

DINÁMICA OCEANOGRÁFICA Y ECOSISTEMA
PLANCTÓNICO EN LA ZONA ORIENTAL DEL
ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ÁREAS ADYA-
CENTES (ANT93-0997)

INFORME DE LA CAMPAÑA ECOANTAR 94

DINÁMICA OCEANOGRÁFICA Y ECOSISTEMA PLANCTÓNICO EN LA ZONA ORIENTAL DEL ESTRECHO DE BRANSFIELD Y ÁREAS ADYACENTES (ANT93-0997)

INFORME DE LA CAMPAÑA ECOANTAR 94

1.- INTRODUCCIÓN

La campaña ECOANTAR 94 ha abarcado una serie de objetivos centrados, por una parte, en la caracterización de la circulación marina y el funcionamiento del ecosistema planctónico en la parte oriental del Estrecho de Bransfield y áreas adyacentes (área principal de estudio) y, por otra, en el estudio de la estructura y diversidad de las comunidades bacterianas y zooplanctónicas en las principales masas de agua que se encuentran entre el Estrecho de Drake y la Península Antártica.

El área principal de estudio (Fig. 1) se caracteriza por una gran complejidad hidrográfica (Patterson y Sievers, 1980). Una característica importante es la presencia, al N de las Islas Shetland del Sur, de la zona de Confluencia Weddell-Escocia, entre las aguas del Estrecho de Drake-Mar de Escocia que circulan hacia el Este con la Corriente Circumpolar, y aguas del Mar de Weddell, cuya circulación, en esa cuenca, es en sentido horario. Al Sur de las Islas Shetland, las aguas del Estrecho de Bransfield fluyen hacia el noroeste.

Con posterioridad al trabajo pionero de Clowes (1934), y muy especialmente durante la década de los 80, en el ámbito de las campañas FIBEX y SIBEX del programa BIOMASS y de las del proyecto RACER, varios autores han investigado la circulación regional a gran escala (e. g. Grelowski y Tokarczyk, 1985; Niiler *et al.*, 1991). Los resultados publicados dan una idea aproximada de la circulación geostrofica en las cuencas occidental y central del Estrecho de Bransfield. Las campañas BRANSFIELD 9112 y BIOANTAR93, desarrolladas en el marco del Plan Español de I+D, aportan nuevos datos acerca de la circulación en esos mismos ámbitos, a escalas de espacio y de tiempo no contempladas en los anteriores estudios. Por el contrario, la física de la cuenca oriental del Estrecho de Bransfield y de la plataforma continental de la Península Antártica es mucho menos conocida.

Otros aspectos importantes, tanto desde el punto de vista físico-químico como biológico, son la proximidad de la zona marginal del hielo, que, mediado el verano, sigue una línea de dirección aproximadamente Noroeste desde el extremo de la Península Antártica y los efectos debidos a la proximidad de las costas de la Península y de las Islas Shetland. Durante la primavera y el verano antárticos, la fusión de hielo marino produce agua de baja salinidad que estabiliza las capas superficiales y permite la acumulación de importantes concentraciones de fitoplancton (Smith y Nelson, 1985; Fryxell y Kendrick, 1988). Este efecto queda probablemente limitado al período de retirada del hielo, pero podría ser muy importante en el conjunto de la producción primaria del ecosistema marino antártico. Se ha sugerido también que las algas desprendidas al fundirse el hielo podrían representar una parte significativa del inóculo de las proliferaciones de fitoplancton en aguas libres, aunque esta cuestión no está del todo aclarada (El-Sayed y Taguchi, 1981). Los posibles efectos de la proximidad a la costa incluyen cambios en la circulación marina, en la profundidad vertical de mezcla o en la disponibilidad de micronutrientes como el Fe (Martin *et al.*, 1990). El resultado es que, en general, las zonas neríticas de la Península e islas antárticas presentan elevadas

concentraciones de fitoplancton, por lo que tienen una gran importancia en el conjunto del ecosistema antártico.

De manera simplificada, se distinguen dos vías de transferencia de biomasa y energía hacia los productores secundarios: directamente, a través del mesozooplancton herbívoro, o a través de la red trófica microbiana. La existencia de estas dos vías tiene importantes consecuencias en relación con las transferencias de carbono en el ecosistema pelágico y con su posible papel como sumidero de CO₂. La predominancia de una u otra vía estaría relacionada con condiciones ambientales tales como la frecuencia de perturbaciones que originan pulsos de producción. En el ecosistema marino antártico, se conocen poco los factores que determinan el papel relativo de las vías de transferencia clásica o de la red microbiana. Se ha sugerido (Tréguer y Jacques, 1992) que podrían definirse diferentes subsistemas del Océano Antártico en los que estas dos vías tendrían típicamente importancias distintas. En particular, quedaría por aclarar la importancia de la red trófica microbiana en las zonas de mar abierto con abundante presencia de diatomeas.

1.1. REFERENCIAS

CLOWES, A.J.- 1934. Hydrology of the Bransfield Strait. Discovery Reports, 9: 1-64.

EL-SAYED, S. Z., TAGUCHI, S. 1981. Primary production and standing crop of phytoplankton along the ice-edge in the Weddell Sea. Deep-Sea Res., 28A: 1017-1032.

FRYXELL, G. A., KENDRICK, G. A. 1988. Austral spring microalgae across the Wedell Sea ice edge: spatial relationships found along a northward transect during AMERIEZ 83. Deep-Sea Res., 35: 1-20.

GRELOWSKI, A. and TOKARCZYK, R.- 1985. Hydrological conditions in the region of Bransfield Strait and southern part of the Drake Passage in the period from December 10, 1983 and January 8, 1984 (BIOMASS-SIBEX). Polish Polar Research, 6 (1-2): 31-41.

MARTIN, J. H., GORDON, R. M., FITZWATER, S. E. 1990. Iron in Antarctic waters. Nature, 345: 156-158.

NIILER, P.P., AMOS, A. and HU, J.-H.- 1991. Water masses and 200 m relative geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region. Deep-Sea Research, vol. 38, no. 8/9A: 943-959.

PATTERSON, S. L., SIEVERS, H. A. 1980. The Weddell-Scotia confluence. J. Phys. Oceanogr., 10: 1584-1610.

SMITH, W. O., NELSON, D. M. 1985. Phytoplankton bloom produced by a receding edge in the Ross Sea: Spatial coherence with the density field. Science, 227: 163-166.

TRÉGUER, P., JACQUES, G. 1992. Dynamics of nutrients and phytoplankton and cycles of biogenic elements in the Antarctic Ocean. A review. Polar Biol., 12: 149-162.

2. OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA ECOANTAR 94

- 1.- Caracterización de la circulación y propagación de oscilaciones en la cuenca oriental del estrecho de Bransfield y áreas adyacentes.
- 2.- Caracterización de la estructura y principales interacciones tróficas en las comunidades planctónicas del área de estudio. Relaciones entre la variabilidad biológica y las condiciones hidrográficas.
- 3.- Estudio de la estructura y diversidad de las comunidades microbianas y zooplanctónicas en los diferentes subsistemas hidrográficos que se encuentran entre el Estrecho de Drake y la Península Antártica.

3. PLAN DE CAMPAÑA

La campaña ECOANTAR 94, realizada a bordo del BIO "Hespérides", se desarrolló entre los días 1 de enero y 4 de febrero de 1994, en aguas del Paso Drake y de las cuencas central y oriental del Estrecho de Bransfield.

El plan de la campaña incluyó:

- 1.- Un transecto de 7 estaciones en el trayecto entre Ushuaia y la Península antártica (Tabla 1).
- 2.- Una red de estaciones en la cuenca oriental del estrecho de Bransfield (Figs. 1-2), con la siguiente distribución:
 - 8 estaciones en dos transectos desde el margen del hielo hasta las proximidades de la Confluencia Weddell-Scotia (nos. 7, 119 y 8-13).
 - Una malla de 96 estaciones (14 a 104 y 120 a 123). El transecto entre las estaciones 94 a 104 se repitió con tres semanas de intervalo, para observar la variabilidad de las estructuras hidrográficas a esta escala temporal.
 - 6 estaciones en las inmediaciones del margen del hielo.
 - 7 estaciones en un transecto SW-NE sobre la cuenca central del Estrecho de Bransfield.
 - 3 estaciones de 24 horas de duración (N1, N2 y N3).
- 3.- Las operaciones de recogida del instrumental autónomo (boya de oleaje, mareógrafos y correntímetros) instalados durante la campaña GEBRA'93.

En la Tabla 1 se presenta un listado con las posiciones del material autónomo y las posiciones y horarios de las estaciones oceanográficas ocupadas. En la Tabla 2 se dan las coordenadas de los fondeos.

Es importante destacar que, a pesar de unas condiciones de tiempo frecuentemente adversas, se pudieron realizar la práctica totalidad de las operaciones previstas, lo que avala las excelentes condiciones del BIO "Hespérides" para el trabajo oceanográfico.

Planificación de las estaciones

Se realizaron dos tipos de estaciones, las hidrográficas o rápidas y las biológicas. A continuación se presenta un listado de las actividades incluidas en cada uno de los tipos..

- Estaciones hidrográficas (rápidas)

Perfil CTD hasta las proximidades del fondo (hasta 3000 m en el trayecto Sudamérica-Antártida). Toma de agua (con las botellas de la Rosette) a profundidades seleccionadas, para muestreo de nutrientes, oxígeno y clorofila (con la frecuencia permitida por las posibilidades de análisis).

- Estaciones biológicas

Perfil CTD hasta las proximidades del fondo. Toma de agua, con la Rosette, a profundidades seleccionadas.

Muestreo de mesozooplankton a profundidades discretas.

Segunda tirada de CTD, como máximo a 100 m de profundidad, para obtener agua a profundidades seleccionadas.

Pesca con la Multimanga Bioness*, hasta 1000 m o las proximidades del fondo.

En ocasiones, pescas rápidas de zooplankton con red y pescas de neuston.

Cuando la hora del día era adecuada, perfiles de irradiancia con el medidor de PAR (radiación fotosintéticamente activa) y/o con el espectrorradiómetro.

* La Multimanga BIONESS se perdió el 19 de enero, durante la estación 35, a causa de la rotura de los cables de sostén. A partir de entonces las pescas de macrozooplankton se hicieron con el bongo.

4. PERSONAL CIENTÍFICO EMBARCADO EN ECOANTAR 94

Grupo Universidad Politècnica de Catalunya

Nombre	Centro
Julia Figa Saldaña	LIM/UPC
M ^a Pilar Rojas García de Paso	LIM/UPC
Damià Gomis Bosch	LIM/UPC
Timothy Granata (EEUU)	ICM
Oswaldo López Monzón	LIM/UPC
Joaquim Sospedra	LIM/UPC

NOTA: Oswaldo López Monzón y Julia Figa Saldaña, del LIM/UPC embarcaron el 28 de noviembre. Julia Figa desembarcó el 28 de diciembre en Ushuaia.

Grupo Institut de Ciències del Mar

Nombre	Centro
Miquel Alcaraz Medrano	ICM
M ^a Laura Arín Carrau (Uruguay)	ICM
Elisa Berdalet Andrés	ICM
Joan Isidre Calderón Paz	ICM
Antonia Cruz Rodríguez	ICM
Marta Estrada Miyares	ICM Jefa Científica
José Antonio Fernández García	UM
José Manuel Fortuño Alós	ICM
Josep Maria Gili	ICM
Francisco Gómez Figueiras	IIM
Núria Guixa Boixereu	ICM
Jean-Claude Lemonnier (Francia)	
Mario Manríquez Landoff	ICM
Rosa Martínez Silvestre	UC
Carles Pedrós-Alió	ICM
Begoña Bautista Bueno	UM
Anna Sabatés Freijo	ICM
Dolors Vaqué Vidal	ICM
Enric Saiz Sendrós	ICM
Roser Ventosa Campana	ICM

Clave

ICM. Institut de Ciències del Mar. Barcelona (CSIC)

IIM. Instituto de Investigaciones Marinas. Vigo (CSIC)

LIM/UPC. Laboratori d'Enginyeria Marítima. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.

UB. Universitat de Barcelona.

UC. Universidad de Cantabria. Santander.

UM. Universidad de Málaga.

5.- ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS PRELIMINARES

En las secciones siguientes se describen brevemente las actividades realizadas durante la campaña por cada grupo de trabajo y los resultados preliminares obtenidos. Dadas las excelentes posibilidades del barco, parte de los análisis se realizaron a bordo. Sin embargo, por razones de optimización del tiempo o debido a la falta de ciertos aparatos, muchas muestras, en particular las relacionadas con la diversidad de comunidades bacterianas y composición taxonómica de fito y zooplancton, quedaron pendientes de su análisis posterior en tierra.

Nota: En relación con el destino de la mayor parte de estas muestras, que estaban almacenadas en uno de los arcones congeladores del buque, véase el anexo 1.

TABLA 1. Estaciones hidrográficas realizadas a lo largo de la campaña ECOANTAR 94.

CAST	EST.	FECHA	H.GMT	LATITUD INIC. (S)	LONGITUD INIC. (W)	PROFUNDIDAD SONDA	CAST	BOT. SAL.	INCIDEN.
001	D01	02.01	03:54	55 41 48	66 02 58	892	954		
002	D02		13:14	56 58 55	65 23 42	1624	1000	1	
003	D03		21:05	57 53 17	64 50 25	2198	2025	2	STA:4
004	D04	03.01	06:18	58 55 01	64 19 22	2626	1735	3	*
005	D05		12:42	59 38 49	63 55 26	3696	3000	4	
006	D06		19:56	60 24 51	63 25 23	4043	3001	5	
007	D07	04.01	03:19	61 14 28	62 52 38	3605	3002	6	
008	T01	08.01	01:45	62 11 59	58 53 00	229	204	8	* STA:800
009	104	09.01	09:54	62 04 59	57 31 12	198	190	9	DY=.023
010	103		10:50	62 09 15	57 25 01	1856	1792	10	*
011	102		13:10	62 14 53	57 18 58	1606	1585	11	*
012	101		14:50	62 30 58	57 12 53	1387	1323	12	*
013	100		15:52	62 23 58	57 06 51	1195	1144	13	
014	099		17:31	62 30 04	57 01 04	867	833	14	
015	098		18:47	62 34 04	56 55 18	454	433	15	
016	097		20:07	62 38 32	56 49 06	259	237	16	*
017	096		21:28	62 43 39	56 43 11	202	182	17	
018	095		22:37	62 48 13	56 37 08	130	118	18	*
019	094		23:35	62 52 57	56 31 22	90	60	19	*
020	001.0	10.01	14:34	63 38 19	52 25 39	787	746		
021	001.1		17:17	63 39 04	52 26 48	778	80	20	*
022	002		20:46	63 28 38	52 26 33	613	579	21	
023	003.0		22:39	62 20 51	52 26 52	527	493	22	*
024	003.1	11.01	01:31	63 19 43	52 31 33	505	50		
025	004		09:49	63 47 10	51 00 20	2457	2379	23	
026	005		17:00	63 37 51	50 59 57	2444	2362	24	
027	006		19:23	63 31 02	50 59 46	2366	2292	25	
028	007	12.01	06:43	63 06 56	50 31 14	2479	1786	26	
029	119.0		16:34	62 34 41	51 07 39	3343	3006	27	
030	119.1		20:19	62 35 01	51 06 02	3348	50	28	
031	008	13.01	05:47	62 03 09	51 39 33	3104	3002	29	
032	009		11:55	61 31 50	52 16 09	485	450	30	
033	010.0		17:20	61 02 36	52 52 49	2359	2277	31	*
034	010.1		23:35	61 00 20	52 46 40	2486	70		
035	011	14.01	04:06	60 33 50	53 26 31	2216	2188	32	DY=.049
036	012.0		10:41	60 05 29	54 02 38	2866	2770	33,34	*
037	012.1		14:00	60 04 15	54 02 27	2931	50		
038	013		20:14	59 35 27	54 37 09	3356	3500	35,36	
039	014	15.01	05:25	59 48 47	55 25 55	3667	3100	37	
040	015.0		12:39	60 17 03	54 49 45	3289	3223	38	
041	015.1		16:31	60 17 42	54 47 49	4829	100	39	*
042	016		22:55	60 47 17	54 14 27	2301	2004	40	DX=.038
043	017	16.01	05:25	61 15 31	53 40 03	1131	1075	41	
044	N01.0		09:35	61 23 24	54 15 39	507	479	42	
045	N01.1		12:04	61 23 23	54 15 30	488	455	43	
046	N01.2		15:00	61 23 12	54 13 58	580	553	44	
047	N01.3		18:00	61 23 47	54 12 35	995	937	45	
048	N01.4		21:03	61 23 19	54 15 22	474	450	46	
049	N01.5	17.01	00:00	61 23 24	54 15 31	494	454	47	
050	N01.6		03:00	61 23 27	54 15 30	498	465	48	
051	N01.7		06:00	61 23 23	54 15 19	465	442	49	
052	N01.8		08:07	61 23 22	54 15 23	479	449	50	
053	120		10:37	61 29 48	53 34 41	708	680	51	

054	121		12:18	61 38 50	53 23 20	661	624	52	
055	018.0		14:14	61 49 12	53 10 10	490	465	53	
056	018.1		16:26	61 49 34	53 09 48	495	101	54	*
057	122		19:35	61 59 29	52 59 19	2229	2214	55	
058	123		22:19	62 08 00	52 46 27	2669	2628	56	
059	019.0	18.01	00:57	62 19 08	52 35 10	2819	2749	57	
060	019.1		03:23	62 19 23	52 35 09	2819	80	58	*
061	020		08:12	62 11 40	53 04 44	2518	2445	59	
062	021		10:58	62 01 41	53 16 16	1877	1863	60	
063	022		13:16	61 51 47	53 29 19	582	546	61	STA:40
064	023		14:34	61 43 00	53 40 11	359	334	62	DY=.182
065	024		16:14	61 32 16	53 53 04	694	639	63	
066	025		17:47	61 22 11	54 04 52	1204	1146	64	ERR
067	026		20:22	61 12 17	54 17 40	521	497	65	
068	032		22:24	61 18 08	54 41 17	218	197	66	
069	033	19.01	02:17	61 28 50	54 29 18	1545	1478	67	
070	034		04:38	61 38 42	54 17 34	721	687	68	
071	035		06:28	61 48 44	54 04 45	297	270	69	
072	036		10:49	61 58 22	53 53 14	557	526	70	
073	037		12:49	62 08 04	53 41 07	1082	1026	71	ERR
074	038		15:03	62 17 57	53 29 14	1386	1200	72	
075	040		21:04	62 24 08	53 53 07	556	530	73	
076	041	20.01	22:48	62 15 01	54 05 01	756	713	74	
077	042		00:32	62 05 07	54 17 31	651	616	75	
078	043		02:25	61 55 05	54 29 29	467	434	76	
079	044		04:10	61 45 10	54 41 41	687	644	77	STA:970
080	045		06:05	61 35 24	54 53 42	2250	2173	78	
081	046		09:04	61 25 07	55 05 55	829	792	79	
082	054		11:26	61 31 52	55 30 00	412	387	80	DY=.034
083	055		16:51	61 42 00	55 18 02	2497	2403	81	
084	056		19:46	61 51 42	55 06 06	2214	1695	82	
085	057		22:36	62 01 37	54 53 53	1153	1019	83	
086	058	21.01	02:47	62 11 48	54 41 54	744	702	84	
087	059		04:45	62 21 00	54 29 21	388	388	85	*
088	060.0		07:00	62 37 47	54 17 35	364	344	86	
089	060.1		09:46	62 30 26	54 16 18	372	82	87	
090	061		12:52	62 36 59	54 41 36	352	316	88	
091	062		14:29	62 27 31	54 53 59	283	259	89	
092	063		16:41	62 18 14	55 06 30	400	370	90	ERR
093	064		18:42	62 08 12	55 18 03	394	336	91	ERR
094	065		20:51	61 58 18	55 29 54	1461	1315	92,93	
095	066		23:08	61 48 39	55 41 58	2624	2511	94,95	ERR
096	067	22.01	02:28	61 38 41	55 34 22	717	674	96,97	
097	073		04:52	61 45 13	56 19 03	585	550	98,99	
098	074		11:00	61 54 59	56 06 58	1757	1837	100,101	
099	075		13:24	62 05 00	55 54 39	1291	1231	102,103	
100	076		15:57	62 15 06	55 42 02	521	487	104,105	
101	077		21:08	62 24 04	55 29 54	272	241	106,107	
102	078		23:01	62 34 00	55 17 59	169	144	108	
103	079	23.01	00:31	62 43 38	55 06 01	173	155	109	
104	080		05:25	62 49 57	55 29 50	72	50	110	
105	081		07:00	62 40 04	55 41 53	319	250	111	
106	082		08:35	62 30 21	55 54 21	215	191	112,113	
107	083		10:14	62 20 58	56 06 40	420	393	114,115,116	
108	084		12:03	62 10 57	56 19 03	1113	1066	117,118	

109	085		14:06	62 01 42	56 30 59	1241	1216	119,120
110	086		16:16	61 51 53	56 42 04	478	445	121,122
111	087.1		18:04	61 58 19	57 06 45	304	80	
112	087.0		19:10	61 58 13	57 06 32	312	287	123,124
113	088		22:47	62 08 09	56 55 01	956	943	125,126
114	089.1	24.01	00:40	62 17 58	56 42 47	1300	400	*
115	089.0		05:27	62 18 00	56 43 03	1303	1241	127,128
116	090		07:52	62 27 29	56 31 01	529	488	
117	091		11:33	62 37 01	56 19 03	288	272	129-133
118	092		13:19	62 46 52	56 06 37	468	427	134,135
119	093		15:20	62 56 14	55 54 04	190	169	136,137
120	N02.0	25.01	01:12	63 08 27	54 36 30	326	318	138,139 DY=.135
121	N02.1		03:32	63 07 57	54 36 09	431	394	140,141
122	N02.2		05:45	63 08 10	54 33 00	340	308	142
123	N02.3		06:59	63 08 25	54 32 42	336	315	
124	N02.4		09:34	63 05 56	54 33 16	511	475	143,144
125	N02.5		11:05	63 04 09	54 28 50	483	443	145,146
126	N02.6		13:02	63 09 44	54 36 02	195	173	147,148
127	N02.7		15:06	63 09 29	54 32 52	177	158	
128	N02.8		17:02	63 10 33	54 32 37	147	128	149,150
129	N02.9		19:00	63 10 09	54 33 52	155	134	151,152
130	N02.10		21:00	63 09 10	54 34 08	236	219	153,154
131	N02.11		23:00	63 09 14	54 36 22	286	263	155,156
132	124	26.01	02:08	63 03 36	55 00 57	269	240	
133	125		04:50	62 58 09	55 26 02	475	438	
134	094.1		21:57	62 52 52	56 31 13	88	74	157,158
135	095.1		22:56	62 48 02	56 37 04	125	118	159
136	096.1		23:49	62 43 33	56 43 24	196	178	160
137	097.1	27.01	00:52	62 38 04	56 49 15	259	237	161,162
138	098.1		01:44	62 33 58	56 55 11	450	434	163,164
139	099.1		02:39	62 29 57	57 00 48	862	821	165
140	100.1		03:55	62 24 02	57 06 48	1184	1135	166
141	101.1		05:12	62 21 01	57 12 43	1345	1290	167
142	102.1		06:48	62 15 01	57 19 04	1636	1588	168
143	103.1		08:43	62 09 15	57 25 01	1851	1766	169
144	104.1		10:29	62 05 00	57 31 14	189	179	170
145	105		17:55	62 01 40	57 19 11	182	162	171
146	106		19:29	61 55 01	56 55 00	390	352	172
147	086.1		20:30	61 51 57	56 42 37	466	452	173,174
148	107		21:31	61 48 38	56 31 10	562	533	175,176
149	073.1		22:36	61 45 09	56 18 56	578	540	177,178
150	108		23:54	61 41 54	56 06 34	580	551	179,180
151	067.1	28.01	01:10	61 38 37	55 54 34	697	663	181,182
152	109		02:40	61 35 26	55 42 03	696	659	183,184
153	054.1		03:58	61 31 58	55 30 00	419	399	185,186
154	110		05:08	61 28 50	55 18 03	367	340	187,188
155	046.1		06:18	61 25 12	55 06 14	821	783	189,190
156	111		07:43	61 21 59	54 53 43	891	849	191
157	053		12:28	61 24 05	55 39 24	411	399	192,193
158	052		12:56	61 14 07	55 51 20	133	115	194
159	051		17:10	61 04 00	56 03 59	528	493	195,196
160	050		19:10	60 53 58	56 15 43	1887	1785	197
161	049		22:29	60 43 47	56 27 32	3764	1500	198,199
162	070	29.01	14:48	61 16 53	56 51 10	1372	1330	200,201
163	071		18:20	61 27 34	56 36 09	473	458	202,203

164	072		20:45	61 37 44	56 27 23	550	521	204	
165	failed								
166	N03.0	30.01	17:52	62 37 01	56 19 20	276	251	205	
167	N03.1		20:58	62 36 59	56 18 58	287	265	206	
168	N03.2	31.01	00:03	62 37 01	56 18 59	287	265	207	
169	N03.3		03:10	62 37 13	56 19 50	266	229	208	
170	N03.4		05:40	62 37 01	56 19 04	284	257	209	
171	N03.5		09:03	62 37 02	56 18 58	287	262	210	
172	N03.6		12:02	62 36 59	56 19 00	291	276	211	
173	N03.7		16:06	62 37 01	56 19 26	273	247	212	
174	118		23:37	62 16 47	57 42 58	1979	1908	213,214	
175	117	01.02	01:51	62 22 17	58 06 25	1967	1895	215	
176	116		04:30	62 30 07	58 36 46	1622	1563	216	
177	115		06:50	62 37 29	58 06 24	1455	1401	217	ERR
178	114		09:14	62 45 29	59 39 57	1421	1353	218	
179	113		11:07	62 51 10	59 58 53	980	908	219	
180	112		13:47	63 02 16	60 28 53	491	470	220	

 ! CODIGO DE INCIDENCIAS !

*	falta posicion final
DY=.xxx	las latitudes inicial y final difieren en mas de 2. Km (difieren en 0.xxx grados)
DX=.xxx	las longitudes inicial y final difieren en mas de 2. Km (difieren en 0.xxx grados)
ERR	error obvio en la posicion inicial o final - corregido
STA:XXX	No de estacion en header diferente del No de fichero PRS

TABLA 2. Coordenadas de los fondeos

Boya de oleaje	B1	62° 39' 22"S, 60° 22' 54"W
Mareógrafos	M1	61° 17' 00"S, 55° 11' 36"W
	M2	62° 39' 34"S, 60° 23' 03"W
	M3	62° 05' 24"S, 57° 57' 36"W
Correntímetros	C1	61° 46' 54"S, 56° 48' 05"W
	C2	62° 15' 33"S, 56° 25' 39"W
	C3	62° 42' 37"S, 56° 15' 44"W

ESTACIONES ECOANTAR'94

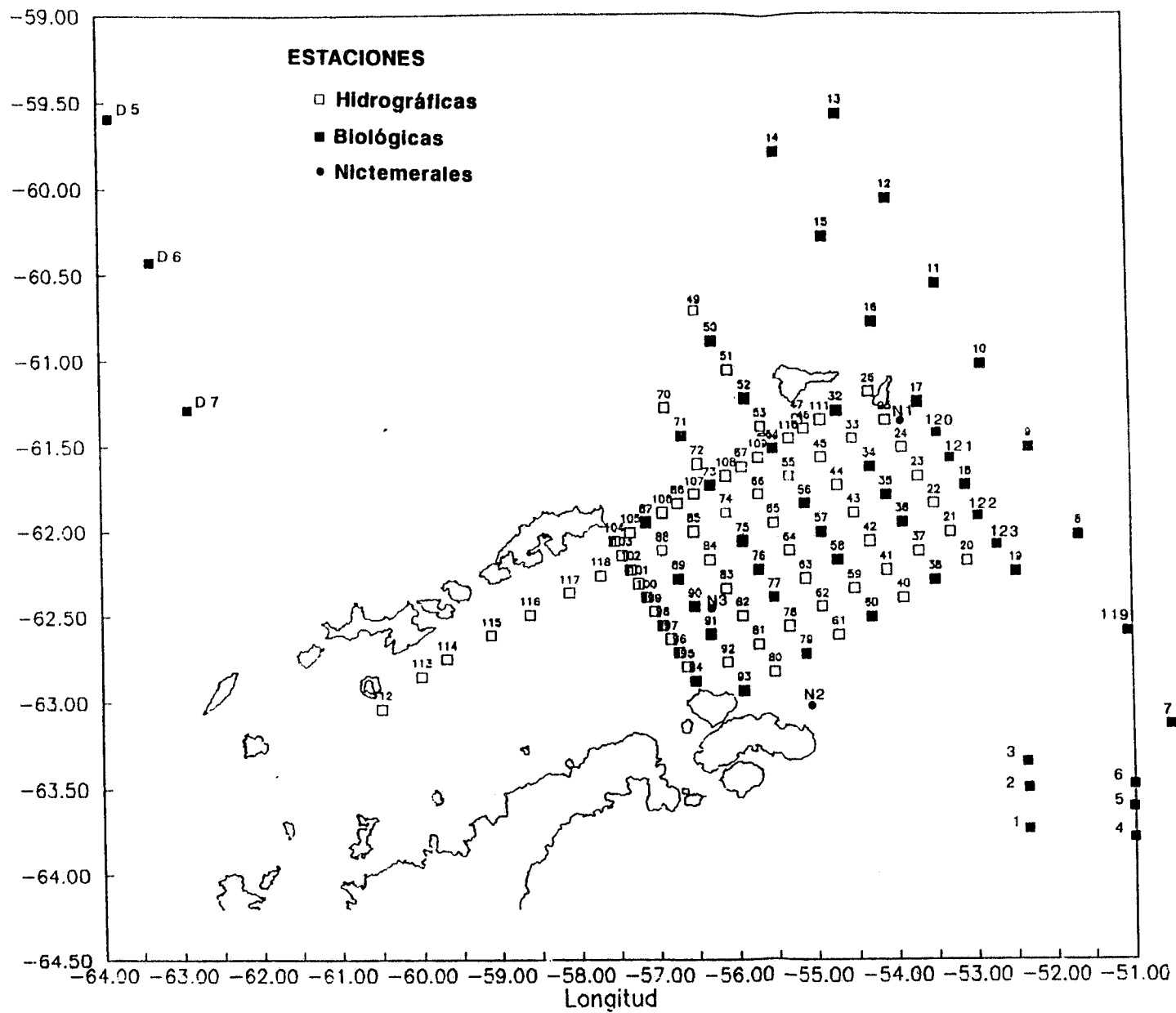


Figura 1. Campaña ECOANTAR 94. Situación de las estaciones del Estrecho de Bransfield.

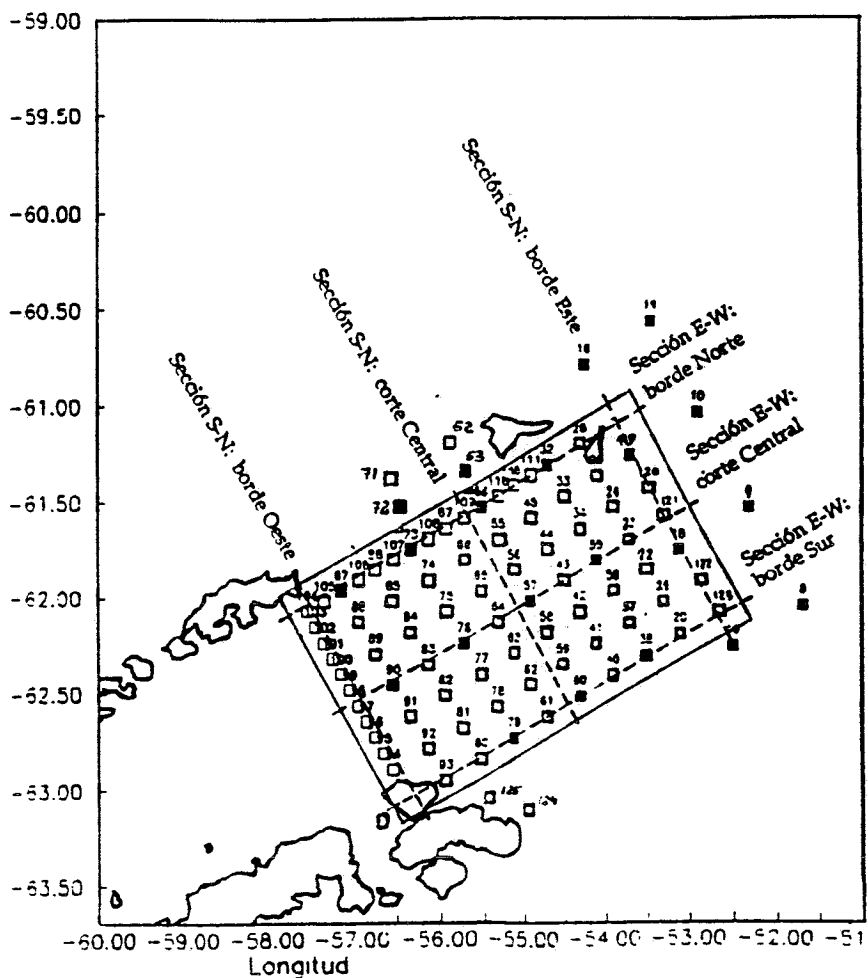
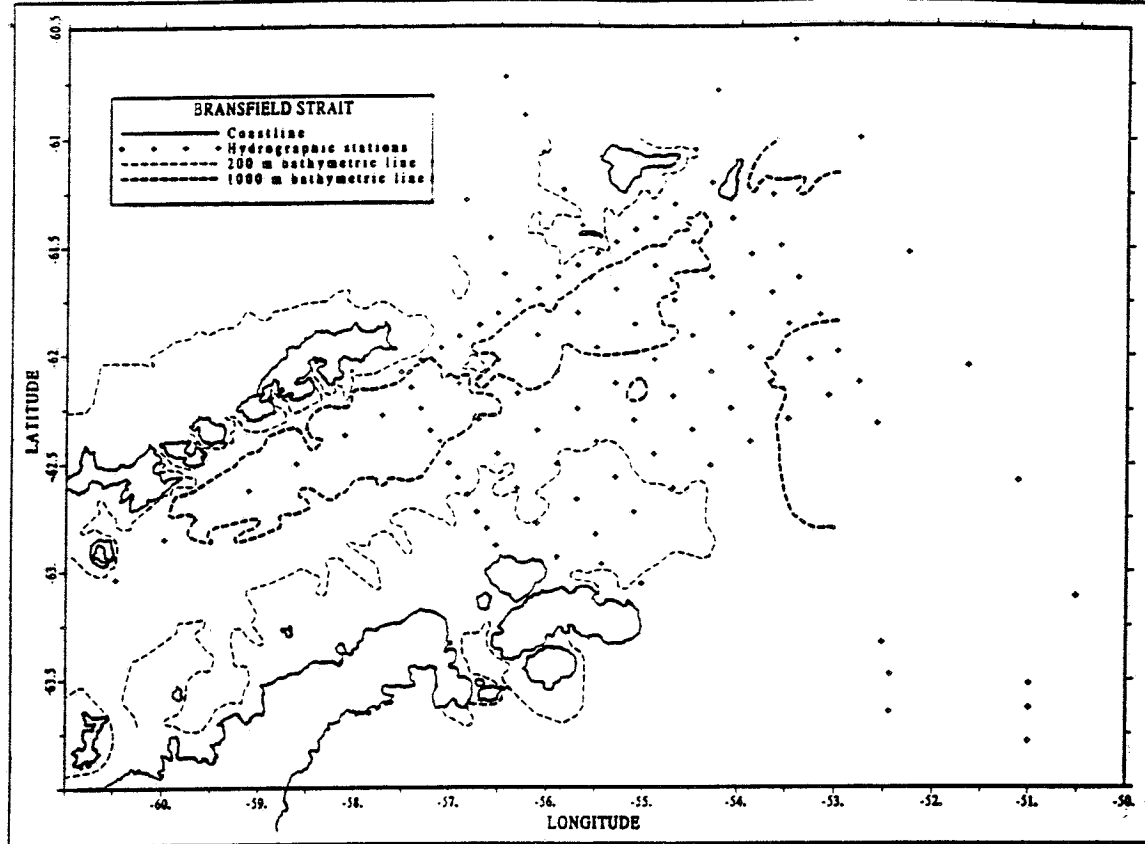


Figura 2. a) Batimetría y situación de las estaciones de CTD. b) Dominio y localización de las estaciones relevantes para el proceso de análisis espacial objetivo de variables hidrográficas.

5.1. ECOANTAR 94. OCEANOGRAFÍA FÍSICA

Responsables:

Agustín Sánchez-Arcilla (LIM/UPC), Marc A. García (LIM/UPC)

Equipo investigador:

Oswaldo López (LIM/UPC), Joaquim Sospedra (LIM/UPC), Pilar Rojas (LIM/UPC), Damià Gomis (DF/UIB), Timothy Granata (ICM/CSIC), Mario Manríquez (ICM/CSIC)

5.1.1. INTRODUCCION

Las actividades desarrolladas por el equipo de oceanografía física durante la campaña ECOANTAR 94 se corresponden con los objetivos generales de la misma, y también con los del proyecto "Oceanografía dinámica del Estrecho de Bransfield", financiado por el Programa Nacional de Investigación en la Antártida.

Con arreglo a éstos últimos, un grupo del Laboratori d'Enginyeria Marítima de la UPC procedió a realizar el fondeo de un conjunto de registradores autónomos de oleaje, marea y corrientes en distintos puntos del Estrecho de Bransfield durante el mes de diciembre de 1993, con el apoyo de BIO Hespérides. La recogida de éste material se realizó al término de la campaña ECOANTAR 94. El capítulo del "Informe sobre las actividades científicas de España en la Antártida durante la Campaña 1993/94" dedicado al proyecto ANT91-1279 describe la metodología seguida para el registro de dichas variables e incluye los resultados preliminares.

5.1.2. METODOLOGIA

5.1.2.1. Instrumental

Las variables físicas registradas durante la campaña fueron la siguientes:

- En estaciones:

- .perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fluorescencia y transmisividad, con CTD EG&G mod. MkIII WOCE
- .perfiles de velocidad de corriente con ADCP RDI tipo NarrowBand de 150 kHz

- En navegación:

- .temperatura y salinidad superficial en continuo, con termosalinógrafo SBE 21
- .perfiles de ADCP

El trabajo en estaciones incluyó además el registro de temperaturas in situ mediante termómetro digital de inversión SiS RTM 4002 o termómetro de mercurio, y la obtención de muestras de agua con Rosette GO.

A lo largo de la campaña se practicó un total de 179 perfiles de CTD, en las localizaciones que se indican en la figura 1 y tabla 1.

5.1.2.2. Postproceso de datos

Durante la campaña se realizó un primer postproceso de datos brutos de CTD. Se elaboraron, mediante el programa CTDPOST, "pressure averaged files" interpolados cada dbar, a partir de los cuales se extrajeron perfiles de temperatura, salinidad, densidad potencial y altura dinámica relativa a un nivel de 500 dbar. Se seleccionaron distribuciones horizontales y verticales de dichos parámetros en niveles y transectos escogidos, las cuales fueron utilizadas como input de un método de análisis espacial objetivo basado en la técnica de correcciones sucesivas de Bratseth. Los resultados del análisis se refirieron a la malla de cálculo que se muestra en la figura 2. Con posterioridad, se computaron distribuciones de velocidad geostrofica relativa a 500 dbar a partir de los campos de altura dinámica, haciendo uso de un esquema de diferencias finitas centradas.

Las distribuciones horizontales y verticales de variables hidrográficas y el análisis objetivo de éstas fueron realizados mediante un paquete de software desarrollado por la Universitat de les Illes Balears en colaboración con la Universidad de Reading, e implementado en el MASSCOMP del BIO Hespérides. La representación gráfica de los campos se efectuó con la aplicación SURFER en PC.

Los datos brutos de salinidad se corregirán haciendo uso de los resultados de los análisis de las muestras de agua recogidas durante la campaña. Las determinaciones de salinidad se efectuarán mediante Autosal en el Centro Oceanográfico de Baleares.

En cuanto a los registros de velocidades de corriente con ADCP, se procederá a su corrección por marea mediante técnicas de tipo numérico.

El postproceso de los datos del termosalinógrafo incluirá la referenciación geográfica de esta información y el ajuste de las temperaturas y salinidades superficiales a los correspondientes valores corregidos del CTD.

5.1.3. RESULTADOS PRELIMINARES

5.1.3.1. Estructura hidrográfica

Las figuras 3 a 7 muestran las distribuciones de salinidad a 5, 50, 100, 200 y 500 dbar en el área delimitada en la figura 2. Con arreglo a la terminología de Tokarczyk (1987), se puede considerar a la isoterma de 1.0°C y la isohalina de 34.2 psu como el límite de las Aguas Zonales de Transición influenciadas por los aportes del Mar de Bellingshausen (desde el oeste) y del Mar de Weddell (procedentes del sur y del este). Este rasgo frontal ha sido descrito en la mayor parte de las campañas realizadas en el área durante los meses de enero/febrero (ver e.g. Sievers. 1982; Grelowski et al., 1986; Niiler et al., 1991; García et al.,

en prensa). La latitud a la que se encuentra la isoterma de 1.0°C en la distribución de la temperatura a 5 dbar es muy semejante a la que se encontraba dicha isolínea durante la campaña BIOANTAR 93, un año antes. Por su parte, la isohalina superficial de 34.2 psu parece hallarse algunos kilómetros más al norte.

La figura 8, en la que se representan las distribuciones verticales de temperatura y salinidad sobre el borde oeste del área de análisis (transecto isla d'Urville – isla King George), sugiere que el frente antes mencionado se ciñe a la capa de mezcla superficial al igual que el influjo procedente del Bellingshausen, y que es una estructura diferente del frente que se observa sobre el talud continental de las Shetland del Sur definido por las isolíneas de 0.2°C y 34.3 psu aproximadamente. Este frente separa las aguas que ocupan la plataforma continental de las Shetland del Sur del Agua Zonal de Transición influenciada por los aportes del Weddell, y es también patente en las distribuciones correspondientes al transecto central perpendicular al eje del Estrecho (figura 9). El transecto este se halla en el régimen del Weddell, por lo que sus distribuciones de temperatura y salinidad siguen pautas distintas (ver figura 10).

En el transecto norte se advierte la intrusión de un filamento de Agua Circumpolar Profunda Superior al oeste de isla Elephant, a profundidades de entre 200 y 400 m (figura 11). Estos niveles son más someros que aquéllos a los que se verifica el ingreso del Agua Circumpolar Profunda Superior en la cuenca occidental del Bransfield, según lo observado en la campaña BIOANTAR 93. La estructura hidrográfica en forma de domo que se encuentra algo más al oeste está asociada a un vórtice de tipo ciclónico. Las distribuciones de temperatura y salinidad correspondientes a los otros dos cortes longitudinales (central y sur) son complejas (figuras 12 y 13). Las "bolsas" de temperatura inferior a -1.0°C y de salinidades comprendidas entre 34.4 y 34.5 psu podrían corresponder a la advección de Agua Profunda del Bransfield desde la cuenca central del Estrecho. Por otra parte, el máximo de temperatura ($T > 0.3^{\circ}\text{C}$) que se observa en el extremo oriental del transecto sur a 450 m de profundidad indica la presencia de un cuerpo de Agua Circumpolar Profunda de salinidad superior a 34.6 psu.

5.1.3.2. Circulación

En las figuras 14 a 17 se exhibe el resultado del cálculo geostrófico de corrientes relativas a 500 dbar realizado para distintos niveles (5, 50, 100 y 200 dbar), a partir de los datos hidrográficos brutos.

La circulación geostrófica es relativamente débil. Los valores máximos de la velocidad son del orden de 15–20 cm/s, lo cual concuerda con los resultados de López et al. (en prensa) para la corriente residual obtenidos a partir de registros de correntímetros fondeados en la cuenca central del Estrecho. La denominada Corriente del Bransfield es el "núcleo" principal de esta circulación. A la altura de King George, la corriente fluye en dirección noreste sobre el talud continental de las Shetland del Sur. Cuando alcanza el umbral que divide las cuencas central y oriental del Estrecho, la corriente se escinde en dos ramas. La oscilación de la rama norte insinuada por los resultados del cálculo geostrófico es congruente con los resultados de Stein (1988). La rama sur discurre paralela a la isobata 1000 m a lo largo del contorno meridional de la cuenca oriental del Bransfield. Ambas ramas confluyen al suroeste de isla Elephant, y "escapan" del área de estudio entre las islas Elephant y Clarence.

El espaciamiento escogido para el muestreo hidrográfico permite apreciar caracteres interesantes de la variabilidad de mesoescala de la circulación. Todos los vórtices que se observan en los campos de velocidad están vinculados a rasgos batimétricos, lo cual da idea del importante control topográfico que se ejerce sobre la Corriente del Bransfield.

Las figuras 18 a 21 muestran las distribuciones a distintos niveles de la velocidad de corriente medida con ADCP en estaciones. Estos registros están contaminados por la corriente de marea, cuyas velocidades instantáneas pueden superar los 40 cm/s (López et al., en prensa), y deben ser depurados antes de compararlos con los resultados del cálculo geostrofico.

5.1.4 REFERENCIAS

García, M.A., López, O., Sospedra, J., Espino, M., Rojas, P. y Sánchez-Arcilla, A., Mesoscale variability in the Bransfield Strait region (Antarctica) during Austral summer, Annales Geophysicae, en prensa.

Grelowski, A., Majewicz, A. y Pastuszak, M., Mesoscale hydrodynamic processes in the region of Bransfield Strait and the southern part of Drake Passage during BIOMASS-SIBEX 1983/83, Polish Polar Research, 7(4), 353-369, 1986.

López, O., García, M.A. y Sánchez-Arcilla, A., Tidal and Residual Currents in the Bransfield Strait, Antarctica, Annales Geophysicae, en prensa.

Niiler, P., Amos, A. y Hu, J.H., Water masses and 200 m relative geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region, Deep-Sea Research, 38, 943-959, 1991.

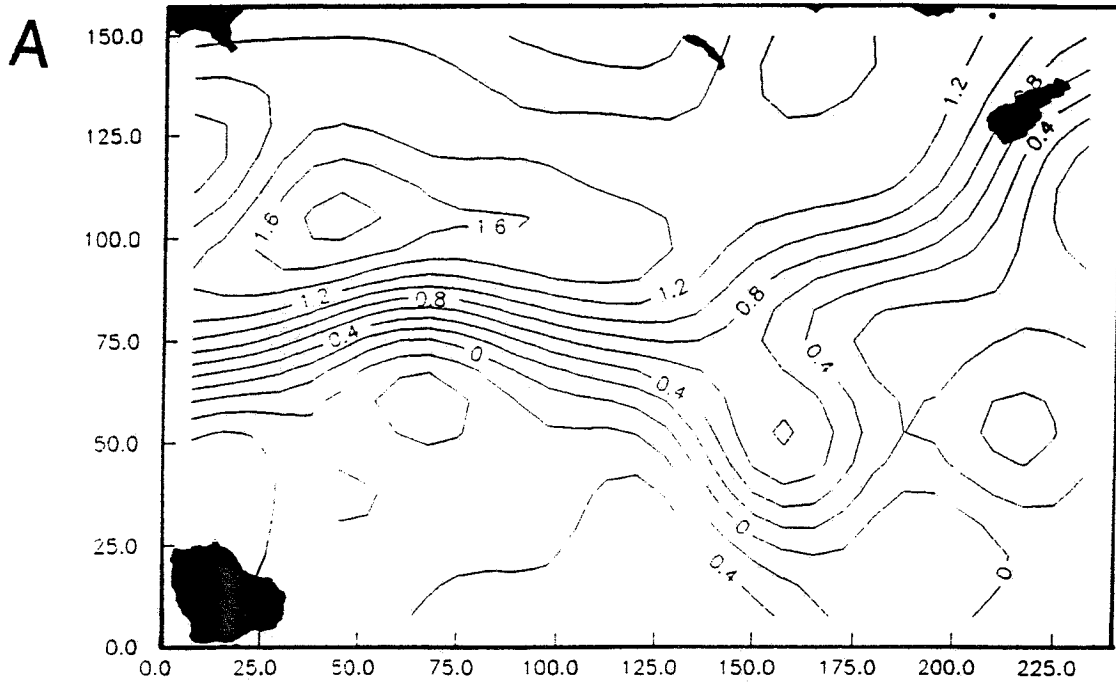
Sievers, H.A., Descripción de las condiciones oceanográficas físicas como apoyo al estudio de la distribución y comportamiento del krill, INACH Serie Científica, 28, 87-136, 1982.

Stein, M., Variation of Geostrophic Circulation off the Antarctic Peninsula and in the Southwest Scotia Sea, 1975-1985. En: Antarctic Ocean and Resources Variability, ed. D. Sahrhage, 81-91, 1988.

Tokarczyk, R., Classification of water masses in the Bransfield Strait and southern part of the Drake passage using a method of statistical multidimensional analysis. Polish Polar Research, 8, 333-366, 1987.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Temperatura (oC) a 5 dbar



ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Salinidad (psu) a 5 dbar

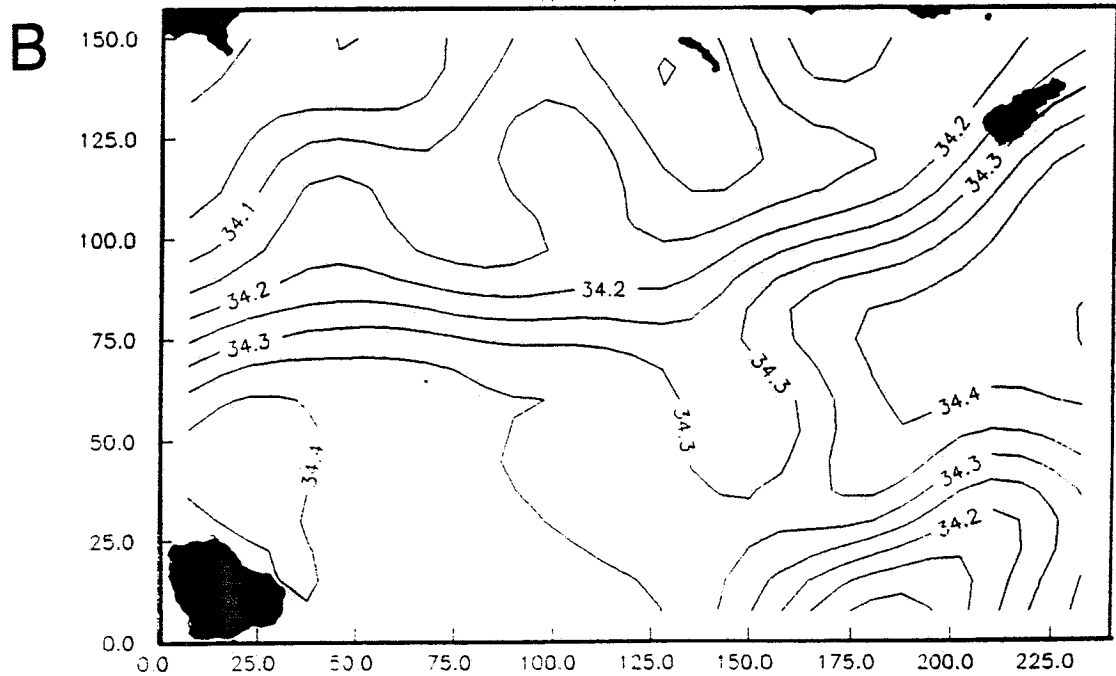
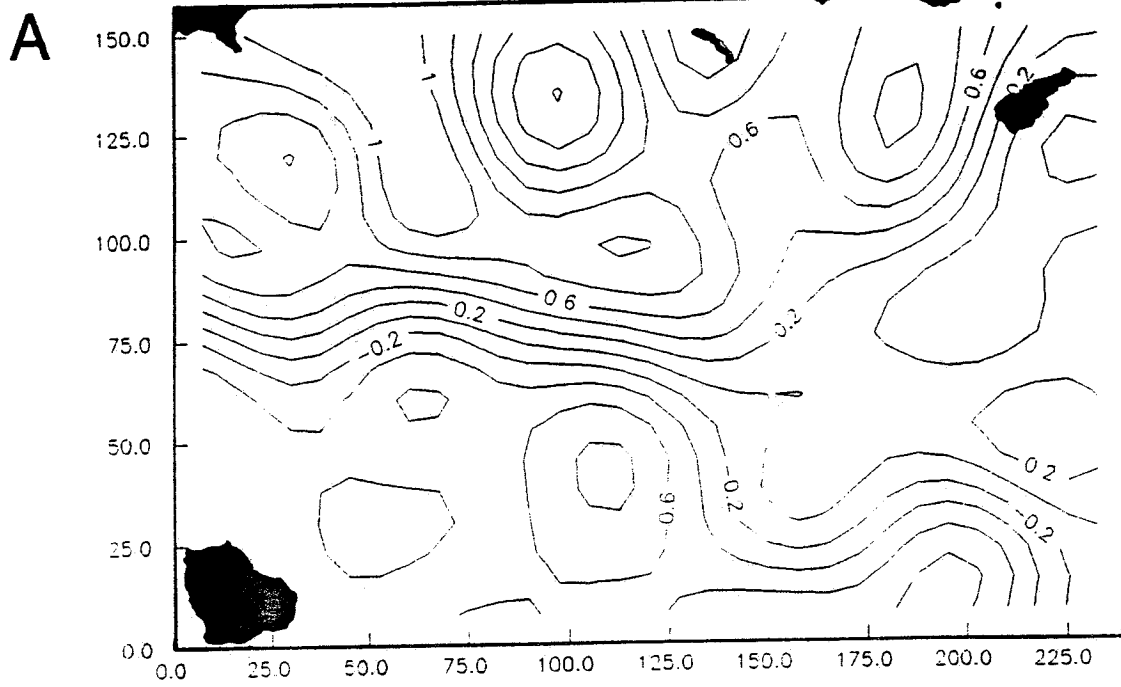


Figura 3. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 5 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 5 dbar.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Temperatura (oC) a 50 dbar



ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Salinidad (psu) a 50 dbar

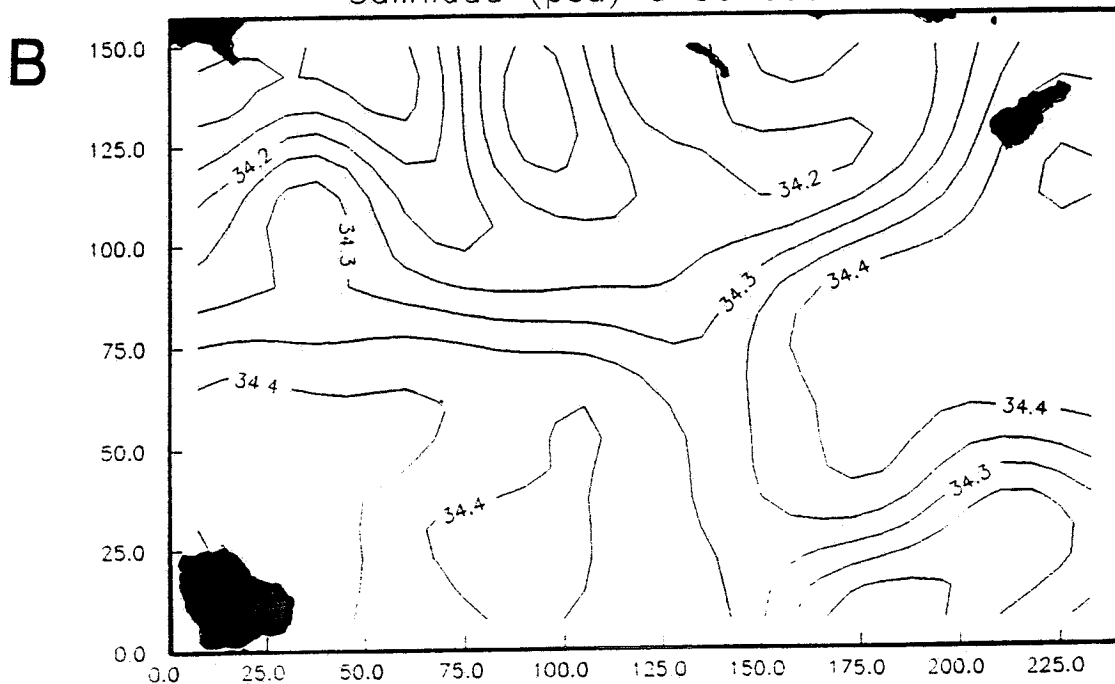
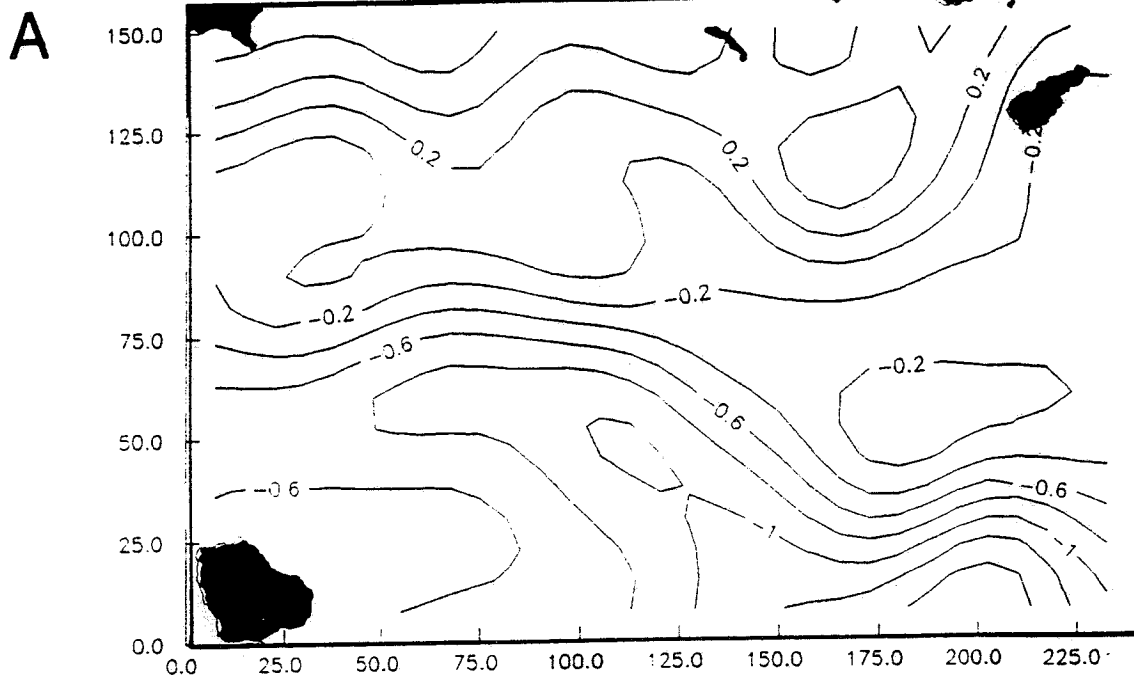


Figura 4. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 50 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 50 dbar.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Temperatura (oC) a 100 dbar



ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Salinidad (psu) a 100 dbar

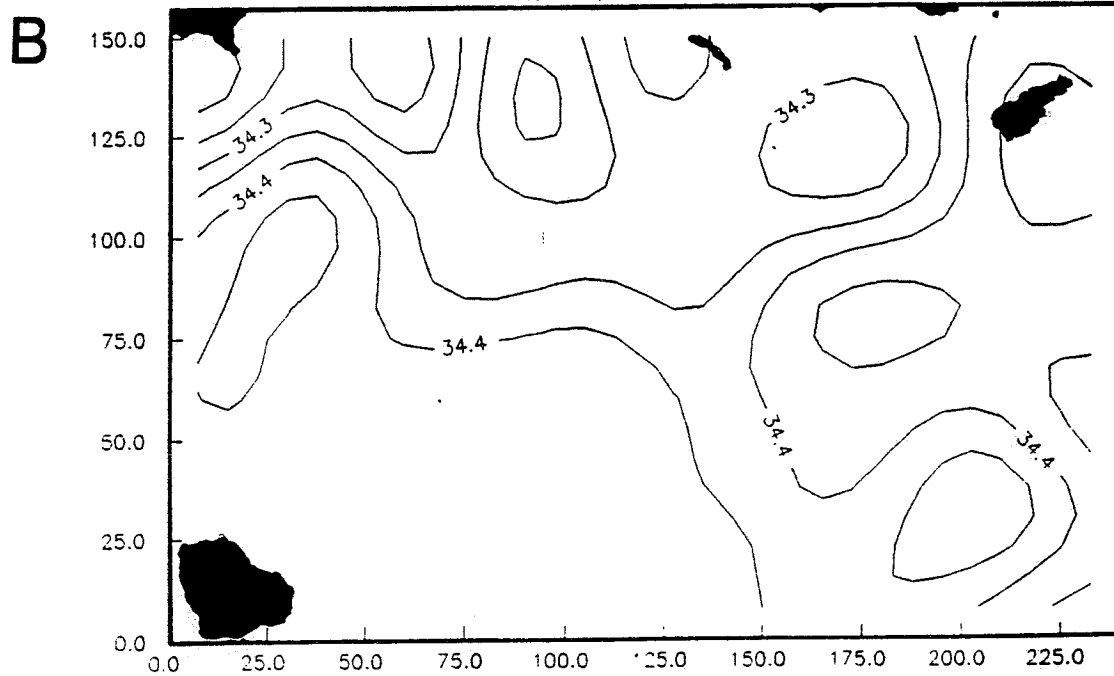
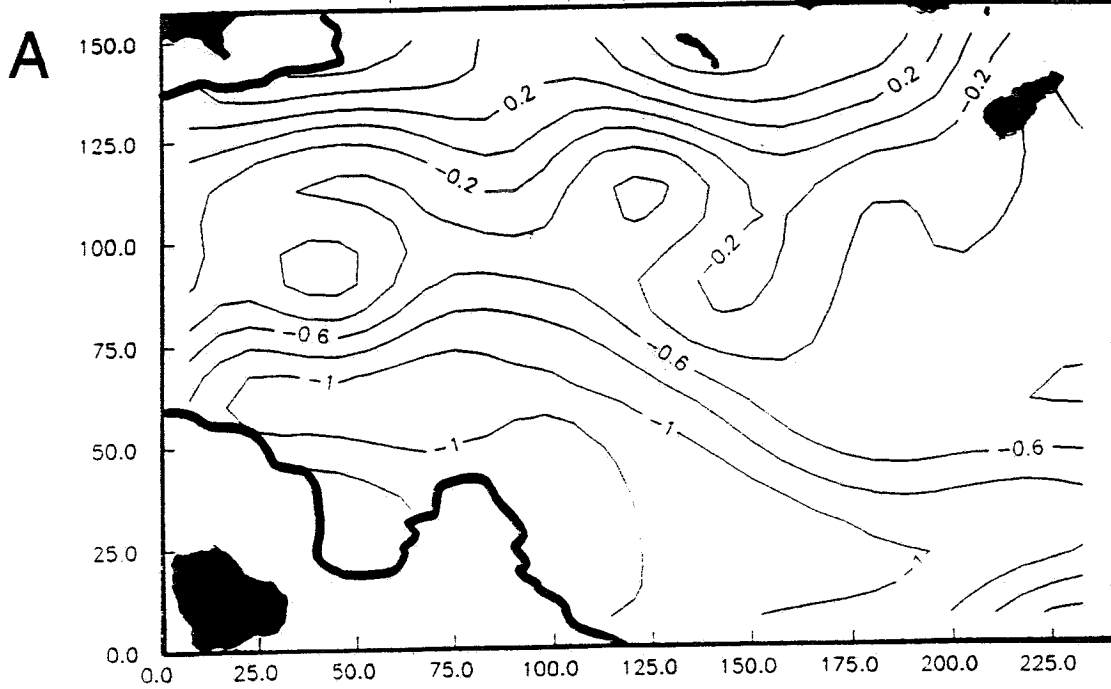


Figura 5. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 100 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 100 dbar.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Temperatura (oC) a 200 dbar



ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Salinidad (psu) a 200 dbar

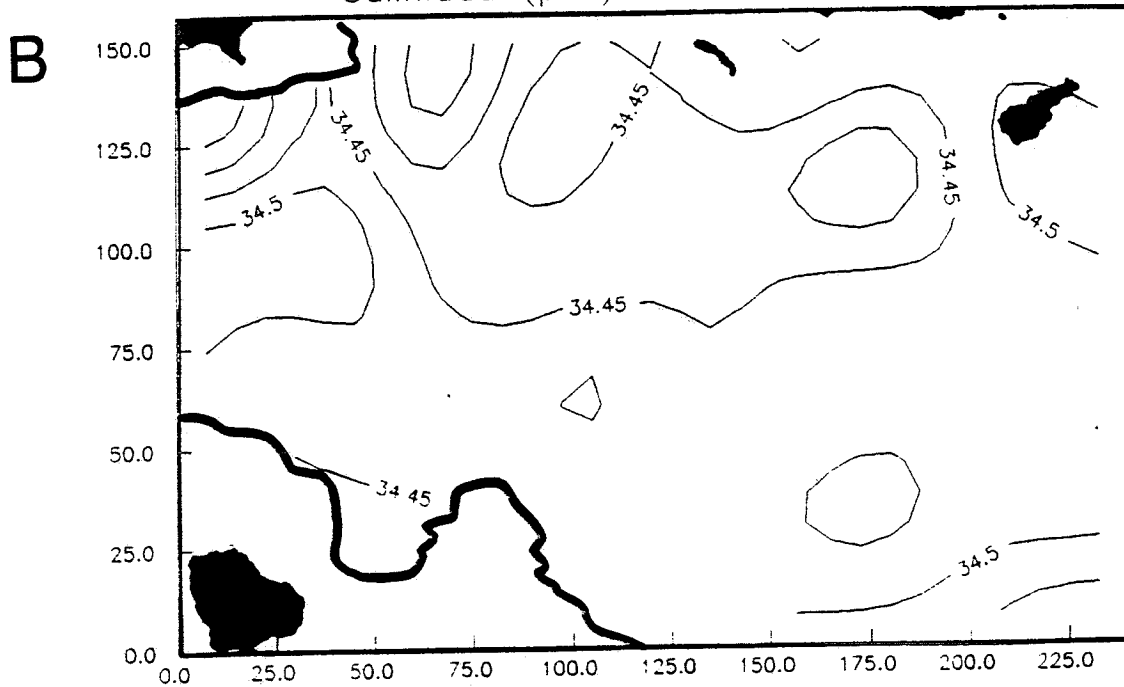
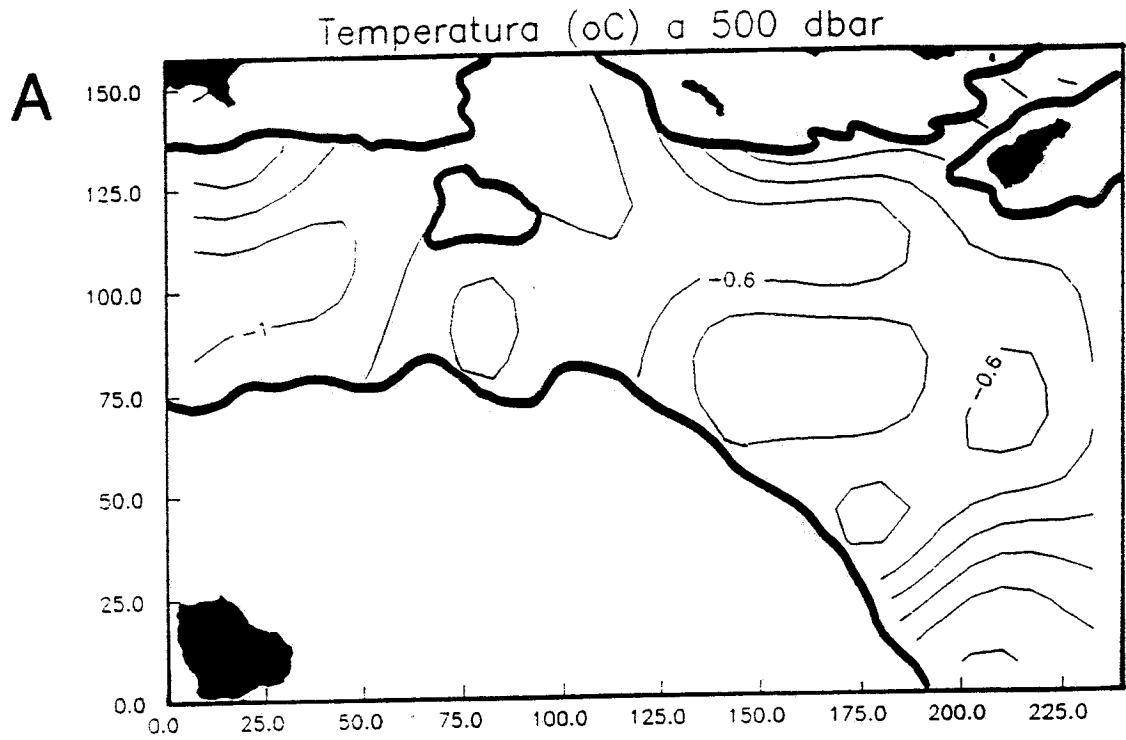


Figura 6. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 200 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 200 dbar.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR



ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

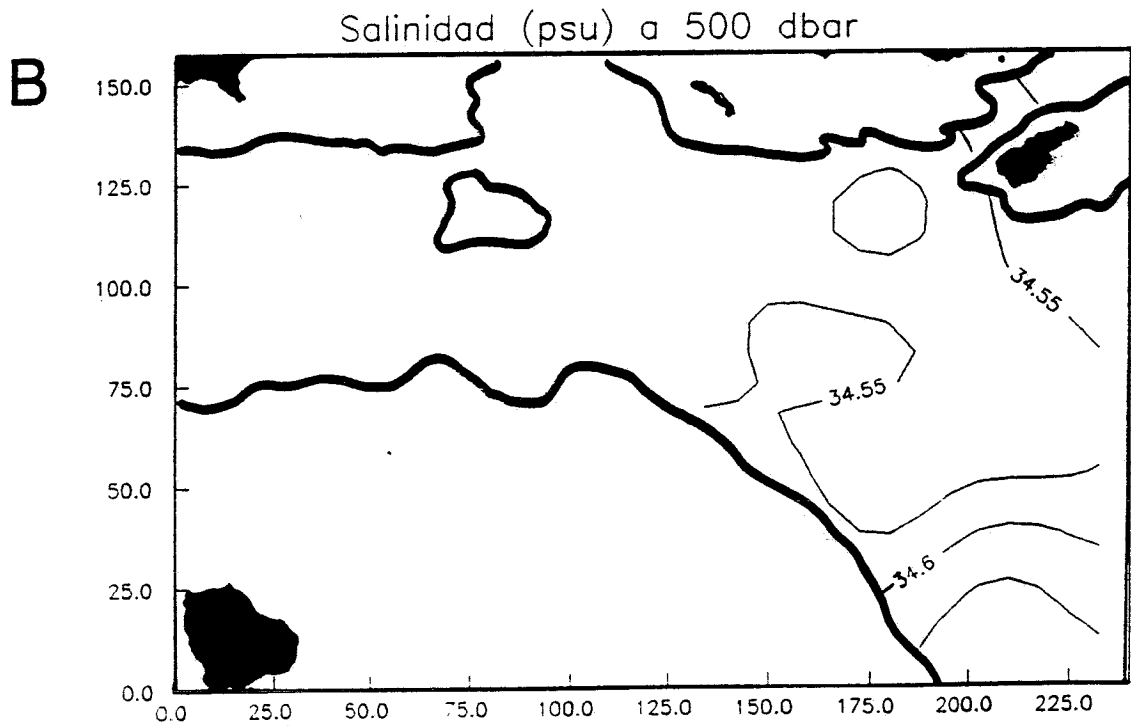
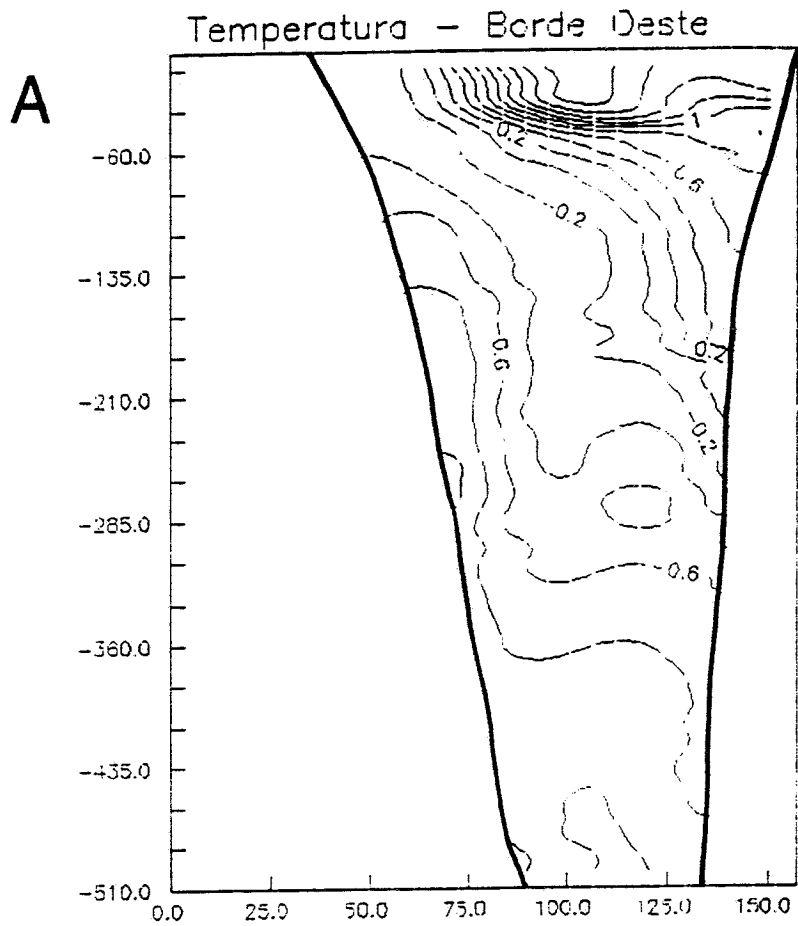


Figura 7. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 500 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 500 dbar.



ECOANTAR 94: Vert. Sec. S-N

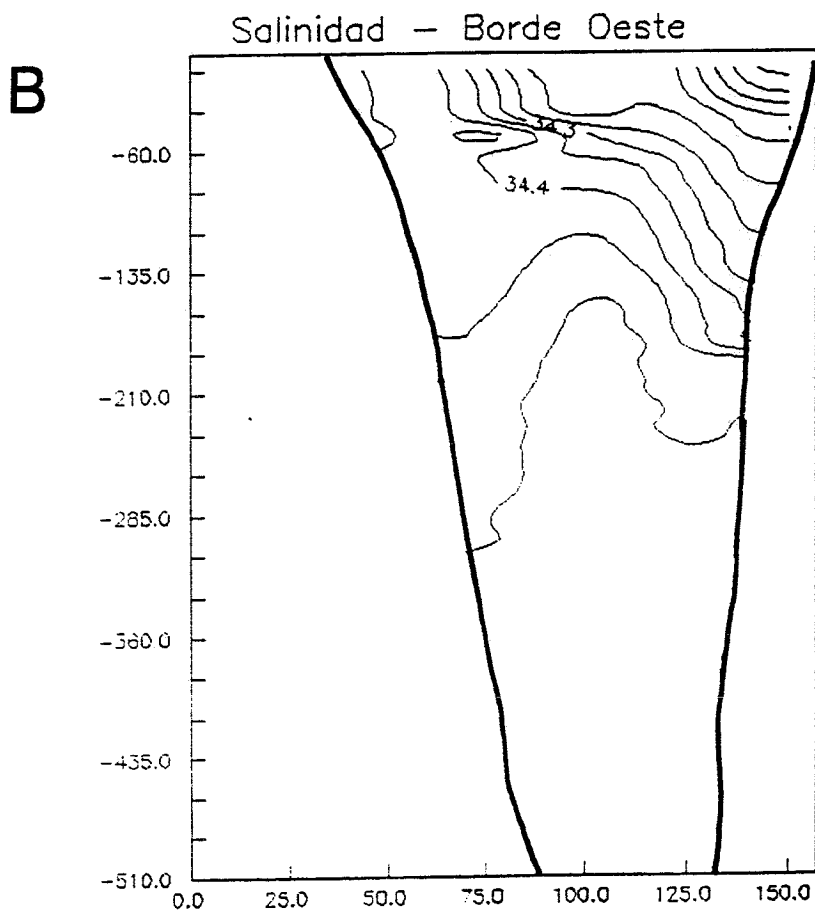
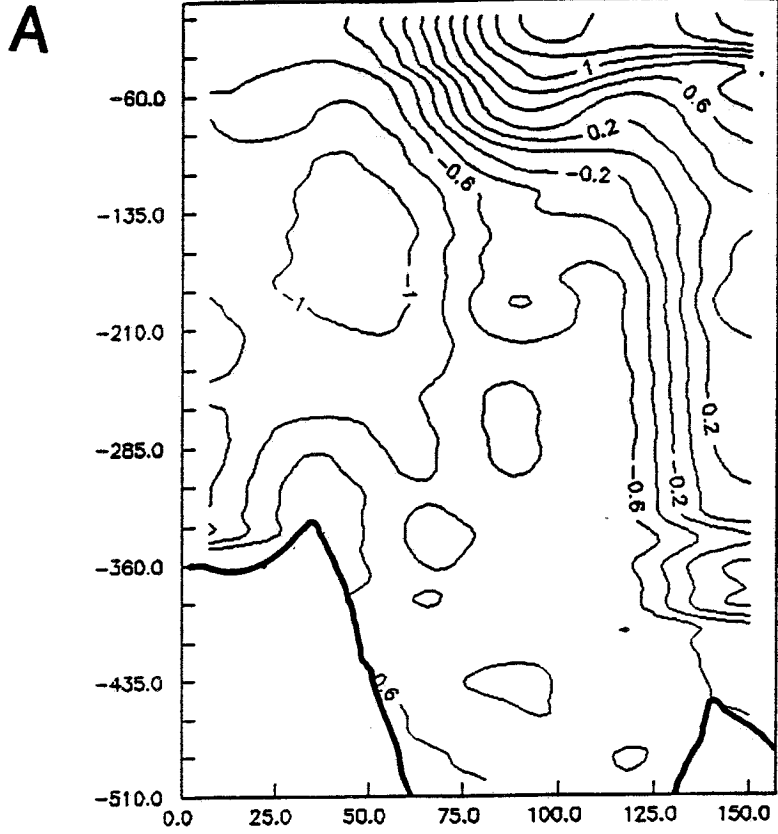


Figura 8. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde oeste" del dominio de análisis (transecto isla d'Urville - isla King George). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Temperatura - Corte Central



ECOANTAR 94: Vert. Sec. S-N

Salinidad - Corte Central

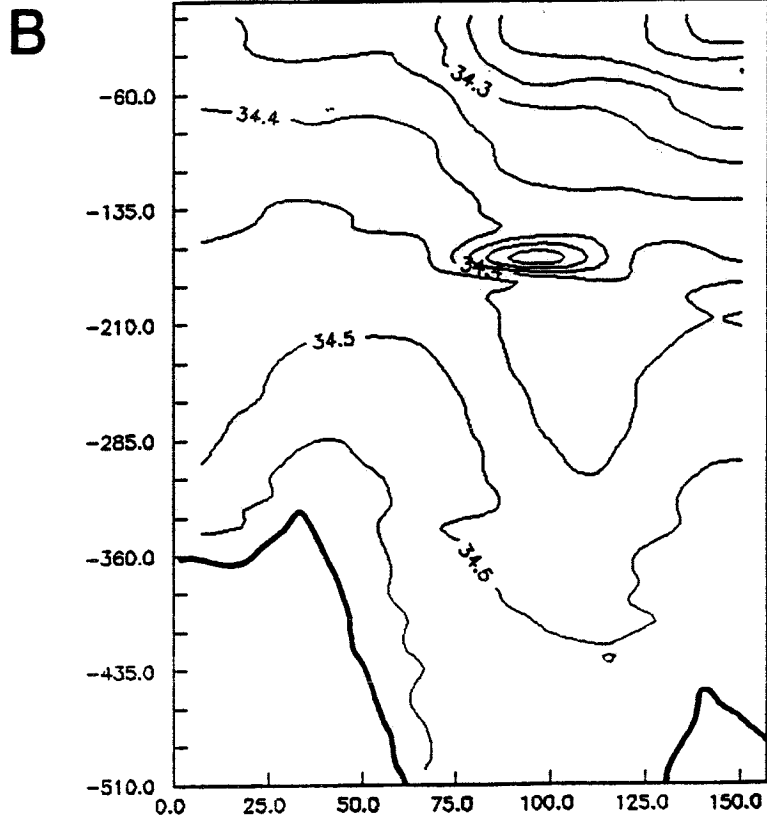
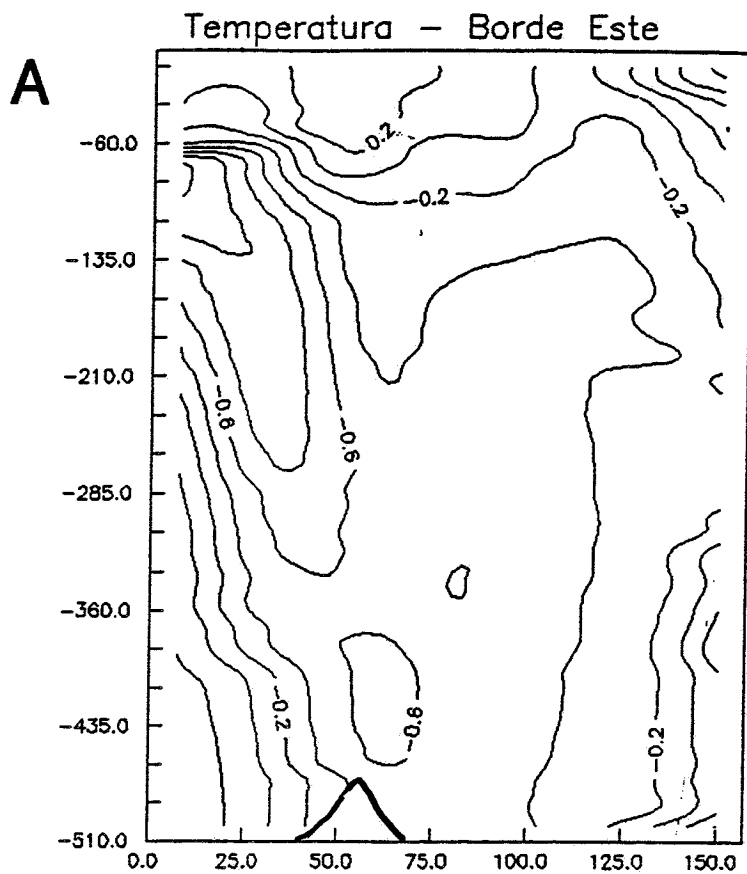


Figura 9. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "corte central" del dominio de análisis (perpendicular al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

ECOANTAR 94: Vert. Sec. S-N



ECOANTAR 94: Vert. Sec. S-N

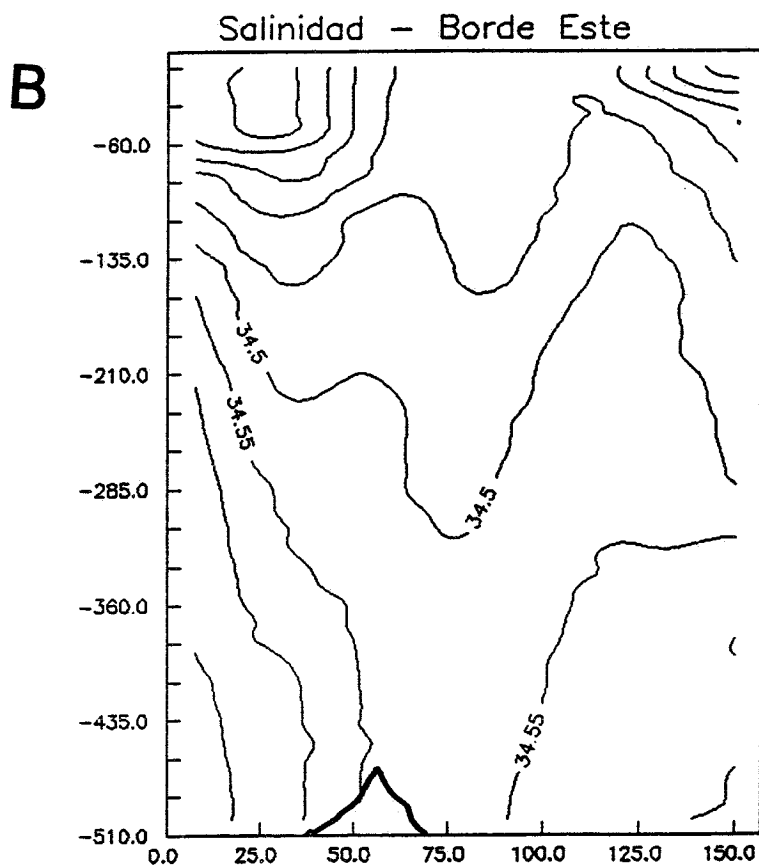
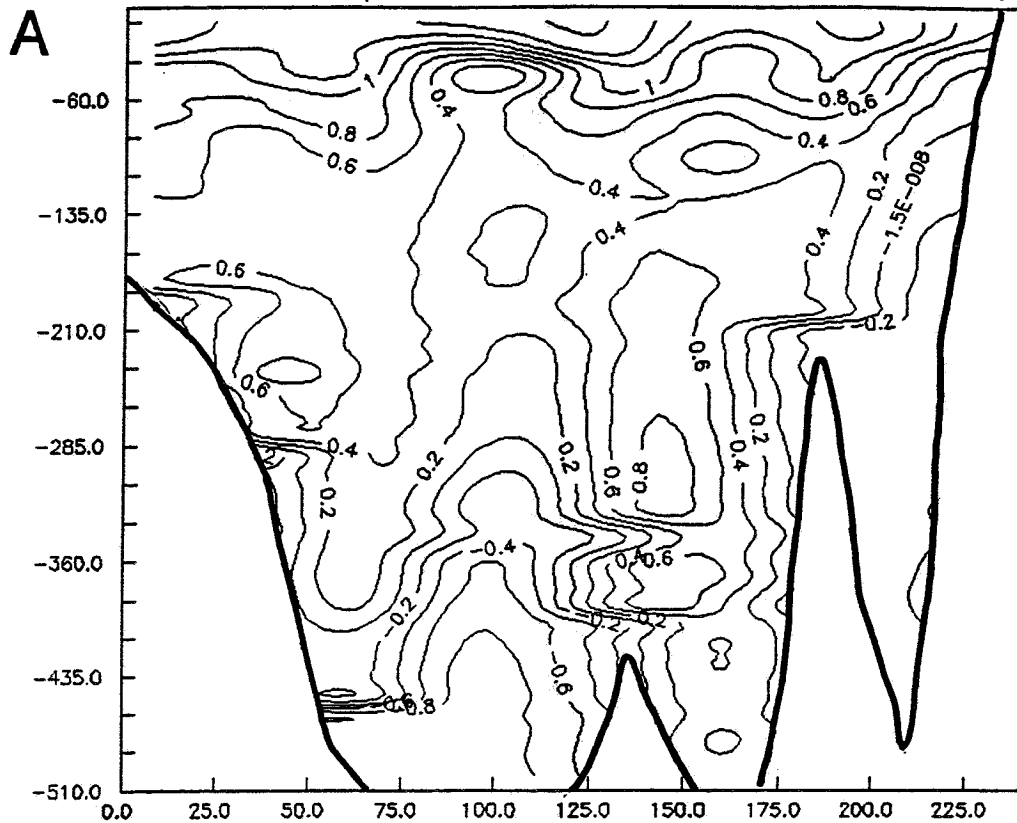


Figura 10. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde este" del dominio de análisis (perpendicular al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Temperatura - Borde Norte



ECOANTAR 94: Vert. Sec. W-E

Salinidad - Borde Norte

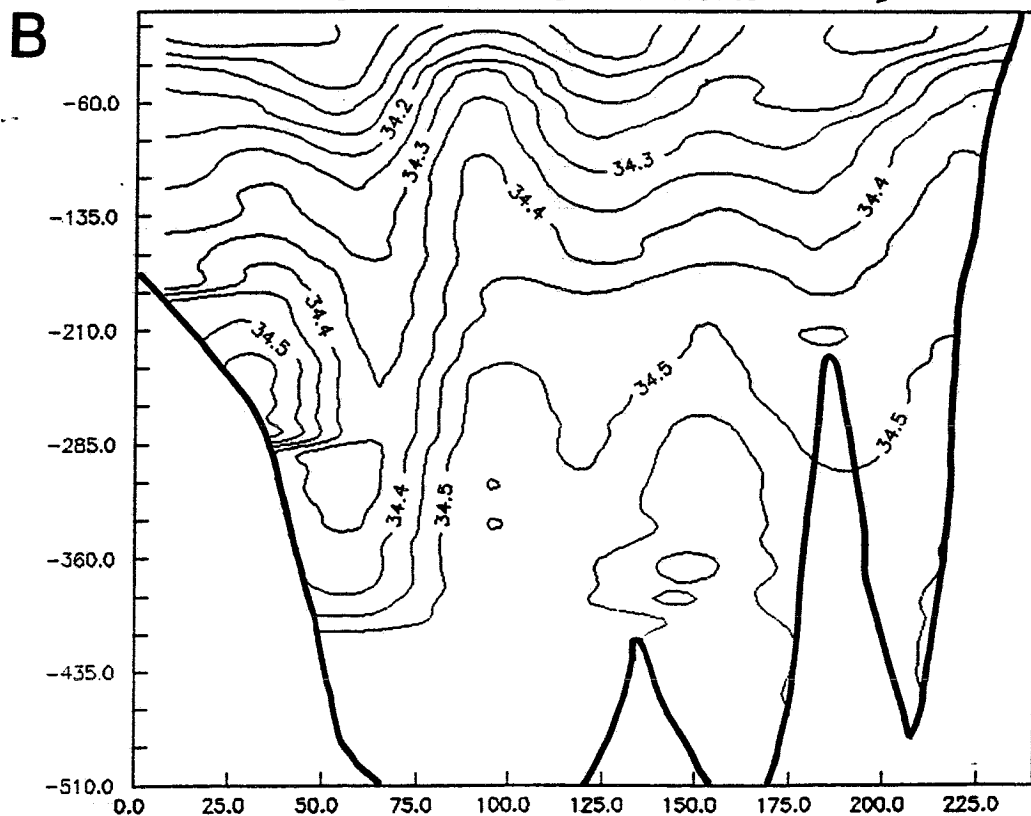
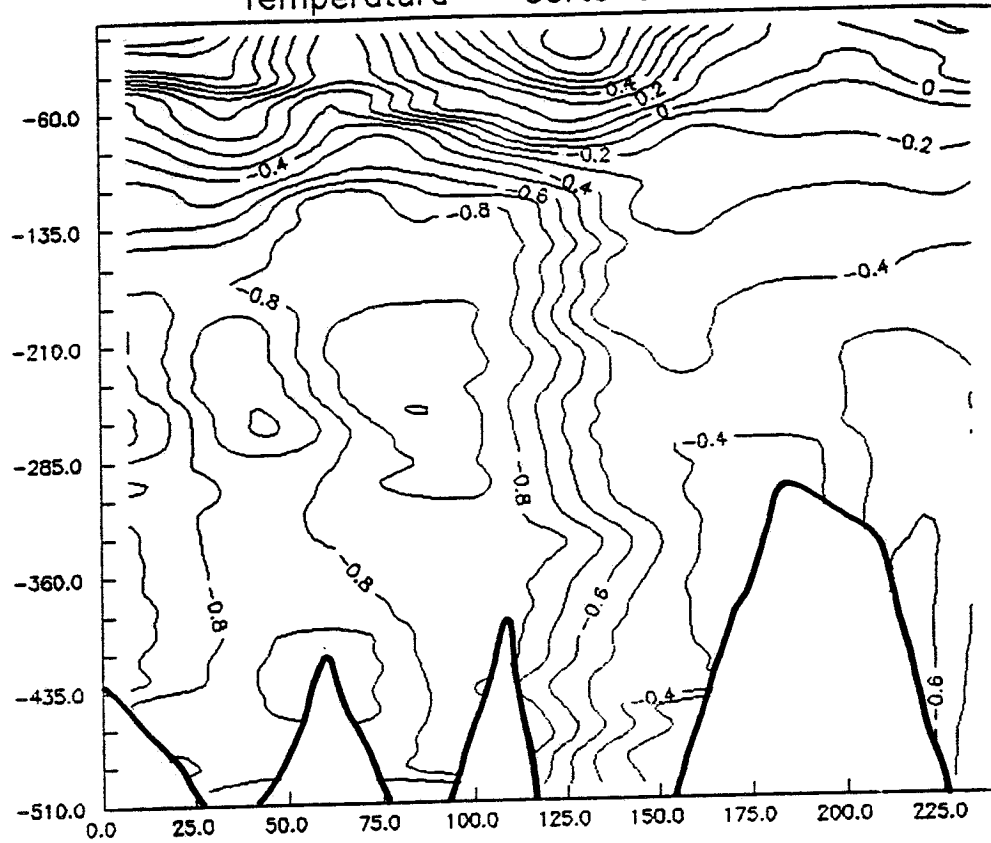


Figura 11. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde norte" del dominio de análisis (paralelo al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

ECOANTAR 94: Vert. Sec. W-E

Temperatura - Corte Central

A



ECOANTAR 94: Vert. Sec. W-E

Salinidad - Corte Central

B

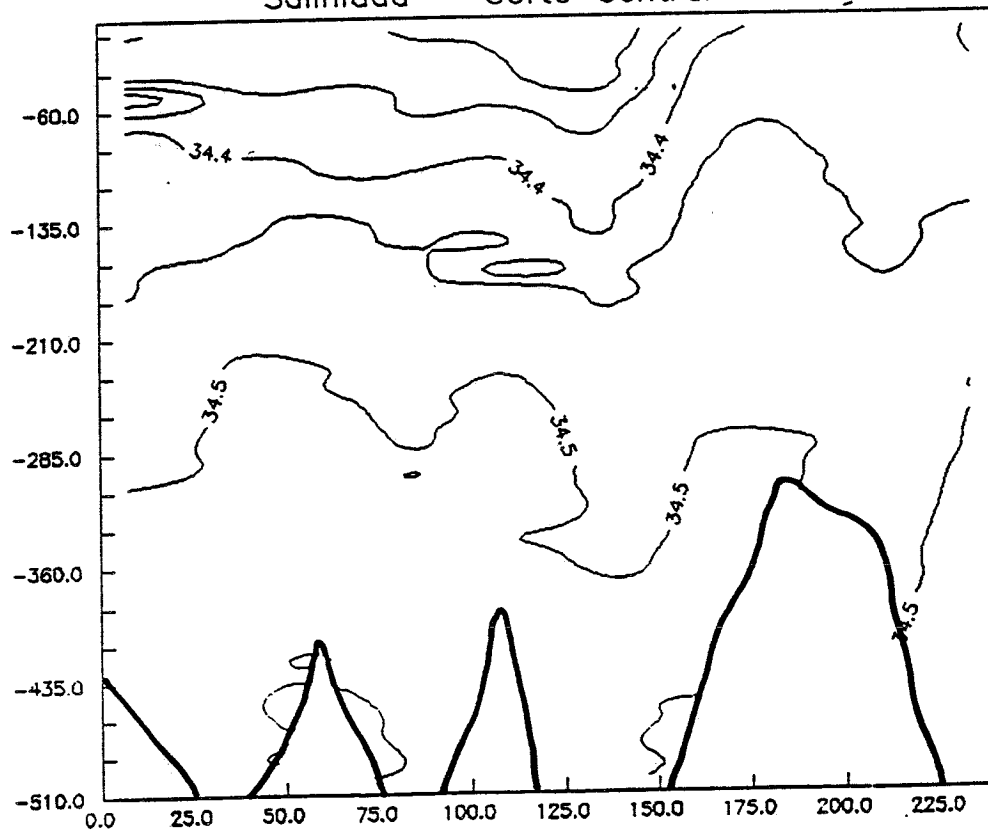
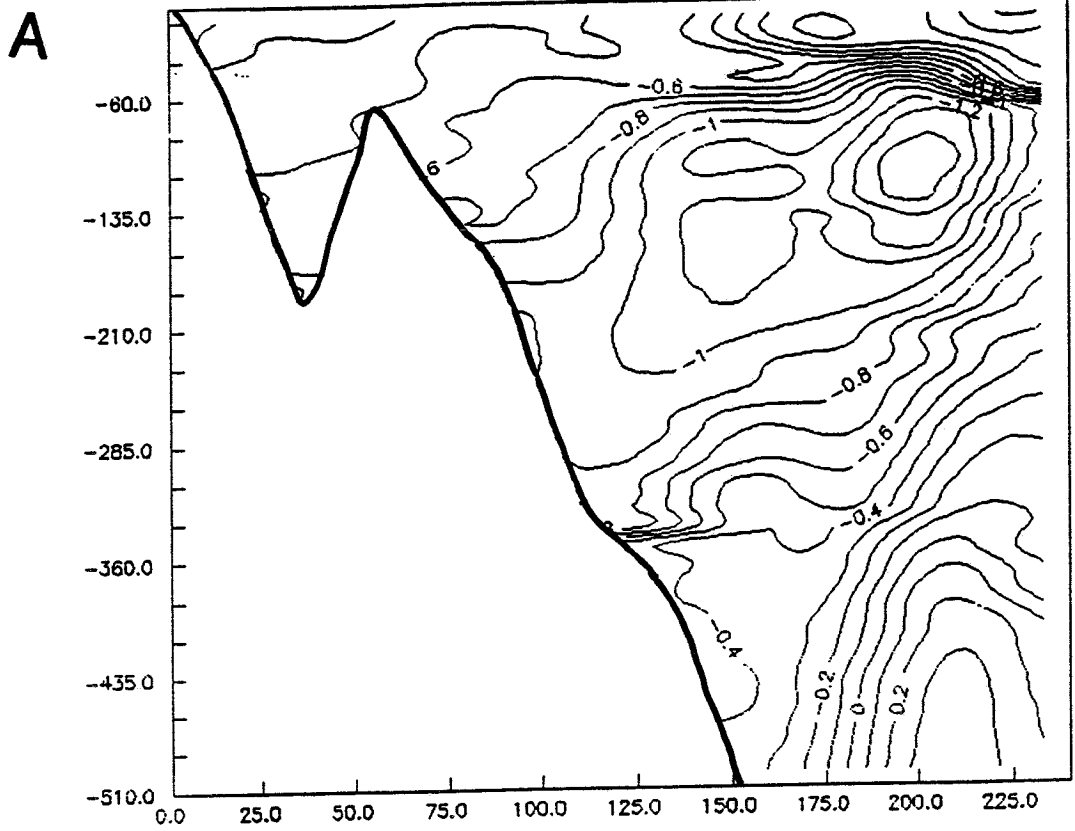


Figura 12. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "corte central" del dominio de análisis (paralelo al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

ECOANTAR 94: Vert. Sec. W-E

Temperatura - Borde Sur



ECOANTAR 94: Vert. Sec. W-E

Salinidad - Borde Sur

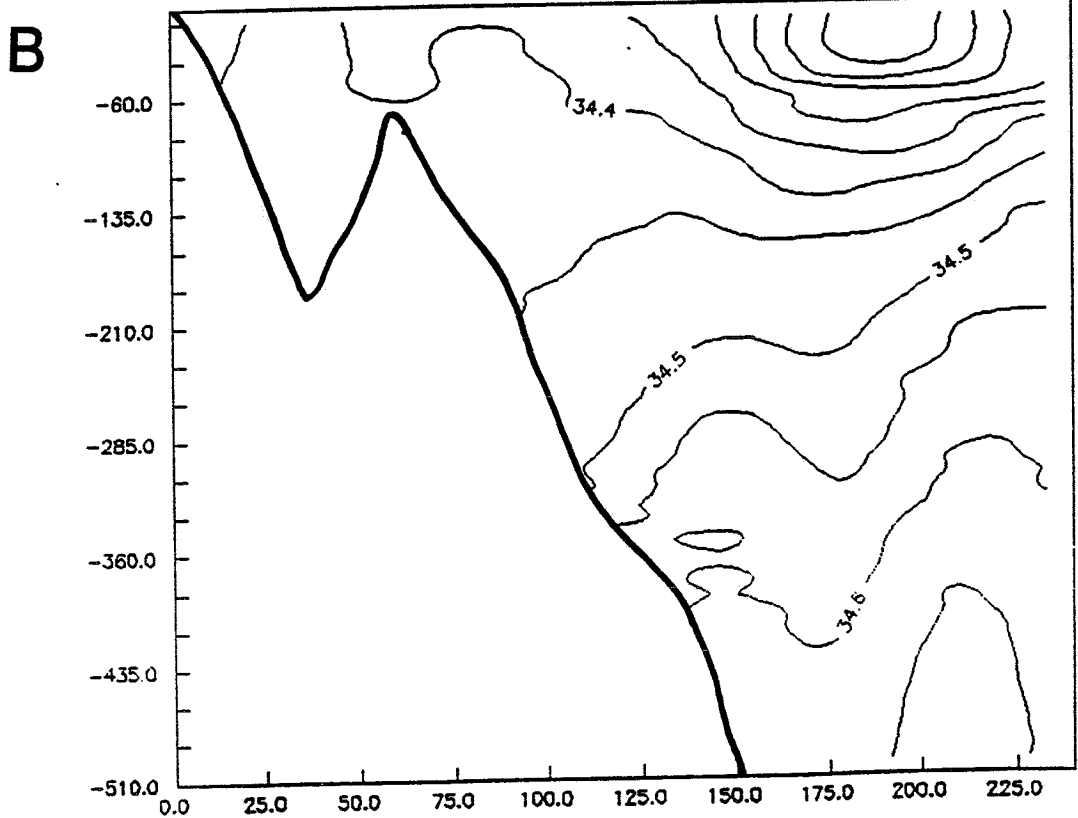


Figura 13. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde sur" del dominio de análisis (paralelo al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Corriente Geostrófica (cm/s) a 5/500 dbar

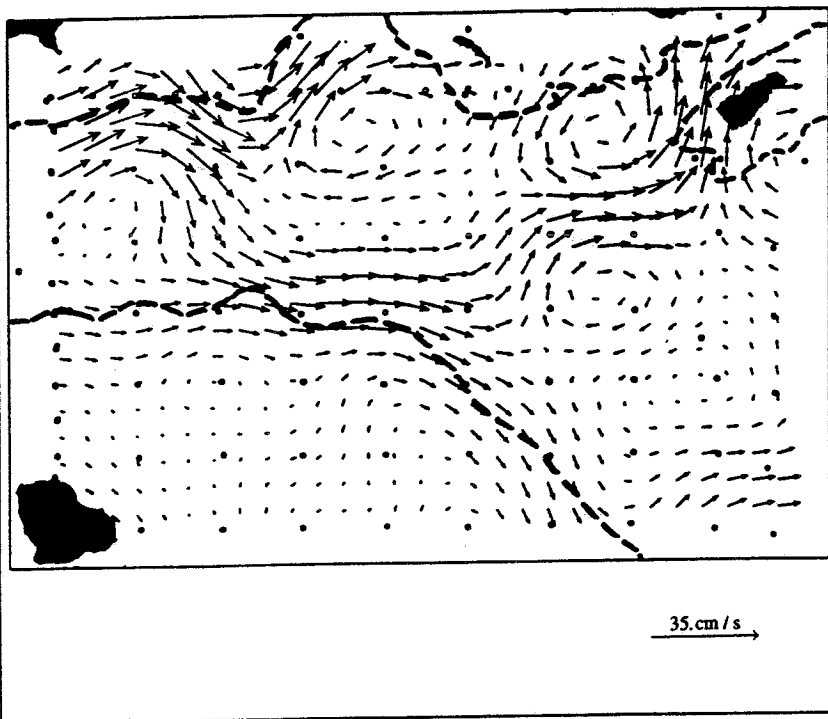


Figura 14. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrófica a 5 dbar relativa a 500 dbar.

ECOANTAR 94: ANALISIS ESPACIAL PRELIMINAR

Corriente Geostrófica (cm/s) a 50/500 dbar

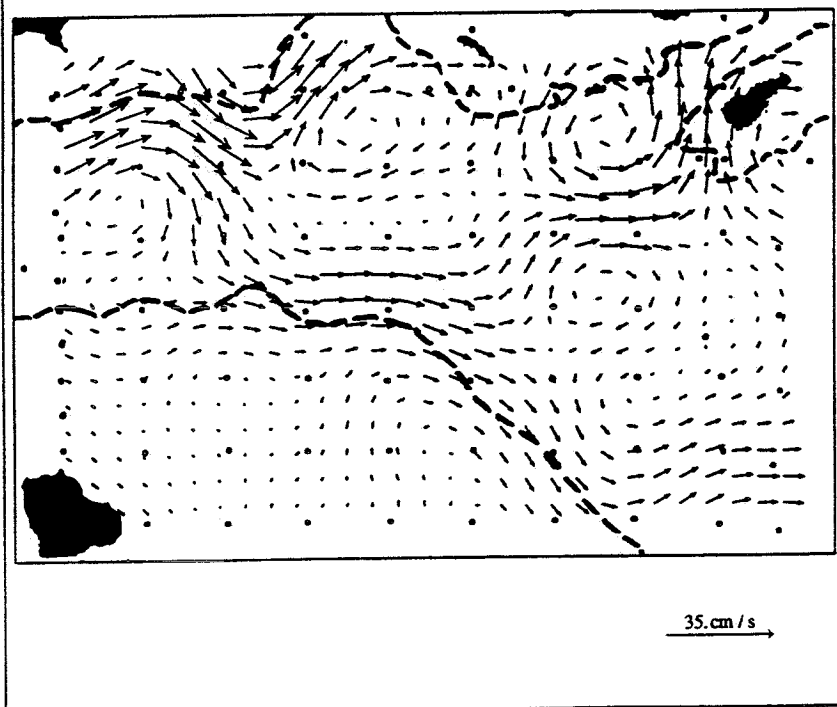


Figura 15. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrófica a 50 dbar relativa a 500 dbar.

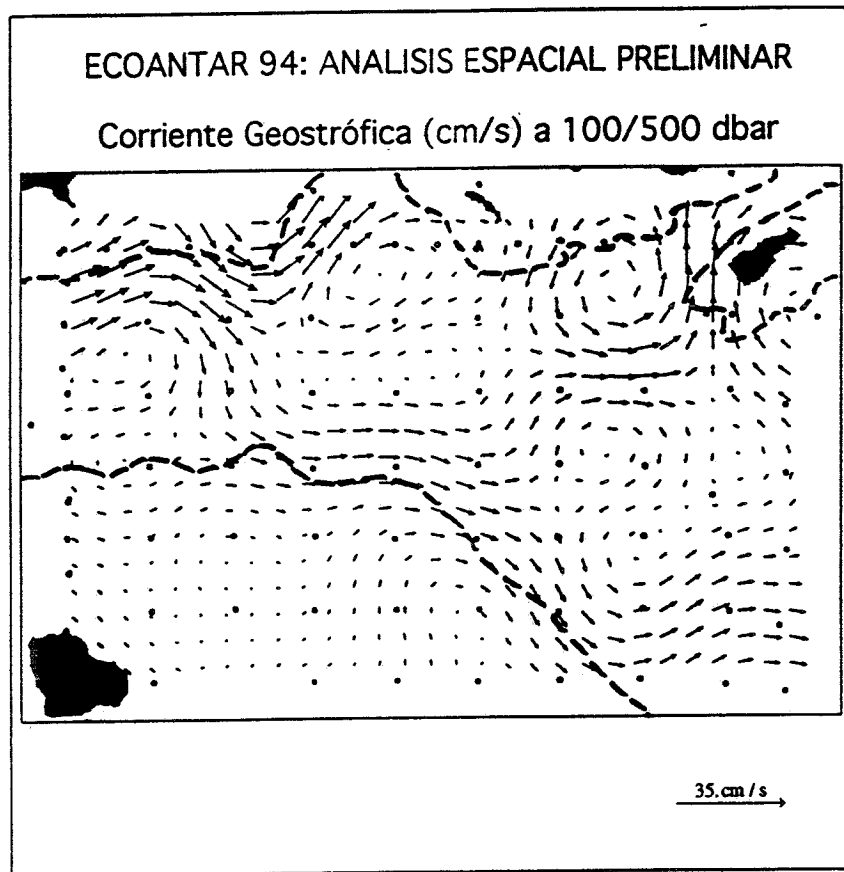


Figura 16. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrófica a 100 dbar relativa a 500 dbar.

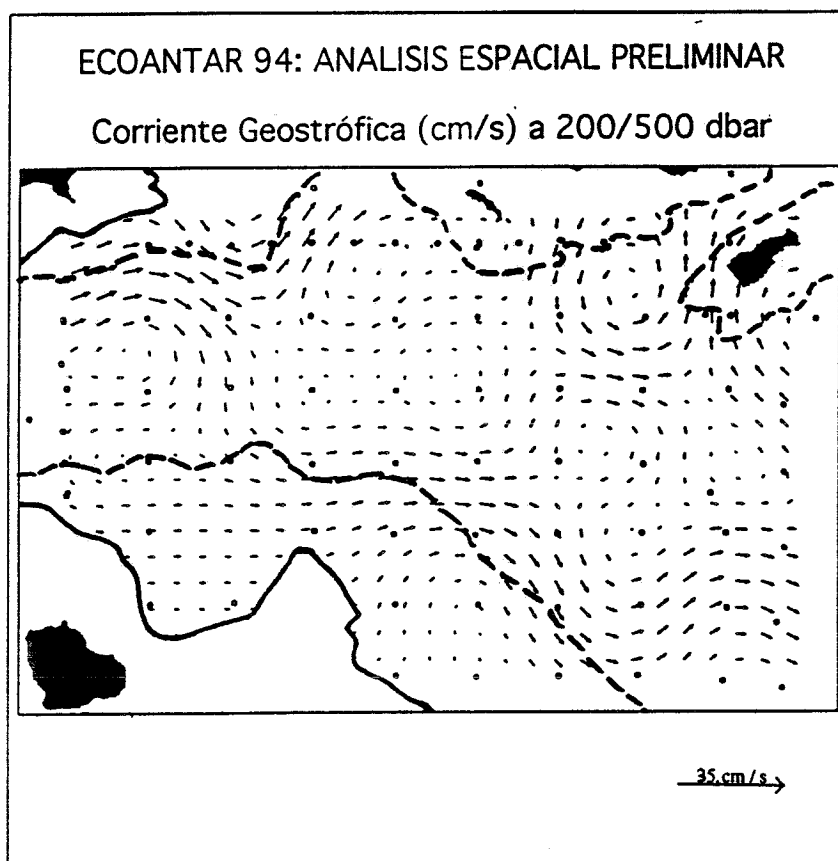


Figura 17. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrófica a 200 dbar relativa a 500 dbar.

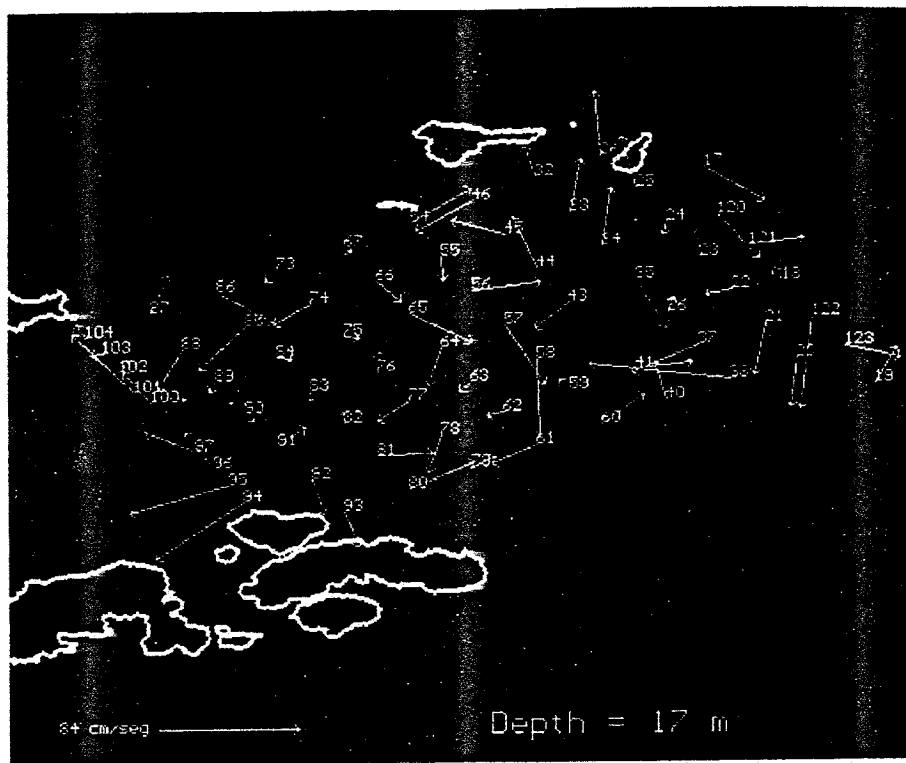


Figura 18. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 17 m.

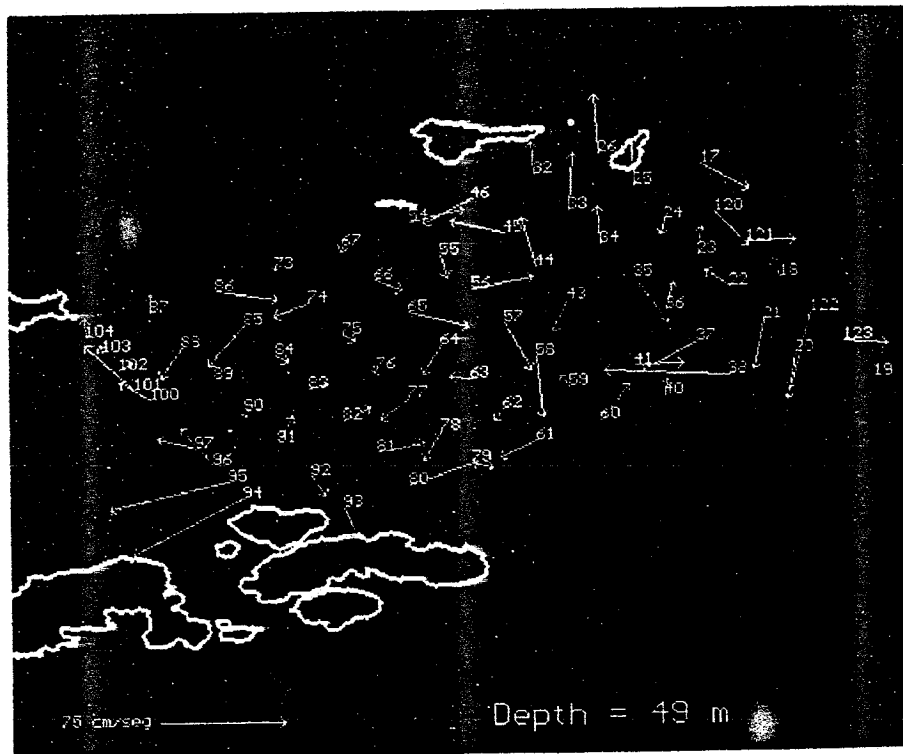


Figura 19. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 49 m.



Figura 20. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 97 m.

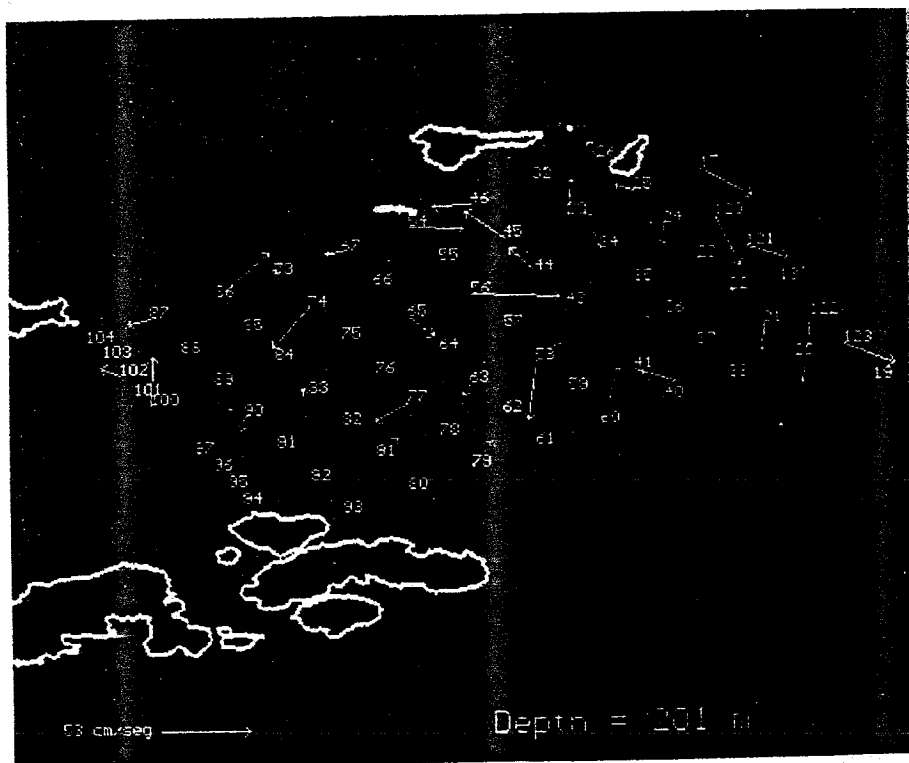


Figura 21. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 201 m.

5.2. ECOANTAR-94. NUTRIENTES

José A. Fernández (UM), Roser Ventosa (ICM)

5.2.1. INTRODUCCIÓN

En Oceanografía es fundamental conocer la concentración de determinados iones presentes en el agua de mar. Algunos de ellos se usan como marcadores de masas de agua, otros son constituyentes esenciales de la biomasa, y muchas veces la carencia de uno de ellos limita la manutención y el crecimiento de las comunidades de microalgas que forman el plancton. Las zonas frontales del Océano Antártico corresponden no sólo a estructuras hidrográficas bien definidas, sino que constituyen también límites importantes en la distribución de nutrientes (Jones *et al.*, 1990). Debido al intenso afloramiento que tiene lugar en la Divergencia Antártica, las capas de agua superficiales presentan concentraciones considerables de nutrientes que, generalmente, no llegan a ser consumidos hasta alcanzar concentraciones limitantes. De particular interés es la distribución de silicatos, cuyo ciclo en aguas antárticas presenta características muy particulares (Jones *et al.*, 1990; Tréguer y Van Bennekom, 1991).

5.2.2. ACTIVIDADES REALIZADAS

A lo largo de la Campaña, se han analizado las concentraciones de silicato, fosfato, nitrato, nitrito y amonio en 64 estaciones ordinarias y 15 correspondientes a tres ciclos de 24 horas. Se tomaron muestras de todas las profundidades en las que se obtuvo agua.

Los análisis se realizaron en un analizador de flujo continuo Skalar, modelo San-Plus, dotado de cuatro canales. En un primer paso de las muestras se determinaban simultáneamente nitrato, silicato, fosfato y amonio; en un segundo paso de las mismas muestras, se determinaba la concentración de nitrito. Los métodos utilizados fueron los siguientes:

Silicatos.

Su determinación se basa en la reducción del complejo silicomolibdato en solución ácida, por ácido ascórbico. Se usa ácido oxálico para eliminar la interferencia con los fosfatos.

Fosfatos.

Molibdato amónico y tartrato de antimonio y potasio reaccionan en medio ácido con los fosfatos para formar ácido fosfomolibdico, que es reducido por ácido ascórbico para dar un color azul.

Nitratos y nitritos.

Los nitratos son reducidos a nitrito mediante una columna de Cd-Cu. Los nitritos forman una sal de diazonio en presencia de sulfanilamida y n-naftil-etilendiamina en medio ácido. Los nitritos se determinan de la misma forma obviando el paso por la columna reductora.

Amonio.

El método se basa en la reacción de Berthelot, en la cual el amonio forma un compuesto verde, en presencia de dicloroisocianurato sódico en medio alcalino. Una línea con salicilato elimina virtualmente la precipitación de hidróxidos de calcio y magnesio. El nitroprusiato sódico se usa para aumentar la sensibilidad del método.

5.2.3. RESULTADOS PRELIMINARES

El agua antártica se caracteriza por contener altas concentraciones de silicatos (entre 70 y 110 μM) que ordinariamente se incrementa en los muestreos profundos. Las concentraciones halladas en superficie durante la campaña fueron $> 40 \mu\text{M}$, excepto en las estaciones situadas al norte del Frente Polar y al norte de la Confluencia Weddell- Escocia (Fig. 22).

El fosfato mostró agotamientos locales en muchas estaciones del Estrecho de Bransfield, en las que llegó a estar por debajo del límite de detección del método. Esta observación podría indicar, al menos en esta época del año, una limitación de la producción primaria por fósforo.

El nitrato se presentó en concentraciones relativamente altas (entre 8 y 15 μM) aunque en las aguas superficiales de algunas estaciones llegó a bajar a 2-3 μM .

La concentración de nitritos fue extremadamente baja y nunca supero los 0.3-0.4 μM . En agua profunda, la concentración era indetectable.

La concentración de amonio osciló entre 0.5 y 5 μM , con los valores más elevados en zonas de alta actividad biológica y prácticamente indetectable en aguas profundas.

5.2.4. REFERENCIAS

JONES, E. P., NELSON, D. M., TRÉGUER, P. 1990. Chemical Oceanography. En: W. O. Smith, (ed.). Polar Oceanography. Part B. Chemistry, Biology and Geology. Academic Press, San Diego, pp. 407-476.

TRÉGUER, P., VAN BENNEKOM, A. J. 1991. The annual production of biogenic silica in the Antarctic Ocean. Mar. Chem., 35: 449-459.

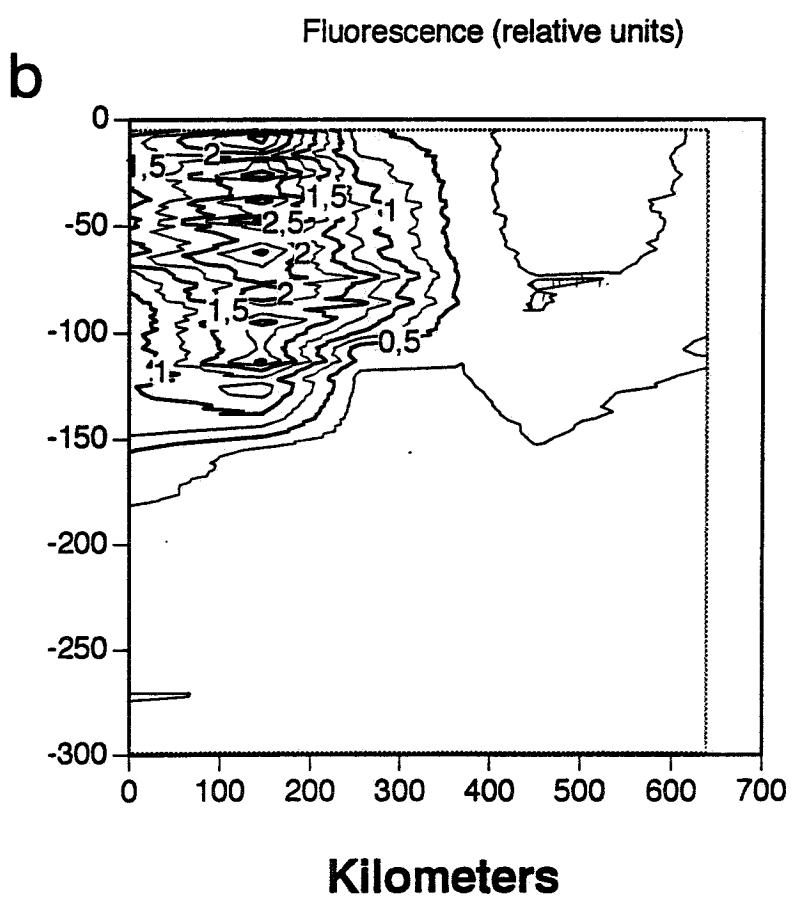
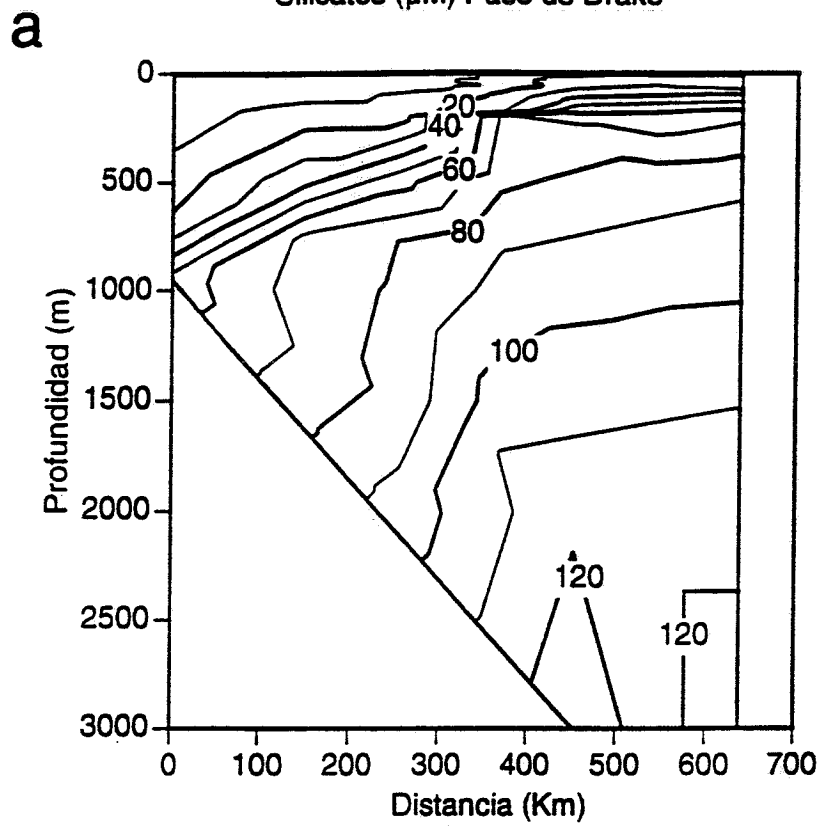


Figura 22. Estrecho de Drake. Diagrama de contornos para la distribución de silicato (σM , arriba) y de fluorescencia (abajo).

5.3. ECOANTAR 94. MICROORGANISMOS HETEROTRÓFICOS

Joan Isidre Calderon, Núria Guixa, Carlos Pedrós-Alió, Dolors Vaqué
(ICM)

5.3.1. INTRODUCCIÓN

La diversidad del bacterioplancton es prácticamente desconocida. No se sabe ni el número de especies presentes ni sus abundancias relativas (Pedrós-Alió, 1993). Uno de los objetivos del grupo en esta campaña era comprobar si la diversidad del bacterioplancton sigue los mismos patrones que la de otros grupos mejor conocidos.

Estudios previos realizados en la Antártida, sugieren un enlentecimiento de la actividad del bucle microbiano debido a las bajas temperaturas (Pomeroy *et al.*, 1990). Sin embargo, otros trabajos muestran una relativamente alta productividad biológica en esta zona. Nos podríamos preguntar: Primero, ¿Cómo se mantiene dicha productividad si algunos de los procesos biológicos están casi inhibidos? Segundo, ¿Están estos procesos microbianos realmente inhibidos?, o por el contrario estos microorganismos tienen su actividad óptima a bajas temperaturas? Dadas las anteriores preguntas, se pretendía investigar:

- a) Las relaciones entre la producción primaria y la producción bacteriana.
- b) La magnitud de los flujos de carbono a través de la red trófica microbiana, en distintas masas de agua antárticas.

5.3.2. ACTIVIDADES REALIZADAS

5.3.2.1. Determinación de la diversidad bacteriana a lo largo de gradientes hidrográficos.

Se eligieron tres transectos que cruzaban distintas masas de agua y presumiblemente diferentes ecosistemas: El primero entre el Cabo de Hornos y las islas Shetland del Sur (estaciones Drake-1 a Drake-7) y los otros dos desde el margen de hielo hasta la confluencia Weddell-Escocia (estaciones 7-13 y 14-19). En cada estación de estos transectos se tomaron muestras de 20 L de dos profundidades (una en la superficie y otra junto al máximo profundo de clorofila), se filtraron consecutivamente por redes de 200, 20 y 5 μm de diámetro de poro, y se concentraron mediante flujo tangencial hasta obtener unos 20 mL con el plancton de tamaño entre 5 y 0.1 μm . Estas muestras se congelaron en nitrógeno líquido para el posterior análisis del RNA de bajo peso molecular en Barcelona. **Nota: Sobre el destino de estas muestras, véase el anexo 1.**

5.3.2.2. Determinación de los flujos de carbono a través de la red trófica microbiana en distintas masas de agua antárticas.

Se tomaron muestras para la determinación de la biomasa microbiana y de las actividades heterotróficas de los microorganismos en las estaciones de los tres transectos mencionados, en las del margen del hielo (estaciones 1-7) en dos estaciones nictemerales y en todas aquellas de la red hidrográfica en las que se realizó producción primaria. En cada estación se muestrearon seis profundidades. La biomasa total microbiana (menor de 200 μm) se determinó a bordo mediante la medida de la concentración del ATP particulado. Asimismo, se determinó a bordo la actividad bacteriana heterotrófica mediante la incorporación de

leucina tritiada. Se tomaron muestras para la determinación de la abundancia y biomasa de virus, bacterias y flagelados. Estas muestras se filtraron a bordo y se congelaron los filtros, que se analizarán en Barcelona por microscopía de epifluorescencia. También se tomaron muestras para determinar la concentración de ciliados en estaciones seleccionadas. En dos profundidades de cada una de estas estaciones se llevaron a cabo experimentos con minicélulas marcadas fluorescentemente para determinar la intensidad de la predación sobre bacterias por ciliados y flagelados. Además se estudió el efecto de la temperatura (-1 a +11°C) sobre la predación de ciliados y flagelados sobre bacterias.

5.3.2.3. Cuantificación de la importancia de la producción bacteriana y su relación con la producción primaria en distintas áreas antárticas.

Se determinó la producción bacteriana heterotrófica mediante la incorporación de leucina tritiada. Se hicieron experimentos para determinar la concentración saturante de leucina (6 experimentos), la dilución del isótopo (3), el período de incorporación lineal (1), y la respuesta de la incorporación a distintas temperaturas entre -2 y +15°C (3). También se realizó una serie de experimentos en microcosmos, para determinar la respuesta del bacterioplancton a la adición de nutrientes inorgánicos y de materia orgánica (3), la relación entre la incorporación de leucina por una parte, y el crecimiento celular, de biomasa y la relación carbono-nitrógeno de las bacterias por otra (3), el impacto de los flagelados sobre el crecimiento y actividad bacteriana (1) y el posible impacto de un concentrado de virus sobre el fito- y el bacterioplancton (1). Finalmente, se estudió la evolución de la producción bacteriana a distintas profundidades durante dos ciclos día-noche.

Gracias a las medidas de producción bacteriana realizadas simultáneamente con las de producción primaria en unas 30 estaciones, se podrá determinar la proporción de la última que circula a través de la red trófica microbiana. Junto con los resultados de los experimentos en microcosmos, se podrá determinar el (o los) factores que limitan el crecimiento bacteriano en aguas antárticas.

5.3.3. RESULTADOS PRELIMINARES

5.3.3.1. Paso de Drake

El único estudio microbiológico realizado en esta zona es el de Hanson et al. (Hanson et al. 1983a, 1983b, Hanson & Lowery 1983). Estos autores estudiaron un transecto entre el borde del hielo (hacia los 61 °S) y el Cabo de Hornos en Octubre de 1980 y una quincena de estaciones en el centro del Paso (sobre todo en la zona polar frontal) en Enero de 1980.

Los únicos datos recogidos en el transecto fueron recuentos totales de bacterias y la frecuencia de células en división (FDC). Resultaba, por tanto, de interés el aprovechar el viaje del Hespérides a través del Paso de Drake para analizar de nuevo la biomasa y actividad bacterianas. Estos datos duplicarían la información sobre la zona y aportarían estimas de producción bacteriana mediante una técnica supuestamente más fiable que la FDC. Se ocuparon siete estaciones y se determinaron las concentraciones de ATP, bacterias y la incorporación de leucina tritiada a 6 profundidades distintas entre 0 y 200 m.

Los perfiles verticales se presentan, junto a la clorofila, en las figuras 23 y 24 con el

fin de ilustrar detalladamente cada estación. Para tener una imagen sinóptica se han realizado diagramas de contornos en las figuras 25 y 26.

La abundancia bacteriana fue bastante constante, variando entre 1 y 6×10^5 bacterias mL⁻¹. Estos valores son muy parecidos a los encontrados por Hanson et al. (1983a).

Los valores de ATP oscilaron entre 10 y 700 ng L⁻¹, valores bastante superiores a los encontrados por Hanson et al. (1983b) en la zona frontal polar (entre 10 y 80 ng L⁻¹). Sin embargo, esta zona fue precisamente la que mostró valores más bajos en el presente estudio, mientras que los valores altos aparecieron sobre todo en las aguas superficiales (hasta 50 m) de la zona subantártica, zona no considerada por Hanson et al. (1983b). Karl et al. (1991) realizaron determinaciones de ATP en la zona más meridional del Paso, encontrando valores similares a los máximos de la presente campaña, pero en la zona donde el presente estudio solo detectó alrededor de 100 ng L⁻¹.

Los valores de incorporación de leucina fueron extremadamente bajos, entre 0 y 150 ngC L⁻¹ día⁻¹, mientras que Hanson et al. encontraron valores de producción bacteriana a partir de la FDC entre 620 y 17100 ngC L⁻¹ día⁻¹, y solamente en la zona subantártica del Pacífico encontraron valores similares (entre 0.2 y 54 ngC L⁻¹ día⁻¹).

Los valores de ATP y clorofila siguieron un patrón de variación similar en general. Sin embargo, en algunos puntos concretos se observaron grandes discrepancias entre ambos parámetros (por ejemplo, estación 2 a 40 m o estación 5 a 70 m). Habrá que esperar a disponer de los valores de biomasa de los restantes componentes del plancton para interpretar estas discrepancias.

Un primer examen de los diagramas de contornos resalta enseguida las diferencias entre las aguas al norte y al sur del Frente Polar. Al norte de este frente, la biomasa es mayor: tanto la clorofila como el ATP o el número de bacterias alcanzan sus mayores valores en esta zona y tiene sus mínimos al sur del frente. En segundo lugar, la distribución vertical de estos parámetros es también distinta a ambos lados del frente. En la zona septentrional, clorofila y bacterias muestran una distribución prácticamente uniforme hasta los 200 m. Al sur del frente, cada parámetro muestra una distribución distinta. El ATP tiene sus valores más altos en las aguas más frías (entre +1 y -1 °C) subsuperficiales, la clorofila es muy baja en todas las profundidades, pero muestra un pequeño máximo en la zona más profunda (120 a 180 m). El número de bacterias es esencialmente constante y la incorporación de leucina tiene sus valores más altos entre 20 y 80 m y disminuye con la profundidad. Por otra parte, la relación de biomasa de autótrofos a biomasa total o a número de bacterias es diferente a ambos lados del frente, como puede verse en la fig. 31.

5.3.3.2. Mar de Weddell

En el mar de Weddell se han realizado dos estudios de interés microbiológico: el proyecto AMERIEZ que incluyó campañas en primavera de 1983 y otoño de 1986 (Sullivan et al. 1990, Cota et al. 1990) y la campaña EPOS en el verano 1988-89 (Bjørnsen & Kuparinen 1991a, b, Kuparinen & Bjørnsen 1992a, b). En el primer proyecto se realizaron diversos transectos desde la zona de banquisa hasta el mar abierto en diferentes estaciones del año y con dos barcos simultáneamente, durante los que se analizaron la clorofila a,

producción primaria, abundancia de bacterias, producción bacteriana e incorporación de uridina. En el segundo proyecto se determinó la abundancia bacteriana y su producción mediante la incorporación de leucina y timidina. Además se realizaron experimentos a bordo para estimar distintos factores de conversión, la actividad bacterívora de ciliados y flagelados y el efecto de adiciones de nutrientes sobre las bacterias.

En la campaña ECOANTAR-94 se estudiaron en detalle dos transectos desde el mar de Escocia hasta el borde del hielo (estaciones 7-13 y 19-14) que son comparables a los de los proyectos AMERIEZ y EPOS. En estos transectos se determinó la biomasa bacteriana, la producción a través de la incorporación de leucina, la abundancia de flagelados y la concentración de ATP. A dos profundidades, correspondientes a la superficie y al máximo de clorofila, se tomaron muestras para determinar la concentración de ciliados y la bacterivoría.

Además de estos transectos se determinó la abundancia y actividad bacterianas, y la concentración de ATP en dos estaciones nictemerales y en 7 estaciones distribuidas por la red de estaciones muestreadas. Finalmente se realizaron 7 experimentos en microcosmos a bordo. Aquí solamente se presentan algunos de los resultados de los dos transectos.

En las figuras 27 y 28 se han representado los diagramas de contornos para el transecto 7-13 y en las figuras 29 y 30 para el transecto 19-14. En general, los valores de clorofila ($0.03-3.0 \mu\text{g L}^{-1}$) y abundancia bacteriana ($7 \times 10^4 - 1 \times 10^6 \text{ células L}^{-1}$) se movieron en un rango muy similar al de los estudios anteriormente mencionados. No existen valores comparables de ATP, pero los encontrados por Karl et al. (1991) en el estrecho de Gerlache son similares, aunque en general algo mayores (rango en Gerlache $100-2500 \text{ ng L}^{-1}$ frente a $14-1237$ en Weddell). Finalmente, los valores de producción bacteriana se hallaban en la parte inferior del rango de valores encontrado en estudios anteriores.

En cuanto a la distribución espacial, los dos transectos muestran un patrón similar y muy marcado. Los valores de todos los parámetros son moderados junto al borde de hielo y aumentan hasta sus valores máximos a unos 150 km del borde del hielo. A continuación se encuentra una zona de unos 150 km de extensión con valores mínimos y, finalmente, se recuperan valores moderados en la zona más septentrional. Parece claro que los primeros 300 km muestran el clásico máximo de clorofila y de actividad heterotrófica que va persiguiendo al punto de fusión del hielo hacia el sur durante la primavera y verano australes. Las diferencias tan marcadas entre la zona pobre y la de valores moderados más al norte podría corresponder a la transición entre el mar de Weddell y el de Escocia. Estos patrones se acomodan muy bien a la hidrografía de la zona.

5.3.4. REFERENCIAS

- Bjørnsen, P.K. & J. Kuparinen (1991a) Determination of bacterioplankton biomass, net production and growth efficiency in the Southern Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 71:185-194.
- Bjørnsen, P.K. & J. Kuparinen (1991b) Growth and herbivory by heterotrophic dinoflagellates in the Southern Ocean, studied by microcosm experiments. *Mar. Biol.* 109: 397-405.

- Cota, G.F., S.T. Kottmeier, D.H. Robinson, W.O. Smith Jr. & C.W. Sullivan (1990) Bacterioplankton in the marginal ice zone of the Weddell Sea: biomass, production and metabolic activities during austral autumn. *Deep-Sea Res.* 37: 1145–1167.
- Hanson, R.B. & H.K. Lowery (1983) Nucleic acid synthesis in oceanic microplankton from the Drake Passage, Antarctica: evaluation of steady-state growth. *Mar. Biol.* 73: 79–89.
- Hanson, R.B., D. Shafer, T. Ryan, D.H. Pope & H.K. Lowery (1983a) Bacterioplankton in Antarctic ocean waters during late austral winter: abundance, frequency of dividing cells, and estimates of production. *Appl. Environ. Microbiol.* 45: 1622–1632.
- Hanson, R.B., H.K. Lowery, D. Shafer, R. Sorocco & D.H. Pope (1983b) Microbes in Antarctic waters of the Drake Passage: vertical patterns of substrate uptake, productivity and biomass in January 1980. *Polar Biol.* 2: 179–188.
- Karl, D.M., O. Holm-Hansen, G.T. Taylor, G. Tien & D.F. Bird (1991) Microbial biomass and productivity in the western Bransfield Strait, Antarctica, during the 1986–87 austral summer. *Deep-Sea Res.* 38: 1029–1055.
- Kuparinen, J. & P.K. Bjørnsen (1992a) Spatial distribution of bacterioplankton production across the Weddell–Scotia Confluence during early austral summer 1988–1989. *Polar Biol.* 12: 197–204.
- Kuparinen, J. & P.K. Bjørnsen (1992b) Bottom-up and top-down controls of the microbial food web in the Southern Ocean: experiments with manipulated microcosms. *Polar Biol.* 12: 189–195.
- Pedros-Alió, C. 1993. Diversity of bacterioplankton. *Trends Ecol. Evolution*, 8: 86– 90.
- Pomeroy, L. R., Macko, S. A., Ostrom, P. H., Dunphy, J. (1990). The microbial food web in Arctic seawater: concentration of dissolved free amino acids and bacterial abundance and activity in the Arctic ocean in Resolute Passage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61, 31–40.
- Sullivan, C.W., G.F. Cota, D.W. Krempin & W.O. Smith Jr. (1990) Distribution and activity of bacterioplankton in the marginal ice zone of the Weddell–Scotia Sea during austral spring. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 239–252.

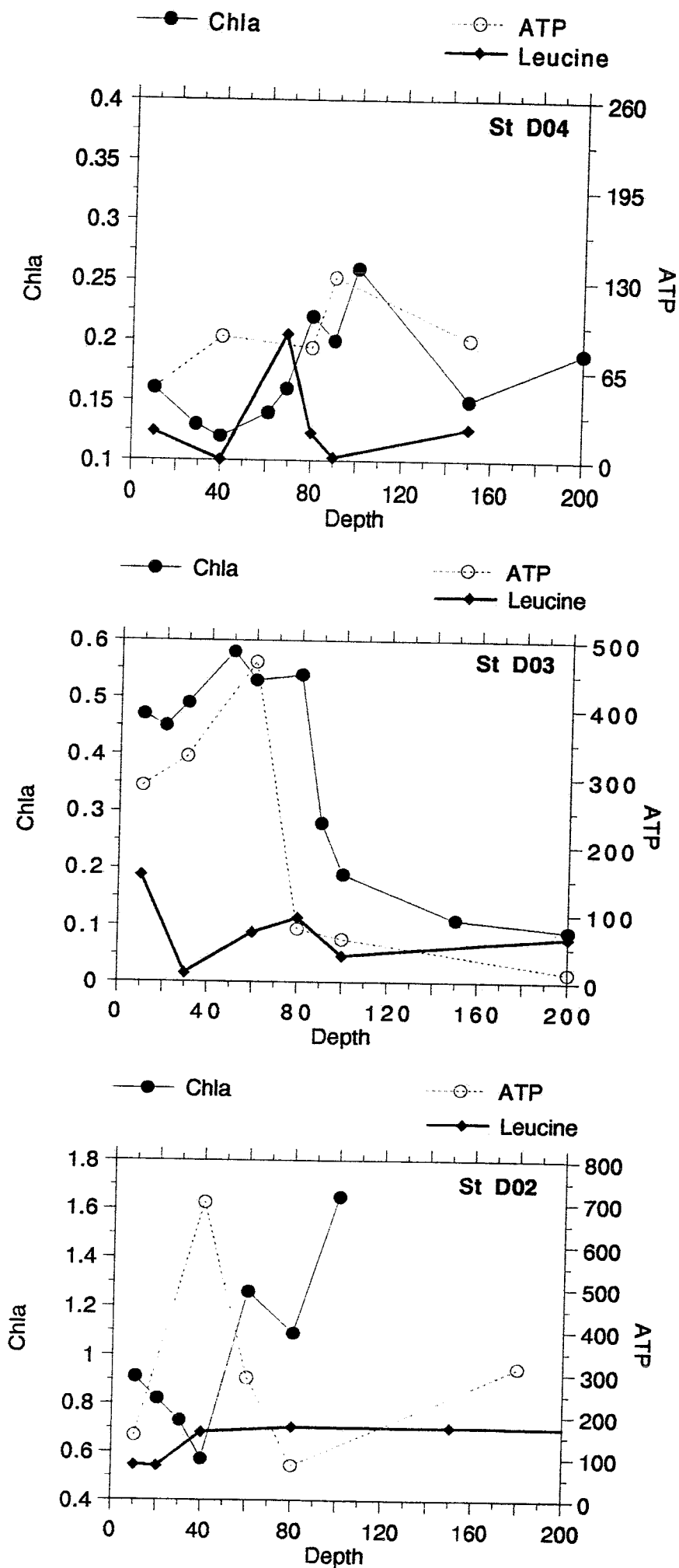


Figura 23. Perfiles verticales de clorofila a, ATP e incorporación de leucina en las estaciones 2, 3 y 4 del Paso de Drake.

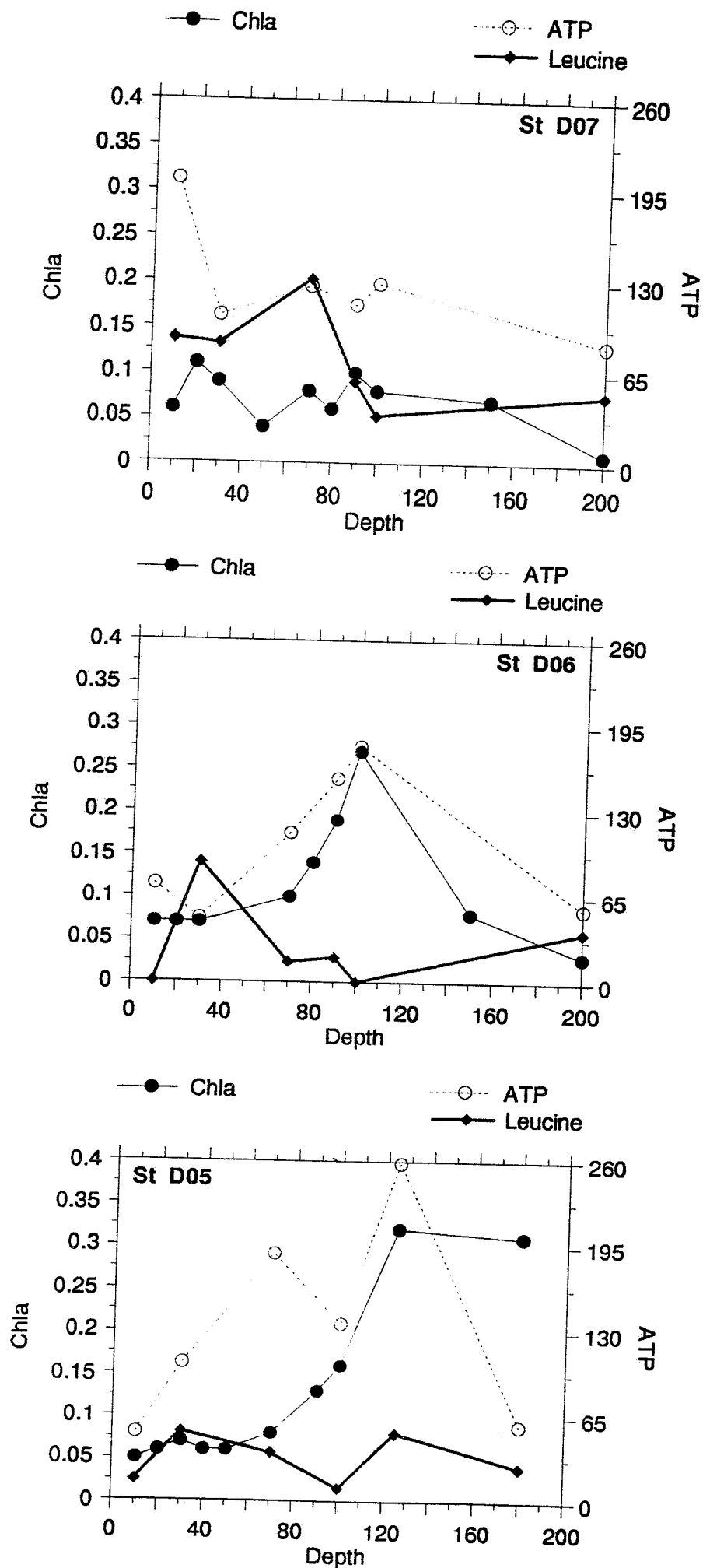


Figura 24. Perfiles verticales de clorofila a, ATP e incorporación de leucina en las estaciones 5, 6 y 7 del Paso de Drake.

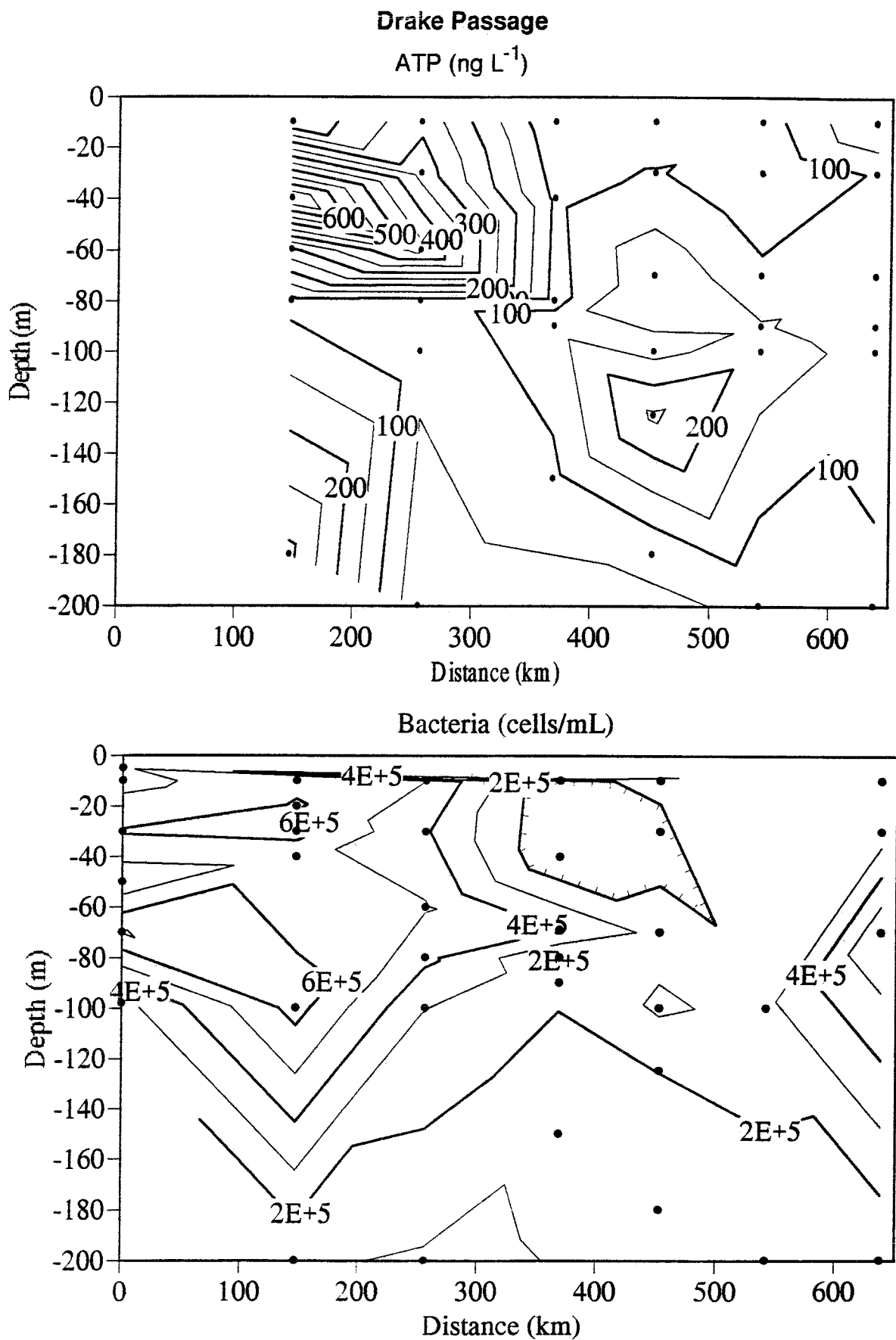


Figura 25. Diagrama de contornos para la concentración de ATP (arriba) y la abundancia bacteriana (abajo) en el Paso de Drake.

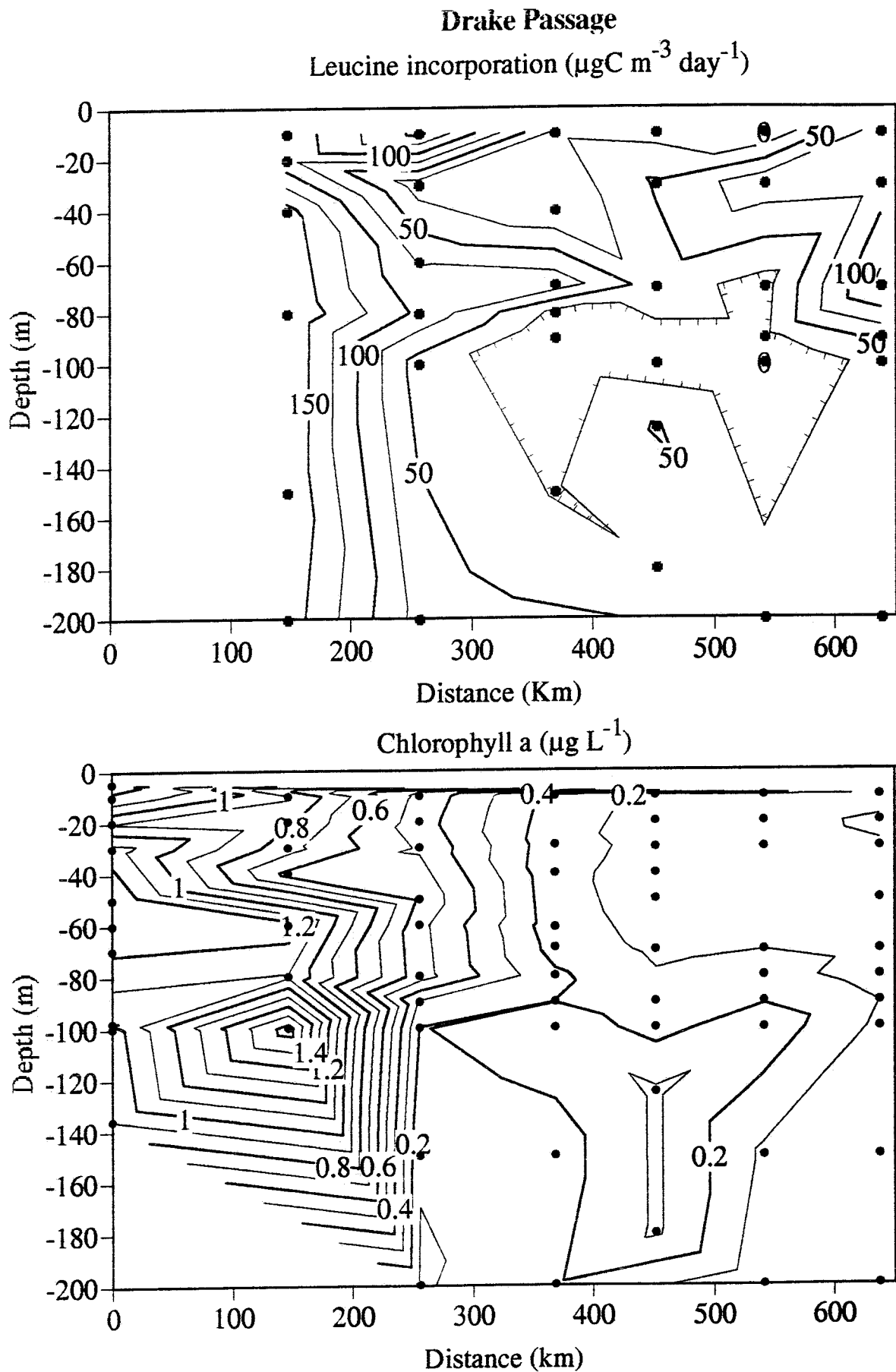


Figura 26. Diagrama de contornos para la incorporación de leucina (arriba) y la clorofila a (abajo) en el Paso de Drake.

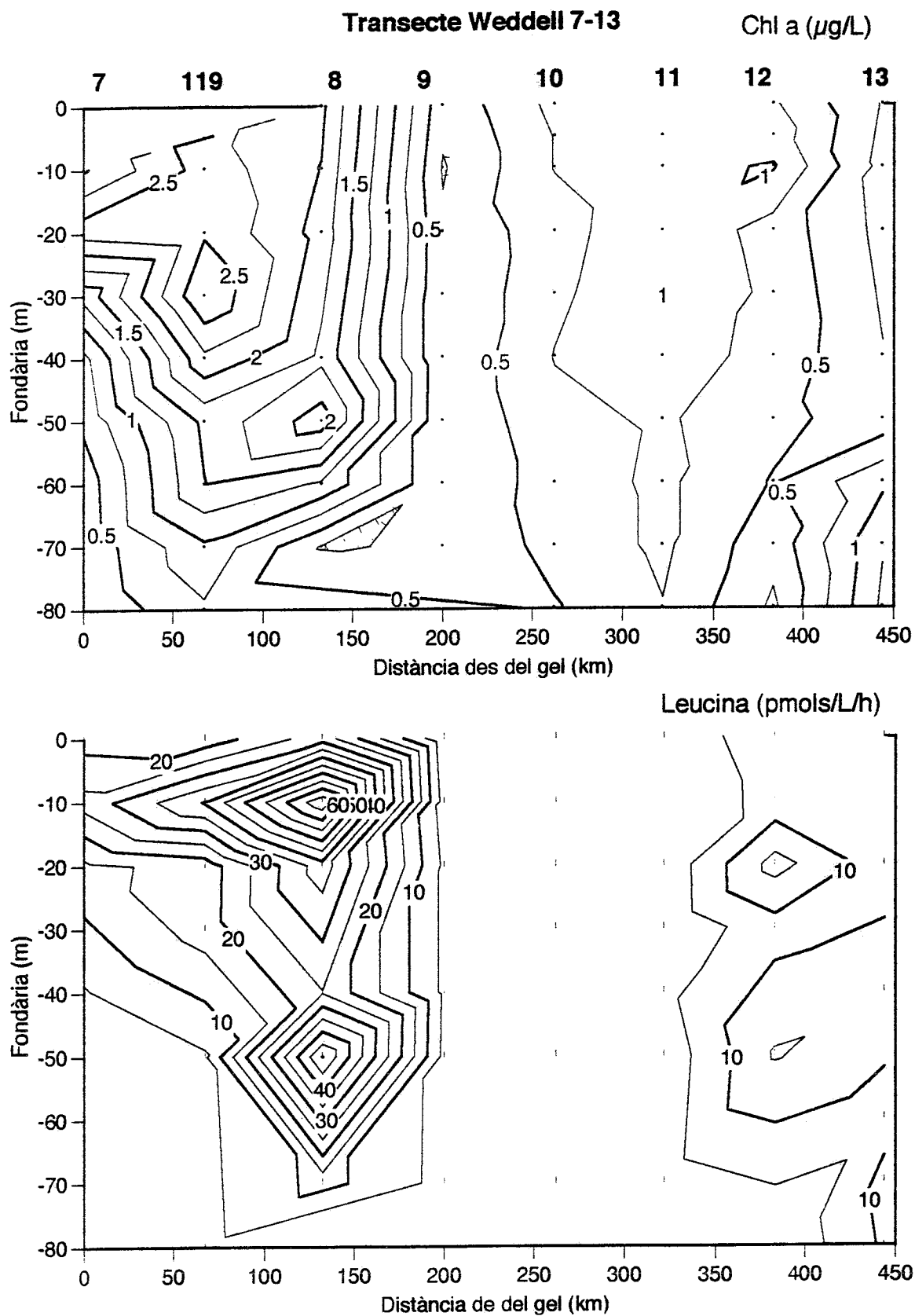


Figura 27. Diagrama de contorns para la clorofila a (arriba) y la incorporación de leucina (abajo) en el primer transecto del Mar de Weddell (estaciones 7-13).

Transect Weddell Stations 7-13
ATP (ng/L)

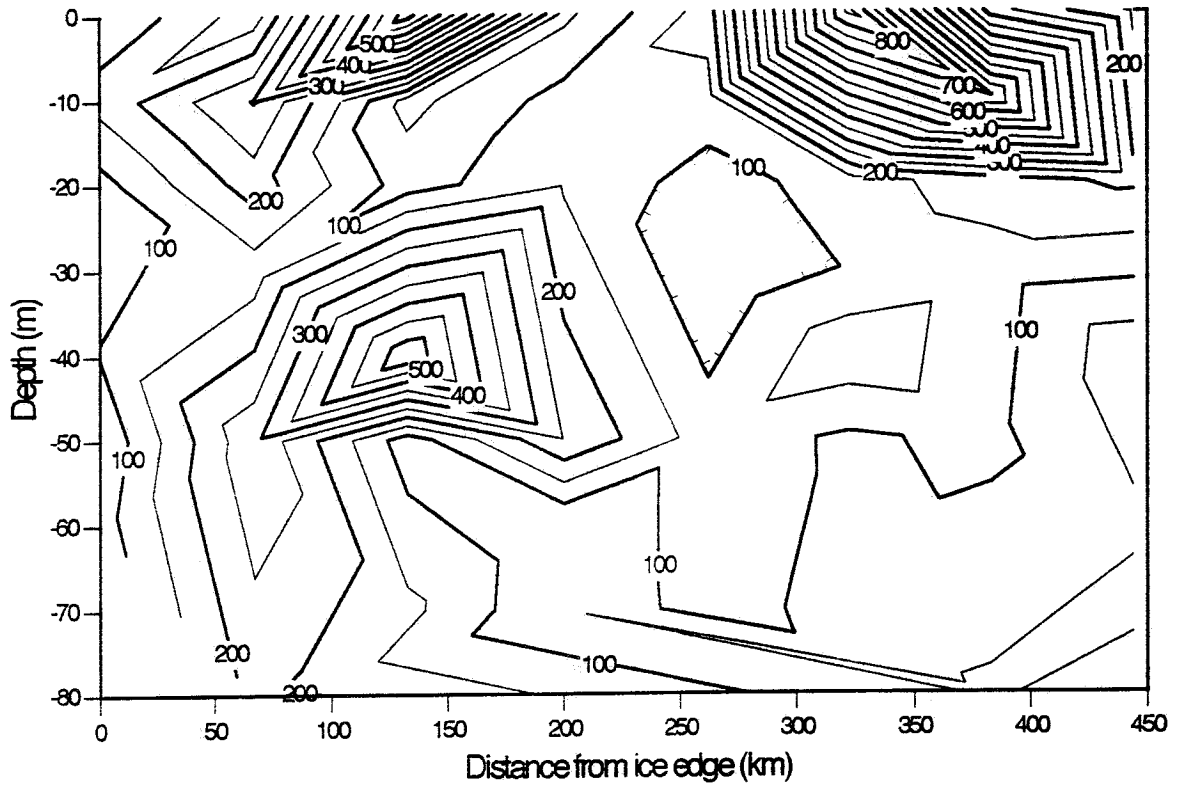


Figura 28. Diagrama de contornos para la concentración de ATP en el primer transecto del Mar de Weddell (estaciones 7-13).

Transecte Weddell 19-14

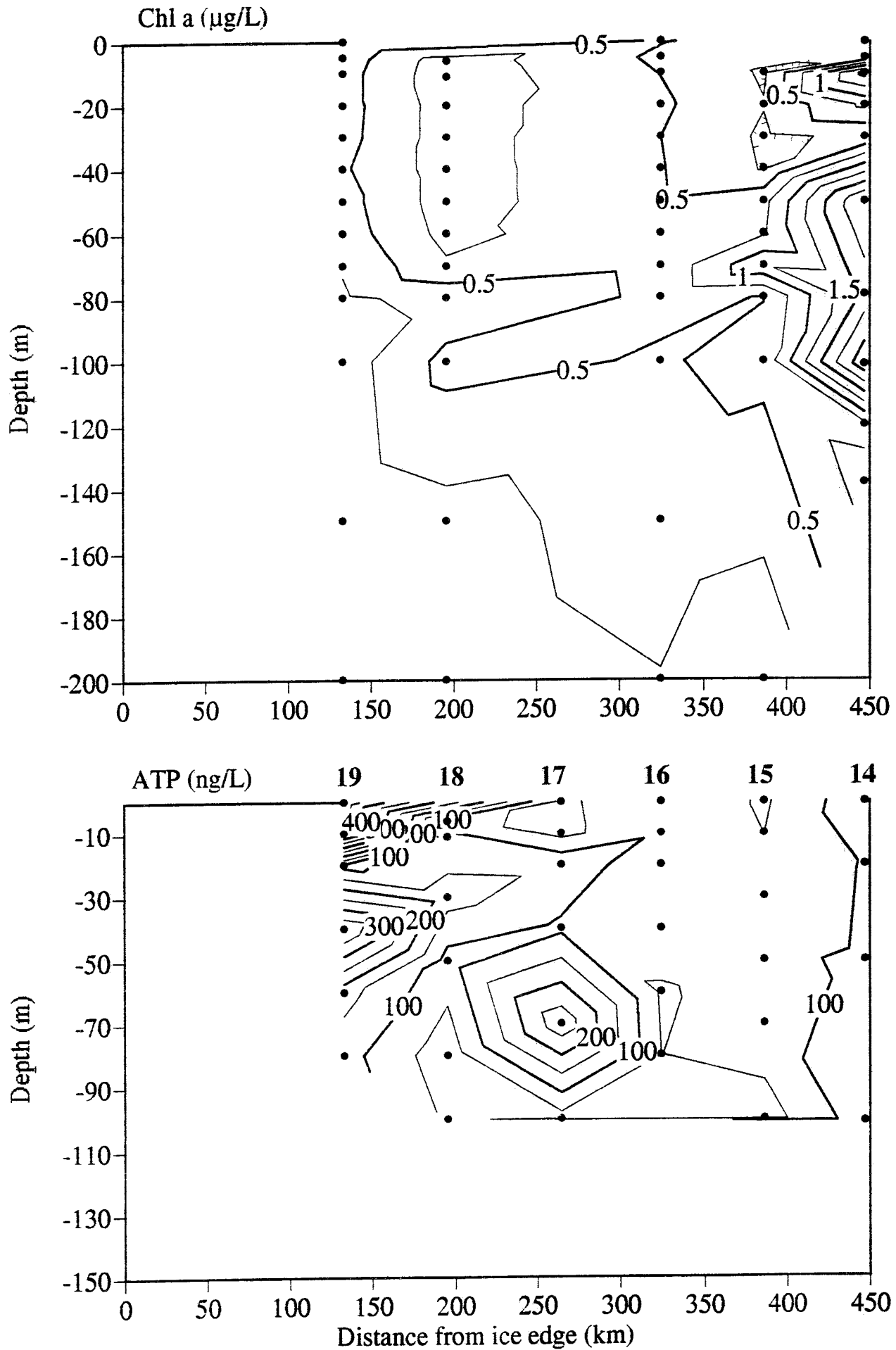


Figura 29. Diagrama de contornos para la clorofila a (arriba) y la concentración de ATP (abajo) en el segundo transecto del Mar de Weddell (estaciones 19-14).

Transecte Weddell 9-14

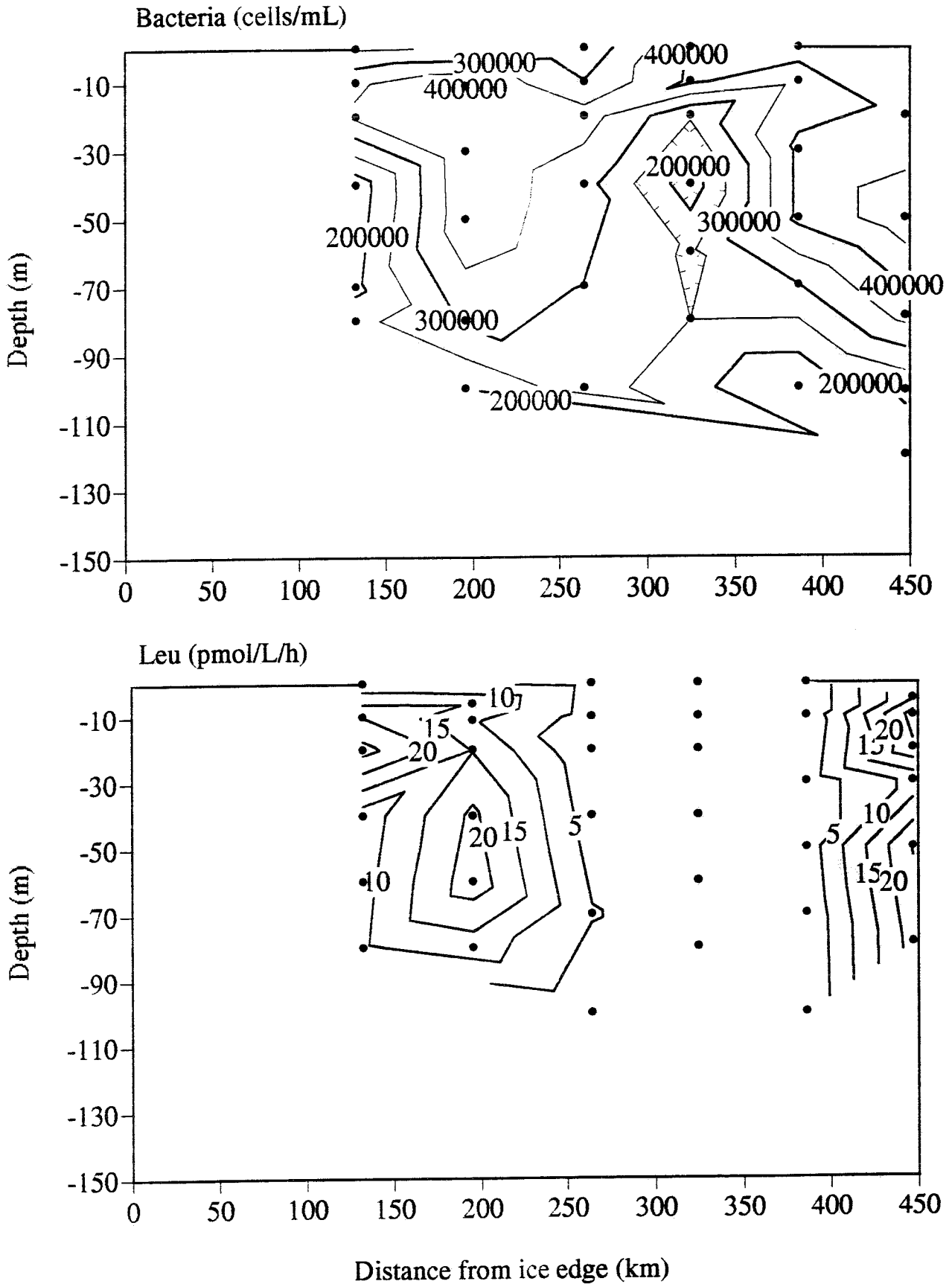


Figura 30. Diagrama de contornos para la abundancia bacteriana (arriba) y la incorporación de leucina (abajo) en el segundo transecto del Mar de Weddell (estaciones 19-14).

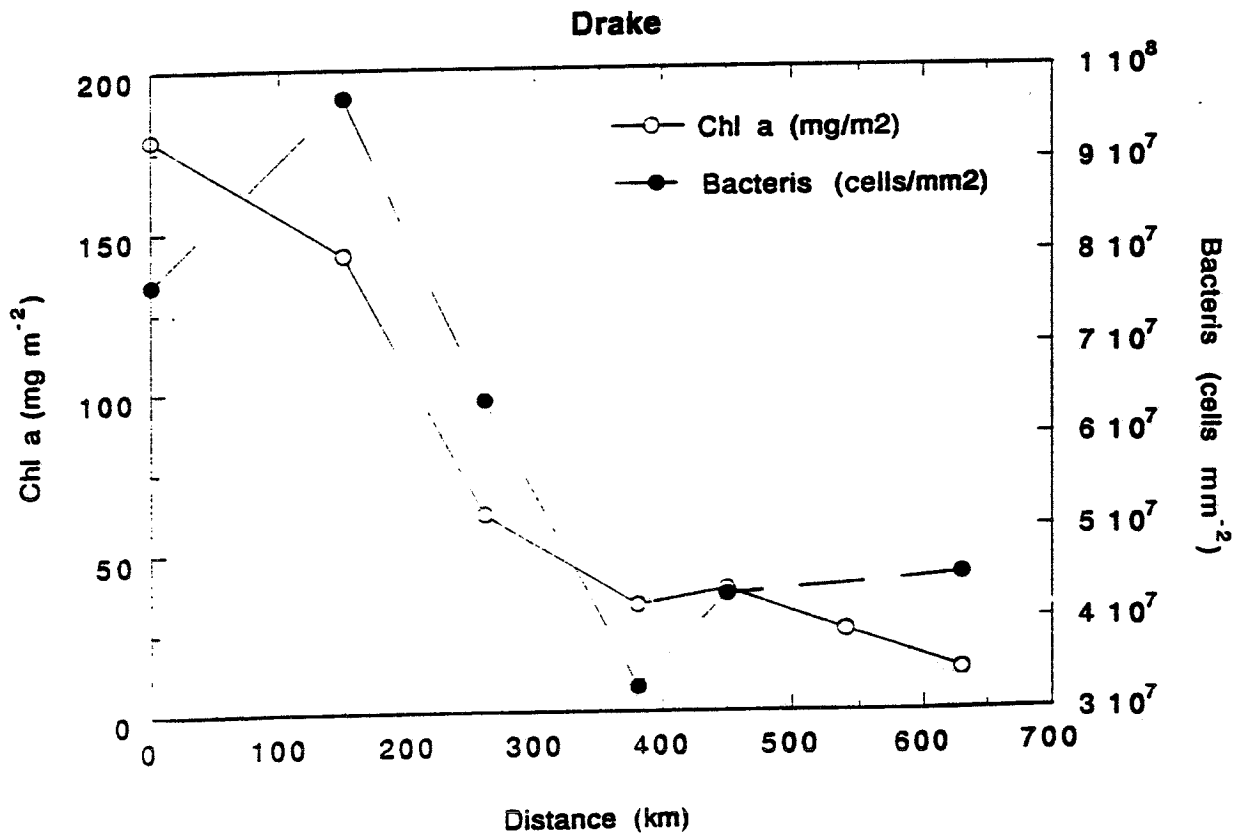
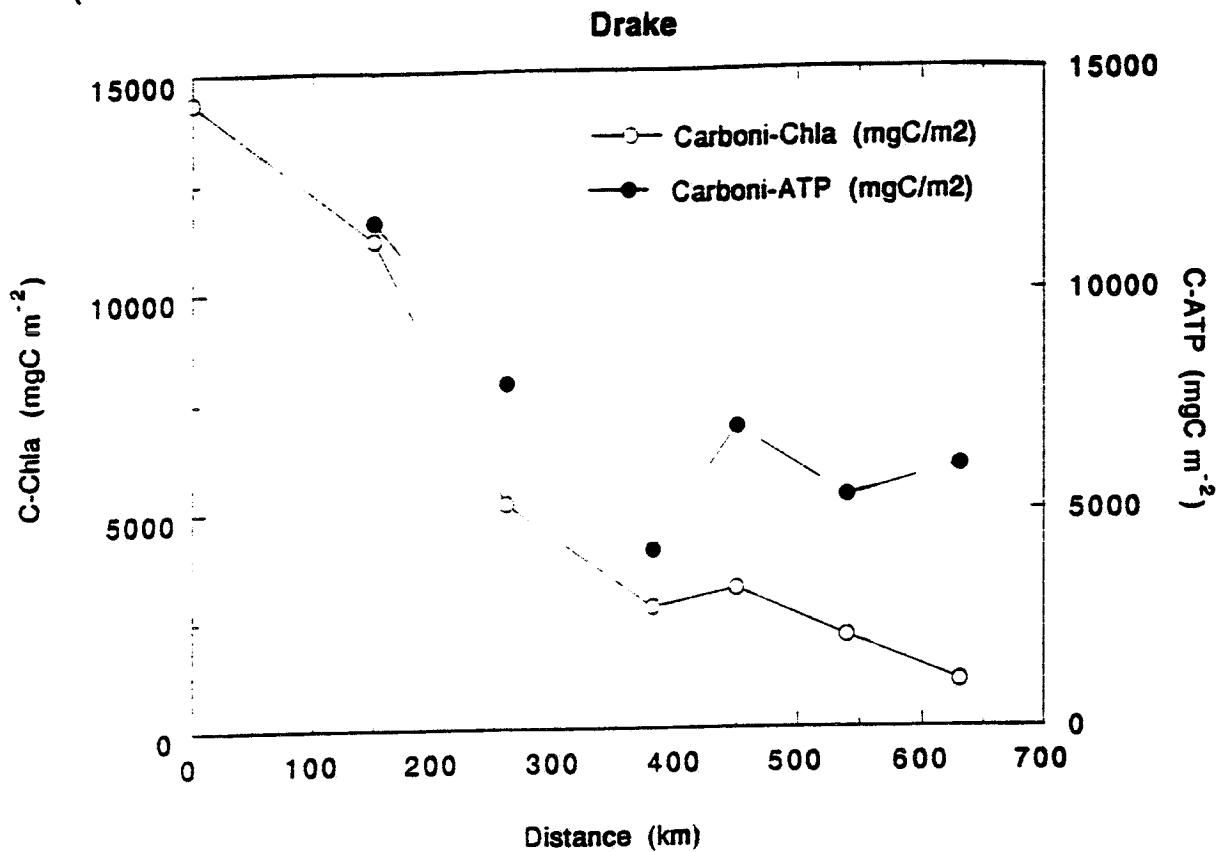


Figura 31. Estrecho de Drake. Variación de valores de carbono orgánico, clorofila a y número de bacterias, integrados para la zona fótica. Arriba: Carbono orgánico correspondiente microorganismos autótrofos + heterótrofos (calculado a partir de las concentraciones de ATP) y carbono orgánico correspondiente a organismos autótrofos (calculado a partir de las concentraciones de clorofila). Abajo: Clorofila a y número de bacterias.

5.4. ESTUDIO DE LA BIOMASA, COMPOSICIÓN ESPECÍFICA Y PRODUCCIÓN PRIMARIA DEL PLANCTON AUTÓTROFO, EN RELACIÓN CON LAS CONDICIONES HIDROGRÁFICAS

Laura Arín (ICM), Elisa Berdalet (ICM), Marta Estrada (ICM), Francisco Gómez Figueiras (IIM), Tim Granata (ICM)

5.4.1. INTRODUCCIÓN

Las zonas antárticas de mar abierto presentan características típicamente oligotróficas (Hart, 1942; Holm-Hansen *et al.*, 1977; El-Sayed, 1988), a pesar de sus elevadas concentraciones de macronutrientes. Esta pobreza está en aparente contraste con la presencia de abundante biomasa en niveles tróficos superiores (Jacques, 1989). Una de las explicaciones de esta paradoja puede hallarse en la heterogeneidad de las distribuciones de biomasa y producción fitoplanctónicas. En particular, los frentes hidrográficos ligados a plataformas costeras o a la presencia de hielo (Lutjeharms *et al.*, 1985; Smith y Nelson, 1985; Nelson *et al.*; 1987; Estrada y Delgado, 1990) puede estar asociados a importantes incrementos locales de la biomasa y producción fitoplanctónicas. Son muchos los autores que han señalado que las aguas de las plataformas costeras de la Península Antártica son particularmente productivas (El-Sayed, 1988). Sin embargo, como indican Holm-Hansen y Mitchell (1991), las plataformas antárticas presentan profundidades de 200–500 m, lo que hace suponer que los mecanismos responsables de su elevada producción primaria pueden ser distintos de los que actúan en plataformas someras como las de Alaska (Alexander y Niebauer, 1981). Según Mitchell y Holm-Hansen (1991), la presencia de agua de fusión del hielo y el hecho de que las áreas costeras de la Península queden relativamente protegidas de los temporales pueden explicar la acumulación de biomasa fitoplanctónica en las aguas del Estrecho de Bransfield, aunque muchos factores relacionados con el desarrollo y desaparición de las proliferaciones de fitoplancton quedan por explicar. Este subproyecto se propone investigar el papel que juegan la estructura de la columna de agua y la circulación de mesoescala y las interacciones tróficas en la distribución y actividad de los productores primarios en el área de estudio.

5.4.2. ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS PRELIMINARES

5.4.2.1. Determinación de la biomasa y composición específica del plancton autótrofo

La biomasa de plancton autótrofo se estimó por medio de la concentración de clorofila. Se mantuvo un registro de fluorescencia *in vivo* con el fluorómetro en continuo y se hicieron determinaciones fluorimétricas en muestras discretas, tomadas a once niveles de profundidad, en todas las estaciones biológicas y un número adicional de estaciones hidrográficas.

Para el estudio de la composición específica del fitoplancton se tomaron muestras en las mismas estaciones y profundidades seleccionadas para la determinación de clorofila *in vitro*. Una vez en tierra, se estudiarán por medio de la técnica del microscopio invertido. Durante la campaña se realizaron observaciones *in vivo* de fitoplancton tomado con red.

La distribución de la clorofila a a través del estrecho de Drake mostró un marcado gradiente a través del Frente Polar (Figs. 22 y 26), en que pasó de concentraciones $>1 \text{ mg m}^{-3}$, al norte, a los valores oligotróficos típicos de las aguas antárticas de mar abierto. Hay que

detacar, al norte del Frente Polar, la práctica homogeneidad de los valores de clorofila (y de fluorescencia) hasta profundidades cercanas a 150 m. En el área del Estrecho de Bransfield, las concentraciones superficiales de clorofila oscilaron entre 0,2 mg m⁻³ y 2,2 mg m⁻³. Los valores más elevados (alrededor de 3 mg m⁻³) se encontraron en las estaciones cercanas al borde del hielo, al SE del área de estudio, y al norte del Frente Superficial de Bransfield, en zonas de relativa estabilidad de las capas de agua superficiales (Figs. 27, 29 y 32–34). Las concentraciones de clorofila más bajas se hallaron en el centro del transecto más oriental, y en la parte central de la cuenca del Estrecho de Bransfield.

En función de las diferencias de composición del fitoplancton de las muestras de red se han podido distinguir provisionalmente varias áreas geográficas:

a) Estaciones situadas al norte de la zona frontal de la Confluencia Weddell–Escocia. Con Chaetoceros criophilus, Rhizolonia spp. (muchas valvas vacías) y Fragilariopsis antarctica.

b) Área del borde del hielo, en el extremo SE del área de estudio. Los organismos dominantes en esta zona eran: Corethron criophilum, Coscinodiscus spp., Chaetoceros atlanticus, Fragilariopsis spp. y Phaeocystis.

c) Estaciones situadas al norte del Frente Superficial de Bransfield. En ellas se encontraban, principalmente, abundantes flagelados, Corethron criophilum, Pseudonitzschia spp., Thalassiosira spp., Rhizosolenia antennata f. semispina y Rhizosolenia inermis.

d) Estaciones situadas al sur del frente superficial. Con Fragilariopsis spp., Thalassiosira spp., Pseudonitzschia spp., Rhizosolenia truncata, Eucampia antarctica, y Odontella weissflogii.

5.4.2.2. Determinación de la producción primaria del plancton autótrofo

Se realizaron curvas P–I (producción–iluminación) en incubadores lineales iluminados con luz artificial. Se tomaron muestras de dos profundidades en las estaciones muestreadas durante las horas centrales del día. A mediodía, siempre que fue posible, se llevaron a cabo determinaciones del perfil vertical de radiación fotosintéticamente activa, con un sensor LI–COR, y mediciones espectrales de radiación, con un espectrorradiómetro LI–COR. Los datos correspondientes a este objetivo se hallan en período de elaboración.

5.4.3. REFERENCIAS

ALEXANDER, V., NIEBAUER, H. J. 1981. Oceanography of the Behring Sea ice–edge zone in spring. *Limnol. Oceanogr.*, 26: 1111–1125.

HART, T. J.– 1942. Phytoplankton periodicity in Antarctic surface waters. "Discovery" Reports, 21: 261–356.

HOLM–HANSEN, O., EL–SAYED, S. Z., FRANCESCHINI, G. A., CUHEL, R. L. 1977. Primary production and the factors controlling phytoplankton growth in the Southern ocean. En: Llano, G. A. (ed.), Adaptations within Antarctic ecosystems. pp. 11–50. Gulf Publications Co. Houston.

HOLM-HANSEN, O., MITCHELL, G. 1991. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region. *Deep-Sea Res.*, 38: 961-980.

EL-SAYED, S. Z. 1988. Seasonal and interannual variabilities in antarctic phytoplankton with reference to krill distribution. En: Sahrhage, D. (ed.), *Antarctic Ocean and resources variability*, pp. 101-119. Springer Verlag, Berlin.

ESTRADA, M., DELGADO, M. 1990. Summer phytoplankton distributions in the Weddell Sea. *Polar Biol.*, 10: 441-449.

JACQUES, G. 1989. Primary production in the open Antarctic Ocean: A review. *Vie Milieu*, 39: 1-17.

LUTJEHARMS, J. R. E., WALTERS, N. M., ALLANSON, B. R. 1985. Oceanic frontal systems and biological enhancement. En: Siefried, W. R., Cody, P. R. y Laws, R. M. (eds.), *Antarctic nutrient cycles and food webs*, Springer Verlag, Heidelberg, pp. 11-21.

MITCHELL, G., HOLM-HANSEN, O. 1991. Observations and modeling of the Antarctic phytoplankton crop in relation to mixing depth. *Deep-Sea Res.*, 38: 981-1007.

NELSON, D. M., SMITH, W. O., GORDON, L. I., HUBER, B. A. 1987. Spring distributions of density, nutrients and phytoplankton biomass in the ice edge zone of the Weddell Scotia Sea. *J. Geophys. res.*, 92 C7: 7181-7190.

SMITH, W. O., NELSON, D. M. 1985. Phytoplankton bloom produced by a receding edge in the Ross Sea: Spatial coherence with the density field. *Science*, 227: 163-166.

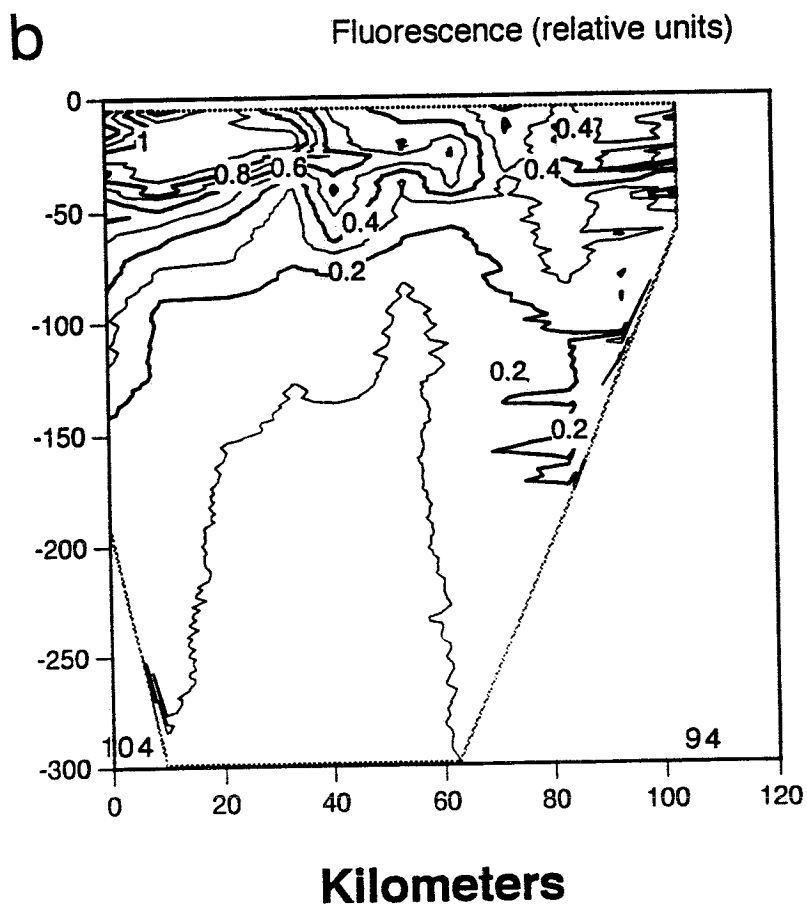
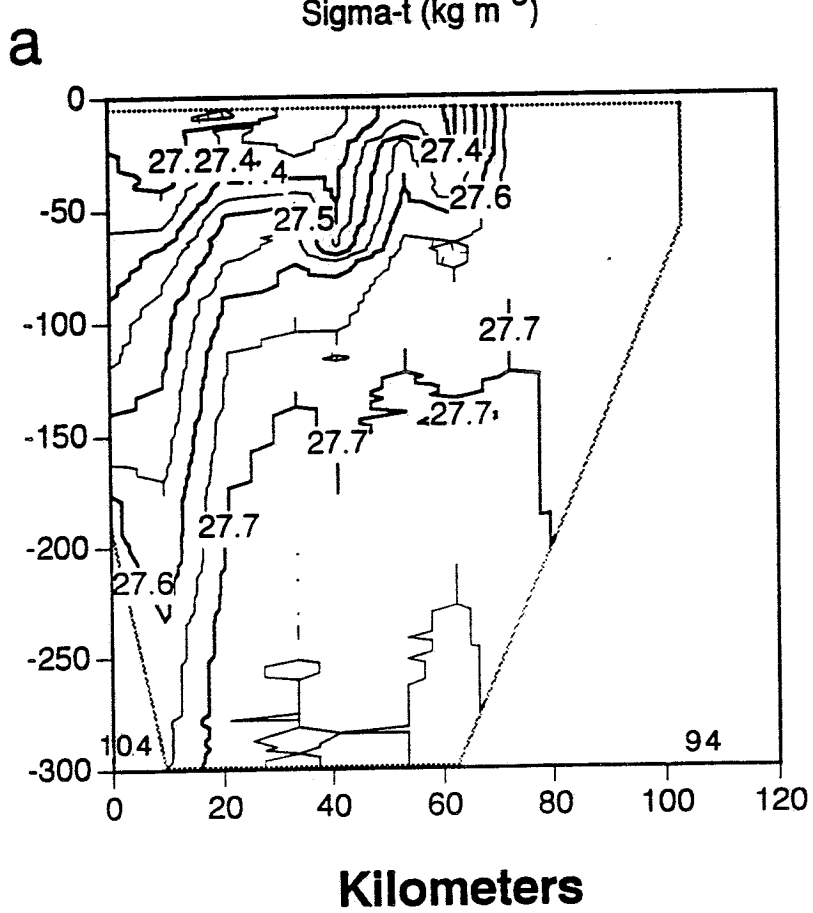
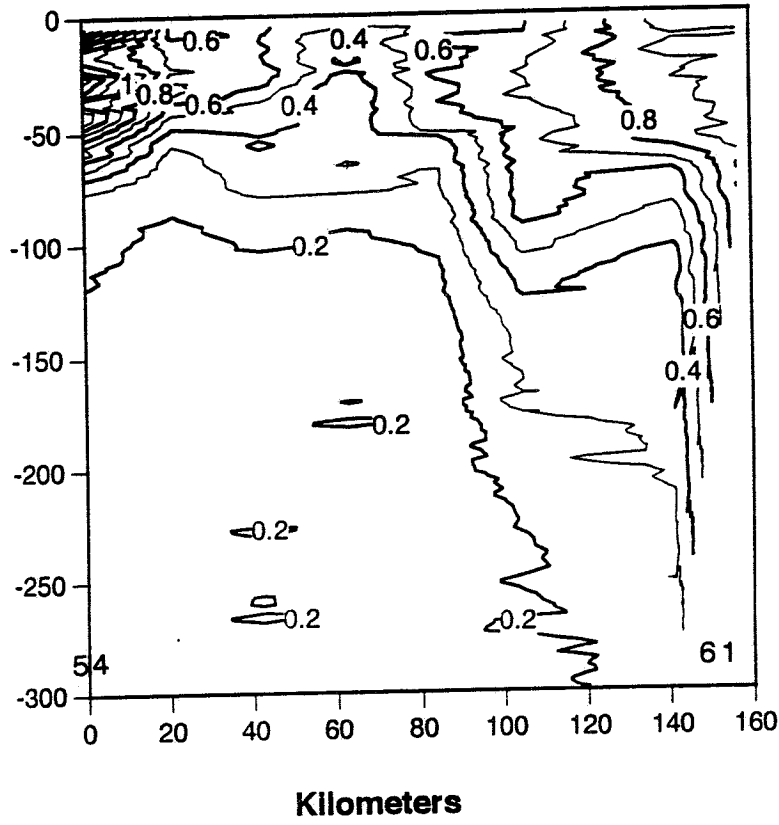


Figura 32. Transecto 94- 104. Diagrama de contornos para las distribuciones de sigma-t (arriba) y fluorescencia (abajo).

Fluorescence relative units)

a



b

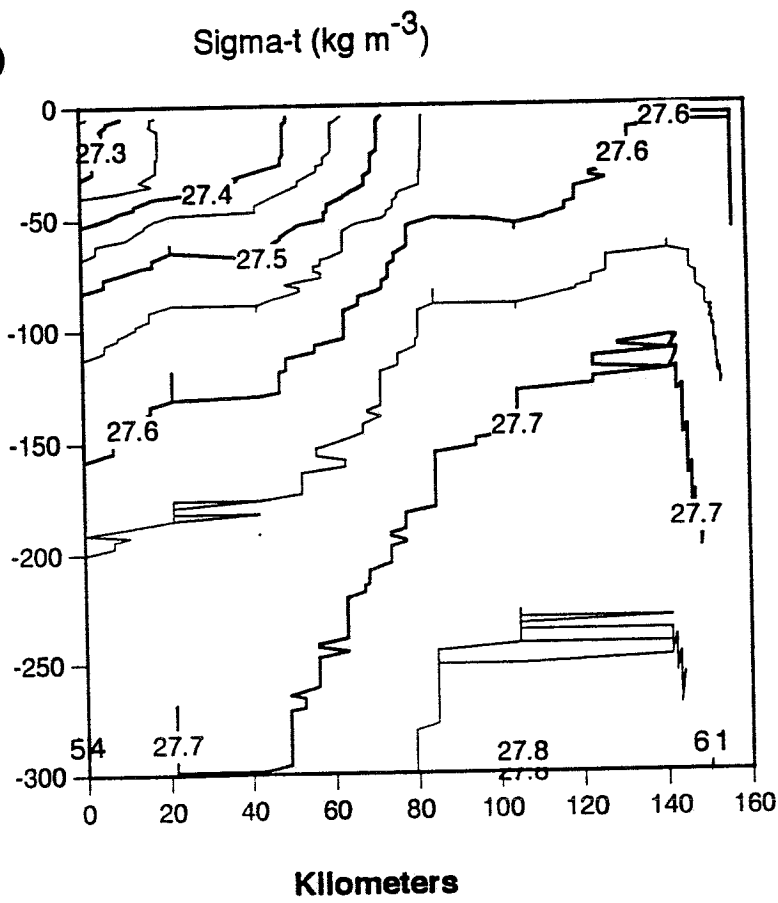


Figura 33. Transecto 54- 61. Diagrama de contornos para las distribuciones de sigma-t (arriba) y fluorescencia (abajo).

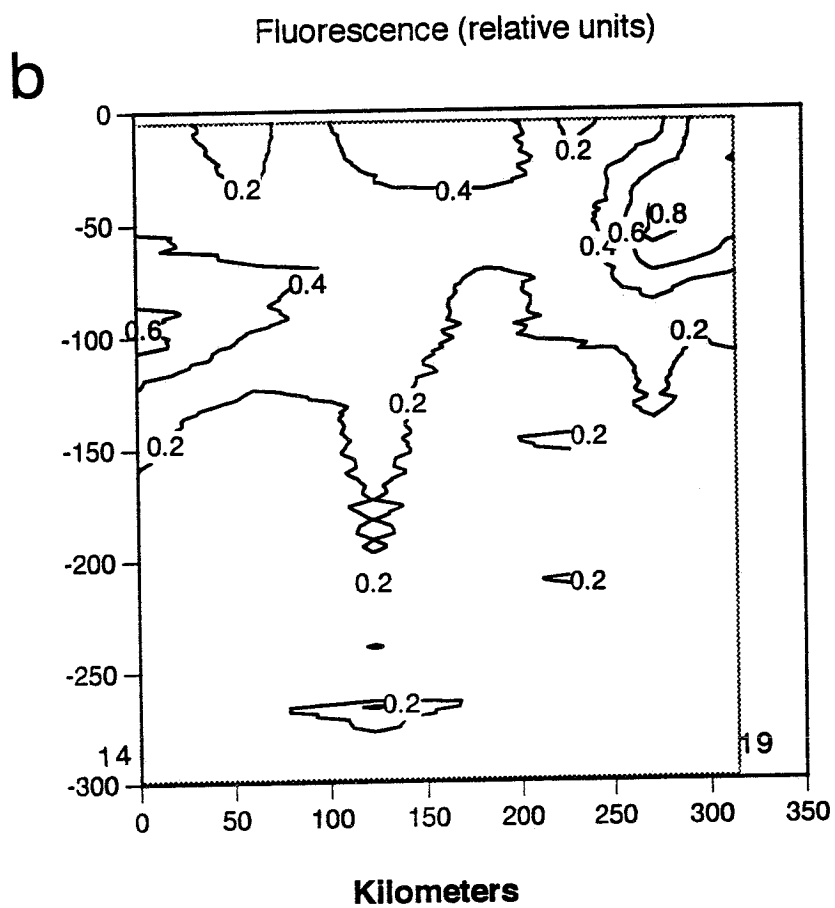
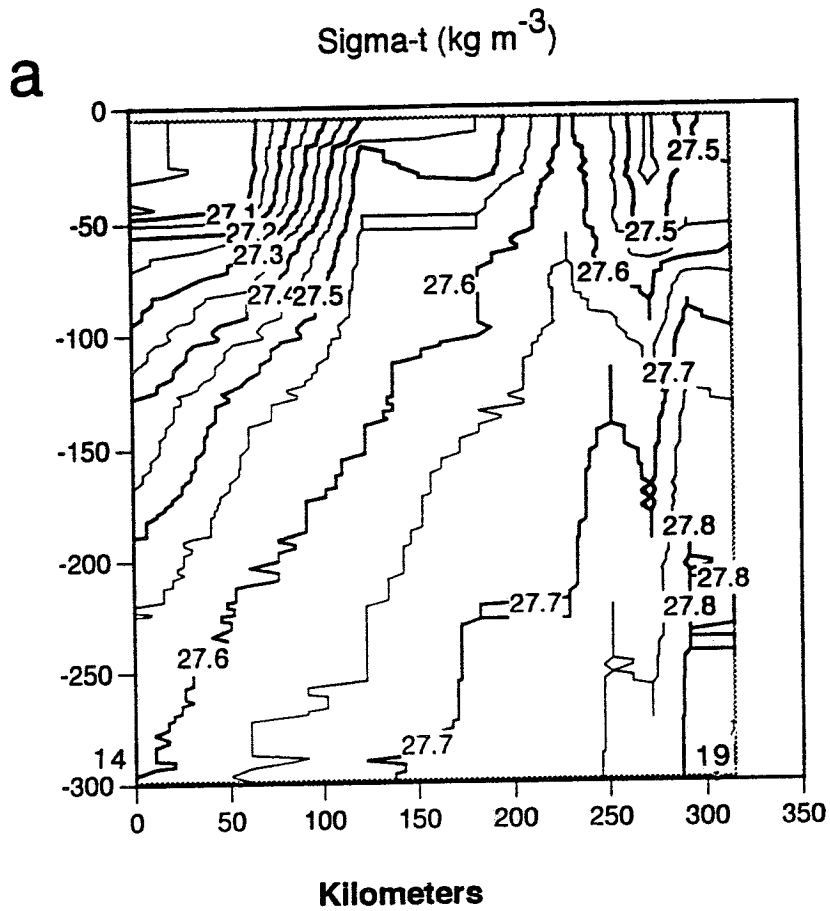


Figura 34. Transecto 14- 19. Diagrama de contornos para las distribuciones de sigma-t (arriba) y fluorescencia (abajo).

5.5. CUANTIFICACION DEL CONTENIDO PROTEICO Y DE ACIDOS NUCLEICOS (DNA Y RNA DEL MICROPLANCTON)

Laura Arín, Elisa Berdalet (ICM)

5.5.1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo proponía la cuantificación del contenido proteico y en ácidos nucleicos (DNA y RNA) del microplancton, para utilizarlos como indicadores de la biomasa total (DNA y proteína) y del estado fisiológico (índices RNA/proteína, RNA/DNA) de la comunidad planctónica.

5.5.2. ACTIVIDADES REALIZADAS

Se tomaron muestras de agua de diferentes profundidades en las estaciones 1 a 7 del Estrecho de Drake, 1 a 6 del margen del hielo, 7 a 13, 14 a 19, 38, 54, 56, 63, 73, 76, 79, 89, 90, 93 y nictemerales 1 y 2. Para cada determinación se filtraron 1-2 l de agua, a través de filtros Whatman GF/F de 25 mm. Inmediatamente después de la filtración, se congelaron los filtros en nitrógeno líquido. La cuantificación de las proteínas, por el método de Lowry, se llevó a cabo en el barco. Las muestras para ácidos nucleicos se dejaron en el congelador a -70 C para su posterior análisis en el Institut de Ciències del Mar de Barcelona. **Nota:** Sobre el destino de estas muestras, véase el Anexo 1.

En algunas estaciones y profundidades seleccionadas se realizaron fraccionamientos para las clases de tamaño <2µm, <20µm y total (o <200µm, en algunos casos).

5.5.3. RESULTADOS PRELIMINARES

Se comentarán solamente la distribución de la concentración de proteínas de los tres transectos principales: Drake (estaciones D1 a D6) y Weddell (estaciones 7 a 13, y 14 a 19).

5.5.3.1. Estrecho de Drake

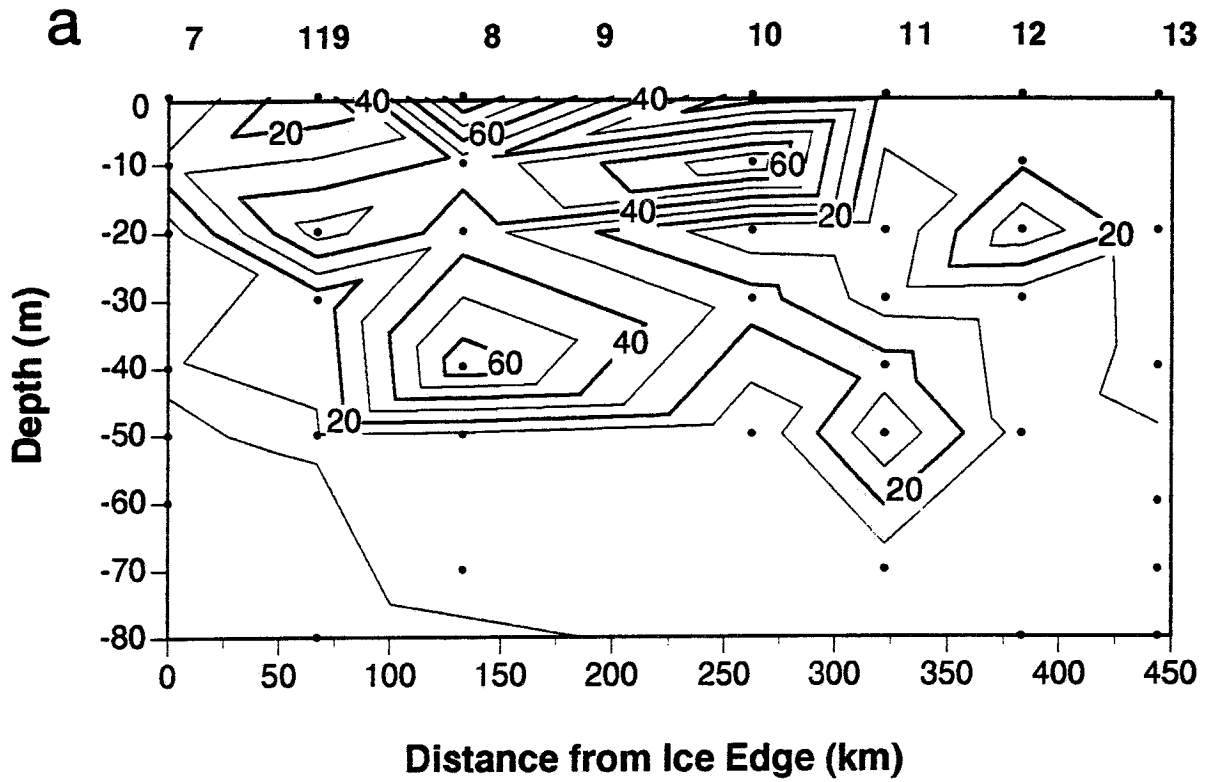
En el Estrecho de Drake, los valores de concentración de proteína oscilaron entre los 30 y los 370 µg l⁻¹. A pesar de que al principio no fue posible obtener un número elevado de muestras, los valores obtenidos permiten esbozar una cierta distribución de la biomasa total. Las concentraciones más elevadas se encontraron principalmente en aguas superficiales de la zona subantártica y fueron disminuyendo al acercarnos al Frente Polar. Esta distribución de la proteína fue similar a la que presentó el ATP. Esto sugeriría una relación positiva entre la biomasa particulada total (proteína) y la biomasa particulada "viva" (ATP). En las estaciones 6 y 7 (donde se pudo obtener un mayor número de muestras) los perfiles verticales de proteína y clorofila presentaron una distribución similar.

5.5.3.2. Mar de Weddell

Los dos transectos largos realizados en el Mar de Weddell (estaciones 7-13 y 14-19), presentaron una mayor concentración de proteína entre los 150 y los 250 km del margen del

hielo (Fig. 35). Al sur de esta zona, es decir, cerca del hielo y en la zona más septentrional, los valores fueron menores. En los dos transectos, la distribución de proteína se aproximó más a la del ATP que a la de la clorofila.

Transect Weddell Stations 7-13
Protein $\mu\text{g/L}$



Transect Weddell Stations 14-19
Protein $\mu\text{g/L}$

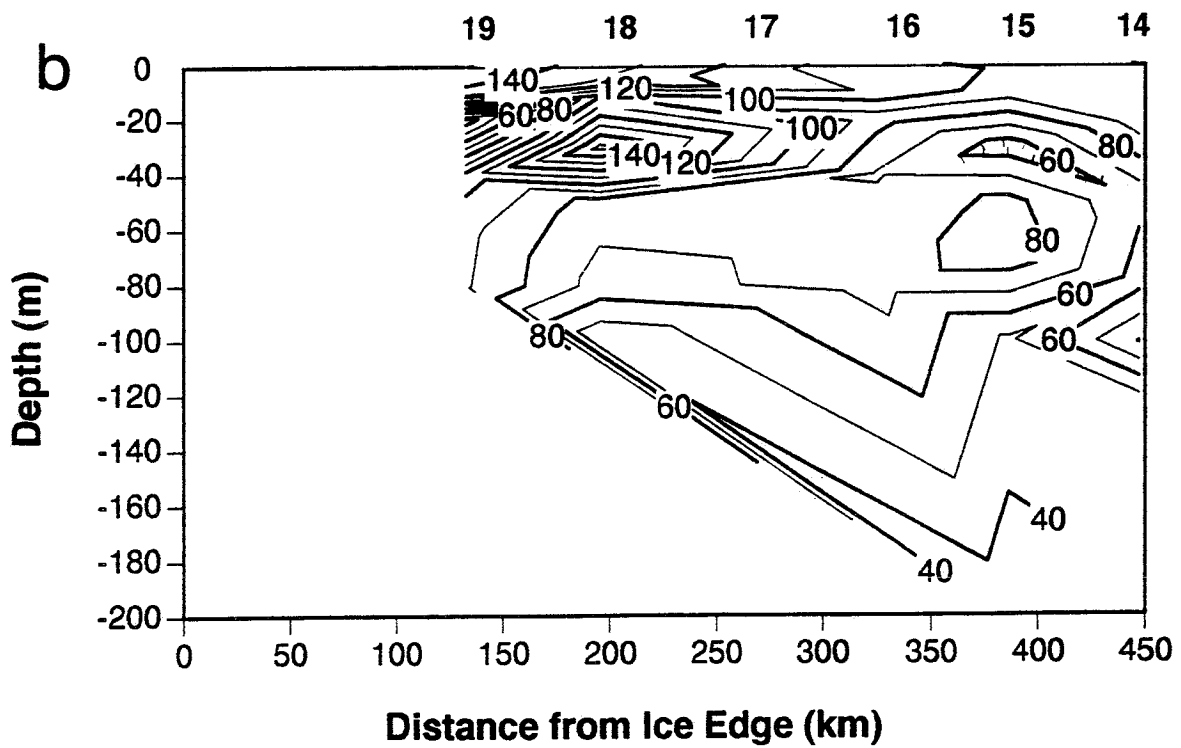


Figura 35. Diagrama de contornos para la distribución de proteína para los transectos 7-13 (arriba) y 14-19 (abajo).

5.6. DETERMINACION DE ACTIVIDADES DE ENZIMAS RESPIRATORIOS Y ANTIOXIDANTES EN PLANCTON. MEDIDA DE RNA

Rosa Martínez (UC)

5.6.1 INTRODUCCIÓN

En este subproyecto se plantearon tres objetivos: a) Determinación de la actividad del sistema respiratorio de transporte de electrones (ETS) del plancton. b) Determinación de la actividad de los enzimas antioxidantes y c) Análisis del RNA del microplancton.

La respiración del plancton es un proceso clave en el océano y consume una fracción importante de la producción primaria del mismo (Packard, 1985; Packard y Williams, 1981). Las fracciones constituidas por el micro- y el nanoplancton son las más metabólicamente activas (Harrison, 1986; Williams, 1984). La medida de la actividad de las enzimas de la cadena de transporte de electrones (ETS) respiratoria proporciona una estimación en tiempo real de la máxima capacidad respiratoria de los organismos *in situ* (Packard, 1985). Permite elaborar mapas de actividad respiratoria y da un índice fiable de la tasa metabólica de los organismos. Por otra parte, la influencia de la temperatura sobre la actividad de los enzimas respiratorios del microplancton polar ha sido sólo parcialmente estudiada (Martínez, 1992; Estrada *et al.*, 1992; Martínez y Estrada, 1992; Vosjan y Olanczuk-Neyman, 1991), por lo que se tomó como uno de los objetivos de la presente campaña.

El papel protector de los enzimas antioxidantes hace que tengan gran importancia para la célula en situaciones de stress oxidativo. Las aparentemente excesivas concentraciones de oxígeno que se observan tras incubaciones de plancton en la oscuridad podrían deberse a la actividad de estos enzimas, al convertir peróxido y superóxido en oxígeno. La radiación UV podría estar entre las causas del stress oxidativo. No se conocen medidas de estos enzimas en la zona Antártica.

Los objetivos principales de los análisis de RNA eran: a) comparar las bandas de RNA planctónico en distintas zonas y profundidades, como indicador de distintas características de la comunidad y b) hibridar en "Southern Blots" con cDNA de un gen de la cadena respiratoria de una microalga, para tratar de detectar posibles diferencias en la expresión genética del mismo en las distintas condiciones del origen de las muestras.

5.6.2. ACTIVIDADES REALIZADAS

5.6.2.1. Actividad del sistema de transporte (ETS) respiratorio del plancton.

Se tomaron muestras a diversas profundidades, en estaciones seleccionadas. Se utilizó el método de Packard (1971) modificado por Kenner y Ahmed (1975). El método ha sido adaptado durante esta campaña para realizar un "micro-ensayo", reduciendo el volumen final de 6 a 1.5–2 ml., lo que permite obtener mayor sensibilidad en la medida espectrofotométrica. Esta mejora permite reducir el volumen filtrado, o utilizar el material sobre el filtro para otras determinaciones adicionales.

a)– Medidas de actividad del ETS en perfiles de profundidad: Se midió la actividad en 5–7 profundidades comprendidas entre 0 m (agua de superficie) y la base de la zona fótica. Los

resultados (todavía en fase de elaboración) indican actividades mayores en la zona próxima al margen del hielo (estaciones 1, 2, 4 y 6), con los máximos desplazados hacia el agua superficial.

b)- Variación de la actividad del ETS con la temperatura (cinética): Se ha medido en 4 estaciones, a distintas distancias del margen del hielo, con temperaturas *in situ* crecientes. Se utilizó agua del máximo de clorofila, y se dividió en tres fracciones de tamaño. El estudio cinético se hizo para temperaturas comprendidas entre -4 y 20°C .

5.6.2.2. Actividad de enzimas antioxidantes

En las mismas estaciones y profundidades que las medidas de ETS se ha determinado:

a)- Actividad de superóxido-dismutasa (SOD): el ensayo se basa en la producción de anión superóxido acoplada a la oxidación de hipoxantina a ácido úrico por la xantina-oxidasa, y medida del superóxido producido mediante la reducción de citocromo C por el mismo. La adición de un homogenato del plancton con actividad SOD inhibe la reducción. La tasa de inhibición es proporcional a la actividad SOD. Los resultados provisionales muestran una actividad más elevada en superficie.

b)- La catalasa se mide directamente por inhibición de la absorción óptica del H_2O_2 en la zona UV (240 nm) producida por este enzima (Aebi, 1974). Debido a la dificultad para realizar esta medida a bordo (se necesita sistema termostataado en espectrofotómetro), las muestras se congelaron a -70°C tras su homogenización, para su medida al regreso del BIO Hespérides. Nota: Sobre el destino de estas muestras, véase el anexo 1.

5.6.2.3. Análisis de RNA

Se han recogido muestras en los mismos perfiles anteriores, para la medida de RNA total y su análisis por electroforesis en gel. La extracción se ha realizado a bordo, y los análisis se harán en el laboratorio. Nota: Sobre el destino de estas muestras, véase el anexo 1.

5.6.3. RESULTADOS PRELIMINARES

Se incluye en esta sección un resumen de los resultados relacionados con el efecto de la temperatura en la actividad ETS. Los demás datos están aún en elaboración.

La actividad ETS del plancton procedente de las aguas más frías (temperatura *in situ* próxima a -0.5°C) mostró una variación bimodal con la temperatura, con un pico a 0°C , un mínimo a 3°C y un aumento continuo hasta un máximo de 15°C . La actividad del plancton procedente de áreas menos frías (temperatura *in situ* próxima a $1,3^{\circ}\text{C}$) presentó una curva unimodal. Los resultados sugieren que en las aguas más frías se da la coexistencia de una población microbiana estrictamente psicofílica, con un máximo de actividad ETS cercano a 0°C , con otra población, más numerosa, psicrotrófica, cuyo ETS muestra un continuo aumento de actividad desde 0°C a 15°C .

5.6.4. REFERENCIAS

- ESTRADA, M.; MARTINEZ, R. and MATHOT, S. 1992. Respiratory ETS activity in plankton of the Weddell and Scotia Seas during late spring-early summer: relationships with other biological parameters. *Polar. Biol.*, 12: 35-42.
- HARRISON, W.G., 1986. Respiration and its size-dependence in microplankton populations from surface waters of the Canadian Arctic. *Polar. Biology.*, 6: 145-152.
- MARTINEZ, R. 1992. Biomass and respiratory ETS activity of microplankton in the Barents Sea. *Polar. Res.*, 10: 385-393.
- MARTINEZ, R., ESTRADA, E. 1992. Respiratory ETS activity of microplankton in the Weddell Sea during early spring: influence of the ice cover and the ice edge. *Polar Biol.*, 12: 275-282.
- VOSJAN, J.H. OLANCZUK-NEYMAN, K. M. 1991. Influence of temperature on respiratory ETS-activity of micro-organisms from Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Neth. J. Sea Res.*, 28: 221-225.
- PACKARD, T.T. 1985. Measurement of electron transport activity of microplankton. *Adv. Aquat. Microbiol.*, 3: 207-261.
- PACKARD, T.T. and WILLIAMS, P.J. 1eB. 1981. Rates of respiratory oxygen consumption and electron transport activity in surface water from the Northwestern Atlantic. *Oceanologica Acta*, 4: 351-358.
- WILLIAMS, P.J. 1eB. 1984. A review of methods of respiration rates of marine plankton populations. In: Hobbie, J.E., Williams, P.J. 1eB., (eds.), *Heterotrophic activity in the Sea*. Plenum, N.Y. 357-390.

5.7. BIOMASA Y METABOLISMO DE MICRO- Y MESOZOOPLANCTON

Miquel Alcaraz (ICM), Enric Saiz (ICM), Begoña Bautista (UM)

5.7.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este grupo de trabajo era el estudio de la composición y funcionamiento de las comunidades mesozooplancónicas del área de estudio, en relación con la variabilidad hidrográfica. Este objetivo comprendió la cuantificación de biomásas y abundancias de las diferentes especies en las estaciones visitadas y la realización de experimentos para determinar tasas de actividad metabólica (respiración), de ingestión y de crecimiento. Estos datos son indispensables para evaluar el estado fisiológico de las poblaciones, su incidencia en el ecosistema y su potencial de producción.

La tasa de respiración es una medida básica de actividad metabólica y permite determinar los requerimientos energéticos de las poblaciones estudiadas. Las determinaciones de tasas de ingestión permiten cuantificar la incidencia sobre niveles tróficos inferiores. La tasa de crecimiento o producción específica por unidad de biomasa puede utilizarse para determinar el grado de limitación por recursos a que se encuentran sometidos los organismos; por otra parte, acompañada por las correspondientes determinaciones de biomasa, permite determinar la producción secundaria de la población estudiada. Estos estudios pueden realizarse con una resolución espacial y temporal suficientemente para detectar la influencia de singularidades hidrográficas.

5.7.2. ACTIVIDADES REALIZADAS Y RESULTADOS PRELIMINARES

5.7.2.1. Estructura de comunidades de mesozooplancton

La toma de muestras para el estudio de la estructura de las comunidades de mesozooplancton se realizó mediante redes tipo WP2 de 200 μm de luz de malla. Las pescas, verticales, se han realizado desde 200 m de profundidad (o desde 20 m del fondo en áreas de profundidad inferior) hasta superficie.

Las muestras, concentradas y fijadas con formol al 4 %, permiten obtener una estima fiable de la composición específica del mesozooplancton, aunque su eficiencia en relación con crustáceos mayores de 10 mm (eufausiáceos) es más bien escasa. Se ha realizado, cuando el tiempo lo ha permitido, una pesca en cada estación biológica.

Una gran parte de las áreas muestreadas parecían encontrarse en una fase terminal de la sucesión planctónica. En las estaciones situadas al SE, y sobre todo en las próximas al borde del hielo, la comunidad, muy rica y diversa, estaba compuesta por copépodos (Rhyncalanus gigas, Euchaeta antarctica, Oithona, diversos Calanus, etc.), pterópodos, algunos eufausiáceos, salpas aisladas, radiolarios, etc. Por el contrario, en la mayoría de las estaciones del Estrecho de Bransfield, la comunidad aparecía dominada por salpas, principalmente Salpa thompsoni.

5.7.2.2 Distribución vertical de la biomasa de mesozooplancton y microplancton, y cociente C:N:P

La distribución vertical de la biomasa de zooplancton se estimó a partir de muestras discretas, tomadas mediante botellas dobles tipo "VAN DORN" de 40 ó 30 litros de capacidad total. Los perfiles comprendieron 6 profundidades, entre 5 y 100 m de profundidad, elegidas en función de los datos de fluorescencia obtenidos previamente con la sonda CTD. Las muestras, de 40 l. de agua, se filtraron por gravedad a través de filtros de nylon de 200 μm y 37 μm respectivamente. En los de 200 μm , los organismos retenidos fueron transferidos a filtros de fibra de vidrio GF/C para su posterior análisis elemental (C y N); los filtros de 37 μm fueron fijados en formol para estudio de organismos del microzooplancton. Del agua filtrada por 200 μm se separaron 2 litros para estudio de biomasa de microzooplancton y cocientes atómicos C:N:P.

Al regreso de la campaña, se procedió a la preparación de las muestras para su análisis (encapsulado en estaño y añadido de catalizador (óxido de vanadio). Los análisis de carbono y nitrógeno orgánicos han sido ya realizados, y los cálculos de concentración de N y C orgánicos por unidad de volumen, en sus dos fracciones de tamaño (>200 y <200 μm) están en fase de elaboración. Queda patente la clara dominancia de la fracción microplanctónica como componente mayoritario en la comunidad planctónica, así como su mayor concentración en las capas superficiales (hasta 40 m de profundidad). Se está pendiente de los análisis de P particulado para estudiar la variabilidad de los cocientes atómicos entre C, N y P y su posible relación con la cocientes atómicos de las diferentes especies químicas que forman las fuentes de sales nutritivas (amonio, nitrato, fosforo reactivo soluble, etc.).

5.7.2.3. Tasas de respiración y excreción en meso y microzooplancton

Las tasas de consumo de oxígeno en mesozooplancton global se estimaron mediante análisis semi-continuo de la concentración de O_2 en muestras de zooplancton mantenidas en cámaras de respiración a 0 ° C mediante un baño termostatizado. La concentración de O_2 se midió mediante un sistema de electrodos polarográficos de O_2 por el sistema de pulsos (ENDECO). Las mismas cámaras de respiración fueron utilizadas para estimar tasas de excreción de $\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{PO}_4\text{-P}$ por el sistema de incubación. En el caso del microzooplancton, se utilizaron botellas de DBO, y el análisis de O_2 se realizó mediante el método de Winkler.

Además de las medidas correspondientes a la población global de zooplancton, se realizaron determinaciones en grupos específicos (salpas y eufausiáceos), cuando eran dominantes en las estaciones.

En el caso de *Salpa thompsoni*, con mucho la especie de zooplancton más abundante durante la presente campaña, se estimaron también tasas de producción de "fecal pellets" para poder valorar su contribución, en términos de carbono y nitrógeno, al material detrítico particulado.

En un primer análisis, las tasas de respiración obtenidas presentan una clara correlación con la biomasa experimental (fig. 36). Las tasas de consumo de O_2 son bajas, como

corresponde a la temperatura ambiental (alrededor de $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). En términos de carbono orgánico, el valor medio necesario para mantener el metabolismo estándar, es de $0.08\text{ }\mu\text{g C}/\mu\text{g N}$ de zooplancton. Las tasas de respiración determinadas para las incubaciones de microplancton, son, como era de esperar, relativamente más altos (valores rodeados de un círculo en la fig.36).

5.7.2.4. Determinación de la tasa de crecimiento de copépodos

La metodología prevista para llevar a cabo la determinación de tasas de crecimiento de copépodos es la de la producción de huevos (estimador de la tasa de producción específica de adultos y tal vez también de juveniles).

Durante la campaña ECOANTAR 93/94 se ha observado una ausencia prácticamente total de copépodos en las estaciones más septentrionales de la red. En las estaciones en las que se dispuso de suficiente material vivo se realizaron incubaciones para determinar la producción de huevos de hembras adultas. En general, se pudo trabajar con 3-4 especies distintas.

5.7.2.5. Tasas de alimentación de zooplancton

El objetivo en esta campaña era estimar las tasas de ingestión y filtración del mesozooplancton (fundamentalmente copépodos) en las diferentes zonas muestreadas (estaciones biológicas) a través del análisis fluorimétrico de los contenidos pigmentarios intestinales *in situ* y de su tasa de evacuación. Para ello, en cada estación biológica se realizaron pescas cortas verticales con red WP2 de 200 m de luz de malla y cubilete cerrado, desde aproximadamente 200 m de profundidad a superficie (dependiendo de la profundidad de la estación). El contenido de la pesca, una vez a bordo, se diluía en agua de mar superficial y se tomaban inmediatamente muestras de copépodos sobre filtros GF/C, que se congelaban para su posterior análisis fluorimétrico. Estos muestreos se realizaron en todas las estaciones biológicas donde aparecieron copépodos. Cuando densidad de copépodos era suficientemente alta, se determinaron también las tasas de evacuación del tubo digestivo (4 experimentos en est. 1,3,6 y 119). **Nota: sobre el destino de estas muestras véase el anexo 1.**

Como una estimación del alimento disponible en la columna de agua, se analizaron las concentraciones de clorofila $a > 5\mu\text{m}$, fracción que fundamentalmente utilizan los copépodos. Estas estimaciones de tasas de alimentación de copépodos, en combinación con las estimaciones de concentración de alimento en el medio y estimaciones de biomasa de copépodos, permitirá calcular el consumo de biomasa fitoplanctónica por esta fracción mayoritaria del mesozooplancton.

Además de estas medidas, dada la baja concentración de copépodos en la mayoría de las estaciones biológicas (excepto la próximas al margen de hielo) y la aparición de altas densidades de salpas, se decidió aplicar de forma tentativa el mismo método a dichos organismos. Para ello, se congelaron salpas provenientes de las pescas en las diferentes estaciones biológicas para analizar sus contenidos pigmentarios intestinales. También se

realizaron 5 experimentos de evacuación del digestivo de salpas y producción de "fecal pellets". Nota: sobre el destino de estas muestras, véase el anexo 1.

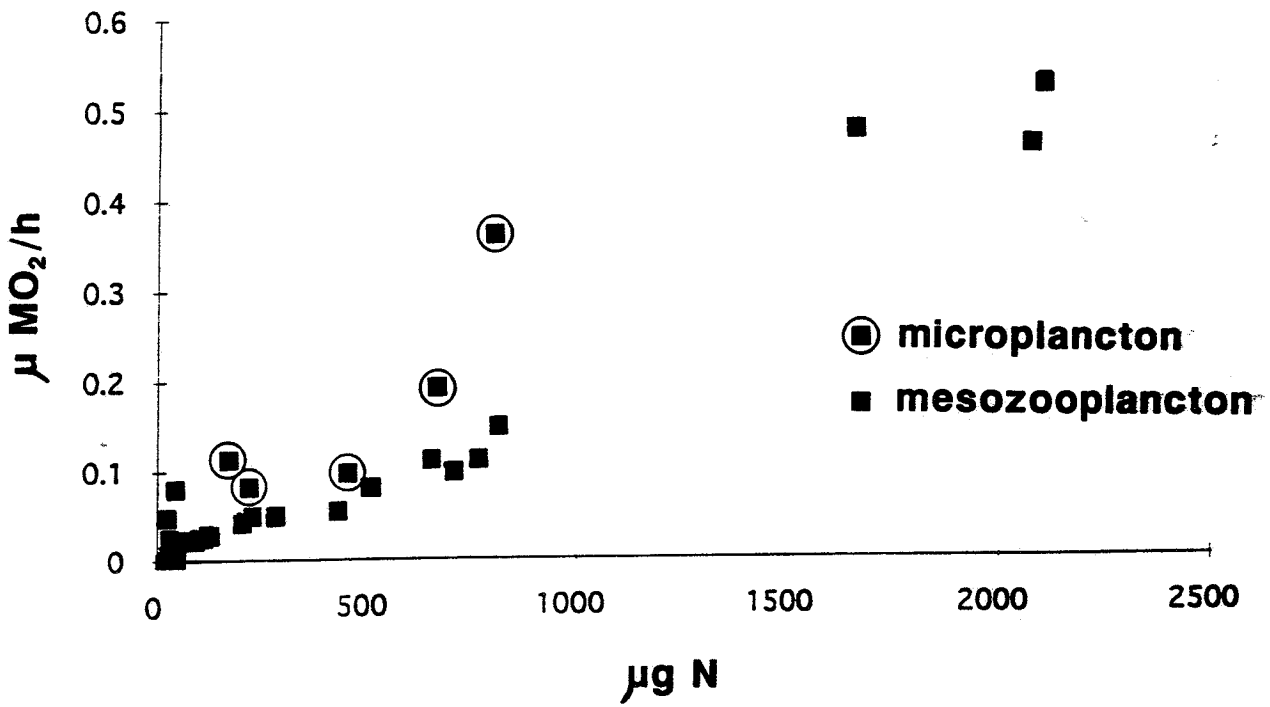


Figura 36. Relación entre biomasa (expresada en términos de nitrógeno orgánico) y consumo de oxígeno para microplankton y mesozooplankton.

5.8. ESTRUCTURA DE COMUNIDADES DE MACROZOOPLANCTON, ICTIOPLANCTON Y ZOOPLANCTON GELATINOSO

José Manuel Fortuño, Josep Maria Gili, Anna Sabatés (ICM)

5.8.1. INTRODUCCIÓN

Los objetivos de este trabajo eran el estudio de: a) La relación entre los ciclos diarios de iluminación y los ritmos de actividad del zooplancton y b) Las pautas de distribución espacial de mesozooplancton, zooplancton gelatinoso e ictioplancton en relación con las principales masas de agua de la zona de estudio y las estructuras hidrográficas de mesoscala

5.8.2. ACTIVIDADES REALIZADAS

5.8.2.1. Transecto entre cabo de Hornos y las islas Shetland del Sur

Se realizaron pescas en cinco estaciones entre 500 m de profundidad y superficie. En la primera estación se utilizó una red Bongo y en las cuatro restantes la multimanga Bioness que muestreaba los siguientes intervalos de profundidad: 500-300, 300-200, 200-100, 100-50, 50-25, 25-0. Las muestras de este transecto se han separado a nivel de grupo taxonómico durante la campaña.

5.8.2.2. Estaciones realizadas en el borde del hielo

Se realizaron cuatro pescas con la multimanga Bioness y se muestrearon los siguientes niveles de profundidad: 1000-800, 800-600, 600-400, 400-300, 300-200, 200-100, 100-50, 50-25, 25-0. Tres pescas con la red Bongo entre 500 m y superficie y tres pescas superficiales mediante un patín de neuston.

5.8.2.3. Transectos de la parte oriental de la región de estudio

Se efectuaron diez pescas con la red Bongo (entre 500 m y superficie), tres pescas con la multimanga Bioness (1000-800, 800-600, 600-400, 400-300, 300-200, 200-100, 100-50, 50-25, 25-0) y cuatro pescas superficiales de neuston.

5.8.2.4. Cuadrícula central de estaciones

Se realizaron dos pescas con la multimanga Bioness (250-100, 100-50, 50-25, 25-0), 14 pescas con la red Bongo (entre 500 m y superficie) y 6 pescas con la red Juday-Bogorov (la máxima profundidad muestreada osciló entre 300 y 500 m dependiendo de la estación).

5.8.2.5. Ciclos de 24 horas

En el primer ciclo, situado al sur de Clarence se realizaron 4 pescas con la multimanga Bioness (450-300, 300-200, 200-100, 100-50, 50-25, 25-0).

En el segundo ciclo, situado al este de Joinville se realizaron seis series de tres pescas cada una a 300, 150 y 50 m de profundidad con la red Juday-Bogorov.

En el tercer ciclo, al norte de la isla Dumont d'Urville, se realizaron ocho series de tres pescas cada una con la red Juday-Bogorov. Las profundidades muestreadas fueron 250, 150 y 50 m.

FIGURAS

Figura 1. Campaña ECOANTAR 94. Situación de las estaciones del Estrecho de Bransfield.

Figura 2. a) Batimetría y situación de las estaciones de CTD. b) Dominio y localización de las estaciones relevantes para el proceso de análisis espacial objetivo de variables hidrográficas.

Figura 3. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 5 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 5 dbar.

Figura 4. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 50 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 50 dbar.

Figura 5. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 100 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 100 dbar.

Figura 6. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 200 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 200 dbar.

Figura 7. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución horizontal de la temperatura a 500 dbar. b) Distribución horizontal de la salinidad a 500 dbar.

Figura 8. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde oeste" del dominio de análisis (transecto isla d'Urville - isla King George). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Figura 9. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "corte central" del dominio de análisis (perpendicular al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Figura 10. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde este" del dominio de análisis (perpendicular al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Figura 11. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde norte" del dominio de análisis (paralelo al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Figura 12. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "corte central" del dominio de análisis (paralelo al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Figura 13. Campaña ECOANTAR 94. a) Distribución vertical de la temperatura sobre el "borde sur" del dominio de análisis (paralelo al eje del Estrecho de Bransfield). b) id. de la salinidad. Ver situación del transecto en la figura 2.

Figura 14. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrofica a 5 dbar relativa a 500 dbar.

- Figura 15. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrofica a 50 dbar relativa a 500 dbar.
- Figura 16. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrofica a 100 dbar relativa a 500 dbar.
- Figura 17. Campaña ECOANTAR 94. Corriente geostrofica a 200 dbar relativa a 500 dbar.
- Figura 18. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 17 m.
- Figura 19. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 49 m.
- Figura 20. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 97 m.
- Figura 21. Campaña ECOANTAR 94. Distribución de velocidades ADCP brutas a 201 m.
- Figura 22. Estrecho de Drake. Diagrama de contornos para la distribución de silicato (σ_M , arriba) y de fluorescencia (abajo).
- Figura 23. Perfiles verticales de clorofila *a*, ATP e incorporación de leucina en las estaciones 2, 3 y 4 del Paso de Drake.
- Figura 24. Perfiles verticales de clorofila *a*, ATP e incorporación de leucina en las estaciones 5, 6 y 7 del Paso de Drake.
- Figura 25. Diagrama de contornos para la concentración de ATP (arriba) y la abundancia bacteriana (abajo) en el Paso de Drake.
- Figura 26. Diagrama de contornos para la incorporación de leucina (arriba) y la clorofila *a* (abajo) en el Paso de Drake.
- Figura 27. Diagrama de contornos para la clorofila *a* (arriba) y la incorporación de leucina (abajo) en el primer transecto del Mar de Weddell (estaciones 7-13).
- Figura 28. Diagrama de contornos para la concentración de ATP en el primer transecto del Mar de Weddell (estaciones 7-13).
- Figura 29. Diagrama de contornos para la clorofila *a* (arriba) y la concentración de ATP (abajo) en el segundo transecto del Mar de Weddell (estaciones 19-14).
- Figura 30. Diagrama de contornos para la abundancia bacteriana (arriba) y la incorporación de leucina (abajo) en el segundo transecto del Mar de Weddell (estaciones 19-14).
- Figura 31. Estrecho de Drake. Variación de valores de carbono orgánico, clorofila *a* y número de bacterias, integrados para la zona fótica. Arriba: Carbono orgánico correspondiente microorganismos autótrofos + heterótrofos (calculado a partir de las concentraciones de ATP) y carbono orgánico correspondiente a organismos autótrofos (calculado a partir de las concentraciones de clorofila). Abajo: Clorofila *a* y número de bacterias.
- Figura 32. Transecto 94- 104. Diagrama de contornos para las distribuciones de sigma-t

(arriba) y fluorescencia (abajo).

Figura 33. Transecto 54– 61. Diagrama de contornos para las distribuciones de sigma-t (arriba) y fluorescencia (abajo).

Figura 34. Transecto 14– 19. Diagrama de contornos para las distribuciones de sigma-t (arriba) y fluorescencia (abajo).

Figura 35. Diagrama de contornos para la distribución de proteína para los transectos 7– 13 (arriba) y 14– 19 (abajo).

Figura 36. Relación entre biomasa (expresada en términos de nitrógeno orgánico) y consumo de oxígeno para microplancton y mesozooplancton.

ANEXO 1

RELACION DE MATERIALES, HORAS DE TRABAJO Y RESULTADOS CIENTIFICOS PERDIDOS, DEBIDO A LA AVERIA DEL CONGELADOR DEL BUQUE HESPERIDES TRAS LA CAMPAÑA ECOANTAR-94

1. INTRODUCCIÓN

Una parte importante de las muestras obtenidas durante la campaña ECOANTAR 94 se almacenaron en uno de los arcones congeladores instalados en el BIO "Hespérides", para su posterior análisis en tierra. Este arcón llegó descongelado a Cartagena, por lo que se perdió la totalidad de su contenido. En los párrafos siguientes se detallan los objetivos afectados y el significado de las pérdidas.

2. OBJETIVOS AFECTADOS

2.1 DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD BACTERIANA A LO LARGO DE GRADIENTES HIDROGRÁFICOS (SECCIÓN 5.3 DEL INFORME)

El eje básico de este objetivo consistía en cuantificar la diversidad del bacterioplancton, explorando sus diferencias a lo largo de transectos de especial relevancia dentro de los objetivos generales de la campaña (especialmente los transectos realizados durante el paso del Estrecho de Drake y desde la zona de banquisa hacia las aguas libres) y siempre en relación con los aspectos funcionales estudiados en otros objetivos de la campaña. Cabe mencionar aquí que esta parte de la campaña era la más original, dado que hubiera sido la primera determinación de diversidad bacteriana en aguas antárticas y subantárticas.

El trabajo relativo a este objetivo se ha perdido en su absoluta totalidad. La pérdida es aún más lamentable si se tiene en cuenta que cada una de las 43 muestras (resultado de la filtración mediante flujo tangencial de 20 L de agua) había costado una media de 5 horas de continuos esfuerzos. A pesar de que las pérdidas económicas directas no son grandes (unas 200.000 ptas), se debería contabilizar el uso del nitrógeno líquido (que fue muy difícil de conseguir), así como el "secuestro" de gran parte del material (especialmente la unidad de flujo tangencial) durante 8 meses. Más aún, ¿Cómo cuantificar el tiempo dedicado antes (horas de discusiones para definir las prioridades de nuestro subproyecto) y durante la campaña? De todas formas, las pérdidas importantes son las científicas. El análisis de la diversidad del bacterioplancton en aguas del Bransfield Oriental mediante técnicas de biología molecular aplicadas a la ecología microbiana tenía el enorme interés de ser estudios realizados sólo recientemente debido a la novedad de las técnicas necesarias para su realización.

2.2 CUANTIFICACION DEL CONTENIDO PROTEICO Y DE ACIDOS NUCLEICOS (ADN y ARN DEL MICROPLANCTON (SECCIÓN 5.5 DEL INFORME))

Muestras perdidas:

Muestras de la fracción total: 360
Tiempo estimado por muestra: 0.5 h
Subtotal horas: 180 h

Muestras de la fracción <2 μ y <20 μ : 68
Tiempo estimado por muestra: 1 h
Subtotal horas: 68 h

Total horas: 248 h

La pérdida de estas muestras es especialmente lamentable por:

- el tiempo y esfuerzo humano empleado
- la inversión económica de la campaña (globalmente)
- el hecho de que se dispone de muy pocas medidas de este tipo en ambientes naturales y por primera vez se realizaba en aguas Antárticas. Estos datos hubieran complementado tanto los datos bioquímicos de proteína, clorofila y ATP, como los datos de producción primaria y de caracterización de las comunidades fitoplanctónica y bacteriana.

2.3 DETERMINACION DE ACTIVIDADES DE ENZIMAS RESPIRATORIOS Y ANTIOXIDANTES EN PLANCTON. MEDIDA DE RNA (SECCIÓN 5.6 DEL INFORME)

Muestras conservadas en el congelador

- 1.- 80 muestras para determinación de actividad del enzima catalasa en plancton. Se encontraban semiprocesadas, tras su extracción y homogenización.
- 2.- 40 muestras para estudios de RNA en plancton. Se encontraban extraídas con guanidiniotiocianato y homogenizadas. para su posterior purificación y análisis.

Horas de trabajo perdidas en la preparación de las muestras

- 1.- Recogida y filtración de las muestras aprox. 30 min./muestras de catalasa y 1 hora/muestra de RNA. Total: 80 horas.
 - 2.- Preparación de muestras: aprox. 10 min./muestra para todas ellas. Total: 20 horas.
- Total horas de trabajo perdidas: 100

Materiales perdidos en la preparación de las muestras

- 1.- Filtros GF/F, 4.5 mm: 1 + filtro/muestra. Total 120 filtros
Precio aprox. 10.000 pts.
- 2.- Reactivos utilizados en las extracciones: aprox. 10.000 pts

3.- Tubos de homogenización: 4 tubos y 6 varillas. Precio total
60.000 pts.

Significado científico de las muestras perdidas

La pérdida científica es mucho más grave que las pérdidas económicas en materiales u horas de trabajo, e imposible de evaluar en términos monetarios. Las muestras de catalasa hubiesen dado unos resultados que había que relacionar con los de otro enzima -analizado a bordo- la superóxido dismutasa. Las actividades de ambos son importantes para verificar la hipótesis de activación de estos enzimas en condiciones de "stress" oxidativo por bajas temperaturas, como antioxidantes. La acción de la superóxido-dismutasa produce peróxido de hidrógeno y la subsiguiente acción de otros enzimas, p.e. la catalasa, reduce éste a agua. El no disponer de los datos de esta última perjudica gravemente los resultados de la investigación.

Las muestras de RNA estaban destinadas a un estudio por electroforesis, Northern Blot e hibridación de mRNA con algunos genes determinantes de adaptación a bajas temperaturas. Este es un aspecto apenas abordado en oceanografía biológica antártica, y de cuyo estudio se esperaban resultados muy interesantes. Desgraciadamente, estos resultados tendrán que esperar a una futura campaña, si es posible entonces disponer de tiempo para este tipo de muestras.

Para resumir, entre un tercio y la mitad del trabajo realizado durante la campaña ha sido destruido por un accidente fácilmente previsible y superable.

2.4 ZOOPLANCTON: TASAS DE ALIMENTACION (SECCIÓN 5.7 DEL INFORME)

Se han perdido la totalidad de las muestras destinadas a la determinación de los contenidos pigmentarios intestinales de copépodos y salpas. En total, se trata de las series correspondientes a 9 experimentos (varias muestras para cada uno) y de unas 55 muestras obtenidas por medio de pescas verticales con la malla WP2. Estas operaciones habían representado una gran inversión de tiempo y esfuerzo humano, como puede apreciar cualquiera que haya realizado pescas de plancton en aguas antárticas. Este aspecto y el de las pérdidas económicas (filtros y otro material) se suman a la pérdida científica que representa la imposibilidad de obtener una estima de las tasas de alimentación del zooplancton, cuestión fundamental para la interpretación de las distribuciones obtenidas.

3. CONCLUSIONES

Como puede verse, la pérdida de las muestras depositadas en el congelador del BIO "Hespérides" ha representado un duro golpe para las ilusiones de un buen número de personas y para los objetivos científicos de la campaña. Para evitar un accidente similar en campañas sucesivas sería necesario, como mínimo:

1.- Dejar libre el acceso a los congeladores, de manera que pueda comprobarse siempre el estado de su contenido.

2.- Instalar algún mecanismo de alarma que se ponga en marcha en caso de avería, de manera que pueda oírse en la sala de control de máquinas o en otros lugares adecuados.

ANEXO 2

RECOMENDACIONES

A la luz de la experiencia acumulada durante la campaña ECOANTAR 94, se sugiere un conjunto de medidas para mejorar la funcionalidad y el rendimiento del BIO Hespérides y de su equipamiento científico. Algunas de estas recomendaciones se incluyeron en el informe preliminar entregado inmediatamente después de la campaña, por lo que parte de los problemas señalados están en estudio o en vías de solución.

1. Acerca de los equipos y del "software"

- Convendría disponer elementos de salvamento (como flotador atado a un cabo) cerca de los puntos de maniobra de instrumentos de cubierta (CTD, mangas, etc.), para poder actuar con rapidez en caso de caída accidental de alguien al agua.
- Debería dejarse libre el acceso a los congeladores, de manera que pueda comprobarse siempre el estado de su contenido.
- Se debería instalar algún mecanismo de alarma que se ponga en marcha en caso de avería de los congeladores, de manera que pueda oírse en la sala de control de máquinas o en otros lugares adecuados.
- Es necesario dotar de amortiguadores a todos los chigres que se usan para arriar aparatos. Por otra parte, debería estudiarse alguna solución para alargar los pórticos.
- Sería conveniente disponer de mayor iluminación en los pórticos.
- Dado el estado del chigre no. 2, el personal encargado de su mantenimiento recomendó no realizar perfiles de CTD a más de 3000 m de profundidad. Se detectaron problemas en el devanador y en las pastillas de freno durante la campaña. Se recomienda efectuar una operación de mantenimiento integral del chigre o bien sustituirlo.
- Sería muy conveniente que el CTD pudiese introducirse con facilidad en su habitáculo. Actualmente, en caso de mal tiempo, la obtención de muestras se hace muy penosa e incluso peligrosa, por la proximidad del CTD al borde de la cubierta.
- Debería mejorarse el funcionamiento del montacargas.
- Hay fallos en la nueva versión del software de EG&G/ General Oceanics para la adquisición de datos de CTD. Al pulsar la combinación de teclas para el disparo de botellas o para cerrar el downcast y abrir el upcast, el ordenador vuelve al sistema operativo. En otras ocasiones, hay irregularidades en el cierre de algunas botellas. Deben corregirse estos errores.
- Aunque todas las pruebas realizadas "en seco" con el transmisómetro del MKIIC WOCE fueron satisfactorias, no funcionaba correctamente al sumergirlo. Se recomienda enviarlo a fábrica para reparación.

- Debe subsanarse el defecto de fábrica supuestamente responsable del agotamiento de baterías y bloqueo de los termómetros digitales SiS.

- La sonda EA500 ha proporcionado en alguna ocasión datos erróneos de profundidad. Si esta es la sonda que alimenta el telegrama de navegación, se corre el riesgo de golpear el CTD contra el fondo a velocidad normal de arriado. (como sucedió el 21 de enero) y dañarlo. Se recomienda la adopción de medidas que permitan subsanar este problema. Sería útil disponer de un repetidor de la EA500 en el puesto de control del CTD (laboratorio de equipos electrónicos de popa).

- Se recomienda la adquisición de un equipo Autosal para poder realizar los análisis de salinidad de muestras de agua a bordo.

- Convendría completar la dotación de sensores de la estación meteorológica Aanderaa de a bordo con un anemómetro y una veleta.

- Sería conveniente integrar la información de navegación en el archivo de datos del termosalinógrafo en tiempo real.

- Sería útil disponer de subrutinas matemáticas NAG y subrutinas gráficas NCAR en el MASSCOMP, para facilitar los trabajos de postproceso que se puedan realizar a bordo.

- Sería conveniente disponer de un mayor espectro de tallas de trajes de agua. En particular convendría tener suficientes tajes de tallas medianas y pqueueñas.

2. Material informático

Véase el informe de D. Mario Manríquez. Aquí sólo se hacen constar algunos de los problemas:

- El ordenador MacIntosh tenía el disco duro ocupado con 50 Mb de datos bloqueados con un "password" desconocido. Hubo que reformatear el disco duro para poder utilizar el ordenador, lo que ocasionó importantes pérdidas de tiempo y de información.

- El PC que llevaba la tarjeta para recepción de datos del fluorómetro continuo estaba bloqueado con un "password" desconocido. Hubo que trasladar la tarjeta a otro ordenador. A causa de este problema se perdieron varios días de recogida de datos. Aún no se ha podido averiguar cuál es o quién puso el citado "password".

- Las plumillas del plotter marca Schneider se secan con facilidad, con lo que se pierden los primeros centímetros de trazo. Convendría disponer a bordo de otro plotter compatible con el software de adquisición y postproceso del CTD.

3. Acerca de los laboratorios generales

- La iluminación de los laboratorios es pobre, especialmente la del de equipos electrónicos de popa. Debería mejorarse.

- Convendría renovar la dotación de PCs de a bordo (la mayor parte de ellos son 286 con discos de poca capacidad y más de 3 años de antigüedad), y "fijar" tanto su localización como la de los periféricos.

- Convendría situar un repetidor del telegrama en vía húmeda.

- Convendría disponer de un mayor número de extensiones telefónicas (y reponer los aparatos que faltan) para facilitar la comunicación interna entre los laboratorios y con el puente.

- Sería útil distribuir algunos relojes de pared entre los mamparos de los distintos laboratorios.

- Las manivelas de las puertas de los laboratorios se desmontan con extraordinaria facilidad porque se escurre el tornillito destinado a fijarlas.

- Habría que poner trabas en las puertas de laboratorio que carecen de ellas, para poder afirmarlas cuando se desea dejarlas abiertas y hay balance.

- Convendría habilitar espacios en los distintos laboratorios para colgar la ropa de agua y abrigo y guardar las botas. Las perchas que se dispusieron hace tiempo están deterioradas.

- Se necesitaría disponer de al menos seis sillas de tamaño normal en los laboratorios de la cubierta inferior (vía húmeda, apertura de muestras y microscopía, etc.)

- Es imprescindible centralizar en un lugar adecuado una copia de todos los manuales de los aparatos. En la actualidad, se hallan distribuidos en estanterías, cajones y armarios diversos de varios laboratorios (más o menos cerca del aparato correspondiente) cajones del escritorio del jefe de campaña y locales de máquinas.

- El grifo de agua destilada del Millipore (laboratorio de apertura de muestras y microscopía) pierde. Por otra parte, habría que fijarlo de manera que en caso de caer agua se vierta al fregadero y no produzca inundaciones.

- Sería conveniente proveer de rejillas los desagües de los fregaderos.

3. Acerca de las bodegas

- El estado en que regresó a España el material almacenado en el pañol de oceanografía fue penoso, debido a inundaciones constantes (agua que se colaba a través de la tapa superior) y a la grasa que se esparcía por el suelo.

- Como se ha indicado más arriba, debería dejarse siempre libre el acceso a los congeladores e incubador instalados en el pañol de oceanografía.

- Convendría habilitar un sistema más preciso y seguro de numeración, almacenamiento y control de los materiales de los distintos grupos de trabajo.

4. Acerca de los camarotes

- Convendría disponer algún tipo de protección lateral en las literas superiores para evitar caídas accidentales durante los temporales.
- Se echa en falta luz para las mesas de trabajo de los camarotes. Convendría remediar esta carencia.
- Faltan muchas llaves de armarios y puertas de camarote. Habría que reponerlas.
- Convendría colocar perchas de ropa en los armarios, y algún colgador más en las paredes (como los que hay detrás de las puertas).

ANEXO 3

NOTA SOBRE EL LABORATORIO DE RADIATIVIDAD

Tengo noticias de que este laboratorio será remodelado; sin embargo, creo conveniente señalar aquí algunos problemas detectados.

- El sistema de ventilación de la campana de gases estaba comunicado con el interior del laboratorio, de manera que los gases extraídos de la campana volvían a entrar en él. Es imprescindible solucionar este problema.

- Sería conveniente elaborar algún protocolo sobre la utilización y vaciado del depósito para líquido radiactivos.

- Cuando llegamos a Cartagena para descargar el material de ECOANTAR 94, el laboratorio de radiactividad estaba abierto y ocupado por material (unos perfiles de hierro) que no tenían nada que ver con las actividades del laboratorio. Por otra parte, en uno de los cajones se encontró un vaso y un paquete de galletas, elementos que bajo ningún concepto deberían haber entrado en un laboratorio de radiactividad. Éstas y otras anomalías también señaladas en el informe del Dr. Sánchez Cabeza (desechos en el cubo de residuos sólidos, desaparición del material de limpieza, etc., etc.) ocurrieron después de que nuestro equipo abandonase el buque, por lo que no nos hacemos en modo alguno responsables de ello. Convendría que se evitase el acceso a este laboratorio de personal no autorizado.

- Sería conveniente elaborar un listado de los puntos a considerar en la descripción de las actividades radiactivas que se propone realizar en cada campaña. Así se evitarían omisiones de información, como las señaladas en el informe de revisión radiológica.