral

En el área libre de hielo, toda la costa que es moderadamente acantilada está formada por una sucesión relativamente frecuente de pequeñas caletas abiertas, poco definidas aprovechando la aparición de los tramos de capas más lutíticas. El litoral es relativamente bajo, con alternancia de pequeños cantiles labrados sobre las capas isoclinales de la formación Trinity Peninsula, menores de cuatro o cinco metros y calas con playas angostas de cantos y bloques. Las dos masas de hielo muerto, en Costa Papua y en Caleta Águila, también presentan un pequeño acantilado recortado por el mar.

Las playas levantadas o terrazas marinas son fácilmente identificables hasta unos 15 m sobre el nivel del mar. Sobre otros rellanos observados a cotas superiores, la mayoría de ellos ocupados por pingüineras (hasta una altitud algo superior a los 100 m), es arriesgado pronunciarse. Aparecen en varios sistemas de playas levantadas y escalonadas de edad reciente (¿holocena?). Los cuerpos sedimentarios que constituyen estas playas o terrazas marinas se apoyan sobre el basamento metasedimentario permotriásico perteneciente a la formación Trinity Península, un substrato duro y muy bien estratificado en capas de espesor métrico y centimétrico bien definidas e inclinación constante cercana a los 30°. Los sedimentos de estas terrazas son conglomerados de carácter moderadamente poligénico, redondeados y con una matriz arenosa relativamente compacta sobre los que pueden aparecer bloques erráticos alóctonos de dimensiones considerables. Se reconocen al menos dos niveles (+5-10 y +15-20 m), todos sobre la costa oriental, entre el Glaciar Buenos Aires y Punta Foca, de hecho gran parte de

las construcciones de Base Esperanza se han edificado sobre ellas. Se presentan discontinuas y con dimensión reducida. En algún caso, por su escasez en cantos podrían considerarse como pequeños rellanos de abrasión marina (Punta Foca).

5.2.2.3 Rasgos proglaciares

La actividad proglaciar, es muy intensa durante la estación estival si bien su influencia en el modelado es aún muy reducida. Hay que referirse casi exclusivamente a la acción de las aguas de escorrentía provocada por la fusión del hielo y la nieve y a las lagunas generadas sobre los arcos morrénicos. El viento, tan intenso en esta región, tan solo es el causante de retoques menores como la erosión alveolar sobre las rocas volcánicas del Monte Flora.

Los chorrillos de deshielo redistribuyen el sedimento proporcionado por los glaciares confiriéndole una mayor ordenamiento y selección. Sin embargo el número de estos arroyos es reducido: el de desagüe del Valle de las Cinco Lagunas, el que afecta a mayor superficie morrénica; el emisario de la Laguna Boeckella cuyo recorrido es en gran parte subglaciar bajo la masa de hielo muerto de Caleta Águila; el drenaje natural del frente morrénico del Glaciar Flora hasta la laguna anterior que se desarrolla casi totalmente bajo los heleros que cubren dicho frente; y dos chorrillos relativamente caudalosos que procedentes de la rampa lateral del Glaciar Buenos Aires al sur de la base uruguaya proporcionan pequeños deltas de material grueso en sus respectivas desembocaduras en el litoral próximo a las ruinas de Base Trinity. Presentan, observable sobre todo este último, una importante capacidad de incisión. Al pie de la pronunciada rampa lateral del Glaciar Buenos Aires se encuentran los restos de till subglaciar alojado entre el hielo y el substrato que es redistribuido hacia el exterior mediante la red de arroyos de deshielo dando lugar a barrancos y a un interesante sistema de conos proglaciares en el margen meridional de la laguna Bekela. Inmediatamente por delante de los arcos morrénicos que cierran dicha laguna se ha desarrollado otro magnífico cono proglaciar. Ambos constituyen otra manifestación más del deshielo estival

Son muy numerosas las lagunas identificadas, las mayores y más conocidas son las retenidas por los arcos morrénicos como consecuencia del retroceso de los glaciares Kenney (Cinco Lagunas), Flora (Esmeralda y otras) y Buenos Aires (Boeckella), las pequeñas aprovechan los huecos de las cubetas de sobreescavación glaciar (en las colinas de las pingüíneras y del Scarn) y de colapso termokárstico.

5.2.2.4 Modelado periglaciar

En los sectores libres de hielo predomina el sistema morfogenético periglaciar, con condiciones de humedad importantes, fusiones activas, el permafrost y la alternancia hielo-deshielo originan una muy importante actividad morfogenética durante el verano.

La degradación de la zona por gelifracción es constante. En las zonas más escarpadas se acumulan por caída libre al pie de los cantiles formando

importantes taludes y conos de derrubios. La gelifracción es muy intensa, especialmente sobre las materiales permotriásicos de la formación Trinity, cuyos afloramientos, totalmente triturados, se presentan recubiertos por una caótica capa de cantos y bloques angulosos sueltos. La fragmentación de la roca aprovecha cualquier discontinuidad, rotura o diaclasa, de ahí el carácter anguloso de los fragmentos, aunque también pueden aparecer ciertos hábitos circulares en zonas mas isótropas. Junto a la costa septentrional (colinas del Scarn) y sobre todo al pie del Monte Flora la gelifracción alimenta un importante talud de derrubios.

Existe un desarrollo incipiente de enlosados y de suelos poligonales en toda la zona, como en las colinas del Scarn o en los bordes de la Laguna Boeckella. Donde tienen un desarrollo espectacular es sobre el material morrénico del Valle de las Cinco Lagunas, uno de los lugares mas aplanados. Los arcos morrénicos, muy romos, que contornean la primera y, sobre todo, la segunda laguna contienen magníficos ejemplos de suelos estructurados: formas poligonales y círculos de piedras.

La periferia de las franjas morrénicas mas libres de nieve y/o hielo está rodeada de estrechos cinturones de barro definidos por debris-flow. El material poroso e incoherente de las morrenas filtra el agua procedente de la fusión de la nieve, empapa el mollisol que alcanzando la liquidez fluye hacia el exterior formando coladas coalescentes de orden métrico, a veces verdaderos microtorrentes de barro.

Son también muy frecuentes los indicadores de fenómenos termokársticos sobre las morrenas, particularmente al pie de la ladera septentrional del Monte Flora en el Valle de las Cinco Lagunas, tales como pequeñas hoyas producidas por colapso o cicatrices y flujos de masa morrénica.

5.3 GLACIOLOGÍA

6.- HISTORIA GEOLÓGICA

M. Montes, F. Nozal A. y Martín-Serrano

6.1 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

6.2 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

7.- ÁREAS PROTEGIDAS

M. Montes, F. Nozal y A. Martín-Serrano

8.- BIBLIOGRAFÍA

- Andersson, J.G. (1906). On the geology of Graham Land. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala* 7: 19-71.
- Argentina (1997). Environmental Review of Argentine Activities at Esperanza (Hope) Bay, Antarctic Peninsula, XXI ATCM, *Information Paper* 36.
- Bibby, J.S. (1966). The stratigraphy of part of north-east Graham Land and the James Ross Island group. *British Antarctic Survey Scientific Report* 53.
- Birkenmajer, K. (1993a). Jurassic terrestrial clastics (Mount Flora Formation) at Hope Bay, Trinity Peninsula (West Antarctica). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Earth Sciences*, 41(1), 23-38.
- Birkenmajer, K. (1993b). Geology of late Mesozoic magmatic rocks at Hope Bay, Trinity Peninsula (West Antarctica). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Earth Sciences*, 41(1), 49-62.
- Birkenmajer, K. (1992). Trinity Peninsula Group (Permo-Triassic?) at Hope Bay, Antarctic Peninsula. *Polish Polar Research* 13(3-4): 215-240.
- Gee, C.T. (1989). Revision of the late Jurassic/early Cretaceous flora from Hope Bay, Antarctica. *Palaeontographica* 213(4-6): 149-214.
- Halle, T.G. (1913). The Mesozoic flora of Graham Land. *Wissenschaftliche ergebnisse der Schwedischen Südpolar-expedition 1901-1903* 3(14).
- Hathway, B. (2000). Continental rift to back-arc basin: stratigraphical and structural evolution of the Larsen Basin, *Journal of the Geological Society of London*, 157, 417-432.
- Heredia, N., Nozal, F. y Del Valle, R. (2004). Evolución gondwánica de la Península Tabarin (península Antártica). En: *Vº Simposio Argentino y Iº Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas*. Comunica, en prensa

- Marshall, N.B. (1945). Annual report. Base D. Biology and Hydrography. Unpublished report, British Antarctic Survey Archives Ref AD6/1D/1945/N2.
- Martín-Serrano, A., Montes, M. y R. Del Valle. (2004). Mapa Geomorfológico de la Costa Austral de Bahía Esperanza y el Monte Flora, (Península Antártica). En: *Vº Simposio Argentino y Iº Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas*. Comunica, en prensa
- Montes, M., Martín-Serrano, A. y R. Del Valle. (2004). Mapa Geológico de la Costa Austral de Bahía Esperanza y el Monte Flora, (Península Antártica). En: *Vº Simposio Argentino y Iº Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas*. Comunica, en prensa
- Salazar, A.; Nozal, F. y Suárez, A. (2004). Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración. IGME, 120 pp.
- Martín-Serrano, A.; Montes, M., Nozal, F. y Del Valle, R. (2005). Geomorfología de la Costa Austral de Bahía Esperanza (Península Antártica). *Geogaceta*, 38
- M. Montes, A. Martín-Serrano, F. Nozal y R. Del Valle. (2005). Geología de la Costa Austral de Bahía Esperanza (Península Antártica). *Geogaceta*, 38
- Nathorst, A.G. (1906). On the upper Jurassic flora of Hope Bay, Graham Land. *Compte Rendus, 10th International Geological Congress, Mexico* 10(2): 1269-1270.
- Paciullo, F.V., Ribeiro, A., Andreis, R.R. y Trouw, R.A. (2002). Facies association in the Permian-Triassic Hope Bay Formation, Antarctic Peninsula. Antarctica at the close Millennium. *Royal Soc. of New Zealand Bull.*, 35, 175-183
- Pankhurst, R.J. (1983). Rb-Sr constraints on the ages of basement rocks of the Antarctic Peninsula. In Oliver, R.L., James, P.R. and Jago, J.B. eds. *Antarctic Earth Science*. Canberra, Australian Academy of Science: 367-371.
- Pankhurst, R.J., Leat, P.T., Sruoga, P., Rapela, C.W., Marquez, M., Storey, B.C., and Riley, T.R., (1998). The Chon Aike province of Patagonia and related rocks in West Antarctica: a silicic large igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 81 113-136.
- Rees, P. M. (1993a). Dipterid ferns from the Mesozoic of Antarctica and New Zealand and their stratigraphical significance. *Palaeontology* 36(3), 637-656.
- Rees, P. M. (1993b). Caytoniales in early Jurassic floras from Antarctica. *Geobios* 26(1):33-42.
- Rees, P.M. y Cleal, C.J. (1993). Marked Polymorphism in *Archangelskya furcata*, a pteridospermous frond from the Jurassic of Antarctica. *Special Papers in Palaeontology*, 49, 85-100.
- Rees, P.M. y Cleal, C.J. (2004). Lower Jurassic floras from Hope Bay and Botany Bay, Antarctica. *Special Papers in Palaeontology*. 72, 90p.
- Rees, P.M., (1993c). Revised interpretations of Mesozoic palaeogeography and volcanic arc evolution in the northern Antarctic Peninsula region. *Antarctic Science* 5, 77-85
- Riley, T.R and Leat, P.T. (1999). Large volume silicic volcanism along the proto-Pacific margin of Gondwana: lithological and stratigraphical investigations from the Antarctic Peninsula. *Geological Magazine* 136 (1), 1-16.
- Smellie, J.L. and Millar, I.L. (1995). New K-Ar isotopic ages of schists from Nordenskjöld Coast, Antarctic Peninsula: oldest part of the Trinity Peninsula Group? *Antarctic Science* 7, 191-96.
- Taylor, B.J. [no date]. Middle Jurassic plant material from Mount Flora, Hope Bay. Unpublished report, British Antarctic Survey Archives Ref ES3/GY30/6/1
- Zeuner, F.E. (1959). Jurassic beetles from Graham Land, Antarctica. *Palaeontology*, 1(4), 407-409.