

# EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL MARGEN PACÍFICO DE LA ANTÁRTIDA OCCIDENTAL: EXPANSIÓN DEL FONDO OCEÁNICO Y TECTÓNICA DE PLACAS. CAMPAÑA GEBRAP 96/97\*

Geological evolution of the Pacific margin of Western Antarctica:  
sea-floor spreading and plate tectonics  
Cruise GEBRAP 96/97

**Miquel Canals**

## **Abstract**

The main activity of the project has been the cruise GEBRAP 96/97, carried out onboard RV Hesperides from 03.12.96 to 06.01.97 in the northern Bellinghausen Sea, the Gerlache Strait and the Bransfield Basin, Western Antarctica.

The scientific objectives of the cruise were the following: (1) Morphostructural study of the zones in the Bransfield Basin and surrounding area previously unsurveyed with the hull-mounted scientific tools in the RV Hesperides, with special attention to the submarine vulcanism and its relation with the segmentation and dynamic evolution of the basin; (2) Morphostructural investigation of the collision area between the extinct ridge of the former Drake Plate and the South Shetland Islands' Trench, and between the trench and the main fracture zones; (3) Contributing with new elements to the scientific knowledge of the structural, sedimentary and chronological evolution of the Antarctic Peninsula Pacific margin; (4) Detailed analysis of the morphology and internal configuration of the sediment bodies and erosional forms in the Antarctic Peninsula Pacific margin, northern Bellinghausen Sea; (5) Contribution to the improvement of the Seismic Stratigraphy models in glacio-marine settings; (6) Characterization of the petrology and age of the volcanic edifices in the Bransfield Basin; (7) Investigation of the detailed seafloor morphology and the sediment filling along the axis of the Gerlache Strait; (8) Research on the detailed seafloor morphology, structure and sedimentary cover in the King George Island southern continental shelf; (9) Study of the deep-sea benthic organisms associated to the volcanic edifices in the Bransfield Basin; (10) Estimation of the krill (*E. superba*) biomass as related to the environmental parameters, and analysis of the krill clusters and their internal structure.

The scientific tasks undertaken to achieve the former objectives include detailed mapping of the seafloor relief by means of multibeam and single beam echo-sounders, the study of the sedimentary cover at various scales with BPS and high to medium resolution seismic reflection profiling, measuring of the total magnetic field and the gravity field with a marine magnetometer and a gravity-meter, dredging of the submarine volcanic edifices of the Bransfield central subbasin, sediment coring with a gravity corer, and the systematic monitoring of the krill biomass with a biological echo-sounder.

Amongst the main results it is worth to mention the following ones: (I) The characterization of the submarine canyon systems and interflues on the distal continental margin off the Antarctic Peninsula, in the northern Bellinghausen Sea, with numerous slides unidentified to date; (II) The finding of two very deep basins possibly formed by shearing associated to the prolongation of the Hero fracture zone, and a volcanic plateau on top of which lies the island of Deception, in the western Bransfield subbasin; (III) The evidence that the South Shetland Trench ends sharply against the Hero fracture zone, at the foot of the Pacific margin of the South Shetland Islands, in a zone where the main regional structural directions are clearly expressed; (IV) The

---

\* Proyecto ANT95-0889-C02-01

identification of new likely submarine volcanic edifices off Bravant and Anvers islands, and in the western Bransfield subbasin too; (V) The demonstration of the great lateral variability of the sedimentary building styles of the Antarctic Peninsula margin, into the Bransfield Basin, with a quick shifting from aggradation-dominated segments to progradation-dominated ones; (VI) The collection of evidences which support previous interpretations about the relative ages of the various morphological elements constituting the submarine volcanic edifices in the central Bransfield subbasin, as well as the finding of rich and varied benthic communities thriving on them; (VII) The demonstration that a clear contrast exists between the sedimentary regimes dominating the fjords and the open inner continental shelf south of King George Island, with up to 100 ms sediment thickness in the former and an essentially unsedimented seafloor mostly occupied by outcropping basement rocks in the later.

Key words: West Antarctica, Bransfield Basin, North Bellinghausen Sea, Swath Bathymetry, Bottom Parametric Source, Geodynamic evolution, Continental margin, Glacio-marine sedimentation, Deep-sea canyons, Submarine volcanism, Deep-sea benthos

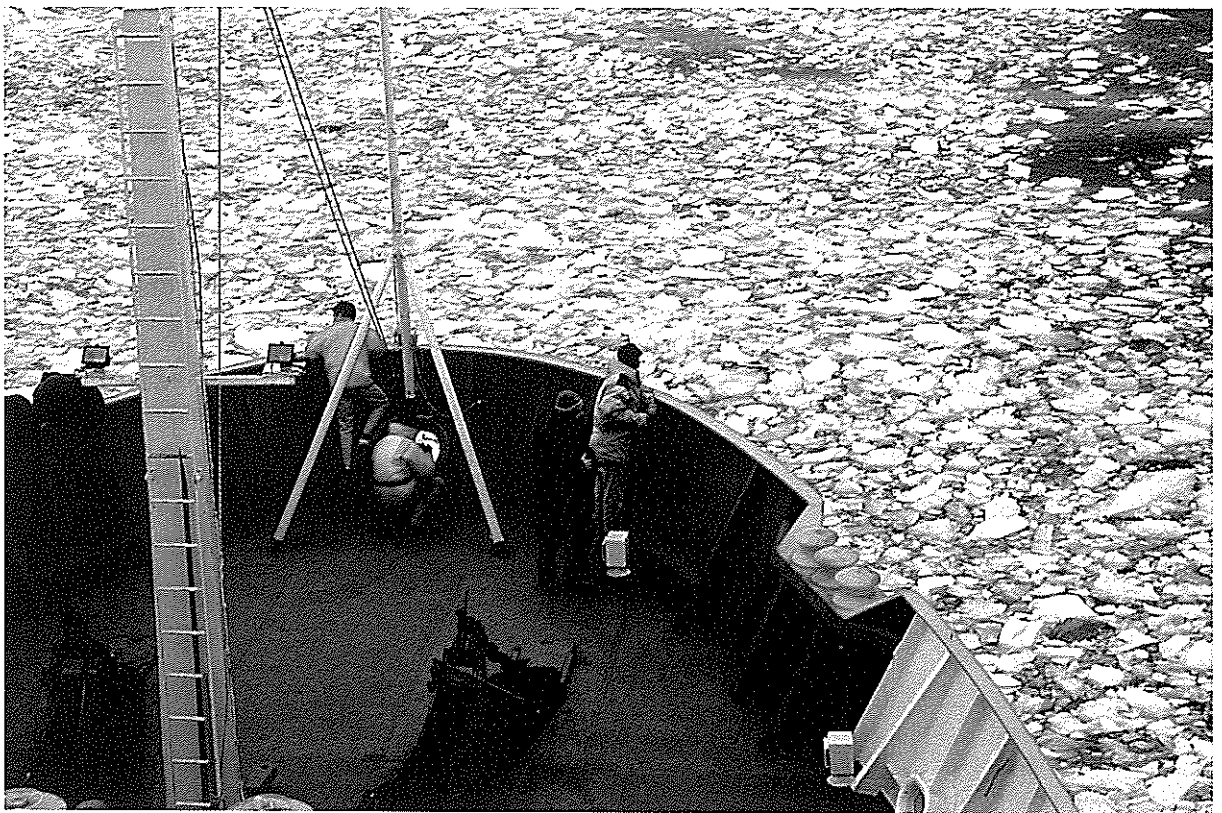


Figura 1. La proa del BIO Hespérides abriéndose paso entre escombros de hielo flotantes en el Estrecho de Gerlache

## OBJETIVOS

De acuerdo con la propuesta presentada en su momento, los objetivos de la campaña GEBRAP 96/97 pueden agruparse en los siguientes apartados:

**Estudio morfoestructural de los sectores de la Cuenca de Bransfield, y cercanías, no investigados previamente con medios equivalentes a los que equipan al BIO Hespérides, con atención especial al vulcanismo submarino y a su relación con la segmentación y evolución geodinámicas de la cuenca.** En este apartado se contempla: (a) Investigar la continuación hacia el sur, en dirección NE-SW, de las alineaciones volcánicas descubiertas y cartografiadas en la campaña GEBRA '93 en las subcuencas Central y Oriental de Bransfield, así como determinar la posible existencia de nuevos edificios volcánicos en el margen occidental de las Shetland del Sur; (b) Dilucidar la posible continuidad hacia el sur de la isla de Decepción de la segmentación tectónica observada en la dorsal incipiente de la Cuenca de Bransfield con el fin de conocer el límite meridional de la extensión.

**Investigación morfoestructural de la colisión entre la dorsal extinta de la Placa de Drake y la Fosa de las Shetland del Sur, y entre ésta y las principales zonas de fractura (Hero y zonas de fractura próximas) de la citada placa con la finalidad última de aportar información relevante acerca de su posible continuidad, a través de las Islas Shetland del Sur, hacia la Cuenca de Bransfield. La terminación meridional de la Fosa de las Shetland del Sur es merecedora de atención especial.**

**Aportación de nuevos elementos para el conocimiento de la evolución del margen pacífico de la Península Antártica en sus componentes estructural, sedimentario y cronológico.** Más concretamente, (a) Aportar nuevos datos acerca de la evolución y la naturaleza del llamado "mid-shelf high" y de las cuencas internas de la plataforma pacífica de la Península Antártica, entre las islas de Bravant y Adelaida, y (b) Determinar la naturaleza y un modelo evolutivo de las respuestas de las placas cabalgantes (de las Shetland del Sur y Antártica) ante los procesos de subducción. En estas placas aparecen, según las áreas, cuencas de ante-arco, "mid-shelf highs" o cuencas extensivas complejas como la de Bransfield.

**Análisis detallado de la morfología y la estructura interna de los cuerpos sedimentarios y formas erosivas del margen pacífico de la Península Antártica, en el Mar de Bellingshausen septentrional.** Dentro de este apartado se contempla en concreto: (a) Establecer la morfología detallada del margen pacífico de la Península Antártica, con especial atención a posibles valles submarinos encajados en el talud; (b) Dilucidar la geometría externa e interna de los lóbulos sedimentarios (*sediment mounds* o *drifts*, según los autores) relacionados con los valles y canales de talud; (c) Caracterizar en detalle, con sísmica de muy alta resolución, la Estratigrafía Sísmica del margen pacífico de la Península Antártica, con el fin de contrastar la importancia relativa de los factores regionales (avance y retroceso de las plataformas de hielo) respecto a los locales (control tectónico) en la edificación del margen.

**Contribución a la mejora de los modelos de Estratigrafía Sísmica en contextos glacio-marinos**, y a la elaboración de un modelo específico que explique la edificación de los márgenes y la distribución de los sedimentos en el margen pacífico de la Península Antártica. Se atenderá a la correlación entre las secuencias profundas y las secuencias progradantes de plataforma.

Previamente a la propia campaña GEBRAP 96/97, y en el curso de la misma, teniendo en cuenta (a) los avances científicos producidos en el estudio geológico de la región entre la fecha de presentación del proyecto y la fecha de realización de la campaña, (b) la reciente aprobación de la Acción Especial ANT96-2440-E y, (c) aprovechando tanto el instrumental científico instalado a bordo como las competencias de los miembros del equipo investigador, se añadieron cinco nuevos objetivos a los planteados en la propuesta inicial, tres de índole geológica y dos de índole biológica. Son los siguientes:

**Caracterización de la petrología y la edad de los edificios volcánicos de la Cuenca de Bransfield.**

**Determinación de la morfología de detalle y del relleno sedimentario a lo largo del eje del Estrecho de Gerlache.**

**Investigación de la morfología de detalle, la estructura y el recubrimiento sedimentario en la plataforma continental de la isla de Rey Jorge**, según un acuerdo establecido con investigadores del "British Antarctic Survey", que contempla la realización de sondeos de roca desde el BO "James Clark Ross" en 1997/98, con participación española, en distintos lugares de interés en la Cuenca de Bransfield.

**Estudio de los organismos bentónicos de gran profundidad** que eventualmente puedan recuperarse mediante dragas de arrastre en los edificios volcánicos de la subcuenca central de Bransfield.

**Estimación de la biomasa de krill (*E. superba*)** en relación con los parámetros ambientales, y análisis de las agrupaciones de krill y de su estructura interna.

En la campaña GEBRAP 96/97 se ha mantenido, asimismo, la colaboración iniciada en 1993/94 con el Programa Nacional Antártico de Bélgica, concretada en el estudio mediante perfiles de sísmica de reflexión de la Estratigrafía Sísmica y de la edificación sedimentaria del margen continental de la Península Antártica.

## **ANTECEDENTES**

### **Geología y geofísica**

La campaña GEBRAP 96/97 ha estado precedida por la campaña GEBRA '93 (proyecto "Evolución geológica de la Cuenca de Bransfield y de la Dorsal Sur del Mar de Scotia", ref. ANT93-1008-C03-01), en la cual se efectuó el primer reconocimiento con sondas de multihaz del fondo de las subcuencas central y oriental de Bransfield, además de la obtención de una malla de perfiles de sísmica de reflexión y magnetométricos, y de la

extracción de dos testigos de sedimento. Todo ello con la finalidad de conocer la morfoestructura, la Estratigrafía Sísmica y la evolución geodinámica de la Cuenca de Bransfield. La campaña GEBRA '93 puso de manifiesto la existencia de una dorsal oceánica incipiente en la subcuenca central de Bransfield, formada por edificios volcánicos cuyas morfologías revelan distintos estadios evolutivos ligados a la extensión de la cuenca (Gracia et al., 1996 y 1997). Por otra parte, los perfiles de sísmica de reflexión revelaron la existencia de una serie de grabens en el fondo de cuenca, y de varios lóbulos sedimentarios en el margen de la Península Antártica, ligados a sucesivos avances y retrocesos de las plataformas de hielo (Prieto, 1996).

En la presente campaña GEBRAP 96/97 se propone una ampliación del área de estudio hacia el sur y el oeste, es decir, hacía el margen pacífico de la Península Antártica, en el Mar de Bellingshausen septentrional, así como la realización de estudios de detalle que permitan completar el conocimiento de las zonas investigadas en la campaña previa GEBRA '93.

La región de la Península Antártica abarca un amplio rango de ambientes tectónicos y deposicionales. El actual margen pacífico de la Península Antártica es el resultado de la colisión progresiva, de SW (45-50 Ma) a NE (3-5 Ma), entre la Placa de Drake y la Placa Antártica (Barker, 1994; Herron y Tucholke, 1976; Barker, 1982; Larter y Barker, 1991). Dicha colisión es netamente diácrona, siendo tanto más joven cuanto más al norte nos situemos. La misma ha dado lugar a la formación de prismas de acreción, al “mid-shelf high” de la plataforma continental, a la fosa de subducción de las Shetland del Sur e, indirectamente, a la joven cuenca ensiálica expansiva del Estrecho de Bransfield (Barker, 1994). La geometría de la expansión y la subducción de pre-colisión parecen estar bien conservadas: la expansión era perpendicular al margen y la subducción iba quedando bloqueada paulatinamente después de la colisión de cada segmento de dorsal. Dicho bloqueo fue dejando tras de sí, en el fondo oceánico, un completo registro cronológico de la colisión. Las secuencias sedimentarias más antiguas en la plataforma externa y el talud registran el ascenso inicial ocurrido a raíz de la subducción de la dorsal, al que siguió una fase de subsidencia propia de un margen pasivo juvenil (Barker, 1994). El “mid-shelf high” es de origen estructural y probablemente estuvo por encima del nivel del mar durante la fase de ascenso o “uplift”. En la actualidad, separa las secuencias de la plataforma externa de las de una cuenca relativamente somera a lo largo de la plataforma interna-media.

Los resultados obtenidos en la ya citada campaña GEBRA '93, en la Cuenca de Bransfield, revelaron la conveniencia de profundizar en la investigación de la estructura de la subcuenca oriental de Bransfield y sectores próximos donde, eventualmente, podrían hallarse nuevos edificios volcánicos. Por otra parte, resta por investigar la posible continuidad hacia la Península Antártica de las trazas de las principales zonas de fractura de la antigua Placa de Drake, perpendiculares al margen.

La presencia de edificios volcánicos en el lecho marino podría prolongarse hacia el sur, al menos hasta las islas de Bravant y Anvers, según Le Mansurier y Thomson (1990), lo cual sugiere que la zona de extensión podría ser más amplia de lo que anteriormente se pensaba. El estudio de esta probable prolongación meridional de la expansión bransfieldiana es importante para contrastar la validez de las actuales interpretaciones que consideran bloqueado el proceso de subducción en la Fosa de las Shetland, y que lo asocian con la

obertura y el volcanismo de la propia Cuenca de Bransfield. Además, el análisis estructural de direcciones en la Cuenca de Bransfield ha permitido definir no sólo la dirección de extensión, SW-NE, sino también la importante presencia de una dirección transversal, NW-SE, plasmada en la orientación de algunas crestas volcánicas, y en desniveles del basamento y del propio lecho marino. Se cree probable que dicha dirección normal guarde relación con las zonas de fractura de la Placa de Drake, que tienen la misma orientación.

Los resultados de la campaña GEBRA '93 revelaron también la presencia de varias depresiones de forma romboidal, de más de 2.000 m de profundidad, en la subcuenca oriental de Bransfield, que reflejan la acomodación de los esfuerzos cizallantes de la Dorsal Sur de Scotia, de orientación E-W, con la distensión bransfieldiana, de dirección SW-NE. La extensión de la Cuenca de Bransfield es atribuida al "roll back" inducido por la subducción de la Placa de Drake debajo de la microplaca de las Shetland del Sur. No obstante, se desconocen las características morfológicas y estructurales del sector sur de dicha extensión, por lo que se propone su investigación. Señalemos en este sentido, que la microplaca de las Shetland del Sur aún no tiene identidad propia plena en tanto en cuanto el límite que la separaría de la Placa Antártica está en proceso de formación. Este límite corresponde precisamente a las alineaciones discontinuas de edificios y crestas volcánicas en la Cuenca de Bransfield, puesta a la luz con motivo de la campaña GEBRA '93.

Existe en estos momentos una notable malla de perfiles de sísmica de reflexión que cruzan la Cuenca de Bransfield. No obstante, en el margen pacífico de la Península Antártica, al sur de la Cuenca de Bransfield, si bien localmente hay densidades apreciables, la malla es sensiblemente menos densa, especialmente en perfiles de muy alta resolución (VHR). La mayoría de perfiles sísmicos en el área son de multicanal y por tanto su resolución es escasa y no permite dilucidar con suficiente detalle la estructura sedimentaria ni interpretar los procesos que la han conformado. Por ello se pretende efectuar la cobertura total mediante batimetría de multihaz y perfiles sísmicos de muy alta resolución (BPS) de sectores seleccionados. De este modo se conseguirá identificar con un detalle sin precedentes los elementos morfosedimentarios y estructurales resultantes de los procesos actuantes en el área de estudio, de índole glacio-marina, tectónica y volcánica.

El recubrimiento sedimentario de la plataforma externa y del talud de la Península Antártica está constituido por secuencias progradantes de origen glacial. La plataforma actual muestra el perfil típico de las plataformas continentales antárticas, con una sobreexcavación central y una plataforma o terraza externa inclinada hacia el continente. Por su parte, los datos sísmicos indican que las plataformas de hielo alcanzaron el borde de la plataforma continental en los máximos glaciales. Las fuentes de sedimento están cercanas y los volúmenes son elevados, por lo que los "foresets" de la plataforma externa proporcionan una sección expandida y los "topsets" están bien preservados por la subsidencia termal posterior a la fase de "uplift". En el caso de la joven Cuenca de Bransfield, la subsidencia diferencial es probablemente muy elevada debido a la combinación del rebote isostático post-glacial en las tierras adyacentes con el efecto de carga ejercido por los edificios volcánicos y los acúmulos sedimentarios, junto con un cierto grado de fusión cortical asociado con la subducción.

Basándose en la revisión de numerosos estudios sísmicos previos (King y Fader, 1986; Vorren et al., 1989; Stewart y Stoker, 1990; Stoker, 1990; King et al., 1991) de

depósitos glacio-marinos subpolares a templados, Banfield y Anderson (1994) señalan, por otra parte, que la complejidad de los ambientes glaciales requiere datos sísmicos con resoluciones verticales de, como mucho, 20-30 m, para poder visualizar correctamente las facies sísmicas. En su trabajo demuestran claramente la utilidad de los registros de HR y VHR para conocer en profundidad la complicada naturaleza de las facies sísmicas glaciales y, consecuentemente, para interpretar los ambientes deposicionales.

Dentro de este contexto, se profundizará en la investigación de los sistemas de progradación-agradación del margen continental de la Península Antártica mediante sísmica de HR y VHR, completando y extendiendo los trabajos ya efectuados en GEBRA '93.

Por otra parte, debe abordarse el estudio de las interacciones entre la abertura de la Cuenca de Bransfield y los episodios glaciales. Al ser una cuenca muy joven (4-2 Ma), la misma no existía cuando en el actual margen pacífico de las Shetland y de la Península Antártica, más al Sur, ya se estaba desarrollando una sedimentación glacio-marina. La correlación mediante perfiles de HR puede proporcionar datos de interés en un doble sentido: (a) edad de la Cuenca de Bransfield y situación cronoestratigráfica de los principales eventos climáticos y tectónicos en el registro sedimentario marino en un lapso de tiempo muy breve a escala geológica, y (b) su relación con la historia glacial y sedimentaria del resto del margen pacífico de la Península Antártica.

En este sentido, los estudios efectuados por el Grupo de de la Universidad de Rice (USA) ponen de manifiesto la existencia de una cuña sedimentaria en el margen pacífico de la Península, que contiene evidencias de una transición desde condiciones no glaciales a condiciones glaciales ocurrida en el Mioceno Medio (Bart y Anderson, 1994). Desde entonces se ha producido una sucesión de cambios muy dinámicos en los volúmenes de hielo en la región, tal y como lo muestra la existencia de hasta 31 discontinuidades de origen glacial en los perfiles de HR del Grupo de Rice (Bart y Anderson, 1994). De hecho, una gran parte de nuestro conocimiento de la criosfera antártica procede de los estudios de perfiles sísmicos, muestras y sondeos en los márgenes continentales y en las cuencas marinas que rodean el continente, más que del propio continente en sí, debido a la escasez de afloramientos en el mismo y a que es en el lecho marino donde se acumulan los materiales arrastrados desde tierra por las corrientes ("ice streams") y plataformas de hielo fluctuantes (Cooper y Webb, 1994; Webb, 1990; Kennett y Barron, 1992). No hay duda de que el registro sedimentario marino alrededor de la Antártida depende de manera crucial de la historia del casquete de hielo antártico, por lo que los sedimentos contienen información esencial acerca de dicha historia (Bentley, 1994). Ten Brink (1994) ha señalado, por su parte, la sorprendente similitud entre las secciones estratigráficas de la Península Antártica, del Mar de Weddell, del Mar de Ross, de la Tierra de Wilkes y de la Bahía de Prydz, hecho que indicaría que el efecto combinado de la erosión de la plataforma interna por los hielos varados ("grounded") y la acumulación en la plataforma externa-talud predominarían sobre la subsidencia tectónica. No obstante, opinamos que en áreas con geodinámica compleja y activa en los últimos 4 Ma, el control sobre el desarrollo de las secuencias sedimentarias en el "offshore" debe tener una componente tectónica local significativa (Canals et al., 1994). Puesto que esta es la situación del extremo norte de la Península Antártica y de la Cuenca de Bransfield, se requiere progresar en la investigación sismoestratigráfica de la región introduciendo claramente en ella una componente geodinámica.

## Biología

En el VI Simposio Español de Estudios Antárticos, celebrado en Miraflores de la Sierra en Septiembre de 1996, el IP del proyecto ANT95-0889-C02-01, en cuyo marco estaba previsto se efectuase la campaña GEBRAP 96/97, invitó a participar en la misma a algún miembro del proyecto BENTART (ref. ANT94-1161/E), en el seno del cuál se habían efectuado las campañas BENTART 94 y BENTART 95 a bordo del BIO Hespérides. El motivo de tal invitación era el aprovechamiento de los organismos bentónicos que con toda probabilidad acompañarían a las muestras geológicas que estaba previsto obtener mediante dragas de arrastre en los volcanes submarinos de la Cuenca de Bransfield. Aceptado dicho ofrecimiento por parte de los investigadores de BENTART y en particular de su IP, la Dra. Ana Ramos, del IEO en Fuengirola, se acordó la participación en GEBRAP 96/97 del Dr. Francisco Ramil, especialista en bentos de la Universidad de Vigo. Oportunamente, se solicitó una financiación a la CICYT en forma de Acción Especial, que permitiese cubrir los gastos de participación del Dr. Ramil en GEBRAP 96/97. Se acordó, asimismo, que el grupo BENTART aportaría dragas de arrastre, que se sumarían a las ya aportadas por GEBRAP.

La campaña BENTART 95 (12.01-07.02.95), desarrollada al sur de las islas de Livingston y Decepción, en la Cuenca de Bransfield, constituye, por tanto, el antecedente más cercano a la componente bentónica de GEBRAP 96/97 (Ramos, 1995). El objetivo de BENTART 95 era la ampliación de los conocimientos sobre el ecosistema bentónico antártico, integrando los distintos compartimentos bentónicos con los parámetros medioambientales. La actividad fundamental de dicha campaña consistió en la observación (mediante ROV), muestreo y cuantificación del bentos infaunal y el epibentos, con atención especial al suprabentos, la meiofauna y la ictiofauna demersal. Su ámbito batimétrico se extendió entre 35 y 1000 m de profundidad.

Los estudios sobre bentos en el área de las Shetland del Sur se han centrado principalmente en las comunidades de fondos blandos de escasa profundidad, en particular en las bahías de Decepción y Greenwich, con atención especial a la repoblación de Decepción posterior a las erupciones volcánicas propias de la isla (Gallardo, 1983 y 1992; Gallardo y Castillo, 1969; Gallardo et al., 1977; Lowry, 1975; Retamal, 1981; Retamal et al., 1982; Zamorano, 1983; Rey y Ramos, 1993). Otros estudios se refieren a las zonas sublitorales y de plataforma continental interna de las islas de Rey Jorge y Livingston (Delaca y Lipps, 1976; Wagele y Brito, 1990; Presler, 1986; Olaso, 1994). Muhlenhardt-Siegel (1988 y 1989) realizó algunos dragados en la Cuenca de Bransfield propiamente dicha con el fin de cuantificar el macrozoobentos. La campaña española ANTARTIDA 8611 recogió material bentónico en las Shetland del Sur, sobretudo en el sector norte (Balguerías, 1989). De hecho, el actual equipo de bentólogos antárticos españoles se constituyó en torno al estudio de los materiales recolectados en tal campaña.

De lo anterior se desprende que las comunidades bentónicas profundas de la Cuenca de Bransfield, más allá de la plataforma continental, permanecen esencialmente desconocidas y, en particular, las comunidades asociadas a los edificios volcánicos revelados por la campaña GEBRA '93. Ese desconocimiento es, por otra parte, general en el ámbito antártico (Arnaud, 1992; Arntz et al., 1994).



## ACTIVIDADES REALIZADAS

La campaña GEBRAP 96/97 se desarrolló a bordo del BIO Hespérides entre los días 03.12.96 y 06.01.97. Las tareas a bordo se distribuyeron en seis zonas (Fig. 2) : (1) Margen continental distal de la Península Antártica, en el Mar de Bellinghausen septentrional; (2) Plataforma continental de las islas de Bravant y Anvers, y Estrecho de Gerlache; (3) Subcuenca occidental de Bransfield, incluyendo la plataforma continental entre las islas de Livingston y Decepción; (4) Margen pacífico de la Península Antártica, en la subcuenca central de Bransfield; (5) Plataforma meridional de la isla de Rey Jorge, en la Cuenca de Bransfield; (6) Edificios volcánicos de la subcuenca central de Bransfield.

Los trabajos se organizaron según prioridades científicas, operatividad del instrumental necesario, disponibilidad de tiempo, y estado de la mar, con los pertinentes ajustes a bordo a medida que se iban obteniendo resultados. La Tabla 1 resume la naturaleza de los trabajos llevados a cabo en cada zona.

Actividades	Zonas					
	1	2	3	4	5	6
Mosaicos del fondo con sondas de multihaz	+	+	+	+	+	
Perfilaje sísmico con BPS (VHR)	+	+	+	+	+	
Perfilaje sísmico con cañones (HR)				+	+	
Gravimetría	+	+	+	+	+	+
Magnetometría		+	+			
Muestreo rocas volcanes submarinos						+
Muestreo bentos volcanes submarinos						+
Toma de testigos de sedimento	+					
Estimación biomasa krill	+	+	+	+	+	+

Tabla 1. Resumen de las actividades llevadas a cabo (+) a bordo del BIO Hespérides durante la campaña GEBRAP 96/97.

## DATOS OBTENIDOS

En este apartado se presenta, de forma resumida y cuantificada, el conjunto de datos obtenidos con las distintas tecnologías empleadas en las diversas zonas investigadas.

### Navegación

- *Zonas 1 + 2* (margen continental distal de la Península Antártica, en el Mar de Bellinghausen septentrional + plataforma de las islas de Bravant y Anvers, y Estrecho de Gerlache) (Fig. 2): 10.447 Km navegados y 49.919 Km<sup>2</sup> recubiertos.
- *Zona 3* (subcuenca occidental de Bransfield, incluyendo la plataforma continental entre las islas de Livingston y Decepción): 1.240 Km navegados y 2.680 Km<sup>2</sup> recubiertos.
- *Zona 4* (margen pacífico de la Península Antártica, en la subcuenca central de Bransfield): 1.600 Km navegados y 3.500 Km<sup>2</sup> recubiertos.
- *Zona 5* (plataforma meridional de la isla de Rey Jorge): 305 Km navegados y 500 Km<sup>2</sup> recubiertos.

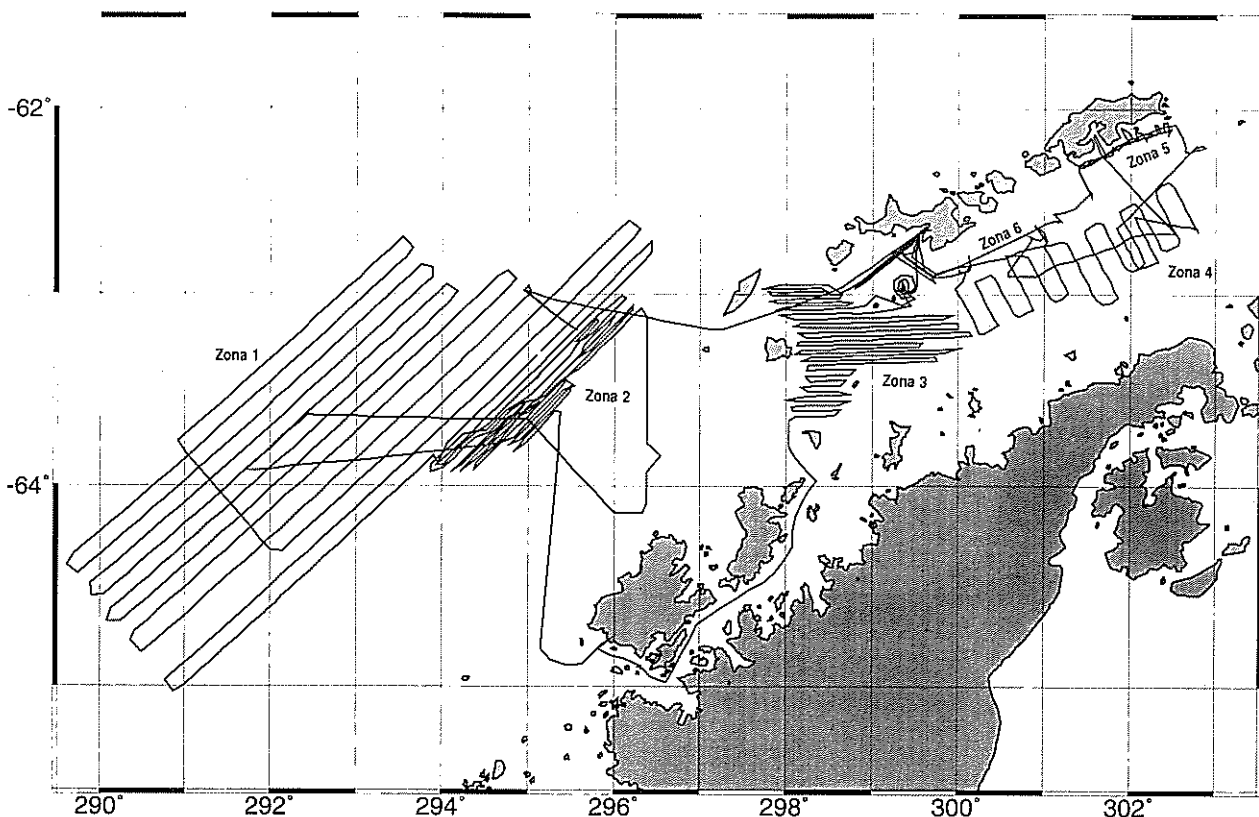


Figura 2. Situación de las zonas de trabajo de la campaña GEBRAP 96/97, y líneas de navegación efectuadas en el Mar de Bellinghousen septentrional (zonas 1 y 2), el Estrecho de Gerlache (línea única entre las grandes islas de Bravant y Anvers, al norte, y la Península Antártica, al sur, entre las longitudes 296W y 298,5E), la subcuenca oriental de Bransfield (zona 3), y el margen pacífico de la Península Antártica (zona 4), la plataforma meridional de la isla de Rey Jorge (zona 5), y los edificios volcánicos (zona 6) en la subcuenca central de Bransfield.

### Sondas de multihaz EM-12S y EM-1000

Se han obtenido un total de 32.000.000 datos de multihaz (batimetría + sidescan) aproximadamente, ocupando 5 Gb de información. Su distribución por zonas es la siguiente: 7.824.602 datos de multihaz en las zonas 1 y 2, 6.486.416 datos de multihaz en la zona 3, 10.457.988 datos de multihaz en la zona 4 y 5.228.994 datos de multihaz en la zona 5.

**Sonda paramétrica BPS:** 40 Gb de información.

**Sísmica de reflexión:** 429,89 Mb de información.

**Magnetometría:** 160.000 datos.

**Sonda EK 500:** 200 Mb de información.

### Parámetros de adquisición continua

Han representado un total de 74 Mb de información, repartidos de la siguiente forma: 1.036.576 datos de posicionamiento, 280.000 datos de meteorología, 500.000 datos de gravimetría y 250.000 datos de termosalinógrafo.

En la Zona 6 (edificios volcánicos de la subcuenca central de Bransfield) se extrajeron 9 dragas de arrastre con muestras de rocas, sedimentos y organismos bentónicos (Fig. 3). Los datos de multihaz adquiridos durante las operaciones de dragado no se contabilizan puesto que los mismos ya habían sido adquiridos en la campaña previa GEBRA '93.

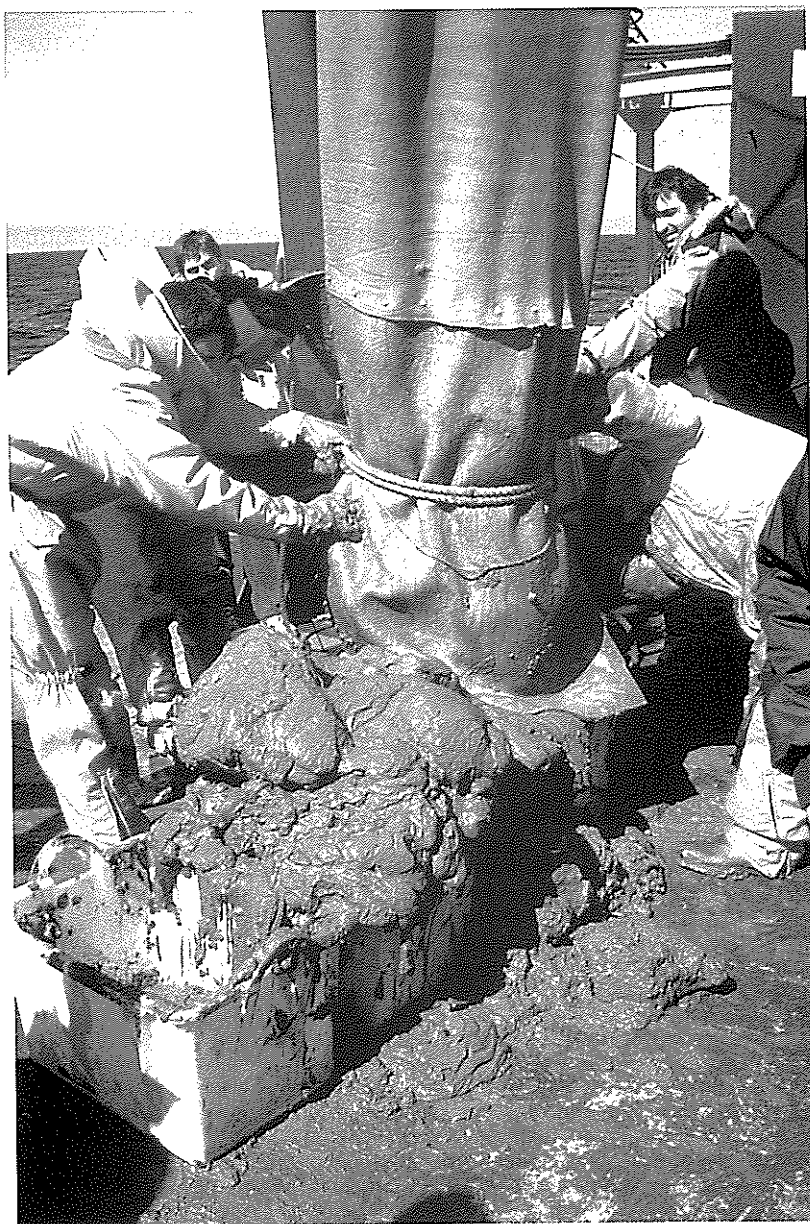


Figura 3. Vaciado de toneladas de barro, rocas y organismos bentónicos recuperados en una de los dragados de arrastre efectuados en los volcanes submarinos de la Cuenca de Bransfield.

## RESULTADOS PRINCIPALES

Se presentan en este apartado los principales resultados, de carácter forzosamente preliminar, acerca de cada una de las zonas prospectadas e investigaciones llevadas a cabo, en el bien entendido de que a éstos se les añadirán nuevos resultados a medida que

progresen el análisis y la interpretación de los datos y muestras obtenidos en la campaña GEBRAP 96/97.

I- El margen continental distal de la Península Antártica, en el Mar de Bellingshausen septentrional, está caracterizado por una talud extremadamente abrupto al pie del cual (a partir de 2800 m de profundidad) se desarrollan sistemas dendríticos de cañones submarinos que convergen hasta formar amplios valles de fondo plano. Los interfluvios consisten en montículos sedimentarios en los que alternan facies estratificadas de origen hemipelágico y facies transparentes atribuidas a deslizamientos peliculares. En el sector nor-oriental de la zona se ha identificado un probable gran edificio volcánico ubicado sobre el talud superior y el borde de plataforma, en general más somero que la plataforma media e interna. La Fosa de las Shetland del Sur queda truncada bruscamente en el extremo septentrional de la zona, a 4.500 m de profundidad, donde se observan dos familias de direcciones estructurales conjugadas.

II- La plataforma continental de las islas de Bravant y Anvers se caracteriza por un recubrimiento sedimentario glacio-marino de distribución irregular y espesor reducido. Presenta, además, numerosas cicatrices producidas por el arado de los «icebergs» en movimiento sobre el fondo.

III- El Estrecho de Gerlache tiene, a lo largo de su eje, un relieve muy accidentado, alcanzándose los 1.300 m de profundidad en su boca oriental. Únicamente se han observado recubrimientos sedimentarios en dos zonas: (a) en las bocas de los canales tributarios de Neumayer y Schollaert, donde hay un lomo sedimentario de 7.500 m de largo por 200 ms de potencia, probablemente producido por la acción de corrientes de fondo, y (b) en el Paso de Crocker, donde se desarrolla un potente paquete de facies transparentes, estratificadas y caóticas atribuidas a deslizamientos, decantación y acumulación de tilles glaciares.

IV- La subcuenca occidental de Bransfield presenta una complejidad estructural extraordinaria. En ella se han identificado un «plateau» en buena medida de naturaleza volcánica, sobre el que se asienta la isla de Decepción; una probable faja de desgarre («el Haz») conectada con la zona de fractura de Hero y que interrumpe las estructuras de dirección bransfieldiana; y dos profundas cubetas situados a ambos lados del Haz, una de dirección bransfieldiana (NE-SW) al este, y la otra («Cubeta del Higo», donde se alcanza la profundidad máxima de la subcuenca, 1400 m) con un eje principal paralelo a la dirección del Haz (NNW-SSE). Entre otros elementos cabe destacar una depresión de vertientes muy abruptas y 450 m de profundidad que se abre en el citado «plateau» de Decepción.

V- El margen pacífico de la Península Antártica, en la subcuenca central de Bransfield, presenta una gran variabilidad lateral en cuanto al carácter agradante o progradante de las unidades sismoestratigráficas que lo constituyen. La plataforma continental, de perfil sinuoso, presenta una serie de elevaciones, en las que ocasionalmente aflora el basamento sedimentario, entre las que se desarrollan canales de excavación glacial que desembocan frente a los lóbulos progradantes del talud superior. Localmente (cabecera del Valle Gebra), se han hallado evidencias de deslizamientos submarinos masivos.

VI- La plataforma meridional interna de la isla de Rey Jorge está dominada por afloramientos del basamento sedimentario y/o volcánico. La sedimentación subreciente halla

su máxima expresión en el fiordo de Bahía Almirantazgo, donde se alcanzan 75 ms de facies estratificadas y, en menor medida, transparentes. En posiciones más alejadas de la línea de costa, a más de 300 m de profundidad, el recubrimiento sedimentario deviene lateralmente continuo.

VII- Los dragados en los edificios volcánicos de la subcuenca central de Bransfield parecen apoyar, según todos los indicios, interpretaciones previas del GRC de Geociencias Marinas de la Universidad de Barcelona, en cuanto a las edades relativas de los distintos elementos que los constituyen, con antiguos conos volcánicos partidos y separados por crestas neovolcánicas más jóvenes. En varios sectores de los edificios volcánicos, y especialmente en los que se creían más jóvenes, se han dragado lavas almohadiladas y cordadas de aspecto fresco. Destaca también la abundancia de «ice rafted debris» recuperados, sobre todo en los elementos morfológicos de presunta mayor edad relativa. Los dragados han aportado también una extraordinaria variedad de fauna bentónica, habiéndose recolectado casi 7.000 ejemplares pertenecientes a 35 taxones distintos. Las diferencias en la riqueza y composición de las comunidades bentónicas de un edificio volcánico a otros son evidentes, abriéndose así una interesante vía para la interpretación de las interrelaciones entre los factores geológicos y la respuesta biológica a los mismos en ambientes tan peculiares.

VIII- La distribución del krill sigue pautas completamente diferentes de una a otra de las áreas investigadas. Las mayores abundancias están asociadas a los bordes de las plataformas continentales y a los frentes entre masas de agua con distintas características.

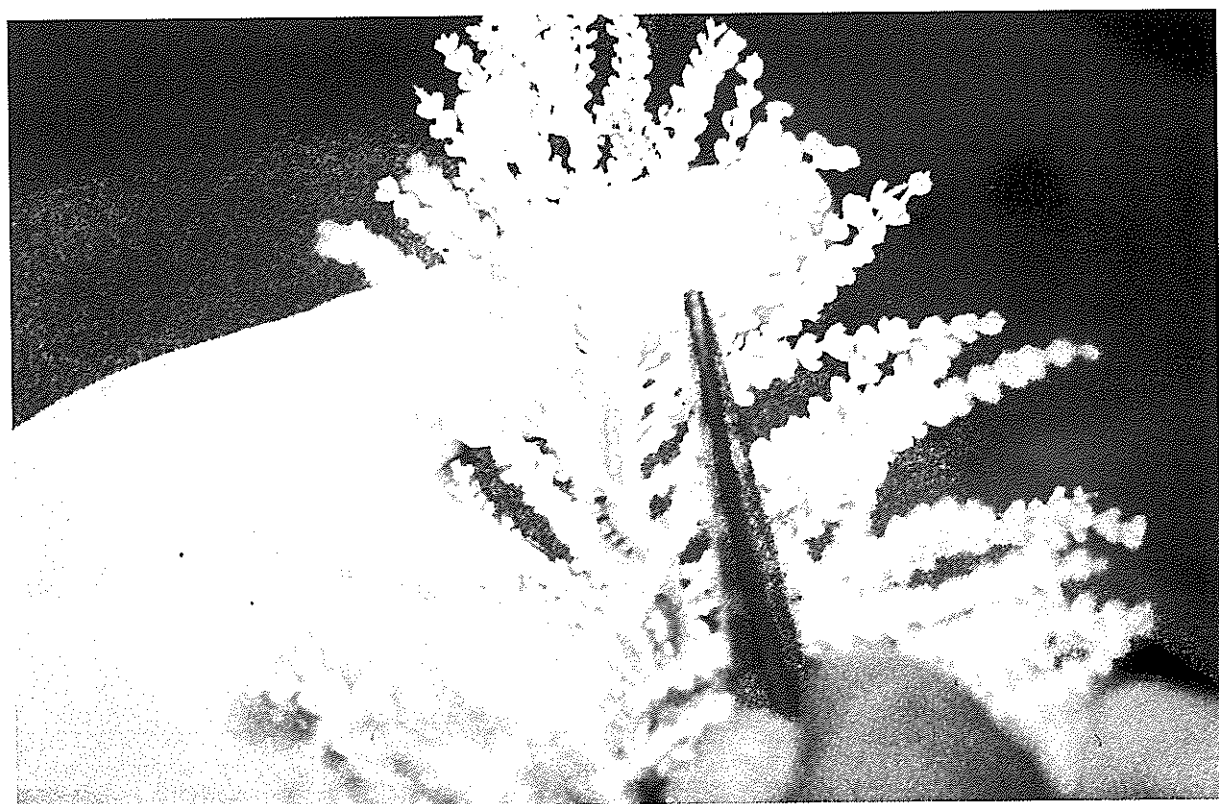


Figura 4. (a) Antozoo octacoralino perteneciente a la familia Primnoide (Gorgonaria) con gusano poliqueto simbiote.

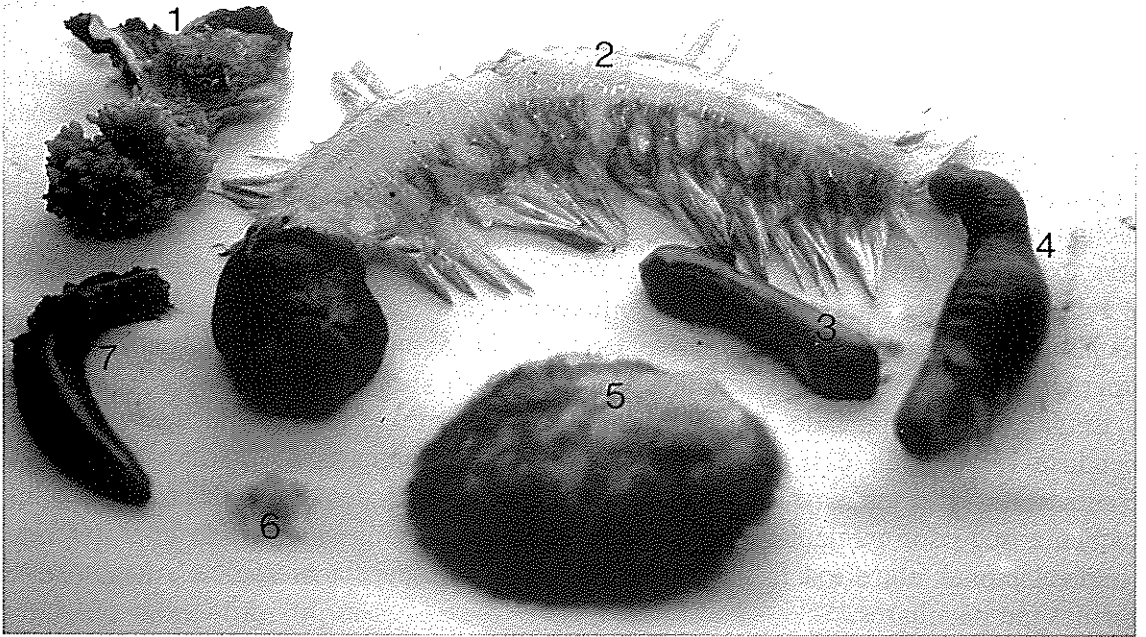


Figura 4. (b)



Figura 4. Organismos bentónicas recuperados durante los dragados en los volcanessubmarinos de la subcuenca central de Bransfield. (b) 1, Antozoo octacoralario; 2, Poliqueto (g. *Alexandrium*) con la faringe evaginada; 3, Equiuroideo; 4, Equinodermo (holoturia); 5, Bivalvo; 6, Equinodermo (estrella de mar); 7, Equinodermo (holoturia). (c) 1 y 3, Crustaceos decápodos; 3, Picnogónido; 4 y 5, Crustaceos anfípodos.



## Agradecimientos

El personal científico y técnico participante en la campaña GEBRAP 96/97 desea expresar su agradecimiento al Comandante, oficiales y tripulación del BIO Hespérides por la colaboración prestada en la realización de las distintas tareas y por la cordialidad con que nos acogieron durante nuestra estancia a bordo (Fig. 5). Deseamos, asimismo, expresar nuestro agradecimiento a J.I. Díaz, por sus desvelos como responsable de la UGBO y del mantenimiento de los equipos científicos del buque y, de modo muy especial, por mantener un continuo contacto con nosotros durante la campaña. Finalmente, agradecemos el apoyo y la financiación recibida de la CICYT, a través de la Comisión de Gestión del BIO. Hespérides y del Programa Nacional de Investigación en la Antártida.

## Participantes

Miquel Canals (Jefe de Campaña), Antoni Miquel Calafat, Jordi Sorribas, Bárbara Rodríguez y Roger Alibés, Isabel Cacho, José Luis Casamor, Joan Fabrés, Maria José Prieto, Miguel Angel Urgelés<sup>1</sup>  
Marcellí Farran y Ferran Estrada<sup>2</sup>  
Francisco Ramil<sup>3</sup>  
Marc De Batist y Tom Van Cauwenberghe<sup>4</sup>  
Javier Prades, Pedro Jornet, Carles Mir y Raimon Forcada<sup>5</sup>  
Michael Broadhurst<sup>6</sup>



Figura 5. Científicos, técnicos y tripulación del BIO Hespérides en la campaña GEBRAP 96/97.

<sup>1</sup> Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología. UB

<sup>2</sup> Departamento de Geología Marina y Oceanografía Física. ICM. CSIC.

<sup>3</sup> Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad de Vigo

<sup>4</sup> Renard Centre of Marine Geology. Universidad de Gante

<sup>5</sup> Unidad de Gestión de Buques Oceanográficos. ICM. CSIC.

<sup>6</sup> Addison&Baxter Ltd.

## Referencias

### Geología y geofísica

- Banfield, L.A. y Anderson, J.B. (1994).- Seismic facies investigation of the Late Cenozoic Glacial History of Bransfield Basin, Antarctica; *Terra Antarct.*, 1(2): 285-286.
- Barker, P. F. (1982).- The Cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: ridge crest-trench interactions; *J. Geol. Soc. London*, 139, 787-801.
- Barker, P.F. (1994).- The Antarctic Peninsula Region: Tectonic and sedimentary environments; *Terra Ant.*, 1(2): 259-262.
- Bart, P.J. y Anderson, J.B. (1994).- Glacial history of the Antarctic Peninsula continental shelf; *Terra Antarct.*, 1(2): 263-264.
- Bentley, C.R. (1994).- Sedimentation by the Antarctic Ice Sheet from a glaciological perspective; *Terra Ant.*, 1(2): 249-250.
- Canals, M., De Batist, M., Baraza, J., Acosta, J. and the GEBRA Team (1994).- New reflection seismic data from Bransfield Strait: Preliminary results of the GEBRA-93 survey; *Terra Ant.*, 1(2): 291-292.
- Cooper, A.K. y Webb, P.N. (1994).- The ANTOSTRAT Project: An international effort to investigate Cenozoic Antarctic glacial history, climates, and sea-level changes; *Terra Ant.*, 1(2): 239-242.
- Gracia, E. Canals, M., Farrán, M., Prieto, M.J., Sorribas, J. and the GEBRA Team (1996).- Morphostructure and evolution of the Central and Eastern Bransfield Basins (NW Antarctica); *Mar. Geoph. Res.*, 18: 429-448.
- Gracia, E., Canals, M., Farrán, Sorribas, J. y Pallás, R. (1997).- The Central and Eastern Bransfield basins from high resolution swath bathymetric data; *Ant. Sc.* (in press).
- Herron, E. M. y Tucholke, B. E. I. (1976).- Seafloor magnetic patterns and basement structure in the Southeastern Pacific. In: C.D. Hollister et al. (Ed.), *DSDP Rep.*, 263-278.
- Kennett, J.P. y Barron, J.A. (1992).- Introduction, en Kennett, J.P. y Warnke, D.A. (Eds.): *The Antarctic Palaeoenvironments: A Perspective on Global Change (Part One)*, AGU, Washington DC, 56: 1-6.
- King, L.H. y Fader, G.B.J. (1986).- Wisconsinian glaciation of the Atlantic continental shelf of Southeast Canada; *Canadian Government Publishing Centre*.
- King, L.H., Rokoengen, K., Fader, G.B.J. y Gunleiksrud, T. (1991).- Till-tongue stratigraphy. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 103: 637-659.
- Larter, R. D. y Barker, P. F. (1991).- Neogene interaction of tectonic and glacial processes at the Pacific margin of the antarctic Peninsula. *Sp. Publ. IAS*, 12: 165-186.
- Le Mansurier, W.E. y Thomson, J.W. (1990).- Volcanoes of the Antarctic Plate and Southern Oceans; *Ant. Res. Ser.*, v. 48.
- Prieto, M.J. (1996).- Estratigrafía Sísmica y evolución geodinámica de la Cuenca Central de Bransfield (Antártida Occidental); Tesis Lic., Univ. Barcelona, 151 p.
- Stewart, F.S. and Stoker, M.S. (1990).- Problems associated with seismic facies analysis of diamicton-dominated, shelf glacial sequences. *Geo-Mar. Lett.*, 10: 151-156.
- Stoker, M.S. (1990).- Glacially-influenced sedimentation on the Hebridean slope, northwestern United Kingdom continental margin. In: Dowdeswell, J.A. y Scourse, J.D. (eds.). *Glacimarine environments, processes and sediments*, *Geol. Soc. of London*, 349-362.
- Ten Brink, U. (1994).- Tectonic subsidence and the stratigraphy of the Antarctic continental margins and intracontinental basins. *Terra Ant.*, 1(2): 255-257.
- Vorren, T.O., Lebesbye, E., Andreassen, K. y Larsen, K.B. (1989).- Glacigenic sediments on passive continental margin as exemplified by the Barents Sea. *Mar. Geol.*, 85: 251-272.
- Webb, P.M. (1990).- The Cenozoic history of Antarctica and its global impact; *Antarctic Sc.*, 2(1): 3-21.

### Biología

- Arnaud, P.M. (1992).- The state of the art in Antarctic benthic research. In V.A. Gallardo, O. Ferretti y H.I. Moyano (eds.): *Oceanografía en Antártica*; ENEA, Proy. Antártica, Italia; p. 341-345.
- Arntz, W.E., Brey, T. y Gallardo, V.A. (1994).- Antarctic zoobenthos. In A.D. Ansell, R.N. Gibson y M. Bornes (eds.): *Oceanography and Marine Biology. An annual review*, 32: 241-304; UCL Press.
- Balguerías, E. (1989).- Biología pesquera; In Informe de resultados "ANTARTIDA"; *Publ. Esp. Inst. Esp. Oceanogr.*, 2: 267-484.
- Delaca, T.E. y Lipps, J.H. (1976).- Shallow water marine associations, Antarctic Peninsula; *Ant. J. U.S.*, 11: 12-20.



- Gallardo, V.A. (1983).- Benthic macroinfauna of Antarctic sub-littoral soft bottoms; In S.Z. El Sayed y A.P. Tomo (eds.): Biological investigations of marine Antarctic systems and stocks (BIOMASS); *Ant. Aq. Biol.*, 7: 73-86.
- Gallardo, V.A. (1992).- Estudios bentónicos en bahías someras antárticas del archipiélago de las Islas Shetland del Sur; In V.A. Gallardo, O. Ferrretti y H.I. Moyano (eds.): *Oceanografía en Antártica*; ENEA, Proy. Antártica, Italia; p. 383-393.
- Gallardo, V.A. y Castillo, J.C. (1969).- Quantitative benthic survey of the infauna of Chile Bay (Greenwich Island, South Shetland Islands); *Gayana Zool.*, 16: 3-17.
- Gallardo, V.A., Castillo, J.G., Retamal, M.A., Yáñez, A., Moyano, H.I. y Hermosilla, J.G. (1977).- Quantitative studies on the soft-bottom macrobenthic animal communities of shallow Antarctic bays; In G.A. Llano (ed.): *Adaptations within Antarctic ecosystems*; Proc. 3rd SCAR Symp. *Antarct. Biol.*, Smith. Inst., Washington DC, p. 361-387.
- Lowry, J.K. (1975).- Soft bottom macrobenthic community of Arthur Harbor, Antarctica; *Ant. Res. Ser.*, 23: 1-19.
- Muhlenhardt-Siegel, U. (1988).- Some results on quantitative investigations of macrozoobenthos in the Scotia Arc (Antarctica); *Pol. Biol.*, 8: 241-248.
- Muhlenhardt-Siegel, U. (1989).- Quantitative investigations of Antarctic zoobenthos communities in winter (May/June) 1986 with special reference to the sediment structure; *Arch. Fisch. Wiss.*, 39 (1): 123-141.
- Olaso, I. (1994).- Informe de la campaña BENTART 94; *Inst. Esp. Ocean.*, Madrid (no publ.).
- Presler, P. (1986).- *Necrophagus* invertebrates of the Admiralty Bay of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica); *Pol. Res. Ser.*, 7(1-2): 25-61.
- Ramos, A. (1995).- Informe de la campaña BENTART 95; *Inst. Esp. Ocean.*, Fuengirola (no publ.).
- Retamal, M.A. (1981).- Consecuencia en la biota bentónica de las erupciones volcánicas en la Isla Decepción y su comparación con Bahía Chile (South Shetland Islands, Antarctica); *Bol. Inst. Ant. Chil.*, 1(2): 15-17.
- Retamal, M.A., Quintana, R. y Neira, F. (1982).- Análisis cuali y cuantitativo de las comunidades bentónicas en Bahía Foster (Isla Decepción). XXXV Exp. Ant. Chil. Enero 1981; *Publ. Inst. Ant. Chil.*, Ser. Cient., 29: 5-15.
- Rey, J. y Ramos, A. (1993).- Estudios bentónicos en Isla Decepción (Shetland del Sur, Antártida) (no publ.).
- Wagele, J.W. y Brito, T.A.S. (1990).- Die sublitorale Fauna der maritimen Antarktis. Erste Unterwasserbeobachtungen in der Admiraltätsbucht; *Natur und Museum*, 120 (9): 269-282.
- Zamorano, J.H. (1983).- Zonación y biomasa de la macrofauna bentónica en Bahía South, archipiélago de Palmer, Antártica; *Publ. Inst. Ant. Chil.*, Ser. Cient., 30: 27-38.