

Tesis de Posgrado

Aspectos ecológicos de macroalgas marinas de Caleta Potter, Shetland del Sur, Antártida

Quartino, María Liliana

2003

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Quartino, María Liliana. (2003). Aspectos ecológicos de macroalgas marinas de Caleta Potter, Shetland del Sur, Antártida. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3607_Quartino.pdf

Cita tipo Chicago:

Quartino, María Liliana. "Aspectos ecológicos de macroalgas marinas de Caleta Potter, Shetland del Sur, Antártida". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2003. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3607_Quartino.pdf

EXACTAS UBA

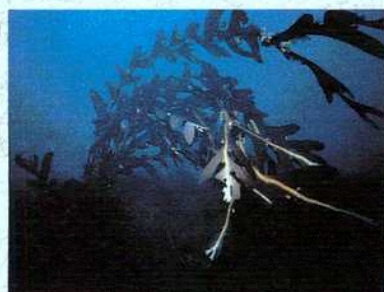
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**ASPECTOS ECOLÓGICOS DE MACROALGAS
MARINAS DE CALETA POTTER,
SHETLAND DEL SUR, ANTÁRTIDA**



Tesis presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas

Tesista: Lic. María Liliana Quartino

Directores: Dra. Alicia Boraso de Zaixso

Dra. María Susana Vigna

- 2003 -



3607

A Marcelo y mis tres soles, Igui, Patri y Magui

A mis queridísimos padres, Ada y Abel

A mis queridos familiares y verdaderos amigos

Agradecimientos	1
Resumen	3
Abstract	4
1- INTRODUCCIÓN GENERAL	5
Estudios ficológicos en la Antártida	6
Las primeras expediciones	6
Estudios ficológicos recientes	8
Las macroalgas en los ecosistemas costeros de la Antártida	8
Macroalgas de Caleta Potter	10
Antecedentes en el área de estudio	10
Objetivos del estudio	10
Organización del trabajo de tesis	11
Marco institucional	11
2- ÁREA DE ESTUDIO	12
Descripción general	13
Factores ambientales estudiados	17
Método de estudio	17
Caracterización de los factores ambientales	19
Temperatura	19
Vientos	20
Irradiación	21
Caracterización de los sitios de estudio	22
Descripción y localización de los sitios	22
Barton (S1)	22
Pinitos (S2)	22
Peñón de pesca (S3)	22
Pie del glaciar (S4)	23
Casa de bomba (S5)	23
Peñón I (S6)	24
Roca M (S7)	24
Descripción de los factores abióticos	25
Sustrato	25
Barton (S1)	25
Pinitos (S2)	26
Peñón de pesca (S3)	27
Pie del glaciar (S4)	28
Casa de bomba (S5)	29
Peñón I (S6)	30
Roca M (S7)	31
Irradiación	32
Nutrientes	35
Nitratos	35
Fosfatos	35
3- MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO	40
Muestreo en el terreno	41
Análisis en el laboratorio	42
4- ASPECTOS FLORÍSTICOS	46
Introducción	47
Aspectos biogeográficos	47
Descripciones taxonómicas	49
CLASE ULVOPHYCEAE	50

<i>Monostroma hariotii</i>	50
<i>Enteromorpha bulbosa</i>	52
<i>Lambia antarctica</i>	54
CLASE PHAEOPHYCEAE	56
<i>Geminocarpus geminatus</i>	56
<i>Petalonia fascia</i>	58
<i>Desmarestia anceps</i>	60
<i>Desmarestia antarctica</i>	62
<i>Desmarestia menziesii</i>	64
<i>Himantothallus grandifolius</i>	66
<i>Phaeurus antarcticus</i>	68
<i>Adenocystis utricularis</i>	70
<i>Cystosphaera jacquiniotii</i>	72
<i>Ascoseira mirabilis</i>	74
<i>Halopteris obovata</i>	76
CLASE RHODOPHYCEAE	78
<i>Porphyra endiviifolium</i>	78
<i>Porphyra plocamiestris</i>	80
<i>Palmaria decipiens</i>	82
<i>Ballia callitricha</i>	84
<i>Curdiea racovitzae</i>	86
<i>Sarcodia montagneana</i>	88
<i>Notophycus fimbriatus</i>	90
<i>Gymnogongrus antarcticus</i>	92
<i>Gymnogongrus turquetii</i>	94
<i>Gigartina skottsbergii</i>	96
<i>Iridaea cordata</i>	98
<i>Plocamium cartilagineum</i>	100
<i>Kallymenia antarctica</i>	102
<i>Callophyllis atrosanguinea</i>	104
<i>Nereoginkgo adiantifolia</i>	106
<i>Pachymenia orbicularis</i>	108
<i>Hymenocladopsis crustigena</i>	110
<i>Georgiella confluens</i>	112
<i>Delesseria lancifolia</i>	114
<i>Myriogramme mangini</i>	116
<i>Myriogramme smithii</i>	118
<i>Neuroglossum ligulatum</i>	120
<i>Pantoneura plocamioides</i>	122
<i>Phycodrys austrogeorgica</i>	124
<i>Picconiella plumosa</i>	126
 5- ASOCIACIONES MACROALGALES	 128
Introducción	129
Objetivo	129
Metodología	130
Análisis biocenológico	130
Resultados	132
Clasificación con el TWINSpan	132
Análisis por biomasa	132
Análisis por densidad	135
Análisis del grado de presencia y fidelidad de las especies en las asociaciones	138
Relación entre asociaciones de macroalgas y factores ambientales (CA)	142
Relación entre las asociaciones basadas en biomasa con los factores ambientales	142
Relación de asociaciones basadas en densidad con los factores ambientales	145
Discusión	148

6- DISTRIBUCIÓN DE ABUNDANCIAS DE MACROALGAS EN RELACIÓN CON LOS FACTORES AMBIENTALES	152
Introducción	153
Objetivo	153
Metodología	154
Análisis canónico de correspondencias (CCA) para datos de densidad y biomasa	154
Análisis HOF	155
Resultados	158
Relación entre especies y factores ambientales	158
Análisis canónico de correspondencias (CCA)	158
Análisis basados en biomasa	158
Ordenamiento de las muestras	160
Ordenamiento de las especies	161
Análisis basados en densidad	164
Ordenamiento de las muestras	165
Ordenamiento de las especies	166
Análisis de los modelos HOF	169
Discusión	192
Nutrientes	193
Irradiación- Profundidad- Sustrato	193
Especies de ambientes poco profundos	194
Especies sublitorales	196
Especies del sublitoral superior	196
Especies del sublitoral medio	197
Especies del sublitoral inferior	198
Distribución vertical	199
7- BIOMASA Y PRODUCCIÓN MACROALGAL EN CALETA POTTER	211
Introducción	212
Objetivo	213
Metodología	214
Resultados	217
Análisis de la biomasa	217
Biomasa media	217
Biomasa máxima	217
Análisis de la producción por unidad de superficie	220
Biomasa observada y esperada en sitios seleccionados	220
Producción por unidad de superficie	223
Cálculo de la relación P/B	225
Cálculo de las áreas dentro de cada intervalo de profundidad	226
Biomasa seca promedio en todos los sitios de estudio	226
Cálculo de la biomasa total dentro de caleta Potter	226
Cálculo de la producción estival en caleta Potter	229
Discusión	230
Biomasa macroalgal en la Región Antártica	230
Producción primaria bentónica	232
Consideraciones sobre las estimaciones de producción en macroalgas bentónicas	233
8- CONCLUSIONES GENERALES	236
9- BIBLIOGRAFÍA	240

AGRADECIMIENTOS

Sin lugar a dudas son muchas las personas a las que estoy profundamente agradecida por haberme ayudado tanto profesional como personalmente a que esta tesis pueda hoy ser presentada:

A mi querida Directora de tesis, Dra. Alicia Boraso de Zaixso, por sus numerosos consejos y sugerencias, como así también por su infinita paciencia y dedicación. Por ser una excelente Maestra no sólo de macroalgas sino de la Vida. Va también mi agradecimiento a toda su familia en especial a Hector Zaixso por su asesoramiento en el análisis estadístico de este trabajo.

A la Directora Dra. Susana Vigna por su lectura crítica y compromiso permanente en esta tesis.

Un agradecimiento especial es para la Dra. Irene Schloss por su valioso asesoramiento en la elaboración de este trabajo.

Gracias especiales al Dr. Enrique Marschoff, Director del Instituto Antártico Argentino, por posibilitarme trabajar en el Instituto y en la Antártida, como así también por haberme “prestado” un valioso disco rígido sin el cual esta tesis no hubiera sido terminada. Mi agradecimiento también para el Dr. Gustavo Ferreyra, Director del Departamento de Ciencias del Mar por su apoyo y estímulo permanente.

Un Gracias inmenso a la queridísima Ficóloga Carmen Pujals, quien fue mi Maestra y compañera en el Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, de quien conservo las mejores enseñanzas y buenos recuerdos.

Gracias al Dr. Carlos Rinaldi y Dr. Juan Accorinti por haberme dado la oportunidad de trabajar en macroalgas en la Dirección Nacional del Antártico.

Un especial agradecimiento a los Dres. Christian Wiencke, Heinz Klöser y Margaret Clayton por su asesoramiento y orientación en la determinación taxonómica de especies.

Un agradecimiento afectuoso a todos mis amigos y compañeros del Instituto Antártico Argentino, por sus consejos y sugerencias como así también por su apoyo moral permanente, especialmente a Silvia Rodríguez y Willy Mercuri quien además tomó las fotografías de las macroalgas. Gracias especiales a todos aquellos que estuvieron presentes en diferentes campañas antárticas como así también que colaboraron con sus datos y su experiencia en la elaboración de este

trabajo y muy especialmente a Marcos Tatián, Ricardo Sahade, Laura Varela, Katrin Iken, Daniel Gaona, Santiago Kocmur, Leo Cantoni y Silvia Romero; como así también a los diferentes buzos y logísticos que participaron en las distintas campañas antárticas.

Gracias al Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, al Dr. Edgardo Romero y a la Dra. Mirta Arriaga por permitirme trabajar en dicha Institución. Un gracias afectuoso a Andrea Coradeghini, María Dolores Montero, Mónica Stampaccio, Roberto Gómez Cadret y Laura De Cabo.

Finalmente un gracias profundo y sincero a mi queridísima familia, a Marcelo por todo su apoyo y dedicación en todos estos años; a mis tres soles Ignacio, Patricio y Magdalena por su paciencia y cariño, quienes constituyen mi verdadera fuente de Vida. A mis queridos padres Ada y Abel quienes con su *logística doméstica* contribuyeron enormemente para que esto sea posible. A Meme por su acompañamiento a la distancia. Un gracias muy especial a mis queridos amigos y familiares que no necesitan ser nombrados porque saben muy bien que sin el apoyo de ellos esta tesis tampoco hubiera sido posible.

RESUMEN

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE MACROALGAS MARINAS DE CALETA POTTER, SHETLAND DEL SUR, ANTÁRTIDA

En este trabajo se estudian las asociaciones macroalgales de Caleta Potter (Shetland del Sur, Antártida), su distribución en relación con la profundidad, el sustrato, la irradiación, los nitratos y fosfatos, la salinidad, la temperatura del agua y el período luminoso; y se estima la producción macroalgal estival dentro de la Caleta.

Los muestreos se realizaron en los años 1994-1995-1996, mediante buceo autónomo. Se colectaron 384 unidades muestrales, determinando las biomásas y densidades de las 39 especies de algas encontradas, dos de las cuales, *Petalonia fascia* (Müller) Kuntze y *Nereoginkgo adiantifolia* Kylin, fueron registradas por primera vez en Caleta Potter.

Los análisis cuantitativos utilizando TWINSpan (Análisis de dos vías de especies indicadoras) y CA (Análisis de correspondencias) permitieron definir cuatro asociaciones macroalgales: la primera de ellas ubicada en la franja de interfase entre el mesolitoral y el sublitoral superior, caracterizada por *Iridaea cordata*, *Monostroma harti* y *Adenocystis utricularis*. La segunda asociación se ubica en el sublitoral superior caracterizada por *Desmarestia menziesii*, *Ascoseira mirabilis*, *Curdiea racovitzae* y *Kallymenia antarctica*. La tercera se ubica en el sublitoral medio caracterizada por *Desmarestia anceps*, *Georgiella confluens* y *Plocamium cartilagineum*. Por último la asociación del sublitoral profundo caracterizada por *Himantothallus grandifolius* y *Ballia callitricha*.

El análisis CCA (Análisis canónico de correspondencias) demuestra que el principal factor de distribución de las asociaciones es la profundidad, seguida en importancia por los sustratos, la irradiación, la salinidad y los nutrientes. Se pudieron también ajustar los óptimos de densidad de las principales poblaciones de macroalgas respecto a diferentes factores ambientales utilizando modelos HOF.

La producción de biomasa de las especies más abundantes de macroalgas fue calculada sobre la base de la biomasa presente y valores publicados de estimaciones de tasa de crecimiento en condiciones de laboratorio. En Caleta Potter para el período de verano (121 días) la producción de las macroalgas más abundantes fue de 2206 Tm, siendo la producción diaria de $0,0157 \text{ g.g}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Estos valores constituyen los únicos datos de estimación de producción macroalgal en la Antártida que se han estimado hasta la actualidad.

Palabras clave: macroalgas, asociaciones, distribución, producción, Antártida

ABSTRACT

ECOLOGICAL ASPECTS OF MARINE MACROALGAE IN POTTER COVE, SOUTH SHETLAND, ANTARCTICA

Macroalgal associations in Potter Cove (South Shetland, Antarctica), their distributions with depth, substrate, irradiation, nitrates and phosphates, salinity, water temperature and light period were studied. The macroalgal production within the Cove during the summer period was also estimated.

Samples were collected during 1994, 1995 and 1996 by Scuba divers. A total of 384 sample units were collected. Biomasses and densities were determined for the 39 macroalgae species found, two of which, *Petalonia fascia* (Muller) Kuntze and *Nereoginkgo adiantifolia* Kylin, were recorded for the first time in Potter Cove.

The quantitative analysis carried out using TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis) and CA (Correspondence Analysis) enabled to define four macroalgal associations. The first one is placed within the interface strip between the mesolittoral and the upper sublittoral, it is characterized by *Iridaea cordata*, *Monostroma hariotii* and *Adenocystis utricularis*. The second association is placed within the upper sublittoral, it is characterized by *Desmarestia menziesii*, *Ascoseira mirabilis*, *Curdiea racovitzae* and *Kallymenia antarctica*. The third one, is placed within the central sublittoral, it is characterized by *Desmarestia anceps*, *Georgiella confluens* and *Plocamium cartilagineum*. Finally, the fourth association is placed within the deep sublittoral being characterized by *Himantothallus grandifolius* and *Ballia callitricha*.

The CCA (Canonical Correspondence Analysis) demonstrates that the main factor influencing the associations distribution is depth, followed by substrates, irradiation, salinity and nutrients. Using HOF models, density optima for the main populations of macroalgae could also be fitted with respect to different environmental factors.

The biomass production for the most abundant species of macroalgae was computed based on the existing biomass and on published estimates of growing-rates under laboratory conditions. In Potter Cove, for the summer period (121 days) the production of the most abundant macroalgae was 2206 metric tons and the daily production was 0.0157 g.g⁻¹d⁻¹. This set of macroalgal production data is the only one of its kind ever estimated in Antarctica.

Key words: macroalgae, associations, distribution, production, Antarctica

1- INTRODUCCIÓN GENERAL

ESTUDIOS FICOLÓGICOS EN LA ANTÁRTIDA

LAS PRIMERAS EXPEDICIONES

La Antártida empezó a ser conocida a partir del viaje de circunnavegación del capitán James Cook a bordo del “Resolution” (1772-1775) en donde se navegaron los mares australes en las más altas latitudes conocidas. Si bien no llegaron a avistar el continente, supusieron su existencia más allá de los 71° de latitud sur, estimándolo impenetrable (Ossoinak Garibaldi et al., 1950).

La primera colección de algas marinas fue realizada por C. Gaudichaud en la Expedición Antártica de las corbetas francesas “Uranie” y “Physicienne” en 1817-1820 (Papenfuss, 1964b; Wiencke, 1996). Hasta fines del siglo XIX el conocimiento ficológico antártico se limitó sólo a seis especies (Reinsch, 1890; Gain, 1912). De las quinientas expediciones al continente Antártico sólo ciento cincuenta fueron de carácter puramente científico, y sólo unas pocas realizadas entre 1828 y 1958, llevaron a cabo estudios ficológicos (Roberts, 1958).

A principio del siglo XIX se inician expediciones que contribuyeron a conocer cada vez mejor la flora marina de toda esta región, flora que es mucho más rica de lo que se suponía en un principio (Tabla 1.1). Este período de expediciones antárticas estuvo principalmente caracterizado por estudios taxonómicos y biogeográficos (Papenfuss, 1964a).

El 1° de diciembre de 1959 se firma el Tratado Antártico en la ciudad de Washington, siendo la Nación Argentina firmante primaria del documento. Meses más tarde fue ratificado por todos los países signatarios entrando en vigencia el 23 de junio de 1961. En el mismo se establece que la Antártida se utilizará exclusivamente con fines pacíficos y se insta a promover la cooperación internacional en la investigación científica.

En septiembre de 1962 se realiza en París el primer simposio organizado por el SCAR (Scientific Committee for Antarctic Research). En el mismo, el ficólogo G. Papenfuss perteneciente de la Universidad de California, propone las primeras pautas para iniciar el estudio de las algas antárticas (Papenfuss, 1964a).

Tabla 1.1: Expediciones en buque a la Antártida (período 1828-1958)

Período	Buque (Nacionalidad)	Observaciones
1828-1829	"Chanticleer" (Británica)	Primeras citas ficológicas de los alrededores de la Tierra de Graham.
1837-1838	"Astrolabe" y "Zelee" (Francesa)	Descripciones realizadas por J. Montagne.
1839-1843	"Erebus" y "Terror" (Británica)	Estudios y descripciones realizados por J. D. Hooker y W. H. Harvey.
1897-1898	"Belgica" (Belga)	Colecciones a cargo de M. Racovitzae y descripciones realizadas por M. Huriot.
1898-1900	"Southern cross" (Británica)	Colecciones llevadas a cabo por E. S. Barton
1901-1903	"Antarctic" (Sueca)	Colecciones y estudios realizados por C. Skottsberg y D. Hylmø. Las corallinaceas fueron estudiadas por M. Foslie.
1901-1904	"Discovery" (Británica)	Estudios realizados por A. Gepp, E. Gepp y P. Lemoine.
1903-1904	"Scotia" (Escocesa)	Colecciones y estudios realizados por R. Brown.
1903-1905	"Française" (Francesa)	1ª Expedición Francesa. Estudios realizados por M. Huriot.
1908-1910	"Porquois -pas?" (Francesa)	2ª Expedición Francesa. Colecciones y estudios a cargo de L. Gain.
1910-1912	"Terra Nova" (Británica)	Estudios realizados por A. Gepp y E. Gepp.
1929-1931	"Discovery" B.A.N.Z.A.R.E (Británica, Australiana, Neozelandesa)	Colecciones y estudios a cargo de C. Skottsberg.
1943-1944	"Tabarín" "Discovery" (Británica)	Colecciones de I. Mackenzie Lamb y estudios a cargo de C. Skottsberg.
1955-1958	"Ob" (Rusa)	Colecciones y estudios realizados por A. Zinova.

ESTUDIOS FICOLÓGICOS RECIENTES

Finalizado el primer período de las expediciones antárticas, en donde se pudo obtener una buena colección ficológica en un tiempo relativamente corto, se inició una nueva etapa en la que se realizaron campañas prolongadas en estaciones y bases científicas.

Si bien el estudio de los organismos antárticos no es tarea sencilla debido a la dificultad que significa coleccionar muestras a diferentes profundidades, la posibilidad de trabajar en ecosistemas costeros está facilitada por la presencia de laboratorios de investigación con infraestructura adecuada. Las macroalgas marinas son actualmente coleccionadas utilizando dragas o mediante buceo autónomo ("SCUBA"), obteniéndose ejemplares en mejores condiciones. En esta nueva etapa se comienza a estudiar la distribución vertical de las macroalgas en la Región Peninsular Antártica (Neushul, 1961,1965; Delépine et al., 1966; Moe y DeLaca, 1976; DeLaca y Lipps, 1976; Lamb y Zimmerman, 1977; Richardson, 1979; Zielinski, 1981, 1990; Wiencke, 1988; Klöser et al., 1994a) y en la Región Antártica Oriental (Mar de Ross) (Zaneveld, 1966,1968 y Cormaci et al.,1992 a,b).

En las últimas décadas se han realizado importantes aportes taxonómicos, biogeográficos, ecológicos, ecofisiológicos y de ciclos de vida. Una completa revisión bibliográfica de estos trabajos se presenta en Wiencke y Clayton (2002).

LAS MACROALGAS EN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS DE LA ANTÁRTIDA

La Antártida se diferencia notablemente del resto de los continentes por sus particulares características climáticas, físicas y ambientales. Está separada del resto de los continentes por la Convergencia Antártica, que consiste en una extensa zona oceánica de aguas profundas y turbulentas con patrones de circulación y temperatura discontinuos que limitan la mezcla e intercambio de especies actuando como barrera natural entre Antártida y subantártida (Ricker, 1987). Los ambientes polares están caracterizados no solo por las bajas temperaturas sino también por variaciones

extremas de irradiación y cambios de la longitud del día en las diferentes estaciones (Kirst y Wiencke, 1995).

Las algas marinas bentónicas son importantes productores primarios que aportan materia orgánica particulada y disuelta a las cadenas alimenticias bentónicas de la trama trófica costera (Reichardt y Dieckmann, 1985; Fischer y Wiencke, 1992; Amsler et al., 1995). Las macroalgas que no constituyen el alimento de los herbívoros ramoneadores y raspadores ingresan a la cadena detritica descomponiéndose y transformándose en fuentes de nutrientes para el sistema (Hanisak, 1992; Brouwer, 1996). Son productoras de oxígeno y constituyen el hábitat y refugio de muchos organismos (Momo et al., 1998; Iken et al., 1998). En la Antártida están adaptadas a condiciones de baja luminosidad, tanto por los bajos niveles de irradiación invernal como por la presencia de la capa de hielo; su límite inferior de distribución vertical está mayormente determinado por el grado de adaptación a la sombra (Kirst y Wiencke, 1995) y su límite superior de distribución vertical está parcialmente determinado por la habilidad para tolerar el stress provocado por el exceso de luz (Hanelt, 1996; Hanelt et al., 1997).

Algunos elementos tales como el nitrógeno, fósforo, hierro y posiblemente algunos metales traza (Ej. cobalto, y manganeso) pueden limitar la tasa de crecimiento de algunas algas marinas debido a que en ciertos momentos del año están en bajas concentraciones en el agua de mar (Kamer et al., 2002). De todos ellos es el nitrógeno el elemento que más frecuentemente limita el crecimiento de las macroalgas. Los iones más usados por las algas marinas son el nitrato y el amonio, fundamentales para la síntesis de proteínas; algunas especies requieren también vitaminas para el normal desarrollo de su talo (Lobban et al., 1985).

MACROALGAS DE CALETA POTTER

ANTECEDENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Los estudios sobre las macroalgas bentónicas de Caleta Potter (Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur) se inician en noviembre de 1991 cuando se establece un Convenio de Cooperación Científica entre el Alfred Wegener Institut (Bremerhaven) Alemania y el Instituto Antártico Argentino que comienzan de esta forma una serie de estudios básicos sobre la fauna y flora de la Caleta (Base Jubany- Laboratorio Dallmann). A partir de ejemplares coleccionados de macroalgas marinas bentónicas se realizaron en cultivo, estudios ecofisiológicos y de ciclo de vida de diferentes especies de macroalgas verdes, rojas y pardas (Clayton, 1994; Kirst y Wiencke, 1995; Wiencke y Clayton, 2002).

Las actividades de campo y proyectos en los que se enmarca el presente trabajo de Tesis se inician en la Campaña Antártica de Verano (CAV) 1991-1992 con los primeros relevamientos de la flora bentónica de Caleta Potter (Klöser et al., 1994), los que se continúan dos años más tarde con los estudios ecológicos propiamente dichos a partir del análisis de la distribución, biomasa y densidad de las macroalgas bentónicas (Quartino et al., 1998, 2001). En 1996 las comunidades de macroalgas fueron documentadas mediante videos subacuáticos (Klöser et al., 1996).

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En el presente estudio se planteó como hipótesis que los factores ambientales: sustrato, profundidad, luz, temperatura del agua y nutrientes son responsables de la distribución espacial y vertical de las asociaciones de macroalgas marinas bentónicas.

Los objetivos del presente estudio son:

- Conocer como están actualmente conformadas las asociaciones de macroalgas a fin de poder evaluar en el futuro, el impacto producido en su distribución y constitución específica por influencia antrópica y cambio

climático global.

- Evaluar la abundancia, distribución vertical y espacial de las asociaciones de macroalgas bentónicas en sitios expuestos y protegidos de Caleta Potter e interpretarlos en función del tipo de sustrato, profundidad, niveles de irradiación, salinidad, temperatura del agua de mar y nutrientes.
- Estimar la producción primaria bentónica de la Caleta Potter durante el período estival a partir de la biomasa de las especies más abundantes de macroalgas a fin de establecer el stock permanente y la producción que fluye al resto del ecosistema.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS

El presente trabajo de Tesis comprende:

- Introducción general
- Área de estudio
- Método de muestreo y análisis de laboratorio
- Aspectos florísticos
- Asociaciones macroalgales
- Distribución de abundancias de macroalgas en relación con los factores ambientales
- Biomasa y producción macroalgal
- Conclusiones generales
- Bibliografía

MARCO INSTITUCIONAL

Este estudio fue desarrollado dentro del marco del Convenio de Cooperación Argentino-Alemán entre el Instituto Antártico Argentino y el Alfred Wegener Institut für Polar und Meeresforschung de Bremerhaven. Sus objetivos generales se ajustan a los del Programa Internacional Cs-Easiz “Ecosystems Antarctic Sea-Ice Zone” (Estudios en zonas costeras de borde de hielo Antártico) del SCAR.

2- ÁREA DE ESTUDIO

DESCRIPCIÓN GENERAL

Caleta Potter es un pequeño fiordo tributario de la Bahía Guardia Nacional (Maxwell Bay), Isla 25 de Mayo (King George Island, 62° 14'S, 58° 38'W), Archipiélago de las Shetland del Sur (Figs. 2.1, 2.2 y 2.3); tiene 4 km de longitud y 2,5 km de ancho, está dividida en dos áreas: una interna y una externa, separadas por una elevación transversal del fondo cerca de los 30 m de profundidad. La zona interna alcanza profundidades de hasta aproximadamente 50 m. En la zona externa o boca de la Caleta la profundidad oscila entre los 100 y 200 m. Las costas norte y este de la caleta interna están rodeadas por glaciares que ocasionalmente producen desprendimientos (Klöser et al., 1994) mientras que la costa sur es una playa arenosa (Fig.2.4). La Bahía Guardia Nacional cuya máxima profundidad es de 520 m se conecta a su vez con el Mar de la Flota. Parte de las corrientes superficiales del NE del Mar de la Flota penetran en esta bahía (Pruzsack, 1980) y a su vez ejercen una gran influencia en la circulación del agua de la Caleta Potter (Roese y Drabble, 1998; Schloss, 1998).

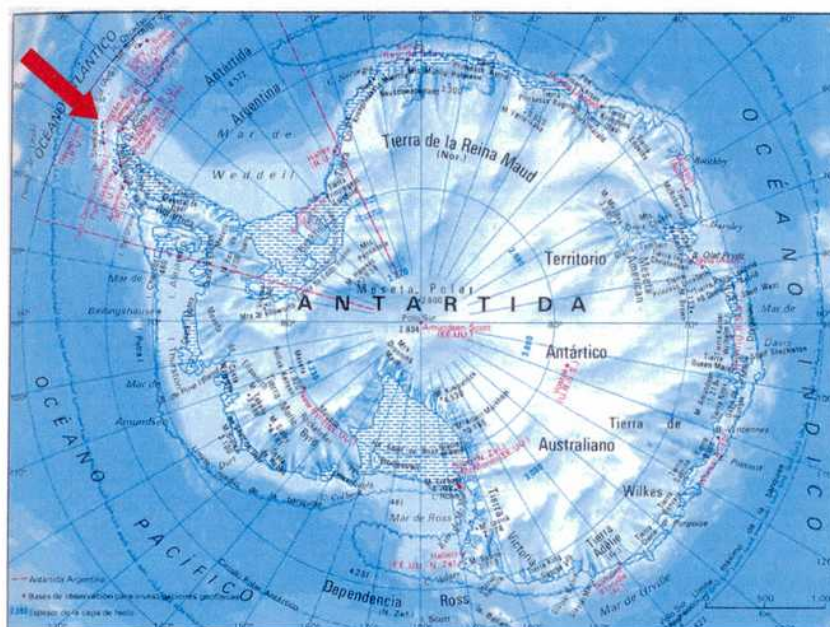


Figura 2.1: Antártida. La flecha roja indica la ubicación de la Isla 25 de Mayo, Archipiélago de las Shetland del Sur.

El clima en Caleta Potter es típicamente oceánico. Esta incidencia marítima modera la diferencia de temperaturas entre el día y la noche y mantiene la temperatura media durante los inviernos en -5°C (Wunderle et al. 1998).



Figura 2.2: Isla 25 de Mayo, Archipiélago de las Shetland del Sur.



Figura 2.3: Vista panorámica de Caleta Potter

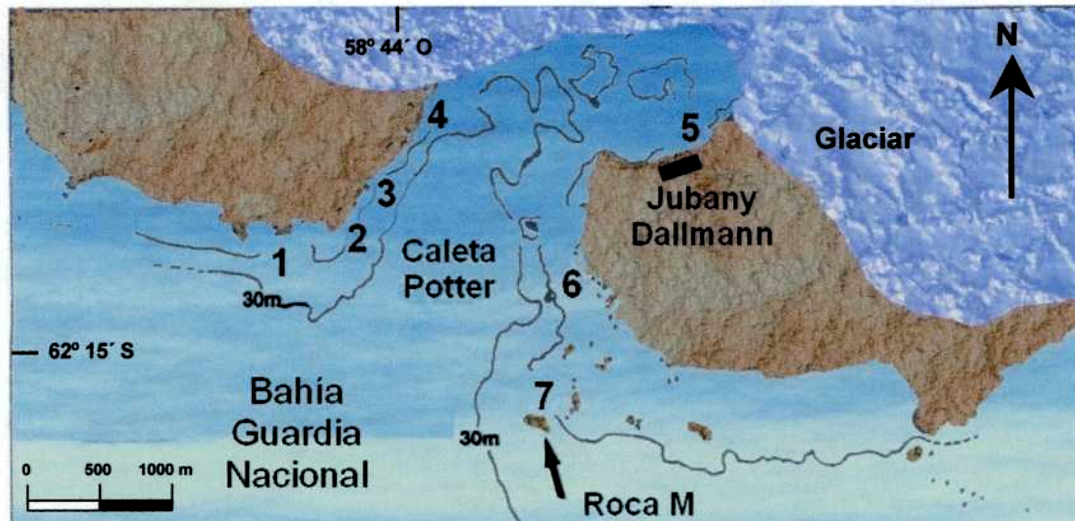


Figura 2.4: Caleta Potter. Ubicación de los siete sitios de muestreo: 1-Barton; 2-Pinitos; 3-Peñón de pesca; 4-Pie del glaciar; 5-Casa de bomba; 6-Peñón 1; 7-Roca M

Estudios de corrientes realizados por el departamento de Ciencias del Mar del Instituto Antártico Argentino (Speroni et al., 1994; Roese y Drabble 1998) determinaron la existencia de un patrón de circulación ciclónica u horaria tanto en la capa profunda como en la zona cercana a la costa. La circulación superficial está controlada por los vientos cuya dirección preponderante del oeste genera una circulación ciclónica en superficie que favorece la entrada de agua a la Caleta Potter. El giro ciclónico se completa cuando las aguas fluyen frente a las instalaciones de la Base Jubany, de este a oeste. El mayor egreso de agua ocurre por la capa superficial para compensar el ingreso que se produce a profundidades mayores que 15 m (Schloss, 1997). Fig.2.5.

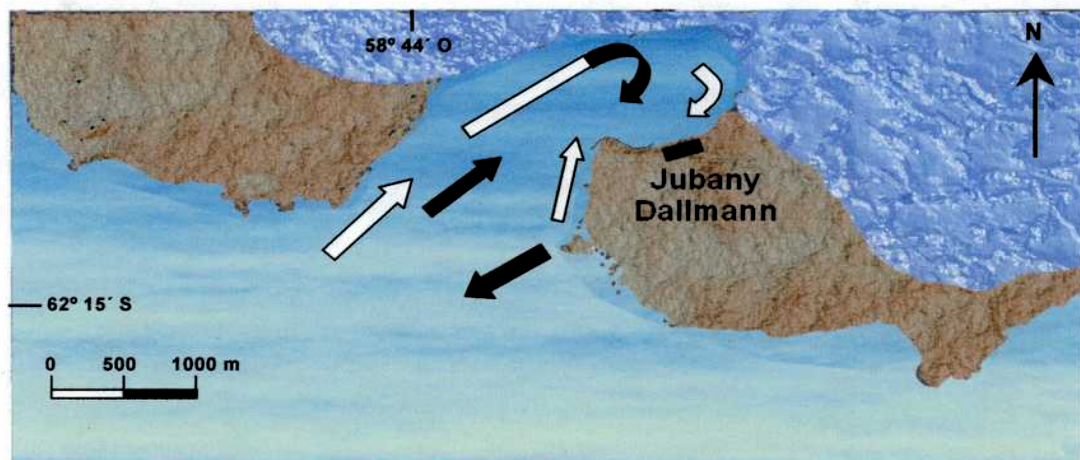


Figura 2.5 Circulación del agua de mar en Caleta Potter. Las flechas blancas indican la corriente superficial, las flechas negras la corriente profunda. Adaptada de Schloss (1997).

Las mareas presentan un régimen de desigualdad diurna, con una amplitud media de 148 cm para las marea de sicigia (mareas vivas) y de 120 cm para las marea de cuadratura (mareas muertas) (Fig.2.6). La capa de hielo formada en invierno casi no tiene efecto sobre las amplitudes de marea (Schöne et al. 1998).

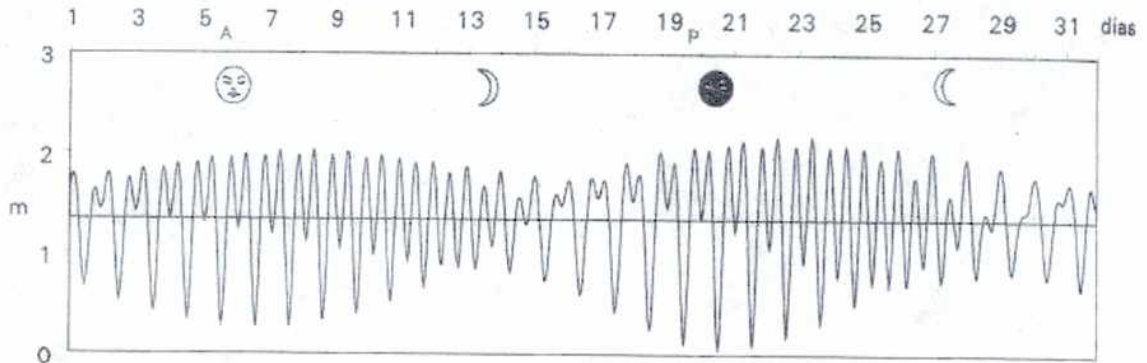


Figura 2.6: Representación gráfica del régimen de marea de Caleta Potter, año 1996. A: apogeo, P:perigeo, m:metros.

La temperatura del agua de mar en Caleta Potter oscila entre los $-1,8^{\circ}\text{C}$ para el mes de agosto y $2,0^{\circ}\text{C}$ en febrero según valores históricos registrados en los trabajos Klöser et al. (1993, 1994b) y Schloss (1998). En las figs.2.7y 2.8 se muestra la temperatura hasta los 35 m de profundidad durante los meses de verano.

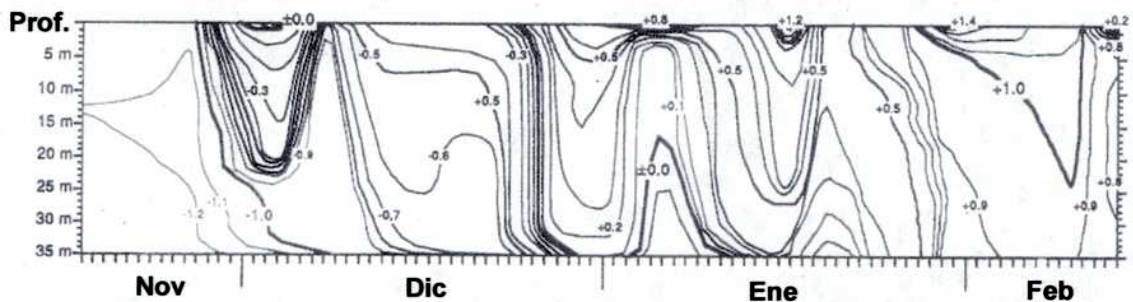


Figura 2.7: Temperatura del agua de mar en Caleta Potter (Sitio 3: Peñón de Pesca), durante los meses de verano 1991-1992. Prof: profundidad, m: metros. Tomada de Klöser et al. (1993)

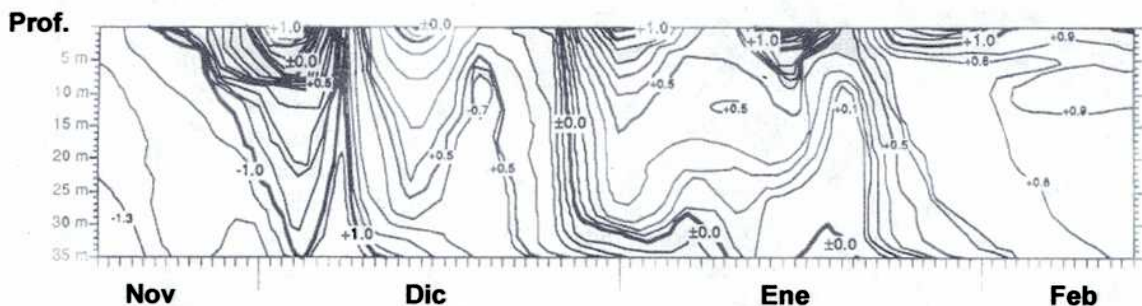


Figura 2.8: Temperatura del agua de mar en Caleta Potter (Sitio 5: Casa de Bomba 5), durante los meses de verano 1991-1992. Prof: profundidad, m: metros. Tomada de Klöser et al. (1993)

La salinidad se mantiene por sobre los de 34,00 PSU (Practical Salinity Unit: UNESCO, 1981) hasta el final de diciembre, cuando la descarga de agua de deshielo aumenta. La máxima reducción de salinidad en enero y febrero produce valores del orden de 32,00 PSU. La estratificación vertical de la columna de agua, está ausente o se manifiesta débilmente hasta el final de Diciembre (Klöser et al., 1993; Schloss et al., 1998). Figs. 2.9 y 2.10

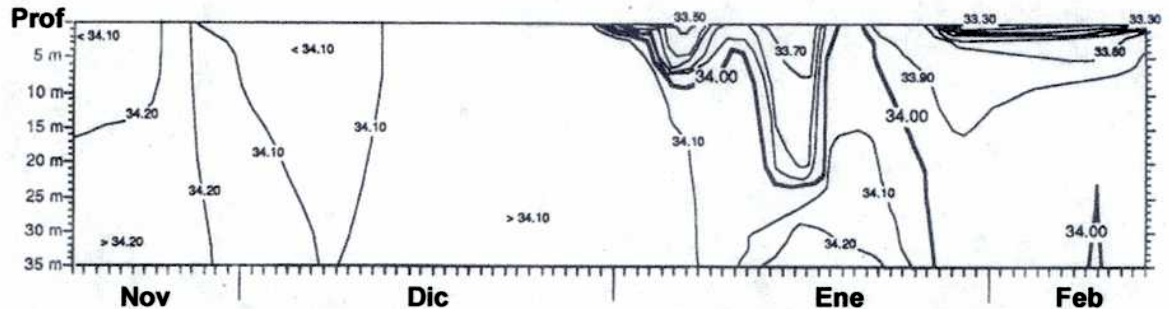


Figura 2.9: Salinidad del agua de mar en Caleta Potter (Sitio 3: Peñón de Pesca) durante los meses de verano 1991-1992. Prof: profundidad, m: metros. Tomada de Klöser et al. (1993)

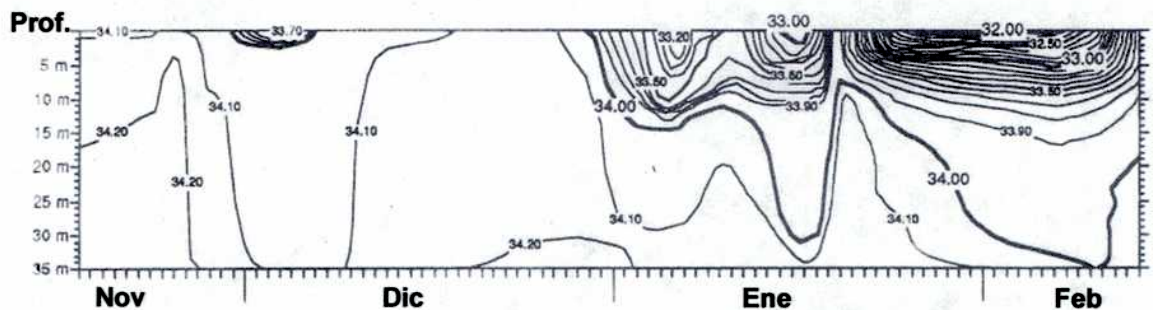


Figura 2.10: Salinidad del agua de mar en Caleta Potter (Sitio 5: Casa de bomba) durante los meses de verano 1991-1992. Prof: profundidad, m: metros. Tomada de Klöser et al. (1993).

FACTORES AMBIENTALES ESTUDIADOS

Método de estudio

La Base Jubany cuenta con un parque meteorológico del Servicio Meteorológico Nacional dependiente de la Fuerza Aérea Argentina ubicado a unos 10 m sobre el nivel del mar, a pocos metros de la base. La información es obtenida durante todo el año mediante lectura manual de los instrumentos con una frecuencia mínima de 3 horas.



Figura 2.11: Estación meteorológica situada en la Base Jubany

Para el análisis de nutrientes se tomaron muestras de agua en los siete sitios de estudio elegidos y a las profundidades de 0, 5, 10, 20 y 30 metros. Estos valores se describen en la caracterización de los sitios de estudio presentada a continuación.

Para la determinación de la concentración de nitratos y fosfatos en el mes de enero de 1996, se filtraron 20 ml de agua (por duplicado) a través de filtros Millipore de 0,45 μm de poro y 47 mm de diámetro. Las muestras de agua fueron transportadas congeladas a -20°C y analizadas en el Instituto Antártico Argentino con un autoanalizador marca Technicon II, siguiendo los protocolos de Strickland y Parsons (1972).

A lo largo de todo el año 1996 se obtuvieron una vez por mes, los valores de irradiación en cada sitio de muestreo y a las profundidades estudiadas. La intensidad luminosa en superficie y a las diferentes profundidades se midió utilizando un sensor esférico marca Li-Cor modelo 192SB, con lectura en superficie y bajo el agua, de sensibilidad en el orden de los 400 a 700 nm aproximadamente el rango de la radiación fotosintéticamente activa.

Las muestras de sustrato se tomaron en los sitios de estudio y a las diferentes profundidades estudiadas. El sustrato fue clasificado en nueve tipos de

acuerdo a su tamaño: roca sólida (1), rocas >1 m (2), rocas 100-50 cm (3), rocas 49,9-20 cm (4), rodados 19,9-5 cm (5), grava 4,9-2cm (6); grava 1,9-0,2 cm (7), arena 0,19 – 0,0063 cm (8), limo-lodo < 0,0063 cm (9).

Caracterización de los factores ambientales

Temperatura

La variación anual de la temperatura en la Base Jubany durante los años 1995 y 1996 se muestra en la figura 2.12; la temperatura media registrada fue de – 2,78 para el año 1995 y de -1,14 °C correspondiente a 1996. La máxima temperatura del aire correspondió al mes de enero de 1996 y fue de 5,90 °C. La mínima temperatura en el período de estudio fue de –20,38 °C y se registró en el mes de julio de 1995.

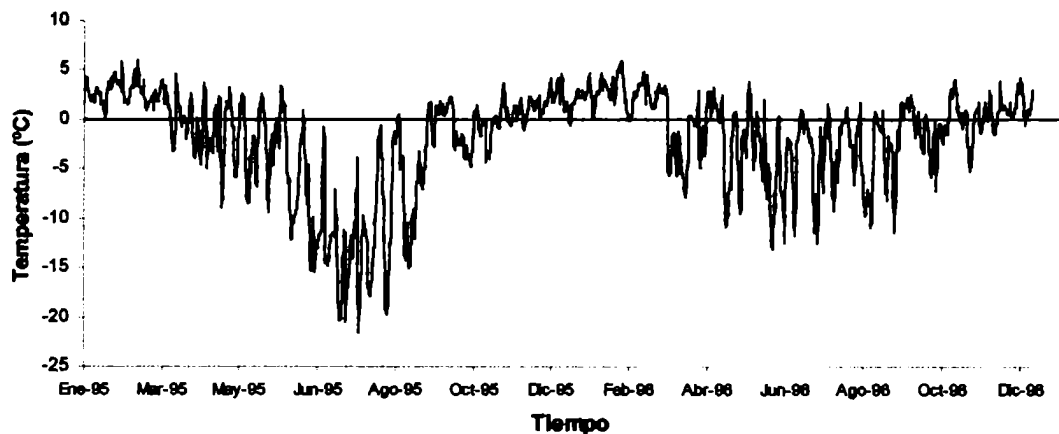


Figura 2.12: Temperatura del aire durante los años 1995 - 1996

Durante los meses más cálidos (diciembre- enero) la temperatura del aire varió entre -0,58 °C y 5,90 °C pudiendo también registrarse temperaturas muy inferiores a 0 °C. El valor medio correspondiente a los dos meses más fríos (julio-agosto) fue de –11,44 y –3,79 para 1995 y 1996 respectivamente.

Vientos

Los vientos no presentan un régimen estacional, registrándose valores de alta intensidad tanto en invierno como en verano. La velocidad promedio del viento en 1996 fue de 11,53 m/seg (39,6 km/h). La dirección preponderante de los vientos es del cuadrante O y E-NE, casi coincidiendo con el eje mayor de Caleta Potter (Figs.2.4, 2.13). Los vientos más intensos son del cuadrante NO-OSO y E-NE (Fig. 2.14).

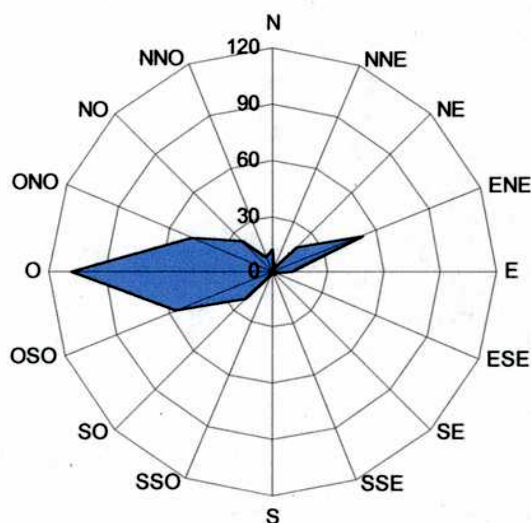


Figura 2.13: Dirección del viento (frecuencia) en Caleta Potter durante el año 1996.

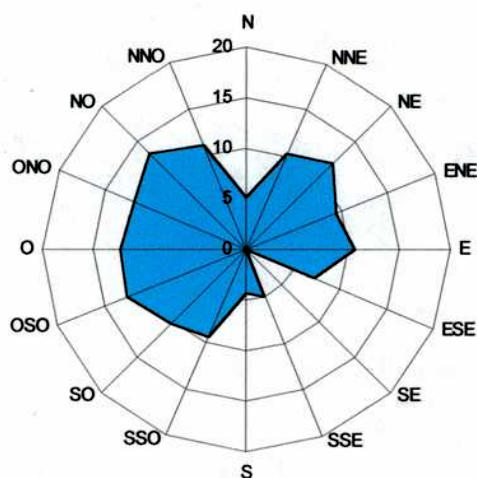


Figura 2.14: Velocidad del viento en Caleta Potter durante el año 1996 en m/seg

Irradiación

La irradiación incidente en las regiones polares se relaciona principalmente con la época del año (duración del día y ángulo de incidencia solar), la cobertura de hielo, la profundidad de la capa de mezcla y la reflexión debida a las olas (Wiencke, 1996). Durante todo el año 1996 se registraron los valores de luz superficial para cada sitio de estudio. El valor medio de la radiación incidente se presenta en la Fig.2.15.

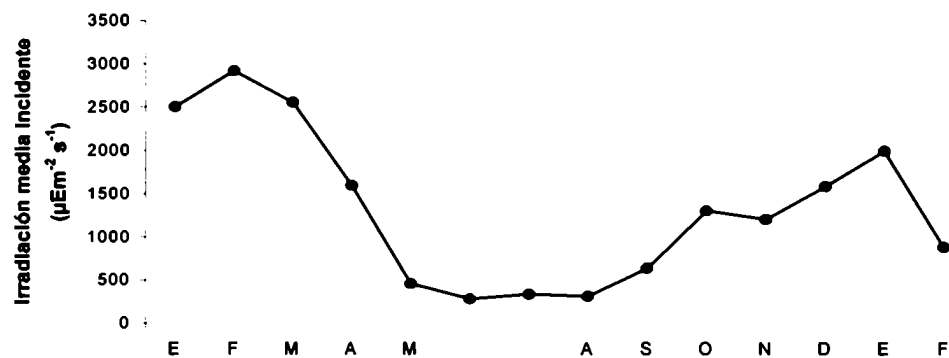


Figura 2.15: Irradiación incidente (promedio mensual) en superficie a lo largo del año comprendido entre enero de 1995 y febrero de 1996.

Durante los meses de verano (Enero-Febrero) se registran los máximos valores de irradiación incidente (aprox. $2900 \mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$) y en los meses de invierno los valores no superaron los $700 \mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$. En la latitud en que se encuentra ubicada la Base Jubany durante los meses de invierno, el acortamiento de los días es de aproximadamente 6 horas luz diarias sin registrarse meses en donde sólo hay noche (Fig. 2.16).



Figura 2.16 Variación de la duración del día (desde la salida hasta la puesta del sol) en la Base Jubany (Isla 25 de Mayo) durante un año.

CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Descripción y localización de los sitios

Barton (S1)

Este sitio se encuentra en la península Barton, ubicada en la entrada de la Caleta Potter (Figs. 2.4 y 2.17). El mismo presenta alta exposición al oleaje y características semejantes a las de bahía Guardia Nacional. Los bloques de hielo con una profundidad menor de 30 m raramente quedan anclados ahí, ya que son transportados dentro de la Caleta siguiendo el curso de la circulación ciclónica (Fig. 2.5). En la península Barton existe una pingüinera que produce guano.



Figura 2.17: Caleta Potter, las flechas señalan la ubicación de los sitios de estudio: 1-Barton, 2- Pinitos, 3- Peñon de Pesca

Pinitos (S2)

Es un sitio expuesto ubicado en la boca de la Caleta, constituido por promontorios rocosos de inclinación abrupta (Figs. 2.4 y 2.17)

Peñón de pesca (S3)

Es un sitio medianamente protegido dentro de Caleta Potter, ubicado en la costa noroeste (Figs 2.4 y 2.17)

Pie del glaciar (S4)

Este sitio está ubicado en el interior de la Caleta, con alto grado de disturbio debido al oleaje producido por los frecuentes desprendimientos de hielo del glaciar (Figs. 2.4 y 2.18).



Figura 2.18: Estación de muestreo: Pie del glaciar

Casa de bomba (S5)

Este sitio fue elegido como referente de las características propias de la caleta interna. El sustrato es blando y suelto por lo que no se presentan macroalgas en ninguna profundidad (Figs. 2.4, 2.19). Su nombre se debe a que está posicionado frente a la casa de bomba perteneciente a la Base Jubany.



Figura 2.19: Estación de muestreo Casa de bomba. Fotografía tomada en invierno en donde se observa la Caleta Potter congelada.

Peñón 1 (S6)

Es una restinga rocosa ubicada en la costa sur de la Península Potter. Durante las mareas de sicigia queda al descubierto un gran número de algas ubicadas dentro y fuera de piletas de marea de variado tamaño (Figs 2.4; 2.20)



Figura 2.20: Estación de muestreo: Peñón 1. Fotografía tomada en bajamar en donde se observan diferentes piletas de marea. Al fondo se divisa el sitio de muestreo Roca M.

Roca M (S7)

Este sitio está conformado por un promontorio rocoso de inclinación abrupta ubicado en la bahía Guardia Nacional, expuesto a los témpanos y al oleaje (Figs. 2.4; 2.21)



Figura 2.21: Estación de muestreo: Roca M ubicada en el mar de la Flota.

Descripción de los factores abióticos

Sustrato

Barton (S1)

En esta estación de muestreo a los 0 m predomina la roca sólida; entre los 5 y 10 m la roca sólida se alterna con rocas de 50 a 100 cm. A partir de los 20 m predominan rocas y rodados que van de los 50 a 5 cm llegando a predominar a los 30 m la grava de hasta 2 cm (Fig. 2.18)..

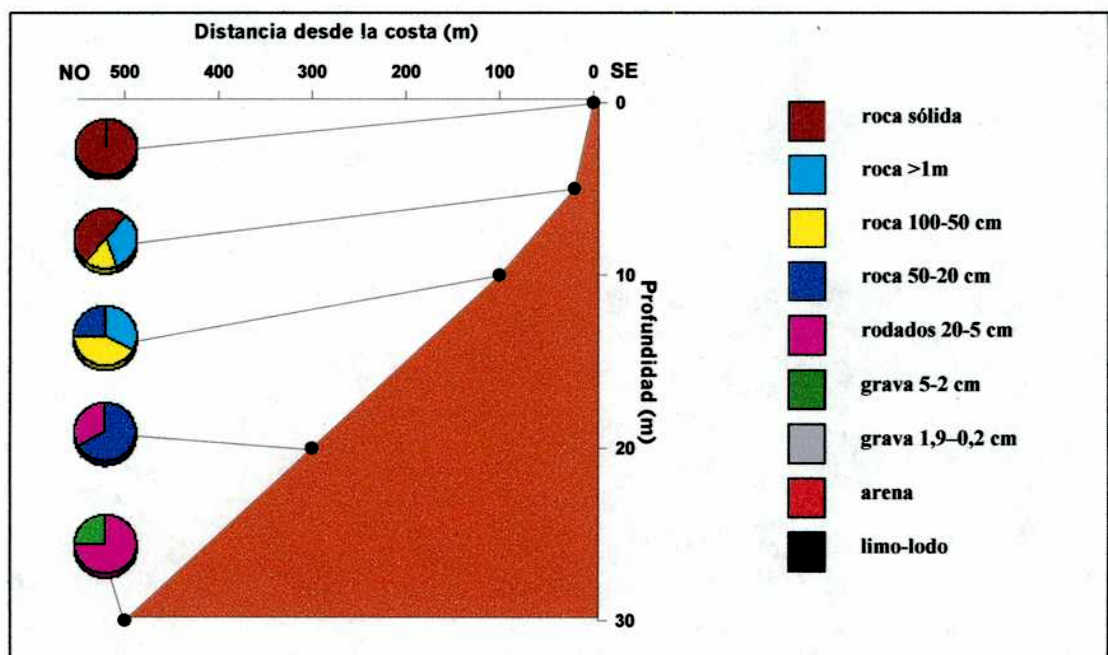


Figura 2.22: Barton (S1) Transecta litológica en profundidad. m: metros; NO: noroeste; SE: sudeste.

Pinitos (S2)

En este sitio de 0 a 3 m predomina la roca sólida; a los 5 m aparecen casi exclusivamente rocas sueltas mayores de 1m diámetro. Gradualmente a profundidades mayores (10 y 20 m) aparecen rocas de entre 20 y 100 cm. A los 30 m prevalecen los rodados de 5-20 cm junto con grava de hasta 2 cm (Fig. 2.23)

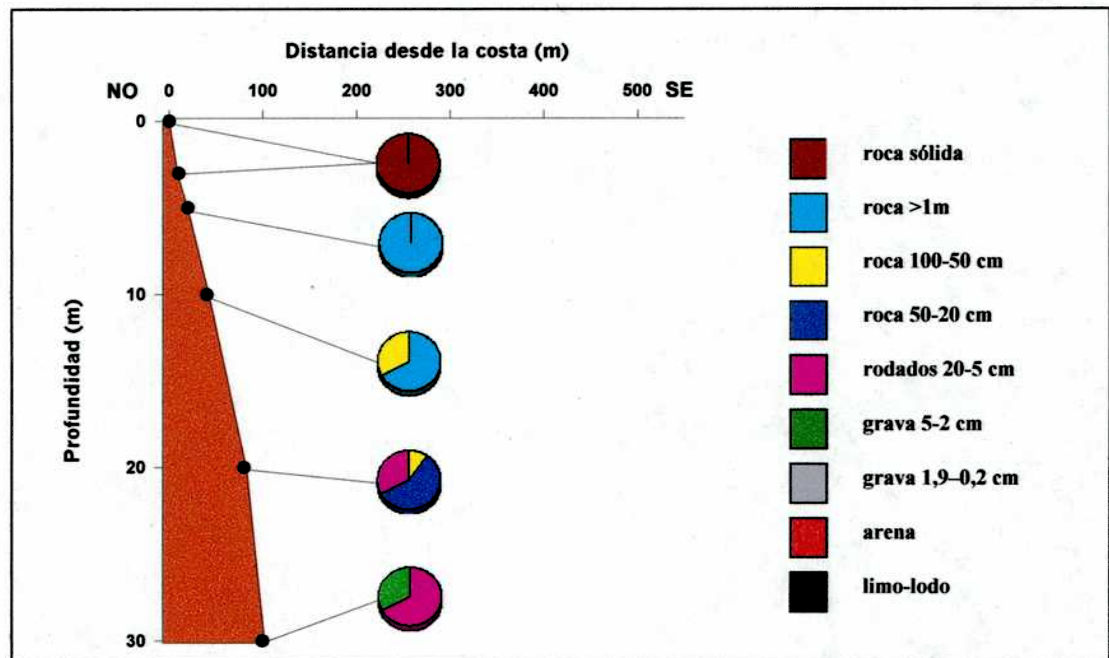


Figura 2.23: Pinitos (S2) Transecta litológica en profundidad. m: metros; NO: noroeste; SE: sudeste

Peñón de pesca (S3)

En este sitio a los 0 m predominan las rocas sólidas y rocas mayores de 1 m. A los 10 m se observan casi exclusivamente rocas de entre 50 y 100 cm, que desaparecen a los 20 m dejando lugar a rocas y rodados de entre 5 y 50 cm. A los 30 m prevalecen los rodados de 5-20 cm y grava de hasta 2 cm (Fig. 2.24)

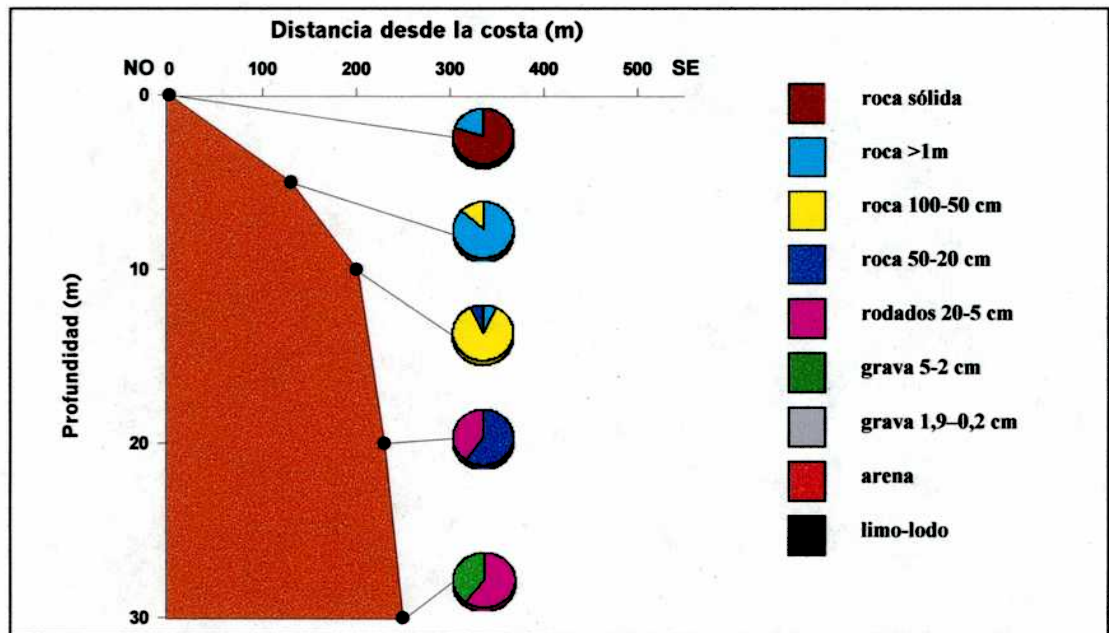


Figura 2.24: Peñón Pesca (S3) Transecta litológica en profundidad. m: metros; NO: noroeste; SE: sudeste.

Pie del glaciar (S4)

Por ser un sitio con alto disturbio el sustrato está constituido por rocas y rodados de tamaño variable. A los 5 m predominan las rocas de 50-100 cm de diámetro. A los 10 m dominan casi totalmente rocas de entre 20 y 50 cm. A los 20 m es proporcional la presencia de rodados pequeños de 20 a 5 cm y grava hasta 2 cm de diámetro. A la máxima profundidad muestreada (30 m) se distingue principalmente grava de 2 a 5 cm combinada con algunos rodados de 20 a 5 cm y grava menor de 2 cm (Fig. 2.25).

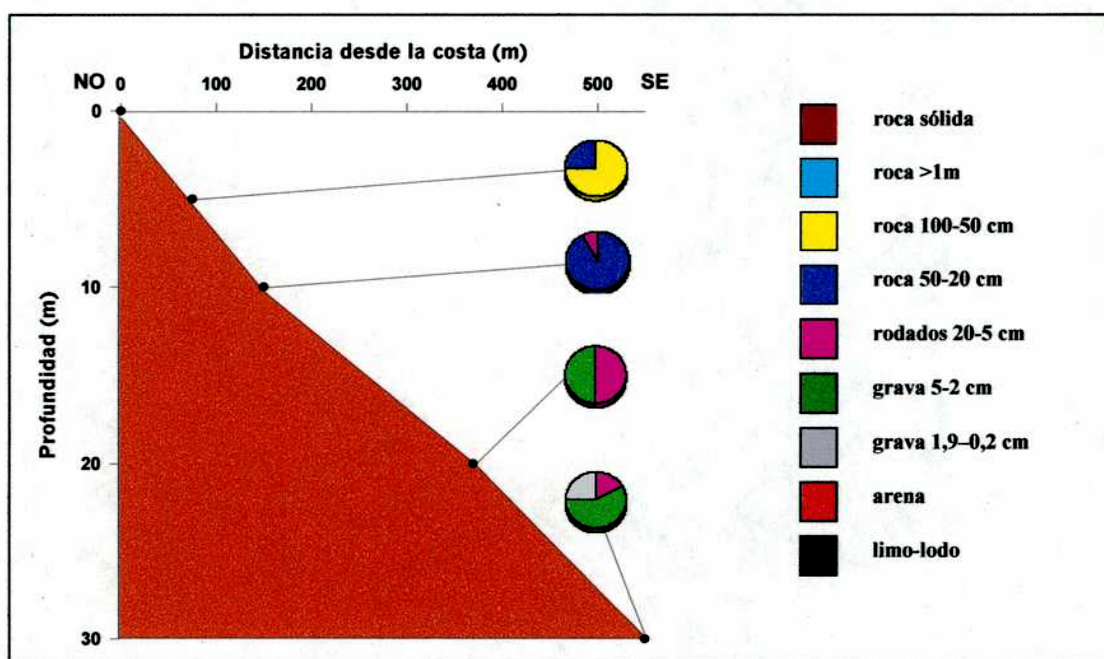


Figura 2.25: Pie del Glaciar (S4) Transecta litológica en profundidad. m: metros; NO: noroeste; SE: sudeste.

Casa de bomba (S5)

En esta estación de muestreo a 0 m predominan la grava de 5-2 cm junto con rodados comprendidos entre 20 y 5 cm. A los 5 m prevalece la grava menor de 2 cm. Gradualmente a profundidades mayores aparece la arena mientras continúa dominando la grava de granos menores a 2 cm. Sólo se observa arena y lodo a partir de los 30 m (Figs. 2.4 y 2.26)

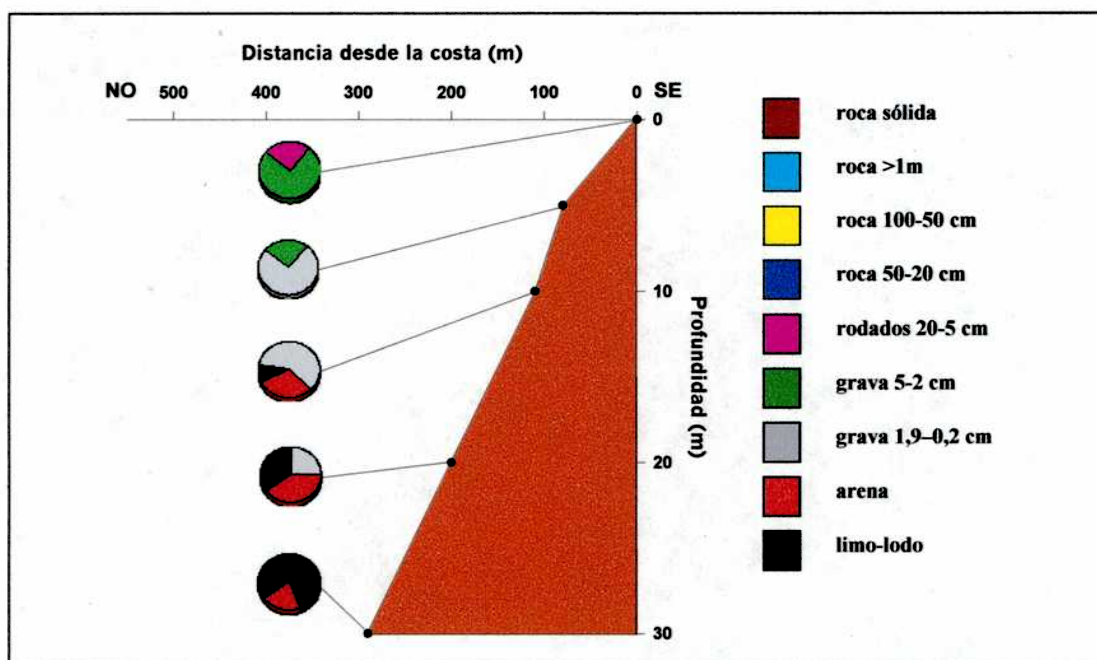


Figura 2.26: Casa de Bomba (S5) Transecta litológica en profundidad. m: metros; NO: noroeste; SE: sudeste.

Peñón 1 (S6)

En este sitio la constitución litológica cambia abruptamente entre los 0 y 5 m de profundidad, a los 0 m se presentan rocas mayores de 1 m, a 1 m de profundidad aparecen rocas de 50-100 cm, que son reemplazadas a 3 m por rocas de entre 50 y 20 cm. A los 5 m los rodados que conforman el fondo tienen un diámetro aproximado de 20 a 5 cm y a mayores profundidades el sustrato se torna fino y arenoso (Fig.2.27)

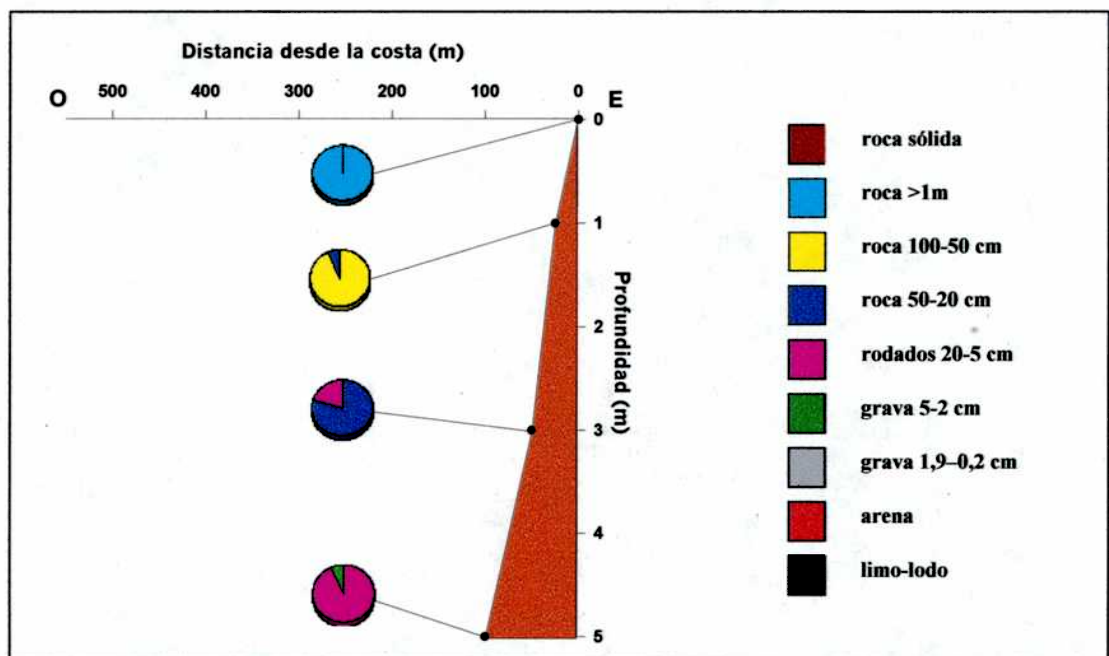


Figura 2.27: Peñón 1 (S6) Transecta litológica en profundidad. m: metros; O: oeste; E:este.

Roca M (S7)

En este lugar de estudio a los 0 y 3 m predomina la roca sólida, a los 5 m se presentan roca sólida y rocas mayores de 1 m. A 10 m se entremezclan rocas de tamaño variable que oscilan entre 20 y 100 cm. A los 30 m el material está constituido por rodados de hasta 20 cm y grava no menores de 2 cm (Fig. 2.28).

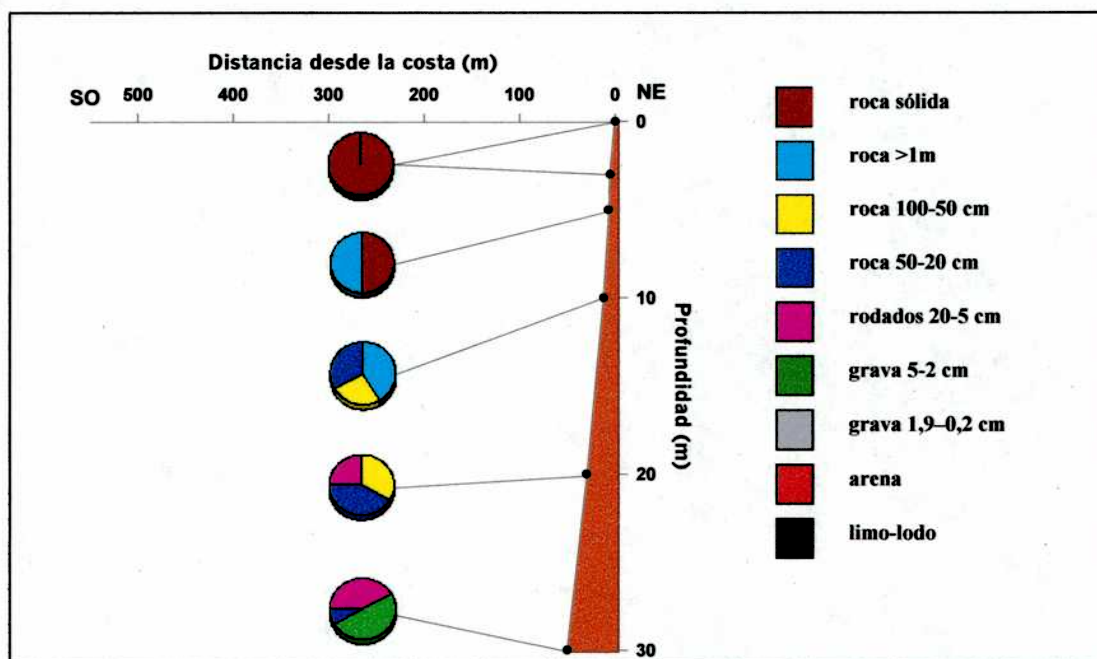


Figura 2.28: Roca M - Transecta litológica en profundidad. m: metros; SO: sudoeste; NE: noreste.

Irradiación

En Barton (S1) las aguas transparentes posibilitan una buena penetración de la luz ($400 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) hasta los 20 y 30 m de profundidad durante los meses de verano (Fig. 2.29). En Pinitos (S2) la luminosidad es buena en los primeros 5 metros de profundidad, alcanzando valores de $200 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$ a partir de los 20 m de profundidad (Fig. 2.30). En Peñón de pesca (S3) se observa que la irradiación es muy similar y sigue el mismo esquema que lo observado en Pinitos (Fig. 2.31). En el sitio ubicado en el Pie del glaciar los niveles de irradiación son buenos en los primeros 5 m, sin embargo la gran carga de sedimentos que aporta el glaciar provoca una marcada disminución a partir de 10 m de profundidad (Fig. 2.32)

En la localidad interna Casa de bomba (S5) durante los meses de verano se puede observar la concentración de sedimentos en forma de una mancha de coloración marrón-rojiza en la superficie del agua. El aporte más importante de sedimentos lo hacen los chorrillos. De menor incidencia es la descarga de agua dulce de origen glaciar. Como consecuencia de esto este sitio es el que presenta una menor penetración de luz. La luminosidad se mantiene alta en los primeros metros alcanzando un valor mínimo de $200 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$ a los 20 m y oscuridad total a partir de los 20 m (Fig. 2.33).

En las dos estaciones de muestreo ubicadas en la costa SE externa de la Caleta Potter (Peñón 1 y Roca M) se siguen aproximadamente los perfiles de penetración de la luz de los otros sitios localizados en el exterior de la Caleta (Figs. 2.34, 2.35)

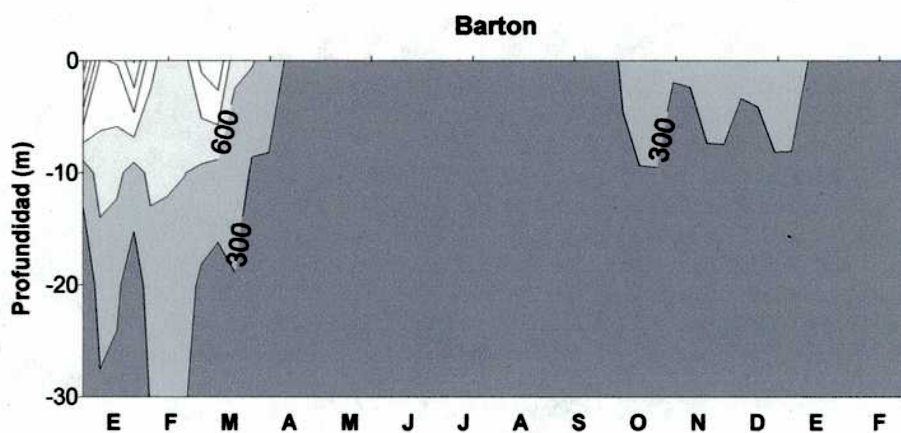


Figura 2.29: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Barton (S1).

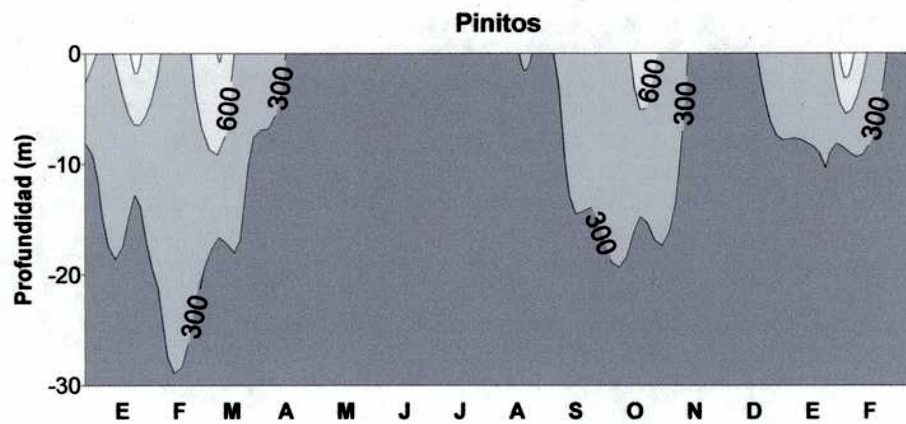


Figura 2.30: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Pinitos (S2).

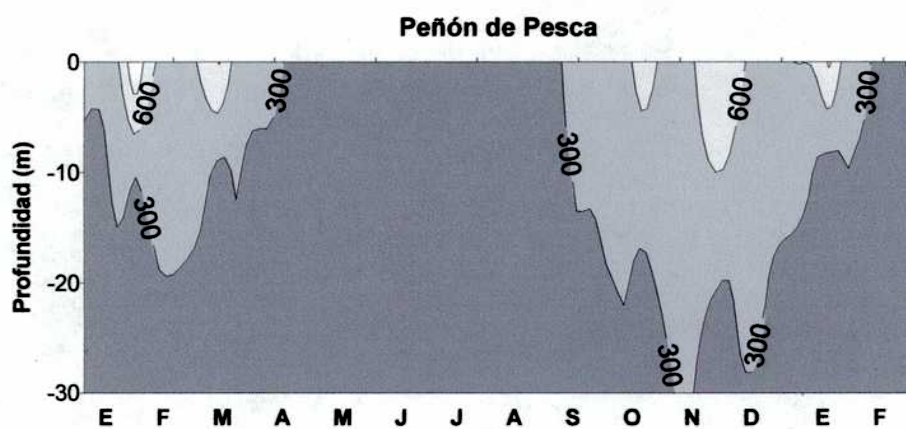


Figura 2.31: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Peñón de pesca (S3).

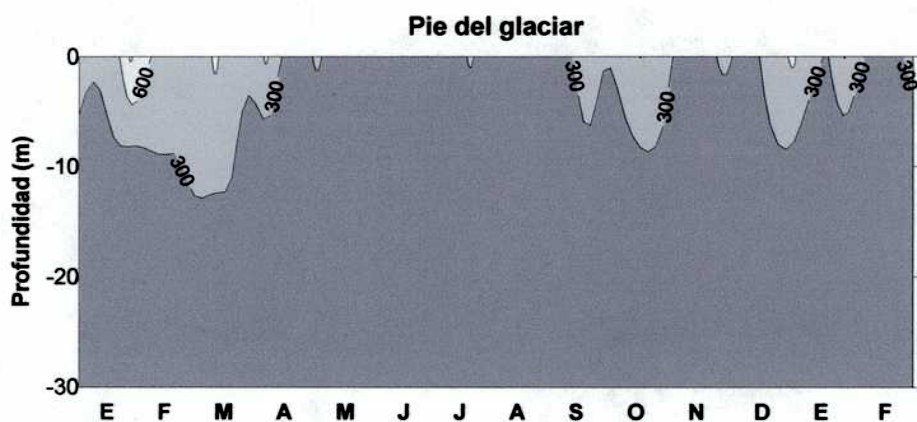


Figura 2.32: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Pie del glaciar (S4).

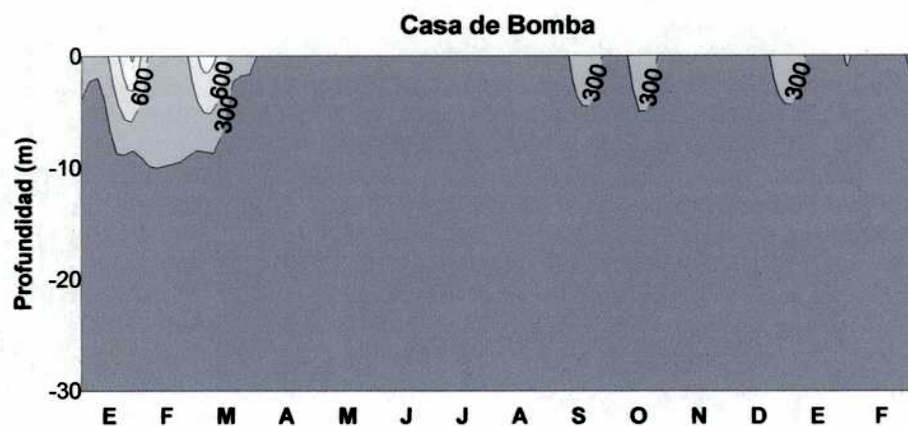


Figura 2.33: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Casa de bomba (S5).

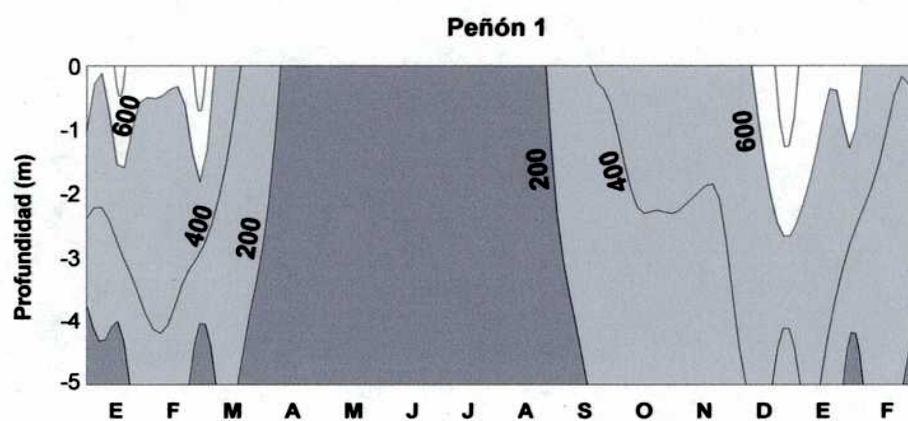


Figura 2.34: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Peñón 1 (S6).

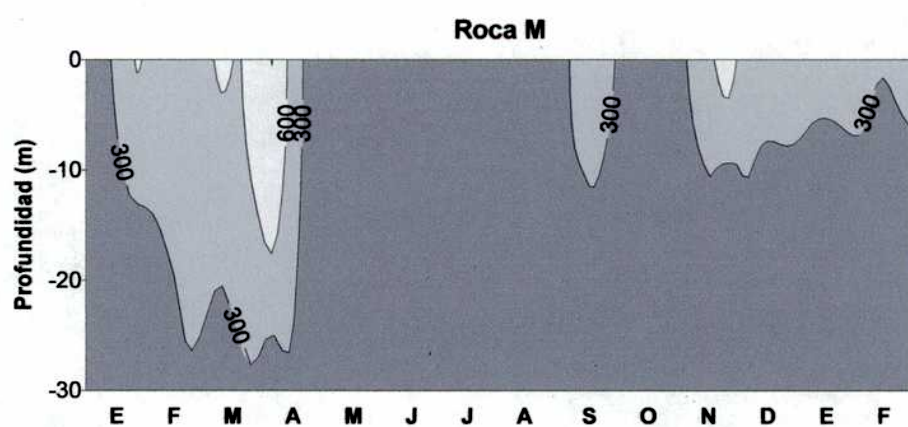


Figura 2.35: Variación temporal de la penetración de la luz ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) en la columna de agua durante el año 1996 en Roca M (S7).

Nutrientes

Nitratos

En el mes de enero de 1996, en los sitios Barton (S1) y Pinitos (S2) los nutrientes son máximos cerca de la superficie alcanzando entre 20–30 mg/L (Fig. 2.36); esto puede deberse a los aportes de agua dulce de deshielo que arrastran nutrientes desde la pingüinera ubicada en la península Barton y transportados por el sentido de las corrientes indicado en la Caleta Potter (Fig. 2.5)

En las localidades internas (Peñón de Pesca y Pie del glaciar) en cambio las concentraciones de nitritos y nitratos en superficie son mucho menores que en profundidad, probablemente por efecto de la dilución del agua de deshielo sobre todo en Pie del glaciar (S4) (Fig. 2.36)

Del sitio Peñón I (S6) solo se cuenta con información de las concentraciones de nitritos y nitratos hasta los 5 metros de profundidad, mostrando valores similares a los de Casa de bomba (S5) y Roca M (S7) (Fig. 2.37)

Si bien Roca M (S7) es un sitio externo a la Caleta Potter los nitritos y nitratos muestran una variación en profundidad más parecida a la de las estaciones de estudio del interior de la Caleta que a los sitios ubicados en la boca de la Caleta Potter (Figs. 2.36, 2.37).

Fosfatos

En el mes de enero de 1996 los valores de fosfatos alcanzaron máximos entre 2 y 3 $\mu\text{g/L}$ y no bajaron de 1 $\mu\text{g/L}$ (Figs. 2.38, 2.39) siendo sus variaciones con la profundidad similares a las de los nitritos y nitratos (Figs. 2.36, 2.37).

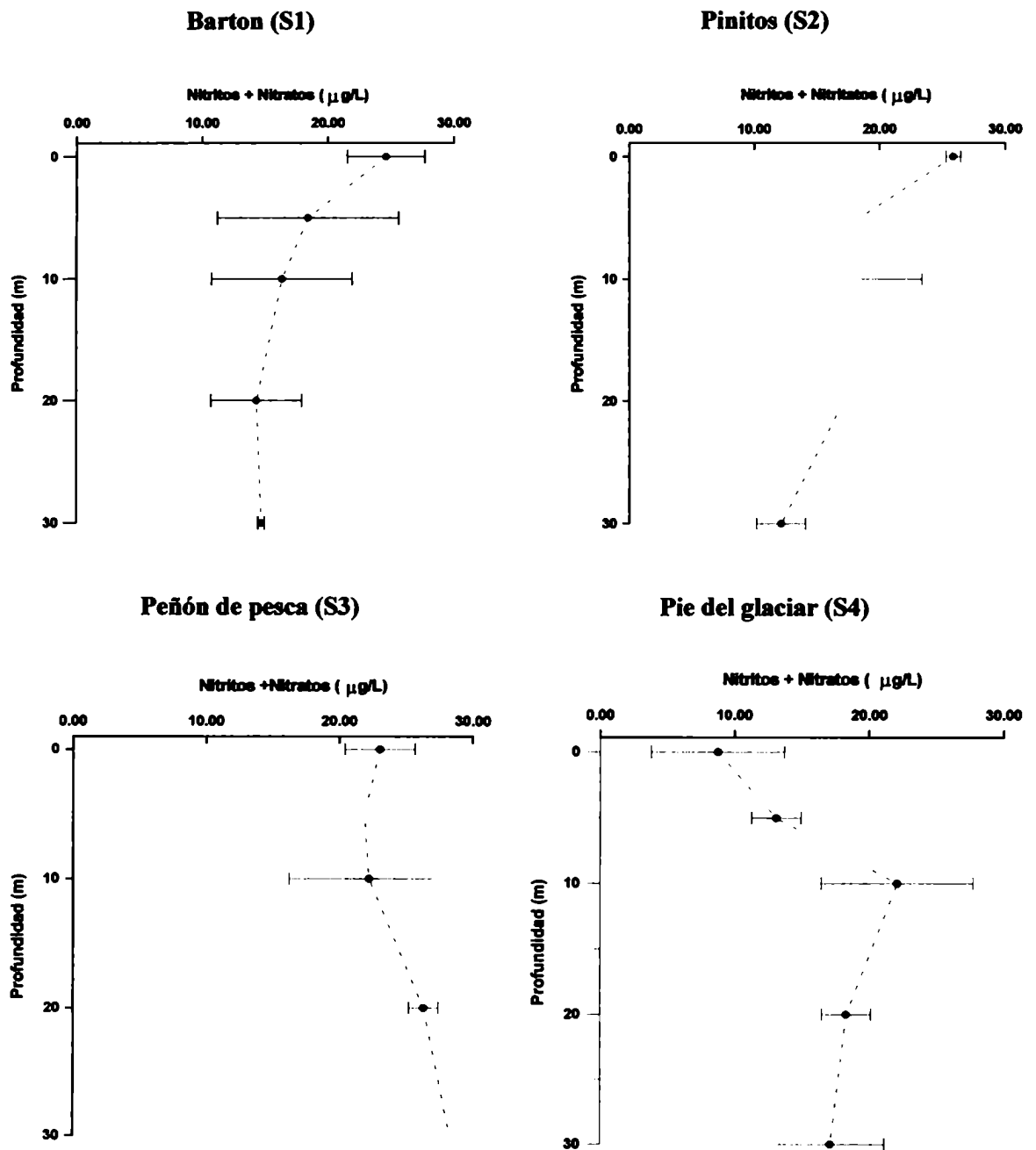
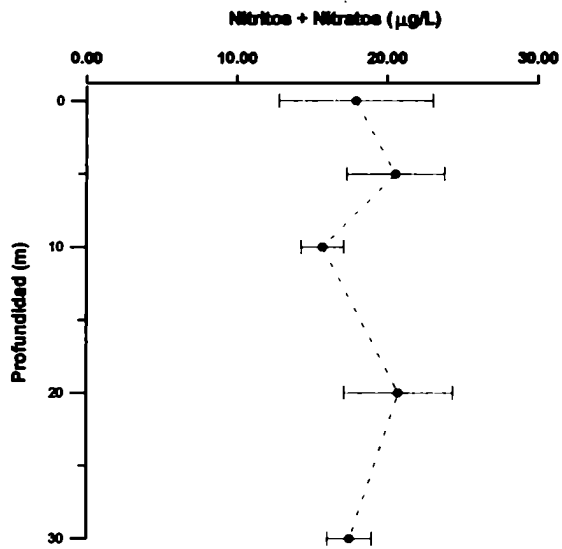
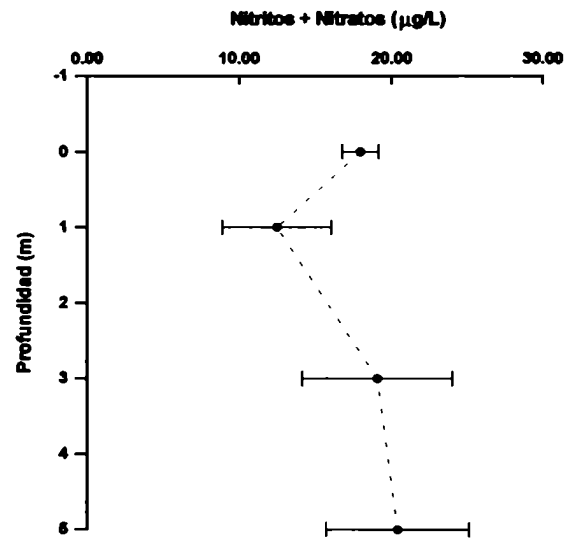


Figura 2.36: Variación de la concentración de nitritos y nitratos (valores medios y desviación standard en µg/L) en los sitios Barton (S1), Pinitos (S2), Peñón de Pesca (S3) y Pie del glaciar (S4) a las diferentes profundidades estudiadas en enero de 1996.

Casa de bomba (S5)



Peñón 1 (S6)



Roca M (S7)

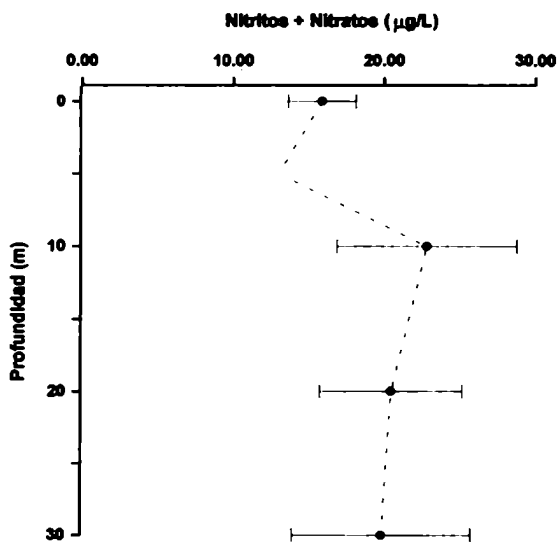


Figura 2.37: Variación de la concentración de nitritos y nitratos (valores medios y desviación standard en $\mu\text{g/L}$) en los sitios Casa de bomba (S5), Peñón 1 (S6) y Roca M (S7) a las diferentes profundidades estudiadas en enero de 1996.

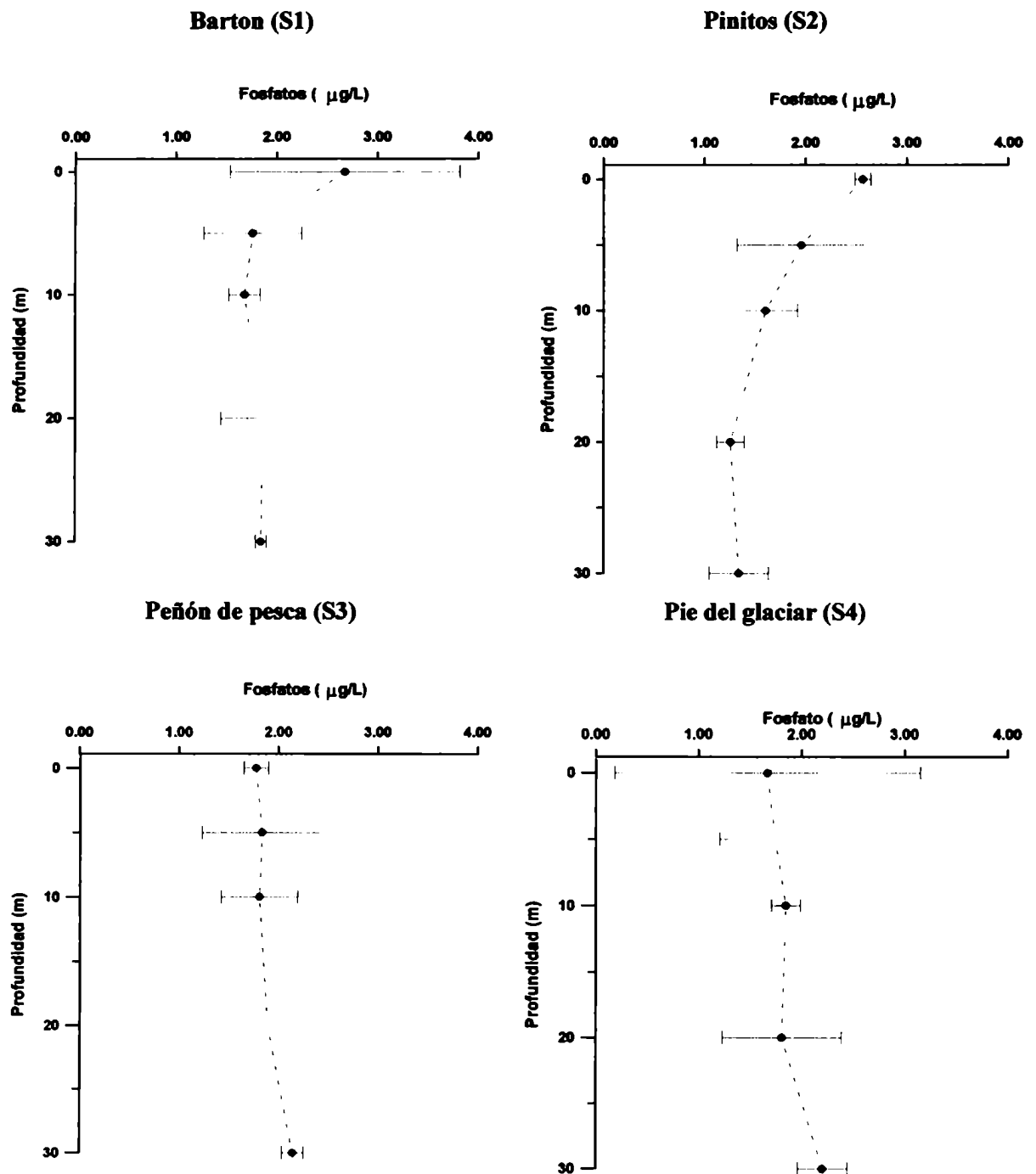


Figura 2.38: Variación de la concentración de fosfatos (valores medios y desviación standard en µg/L) en los sitios Barton (S1), Pinitos (S2), Peñón de Pesca (S3) y Pie del glaciar (S4) a las diferentes profundidades estudiadas en enero de 1996.

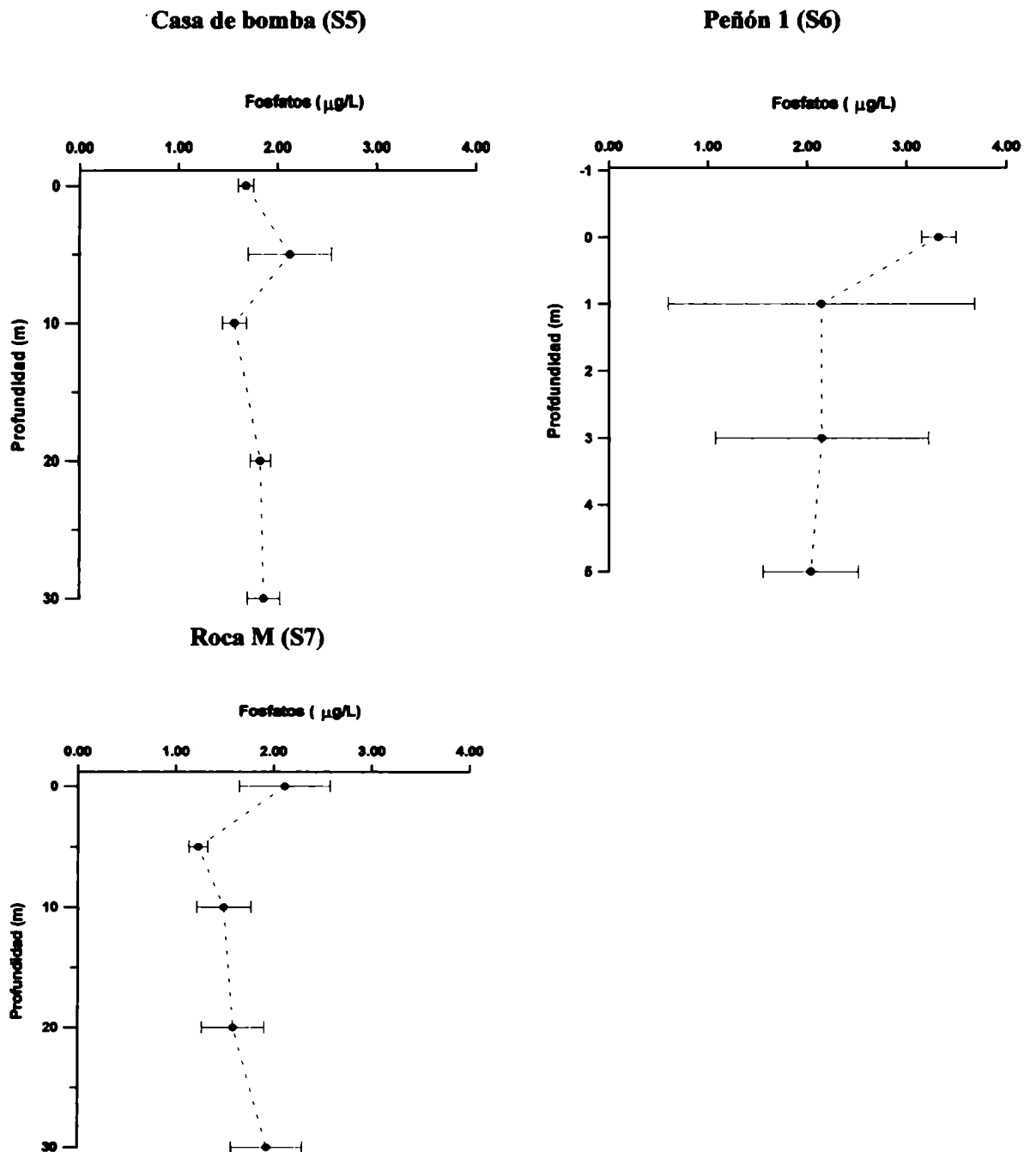


Figura 2.39: Variación de la concentración de fosfatos (valores medios y desviación standard en µg/L) en los sitios Casa de bomba (S5), Peñón 1 (S6) y Roca M (S7) a las diferentes profundidades estudiadas en enero de 1996.

3- MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

MUESTREO EN EL TERRENO

El muestreo de las macroalgas se realizó en los sitios de estudio predeterminados, donde se tomaron en cada uno 4 a 5 transectas perpendiculares a la línea de la costa.

En la mayoría de estas estaciones se tomaron muestras a 0, 5, 10, 20 y 30 m de profundidad. Se ubicó el nivel de 0 m coincidente con el de las mareas medias (NMM). En los sitios Roca M y Pinitos se tomaron también muestras a 3 m de profundidad a fin de coleccionar también las macroalgas ubicadas sobre los promontorios rocosos. En el sitio Pie del Glaciar no se tomaron muestras a 0 m debido a su extrema cercanía con el glaciar. En la restinga de Peñón 1 la toma de muestras se realizó hasta los 5 m porque a mayor profundidad no se registran macroalgas.

Las diferentes profundidades fueron determinadas mediante un profundímetro. Para cada profundidad se tomaron tres unidades muestrales, una sobre la línea de la transecta y las otras dos, a su izquierda y derecha, separadas entre sí por una distancia de 2 m.

Las unidades muestrales fueron tomadas dentro de un cuadrado de hierro cuya superficie se estableció de acuerdo al área mínima. En un muestreo previo se observó la existencia de dos situaciones, correspondientes sitios con y sin presencia de grandes Desmarestiales; para cada una se determinó el área mínima a través de la curva del área de la unidad muestral vs. número de especies. Para los sitios con ausencia de Desmarestiales el área determinada fue de 0,25 m² y de 1m² en aquellos donde éstas están presentes.

Los muestreos se realizaron en los años 1994, 1995 y 1996 por medio de buceos con equipos autónomos y trajes de tipo seco. Se coleccionaron todos los ejemplares de algas marinas bentónicas encontrados dentro de cada unidad muestral, a excepción de las corallíneas crustosas adheridas a las rocas. Se analizaron un total de 384 unidades muestrales (128 muestras) correspondientes a los sitios de estudio seleccionados y a las diferentes fechas de muestreo, las que se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Sitios y fecha de muestreo. (En Casa de bomba no se tomaron muestras de algas, ver explicación en Área de estudio). Feb: febrero, Dic: diciembre, Ene: enero, Ago: agosto, Oct: octubre, Mar: marzo.

Fecha Sitios	Feb 94	Dic 94	Ene 95	Feb 95	Mar 95	Ago 95	Oct 95	Dic 95	Ene 96	Mar 96
Barton	-	X	X	X	-	-	-	-	X	-
Pinitos	-	-	-	X	X	-	-	X	X	-
Peñon de pesca	-	-	-		X	-	X	X	X	X
Pie del glaciar	X	-	X	X	-	-	-	-	X	-
Peñón 1	-	X	-	X	-	X	-	X	X	-
Roca M	-	X	-	X	-	-	-	X	X	-

ANÁLISIS EN EL LABORATORIO

Todos los ejemplares de macroalgas encontrados dentro de cada unidad muestral fueron recolectados y transportados hasta el laboratorio Dallmann ubicado en la Base Jubany donde se obtuvo el peso húmedo de cada ejemplar utilizando balanzas electrónicas "Metler" Modelo AJ (0,001-100g) y "Jurgens Sartorius" Modelo PT6 (1- 5000g).

Las macroalgas luego fueron fijados en formaldehído 4% para su traslado a Buenos Aires. A fin de evitar el traslado a Buenos Aires de individuos de gran tamaño (algunas de hasta 15 kg) como en el caso de las Desmarestiales, los mismos fueron secados y pesados en la Antártida para confeccionar las correspondientes regresiones de peso húmedo/peso seco.

En el laboratorio de Ficología Marina del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" las macroalgas se determinaron al nivel de especie utilizando un Microscopio Óptico "Carl Zeiss" Modelo Standard 25, provisto de cámara de fotos y tubo de dibujo. Los cortes de los talos fueron realizados a mano alzada seleccionando principalmente las partes fértiles de las algas.

La determinación taxonómica se realizó siguiendo los criterios de Boraso (1975); Clayton (1985, 1987); Clayton y Wiencke (1990); Chamberlain (1963); Choi et al. (2000); De Wildeman (1935); Delépine (1967); Delépine y Asensi (1978); Foltran et al. (1996); Gain (1911, 1912); Hariot (1907); Hooker y Harvey (1845); Kornmann y Sahling (1978); Kylin (1956); Kylin y Skottsberg (1919); Lamb y Zimmermann (1977); Mendoza (1969); Moe (1986 a y b); Moe y Henry (1982); Moe y Silva (1981, 1983, 1989); Müller (1984); Peters y Müller (1986); Ricker (1987); Scrosati (1992); Wiencke y Clayton (1990, 1998, 2002); Wiencke et al. (1991, 1995, 1996); Womersley (1971); Wynne (1982).

Para calcular la biomasa por unidad de superficie (g/m^2), se determinó primero el peso húmedo para cada uno de los talos individuales, los que se llevaron luego a peso seco constante en estufa a 60°C , y se pesaron en balanza electrónica "Ohaus" modelo TP 400 S (0,01- 400g). Los pesos individuales fueron sumados para contar con la biomasa de cada especie en cada unidad muestral, luego se promedió la biomasa de las tres unidades muestrales en cada profundidad.

La densidad fue determinada contando el número de plantas en cada unidad muestral y expresada en número de individuos/ m^2 . Luego se promediaron las densidades de las tres unidades muestrales en cada profundidad.

Ejemplares de las especies coleccionadas se encuentran depositados en la Sección de Plantas Celulares del Herbario del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (BAc) con la siguiente numeración:

- 40484 *Enteromorpha bulbosa*, Pinitos (S2), 6-2-1995
- 40485 *Enteromorpha bulbosa*, Barton (S1), 2-12-1994
- 40486 *Lambia antarctica*, Pie del glaciar (S4), 6-1-1994
- 40487 *Monostroma hariotii*, Peñón 1 (S6), 5-2-1989
- 40488 *Monostroma hariotii*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40489 *Adenocystis utricularis*, Peñón 1 (S6), 7-2-1989
- 40490 *Adenocystis utricularis*, Peñón 1 (S6), 13-1-1996
- 40491 *Adenocystis utricularis*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40492 *Ascoseira mirabilis*, Peñón de Pesca (S3), 9-1-1992
- 40493 *Ascoseira mirabilis*, Peñón 1 (S6), 14-2-1992

- 40494 *Ascoseira mirabilis*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40495 *Cystophaera jacquinotii*, Barton (S1), 15-2-1995
- 40496 *Cystophaera jacquinotii*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40497 *Desmarestia anceps*, Peñón de Pesca (S3), 29-1-1993
- 40498 *Desmarestia menziesii*, Peñón de Pesca (S3), 29-1-1993
- 40499 *Desmarestia antarctica*, Barton (S1), 15-2-1995
- 40500 *Geminocarpus geminatus*, Peñón 1 (S6), 1-2-1995
- 40501 *Halopteris obovata*, Pie del glaciar (S4), 6-1-1996
- 40502 *Himantothallus grandifolius*, Peñón de Pesca (S3), 30-12-1995
- 40503 *Himantothallus grandifolius*, Pinitos (S2), 5-2-1995
- 40504 *Petalonia fascia*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40505 *Phaeurus antarcticus*, Peñón 1 (S6), 6-2-1989
- 40506 *Phaeurus antarcticus*, Peñón de Pesca (S3), 17-1-1989
- 40507 *Phaeurus antarcticus*, Peñón 1 (S6), 19-1-1996
- 40508 *Ballia callitricha*, Peñón de Pesca (S3), 14-2-1992
- 40509 *Ballia callitricha*, Barton (S1), 6-1-1995
- 40510 *Callophyllis atosanguinea*, Peñón 1 (S6), 5-2-1989
- 40511 *Callophyllis atosanguinea*, Barton (S1), 6-1-1995
- 40512 *Curdiea racovitzae*, Peñón de Pesca (S3), 13-1-1996
- 40513 *Delesseria lancifolia*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40514 *Delesseria lancifolia*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40515 *Georgiella confluens*, Peñón de Pesca (S3), 13-1-1996
- 40516 *Georgiella confluens*, Peñón de pesca (S3), 15-4-1993
- 40517 *Gigartina skottsbergii*, Barton, (S1), 6-1-1995
- 40518 *Gigartina skottsbergii*, Peñón de pesca (S3), 27-3-1993
- 40519 *Gymnogongrus antarcticus*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40520 *Gymnogongrus turquetii*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40521 *Gymnogongrus turquetii*, Barton (S1), 6-1-1995
- 40522 *Hymenocladopsis crustigena*, Pinitos (S2), 6-2-1995
- 40523 *Hymenocladopsis crustigena*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40524 *Iridaea cordata*, Peñón 1 (S6), 21-1-1989
- 40525 *Iridaea cordata*, Peñón de pesca (S3), 27-3-1993

- 40526 *Iridaea cordata*, Peñón 1 (S6), 5-1-1996
- 40527 *Iridaea cordata*, Peñón 1 (S6), 19-1-1996
- 40528 *Kallymenia antarctica*, Peñón de pesca (S3), 4-1-1992
- 40529 *Kallymenia antarctica*, Peñón de pesca (S3), 29-1-1993
- 40530 *Kallymenia antarctica*, Peñón 2, 31-1-1996
- 40531 *Myriogramme mangini*, Peñón de pesca (S3), 9-1-1992
- 40532 *Myriogramme mangini*, Peñón de pesca (S3), 13-1-1996
- 40533 *Myriogramme smithii*, Pinitos (S2), 8-1-1996
- 40534 *Nereoginkgo adiantifolia*, Roca M (S7), 22-1-1996
- 40535 *Neuroglossum ligulatum*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40536 *Notophycus fimbriatus*, Barton (S1), 15-2-1995
- 40537 *Pachymenia orbicularis*, Peñón de pesca (S3), 13-1-1996
- 40538 *Palmaria decipiens*, Peñón 1 (S6), 23-12-1993
- 40539 *Palmaria decipiens*, Peñón 1 (S6), 23-12-1993
- 40540 *Palmaria decipiens*, Pie del glaciar (S4), 6-1-1996
- 40541 *Palmaria decipiens*, Peñón 1 (S6), 20-1-1996
- 40542 *Pantoneura plocamioides*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40543 *Phycodris austrogeorgica*, Peñón de pesca (S3), 30-12-1995
- 40544 *Phycodris austrogeorgica*, Pinitos (S2), 8-1-1996
- 40545 *Picconiella plumosa*, Peñón de pesca (S3), 30-12-1995
- 40546 *Picconiella plumosa*, Pie del glaciar (S4), 6-1-1996
- 40547 *Picconiella plumosa*, Pie del glaciar (S4), 6-1-1996
- 40548 *Plocamium cartilagineum*, Peñón de pesca (S3), 17-1-1989
- 40549 *Plocamium cartilagineum*, Peñón de pesca (S3), 25-1-1989
- 40550 *Plocamium cartilagineum*, Barton (S1), 8-1-1996
- 40551 *Porphyra endiviifolium*, Punta Stranger, 24-1-1992
- 40552 *Porphyra endiviifolium*, Peñón 1 (S6), 21-1-1996
- 40553 *Porphyra plocamiestris*, Peñón de Pesca (S3), 13-1-1996
- 40554 *Sarcodia montagneana*, Peñón de Pesca (S3), 13-1-1996

4- ASPECTOS FLORÍSTICOS

INTRODUCCIÓN

Carl Skottsberg en 1962 citó 96 especies para el Territorio Antártico y hoy en día el registro asciende a 120-130 especies (Wiencke y Clayton, 2002). La riqueza específica de este continente es menor que la de las regiones templadas y tropicales y disminuye desde la Antártida Occidental hacia el Sector Oriental (Clayton, 1990). A manera de comparación para la costa argentina con influencia subantártica el registro es de 285 especies para las clases Chlorophyceae, Ulvophyceae, Phaeophyceae y Rhodophyceae (Boraso, Com. Pers).

En Caleta Potter, Klöser et al. (1996) citaron 43 especies de macroalgas, de las cuales 39 fueron colectadas en los muestreos correspondientes a este trabajo (Tabla 4.1).

ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS

La flora marina antártica está caracterizada por un alto grado de endemismo (Clayton, 1994; Wiencke y Clayton, 2002). La Convergencia Antártica es considerada el límite norte de la región, incluyendo a las islas Georgias (South, 1978). Sólo unas pocas especies de macroalgas marinas son de amplia distribución como por ejemplo *Enteromorpha bulbosa* (Ulvophyceae), *Ballia callitricha* (Rhodophyceae) y *Petalonia fascia* (Phaeophyceae) pero la mayoría de ellas se encuentran confinadas en la Antártida e islas subantárticas.

De las especies coleccionadas en Caleta Potter, el mayor porcentaje de especies antárticas endémicas lo presentan las Phaeophyceae (64 %) incluyendo el orden Ascoseirales y varios géneros endémicos tales como *Himantothallus*, *Cystosphaera* y *Phaeurus*. En el caso de las Rhodophyceae el 48 % de las especies encontradas durante el estudio son exclusivamente antárticas, con algunos géneros endémicos tales como *Notophycus*, *Nereoginkgo*, *Georgiella*, *Pantoneura* e *Hymenocladopsis*. De las tres especies de Ulvophyceae encontradas en este trabajo, solo *Lambia antarctica* es endémica para esta región (Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Lista de especies encontradas en los muestreos, * especies endémicas

Clase Ulvophyceae	Abreviatura
<i>Enteromorpha bulbosa</i> (Suhr) Montagne 1846	Ent. bul
<i>Lambia antarctica</i> (Skottsberg) Delépine 1967 *	Lam.ant
<i>Monostroma hariatii</i> Gain 1911	Mon.har
Clase Phaeophyceae	
<i>Adenocystis utricularis</i> (Bory) Skottsberg 1907	Ade.utr
<i>Ascoseira mirabilis</i> Skottsberg 1907 *	Asc.mir
<i>Cystophaera jacquinotii</i> (Montagne) Skottsberg 1907 *	Cys.jaq
<i>Desmarestia anceps</i> Montagne 1842 *	Des.anc
<i>Desmarestia antarctica</i> Moe & Silva 1989 *	Des.ant
<i>Desmarestia menziesii</i> J. Agardh 1848 *	Des.men
<i>Geminocarpus geminatus</i> (Hooker f. & Harvey) Skottsberg 1907	Gem.gem
<i>Halopteris obovata</i> (Hooker f. & Harvey) Sauvageau 1904	Hal.obo
<i>Himantothallus grandifolius</i> (Gepp & Gepp) Zinova 1959 *	Him.gra
<i>Petalonia fascia</i> (Müller) Kuntze 1898	Pet.fas
<i>Phaeurus antarcticus</i> Skottsberg 1907 *	Pha.ant
Clase Rhodophyceae	
<i>Ballia callitricha</i> (C. Agardh) Kützing 1843	Bal.cal
<i>Callophyllis atosanguinea</i> (Hooker f. & Harvey) Hariot 1887	Cal.atr
<i>Curdiea racovitzae</i> Hariot 1900 *	Cur.rac
<i>Delesseria lancifolia</i> (Hooker f.) Agardh 1872	Del.lan
<i>Georgiella confluens</i> (Reinsch) Kylin 1956 *	Geo.con
<i>Gigartina skottsbergii</i> Setchell & Gardner 1936	Gig.sko
<i>Gymnogongrus antarcticus</i> Skottsberg 1953	Gym.ant
<i>Gymnogongrus turquetii</i> Hariot 1907	Gym.tur
<i>Hymenocladopsis crustigena</i> Moe 1986 *	Hym.cru
<i>Iridaea cordata</i> (Turner) Bory 1826	Iri.cor
<i>Kallymenia antarctica</i> Hariot 1907	Kal.ant
<i>Myriogramme mangini</i> (Gain) Skottsberg 1953 *	Myr.man
<i>Myriogramme smithii</i> (Hooker f. & Harvey) Kylin 1924	Myr.smi
<i>Nereoginkgo adiantifolia</i> Kylin 1919 *	Ner.adi
<i>Neuroglossum ligulatum</i> (Reinsch) Skottsberg 1919*	Neu.lig
<i>Notophycus fimbriatus</i> Moe 1986*	Not.fim
<i>Pachymenia orbicularis</i> (Zanardini) Setchell & Gardner 1934	Pac.orb
<i>Palmaria decipiens</i> (Reinsch) Ricker 1987	Pal.dec
<i>Pantoneura plocamioides</i> Kylin 1919 *	Pan.plo
<i>Phycodris austrogeorgica</i> Skottsberg 1923 *	Phy.aus
<i>Picconiella plumosa</i> (Kylin) De Toni 1936 *	Pic.plu
<i>Plocamium cartilagineum</i> (Linné) Dixon 1967	Plo.car
<i>Porphyra endiviifolium</i> (Gepp & Gepp) Chamberlain 1963 *	Por.end
<i>Porphyra plocamiestris</i> Ricker 1987	Por.plo
<i>Sarcodia montagneana</i> (Hooker f. & Harvey) J. Agardh 1852	Sar.mon

DESCRIPCIONES TAXONÓMICAS

Para las descripciones de género y especie se utilizó la nomenclatura de ciclos de vida propuesta por Chapman y Chapman (1961). La distribución geográfica de las especies se realizó basándose en los catálogos de Pujals (1963, 1977) y Papenfuss (1964b) y en trabajos posteriores donde se amplían los registros o se citan nuevas especies para la zona. En la figura 4.1 se ilustra la Antártida, islas subantárticas y los continentes adyacentes ubicando las localidades mencionadas en la distribución geográfica.

Las medidas mencionadas en las descripciones consideran solo los rangos observados del material estudiado en esta investigación. Las referencias bibliográficas corresponden a los trabajos donde se describen o ilustran las respectivas especies.

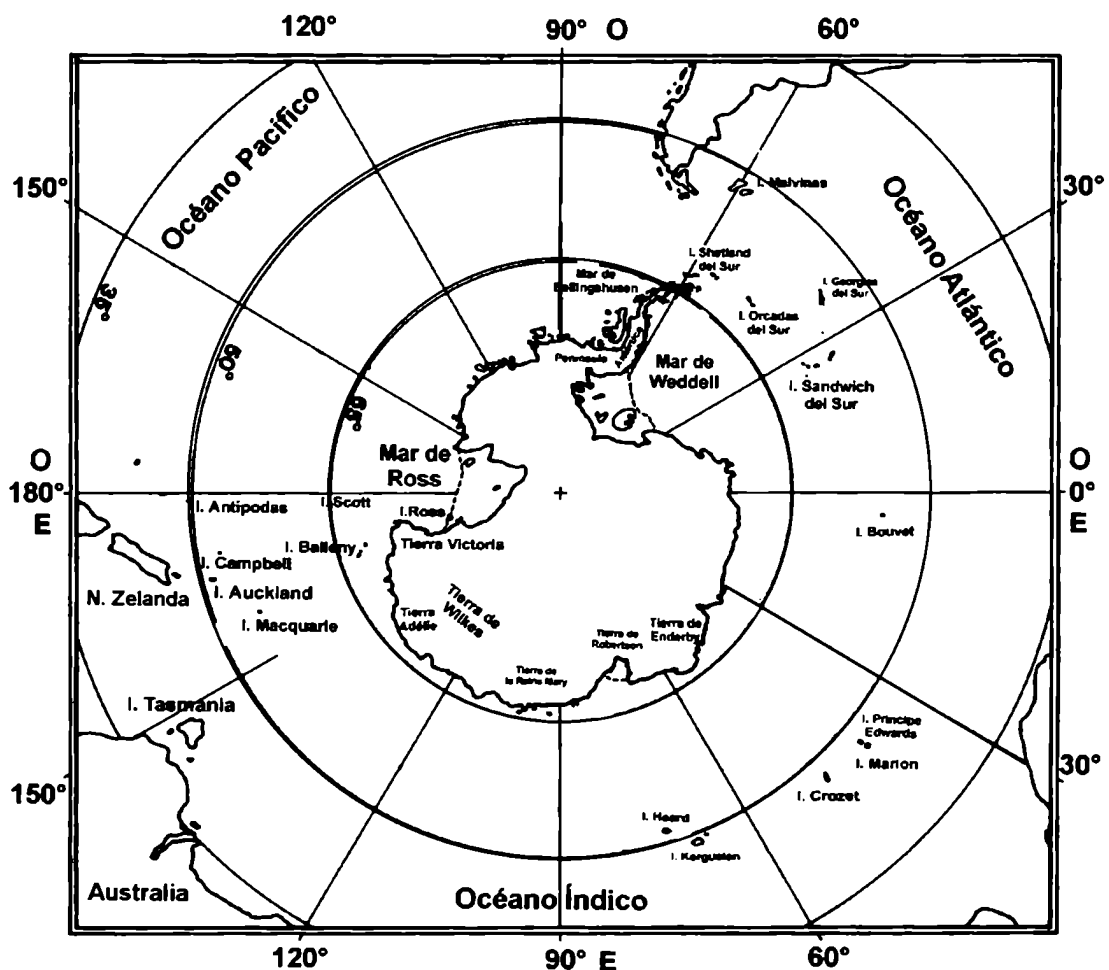


Figura 4.1: Antártida, islas subantárticas y continentes adyacentes.

CLASE ULVOPHYCEAE

Orden Ulvales

Familia Monostromataceae

Monostroma Thuret 1854

Talo laminar de color verde, monostromático, a veces en forma de saco. Células con paredes más o menos gelatinosas. Cromatóforo parietal, laminar, con un solo pirenoide. Especies monogenéticas o digenéticas, con alternancia heteromórfica de generaciones.

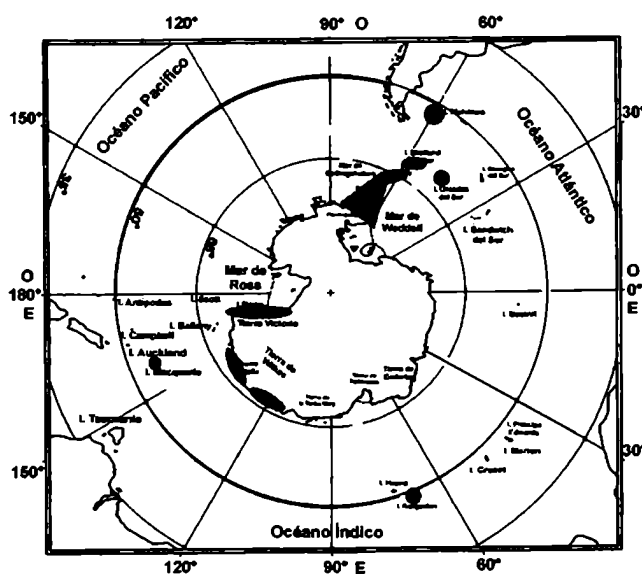
Monostroma hariatii Gain 1911

Talos de color verde claro (Fig. 4.2), brillantes y delicados, cilíndricos a obovados, de hasta 15 cm de longitud y 5 cm de ancho en la madurez, pudiendo permanecer cerrados o abrirse y lacerarse, adheridos al sustrato mediante un pequeño pedúnculo basal. Células isodiamétricas hacia el ápice y muy alargadas longitudinalmente en la base, de 26 μm de largo por 17 μm de ancho. Cromatóforo parietal con un pirenoide. Zooides biflagelados, isocontos, con una mancha ocular, producidos en zoosporocistos liberados a través de un poro irregular.

Material estudiado: BAc 40487, BAc 40488.

Referencias: Gain (1911); Hylmö (1919); Zanelved (1969); Lamb y Zimmerman (1977); Delépine et al. (1985); Etcheverry (1986); Cormaci et al. (1992b); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Malvinas, islas Kerguelen, islas Macquarie, Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, isla Ross, Península Antártica, Tierra Wilkes, Costa Adélie, Tierra Victoria, Bahía Terranova.



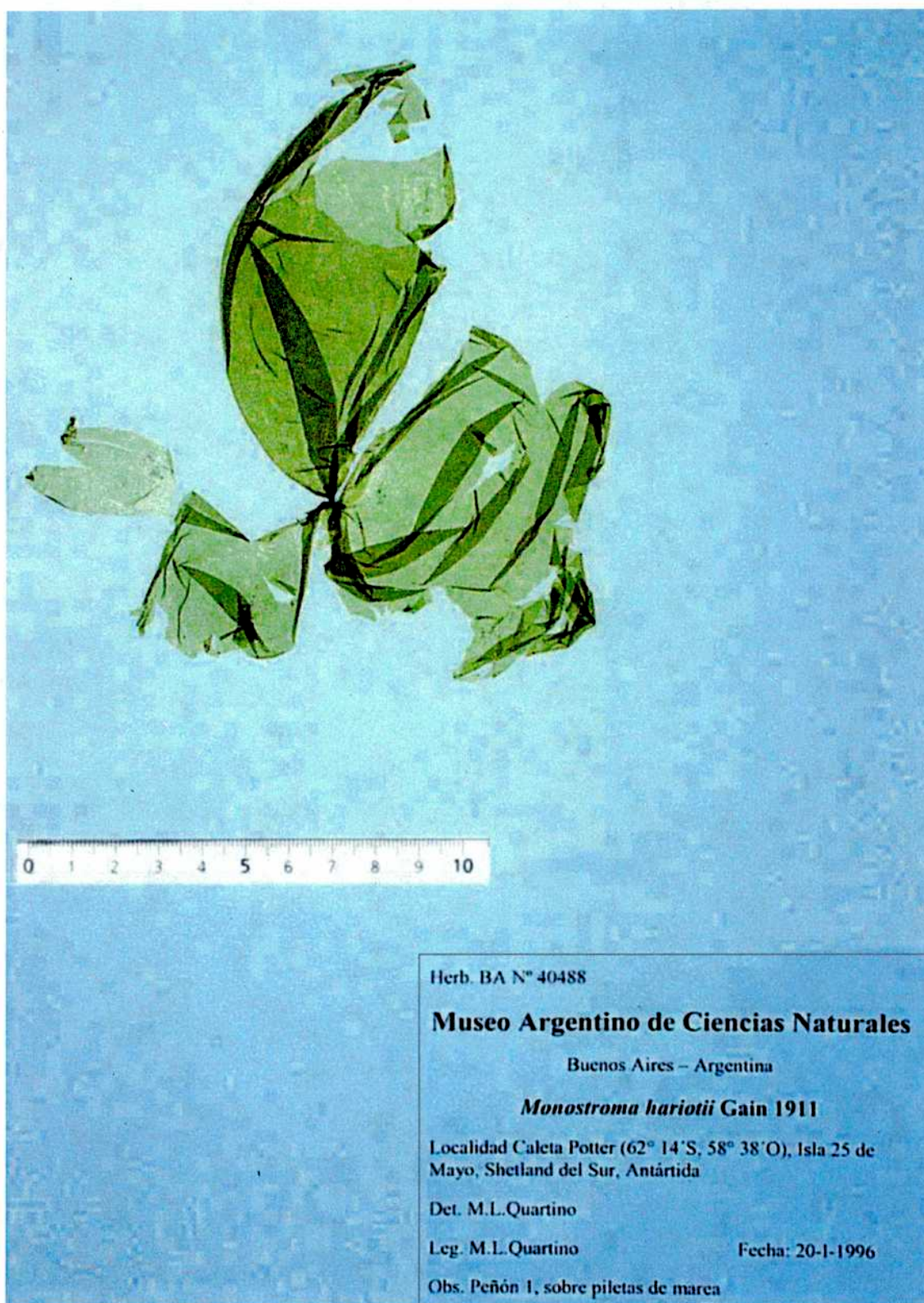


Figura 4.2: *Monostroma hariatii*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Familia Ulvaceae

Enteromorpha Link 1820

Talos erectos, normalmente huecos y tubulares, con o sin ramificaciones, a veces bistromáticos en las porciones centrales. Pueden conservar porciones filamentosas uniseriadas en los ápices de las ramas de último orden. Las células se presentan desordenadas o en filas según la especie y el ambiente. Cromatóforo laminar o cupuliforme con uno a varios pirenoides. En algunas especies se ha observado propagación por fragmentación. Especies digenéticas isomórficas, a veces solo la generación asexual está presente, las gametas son frecuentemente partenogenéticas.

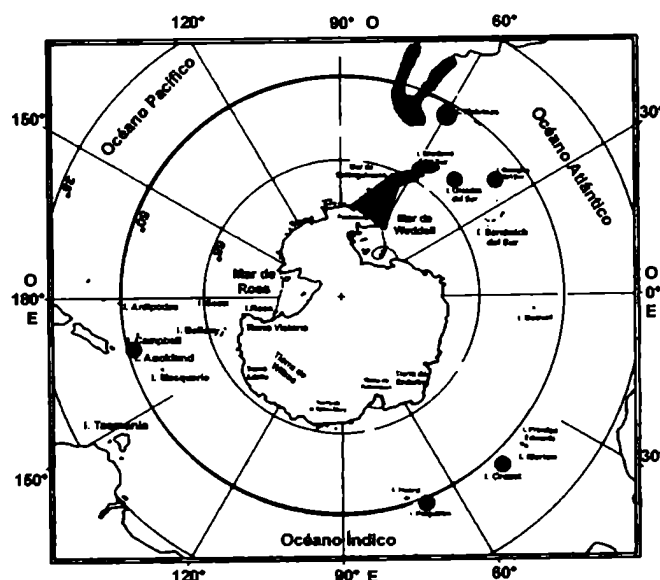
Enteromorpha bulbosa (Suhr) Montagne 1846

Talos de color verde (Fig.4.3), huecos, con base afinada y ápice ensanchado, de hasta 8 cm de longitud y 2 mm de ancho, generalmente sin ramificar o con alguna rama de primer orden. A veces los lados del tubo se acercan formando una lámina bistromática. Células de ángulos redondeados, en filas longitudinales, menos ordenadas en las partes anchas del talo. Diámetro celular de 16 μm . Cromatóforo laminar completo, con un pirenoide, ocasionalmente dos.

Material estudiado: BAc 40484, BAc 40485

Referencias: Montagne (1846); Hylmö (1919); Boraso (1975); Lamb y Zimmerman (1977); Etcheverry (1986); Ricker (1987); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Chile central y sur, costa patagónica argentina, Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Georgias del Sur, islas Crozet, islas Kerguelen, islas Campbell, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



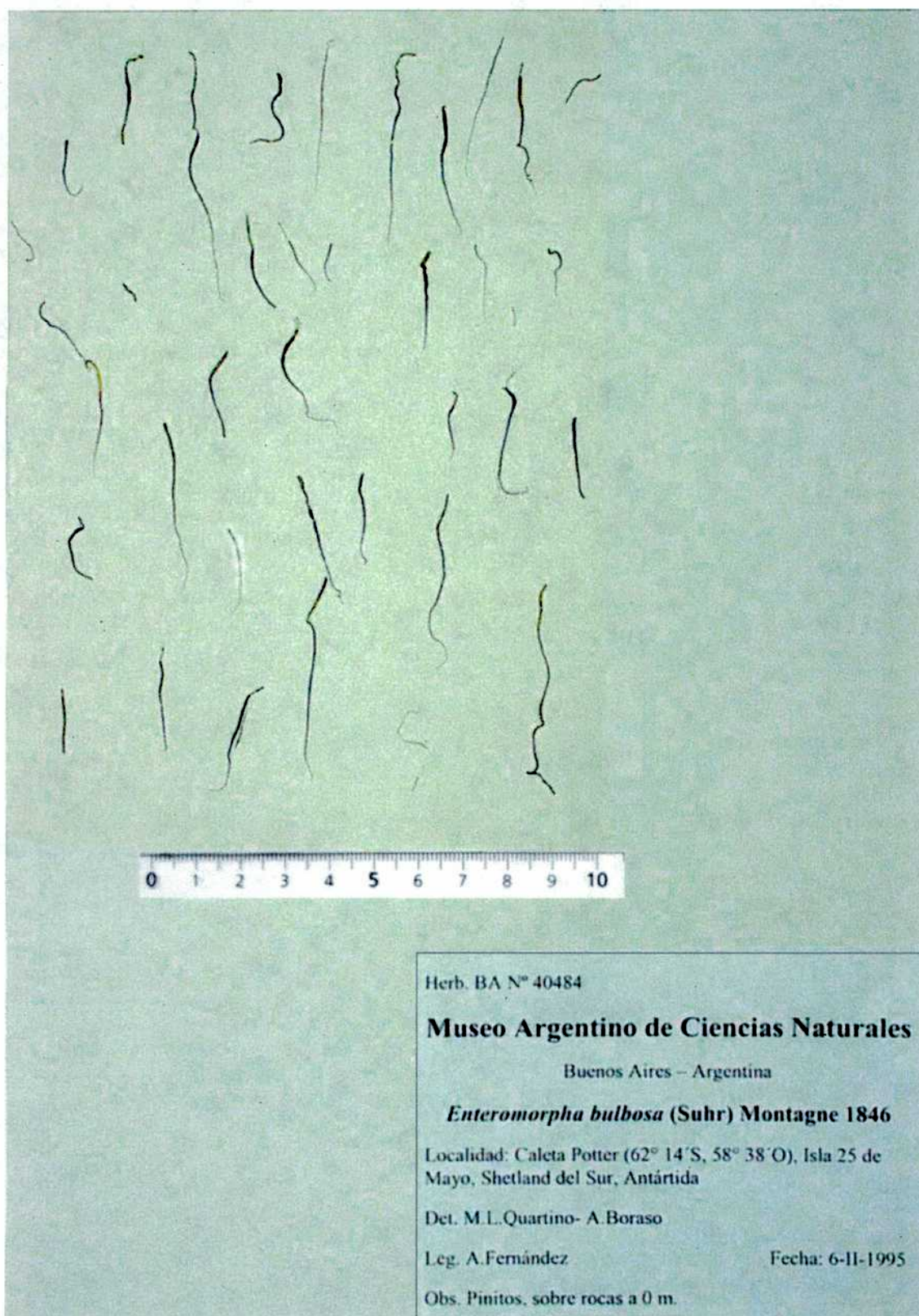


Figura 4.3: *Enteromorpha bulbosa*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Orden Siphonales

Familia Bryopsidaceae

Lambia Delépine 1967

Género monoespecífico.

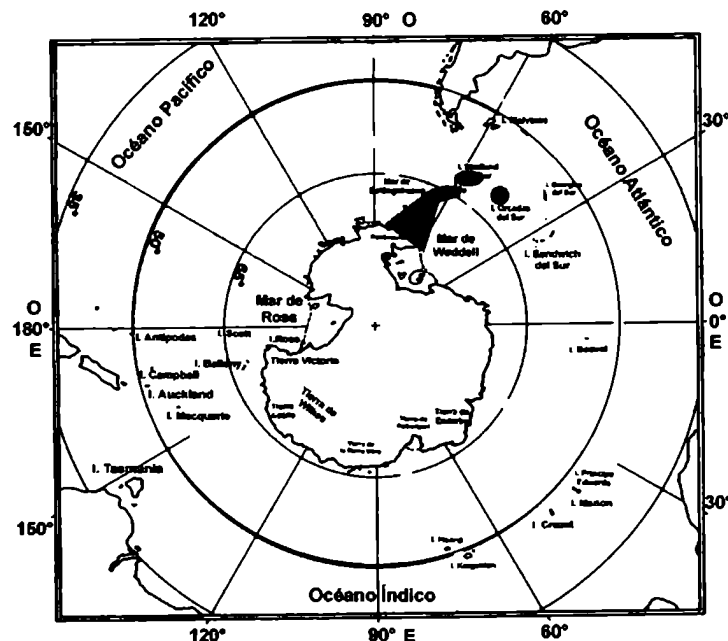
Lambia antarctica (Skottsberg) Delépine 1967

Talos cilíndricos (Fig. 4.4), de color verde claro, flácidos y frágiles, de hasta 20 cm de largo y 2-3 mm de diámetro, cenocíticos, con ocasionales tabiques transversales, no ramificados en la parte erecta. Base estolonífera y rizoidal bien desarrollada formada por filamentos de 1,0 a 1,5 mm de diámetro con numerosos rizoides con o sin ramificaciones. Pared celular de 3-12 μm de grosor. Cromatóforos discoides y numerosos, sin pirenoide pero con granos de almidón. Zooides piriformes formados directamente del citoplasma de los sifones, con varios cromatóforos y una mancha ocular. Reproducción sexual no conocida.

Material estudiado: BAc 40486

Referencias: Delépine (1967); Lamb y Zimmerman (1977); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



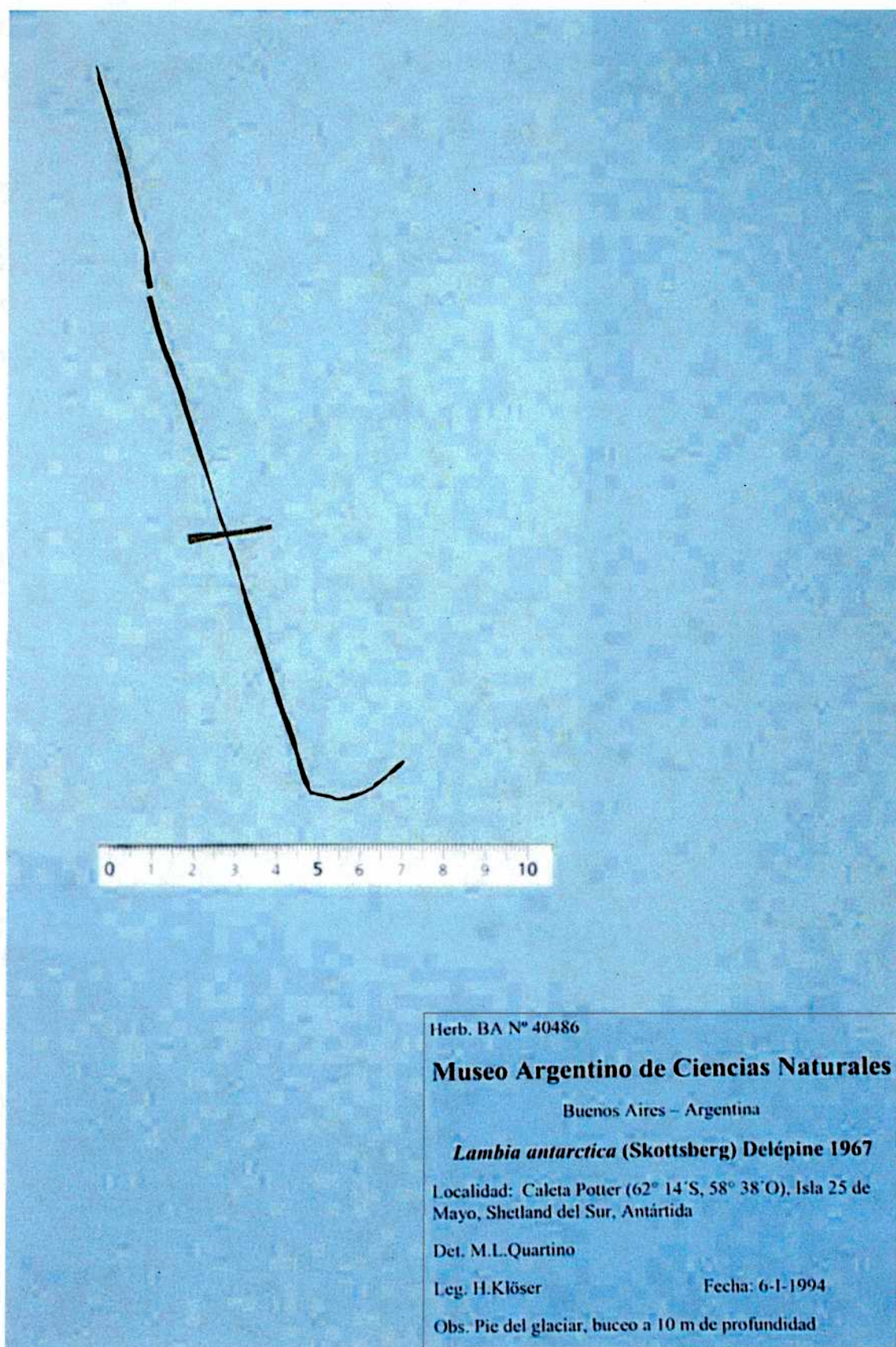


Figura 4.4 *Lambia antarctica*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

CLASE PHAEOPHYCEAE

Orden Ectocarpales

Familia Ectocarpaceae

Geminocarpus Skottsberg 1907

Talos en mechones, formados por filamentos adheridos por rizoides, en su inicio haplósticos, luego polísticos. Ramificados en forma opuesta, dística. Cromatóforos discoides. Organos pluriloculares y uniloculares, laterales, sésiles o pedicelados, opuestos, formados a partir de rámulas transformadas, frecuentemente en series. Reproducción sexual no conocida.

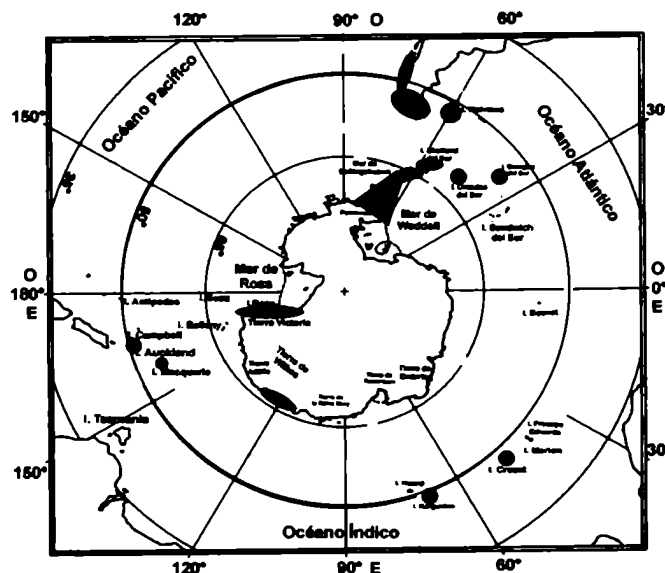
Geminocarpus geminatus (Hooker f. & Harvey) Skottsberg 1907

Talos filamentosos (Fig. 4.5), de color pardo oliváceo, formando mechones de hasta 2 cm de longitud, muy ramificados hacia la base. Ramas divergentes, opuestas. Diámetro del eje principal 55 μm , diámetro de las ramas 20-40 μm . Parte basal del eje con rizoides. En las partes uniseriadas las células son algo más cortas que anchas. Rámulas de último orden en series, ubicadas cada 3-7 células del eje, afinándose en los ápices. Con esporocistos uniloculares, siendo los pluriloculares menos frecuentes, ambos tipos de esporocistos usualmente sobre talos separados, solo ocasionalmente sobre el mismo talo, ubicados típicamente en forma opuesta.

Material estudiado: BAc 40500

Referencias: Skottsberg (1907, 1921), Lamb y Zimmerman (1977); Ricker (1987); Cormaci et al. (1992b); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Chile (Valdivia, Isla de Chiloé), Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Georgias del Sur, islas Crozet, islas Kerguelen, islas Macquarie, isla Campbell, islas Shetland del Sur, Península Antártica, Tierra Wilkes, Tierra Victoria.



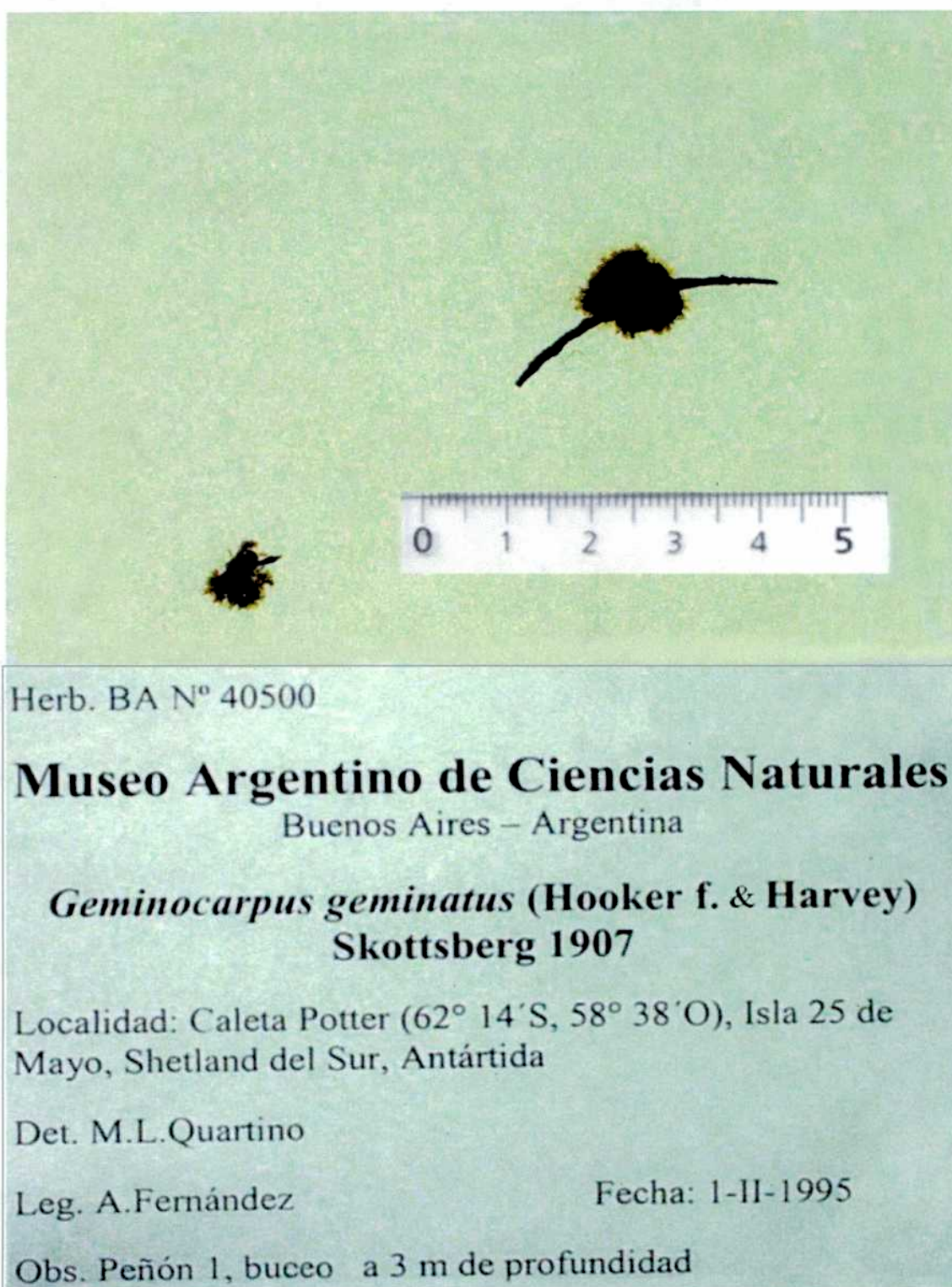


Figura 4.5: *Geminocarpus geminatus*, la escala graduada corresponde a 5 cm.

Orden Scytosiphonales

Familia Scytosiphonaceae

Petalonia Derbes & Solier nom. cons. 1850

Talos laminares, surgiendo solitarios o en grupos de un disco basal pequeño. Células superficiales pequeñas, subcúbicas. Pequeños mechones de pelos multicelulares sobre la superficie del talo. Parafisis unicelulares presentes o ausentes. Médula con células isodiamétricas incoloras, sin cromatóforos. Corteza de células pequeñas, cúbicas y casi completamente ocupadas por un cromatóforo. Esporocistos pluriloculares uniseriados llegando a cubrir ambas superficies del talo, progresando la maduración desde el ápice hacia la base de la fronde. Ciclo digenético, heteromórfico, con un estadio crustoso.

*** *Petalonia fascia* (Müller) Kuntze 1898**

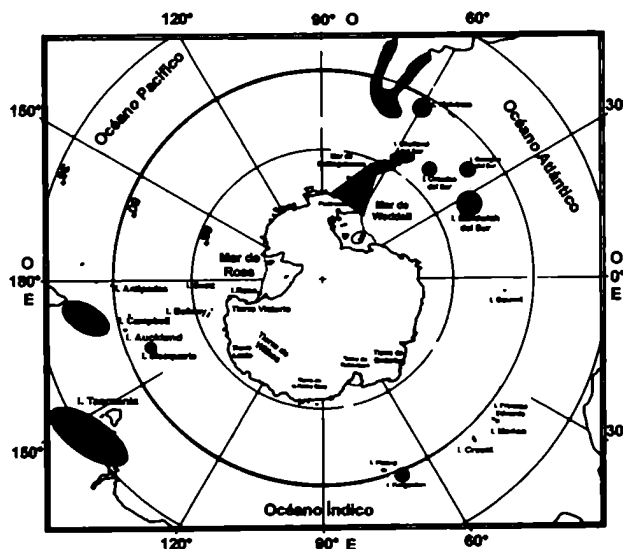
Talos laminares (Fig. 4.6), delicados, sin ramificar, de color marrón claro o verdoso, de hasta 6 cm de largo y 1 cm de ancho, ubicados en grupos sobre una base común. Médula central de células isodiamétricas grandes de tamaño variado (15-20 μm de largo y 6-10 μm de ancho), corteza formada por células cúbicas pequeñas. Esporangios pluriloculares uniseriados.

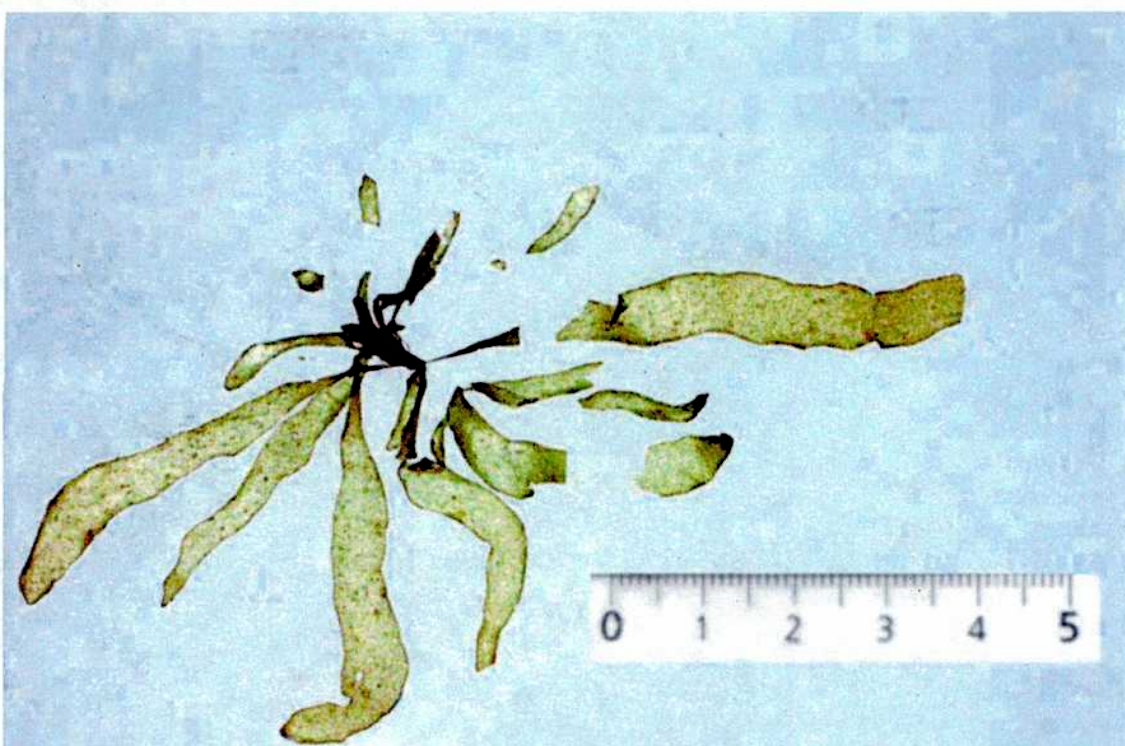
Material estudiado: BAc 40504

Referencias: Ricker (1987); Clayton et al. (1997); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Perú, Chile, Argentina, Australia, Nueva Zelandia, Tierra del Fuego, islas Malvinas, isla Juan Fernández, Sur, islas Kerguelen, islas Macquarie, isla Heard, islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur (* primer registro en Caleta Potter).

Observaciones: se amplía la distribución geográfica en la Antártida





Herb. BA N° 40504

Museo Argentino de Ciencias Naturales

Buenos Aires – Argentina

***Petalonia fascia* (Müller) Kuntze 1898**

Localidad: Caleta Potter (62° 14' S, 58° 38' O), Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur, Antártida

Det. M.L.Quartino

Leg. M.L.Quartino

Fecha: 20-I-1996

Obs. Peñón 1, en rocas y piletas de marea

Figura 4.6: *Petalonia fascia*, la escala graduada corresponde a 5 cm.



Figura 4.7: *Desmarestia anceps*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Desmarestia antarctica* Moe & Silva 1989**

Talos (esporofitos) de color verde oliva (Fig. 4.8), de hasta 1 m de largo, adheridos al sustrato por un pequeño disco basal hemisférico que pueden crecer epilíticos o epífitos. Los estípites son aplanados. Las ramas son planas y pinnadas de hasta 14 mm de ancho. Los esporocistos se encuentran mezclados con paráfisis formando soros elevados, cada uno contiene 16 esporas.

Material estudiado: Bac 40499

Referencias: Lamb y Zimmerman (1977) como *D. ligulata*; Moe y Silva (1989); Wiencke et al. (1991); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.

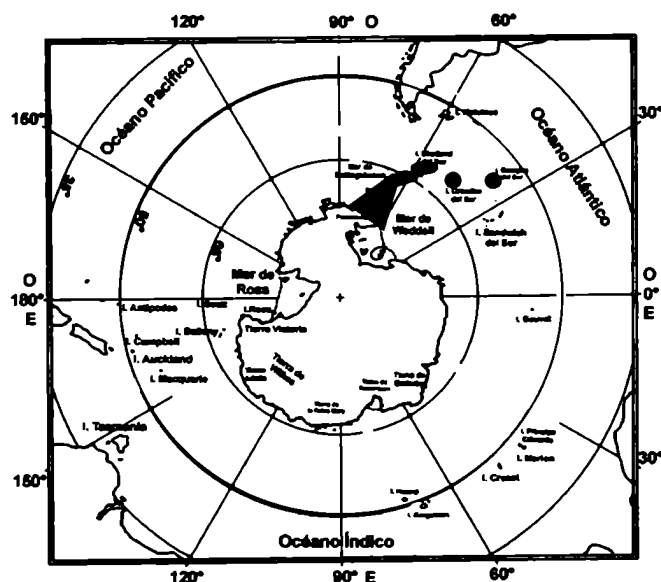




Figura 4.8: *Desmarestia antarctica*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

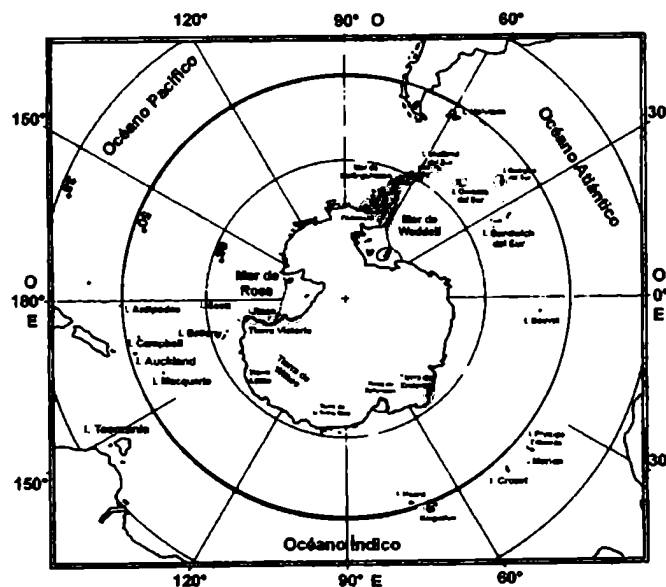
***Desmarestia menziesii* J. Agardh 1848**

Talos (esporofitos) grandes de color pardo (Fig.4.9), de hasta 3 m de largo, de aspecto arbustivo, adheridos por un grampón discoide corrugado. Talo profusamente ramificado desde un eje más o menos aplanado, el eje principal de 1-2 cm de ancho. Ramas opuestas o alternas, desde cilíndricas hasta aplanadas. Filamentos asimiladores uniseriados en las ramas jóvenes, tempranamente caducas. Cada esporocisto, de forma cilíndrica contiene 16 esporas. Gametofitos dioicos.

Material estudiado: Bac 40498

Referencias: Lamb y Zimmerman (1977); Scrosati (1992); Gómez y Wiencke (1996); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, Islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica, Tierra Enderby, Tierra Wilkes, Costa Adélie, Tierra Victoria.



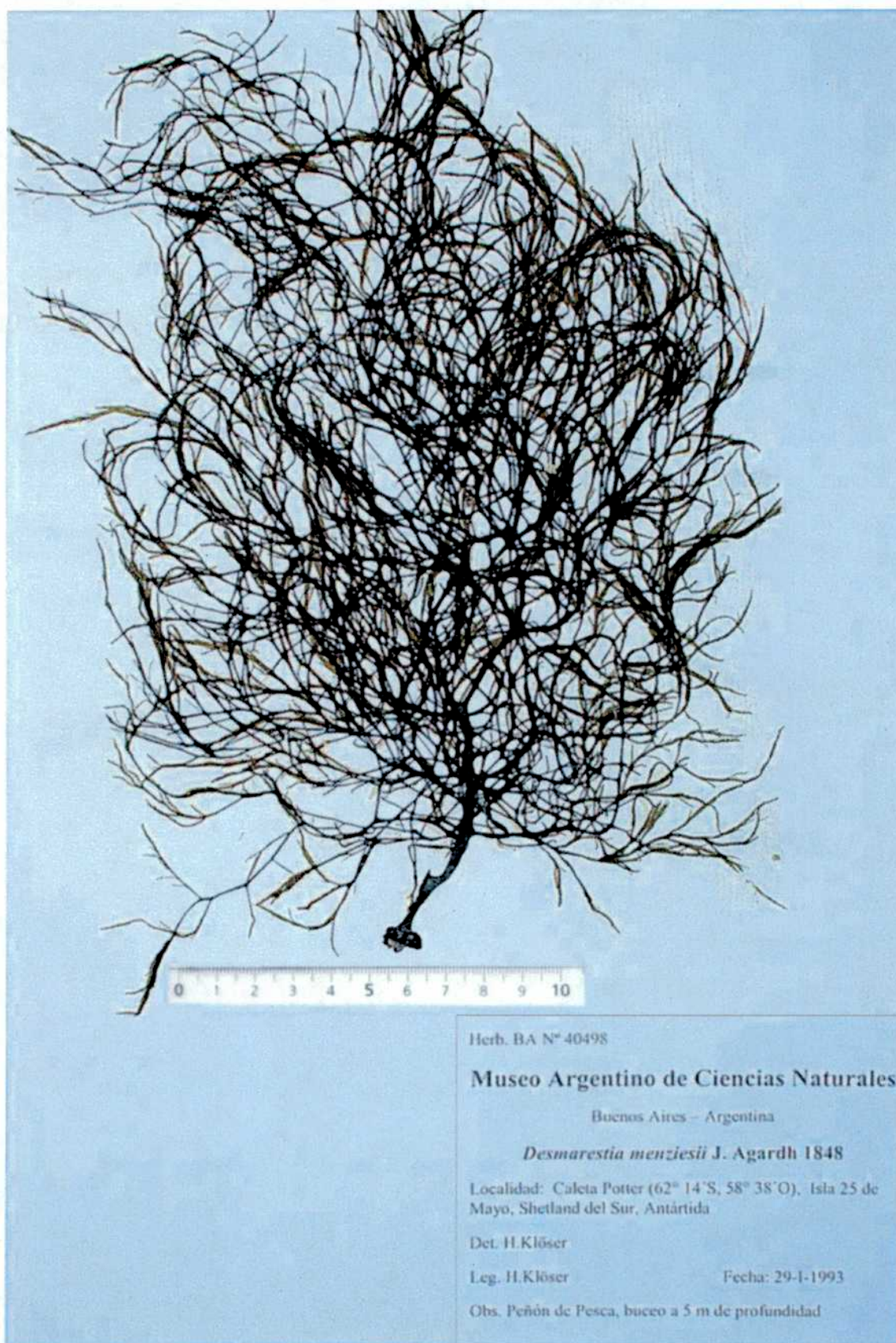


Figura 4.9: *Desmarestia menziesii*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Himantothallus* Skottsberg 1907**

Género monoespecífico.

***Himantothallus grandifolius* (Gepp & Gepp) Zinova 1959**

Talos (esporofitos) de color marrón oliváceo (Fig. 4.10), muy grandes, de 8-10 m de largo y 40 cm de ancho, con ápices obtusos. Pueden tener desde una sola lámina cuando jóvenes hasta varias láminas laterales de 1 m de largo y 20 cm de ancho, angostadas hacia la base. El grampón es fuerte e irregularmente ramificado de 7-10 cm de diámetro. Crecimiento difuso e intercalar, zona meristemática generalmente ubicada en la parte inferior de los filoides o láminas. Las células corticales del talo contienen abundantes fisoides. La estructura es pseudoparenquimatosa. Cromatóforos parietales discoides, sin pirenoides. Esporocistos uniloculares cilíndricos, de color marrón oscuro que se encuentran mezclados con paráfisis en soros algo elevados sobre ambas superficies del talo. Gametofitos microscópicos, dioicos produciendo un óvulo en un oocisto y un anterozoide en anteridio.

Material estudiado: BAc 40502, BAc 40503

Referencias: Lamb y Zimmerman (1977) como *Phyllogigas grandifolius*; Moe y Silva (1981); Delépine et al. (1985); Wiencke y Clayton (1990); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica, Costa Adélie, Tierra Wilkes, Costa Queen Mary, Tierra Victoria.

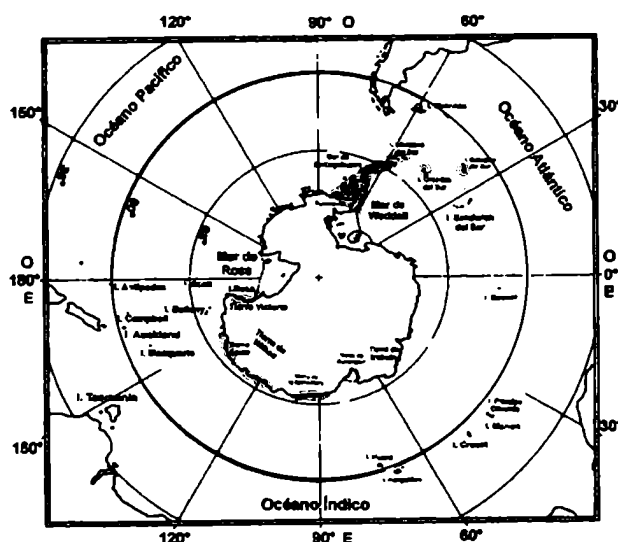




Figura 4.10: *Himantothallus grandifolius*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Phaeurus* Skottsberg 1907**

Género monoespecífico.

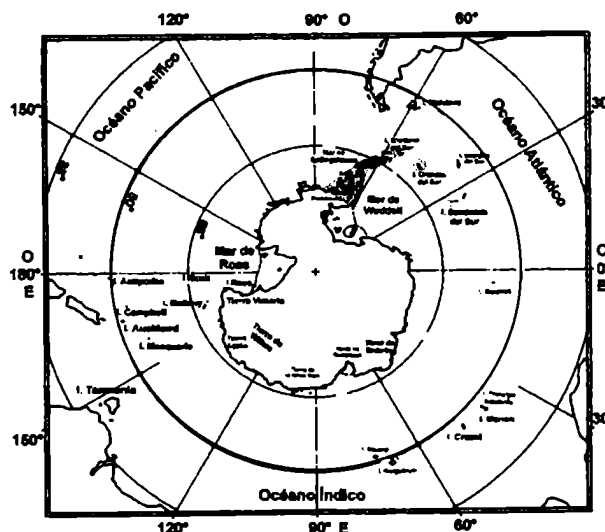
***Phaeurus antarcticus* Skottsberg 1907**

Talos (esporofito) cilíndricos ramificados (Fig.4.11), de color pardo, de hasta 60 cm de longitud, adheridos al sustrato mediante un disco basal. Ramas ralas, laxas y muy largas, opuestas, bilaterales. Crecimiento tricotálico a partir de un pelo apical no persistente. Filamento axial con células elongadas de 30-55 μm de longitud y 35-40 μm de ancho, rodeado de una corteza de células grandes (50-100 μm) separadas por otras más pequeñas (20-35 μm) y un estrato externo de células pequeñas (7-9 μm), con filamentos asimiladores (200-250 μm) en casi toda la superficie. En las regiones maduras del eje se observa un contenido celular en forma de trompeta y paredes laterales muy engrosadas. Alrededor del filamento axial se desarrolla una vaina densa de hifas. Cromatóforos discoides sin pirenoides. En las zonas más maduras del talo se ubican soros formados por esporocistos en cadena y paráfisis estériles. Los gametofitos filamentosos microscópicos producen un espermatozoide por anteridio y oogonios en forma de clava.

Material estudiado: BAc 40505, BAc 40506, BAc 40507

Referencias: Skottsberg (1907); Lamb y Zimmerman (1977); Etcheverry (1986); Clayton y Wiencke (1990); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



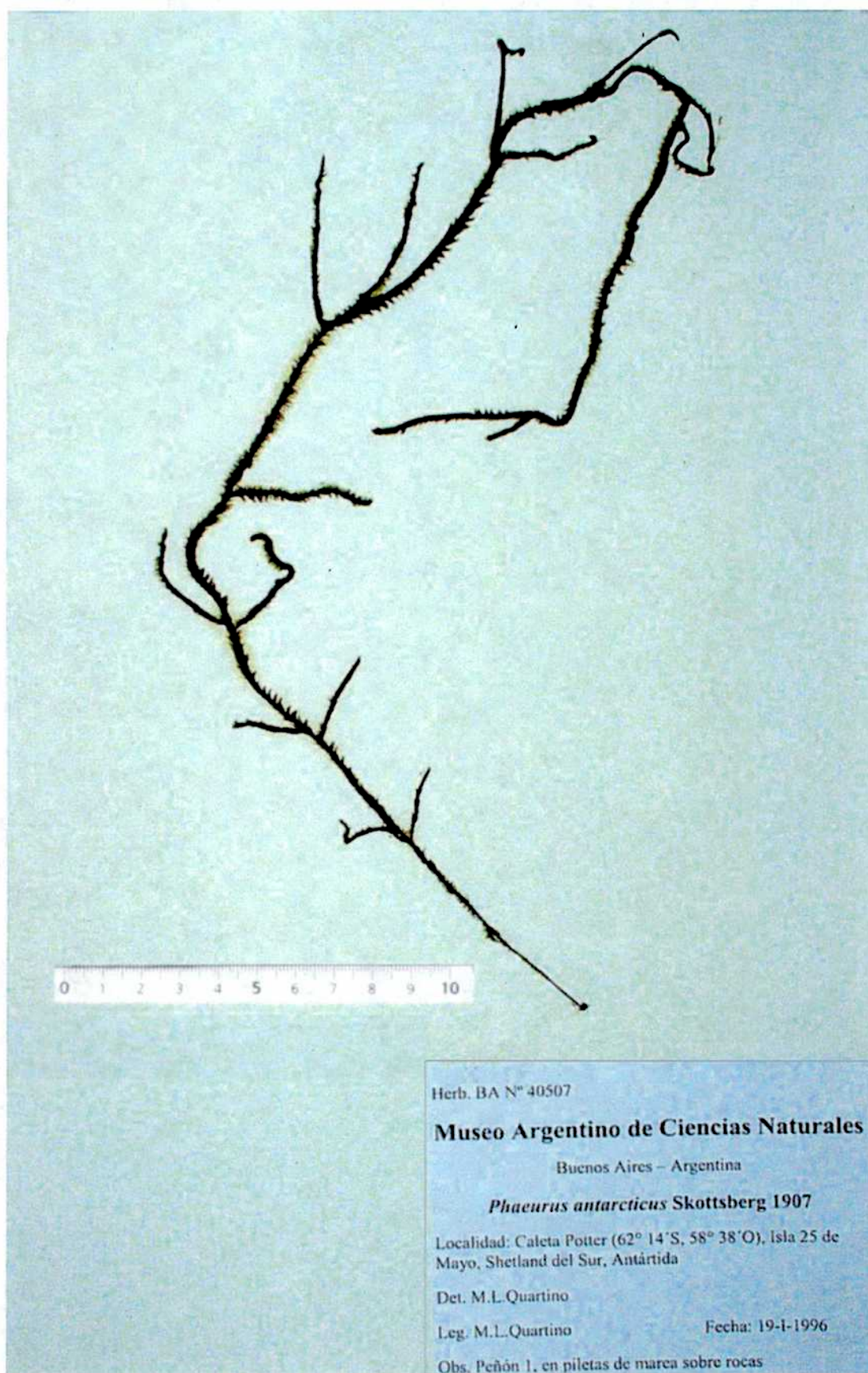


Figura 4.11: *Phaeurus antarcticus*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

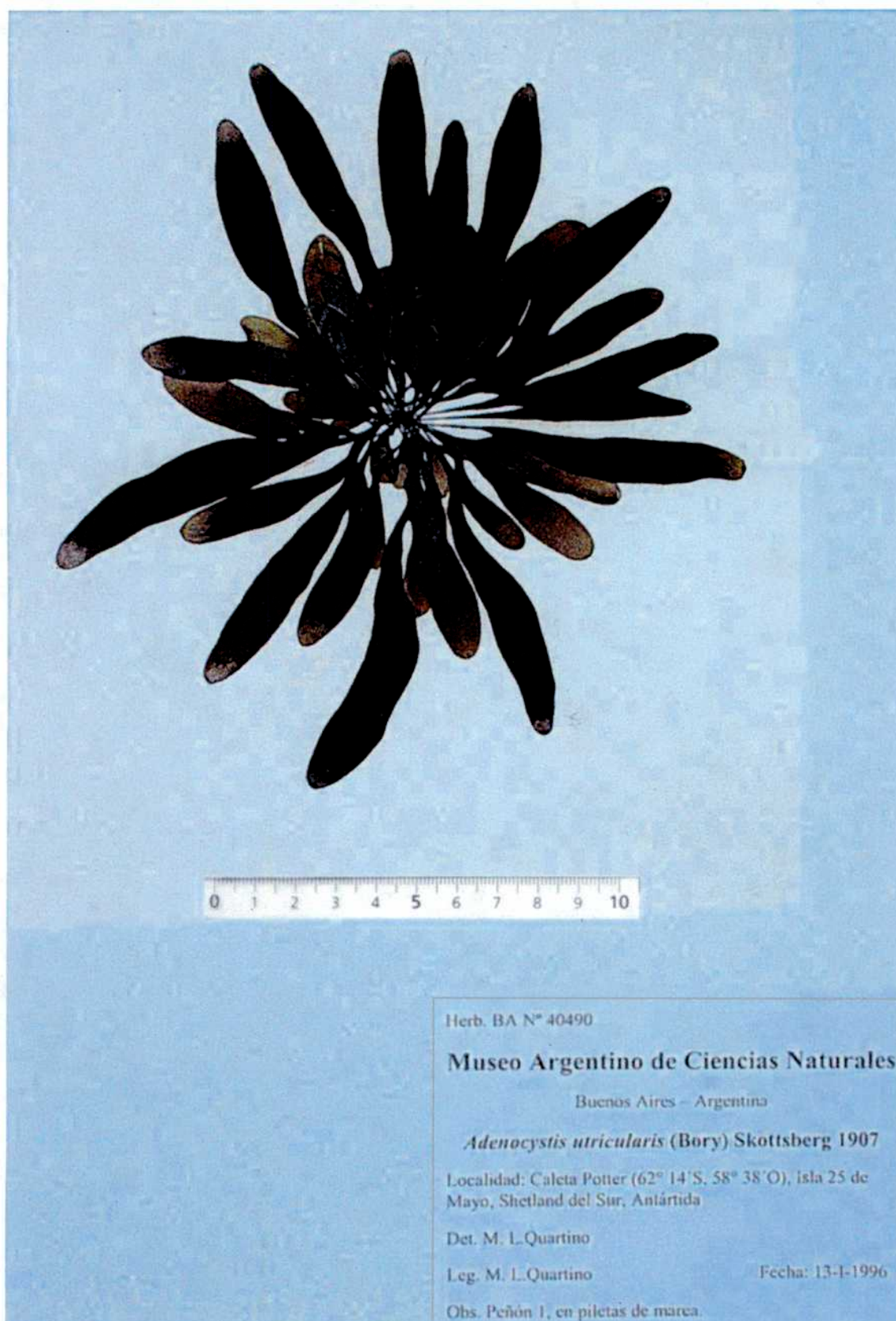
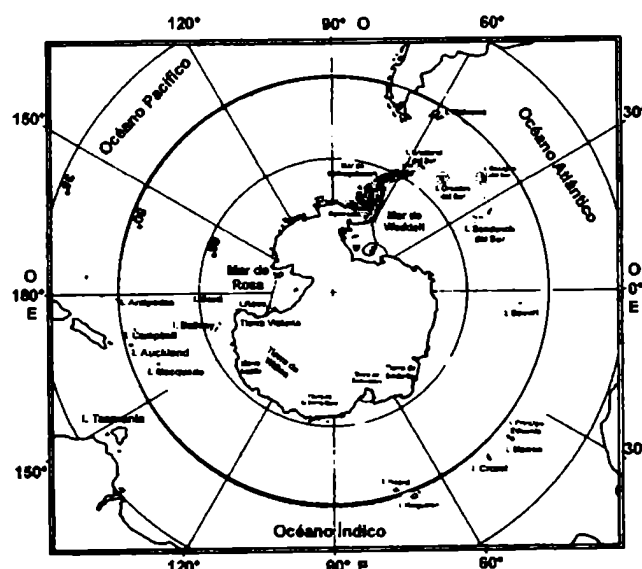


Figura 4.12: *Adenocystis utricularis*, la escala graduada corresponde a 10 cm.



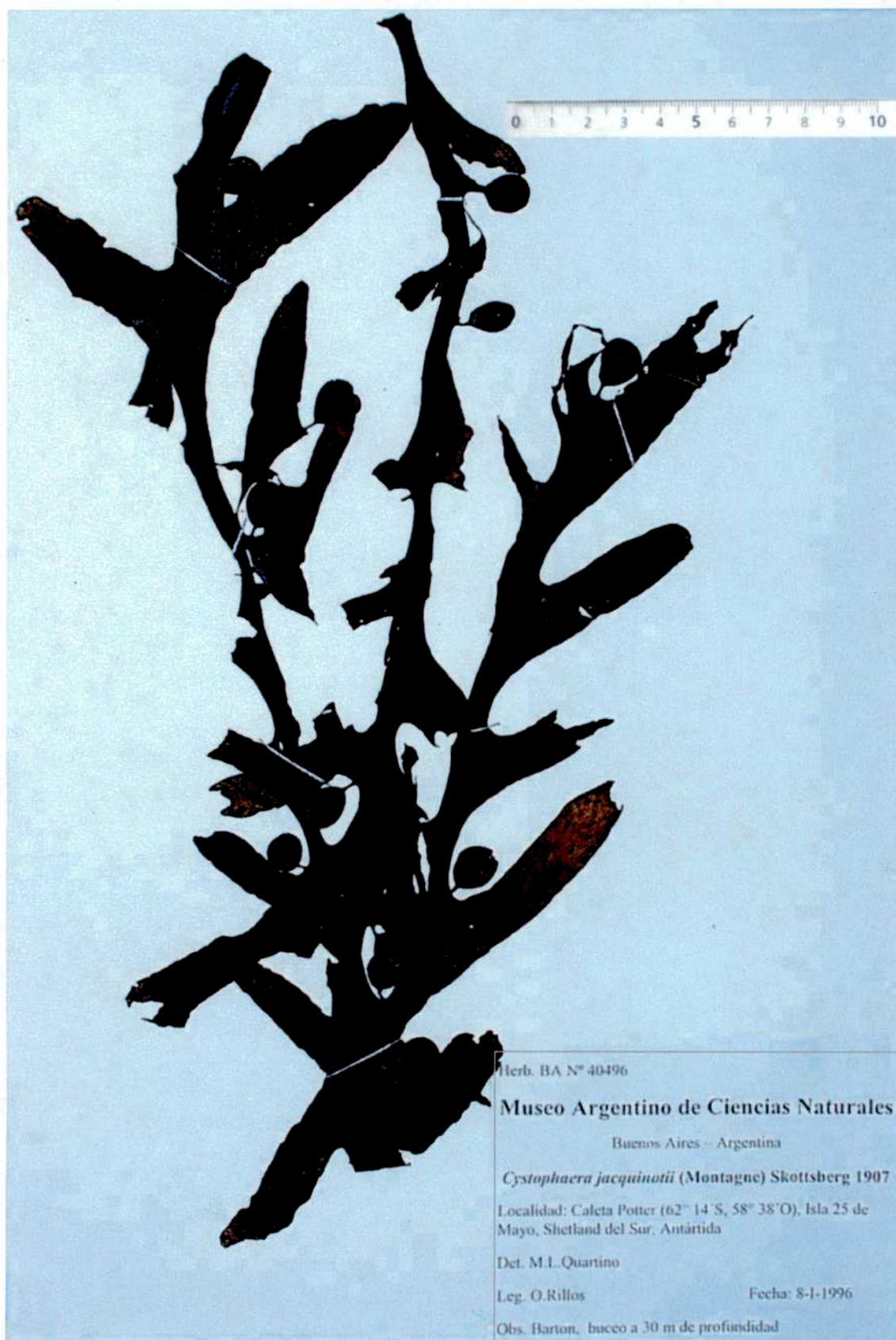
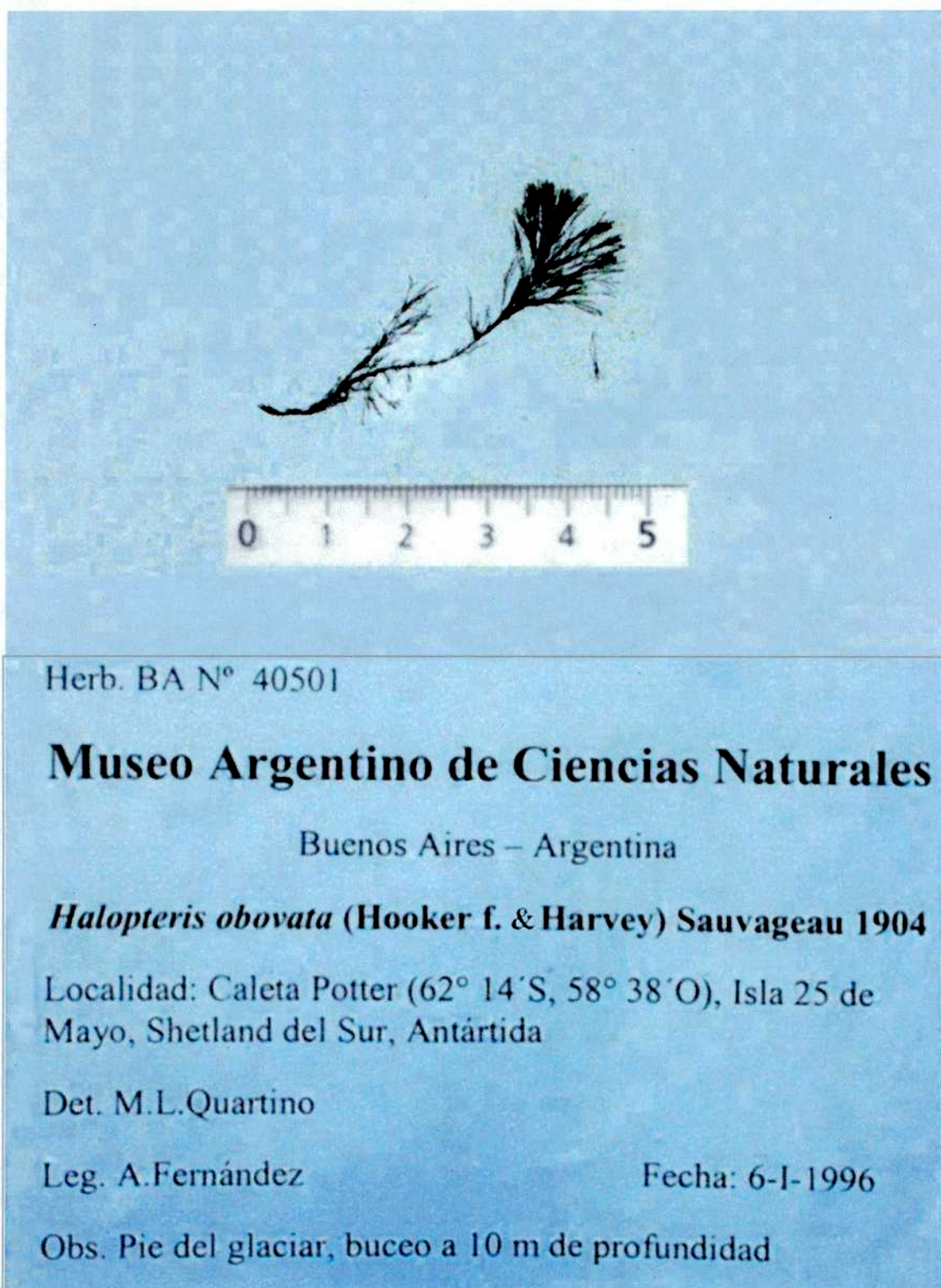


Figura 4.13: *Cystosphaera jacquinotii*, la escala graduada corresponde a 10 cm.



Figura 4.14: *Ascoseira mirabilis*, la escala graduada corresponde a 10 cm.



Herb. BA N° 40501

Museo Argentino de Ciencias Naturales

Buenos Aires – Argentina

***Halopteris obovata* (Hooker f. & Harvey) Sauvageau 1904**

Localidad: Caleta Potter (62° 14' S, 58° 38' O), Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur, Antártida

Det. M.L. Quartino

Leg. A. Fernández

Fecha: 6-I-1996

Obs. Pie del glaciar, buceo a 10 m de profundidad

Figura 4.15: *Halopteris obovata*, la escala graduada corresponde a 5 cm.



Figura 4.16: *Porphyra endiviifolium*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

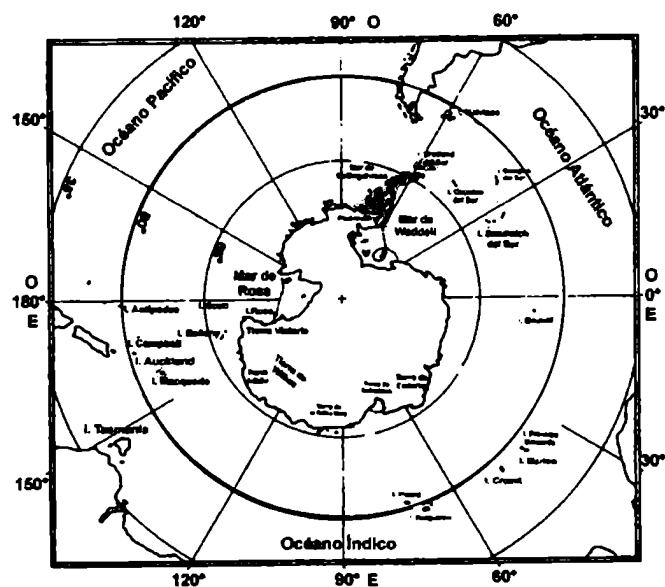
***Porphyra plocamiestris* Ricker 1987**

Talos laminares de color púrpura o rosados (Fig. 4.17), orbiculares de hasta 14 cm de longitud, luego lancinadas y cordadas en la base. Láminas monostromáticas, de hasta 30 μm de grosor. Células vegetativas redondeadas, de 8-14 μm de diámetro. Cromatóforo estrellado, con un pirenoide central. Láminas monoicas, portando carpogonios y espermacios. Los carposporangios presentan 8 carposporas y los espermacios se agrupan en paquetes de 8 a 16.

Material estudiado: BAc 40553

Referencias: Ricker (1987); Clayton e al. (1997); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Macquarie, islas Shetland del Sur, Península Antártica.



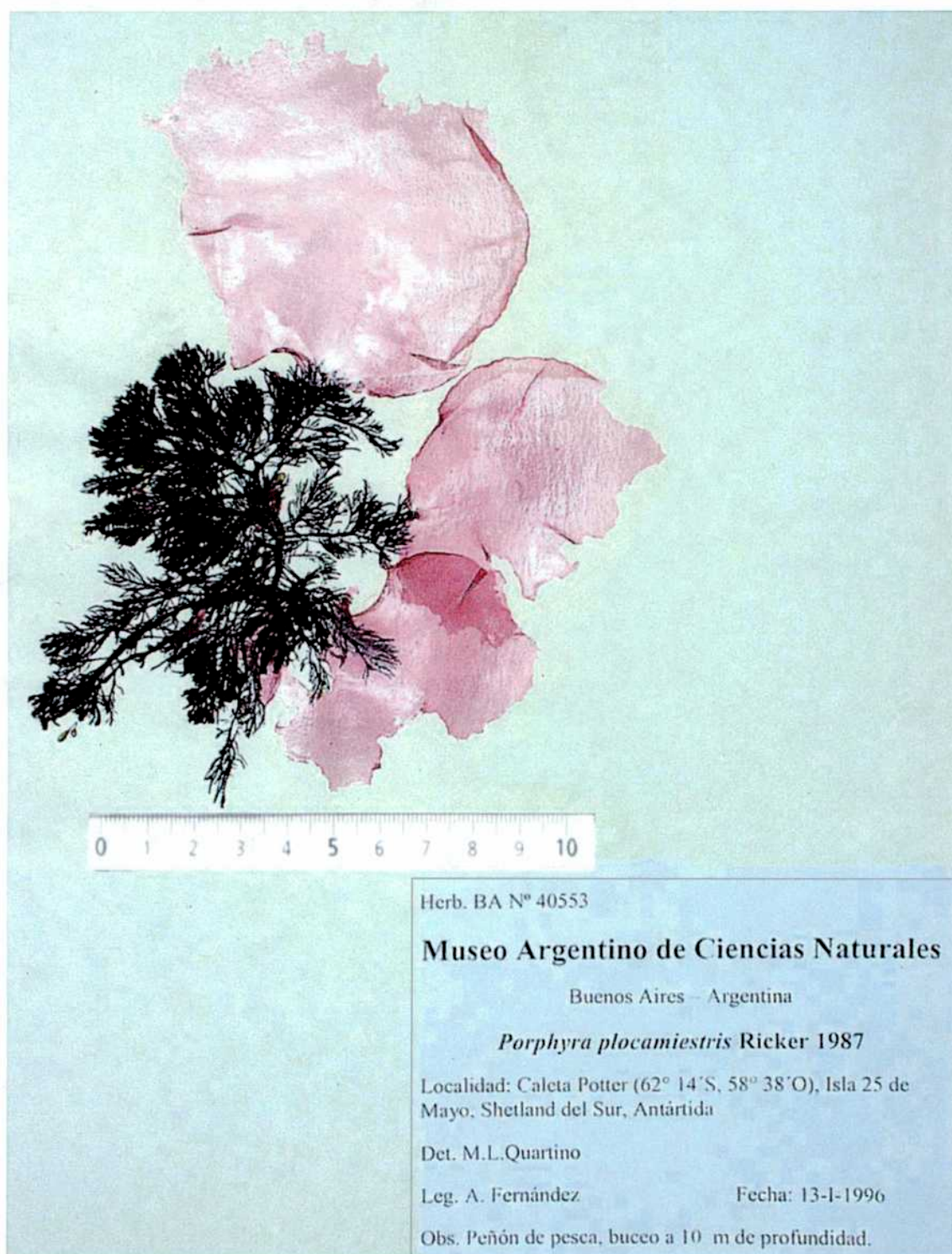


Figura 4.17: *Porphyra plocamiestris*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Subclase Floridophycidae

Orden Palmariales

Familia Palmariaceae

Palmaria Stackhouse 1809

Talos laminares, sin ramificar o partidos en forma dicotómica o dilacerados, con médula incolora y corteza fotosintética. Cromatóforos parietales sin pirenoides. Generalmente los talos laminares que se encuentran son tetrasporofitos, se han obtenido gametofitos en cultivo.

Palmaria decipiens (Reinsch) Ricker 1987

Talos alargados rosados o púrpura (Fig. 4.18) adheridos al sustrato mediante un disco basal, sin ramificaciones, cilíndricos en la base y planos arriba, con tendencia a proliferar lateralmente en las porciones medias a basales. Las frondes son oblongas, lanceoladas, flácidas, delicadas, membranosas, algo onduladas en los márgenes, atenuándose abajo hasta un estípote angosto, 10-50 cm de longitud y hasta 10 cm de ancho. Médula formada por células grandes de paredes delgadas, de 125-180 μm de largo y 85-125 μm ancho. Corteza de una o dos capas de células pequeñas pigmentadas, de 12-15 μm de alto, 6-10 μm de ancho. Tetrasporocistos cruciados, inmersos en la corteza engrosada externa, ubicados en las regiones proliferas. Gametofito femenino crustoso. No se han observado espermatocistos.

Material estudiado: BAc 40538, BAc 40539, BAc 40540, BAc 40541

Referencias: Lamb y Zimmerman (1977); Van der Meer y Chen (1979); Delépine et al. (1985) como *Leptosomia simplex*; Ricker (1987); Wiencke y Clayton (2002)

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, isla Macquarie, Isla Campbell, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, isla Ross, Península Antártica, Tierra Enderby, Tierra de Wilkes, Costa Adélie, Tierra Victoria, Nueva Zelanda.

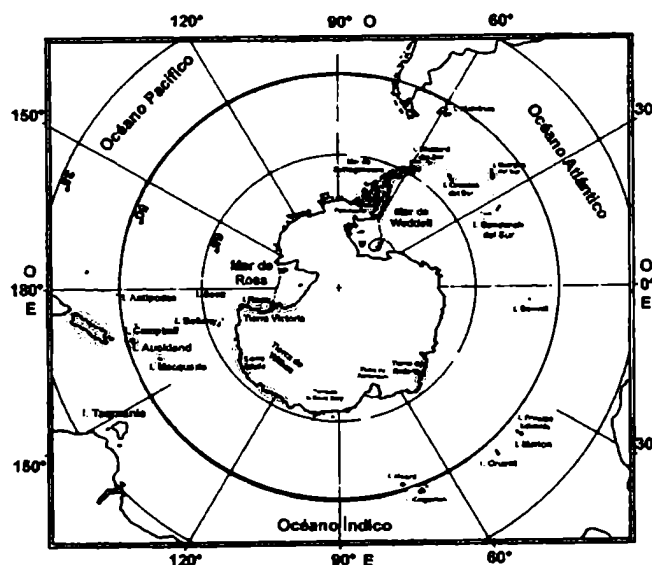




Figura 4.18: *Palmaria decipiens*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Orden Balliales

Familia Balliaceae

***Ballia* Harvey 1840**

Talos erectos, medianos, flabelados, ramificados repetidamente en forma bilateral, plumosos, corticados o no, con algunos ejes de crecimiento indeterminado. Crecimiento por una célula apical grande. Sin células glandulares. Cromatóforos discoides. Tetrasporocistos divididos cruciada o tetrahédricamente, sobre grupos de filamentos curvos nacidos en las bases de las ramas de último orden. Carposporofito y espermatocistos desconocidos.

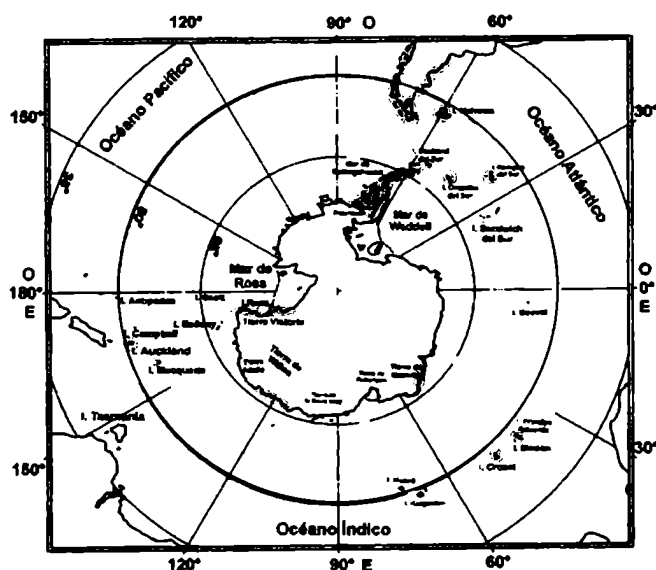
***Ballia callitricha* (C.Agardh) Kützing 1843**

Talos cespitosos (Fig. 4.19), formados por varios ejes que parten del mismo disco basal, de color rosa o púrpura, de hasta 12 cm de alto. Ejes corticados por filamentos descendentes. Ramas determinadas de primer orden densas, opuestas, no corticadas, con laterales de último orden espiniformes. La parte basal de los ejes principales formados por células elongadas de 190-210 μm de largo por 60-70 μm de ancho. Células apicales de los ejes y de las ramas determinadas de primer orden de ápices redondeados. Tetrasporocistos pedicelados, subglobosos a elipsoidales, ubicados cerca de la base de r  mulas no ramificadas.

Material estudiado: BAc 40508, BAc 40509

Referencias: Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977), Delépine et al. (1985); Etcheverry (1986); Ricker (1987); Choi et al. (2000); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: costa sur de Chile, costa patagónica argentina, Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Georgias del Sur, islas Príncipe Edward, isla Crozet, Islas Macquarie, Isla Campbell, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Pen  sula Antártica, costa Mac Robertson, Tierra Wilkes, Tierra Victoria.



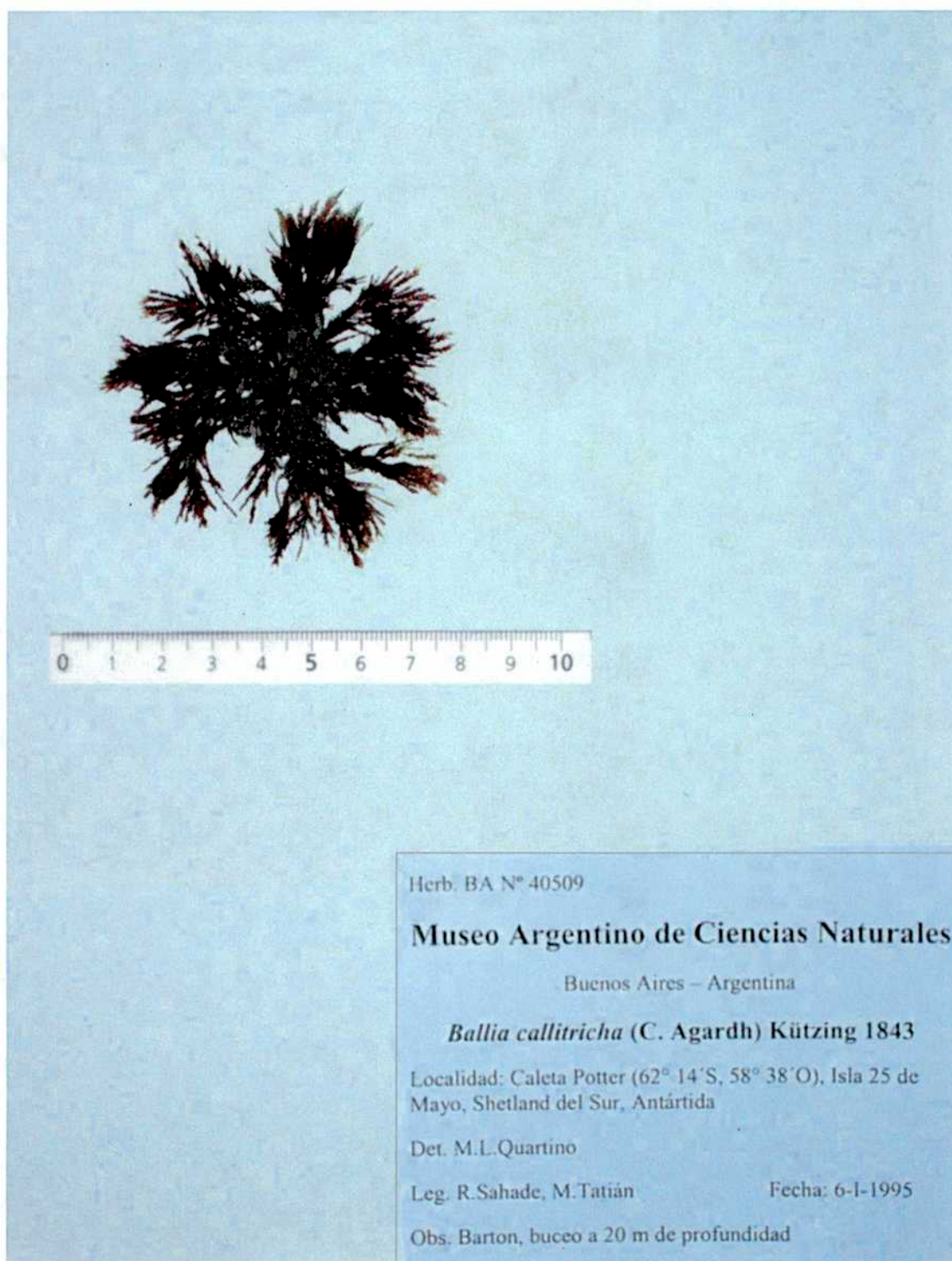


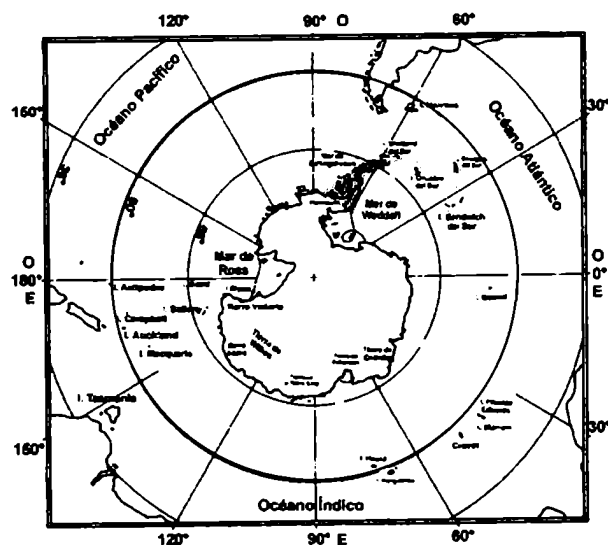
Figura 4.19: *Ballia callitricha*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Curdiea* Harvey 1855**

Curdiea racovitzae Hariot 1900

Material estudiado: BAc 40512

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shetland islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



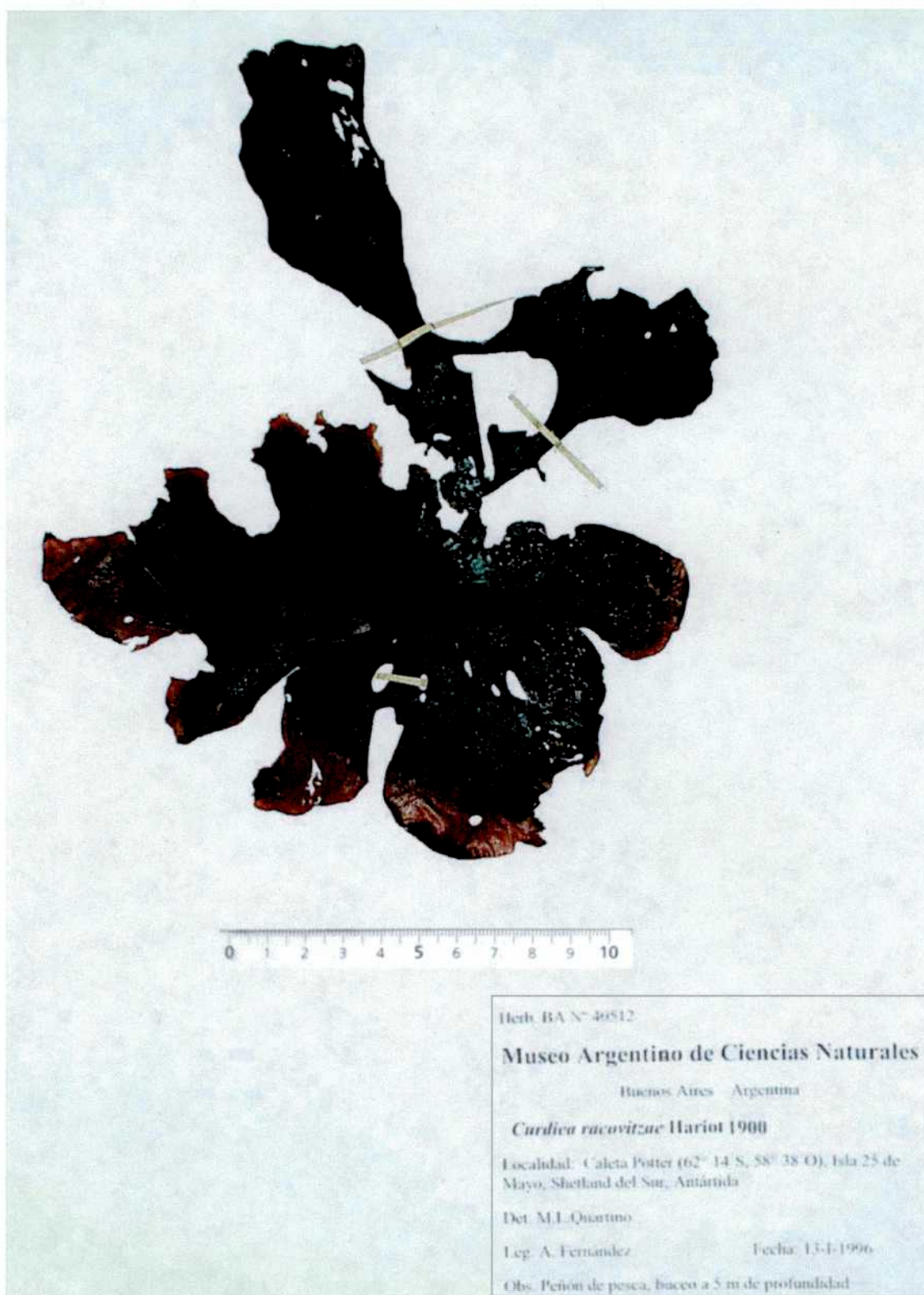


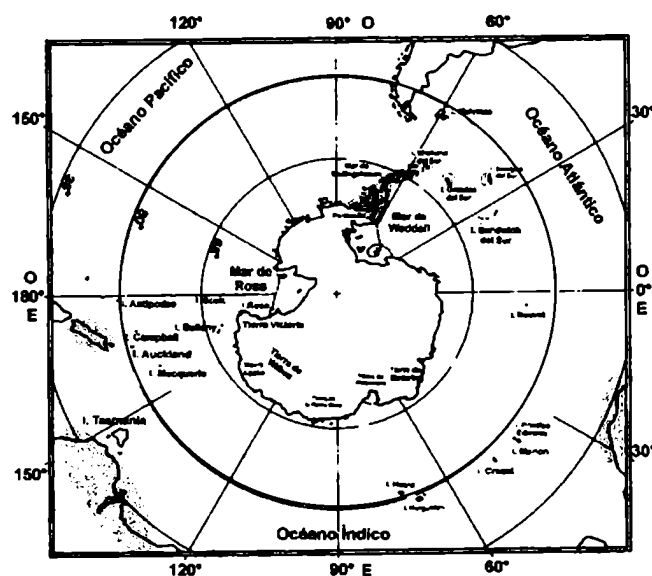
Figura 4.20: *Curdiea racovitzae*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Sarcodia* J. Agardh 1852**

***Sarcodia montagneana* (Hooker f. & Harvey.) J. Agardh 1852**

Material estudiado: BAc 40554

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Australia.



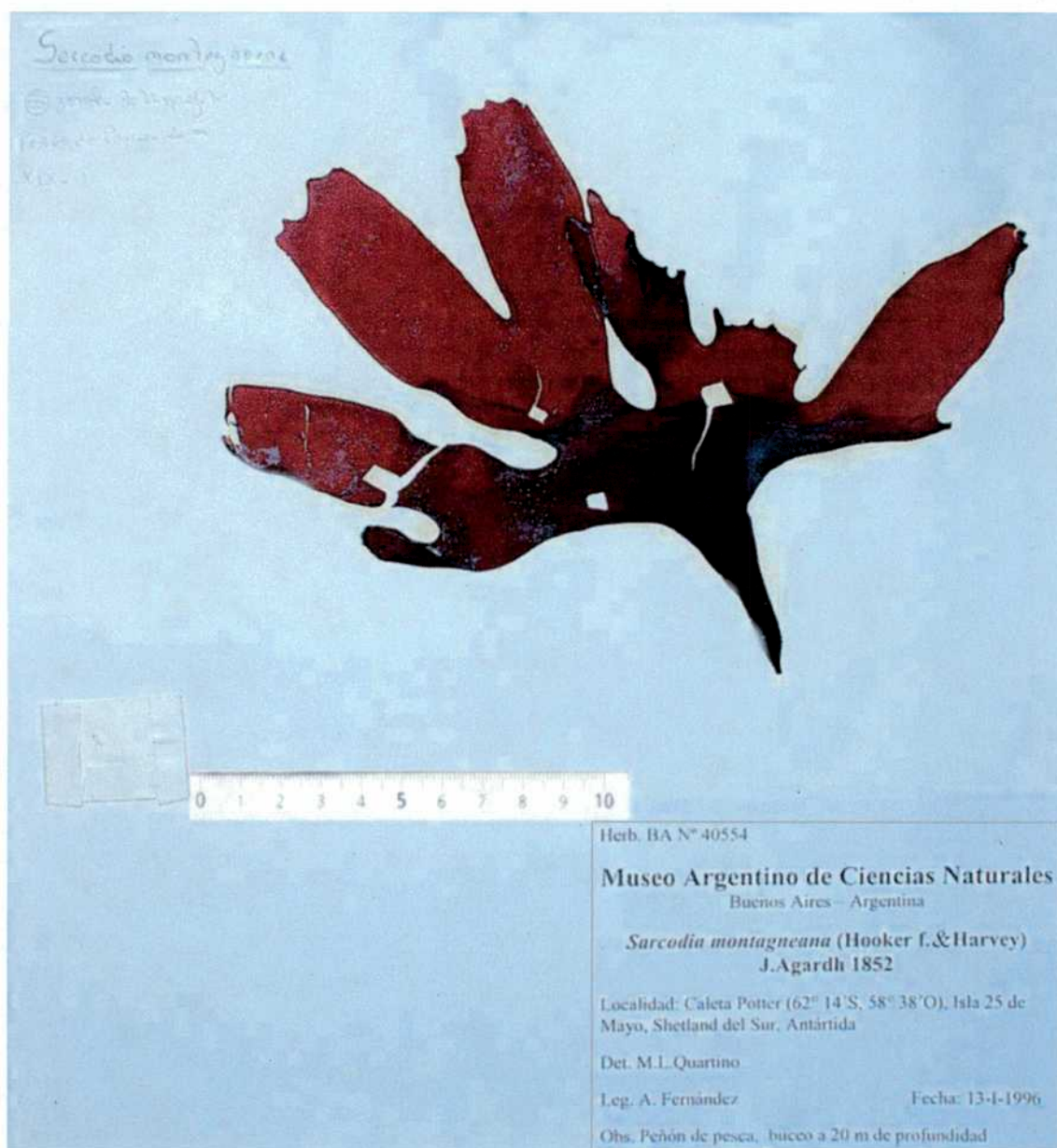


Figura 4.21: *Sarcodia montagneana*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

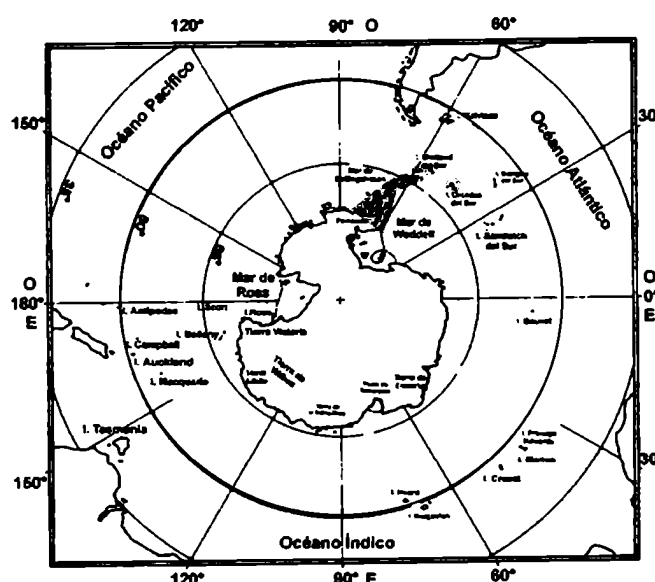
Notophycus fimbriatus Moe 1986

Talo de color púrpura oscuro (Fig.4. 22), compuesto por una a varias láminas de ovadas a elípticas, de hasta 25 cm de longitud, estípites ramificados. Médula filamentosa con algunas células estrelladas. Corteza formada por células internas esféricas, multinucleadas de 18 μm de diámetro y externas alargadas, anticlinales de 15 μm de largo y 5 μm de ancho. Sin células glandulares. Carposporofito embebido en la fronde, con pericarpio tenue o ausente y ostiolo presente. Espermatangios producidos sobre la superficie de la lámina, a partir de las divisiones transversales de la célula madre espermatangial. Tetrasporofito desconocido.

Material estudiado: BAc 40536

Referencias: Moe (1986); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, isla Anvers, Península Antártica.



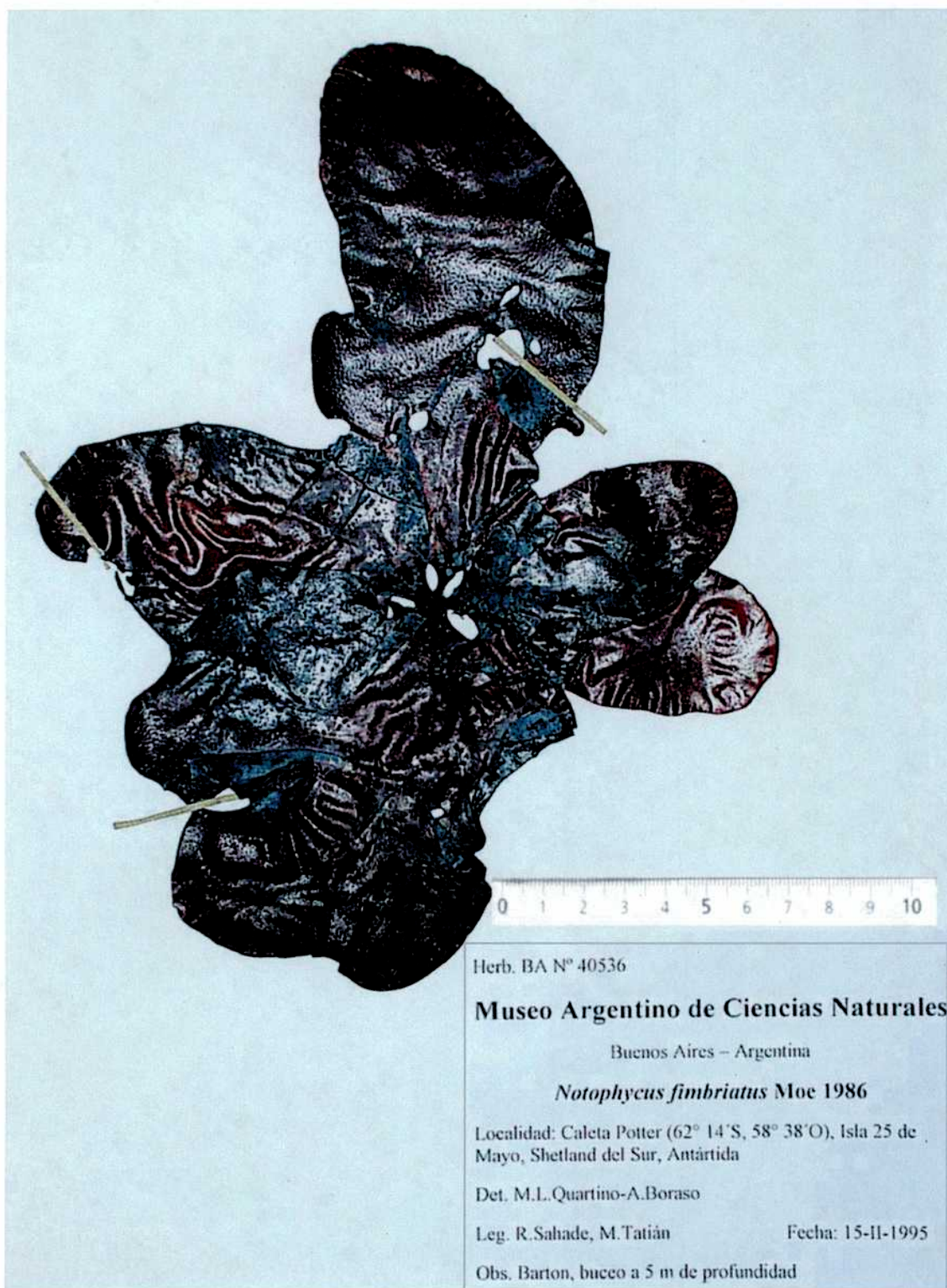


Figura 4.22: *Notophycus fimbriatus*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Familia Phyllophoraceae

***Gymnogongrus* Martius 1833**

Talos erectos, saxícolas, varios ejes emergiendo de un disco basal perenne. Ramas rígidas, mayormente en un plano repetidamente dicotómicas, basalmente cilíndricas, algo compresas distalmente. Médula de células grandes y angulares; corteza de filas anticlinales de células pequeñas con uno o pocos cromatóforos por célula. Cistocarpios globosos inmersos, con carpostoma, carposporocistos separados por filamentos estériles. Talos dioicos, espermatocistos en áreas superficiales irregulares. Tetrasporofito no existente en algunas especies, en otras reducido a nematecios o pústulas desarrollados a partir del gonimoblasto, tetrasporocisto cruciado o irregularmente dividido.

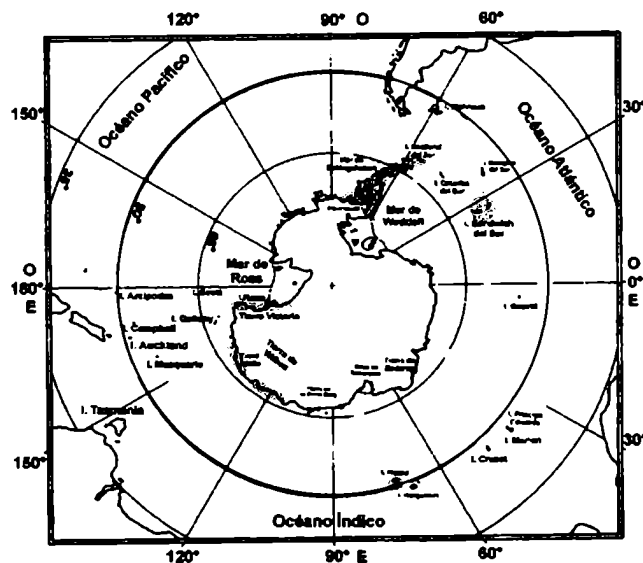
***Gymnogongrus antarcticus* Skottsberg 1953**

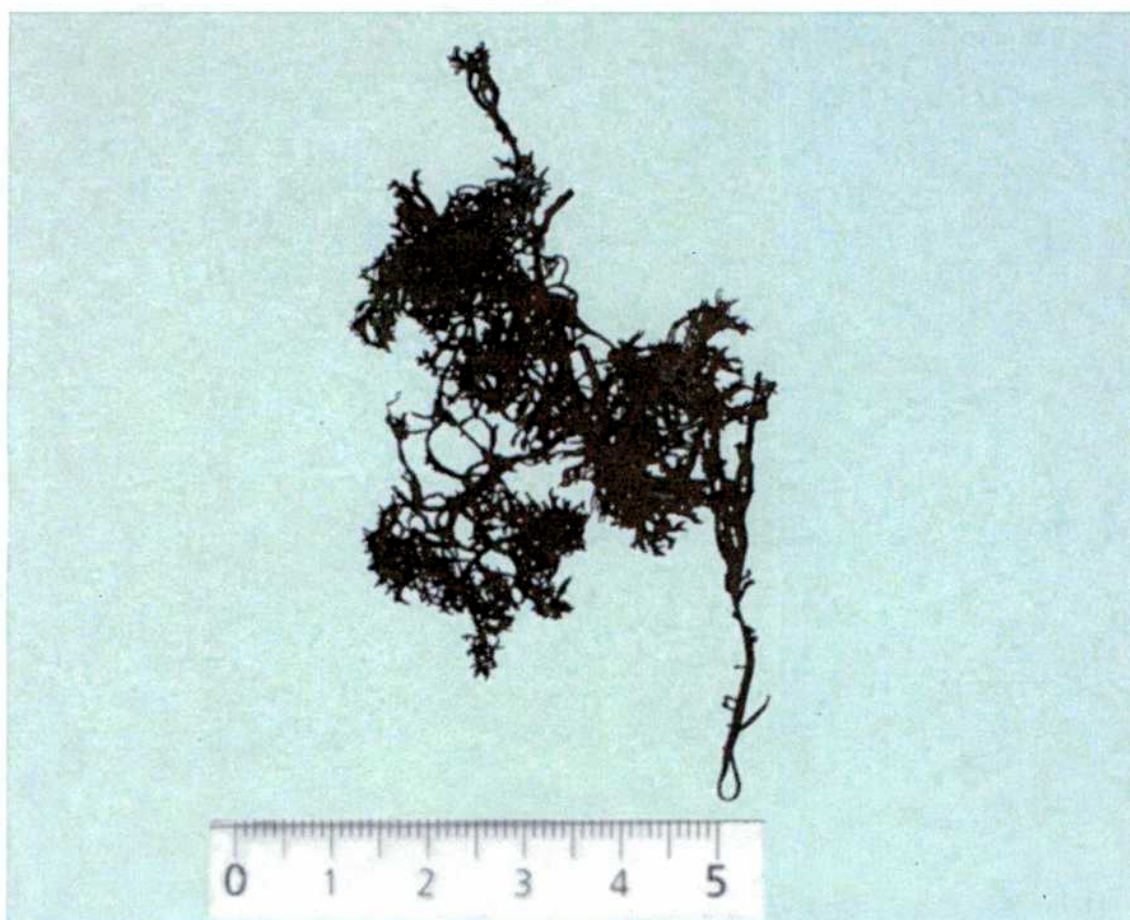
Talos de color pardo rojizo (Fig. 4.23), de hasta 8 cm de alto, cartilaginosos, irregularmente dicotómicos, algo flabelados, segmentos últimos de 1-4 mm de ancho, aplanados, redondeados, truncados o en horquilla en los ápices; Pequeñas proliferaciones marginales frecuentemente presentes. Estructura pseudoparenquimatosa, con células poliédricas en corte transversal, más grandes hacia el centro del talo. Médula de 50-60 μm formada por células redondeadas o angulosas de paredes gruesas. Corteza de 15-20 μm formada por células pequeñas ligeramente alargadas anticlinalmente. Cistocarpios protruyendo sobre las paredes desde lenticulares hasta hemisféricos, aislados, a veces agrupados en lascinias, de hasta 0,5-1,0 mm de diámetro.

Material estudiado: BAc 40519

Referencias: Skottsberg (1953); Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Islas Sandwich del Sur, Islas Shetland del Sur, isla Heard, Península Antártica, Tierra Wilkes, Costa Adélie, Tierra Victoria, Bahía Terranova.





Herb. BA N° 40519

Museo Argentino de Ciencias Naturales

Buenos Aires – Argentina

Gymnogongrus antarcticus Skottsberg 1953

Localidad: Caleta Potter (62° 14'S, 58° 38'O), Isla 25 de Mayo, Shetland del Sur, Antártida

Det. M.L.Quartino- A.Boraso

Leg. M.L.Quartino

Fecha: 20-I-1996

Obs. Peñón 1, creciendo sobre rocas

Figura 4.23: *Gymnogongrus antarcticus*, la escala graduada corresponde a 5 cm.

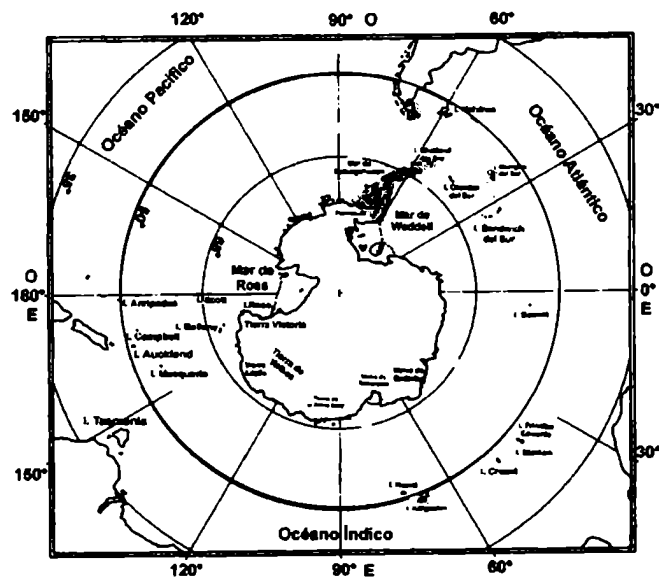
Gymnogongrus turquetii Hariot 1907

Talos cilíndricos (Fig. 4.24), naciendo en grupos numerosos, de hasta 20 cm de longitud, ramas irregulares surgiendo desde la base, lineares a lanceoladas, ápice entero o bifido. La porción basal es plana y atenuada. Con papilas numerosas, dispersas en forma irregular sobre la superficie y en los márgenes de la fronde. Médula de 50-70 μm formada por grandes células incoloras redondeadas disminuyendo de tamaño gradualmente hasta la corteza. Células subcorticales pequeñas (5-8 μm) y una corteza externa de 7-10 μm formada por dos o tres capas de células pigmentadas pequeñas.

Material estudiado: BAc 40520, Bac 40521

Referencias: Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Tierra del Fuego, islas Georgias del Sur, islas Kerguelen, islas Shetland del Sur, Península Antártica.



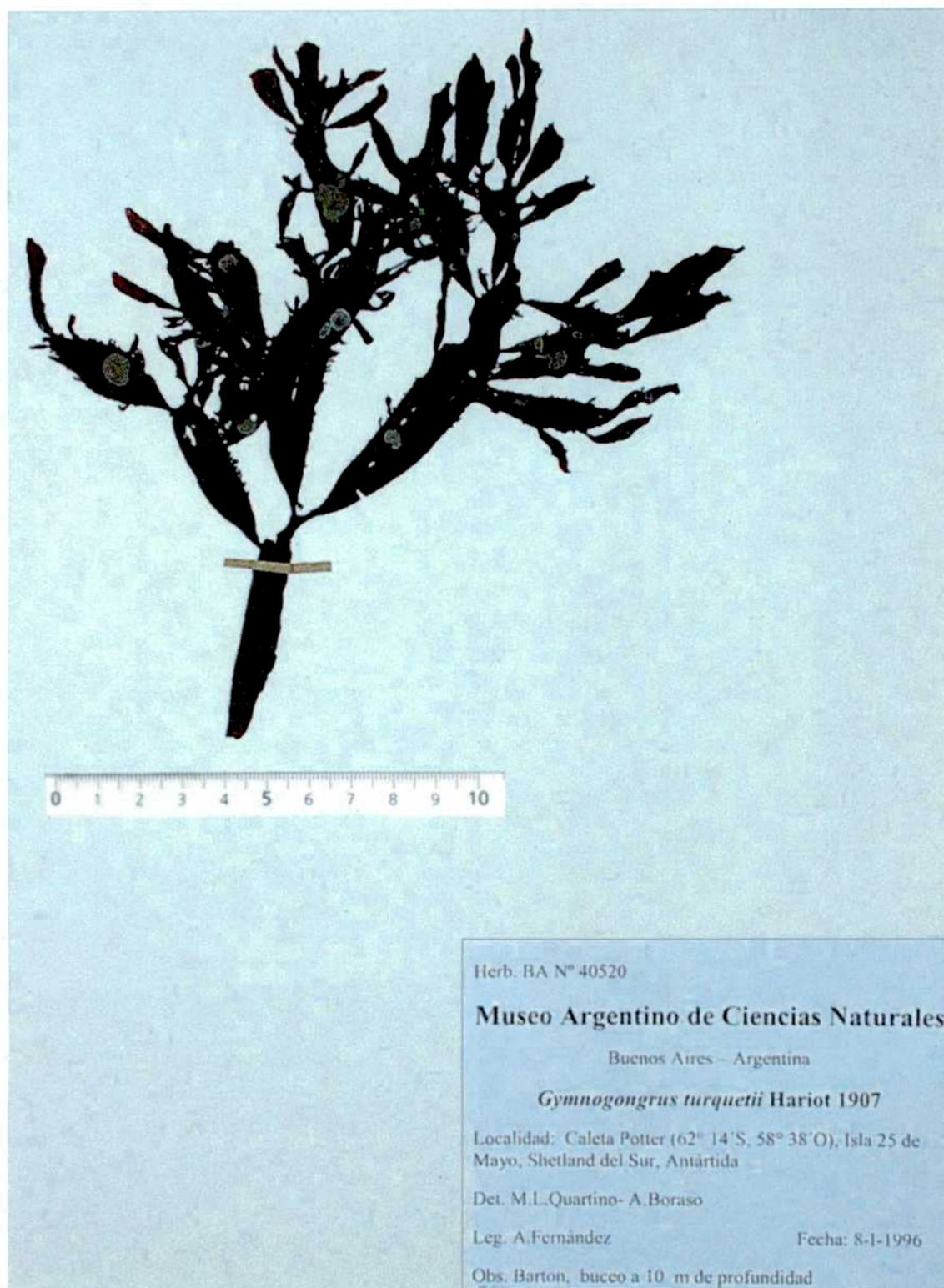


Figura 4.24: *Gymnogongrus turquetii*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

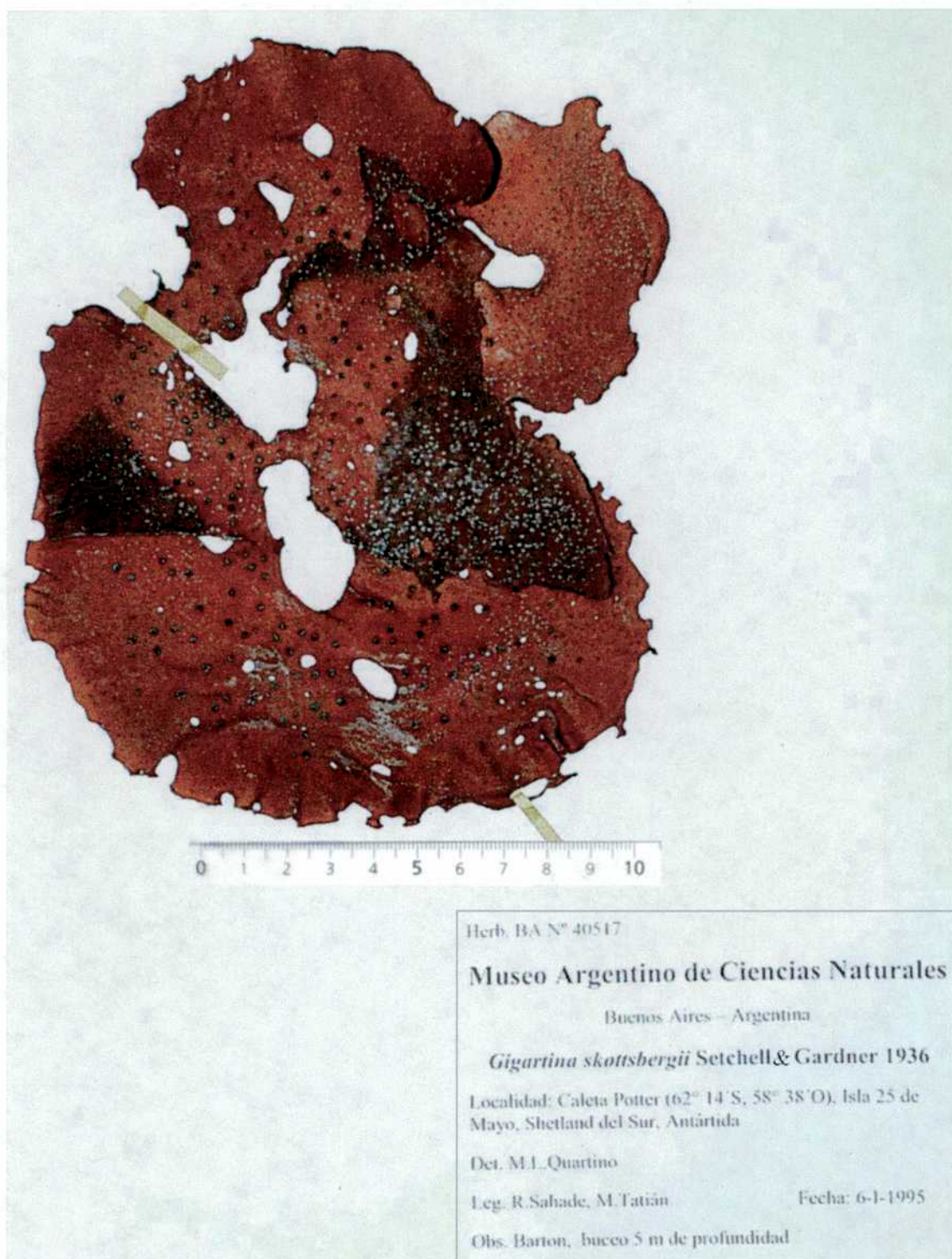


Figura 4.25: *Gigartina skottsbergii*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Iridaea* Bory 1826**

Talos láminares, cordados o en forma de hoja, a veces con estípites cortos, cilíndricos o aplanados o con un disco basal perenne. Algunas especies son iridiscentes bajo el agua. Médula incolora de filamentos entremezclados con mucho espacio intercelular. Corteza de filamentos anticlinales cortos. Cromatóforos parietales sin pirenoides. Tetrasporocistos divididos en forma cruciada en soros, formados a partir de filamentos primarios de la corteza. Espermatocistos en soros extendidos. Cistocarpios inmersos en el talo o algo prominentes, usualmente sin ostíolo bien definido, con tejido conspicuo rodeando al gonimoblasto. Ciclo trigenético con tetrasporofito y gametofitos isomórficos.

***Iridaea cordata* (Turner) Bory 1826**

Talos de color rojo o púrpura oscuro (Fig. 4.26), flexibles, carnosas, iridiscentes, de hasta 30 cm de longitud. Cuando jóvenes pueden ser espatuladas hasta obovadas, orbiculares, reniformes o alargadas. Sin dientes, cilia ni proliferaciones marginales, a veces con callosidades gruesas sellando los bordes de los talos viejos. Estípites fuertes, planos, de hasta 2-3 cm de largo y adheridos al sustrato por un disco de 1-4 mm de diámetro, del cual pueden salir otras láminas pequeñas en forma de clava. Médula de células estrelladas, de hasta 300 μm de grosor y filamentos reticulados incoloros. Corteza pigmentada externa formada por filas anticlinales de 7-8 células pequeñas. Tetrasporocistos cruciados

Material estudiado: BAç 40524, BAç 40525, BAç 40526, BAç 40527

Referencias: Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977); Miller y Pearse (1991); Foltran et al. (1996); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: costa sur de Chile, costa patagónica de Argentina, Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica, Tierra Wilkes, Bahía Terranova.

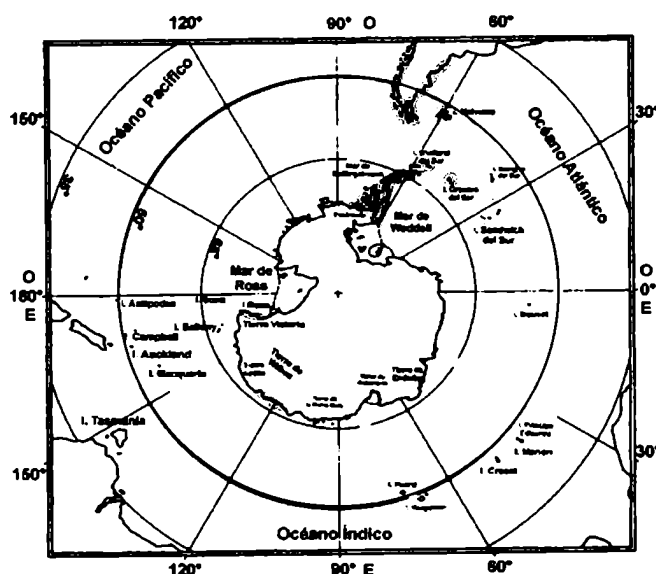




Figura 4.26: *Iridaea cordata*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Orden Plocamiales

Familia Plocamiaceae

***Plocamium* Lamouroux 1813**

Talos erectos a partir de un disco basal o de ramas estoloníferas con pequeños discos de adhesión. Ramas erectas desde comprimidas hasta muy aplanadas. Ramificación simpodial, alterna dística o pectinada en varios órdenes. Estructura pseudoparenquimatosos con ejes uniaxiales. Cada célula de un filamento axial lleva dos filamentos laterales, de los mismos se cortan progresivamente células cada vez más pequeñas hasta formar la corteza compacta. Varios cromatóforos por célula sin pirenoides. Tetrasporocistos zonados, en grupos en râmulas especiales. Espermatocistos cubriendo râmulas de último orden. Ciclo trigenético con tetrasporofitos y gametofitos isomórficos.

***Plocamium cartilagineum* (Linné) Dixon 1967**

Talos de color púrpura o bordó (Fig. 4.27), muy ramificados de hasta 25 cm de alto y 2-3 mm de ancho. Creciendo en mechones y adheridos al sustrato mediante un pequeño disco. La ramificación es simpodial irregular, en los últimos órdenes pectinadas, curvada. Las ramas principales son de 1-2 mm de ancho, sin nervadura. Râmulas pectinadas en series sucesivas, internas y externas, alternadas. Las últimas series sin ramificar, dentadas y curvadas. Eje con un filamento central axial rodeado de tejido pseudoparenquimatoso de células grandes incoloras y otras gradualmente más pequeñas en la periferia. Médula compuesta por células isodiamétricas de paredes delgadas, de 55-130 μm de diámetro. Corteza de tres capas de pequeñas células pigmentadas de 7-15 μm de diámetro.

Material estudiado: BAc 40548, BAc 40549, BAc 40550

Referencias: Kylin (1956); Womersley (1971); Lamb y Zimmerman (1977); Kornmann y Sahling (1977); Etcheverry (1986); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Costa Sur de Chile, costa patagónica argentina, Australia, Nueva Zelanda, Tasmania, isla Juan Fernández, islas Malvinas, islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.

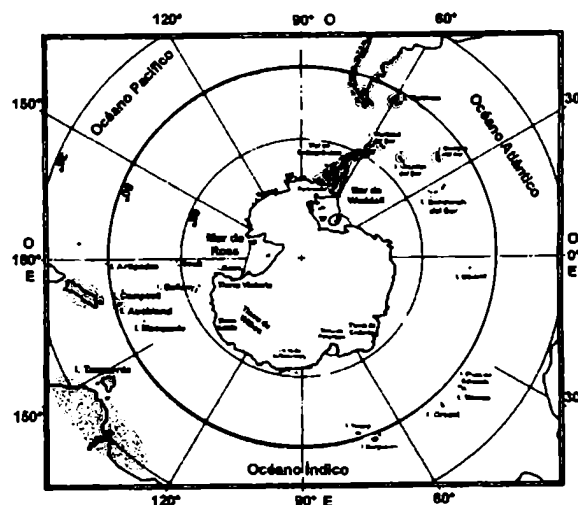




Figura 4.27: *Plocamium cartilagineum*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Orden Cryptonemiales

Familia Kallymeniaceae

***Kallymenia* J. Agardh 1842**

Talo laminar, expandido, usualmente lobado. Corteza de 3 ó 4 estratos celulares. Filamentos medulares dirigidos periclinalmente, con células estrelladas grandes de contenido muy refractario. Un cromatóforo parietal por célula. Tetrasporocitos divididos en forma cruciada. Espermatocistos superficiales, dispersos por todo el talo. Carposporocistos en grupos desarrollados a partir de un gran gonimoblasto, mezclado con filamentos estériles, la mayoría de las células del gonimoblasto desarrollándose en carposporocistos. Ciclo trigenético con tetrasporofitos y gametofitos isomórficos.

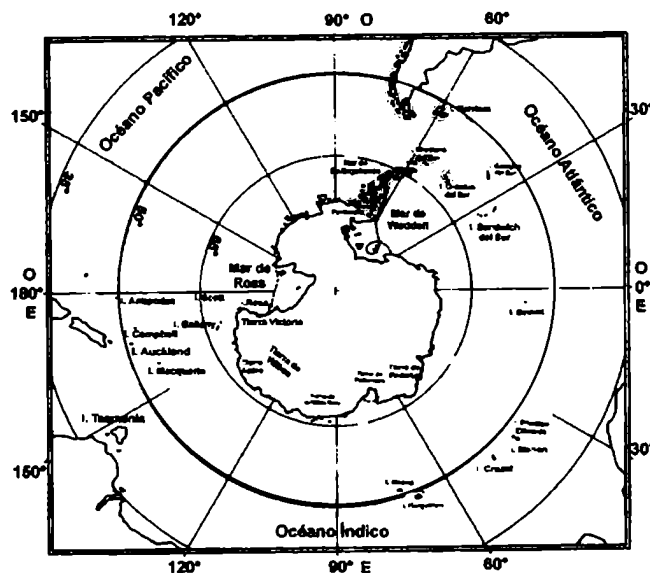
***Kallymenia antarctica* Hariot 1907**

Talo de color marrón rojizo (Fig. 4.28), mediano, dicotómico, folioso, de consistencia carnosa o coriácea, de hasta 20 cm de longitud. Sin nervaduras ni venas y con los ápices en forma de lengua o de bordes redondeados. Crecimiento por meristemas apicales o laterales. Médula con filamentos ramificados incoloros de 10-20 μm . Corteza formada por varias capas de células pigmentadas de 50-70 μm de ancho, células subcorticales incoloras, isodiamétricas de 20-55 μm de diámetro. Tetrasporocistos cruciados, en toda la superficie, sobre la corteza externa, cistocarpios inmersos pero protruyendo sobre una de las superficies, ostiolados en el ápice.

Material estudiado: BAc 40528, BAc 40529, BAc 40529

Referencias: Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977); Etcheverry (1986); Boraso de Zaixso (1993); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Chile, Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



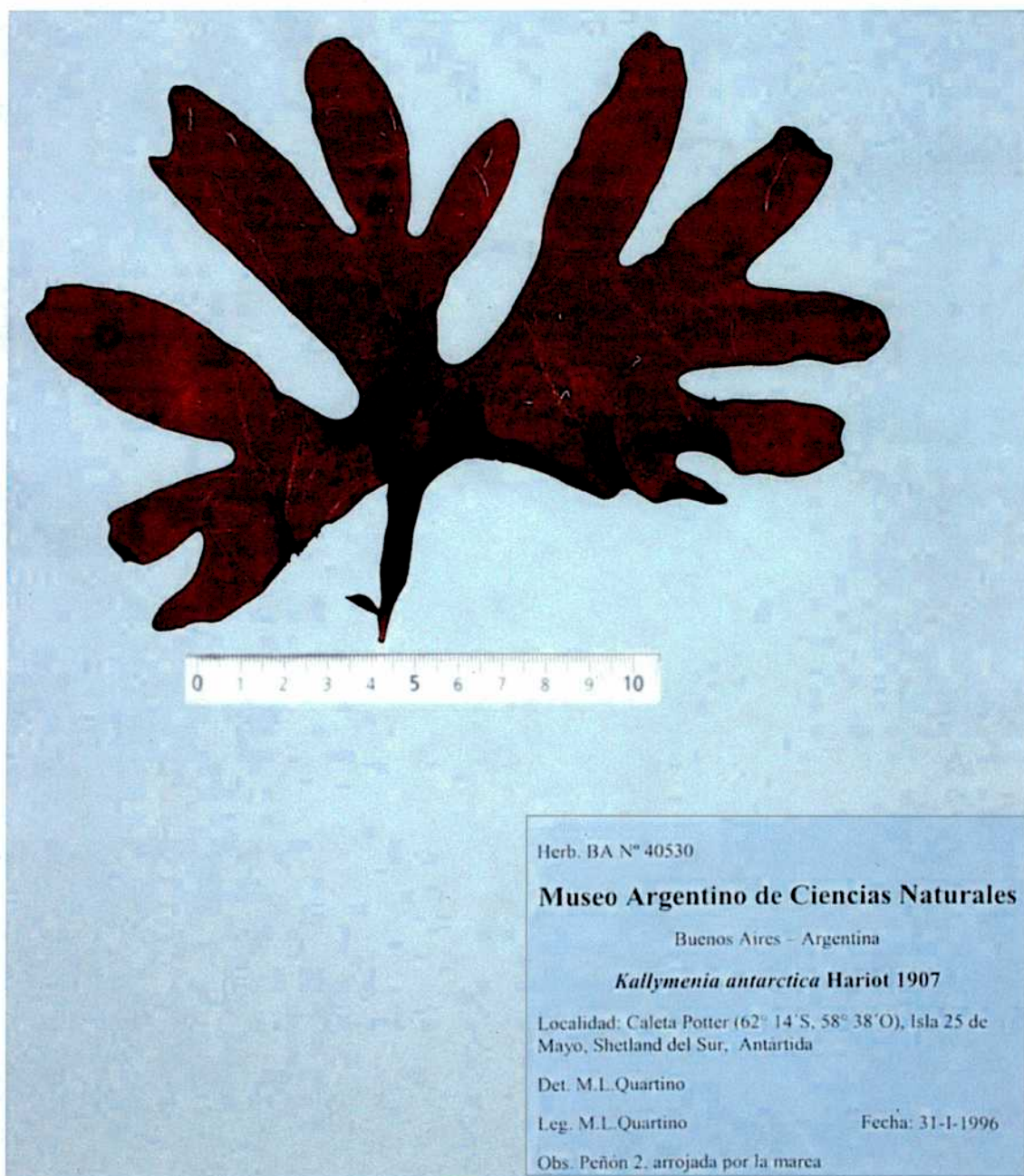


Figura 4.28: *Kallymenia antarctica*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Callophyllis* Kützing 1843**

Talos laminares, muy divididos en forma dicotómica o palmada, sin engrosamientos ni venas, de color rosados o rojos. Márgenes lisos hasta dentados o lancinados. Médula pseudoparenquimatosa, de células grandes mezcladas con filamentos ramificados. Corteza de dos a cinco estratos progresivamente más pequeños hacia el exterior. Cromatoforos discoides, parietales, sin pirenoide. Tetrasporocistos repartidos sobre la superficie de la fronde, producidos por las células de la corteza interna, divididos en forma cruciada. Espermatocistos en parches superficiales, formados a partir de las células más externas de la corteza. Talos procárpico, policarpogoniales o monocarpogoniales, con la célula soporte funcionando como auxiliar. El gonimoblasto se desarrolla hacia adentro, rodeado de tejido estéril, masas de carposporocistos separadas entre sí por filamentos estériles. Cistocarpio protruyendo unilateralmente con uno ovarios ostíolos. Especies trigenéticas, isomórficas. Gametofitos dioicos.

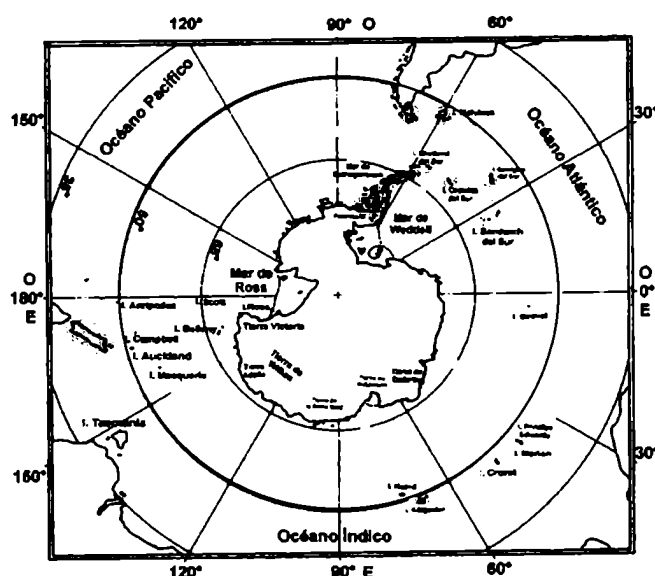
Callophyllis atosanguinea (Hooker f. & Harvey) Hariot 1887.

Talos de color rojo oscuro (Fig. 4.29) de hasta 20 cm de longitud, divididos en forma dicotómica o palmada y adheridos al sustrato por un pequeño estípite. Márgenes de las láminas dentados. Médula pseudoparenquimatosa, de grandes células ovoideas (25-35 μm de longitud y 15-20 μm de ancho) mezcladas con filamentos rizoidales. Corteza de dos a tres estratos celulares. Tetrasporocistos cruciados. Los cistocarpios se forman dentro de la médula. Espermatangios desconocidos.

Material estudiado: Bac 40510, BAc 40511

Referencias: Kylin (1956); Kylin y Skottsberg (1919); Etcheverry (1986); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Kerguelen, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica, Nueva Zelanda.



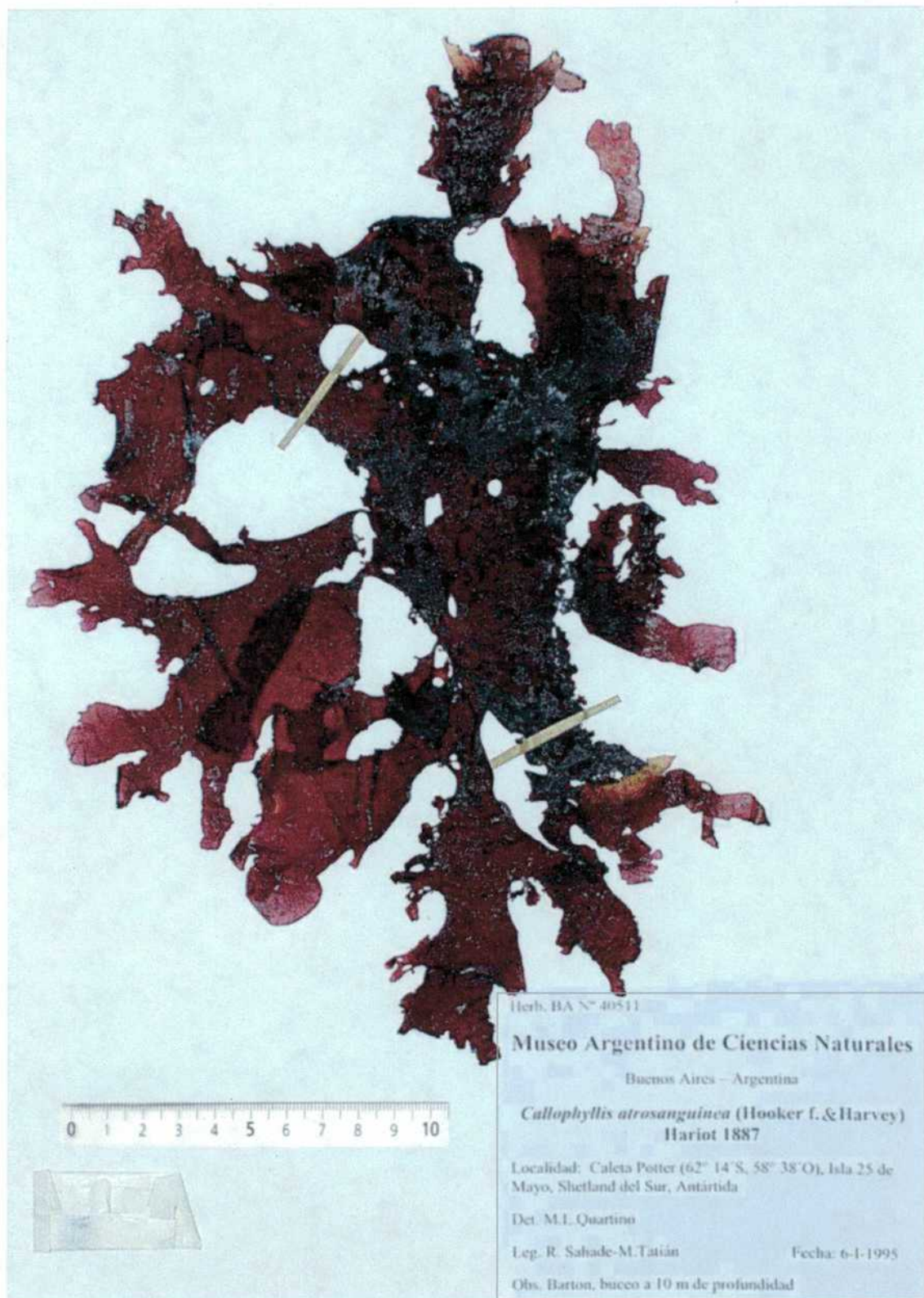


Figura 4.29: *Callophyllis atosanguinea*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

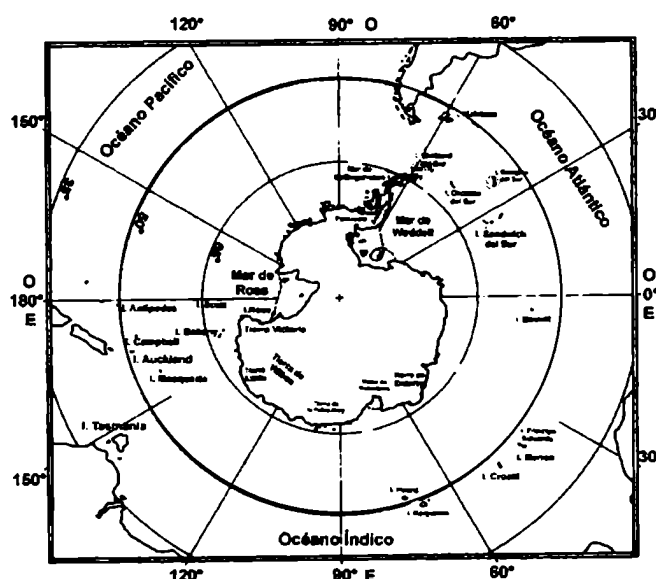
Género monoespecífico.

Talos foliosos (Fig. 4.30), estipitados, a veces ligeramente ramificados, de color claro y de hasta 5 cm de longitud, con un estipite corto entero. La base se fija al sustrato mediante un hapterio. Las frondes son algo carnosas, flabeladas, simples, enteras hasta incisas, con márgenes ondulados cuya forma se asemeja a la de *Phyllophora biloba*. La médula compuesta por células grandes redondeadas y rodeadas por filamentos celulares. La corteza consiste en varias capas de células que disminuyen en tamaño hacia la superficie. Cistocarpios inmersos, dispersos en la mitad interna de la fronde. Tetrasporophyto desconocido.

Referencias: Kylin (1956); Kylin y Skottsberg (1919); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur (* primera cita en Caleta Potter), Tierra de Graham.

Observaciones: se amplía la distribución geográfica en la Antártida



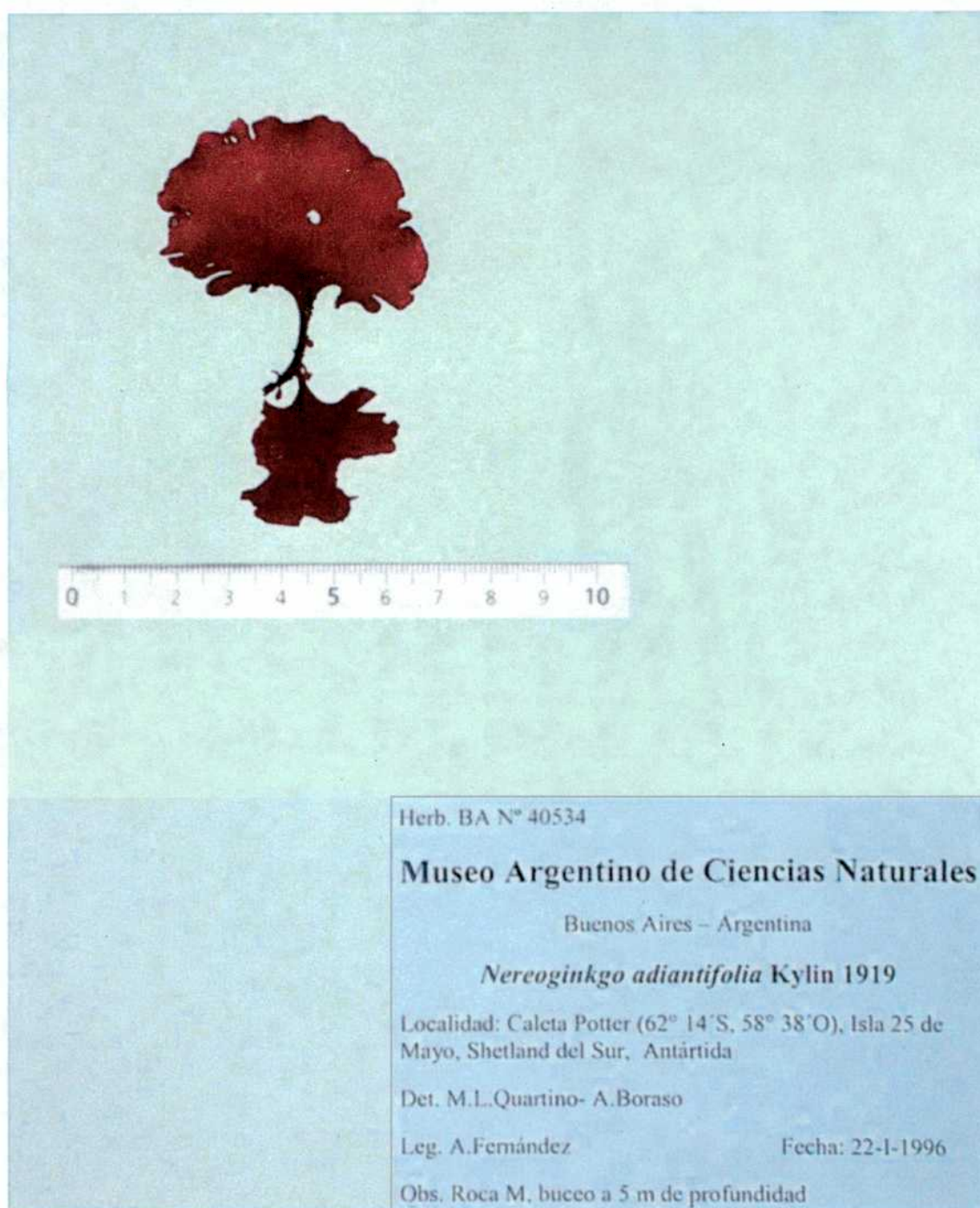


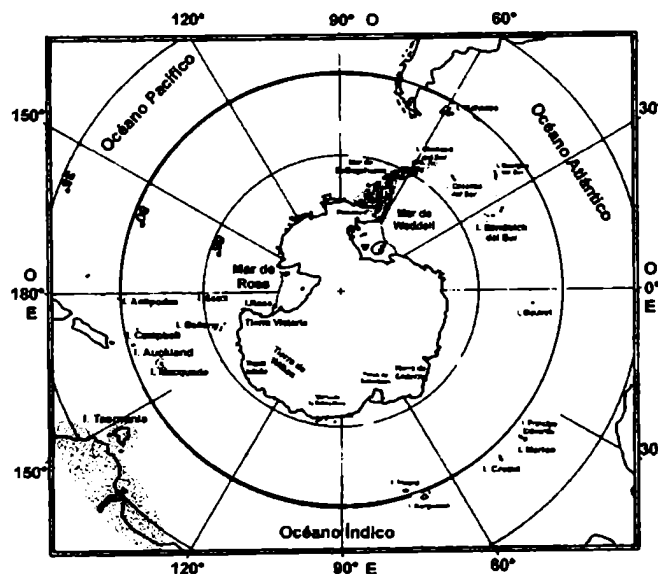
Figura 4.30: *Nereoginkgo adiantifolia*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Pachymenia J. Agardh 1876

***Pachymenia orbicularis* (Zanardini) Setchell & Gardner 1934**

Material estudiado: BAc 40537

Distribución en el hemisferio sur: islas Macquarie, Islas Shetland del Sur, Península Antártica, Australia, Tasmania.



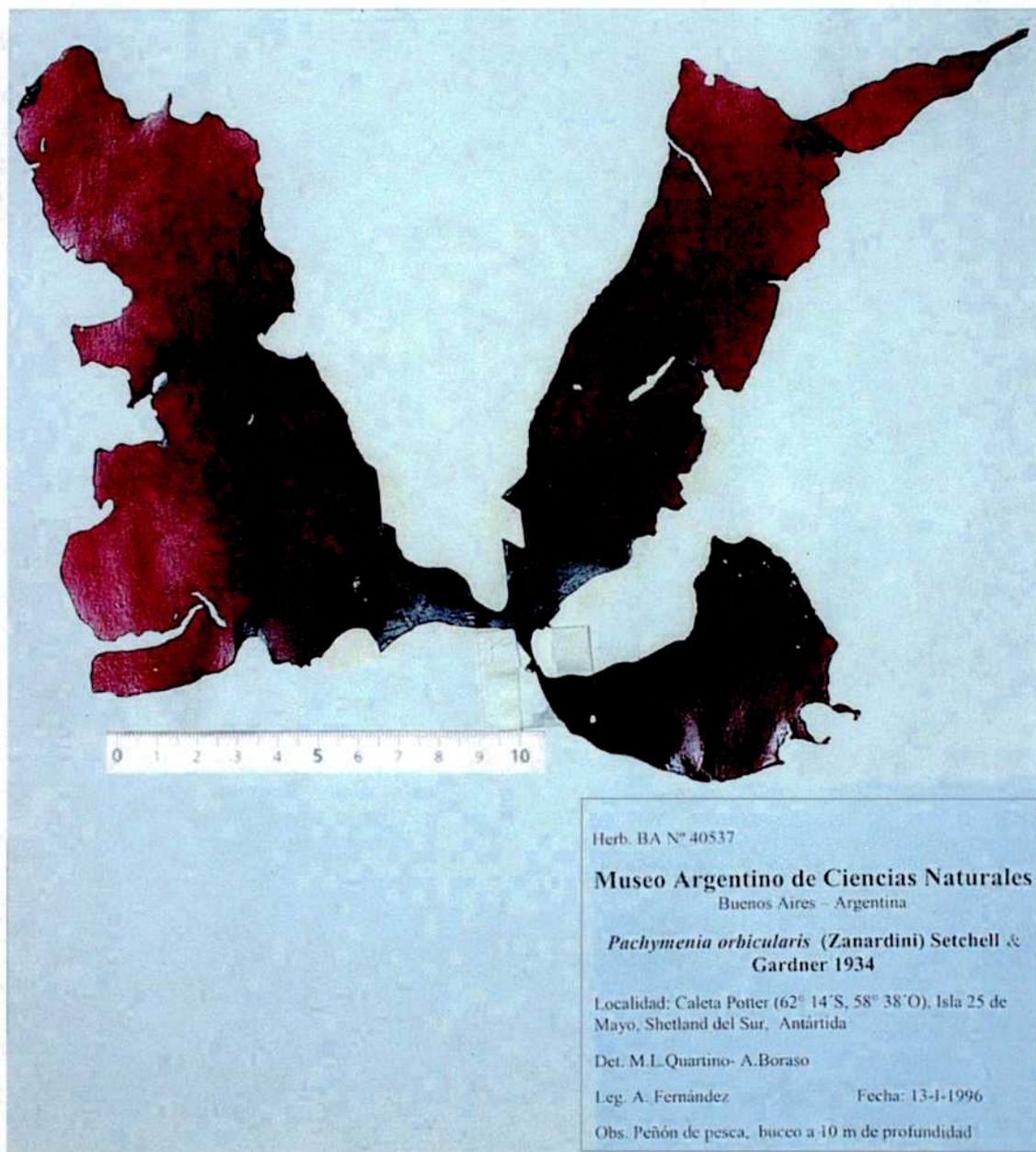


Figura 4.31: *Pachymenia orbicularis*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

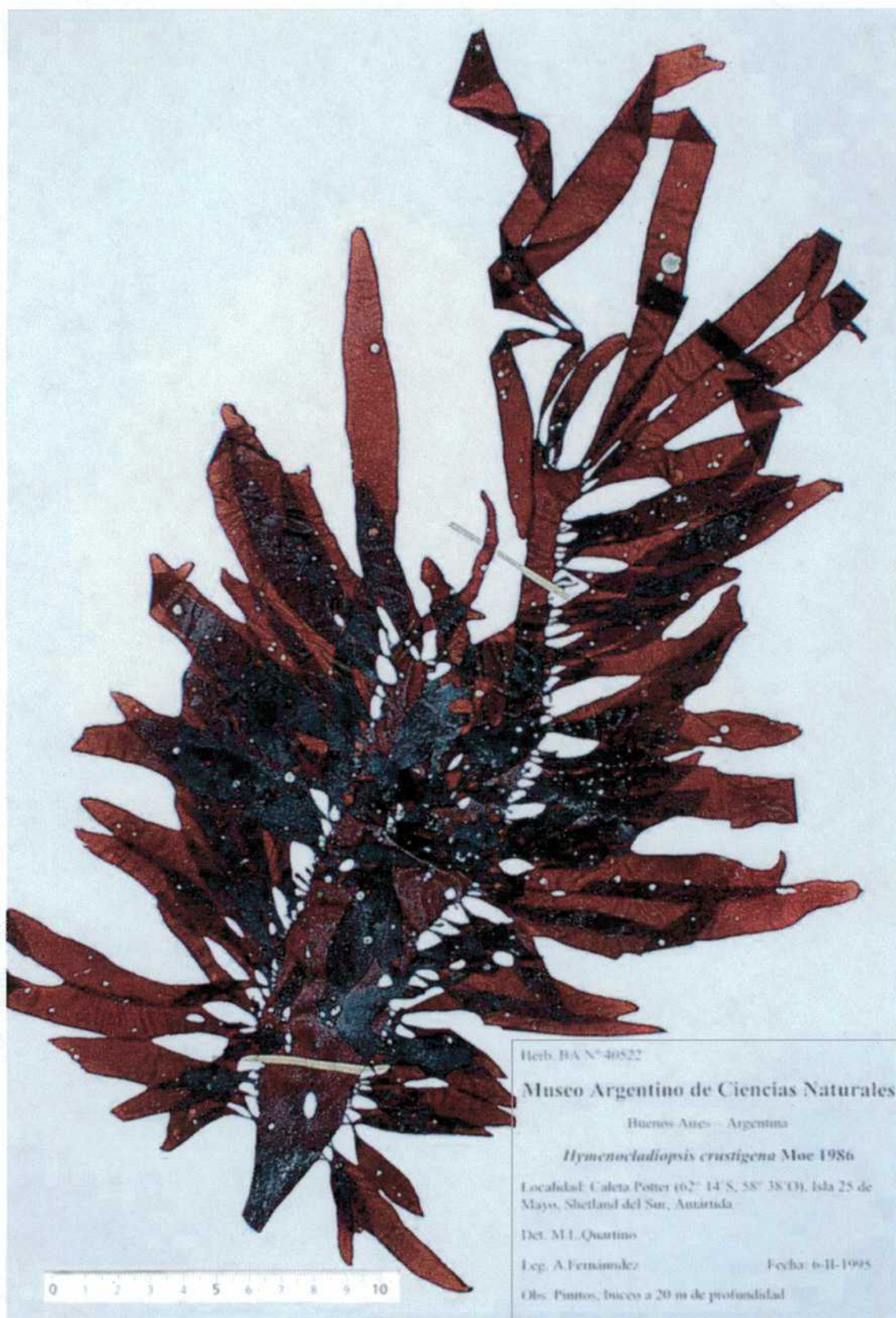
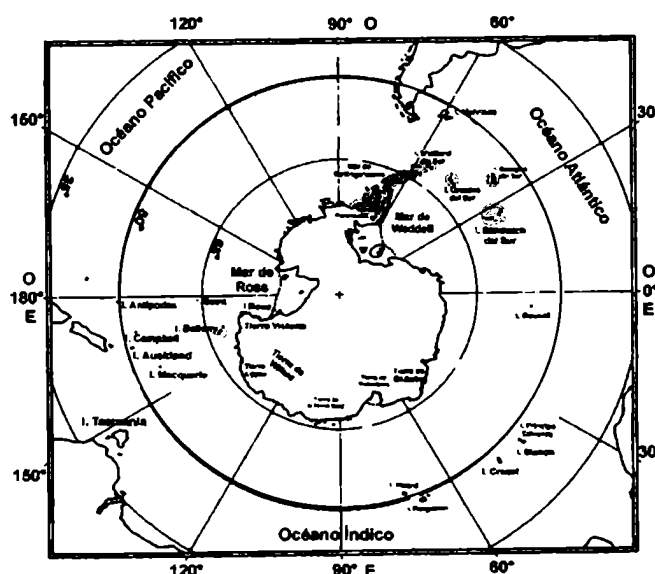


Figura 4.32: *Hymenocladopsis crustigena*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Georgiella confluens* (Reinsch) Kylin 1956**

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shandwich, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica, isla Balleny.



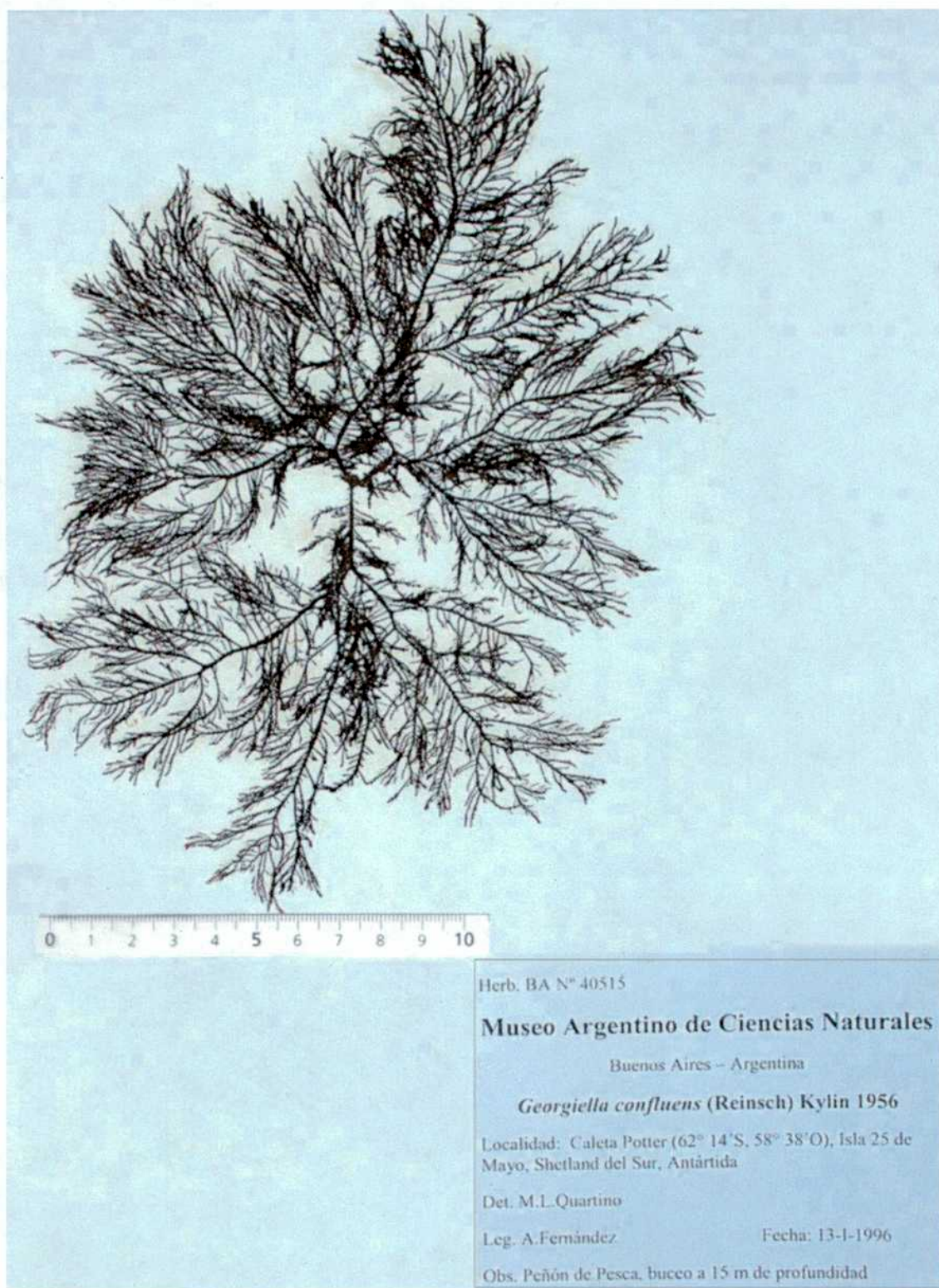


Figura 4.33: *Georgiella confluens*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Familia Delesseriaceae

***Delesseria* Lamouroux 1813**

Talo monostromático de fronde lanceolada o ramificada, con una nervadura central de la que nacen hojitas. Las nervaduras muestran en sección transversal una médula de células grandes entremezcladas con rizoides provenientes de las células corticales y una zona cortical de células más pequeñas. Los ápices con una nítida célula apical primaria; el crecimiento intercalar se observa solo a partir de células de las hileras de segundo orden. Células apicales de tercer orden sin llegar hasta el borde del talo. Cromatóforos discoides. Procarpios sobre la nervadura central. Carposporas originadas de la mayor parte de las células del gonimoblasto. Tetrasporocistos tetraédricos y espermatocitos en soros. Ciclo trigenético, isomórfico y gametofito dioicos.

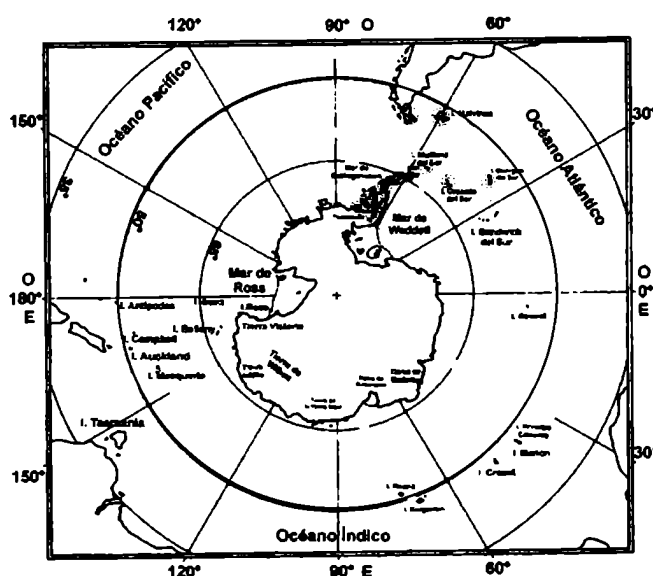
***Delesseria lancifolia* (Hooker f.) Agardh 1872**

Talos foliosos (Fig. 4.34), alargados, delicados, de color rosado, de hasta 30 cm de largo, con nervadura media y algunos nervaduras laterales opuestas. Ocasionalmente con ramificaciones desde la nervadura central. Fronde monostromática, excepto en la nervadura central y las venas, las que están constituidas por una corteza de 20-25 μm de ancho formada por células pequeñas y una médula de células grandes isodiamétricas (40-60 μm). Cistocarpios globosos, sésiles sobre hojuelas sobre las nervaduras. Tetrasporocistos tetraédricos en soros a lo largo de la nervadura central o en hojuelas sobre la misma.

Material estudiado: BAc 40513, BAc 40514

Referencias: Skottsberg (1923); Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977); Ricker (1987)

Distribución en el hemisferio sur: Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Macquarie, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



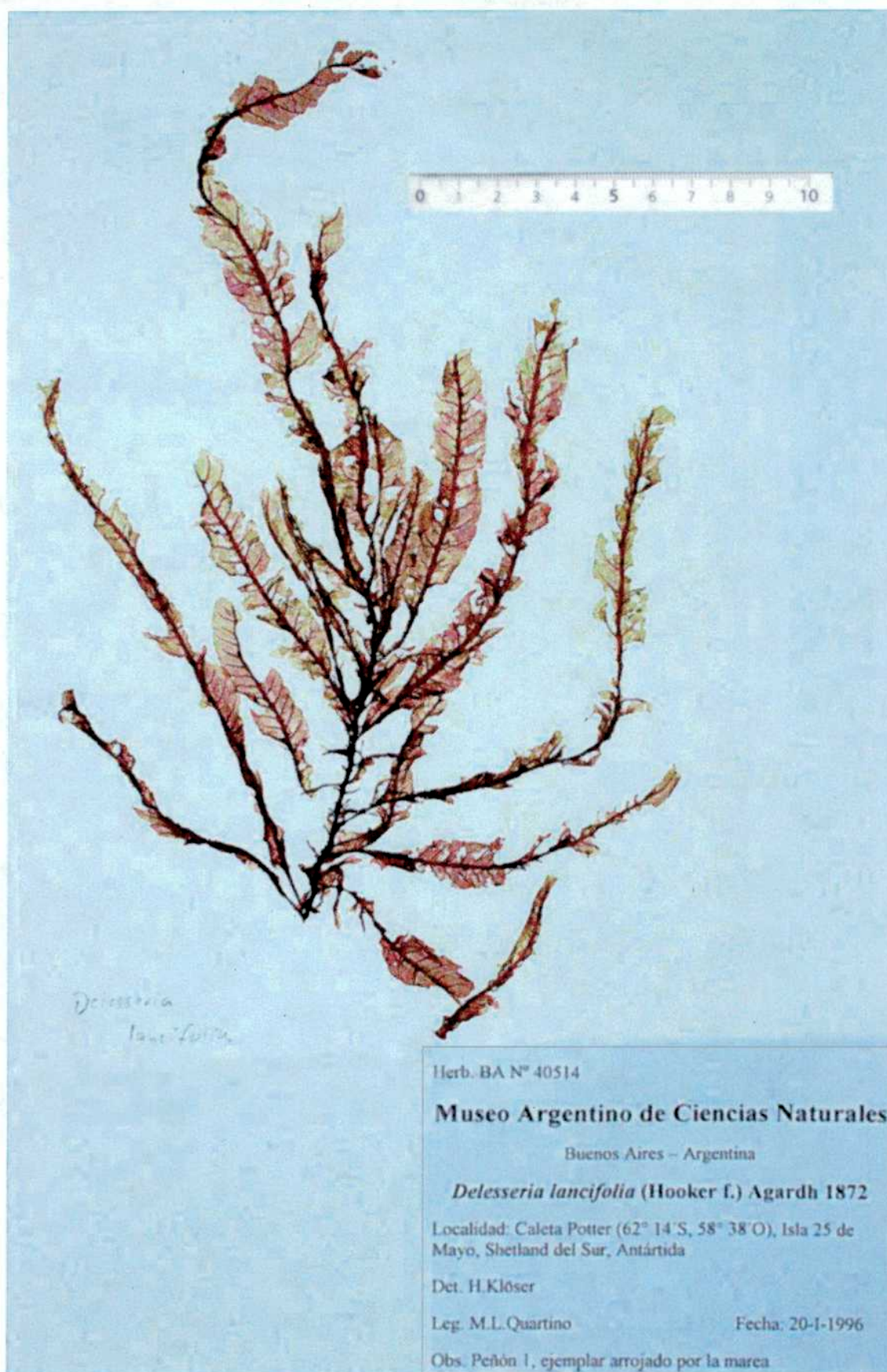


Figura 4.34: *Delesseria lancifolia*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Myriogramme Kylin 1924

Talo monostromático en el borde, polistromático hacia el centro, de color rosa, rojo o violáceo, con estípites cortos. Frondes expandidas con bordes enteros o lobulados. Crecimiento a partir de células que se dividen oblicuamente. Con una nervadura ramificada hacia la base. Cromatóforos discoides. Tetrasporocistos en soros, distribuidos irregularmente sobre ambas superficies de la fronde. Ramas carpogoniales sobre toda la fronde. Cistocarpios globosos con un poro apical. Tejido del carposporofito totalmente transformado en esporas. Ciclo trigenético isomórfico, con gametofitos dioicos.

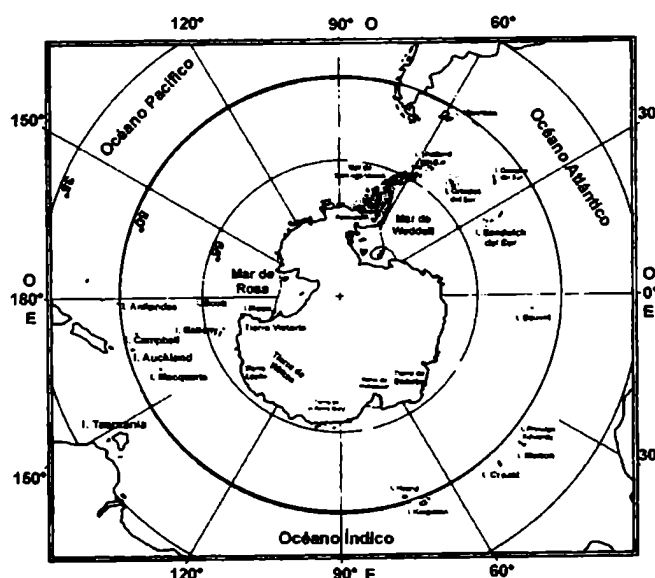
***Myriogramme mangini* (Gain) Skottsberg 1953**

Talos de color rosa o púrpura (Fig. 4.35), de hasta 30 cm de longitud. Estípites saliendo de un pequeño disco basal, duro y oscuro, irregularmente ramificado. Frondes flabeladas hasta irregularmente laceradas. Fronde formada por células incoloras de 70 μm de diámetro. Nervadura central continuando al estipite, dico o tricotómicamente ramificada en venas menores que se vuelven evanescentes antes de alcanzar el margen de la fronde. Las láminas entre las venas mayormente con dos capas corticales y una o más capas medulares. Las células corticales pequeñas y pigmentadas. Cistocarpios y soros tetrasporangiales dispersos sobre la lámina. Cistocarpios inflados, ostiolados con carposporas en cadena. Tetrasporocistos divididos tetrahédricamente.

Material estudiado: BAc 40531, Bac 40532

Referencias: Lamb y Zimmerman (1977); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: Islas Shetland del Sur, Islas Orcadas del Sur, Península Antártica.



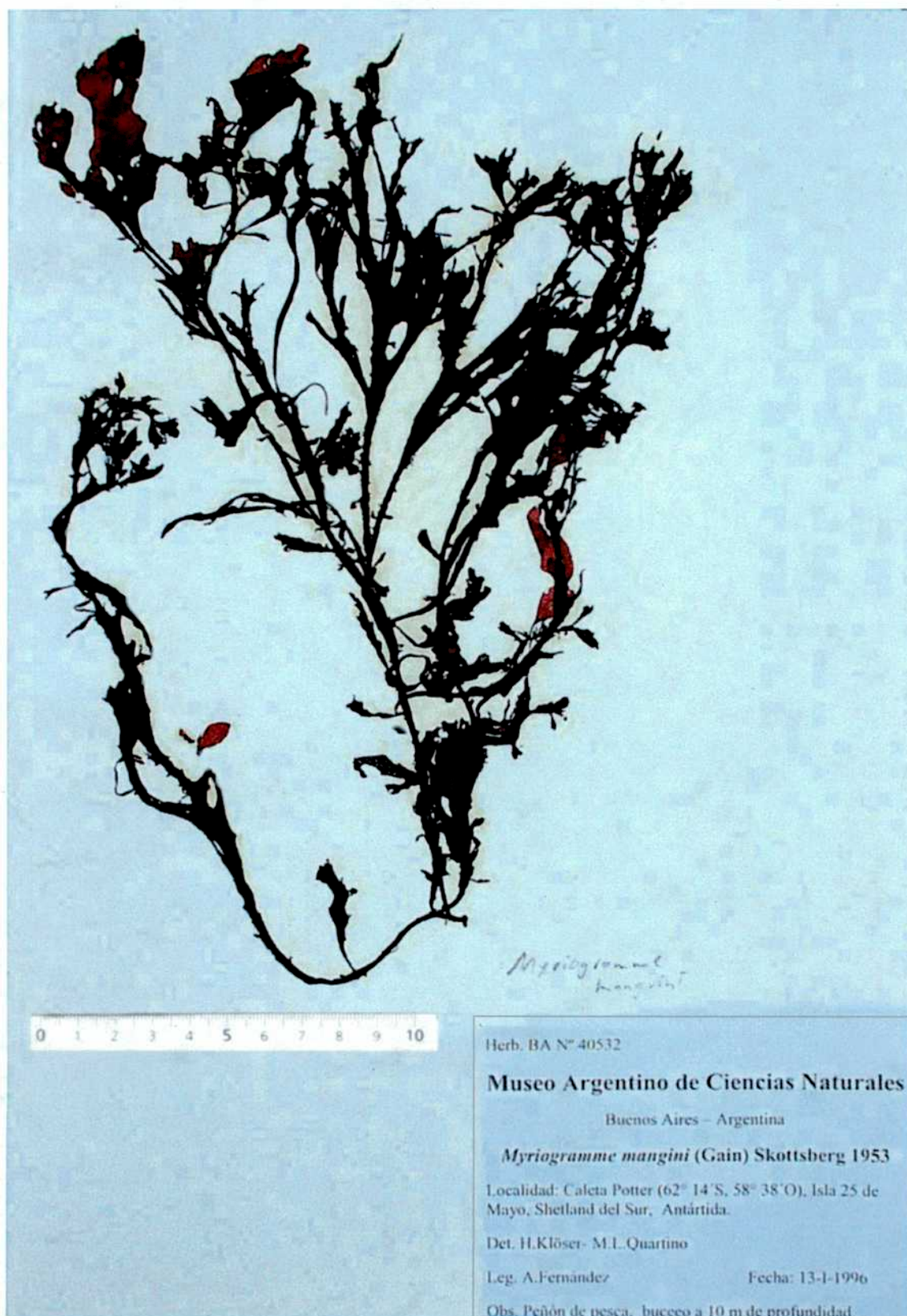


Figura 4.35: *Myriogramme mangini*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

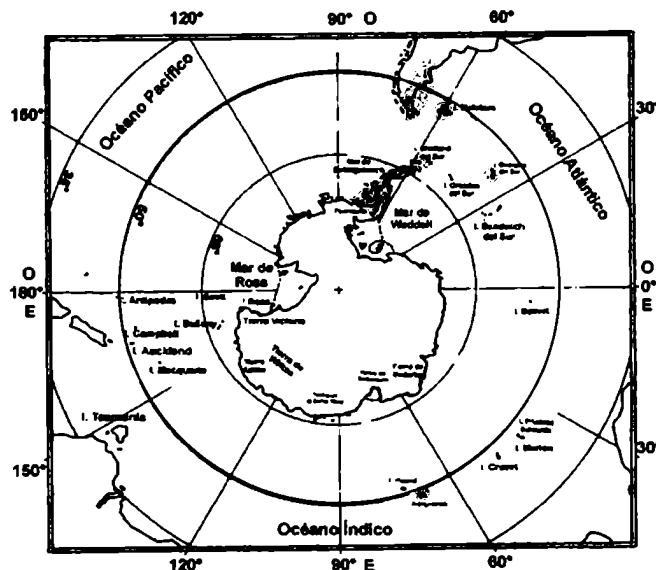
***Myriogramme smithii* (Hooker f. & Harvey) Kylin 1924**

Talos de color rojo claro (Fig. 4.36) de hasta 25 cm de longitud, formados por varios lóbulos divididos a su vez en lóbulos menores, cuneados a flabeliformes, de ápices normalmente redondeados. Láminas monostromáticas excepto en las venas. Estípites con o sin ramificaciones. Fronde formada por células grandes de 70-80 μm de longitud, dispuestas en una sola capa en la zona marginal y por varias células de tamaño similar en las regiones medias y basales. Nervaduras ramificadas subdicotómicamente que desaparecen antes de alcanzar el margen de la fronde. Cistocarpios ostiolados y soros diminutos de tetrasporocistos dispersos por la superficie del talo.

Material estudiado: BAc 40533

Referencias: Kylin (1956); Mendoza (1969); Lamb y Zimmerman (1977); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: costa patagónica argentina, Estrecho de Magallanes, Tierra del Fuego, islas Malvinas, islas Georgias del Sur, islas Kerguelen, islas Shetland del Sur. Península Antártica.



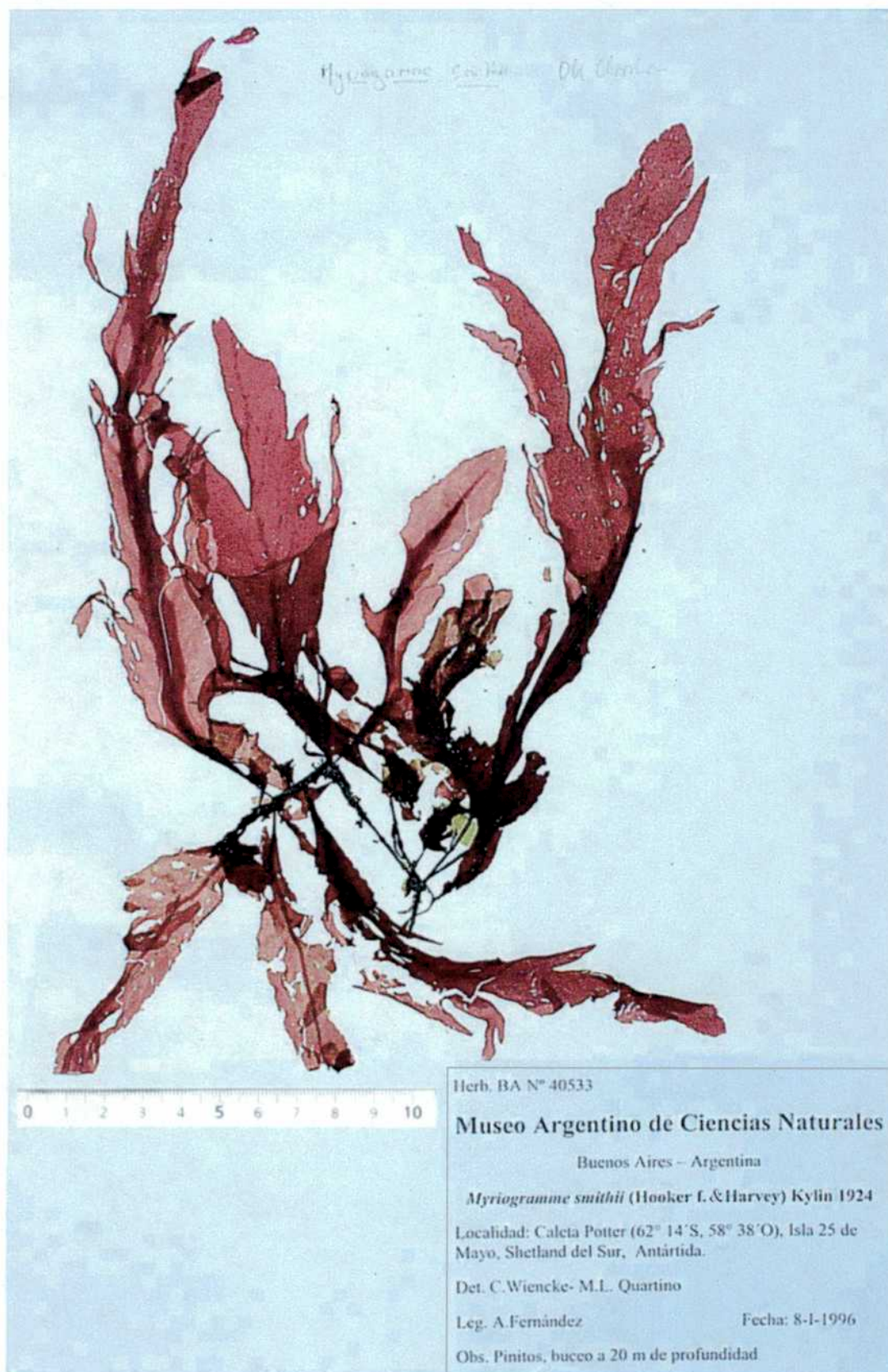


Figura 4.36: *Myriogramme smithii*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Neuroglossum* Kützing 1843**

Talos planos, subfoliosos, con pocas venas. Casi con una costilla, nervios laterales poco visibles, células internas alargadas. Cromatóforos discoides. Cistocarpio inmerso en la fronde, deprimido dentro del pericarpio de células radiales, ostíolo abierto, con un núcleo de carposporas, gonimoblastos emergiendo de la placenta basal formando filas de carposporas terminales obovadas. Placenta basal expandida, arriba con una fila de carposporas. Soros en hojitas ubicadas en la fronde. Ciclo trigenético, isomórfico.

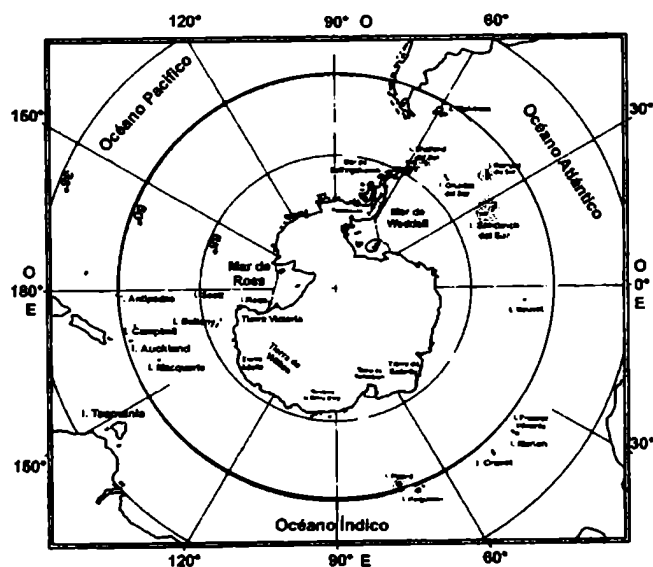
Neuroglossum ligulatum (Reinsch) Skottsberg 1919

Talos de color púrpura oscuro (Fig. 4.37), robustos, coriáceos, cartilaginosos, de hasta 20 cm de longitud, foliosos, lobados, ocasionalmente furcados. Nervadura central presente, sin venas laterales. Las láminas laterales producidas principalmente sobre las nervaduras y sobre los estípites de viejas frondes, solas o en grupos, raramente también como crecimiento marginal. Frondes adheridas por hapterios que forman un grampón. Lámina entre las venas principalmente compuestas por tres estratos celulares, dos de células corticales y una o más de estratos medulares. Las células medulares del estípite decreciendo en tamaño desde el centro hasta la periferia, con corteza delgada, consistentes en filas anticlinales de pequeñas células. Cistocarpios dispersos al azar sobre la superficie de la lámina.

Material estudiado: BAc 40535

Referencias: Skottsberg (1923); Wynne (1982); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Sandwich del Sur, islas Shetland del Sur, Isla Heard.



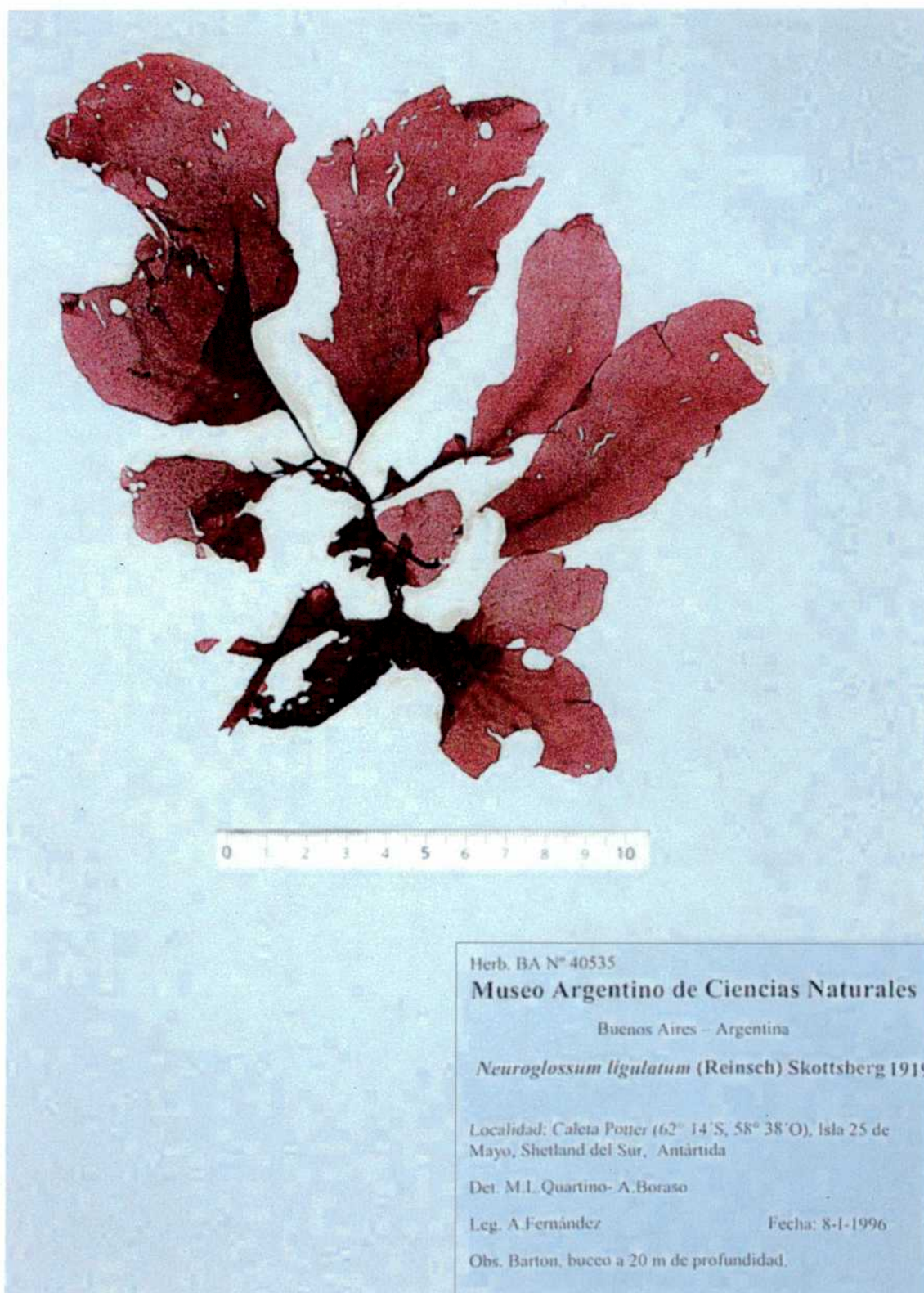


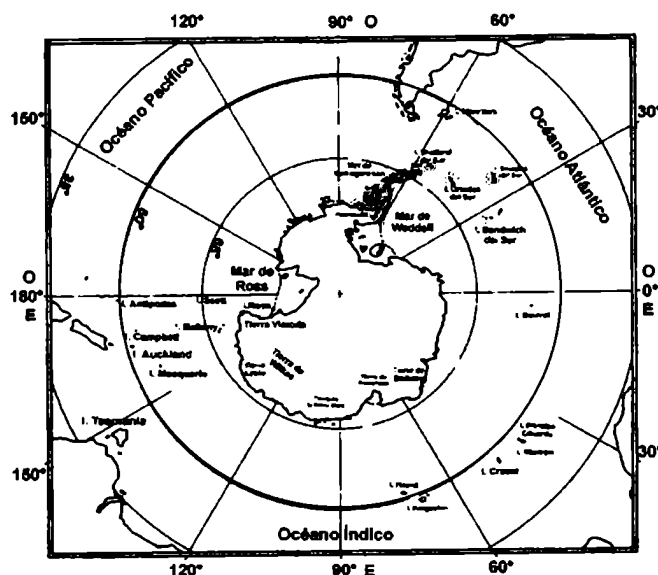
Figura 4.37: *Neuroglossum ligulatum*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

Género monoespecífico.

Talos filamentosos (Fig. 4.38) de color marrón rojizo, delicados, de hasta 20 cm de longitud, muy ramificados. Ramas lineares a filiformes, desde cilíndricas a comprimidas en sección, sin márgenes membranosas. Adheridos al sustrato por un háptero discoide de 2-5 mm de diámetro. Crecimiento por una célula apical. Ramificación en un plano, simpodial, desde irregular a subdicotómica hasta unilateral, abaxial y pectinada. Corteza externa pigmentada de células isodiamétricas pequeñas de 12-18 μm . Médula compuesta por células redondas e incoloras, grandes (90-120 μm) y pequeñas (30-50 μm). Cromatóforos discoides. Eje central visible solo en ramas de los últimos órdenes. Cistocarpios salientes en râmulas terminales, con un ostiolo mostrado lateral. Tetrasporocistos tetraédricos, inmersos en el talo, ubicados subterminalmente en las râmulas de último orden. Ciclo trigenético, isomórfico.

Referencias: Kylin y Skottsberg (1919); Kylin (1956); Lamb y Zimmerman (1977); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Shetland del Sur, islas Orcadas del Sur, Península Antártica



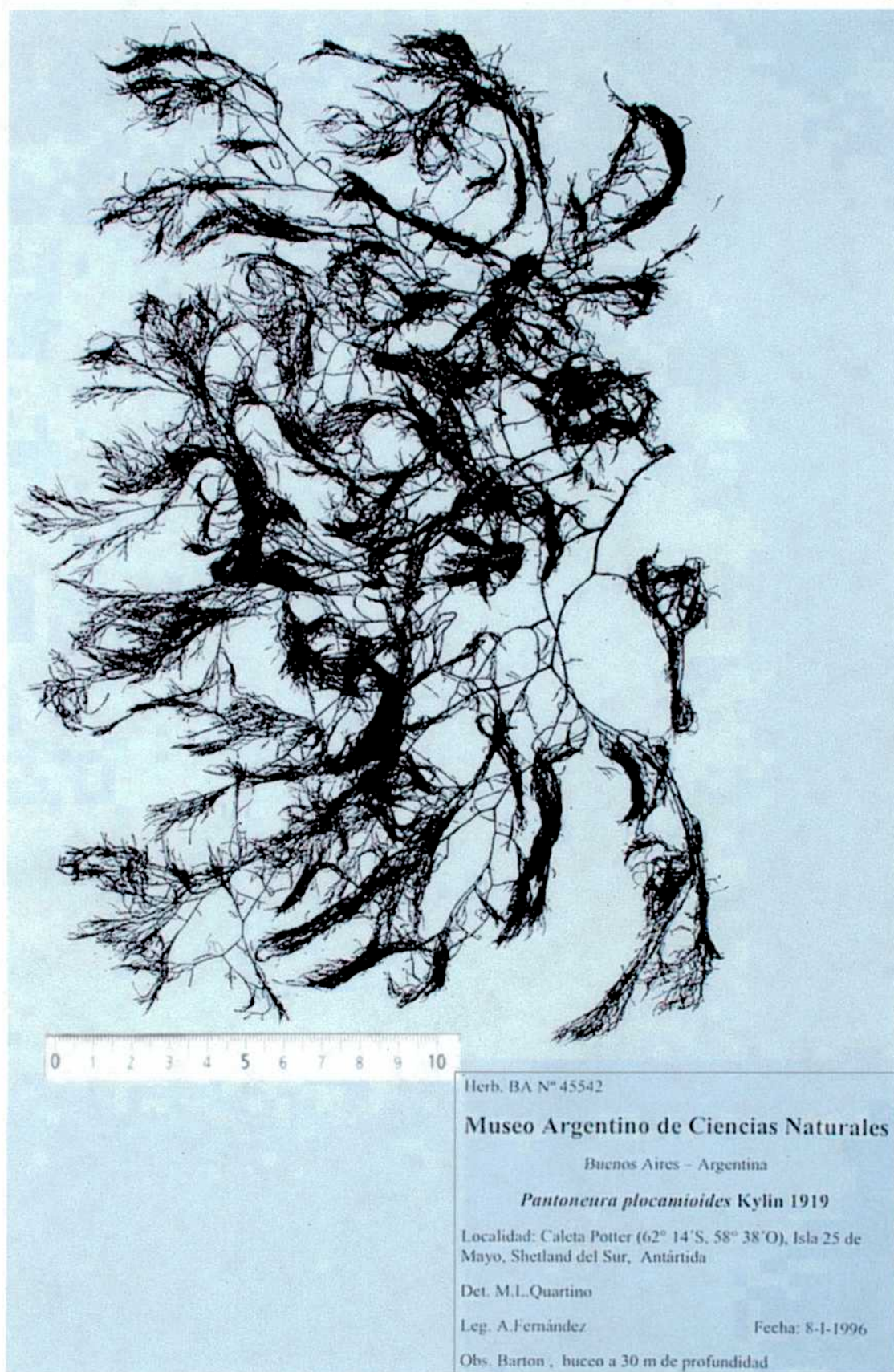


Figura 4.38: *Pantoneura plocamioides*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

***Phycodrys* Kützing 1843**

Talo monostromático excepto en las nervaduras. Posee nervadura central y venas laterales. Cromatóforos discoides. Tetrasporocistos usualmente sobre la superficie de la fronde primaria o extendiéndose a los segmentos marginales o procesos ciliares. Ciclo trigenético, isomórfico, gametofito dioico.

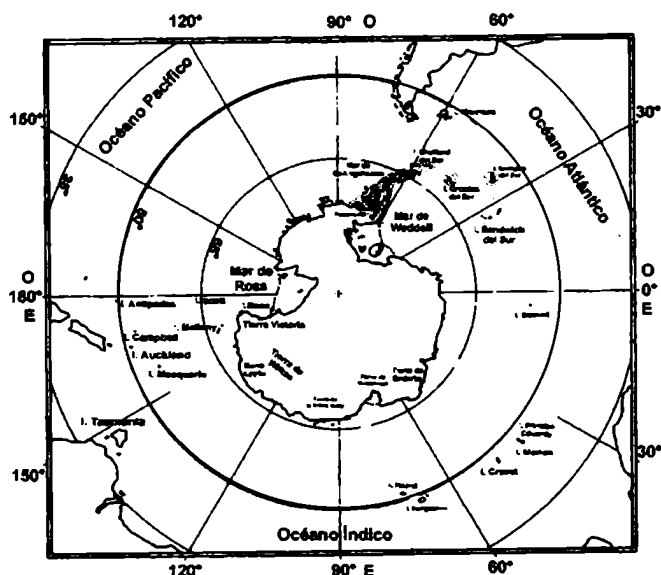
***Phycodrys austrogeorgica* Skottsberg 1923**

Talos monostromáticos de color rosa (Fig. 4.39), lanceolados de hasta 20 cm de longitud, con nervaduras conspicuas. Margen regularmente dentado, algo inciso y lobado. Con numerosas pinas ahusadas de diferentes tamaños sobre las nervaduras comunes y bordes de los ejes denudados. Médula incolora y corteza multiestratificada. Cromatóforos discoides. Cistocarpios hemisféricos en foliolos dispersos sobre la lámina, entre las nervaduras. Soros de tetrasporocistos sobre hojuelas filiformes, subcilíndricas de solo 1-2 mm de largo, sobre dientes marginales o sobre la nervadura central.

Material estudiado: BAc 40543, BAc 40544

Referencias: Skottsberg (1923); Wynne (1982); Wiencke y Clayton (2002).

Distribución en el hemisferio sur: islas Georgias del Sur, islas Sandwich del Sur, islas Shetland del Sur, Península Antártica.



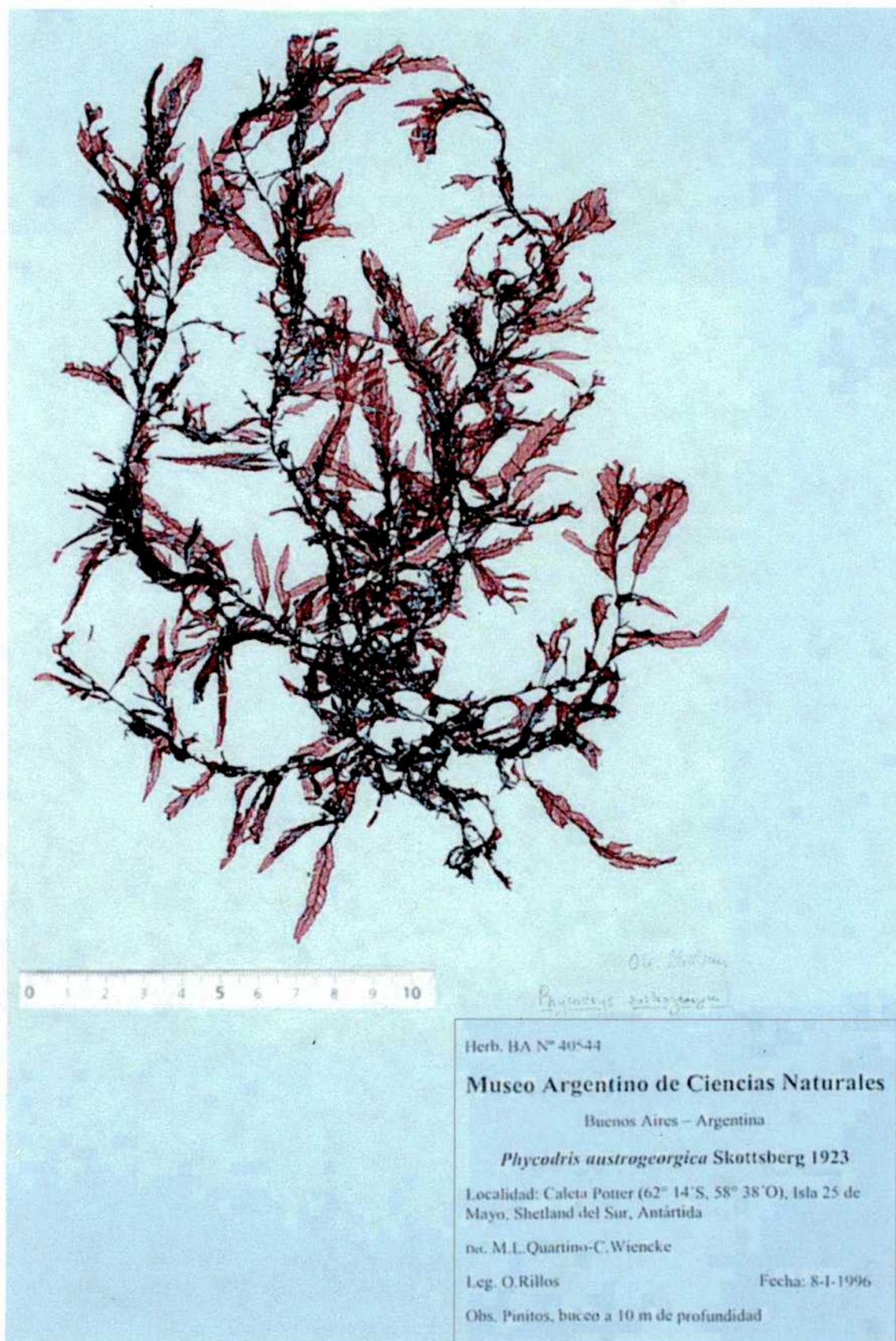


Figura 4.39: *Phycodris austrogeorgica*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

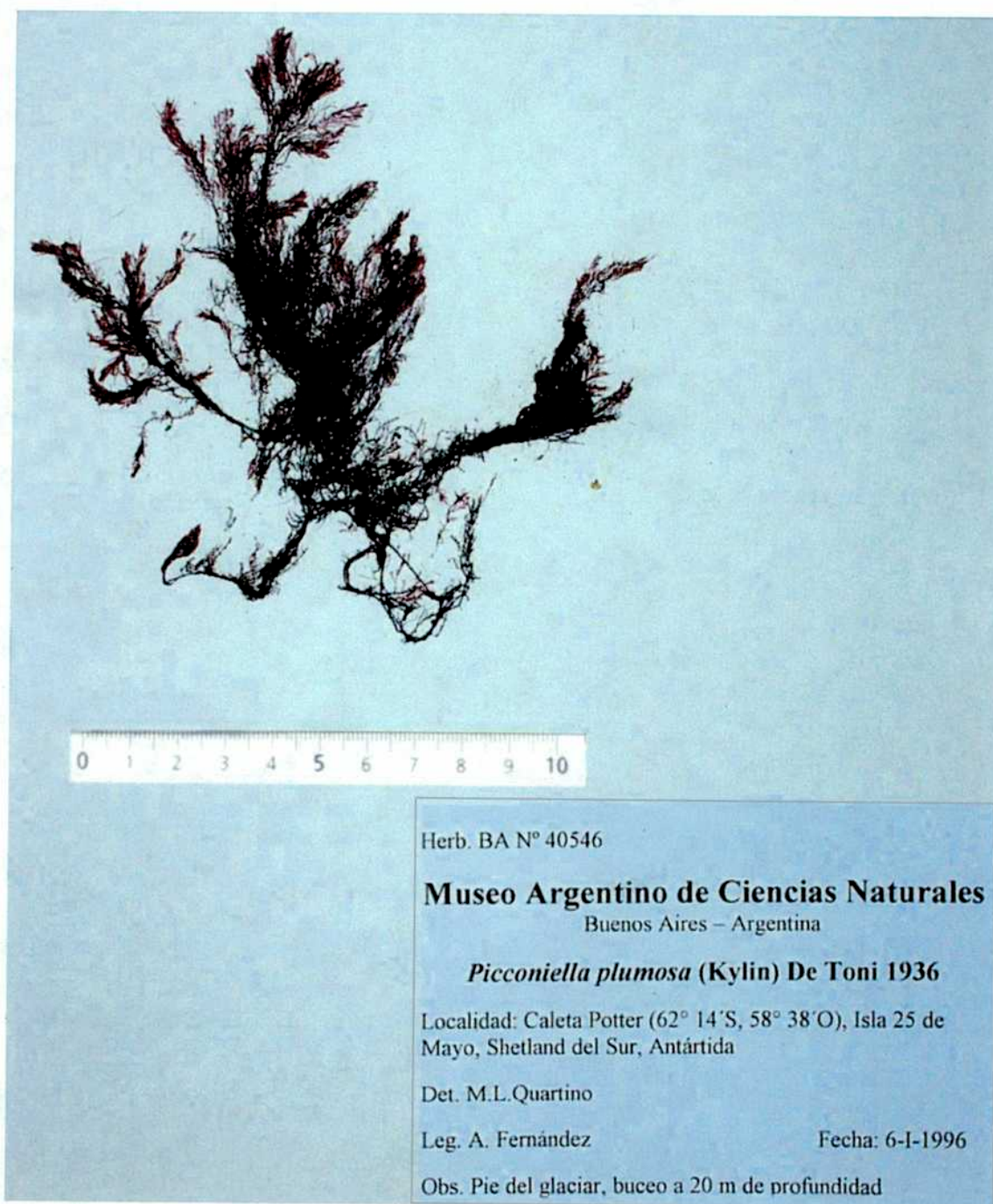


Figura 4.40: *Picconiella plumosa*, la escala graduada corresponde a 10 cm.

5- ASOCIACIONES MACROALGALES

INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios sobre asociaciones macroalgales realizados en la región antártica consistieron en descripciones cualitativas basadas en material coleccionado a diferentes profundidades mediante muestreos en bajamar, dragados o rastreos. Skottsberg (1941) hace un extensivo análisis de las comunidades antárticas y señala que las asociaciones litorales son más pobres en vegetación respecto a las sublitorales, debido a la incidencia del hielo. Posteriormente se realizaron las primeras colecciones ficológicas mediante buceos autónomos (Neushul, 1965; Moe y DeLaca, 1976; Lamb y Zimmerman 1977), logrando una más completa descripción de la distribución vertical de las especies y caracterización del ambiente.

Tradicionalmente en la descripción de las asociaciones de macroalgas marinas, ha prevalecido el interés en la composición específica de las cinturas, las que son muy conspicuas en el intermareal (Pèrés 1961; Kühnemann 1969) o en la distribución vertical de las especies consideradas individualmente. Estos criterios han sido también aplicado a la zona Antártica (Delépine, 1966; Zielinsky, 1981 y 1990; DeLaca y Lipps, 1976; Furmanczyk y Zieliski, 1982; Klöser et al., 1994a, 1996; Amsler et al., 1995).

Posteriormente las asociaciones antárticas de macroalgas fueron estudiadas a través diferentes métodos cuantitativos utilizados en ecología (Brouwer et al., 1996; Quartino et al., 1998; 2001).

OBJETIVO

El objetivo de esta sección es caracterizar en términos de abundancia (biomasa y densidad) a las asociaciones de macroalgas bentónicas de Caleta Potter y su relación con los principales factores ambientales.

METODOLOGÍA

ANÁLISIS BIOCENOLÓGICO

Las muestras fueron clasificadas mediante el uso del análisis de dos vías de especies indicadoras TWINSpan (Two Way INdicator SPecies ANalysis) (Hill, 1979). Este es un método de clasificación politético divisivo basado en la partición del primer eje de un análisis de correspondencias y que identifica a las especies indicadoras responsables de cada división. El método es considerado como efectivo y robusto (Gauch, 1989) y ha sido utilizado en trabajos ecológicos referidos a bentos (Anderson y Stegenga, 1989; Brouwer et al., 1996; Zaixso, 1997)

Las matrices fueron construidas sobre la base de 39 especies como descriptores biológicos y 128 muestras, analizadas separadamente para biomasa y densidad.

Twinspan incorpora el concepto de pseudoespecie cuando se trabaja con datos cuantitativos. Una pseudoespecie es una variable presencia–ausencia que es definida por Ej. por un valor de nivel de corte Y_c . La pseudoespecie al nivel de corte Y_c está presente si la abundancia de la especie excede ese nivel de corte Y_c y está ausente si la abundancia es menor (Hill, 1979). Los niveles de corte para la formación de pseudoespecies fueron: 0, 5, 20, 80, 320 y 1200 g/m² (biomasa) y 0, 2, 5, 10, 20 individuos/m² (densidad).

Los rangos de abundancia de cada especie utilizados en el análisis del TWINSpan fueron :

- **Biomasa:** (1) 0,1 a 4,9 g/m², (2) 5 a 19,9 g/m², (3) 20 a 79,9 g/m², (4) 80 a 319 g/m² y (5) 320 a 1200 g/m²
- **Densidad:** (1) 0 a 1,9 individuos/m², (2) 2 a 4,9 individuos/m², (3) 5 a 9,9 individuos/m², (4) 10 a 20 individuos/m².

Por otra parte se efectuó un análisis del grado de presencia de las especies en los grupos del TWINSpan, determinando para cada grupo y especie el porcentaje de muestras del grupo donde se encontraba la especie. Asimismo se estimó el grado de fidelidad de la especie a un grupo determinado, calculando el porcentaje de muestras

del grupo con presencia de la especie respecto del total de las muestras de todos los grupos donde la especie estuviese presente, siendo denominadas "exclusivas" a aquellas con 100% de fidelidad al grupo (Boraso de Zaixso et al., 1999; Zaixso et al., 1998).

Los grupos de muestras formados en el TWINSpan fueron relacionados con los diferentes factores ambientales mediante un análisis de correspondencias (CA) empleando el programa STATISTICA Versión 5.5 (1998).

Los factores ambientales se subdividieron en rangos de la siguiente manera:

- Profundidad: P1 (0- 4,99 m); P2 (5- 9,99 m); P3 (10- 19,9 m); P4 (20- 29,9 m); P5 ($\geq$ de 30 m).
- Temperatura: T1 (-2 a - 0,9 °C); T2 (0 a 0,9 °C); T3 (1 a 2 °C).
- Nitratos: N1 (12-17,9 $\mu\text{g at L}^{-1}$); N2 (18-24,9 $\mu\text{g at L}^{-1}$); N3 (25-30 $\mu\text{g at L}^{-1}$).
- Fosfatos: F1 (1-1,99 $\mu\text{g at L}^{-1}$); F2 (2-2,99 $\mu\text{g at L}^{-1}$); F3 (3-4 $\mu\text{g at L}^{-1}$).
- Salinidad: S1 (< 33,49 PSU*); S2 (33,50 a 33,99 PSU*); S3 (>34,00 PSU*)
- Período luminoso: D1 (0-14 horas); D2 (14-16 horas); D3 (16-18 horas); D4 (18-20 horas).
- Irradiación: IR1 (0-99 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); IR2 (100-499 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); IR3 (500-1499 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); IR4 (>1500 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- Sustrato: SU1 (roca sólida); SU2 (rocas >1 m); SU3 (rocas 100-50 cm); SU4 (rocas 49,9-20 cm); SU5 (rodados < 19,9 cm).

* Practical Salinity Unit (UNESCO, 1981)

RESULTADOS

CLASIFICACIÓN CON EL TWINSpan

Se describen a continuación los resultados obtenidos con el TWINSpan para cada nivel de división, considerando en detalle los resultados del segundo nivel de corte, el que se toma como final de acuerdo al criterio de corte ya indicado.

Análisis por biomasa

Para cada grupo del segundo nivel de corte (A-B-C-D) se indica su número de muestra y las pseudoespecies indicadoras (Fig. 5.1).

En la Tabla 5.1 se presenta las pseudoespecies indicadoras y preferentes de acuerdo al TWINSpan de cada grupo en base los valores de abundancia (biomasa).

El grupo A está caracterizado por las pseudoespecies preferentes *Adenocystis utricularis* (1) (2) (3), *Iridaea cordata* (3) (4) y *Monostroma hariotii* (1) (2); siendo *A. utricularis* (2), *I. cordata* (3) y *M. hariotii* (1) las indicadoras del grupo (Tablas 5.1).

El grupo B está definido por las pseudoespecies preferentes *Ascoseira mirabilis* (1) (2) (3), *Curdiea racovitzae* (1) (2), *Desmarestia anceps* (1), *D. antarctica* (1) (2), *D. menziesii* (1) (2) (3) (4) (5), *Gigartina skottsbergii* (1) (2), *Gymnogongrus turquetii* (1), *Kallymenia antarctica* (1) (2), *Myriogramme mangini* (1) y *Plocamium cartilagineum* (1); y siendo las pseudoespecies indicadoras del grupo *A. mirabilis* (1), *D. menziesii* (1), *C. racovitzae* (1), y *K. antarctica* (1). (Tablas 5.1).

El grupo C está caracterizado por las pseudoespecies preferentes *Desmarestia anceps* (1) (2) (3) (4) (5), *Georgiella confluens* (1) (2) y *Plocamium cartilagineum* (3), siendo las indicadoras *D. anceps* (1), *G. confluens* (1) y *P. cartilagineum* (3) (Tablas 5.1).

El grupo D tiene como pseudoespecie preferente a *Ballia callitricha* (1), siendo indicadoras de este grupo *B. callitricha* (1) e *Himantothallus grandifolius* (5) (Tablas 5.1).

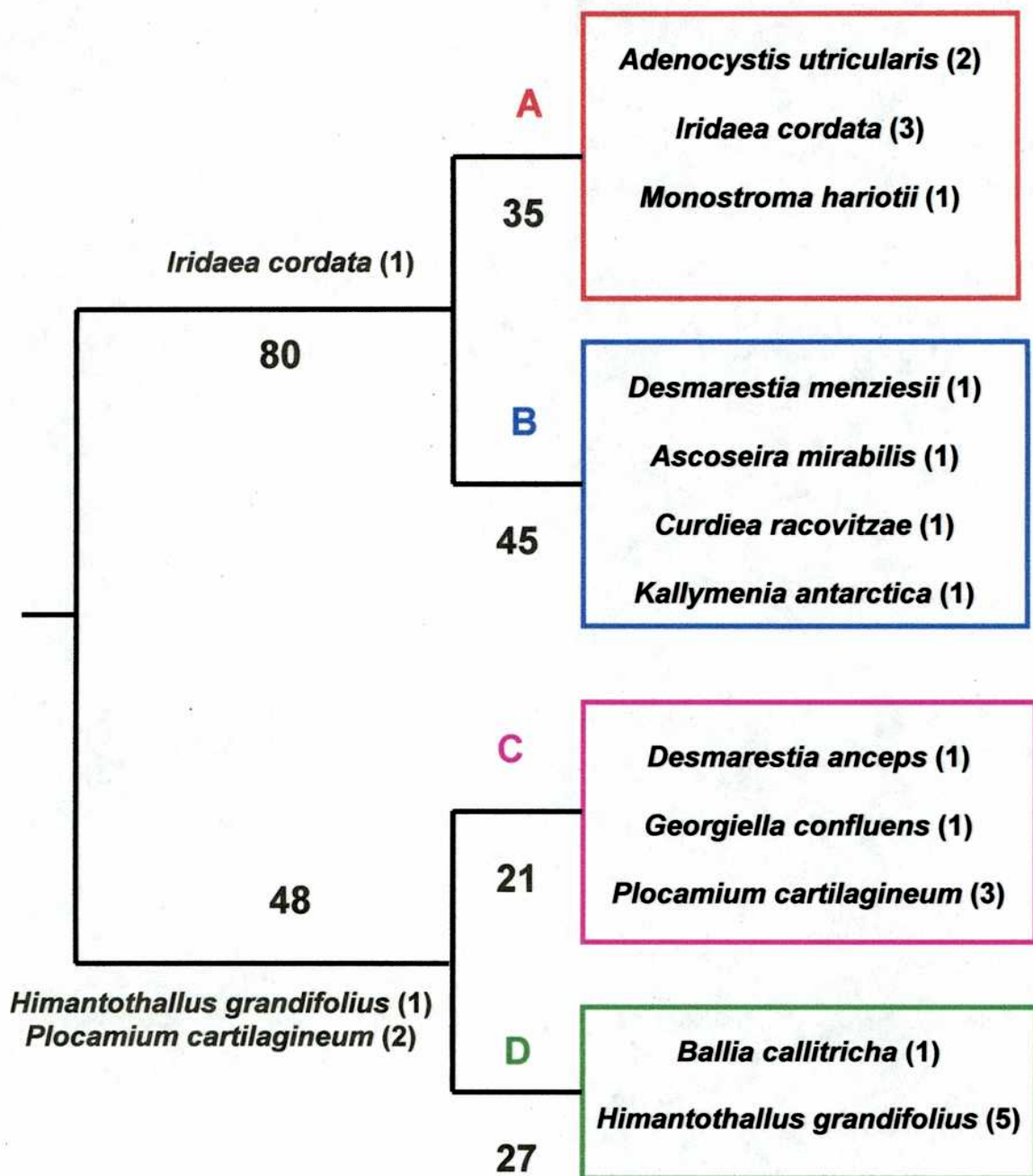


Figura 5.1: Grupos delimitados por el Twinspan (biomasa) con las pseudoespecies indicadoras de cada división. Para el segundo nivel de división se señalan el número de muestras y las pseudoespecies indicadoras de los grupos. Entre paréntesis se indica la escala de abundancia para biomasa: (1) 0,1 a 4,9 g/m²; (2) 5 a 19,9 g/m²; (3) 20 a 79,9 g/m²; (4) 80 a 319 g/m² y (5) 320 a 1200 g/m²

Tabla 5.1: Pseudoespecies indicadoras (I) y preferentes (P) componentes de los grupos encontrados en el TWINSpan (biomasa) con su correspondiente escala de abundancia entre paréntesis. La escala de abundancia para biomasa (pseudoespecies) seleccionada es: (1) 0,1 a 4,9 g/m²; (2) 5 a 19,9 g/m²; (3) 20 a 79,9 g/m²; (4) 80 a 319 g/m² y (5) 320 a 1200 g/m²

Pseudoespecies	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
<i>Adenocystis utricularis</i> (1)	P			
<i>Adenocystis utricularis</i> (2)	I, P			
<i>Adenocystis utricularis</i> (3)	P			
<i>Ascoseira mirabilis</i> (1)		I, P		
<i>Ascoseira mirabilis</i> (2)		P		
<i>Ascoseira mirabilis</i> (3)		P		
<i>Ballia callitricha</i> (1)				I, P
<i>Curdiea racovitzae</i> (1)		I, P		
<i>Curdiea racovitzae</i> (2)		P		
<i>Desmarestia anceps</i> (1)		P	I, P	
<i>Desmarestia anceps</i> (2)			P	
<i>Desmarestia anceps</i> (3)			P	
<i>Desmarestia anceps</i> (4)			P	
<i>Desmarestia anceps</i> (5)			P	
<i>Desmarestia antarctica</i> (1)		P		
<i>Desmarestia antarctica</i> (2)		P		
<i>Desmarestia menziesii</i> (1)		I, P		
<i>Desmarestia menziesii</i> (2)		P		
<i>Desmarestia menziesii</i> (3)		P		
<i>Desmarestia menziesii</i> (4)		P		
<i>Desmarestia menziesii</i> (5)		P		
<i>Georgiella confluens</i> (1)			I, P	
<i>Georgiella confluens</i> (2)			P	
<i>Gigartina skottsbergii</i> (1)		P		
<i>Gigartina skottsbergii</i> (2)		P		
<i>Gymnogongrus turquetii</i> (1)		P		
<i>Himantothallus grandifolius</i> (5)				I
<i>Iridaea cordata</i> (3)	I, P			
<i>Iridaea cordata</i> (4)	P			
<i>Kallymenia antarctica</i> (1)		I, P		
<i>Kallymenia antarctica</i> (2)		P		
<i>Monostroma hariotii</i> (1)	I, P			
<i>Monostroma hariotii</i> (2)	P			
<i>Myriogramme mangini</i> (1)		P		
<i>Plocamium cartilagineum</i> (1)		P		
<i>Plocamium cartilagineum</i> (3)			I, P	

Análisis por densidad

Al igual que en el caso de biomasa se obtuvieron cuatro grupos (A', B', C', D') en la figura 5.2 se indica para cada grupo del nivel segundo de corte el número de muestras y las pseudoespecies indicadoras.

En la Tabla 5.2 se presentan las pseudoespecies indicadoras y preferentes de cada grupo en base los valores de abundancia (densidad).

El grupo A' está caracterizado por las pseudoespecies preferentes *Adenocystis utricularis* (1) (2) (3) (4), *Enteromorpha bulbosa* (1) (2) (3), *Iridaea cordata* (3) (4), *Monostroma hariatii* (1) (2) (3) (4), *Palmaria decipiens* (2); siendo las indicadoras del grupo *A. utricularis* (2), *I. cordata* (3) y *M. hariatii* (2) (Tabla 5.2).

El grupo B' está representado por las pseudoespecies preferentes *Ascoseira mirabilis* (1), *Curdiea racovitzae* (1) (2), *Desmarestia antarctica* (1), *Desmarestia menziesii* (1) (2), *Delesseria lancifolia* (1), *Gigartina skottsbergii* (1), *Gymnogongrus turquetii* (1), *Kallymenia antarctica* (1), *Myriogramme mangini* (1), *Plocamium cartilagineum* (1); siendo las pseudoespecies indicadoras del grupo *A. mirabilis* (1), *C. racovitzae* (1), *D. menziesii* (1), *K. antarctica* (1) (Tabla 5.2).

El grupo C' está definido por las pseudoespecies preferentes *Curdiea racovitzae* (1), *Desmarestia anceps* (2), *Desmarestia menziesii* (1), *Gigartina skottsbergii* (1), *Kallymenia antarctica* (1), *Porphyra plocamiestris* (1); siendo *D. menziesii* (1) la pseudoespecie indicadora de este grupo (Tabla 5.2).

El grupo D' está representado por las pseudoespecies preferentes *Himantothallus grandifolius* (1) (2), *Ballia callitricha* (1), siendo *H. grandifolius* (1) y *B. callitricha* (1) pseudoespecies indicadoras de este grupo (Tablas 5.2).

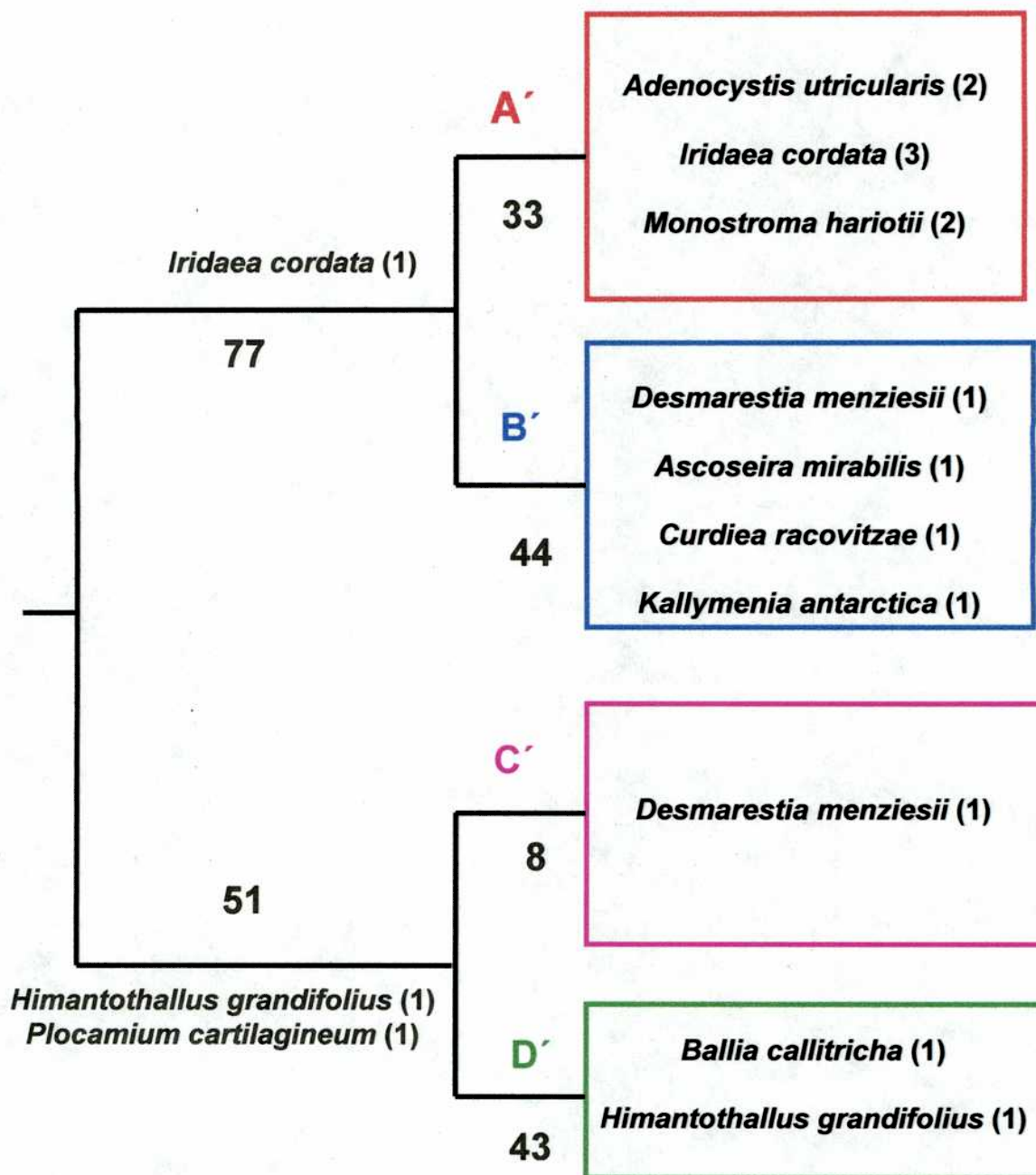


Figura 5.2: Grupos delimitados por el Twinspan (densidad) con las pseudoespecies indicadoras de cada división. Para el segundo nivel de división se señalan el número de muestras y las pseudoespecies indicadoras de los grupos. Entre paréntesis se indica la escala de abundancia para densidad: (1) 0 a 1,9 individuos/m²; (2) 2 a 4,9 individuos/m²; (3) 5 a 9,9 individuos/m²; (4) 10 a 20 individuos/m².

Tabla 5.2: Pseudoespecies indicadoras (I) y preferentes (P) componentes de los grupos encontrados en el TWINSpan (densidad) con su correspondiente escala de abundancia (entre paréntesis). Entre paréntesis se indica la escala de abundancia para densidad: (1) 0 a 1,9 individuos/m²; (2) 2 a 4,9 individuos/m²; (3) 5 a 9,9 individuos/m²; (4) 10 a 20 individuos/m².

Especies	Grupo A'	Grupo B'	Grupo C'	Grupo D'
<i>Adenocystis utricularis</i> (1)	P			
<i>Adenocystis utricularis</i> (2)	I, P			
<i>Adenocystis utricularis</i> (3)	P			
<i>Adenocystis utricularis</i> (4)	P			
<i>Ascoseira mirabilis</i> (1)		I, P		
<i>Ballia callitricha</i> (1)				I, P
<i>Curdiea racovitzae</i> (1)		I, P	P	
<i>Curdiea racovitzae</i> (2)		P		
<i>Delesseria lancifolia</i> (1)		P		
<i>Desmarestia anceps</i> (2)			P	
<i>Desmarestia antarctica</i> (1)		P		
<i>Desmarestia menziesii</i> (1)		I, P	I, P	
<i>Desmarestia menziesii</i> (2)		P		
<i>Enteromorpha bulbosa</i> (1)	P			
<i>Enteromorpha bulbosa</i> (2)	P			
<i>Enteromorpha bulbosa</i> (3)	P			
<i>Gigartina skottsbergii</i> (1)		P	P	
<i>Gymnogongrus turquetii</i> (1)		P		
<i>Himantothallus grandifolius</i> (1)				I, P
<i>Himantothallus grandifolius</i> (2)				P
<i>Iridaea cordata</i> (3)	I, P			
<i>Iridaea cordata</i> (4)	P			
<i>Kallymenia antarctica</i> (1)		I, P	P	
<i>Monostroma hariotii</i> (1)	P			
<i>Monostroma hariotii</i> (2)	I, P			
<i>Monostroma hariotii</i> (3)	P			
<i>Monostroma hariotii</i> (4)	P			
<i>Myriogramme mangini</i> (1)		P		
<i>Palmaria decipiens</i> (2)	P			
<i>Plocamium cartilagineum</i> (1)		P		
<i>Porphyra plocamiestris</i> (1)			P	

ANÁLISIS DEL GRADO DE PRESENCIA Y DE FIDELIDAD DE LAS ESPECIES EN LAS ASOCIACIONES

En la Tablas 5.3 y 5.4 son consignadas las 39 especies de macroalgas coleccionadas en el estudio y su grado de presencia, fidelidad y exclusividad en los diferentes grupos del TWINSPAN por biomasa y densidad.

El grupo A está constituido por 15 especies y caracterizado en términos de fidelidad por *Adenocystis utricularis*, *Enteromorpha bulbosa*, *Monostroma hariotii* siendo *Petalonia fascia* la única especie exclusiva e *Iridaea cordata* la de mayor presencia en el grupo.

El grupo B está conformado por 35 especies, la fidelidad al grupo está representada por *Ascoseira mirabilis*, *Curdiaea racovitzae*, *Desmarestia menziesii*, *Gymnogongrus turquetii*, *Kallymenia antarctica*; siendo las especies exclusivas *D. antarctica*, *Geminocarpus geminatus*, *Nereoginkgo adiantifolia*, *Notophycus fimbriatus*, *Phycodris austrogeorgica* (Tabla 5.3).

El grupo C representado por 18 especies no presenta especies exclusivas pero se caracteriza por la presencia de *Desmarestia anceps*, *Himantothallus grandifolius* y *Plocamium cartilagineum* siendo las especies de mayor fidelidad *Georgiella confluens* y *Myriogramme smithii* (Tabla 5.3).

El grupo D está constituido por 21 especies, las especies de mayor fidelidad al grupo fueron *Ballia callitricha*, *Cystosphaera jacquinotii*. Las especies exclusivas fueron *Halopteris obovata* y *Lambia antarctica*, siendo *Himantothallus grandifolius* la especie de mayor presencia en el mismo (Tabla 5.3).

En la Tabla 5.4 se observa que el grupo A' está constituido por 15 especies y caracterizado en términos de fidelidad por *A. utricularis*, *E. bulbosa*, *M. hariotii* siendo *P. fascia* la única especie exclusiva e *I. cordata* la de mayor presencia en el grupo. La caracterización y constitución de especies es similar al grupo A (biomasa).

El grupo B está conformado por 33 especies, cuya fidelidad al grupo está representada por *A. mirabilis*, *C. racovitzae*, *D. menziesii*, *G. turquetii*, *K. antarctica*, siendo las especies exclusivas *D. antarctica*, *G. geminocarpus*, *N. adiantifolia*, *P. orbicularis*, *P. austrogeorgica*. La especie de mayor presencia al grupo fue *D. menziesii* (Tabla 5.4).

El grupo C representado por 14 especies no presenta especies exclusivas pero se caracteriza por la presencia de *D. menziesii*, *D. anceps* y *P. cartilagineum*.

El grupo D está constituido por 23 especies y caracterizado en términos de fidelidad por *B. callitricha*, *C. jacquinotii*, *G. Confluens* e *H. grandifolius*. Dos especies fueron exclusivas del grupo *H. obovata* y *L. antarctica*; siendo *H. grandifolius* la especie de mayor presencia en el mismo.

Tabla 5.3: Especies componentes de los grupos encontrados en el TWINSpan (biomasa) El primer valor corresponde al grado de presencia P; el segundo valor (entre paréntesis) corresponde al grado de fidelidad (F), E especie exclusiva.

Grupo	A	B	C	D
Especies	P (F)	P (F)	P (F)	P (F)
<i>Adenocystis utricularis</i>	51,4 (78,3)	11,1 (21,7)	0,0	0,0
<i>Ascoseira mirabilis</i>	22,9 (25,0)	53,3 (75,0)	0,0	0,0
<i>Ballia callitricha</i>	0,0	2,2 (3,6)	33,3 (25,0)	74,1 (71,4)
<i>Callophyllis atrasanguinea</i>	0,0	4,4 (66,7)	4,8 (33,3)	0,0
<i>Curdia racovitzae</i>	11,4 (12,9)	57,7 (78,8)	4,8 (3,0)	7,4 (6,1)
<i>Cystosphaera jacquinotii</i>	0,0	2,2 (20,0)	0,0	14,8 (80,0)
<i>Delesseria lancifolia</i>	5,7 (14,3)	17,8 (57,1)	14,3 (21,4)	3,7 (7,1)
<i>Desmarestia anceps</i>	0,0	22,2 (24,4)	100,0 (67,7)	37,0 (24,4)
<i>Desmarestia antarctica</i>	0,0	22,2 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Desmarestia menziesii</i>	5,7 (4,4)	86,7 (86,7)	14,3 (6,8)	3,7 (2,3)
<i>Enteromorpha bulbosa</i>	20,0 (87,5)	2,2 (12,5)	0,0	0,0
<i>Geminocarpus geminatus</i>	0,0	4,4 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Georgiella confluens</i>	0,0	2,2 (5,9)	61,9 (76,5)	11,1 (17,6)
<i>Gigartina skottsbergii</i>	17,1 (19,4)	48,9 (71,0)	9,5 (6,5)	3,7 (2,0)
<i>Gymnogongrus antarcticus</i>	2,8 (33,3)	2,2 (33,3)	0,0	3,7 (33,3)
<i>Gymnogongrus turquetii</i>	2,8 (10,0)	22,2 (90,9)	0,0	0,0
<i>Halopteris obovata</i>	0,0	0,0	0,0	14,8 (100,0) E
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,0	0,0	90,5 (42,2)	96,3 (57,8)
<i>Hymenocladopsis crustigena</i>	0,0	11,1 (55,6)	14,3 (33,3)	3,7 (11,1)
<i>Iridaea cordata</i>	97,1 (50,7)	73,3 (49,3)	0,0	0,0
<i>Kallymenia antarctica</i>	0,0	40,0 (85,7)	9,5 (9,5)	3,7 (4,5)
<i>Lambia antarctica</i>	0,0	0,0	0,0	11,1 (100,0) E
<i>Monostroma hariotii</i>	48,6 (77,3)	6,67 (13,6)	0,0	7,4 (9,1)
<i>Myriogramme mangini</i>	0,0	26,7 (70,6)	14,3 (17,6)	7,4 (11,8)
<i>Myriogramme smithii</i>	0,0	2,2 (25,0)	14,3 (75,0)	0,0
<i>Nereoginkgo adiantifolia</i>	0,0	2,2 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Neuroglossum ligulatum</i>	0,0	2,2 (50,0)	4,8 (50,0)	0,0
<i>Notophycus fimbriatus</i>	0,0	2,2 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Pachymenia orbicularis</i>	0,0	2,2 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Palmaria decipiens</i>	25,7 (36,0)	31,1 (56,0)	0,0	7,4 (8,0)
<i>Pantoneura plocamioides</i>	0,0	4,4 (33,3)	9,5 (33,3)	7,4 (33,3)
<i>Petalonia fascia</i>	5,7 (100) E	0,0	0,0	0,0
<i>Phaeurus antarcticus</i>	25,7 (19,5)	35,6 (64,0)	0,0	0,0
<i>Phycodris austrogeorgica</i>	0,0	8,8 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Picconiella plumosa</i>	0,0	6,7 (50,0)	9,5 (33,3)	3,7 (16,7)
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0,0	28,9 (25,5)	95,2 (39,2)	66,7 (35,3)
<i>Porphyra endiviifolium</i>	8,6 (75,0)	2,2 (25,0)	0,0	0,0
<i>Porphyra plocamiestris</i>	0,0	8,9 (66,7)	9,5 (33,3)	0,0
<i>Sarcodia montagneana</i>	0,0	8,9 (57,1)	0,0	11,1 (42,9)

Tabla 5.4: Especies componentes de los grupos encontrados en el TWINSpan (densidad) El primer valor corresponde al grado de presencia P; el segundo valor (entre paréntesis) corresponde al grado de fidelidad (F); E especie exclusiva.

Grupo	A'	B'	C'	D'
Especies	P (F)	P (F)	P (F)	P (F)
<i>Adenocystis utricularis</i>	54,5 (78,3)	11,4 (27,8)	0,0	0,0
<i>Ascoseira mirabilis</i>	18,2 (20,0)	54,5 (80,0)	0,0	0,0
<i>Ballia callitricha</i>	0,0	2,3 (3,6)	0,0	62,8 (96,4)
<i>Callophyllis atosanguinea</i>	0,0	4,5 (66,7)	12,5 (1,9)	0,0
<i>Curdiea racovitzae</i>	9,1 (9,1)	56,8 (75,8)	37,5 (9,1)	4,7 (6,1)
<i>Cystosphaera jacquinotii</i>	0,0	2,3 (20,0)	0,0	9,3 (80,0)
<i>Delesseria lancifolia</i>	6,1 (13,3)	20,5 (60,0)	12,5 (6,7)	7,0 (20,0)
<i>Desmarestia anceps</i>	0,0	15,9 (17,5)	75,0 (15,0)	62,8 (67,5)
<i>Desmarestia antarctica</i>	0,0	22,7 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Desmarestia menziesii</i>	3,0 (2,2)	84,1 (82,2)	87,5 (15,6)	0,0
<i>Enteromorpha bulbosa</i>	21,2 (87,5)	2,3 (12,5)	0,0	0,0
<i>Geminocarpus geminatus</i>	0,0	4,54 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Georgiella confluens</i>	0,0	0,0	50,0 (23,5)	30,2 (76,5)
<i>Gigartina skottsbergii</i>	18,2 (19,4)	47,7 (41,2)	37,5 (9,7)	2,3 (3,2)
<i>Gymnogongrus antarcticus</i>	0,0	2,3 (50,0)	0,0	2,3 (50,0)
<i>Gymnogongrus turquetii</i>	6,1 (16,7)	22,7 (83,3)	0,0	0,0
<i>Halopteris obovata</i>	0,0	0,0	0,0	9,3 (100,0) E
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,0	0,0	37,5 (6,7)	97,7 (93,3)
<i>Hymenocladopsis crustigena</i>	0,0	11,4 (55,6)	0,0	9,3 (44,4)
<i>Iridaea cordata</i>	96,7 (47,8)	77,3 (50,7)	12,5 (1,5)	0,0
<i>Kallymenia antarctica</i>	0,0	38,6 (81,0)	25,0 (9,5)	4,7 (9,5)
<i>Lambia antarctica</i>	0,0	0,0	0,0	6,9 (100,0) E
<i>Monostroma hariotii</i>	48,5 (72,7)	9,1 (18,2)	0,0	4,7 (9,1)
<i>Myriogramme mangini</i>	0,0	25,0 (68,8)	12,5 (6,3)	9,3 (25,0)
<i>Myriogramme smithii</i>	0,0	4,5 (40,0)	12,5 (20,0)	4,7 (40,0)
<i>Nereoginkgo adiantifolia</i>	0,0	2,3 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Neuroglossum ligulatum</i>	0,0	2,3 (50,0)	0,0	2,3 (50,0)
<i>Notophycus fimbriatus</i>	3,0 (50,0)	2,3 (50,0)	0,0	0,0
<i>Pachymenia orbicularis</i>	0,0	2,2 (100,0) E	0,0	0,0
<i>Palmaria decipiens</i>	27,3 (60,0)	31,8 (56,0)	0,0	4,7 (8,0)
<i>Pantoneura plocamioides</i>	0,0	4,5 (33,3)	0,0	9,3 (66,7)
<i>Petalonia fascia</i>	6,06 (100) E	0,0	0,0	0,0
<i>Phaeurus antarcticus</i>	27,3 (36,0)	36,4 (64,0)	0,0	0,0
<i>Phycodris austrogeorgica</i>	0,0	9,09(100,0) E	0,0	0,0
<i>Picconiella plumosa</i>	0,0	6,8 (50,0)	0,0	7,0 (50,0)
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0,0	22,7 (19,2)	100,0 (15,4)	79,1 (65,4)
<i>Porphyra endiviifolium</i>	9,1 (100,0) E	0,0	0,0	0,0
<i>Porphyra plocamiestris</i>	0,0	6,8 (42,9)	37,5 (42,9)	2,3 (14,3)
<i>Sarcodia montagneana</i>	0,0	9,1 (57,1)	0,0	7,0 (42,9)

RELACIÓN ENTRE ASOCIACIONES DE MACROALGAS Y FACTORES AMBIENTALES (CA)

Las correspondencias entre las asociaciones obtenidas con el TWINSPLAN (biomasa y densidad) con los factores ambientales (sustrato, profundidad, nutrientes, temperatura, salinidad, irradiación y período luminoso) fueron estudiadas mediante sendos análisis de correspondencias (CA). El análisis de correspondencias es esencialmente una ordenación de promedios ponderados realizada por aproximaciones sucesivas o iteraciones (Farrel et al., 1995).

Relación entre las asociaciones basadas en biomasa, con los factores ambientales

Los dos primeros ejes explican el 91,59% de la inercia. Las probabilidades condicionales de la tabla de datos originales son indicadas en la Tabla 5.5.

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 5.5 y figura 5.3 del análisis de correspondencias para biomasa se describe la relación de los diferentes grupos con las variables ambientales.

El grupo A constituido por *Adenocystis utricularis* (2), *Iridaea cordata* (3), *Monostroma hariotii* (1) se halla relacionado principalmente con profundidades menores a 5 m (P1), valores altos de irradiación (IR4) y rocas sólida (SU1). Este grupo comprendería las especies que se encuentran alojadas en las fosas de marea del intermareal y sobre los promontorios rocosos del sublitoral superior. (Tabla 5.5 y Fig. 5.3).

El grupo B conformado por *Desmarestia menziesii* (1), *Ascoseira mirabilis* (1), *Curdiea racovitzae* (1), *Kallymenia antarctica* (1) se relaciona con profundidades comprendidas entre los 5 y 19,9 m (P2-P3), fondos constituidos principalmente por rocas de mayores de 50 cm (SU2- SU3) y valores de irradiación de 100-499 $\mu\text{Em}^{-2} \text{S}^{-1}$ (IR2). (Tabla 5.5 y Fig. 5.3)

El grupo C constituido por *Desmarestia anceps* (1), *Georgiella confluens* (1), *Plocamium cartilagineum* (3) se halla relacionado exclusivamente con las profundidades de entre 20 y 29,9 m (P4). (Tabla 5.5 y Fig. 5.3)

El grupo D formado por *Himantothallus grandifolius* (5), *Ballia callitricha* (1) presenta una muy marcada correlación con las profundidades que se encuentran a más de 30 m (P5) (Tabla 5.3 y Fig. 53)

Tabla 5.5: Análisis de Correspondencias entre asociaciones del TWINSpan (biomasa) y los factores ambientales. Las probabilidades condicionales mayores de 0,6 están en **negrita**. P: profundidad, IR: irradiación, N: nitratos, F: fosfatos, S: salinidad, SU: sustrato, D: período luminoso diario, T: temperatura del agua de mar, m: metros, cm: centímetros.

Factores ambientales		Rangos	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Profundidad (m)	P1	0- 4,99	1,00	0,00	0,00	0,00
	P2	5- 9,99	0,29	0,67	0,04	0,00
	P3	10- 19,9	0,05	0,71	0,05	0,19
	P4	20 a 29,9	0,00	0,00	0,67	0,33
	P5	> de 30	0,00	0,00	0,20	0,80
Irradiación ($\mu\text{E m}^{-2} \text{ S}^{-1}$)	IR1	0 a 0,99	0,02	0,29	0,25	0,44
	IR2	100-499	0,17	0,63	0,13	0,07
	IR3	500-1499	0,67	0,30	0,03	0,00
	IR4	> 1500	1,00	0,00	0,00	0,00
Nitratos ($\mu\text{g at L}^{-1}$)	N1	12-17,9	0,29	0,21	0,29	0,21
	N2	18-24,9	0,21	0,44	0,16	0,19
	N3	25-30	0,36	0,21	0,29	0,14
Fosfatos ($\mu\text{g at L}^{-1}$)	F1	1-1,99	0,15	0,39	0,19	0,28
	F2	2-2,99	0,46	0,31	0,09	0,14
	F3	3-4	0,54	0,23	0,23	0,00
Salinidad (PSU)	S1	< 33,49	0,43	0,57	0,00	0,00
	S2	33,50 -33,99	0,37	0,43	0,08	0,12
	S3	>34,00	0,14	0,23	0,29	0,34
Período luminoso (horas)	D1	0-14	0,32	0,32	0,26	0,11
	D2	14-16	0,20	0,40	0,40	0,00
	D3	16-18	0,31	0,29	0,14	0,26
	D4	18-20	0,25	0,39	0,13	0,23
Sustrato (cm)	SU1	roca sólida	0,85	0,15	0,00	0,00
	SU2	rocas > 1	0,33	0,61	0,06	0,00
	SU3	rocas 100 a 50	0,14	0,82	0,05	0,00
	SU4	rocas 49,9 a 20	0,13	0,29	0,25	0,33
	SU5	rodados < 19,9	0,00	0,13	0,37	0,50
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	T1	-2 a -0,9	0,17	0,42	0,17	0,25
	T2	0 a 0,9	0,20	0,38	0,20	0,22
	T3	1 a 2	0,38	0,31	0,12	0,19

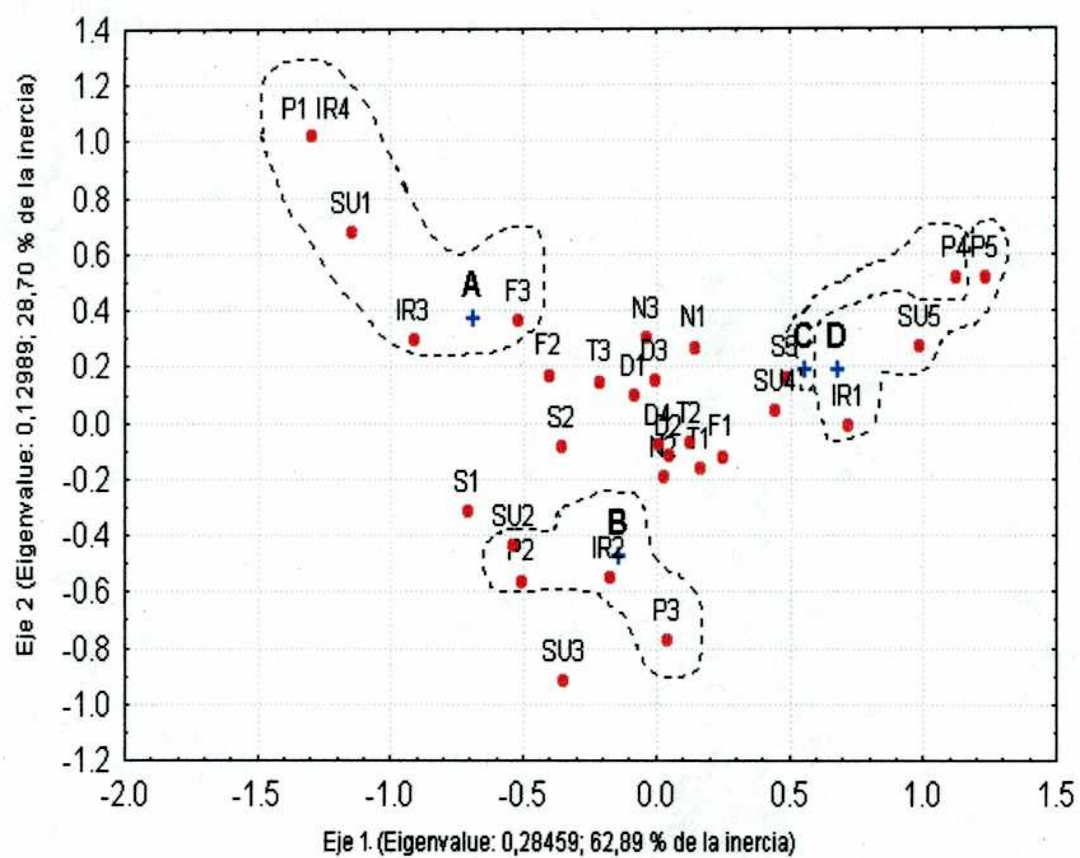


Figura 5.3: Análisis de correspondencias (Biomasa). Ejes I y II. Grupos A-B-C-D resultantes del Twinspan (Referencias en Tabla 5.5).

Relación de asociaciones basadas en densidad, con los factores ambientales

Los dos primeros ejes del análisis de correspondencias de la figura 5.4 explican el 90,61% de la inercia. Las probabilidades condicionales son indicadas en la Tabla 5.6.

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 5.6 y figura 5.4 del análisis de correspondencias para densidades se describe la relación de los diferentes grupos con respecto a las variables ambientales.

El grupo A' constituido por *Adenocystis utricularis* (2), *Iridaea cordata* (3), *Monostroma hariotii* (2) se halla relacionado principalmente con profundidades menores a 5 m (P1), valores altos de irradiación mayores de $500 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (IR3-IR4) y rocas sólidas (SU1). (Tabla 5.6 y Fig. 5.4)

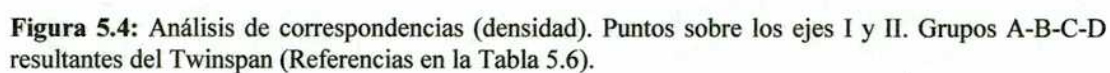
El grupo B' formado por *Desmarestia menziesii* (1), *Ascoseira mirabilis* (1), *Curdia racovitzae* (1), *Kallymenia antarctica* (1) se relaciona principalmente con profundidades comprendidas entre los 5 y 9,9 m (P2) y rocas de tamaño comprendido entre los 50 -100 cm (SU3). (Tabla 5.6 y Fig. 5.4)

El grupo C' representado por *Desmarestia menziesii* (1) no muestra una marcada relación con ninguno de los factores ambientales. (Tabla 5.6 y Fig. 5.4).

El grupo D' formado por *Himantothallus grandifolius* (1) y *Ballia callitricha* (1) se relaciona con las profundidades de más de 20 m (P4) y 30 m (P5), fondos constituidos por rodados menores a 19,9 cm (SU5) y muy baja irradiación (IR1). (Tabla 5.6 y Fig. 5.4)

Tabla 5.6: Análisis de Correspondencias entre las asociaciones del TWINSpan (densidad) y los factores ambientales. Las probabilidades condicionales mayores a 0,6 están en **negrita** e indican las correspondencias entre descripciones. P: profundidad, IR: irradiación, N: nitratos, F: fosfatos, S: salinidad, SU: sustrato, D: período luminoso diario, T: temperatura del agua de mar, m: metros, cm: centímetros.

Factores ambientales		Rangos	Grupo A'	Grupo B'	Grupo C'	Grupo D'
Profundidad (m)	P1	0- 4,99	1,00	0,00	0,00	0,00
	P2	5- 9,99	0,26	0,72	0,02	0,00
	P3	10- 19,9	0,05	0,59	0,23	0,14
	P4	20 a 29,9	0,00	0,00	0,10	0,90
	P5	> de 30	0,00	0,00	0,00	1,00
Irradiación ($\mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$)	IR1	0 a 0,99	0,00	0,13	0,06	0,81
	IR2	100-499	0,16	0,62	0,11	0,11
	IR3	500-1499	0,69	0,31	0,00	0,00
	IR4	> 1500	1,00	0,00	0,00	0,00
Nitratos ($\mu\text{g at L}^{-1}$)	N1	12-17,9	0,36	0,27	0,02	0,36
	N2	18-24,9	0,19	0,41	0,07	0,32
	N3	25-30	0,27	0,27	0,13	0,33
Fosfatos ($\mu\text{g at L}^{-1}$)	F1	1-1,99	0,14	0,36	0,08	0,43
	F2	2-2,99	0,46	0,31	0,00	0,23
	F3	3-4	0,46	0,31	0,15	0,08
Salinidad (PSU)	S1	< 33,49	0,56	0,44	0,00	0,00
	S2	33,50 -33,99	0,35	0,42	0,03	0,20
	S3	>34,00	0,10	0,22	0,23	0,45
Período luminoso (horas)	D1	0-14	0,21	0,26	0,21	0,32
	D2	14-16	0,33	0,33	0,17	0,17
	D3	16-18	0,29	0,31	0,06	0,34
	D4	18-20	0,25	0,38	0,01	0,35
Sustrato (cm)	SU1	roca sólida	0,81	0,19	0,00	0,00
	SU2	rocas > 1	0,37	0,53	0,11	0,00
	SU3	rocas 100 a 50	0,14	0,73	0,14	0,00
	SU4	rocas 49,9 a 20	0,05	0,38	0,05	0,52
	SU5	rodados < 19,9	0,00	0,13	0,05	0,82
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	T1	-2 a -0,9	0,08	0,42	0,17	0,33
	T2	0 a 0,9	0,18	0,35	0,07	0,40
	T3	1 a 2	0,38	0,32	0,04	0,27



DISCUSIÓN

Las asociaciones macroalgales de la Antártida occidental están en general dominadas por las grandes Desmarestiales. Contrariamente, en el Mar de Ross (Antártida Oriental), dichas asociaciones tienen como especies más abundantes a las Rhodophyceae *Iridaea cordata* y *Phyllophora antarctica*, que dominan en el mesolitoral y sublitoral superior (Cormaci et al., 1996, 1998; Kirwood y Burton 1988; Miller y Pearse 1991; Zanelved, 1968).

Las asociaciones macroalgales antárticas se han considerado tradicionalmente distribuidas en tres zonas: una zona de abrasión de hielo en el sublitoral poco profundo; una zona ubicada en el sublitoral central dominada por *Desmarestia anceps* y *D. menziesii* y una zona con *Himantothallus grandifolius* a gran profundidad (Heywood y Whitaker, 1984)

Los primeros trabajos realizados en la Antártida sobre asociaciones de algas marinas identifican a las zonas, franjas o cinturas visibles sin recurrir a análisis numéricos (Delépine, 1966; Zielinsky, 1990; DeLaca y Lipps, 1976; Klöser et al., 1994a, 1996; Amsler et al., 1995).

Chung et al. (1994) realizan un breve análisis de las asociaciones sublitorales y análisis de clusters en Caleta Mariana (62° 13' S, 58° 46' O) vecina a Caleta Potter. En sus observaciones no separan *Desmarestia menziesii* de *D. anceps* y tampoco dan detalles acerca de la composición de las asociaciones, por lo cual no resulta posible comparar sus resultados con los de Caleta Potter.

Moe y DeLaca (1976) sugieren que las diferencias entre las asociaciones macroalgales en la Región Antártica se deben a variaciones en la penetración de la luz, observándose aguas turbias en áreas próximas a la costa y transparentes en las más alejadas. Klöser et al. (1993) señalan que además de las variaciones en irradiación son importantes las diferencias de temperatura en la columna de agua y la duración de la cobertura del hielo, su calidad y grosor.

De los ocho factores ambientales analizados en Caleta Potter (sustrato, profundidad, nitratos, fosfatos, temperatura del agua, salinidad, irradiación y longitud del día), sólo la temperatura del agua y período luminoso diario no manifestaron

tener incidencia sobre las asociaciones, lo cual es razonable dado que el período de estudio comprendió mayoritariamente a los meses de verano y estos factores responden a la estacionalidad.

En estudios realizados en Caleta Potter basados en observaciones utilizando cámaras de video subacuáticas, Klöser et al. (1996) describen la distribución vertical de las asociaciones macroalgales en cuatro zonas: la franja sublitoral; el sublitoral superior con *Desmarestia menziesii* y *Ascoseira mirabilis* bajo fuerte turbulencia; el sublitoral central con *D. anceps* bajo condiciones de moderada turbulencia y el sublitoral profundo y calmo con *Himantothallus grandifolius*. Estos autores observan una marcada diferenciación del hábitat de *D. menziesii* y *D. anceps*, y sugieren que esto es causado por la acción selectiva del herbívoro *Nothothenia neglecta* (Richardson, 1979; Barrera-Oro y Caseaux, 1990), el que parecería evitar a *D. anceps* (Iken et al., 1998).

En un trabajo preliminar en una localidad interna de Caleta Potter (Peñón de Pesca (S3)) se realizó un análisis de clusters basados en biomasa usando el método de Bray Curtis (1957) en el cual quedaron individualizados nueve clusters, los cuales representan diferentes facies de cuatro asociaciones de especies (Quartino et al., 2001). Estas asociaciones responden a los grupos B (*D. menziesii*, *A. mirabilis*, *C. racovitzae*, *K. antarctica*) y C (*D. anceps*, *G. confluens*, *P. cartilagineum*) del presente trabajo y los otros dos al D (*H. grandifolius*, *B. callitricha*), no encontrándose un grupo equivalente al A porque en dicho trabajo no se tomaron muestras a poca profundidad.

En el presente trabajo se efectuaron análisis de clasificación utilizando datos de biomasa y de densidad. Ambos análisis no son equivalentes, el basado en las biomasa enfatiza las diferencias entre las muestras debidas al tamaño de las plantas más voluminosas como es el caso de las grandes Desmarestiales adultas. El análisis por densidad en cambio, refleja las variaciones de densidad de las especies más numerosas y generalmente de menor tamaño como las Rhodophyceae y Ulvophyceae y de los talos jóvenes de las Phaeophyceae.

Los grupos A y A' de los respectivos análisis están caracterizados por las pseudoespecies *A. utricularis* (2), *I. cordata* (3) y *M. hariatii* (1) (2); los mismos

tienen, de acuerdo al análisis de correspondencias, afinidad por los ambientes con altos niveles de irradiación, escasa profundidad y sustrato de rocas sólidas. Estas asociaciones coinciden con la observada por Zielinski (1990) en Bahía del Almirantazgo (Almiralty Bay) del litoral superior.

La asociación más parecida a las mismas, en el trabajo de Klöser et al. (1996) estaría ubicada en la franja sublitoral, la que no cuenta con la presencia de las grandes Phaeophyceae perennes; dichos autores encuentran a *M. hariatii* y *A. utricularis* ubicadas preferentemente en las proximidades de Peñón 1 y no mencionan en este ambiente a *I. cordata*. Asociaciones similares a la A y A' son descritas por Brouwer et al. (1996) para la zona de abrasión de hielo en Islas Orcadas del Sur, aunque en ese estudio la presencia de *A. utricularis* estaba confinada a un área muy pequeña.

Las asociaciones B y B' están caracterizada por *D. menziesii* (1), *A. mirabilis* (1), *C. racovitzae* (1) y *K. antarctica* (1). Estos grupos abarcan el mayor de muestras (45 en biomasa y 44 en densidad), las mismas están asociadas de acuerdo al CA principalmente con rocas de 50-100 cm de diámetro a 5-10 m de profundidad e irradiaciones intermedias. La asociación equivalente a las B y B' en el trabajo de Klöser et al. (1996) está ubicada en el sublitoral bajo fuerte turbulencia. Chung et al. (1994) también caracterizan una zona con *D. menziesii* y *A. mirabilis* entre los 5 y 15 m de profundidad.

En un estudio realizado en las Islas Orcadas (Signy Island, 60° 42'S, 45° 36' W), Brouwer et al. (1995) utilizan TWINSpan y CCA, lo que hace posible comparar las asociaciones entre localidades. Las principales diferencias entre Orcadas y Caleta Potter son, por un lado, la presencia importante de *D. anceps* en el grupo caracterizado por *D. menziesii* (Grupo B de este estudio) y la delimitación de dos subgrupos dentro del equivalente al C de nuestro estudio.

La asociación C resultante del análisis por biomasa quedó conformado por las especies indicadoras *D. anceps* (1), *G. confluens* (1) y *P. cartilagineum* (3). Este grupo, constituido por 21 unidades, muestra una marcada relación con los 20 m de profundidad. Klöser et al. (1996) describen una zona ubicada en el sublitoral central, la que coincide con esta asociación. Esta asociación es también identificada por

Brouwer et al. (1995) para las Islas Orcadas quienes la ubican a menor profundidad (entre los 5 y 14 m), dominada por *Desmarestia anceps* y *D. menziesii*.

La asociación C' no es equivalente a la C, la misma no está bien definida ya que está conformada por solamente 8 muestras, apareciendo *D. menziesii* (1) como indicadora del grupo.

La asociación D presentan las pseudoespecies indicadoras *Himantothallus grandifolius* (5) y *B. callitricha* (1). La especie *B. callitricha* se encuentra frecuentemente epifita sobre *H. grandifolius*, según Klöser et al. (1996) estas dos especies son características del sublitoral profundo. De acuerdo a Brouwer et al. (1995) la zona caracterizada por la presencia de *H. grandifolius* abarca los 15 a 25 m, es decir se encontraría a menor profundidad que en Caleta Potter.

En el análisis por densidad la asociación D' está caracterizada por *H. grandifolius* (1) y *B. callitricha* (1). Desde el punto de vista ambiental el grupo D está asociado exclusivamente con profundidades mayores de 30 y el D' con profundidades mayores de 20 m, valores bajos de irradiación y rodados menores a 19 cm.

Las comunidades naturales no son entidades aisladas sino que están permanentemente influenciadas por los factores ambientales que inciden sobre ellas, y generalmente se transforman de modo gradual en el espacio y en el tiempo, con la extinción de especies pioneras e invasión de especies nuevas (Foster y Sousa, 1980). Estas variaciones temporales pueden ejemplificarse con los estudios de la comunidad macroalgal de la Isla Anvers (Anvers Island- Palmer Station) estudiadas por DeLaca y Lipps (1976) y por Amsler et al. (1995), entre los cuales se verifican algunas diferencias relativamente importantes en el período de veinte años transcurrido entre ambos. Una situación similar se observó en las comunidades de macroalgas de Bahía Guardia Nacional (Maxwell Bay) Caleta Mariana, donde en el trabajo de Chung et al. (1994) se describe una zona dominada por *Palmaria decipiens*, la cual nunca fue dominante en nuestras muestras, tomadas seis años después. Para verificar estos cambios es necesario monitorear las comunidades en forma continua durante varios años a fin de poder observar la variación natural de la composición de especies, la que puede estar relacionada, por ejemplo, con los ciclos naturales plurianuales o con el cambio global de temperatura.

**6- DISTRIBUCIÓN DE
ABUNDANCIAS DE
MACROALGAS EN RELACIÓN
CON LOS FACTORES
AMBIENTALES**

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las macroalgas bentónicas que forman parte de la flora marina antártica son endémicas, solo unas pocas especies de las mismas se desarrollan en el mesolitoral, siendo mayor su variedad en el ambiente sublitoral (Clayton, 1994).

Los estudios ecofisiológicos sobre diferentes especies de macroalgas antárticas han sido realizados mayoritariamente en laboratorio, reproduciendo las condiciones de terreno; el desarrollo estacional de las especies antárticas fue monitoreado en experimentos en cultivo a largo plazo, reproduciendo las condiciones de luz en las diferentes estaciones del año (irradiación y período luminoso diario). Mediante este procedimiento se obtuvieron los ciclos de vida a partir de los cuales se pudieron conocer las características citológicas y reproductivas de diferentes especies de algas verdes (Jacob et al., 1992a,b); rojas (Foltran et al., 1996; Moe, 1985,1986a,b; Moe y Silva, 1980, 1981; Weykam y Wiencke 1996) y pardas (Clayton, 1985, 1987; Clayton y Ashburner, 1990; Clayton y Wiencke, 1990; Dieckmann et al.,1985; Drew y Hastings, 1992; Moe y Henry, 1982; Moe y Silva, 1981, 1989; Scrosati, 1992; Wiencke y Clayton, 1990; Wiencke et al., 1991, 1995, 1996).

Los estudios en el terreno sobre la influencia de los factores ambientales han sido en cambio más escasos. La flora marina bentónica de la región del Mar de Ross es una de las más estudiadas desde este punto de vista, probablemente debido a que en la misma las especies más abundantes se distribuyen en el mesolitoral y sublitoral superior lo que facilita el acceso a los sitios de estudio. En Mc Murdo Sound (Isla Ross) Miller y Pearse (1991) realizaron un completo estudio sobre la distribución, biomasa, fertilidad y tamaño de *Iridaea cordata* y *Phyllophora antarctica*. Por otra parte en la Bahía Terra Nova (Mar de Ross), Cormaci et al. (1996 y 1998) estudiaron la biomasa de verano de las poblaciones de esas mismas especies.

OBJETIVO

El objetivo de esta sección es analizar la relación de las especies de macroalgas bentónicas de Caleta Potter con los factores ambientales.

METODOLOGÍA

ANÁLISIS CANÓNICO DE CORRESPONDENCIAS (CCA) PARA DATOS DE BIOMASA Y DENSIDAD

Se realizó primeramente un análisis preliminar de correspondencias sin tendencias (DCA) a fin de averiguar el largo de gradientes y decidir qué análisis posterior utilizar. Cuando la longitud del eje de ordenación es mayor de 3 desviaciones standard (SD) se utiliza el análisis canónico de correspondencias (CCA) (Ter Braak, 1987).

En nuestro caso para el DCA basado en datos de biomasa el valor de largo del gradiente del eje I fue de 7,734 SD y 4,155 SD para el eje II. Para los datos de densidad fue de 6,9 SD y 3,126 SD para el eje II. Consecuentemente se eligió seguir el análisis utilizando el CCA en lugar de un análisis de redundancias (RDA).

El CCA es una técnica introducida por Ter Braak (1986) como una extensión del análisis de correspondencias en donde las especies se relacionan en forma directa con las variables ambientales. Los datos cuantitativos de densidad y biomasa fueron tratados separadamente y sujetos a una ordenación mediante un CCA, utilizándose para ello el programa CANOCO Versión 3.1 (Ter Braak, 1987, 1990).

Los datos ambientales incluidos en el CCA consistieron en las siguientes variables estudiadas para las 128 muestras: profundidad, sustrato, nitritos, fosfatos, irradiación, período luminoso diario, temperatura del agua y salinidad. Los métodos de medición de las mismas se detallan en la sección 2 (Área de estudio) del presente trabajo.

Se realizó el CCA con la opción “forward” del CANOCO (Ter Braak, 1990). Esta opción es análoga al proceso de selección empleado en la regresión múltiple paso a paso; las variables son seleccionadas por el CCA de manera que cada una da cuenta de la mayor proporción posible de la varianza remanente. Sólo fueron incluidas las variables que explicaron una proporción adicional significativa ($p < 0,05$) de la inercia total. El grado de significación fue determinado mediante el uso de una prueba de permutación de Monte Carlo disponible en el programa.

Los valores de p estimados para el análisis de biomasa fueron: profundidad (0,001), irradiación (0,001), salinidad (0,008), nitratos (0,034). Las variables omitidas ($p > 0,05$) fueron: fosfatos, período luminoso diario, salinidad, temperatura del agua y sustrato. Los valores de p estimados para el análisis de densidad fueron: profundidad (0,001), irradiación (0,001), nitratos (0,001), fosfatos (0,002), sustrato (0,002). Las variables omitidas ($p > 0,05$) fueron: período luminoso diario, salinidad y temperatura del agua.

En el correspondiente diagrama de ordenación, las flechas correspondientes a factores ambientales se orientan en el sentido de la máxima variabilidad, y el largo de la flecha se relaciona con la cantidad de variación en la distribución de las especies a lo largo del parámetro (Dixit et al., 1989; Ter Braak, 1987, 1990). La proyección de los puntos de las especies sobre las flechas ambientales (biplot) prolongadas en ambas direcciones indica la posición relativa de los promedios ponderados de las especies respecto de los parámetros ambientales correspondientes (Zaixso et al., 1998).

ANÁLISIS HOF

Cuando la curva respuesta de su abundancia corresponde a un modelo unimodal simétrico (respuesta gaussiana no sesgada) los promedios ponderados que salen del CCA corresponden a óptimos de la especie. Para verificar la existencia de dichos óptimos se puede profundizar el análisis de las variaciones de las especies en relación a cada uno de los factores ambientales a través del ajuste a modelos (HOF) de las curvas-respuesta de la densidad (Huisman et al., 1993).

Los modelos HOF permiten discriminar entre las posibles curvas- respuesta de una especie respecto de una variable ambiental particular, de acuerdo a cinco modelos jerárquicos que son probados secuencialmente por su significación. Por modelos jerárquicos se entiende que el modelo más simple posee un menor número de parámetros que los más complejos y puede ser derivado de los modelos más complejos fijando algunos parámetros (Huisman et al., 1993).

En la figura 6.1 se ilustran los modelos utilizados: Modelo I (respuesta uniforme), Modelo II (respuesta monótona), Modelo III (respuesta monótona con asíntota), Modelo IV (respuesta unimodal simétrica) y Modelo V (respuesta unimodal asimétrica).

El modelo más complejo es la respuesta unimodal asimétrica, cuya función es:

$$\mu(a,b,c,d,x, M) = M (1/(1+\exp(a-bx))) (1/(1+\exp(c-dx)))$$

Donde μ es el valor esperado de densidad, el cual es dependiente de:

- Los valores máximo y mínimo muestreados de la variable ambiental
gradiente XP:

$$XP = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

En donde XP es la variable proporcional al rango del gradiente

- El valor máximo posible de densidad en el muestreo.
- Cuatro parámetros a estimar (a,b,c,d).

El modelo V se simplifica en el modelo IV fijando $d=b$; en el modelo III fijando $d=0$; en el modelo II fijando $c=-\infty$ y $d=0$ y en el modelo I fijando $b=0$, $c=-\infty$ y $d=0$.

El ajuste fue llevado a cabo con el programa HOF versión 2.3 (Oksanen, 1996, 1998), trabajando con un nivel de significación $\alpha = 0.05$, error Poisson y $M=6$.

El programa lleva a cabo el ajuste utilizando una estimación de máxima verosimilitud (con error Poisson). Los parámetros son no lineales y se estiman por iteración (Oksanen, 1996; Zaixso y Lizarralde, 2000). Los modelos son probados secuencialmente, siendo el método equivalente al usado en regresión múltiple con “modelos completos” y “modelos reducidos” alternativos. Si se tienen dos modelos alternativos donde uno tiene un parámetro más que el otro y la diferencia de ajuste (estimada con un estadístico apropiado) entre ambos excede un determinado valor crítico (a un nivel de significación α), entonces el “parámetro accesorio” es significativo. Debe adoptarse el modelo que no puede ser simplificado sin un cambio en el valor del estadístico que mide las diferencias de ajuste (Oksanen, 1996; Zaixso y Lizarralde, 2000). El programa utiliza una prueba de F para el análisis de la significación de las diferencias de desvíos (Anderson, 1988).

El estadístico F se calcula (Oksanen, 1998) a partir de los desvíos como:

$$F_{1, n-4} = ((D_i - D_j) / D_v) (n-4)$$

D_i : desvío del modelo con p parámetros

D_j : desvío del modelo con $p-1$ parámetros

D_v : desvío del modelo “completo” V (Sea cual fuere el modelo a probar)

En primer lugar se ajustan y prueban modelos V y IV; si el modelo no es aceptado, entonces se ajusta el modelo III y se lo prueba contra el modelo V; en consecuencia el modelo V es aceptado sólo si es mejor que los modelos IV y III. Si es aceptado el modelo IV o bien el modelo III, entonces éste es probado contra el modelo II. Finalmente de ser aceptado el modelo II el mismo es probado contra el modelo I. En la salida del programa se grafican automáticamente los modelos que presentan el mejor ajuste para el nivel de significación elegido (Fig. 6.1)

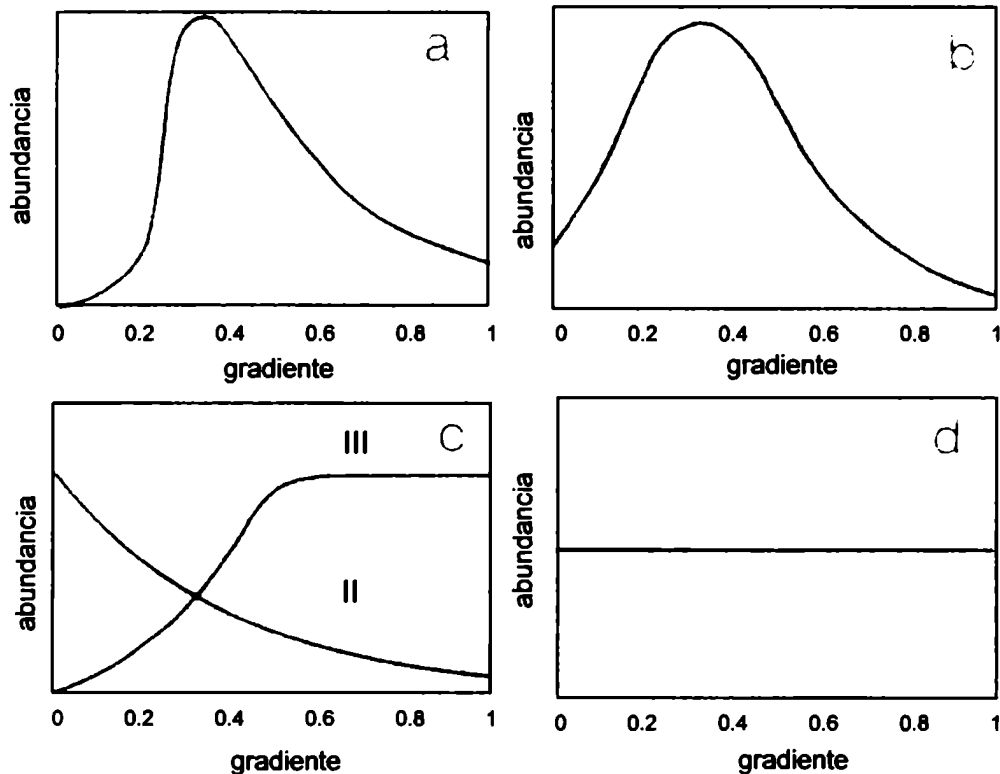


Figura 6.1: Modelos jerárquicos HOF: a- modelo V (respuesta unimodal asimétrica); b- modelo IV (respuesta unimodal simétrica); c- modelo II (respuesta monótona) y modelo III (respuesta monótona con asíntota); d- modelo I (respuesta uniforme). Tomada de Zaixso y Lizarralde (2000)

RESULTADOS

RELACIONES ENTRE ESPECIES Y FACTORES AMBIENTALES

En puntos anteriores se analizaron las relaciones entre las asociaciones definidas en el Twinspan y los factores ambientales. En dichos análisis se trabajó con pseudoespecies (correspondientes a los diferentes rangos de abundancia) y no con especies.

En el presente análisis se profundizan las relaciones entre las especies componentes de esas asociaciones y los factores ambientales a través de un análisis canónico de correspondencias (CCA) y modelos HOF.

ANÁLISIS CANÓNICO DE CORRESPONDENCIAS (CCA)

El análisis canónico de correspondencias (CCA) proporciona la ordenación de especies, muestras y variables ambientales. Se realizaron dos análisis con esta técnica basados en datos de biomasa y de densidad respectivamente.

Análisis basados en Biomasa

En el análisis de CCA basados en biomasa el primer y segundo eje explican el 67,2 y 27,4 (94,6%) respectivamente de la varianza de los datos de las especies (Tabla 6.1). La inercia total es de 3,730.

Tabla 6.1: Sumario de la ordenación del CCA (biomasa)

Ejes	1	2	3	4
Valores propios	0,813	0,332	0,042	0,023
Correlaciones especies-ambiente	0,949	0,719	0,484	0,400
% acumulado de la inercia de los datos de especies	21,8	30,7	31,8	32,4
% acumulado de la relación especies-ambiente	67,2	94,6	98,1	100,0
Inercia total: 3,730				

En la Tabla 6.2 se presenta la matriz de correlación ponderada para las variables ambientales.

Tabla 6.2: Matriz de correlación ponderada para las variables ambientales correspondiente al análisis de biomasa.

Profundidad	1,0000			
Nitrato	-0,4130	1,0000		
Salinidad	0,5589	0,2279	1,0000	
Irradiación	-0,5548	0,1207	-0,3329	1,0000
	Profundidad	Nitrato	Salinidad	Irradiación

En la Tabla 6.3 se presenta la matriz de correlación ponderada relacionando los ejes con las variables ambientales, la ordenación muestra que la profundidad (-0,9385), la irradiación (0,6258) y en menor grado la salinidad (-0,5515) se halla correlacionada con el eje I. La variable irradiación (0,5227) está correlacionada con el eje II, por su parte la variable nitratos (-0,4425) está correlacionada con el eje III (Tabla 6.3).

Tabla 6.3: Matriz de correlación ponderada relacionando los ejes con las variables ambientales (biomasa)

Ejes	1	2	3	4
Profundidad	-0,9385	0,1001	0,0190	-0,0143
Nitratos	-0,0085	0,0017	-0,4425	0,1615
Salinidad	-0,5515	-0,0912	-0,2497	-0,2463
Irradiación	0,6258	0,5227	-0,0842	-0,0340

En la Tabla 6.4 se presentan los valores medios, desviaciones standard y factores de inflación de la varianza correspondientes a las variables ambientales seleccionadas en el análisis por biomasa.

Tabla 6.4: Factor de inflación de la varianza, media y desviación standard para cada variable ambiental analizada (biomasa)

Variable ambiental	Media	Desviación standard	Factor de inflación
Profundidad	14,0985	10,5630	1,8999
Nitratos	20,3009	3,8745	1,1231
Salinidad	33,9065	0,2177	1,6097
Irradiación	276,2895	419,2648	1,4726

Ordenamiento de las muestras (biomasa)

En el análisis canónico de correspondencias (CCA) correspondiente a las muestras sobre la base de datos de biomasa, se observa la separación sobre el primer eje de las muestras que definen el primer nivel de corte del TWINSpan, reflejando la relación entre las estaciones de muestreo y la profundidad. Se resalta la relación entre las muestras y las asociaciones del TWINSpan en diferentes colores (Fig.6.2).

Las muestras se separan por profundidades e irradiación y en menor grado por la concentración de nitratos, tiene también importancia la salinidad modificada por aporte del deshielo.

A la derecha del eje I se encuentran las pertenecientes al grupo A y B. El grupo A corresponde principalmente a muestras de 0 m de profundidad y la mayoría de ellas están asociadas a niveles altos y medios de irradiación. Las muestras pertenecientes al grupo B corresponden a profundidades de 5 y 10 m y están asociadas a baja salinidad. A la izquierda del eje I se encuentran los grupos C y D. Las muestras del grupo D se hallan asociadas a valores medios de profundidad y la mayoría corresponde a valores de 20 m mientras que las del grupo C corresponden principalmente a 30 m de profundidad y se asocian a valores medios de salinidad y bajos de irradiación (Fig. 6.2).

Ordenamiento de las especies (biomasa)

Los resultados del CCA para biomasa se presentan en un diagrama de ordenación de especies (biplot) con las variables ambientales seleccionadas por el análisis (Fig. 6.3).

En la figura 6.3 se observa que sobre el cuadrante positivo del eje I y II se encuentran un conjunto de especies mesolitorales o de poca profundidad como *A. utricularis*, *E. bulbosa*, *D. lancifolia*, *I. cordata*, *M. hariatii*, *N. fimbriatus*, *P. decipiens*, *P. antarcticus*, *P. endiviifolium* pertenecientes a los grupos A y B (Tabla 5.3) asociadas a valores altos de irradiación (mayores de $276 \text{ E}\mu\text{m}^{-2} \text{ S}^{-1}$) (Fig. 6.3, Tabla 6.4).

En el cuadrante negativo para el eje I y II las especies *D. anceps*, *G. confluens*, *H. obovata*, *P. cartilagineum*, *N. ligulatum*, *H. crustigena*, *M. smithii*, *P. plocamioides*, *S. montagneana* (la mayoría características del grupo C, Tabla 5.3) se encuentran asociadas a niveles medios y bajos de irradiación (menos de $276 \text{ E}\mu\text{m}^{-2} \text{ S}^{-1}$) y altos de salinidad (mayores de 33, 90 PSU) (Fig. 6.3, Tabla 6.4).

En el cuadrante positivo para el eje I y negativo para el eje II se encuentran las especies *C. racovitzae*, *D. antarctica*, *D. menziesii*, *G. geminatus*, *G. skottsbergii*, *G. antarcticus*, *G. turquetii*, *K. antarctica*, *M. mangini*, *N. adiantifolia*, *L. antarctica*, *P. orbicularis*, *P. fascia*, *P. austrogeorgica*, *P. plocamiestris*, *P. plumosa* características del grupo B y asociadas a profundidades intermedias (menores de 14 m) (Fig. 6.3, Tabla 6.4).

En el cuadrante negativo para el eje I y positivo para el eje II se encuentran las especies *B. callitricha*, *C. jacquinotii*, *H. grandifolius* características del grupo D (Tabla 5.3) y asociadas a grandes profundidades (mayores de 14 m) (Fig. 6.3, Tabla 6.4).

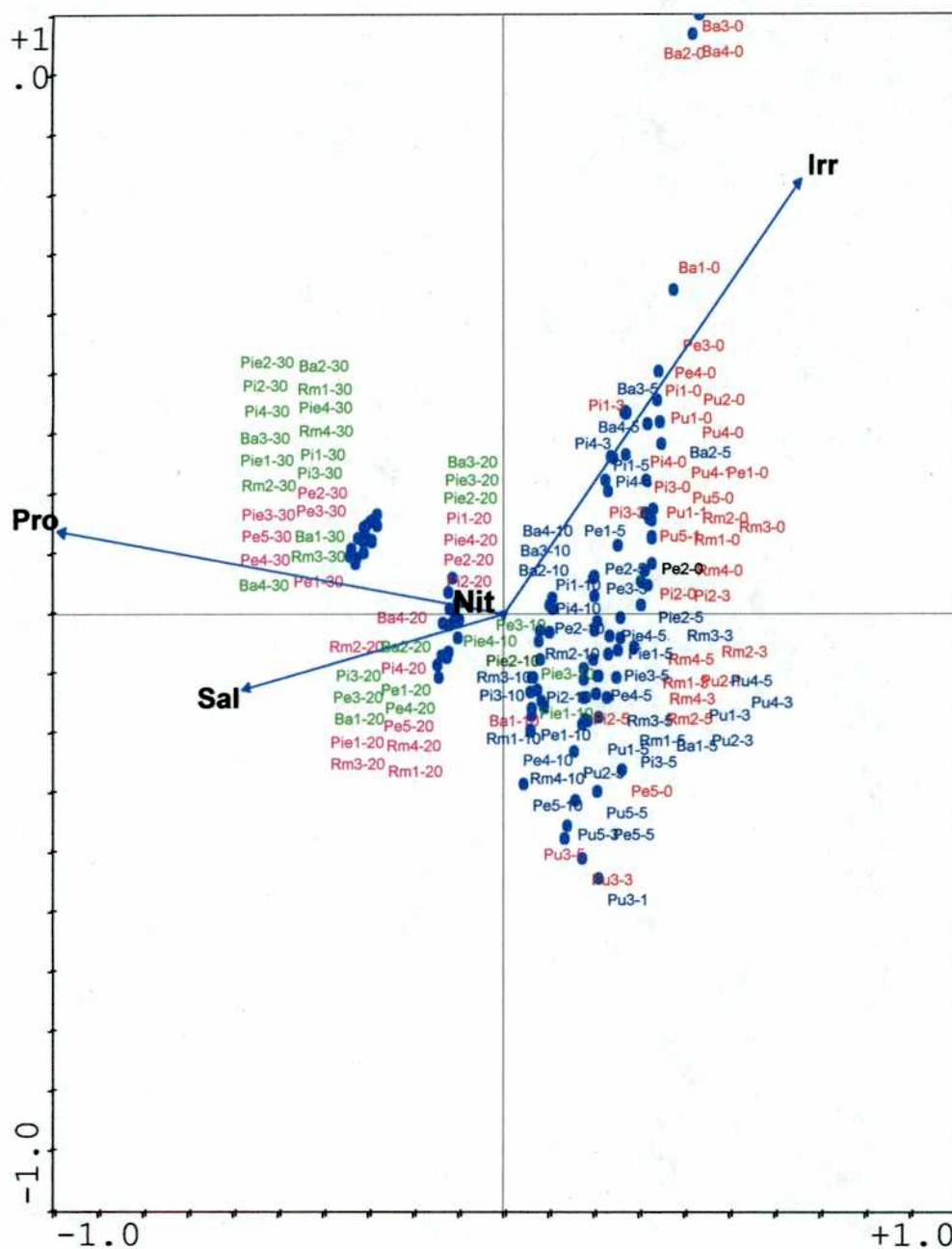


Figura 6.2: Análisis canónico de correspondencias (biomasa). Biplot entre variables ambientales y muestras discriminadas por los grupos formados con el TWINSpan; Grupo A (en rojo), Grupo B (en azul), Grupo C (en rosa), Grupo D (en verde). La sigla corresponde al sitio de estudio en su correspondiente fecha de muestreo (Ver Tabla 3.1), el guión separa la profundidad (en metros).

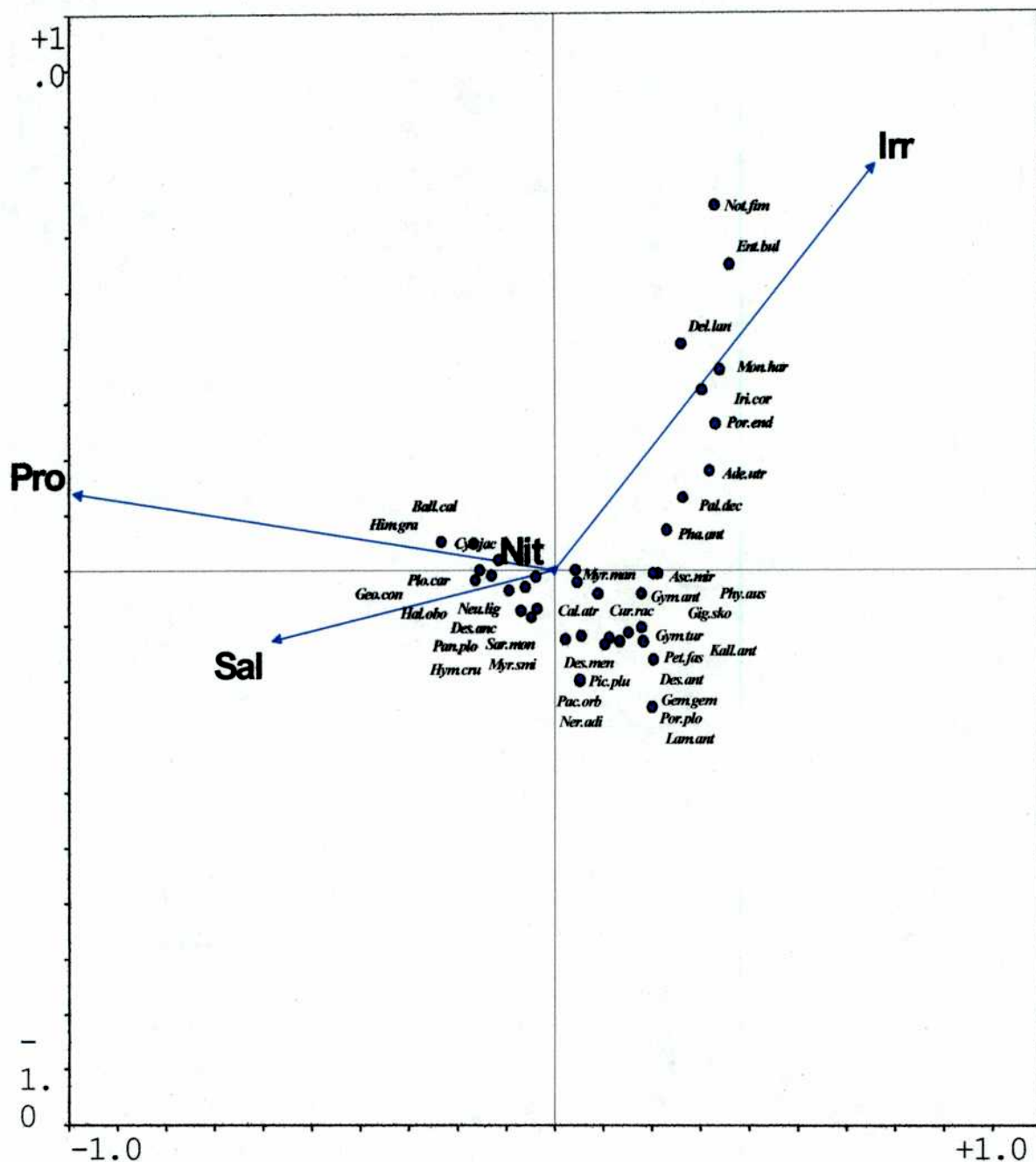


Figura 6.3: Análisis canónico de correspondencias (biomasa). Biplot entre variables ambientales y especies. Las referencias de los nombres de las especies abreviados se presentan en la Tabla 4.1.

Análisis basados en densidad

En el análisis basado en densidades el primer y segundo eje explican el 59,7 y 18,2 (77,9%) respectivamente de la varianza de los datos de las especies (Tabla 6.5). La inercia total es de 5,825.

Tabla 6.5: Sumario de la ordenación del CCA (densidad)

Ejes	1	2	3	4
Valores propios	0,766	0,235	0,173	0,067
Correlaciones especies-ambiente	0,959	0,711	0,694	0,573
% acumulado de la inercia de los datos de especies	13,2	17,2	20,2	21,3
% acumulado de la relación especies-ambiente	59,7	77,9	91,4	96,6
Inercia total: 5,825				

En la Tabla 6.6 se presenta la matriz de correlación ponderada para las variables ambientales.

Tabla 6.6: Matriz de correlación ponderada para las variables ambientales para el análisis de densidad.

Sustrato	1,0000				
Profundidad	0,6573	1,0000			
Nitrato	-0,1831	0,0012	1,0000		
Fosfato	-0,3336	-0,3962	0,2404	1,0000	
Irradiación	-0,7412	-0,5720	0,2975	0,5495	1,0000
	Sustrato	Profundidad	Nitratos	Fosfatos	Irradiación

En la Tabla 6.7 se presenta la matriz de correlación ponderada relacionando los ejes con las variables ambientales, la ordenación muestra que la profundidad (0,9546), el sustrato (0,6766) y en menor grado la irradiación (-0,5865) se hallan correlacionadas con el eje I. La variable irradiación (0,4493) está correlacionada con el eje II, por su parte la variable nitratos (-0,5916) estaría correlacionada con el eje III y fosfatos (0,4355) con el eje IV (Tabla 6.7).

Tabla 6.7: Matriz de correlación ponderada relacionando los ejes con las variables ambientales (densidad)

Ejes	1	2	3	4
Sustrato	0,6766	-0,3618	0,2640	0,0913
Profundidad	0,9546	0,0522	0,0066	-0,0300
Nitratos	0,0345	0,0131	-0,5916	0,2824
Fosfato	-0,3786	0,3473	0,1112	0,4355
Irradiación	-0,5865	0,4493	-0,1826	0,0187

En la Tabla 6.8 se presentan los valores medios, desviaciones standard y factores de inflación de la varianza correspondientes a las variables ambientales seleccionadas en el análisis por densidades.

Tabla 6.8: Factor de inflación de la varianza, media y desviación standard para cada variable ambiental analizada (densidad)

Variable ambiental	Media	Desviación standard	Factor de inflación
Sustrato	2,8625	1,5828	2,8331
Profundidad	5,9505	8,3511	1,9961
Nitratos	19,9745	4,1427	1,1762
Fosfatos	2,2742	0,5952	1,5445
Irradiación	663,8286	619,1779	2,9989

Ordenamiento de muestras (densidad)

En los CCA correspondientes a las muestras, se observa la separación sobre el primer eje de las muestras que definen el primer nivel de corte del TWINSpan, reflejando la relación entre las muestras y la profundidad. Se resalta la relación entre las muestras y las asociaciones del TWINSpan en diferentes colores (Fig.6.5).

Las muestras se separan claramente por profundidades e irradiación y en menor grado por la concentración de fosfatos y nitratos. Queda también como factor importante el sustrato suelto asociado a las mayores profundidades, las irradiaciones bajas y la concentración baja de fosfatos.

A la izquierda del eje I se encuentran las muestras pertenecientes al grupo A, y corresponden principalmente a muestras de 0 m de profundidad. La mayoría de ellas están asociadas a niveles altos y medios de irradiación y fosfatos. Las muestras

pertenecientes al grupo B corresponden principalmente a profundidades de 5 m y están asociadas a niveles bajos y medios de sustrato. En el grupo C las muestras corresponde a valores de 10 m mientras que en el grupo D corresponden principalmente a 20 y 30 m de profundidad y se asocian a valores bajos de irradiación y fosfatos (Fig. 6.5)

Ordenamiento de especies (densidad)

Los resultados del CCA para los valores de densidad se presentan en el biplot de la especie con las variables ambientales seleccionadas por el análisis (Fig. 6.5). Una diferencia de este análisis con respecto al análisis por biomasa es que surgen en el mismo como importantes el sustrato y los fosfatos y no se destaca la importancia de la salinidad. En la figura 6.5 se presentan los resultados del CCA en un diagrama de ordenación de especies (biplot) con las variables ambientales seleccionadas por el análisis. Sobre el cuadrante positivo del eje I y II se encuentran las especies *B. callitricha*, *C. jacquiniotii*, *D. lancifolia*, *G. confluens*, *H. grandifolius*, *H. crustigena*, *M. mangini*, *N. ligulatum*, *P. cartilagineum*, *S. montagneana* asociadas con profundidades mayores a 6 m (Tabla 6.8, Fig. 6.5).

Las especies *A. mirabilis*, *C. racovitzae*, *G. geminatus*, *G. skotsbergii*, *G. turquetii*, *P. antarcticus*, *P. decipiens* ubicadas en el cuadrante negativo para el eje I y II pertenecen principalmente al grupo B (Tabla 5.4, Fig. 6.5).

En el cuadrante positivo para el eje I y negativo para el eje II se encuentran las especies *C. atosanguinea*, *D. anceps*, *D. antarctica*, *D. menziesii*, *G. antarcticus*, *H. obovata*, *K. antarctica*, *L. antarctica*, *M. smithii*, *N. adiantifolia*, *P. orbicularis*, *P. plocamioides*, *P. plumosa*, *P. plocamiestris* correspondientes principalmente del grupo B (Tabla 5.4) y asociadas a valores medios de sustrato (Tablas 5.4, 6.8 y Fig. 6.5).

En el cuadrante negativo para el eje I y positivo para el eje II se encuentran las especies *A. utricularis*, *E. bulbosa*, *I. cordata*, *M. hariatii*, *N. fimbriatus*, *P. fascia*, *P. endiviifolium* pertenecientes al grupo A (Tabla 5.4) y asociadas a altos niveles de irradiación (mayores a $663 \mu\text{E m}^{-2} \text{S}^{-1}$) y fosfatos (mayores a $2,27 \mu\text{g at L}^{-1}$) (Tabla 6.8).

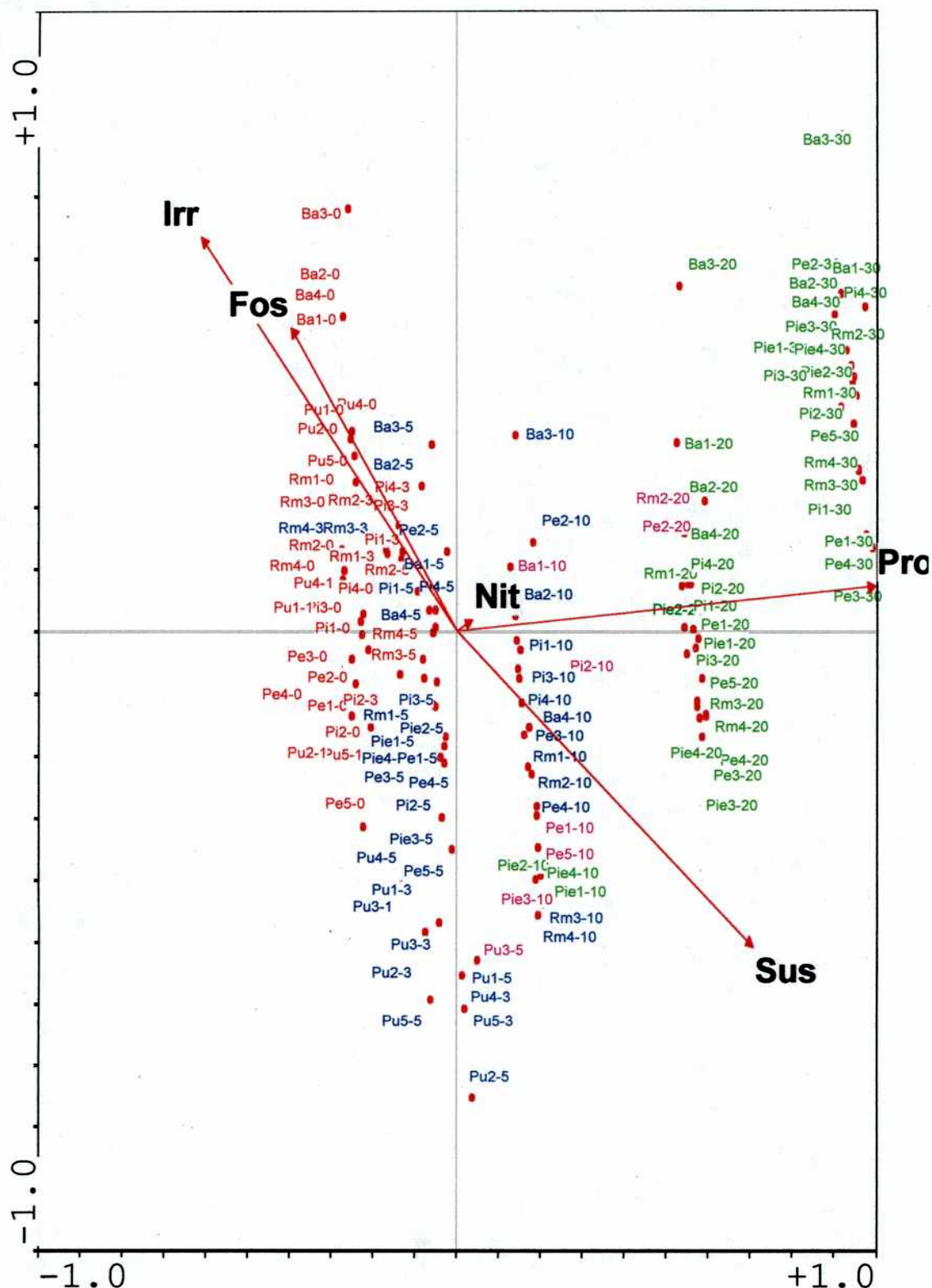


Figura 6.4: Análisis canónico de correspondencias (densidad). Biplot entre variables ambientales y unidades muestrales discriminadas por los grupos resultantes del TWINSpan. Grupo A (en rojo), Grupo B (en azul), Grupo C (en rosa), Grupo D (en verde). La sigla corresponde al sitio de estudio en su correspondiente fecha de muestreo (Ver Tabla 3.1), el guión separa la profundidad (en metros).

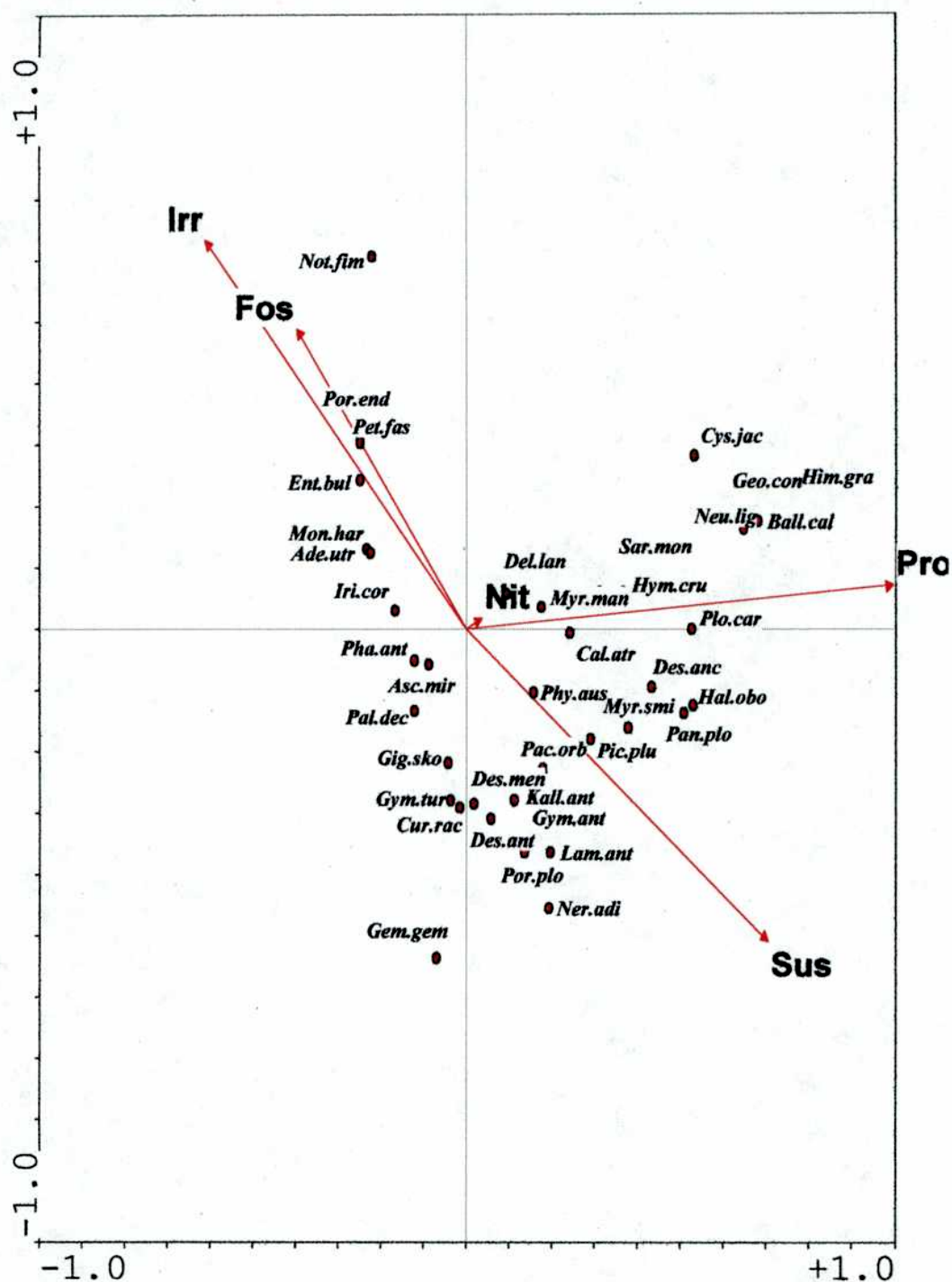


Figura 6.5: Análisis canónico de correspondencias (densidad). Biplot entre variables ambientales y especies. Las referencias de los nombres de las especies abreviados se presentan en la Tabla 4.1.

ANÁLISIS DE LOS MODELOS HOF

Para el análisis de los Modelos HOF se seleccionaron aquellas especies que estuvieron presentes en un mínimo de 15 muestras, resultando un total de 16 especies analizadas. Para cada una de estas especies se presenta el modelo HOF más ajustado para cada variable ambiental seleccionada por el CCA sobre la base de datos de densidad cuyos resultados son compatibles con esta metodología.

En la Tabla 6.9 se presenta el resumen de los resultados del ajuste a modelos HOF correspondiente a las 16 especies seleccionadas.

Los resultados del análisis HOF que se presentan sucintamente en la Tabla 6.9 se ilustran en las (Figs. 6.7-6.22)

La densidad de la Ulvophyceae *Monostroma hariatii* presenta una respuesta uniforme con las concentraciones de nitratos (Modelo I), un ajuste monotónico decreciente con la profundidad y el sustrato (Modelo II), se relaciona positivamente con el aumento de las concentraciones de fosfatos (Modelo II) y se ajusta a un modelo monotónico asintótico con la irradiación, con una asíntota de abundancias altas por encima de los $1000 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Modelo III) (Tab. 6.9, Fig. 6.7).

Con respecto a las Phaeophyceae, la densidad de *Adenocystis utricularis* se relaciona principalmente con el sustrato presentando un óptimo en el sustrato tipo 2 (rocas >1 m) (Modelo IV); se relaciona negativamente con la profundidad y la concentración de nitratos (Modelo II) y se ajusta a un modelo asintótico (Modelo III) con el fosfato y la irradiación, con una asíntota de abundancias altas por encima de los $1000 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para la irradiación y de $2,2 \mu\text{g at L}^{-1}$, para la concentración de fosfatos (Tab. 6.9, Fig. 6.8).

Ascoseira mirabilis presenta relaciones uniformes con las concentraciones de nitratos y fosfatos (Modelo I). La densidad de esta especie se relaciona con profundidades menores a 5 m, presentando un óptimo a los 3 m; se relaciona asimismo con sustratos de tipo 1 (roca sólida) y 2 (rocas >1 m) y presenta un óptimo en los niveles de irradiación del orden de $800 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Modelo IV) (Tab. 6.9, Fig. 6.9).

Tabla 6.9: Ajuste a modelos jerárquicos HOF ($p < 0,05$) de las curvas respuesta de abundancia en función de las variables ambientales seleccionados por el CCA (forward): profundidad (m), irradiación ($\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$), nitratos ($\mu\text{g at L}^{-1}$), fosfatos ($\mu\text{g at L}^{-1}$), sustrato (%). Se indican los estimadores de los modelos ajustados (ver texto).

Especie	Profundidad	Sustrato	Irradiación	Nitratos	Fosfatos
Ulvophyceae					
<i>Monostroma harti</i>	Modelo II a= 1,71 b= 23,87 c= -∞ d= 0	Modelo II a= 2,15 b= 4,94 c= -∞ d= 0	Modelo III a= 3,90 b= -13,21 c= 1,69 d= -13,21	Modelo I A= 3,26 B= 0 C= -∞ D= 0	Modelo II a= 5,34 b= -4,88 c= -∞ d= 0
Phaeophyceae					
<i>Adenocystis utricularis</i>	Modelo II a= 0,39 b= 36,26 c= -∞ d= 0	Modelo IV a= -0,61 b= 10,94 c= 1,54 d= 10,94	Modelo III a= 4,57 b= -18,33 c= 1,26 d= -18,33	Modelo II A= 1,97 B= 1,94 C= -∞ D= 0	Modelo III a= 6,93 b= -20,08 c= 1,55 d= -20,08
<i>Ascoseira mirabilis</i>	Modelo IV a= 0,07 b= 15,20 c= 2,62 d= 15,20	Modelo IV a= 0,73 b= 9,60 c= 2,20 d= 9,60	Modelo IV a= -2,84 b= 11,83 c= 5,41 d= 11,83	Modelo I A= 4,10 B= 0 C= -∞ D= 0	Modelo I a= 4,10 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Desmarestia anceps</i>	Modelo IV a= -2,74 b= 6,62 c= 5,28 d= 6,62	Modelo IV a= -5,13 b= 13,94 c= 7,68 d= 13,94	Modelo IV a= -0,61 b= 35,46 c= 3,43 d= 35,46	Modelo II A= 4,82 B= -1,59 C= -∞ D= 0	Modelo I a= 4,02 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Desmarestia menziesii</i>	Modelo IV a= -0,40 b= 9,42 c= 2,21 d= 9,42	Modelo IV a= -3,04 b= 12,31 c= 4,78 d= 12,31	Modelo V a= 1,68 b= 5,55 c= 2,66 d= 43,37	Modelo IV A= -3,29 B= 7,26 C= 5,63 D= 7,26	Modelo I a= 3,33 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Himantothallus grandifolius</i>	Modelo IV a= -7,12 b= 9,07 c= 8,43 d= 9,07	Modelo IV a= -8,01 b= 16,79 c= 9,75 d= 16,79	Modelo IV a= 0,29 b= 41,32 c= 2,18 d= 41,32	Modelo I A= 3,69 B= 0 C= -∞ D= 0	Modelo I a= 3,69 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Phaeurus antarcticus</i>	Modelo V a= 1,32 b= 16,94 c= 1,45 d= 222,74	Modelo IV a= 0,21 b= 8,69 c= 2,82 d= 8,69	Modelo V a= -17,86 b= 38,63 c= 5,28 d= 7,01	Modelo I A= 4,01 b= 0 c= -∞ d= 0	Modelo II a= 5,47 b= -3,64 c= -∞ d= 0

Especie	Profundidad	Sustrato	Irradiación	Nitratos	Fosfatos
Rhodophyceae					
<i>Ballia callitricha</i>	Modelo II a= 5,67 b= -2,38 c= -∞ d= 0	Modelo IV a= -6,15 b= 15,08 c= 9,17 d= 15, 08	Modelo V a= 2,88 b= 19,09 c= 1,53 d= 139,31	Modelo I a= 4,46 b= 0 c= -∞ d= 0	Modelo I a= 4,46 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Curdiea racovitzae</i>	Modelo IV a= -0,11 b= 12,01 c= 2,46 d= 12,01	Modelo IV a= -1,74 b= 9,78 c= 4,55 d= 9,78	Modelo IV a= -1,82 b= 13,60 c= 4,38 d= 13,60	Modelo IV a= -3,73 b= 9,61 c= 6,55 d= 9,61	Modelo IV a= -3,19 b= 8,95 c= 5,81 d= 8,95
<i>Georgiella confluens</i>	Modelo IV a= -5,16 b= 8,78 c= 8,77 d= 8,78	Modelo IV a= -3,03 b= 11,41 c= 7,34 d= 11,41	Modelo IV a= 4,89 b= -56,59 c= -0,91 d= -56,59	Modelo II a= 6,22 b= -1,96 c= -∞ d= 0	Modelo I a= 5,20 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Gigartina skotsbergii</i>	Modelo II a= 2,43 b= 6,33 c= -∞ d= 0	Modelo IV a= -2,48 b= 11,87 c= 5,29 d= 11,87	Modelo IV a= -2,18 b= 13,85 c= 4,86 d= 13,85	Modelo I a= 4,04 b= 0 c= -∞ d= 0	Modelo V a= 0,84 b= 4,49 c= 8,02 d= 23,00
<i>Iridaea cordata</i>	Modelo II a= 0,49 b= 9,06 c= -∞ d= 0	Modelo II a= 0,48 b= 5,11 c= -∞ d= 0	Modelo V a= 3,40 b= -67,01 c= 2,12 d= 3,62	Modelo I a= 1,74 b= 0 c= -∞ d= 0	Modelo II a= 3,06 b= -3,06 c= -∞ d= 0
<i>Kallymenia antarctica</i>	Modelo IV a= -2,24 b= 12,61 c= 5,74 d= 12,61	Modelo IV a= -2,57 b= 13,54 c= 6,48 d= 13,54	Modelo V a= 0,76 b= 20,28 c= 6,64 d= 73,03	Modelo IV a= -3,90 b= 11,07 c= 8,06 d= 11,07	Modelo I a= 4,97 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Myriogramme mangini</i>	Modelo IV a= -1,38 b= 8,78 c= 5,59 d= 8,78	Modelo IV a= -1,70 b= 16,01 c= 5,79 d= 16,01	Modelo IV a= -1,81 b= 16,98 c= 6,05 d= 16,98	Modelo IV a= -1,01 b= 9,01 c= 5,76 d= 9,01	Modelo I a= 5,31 b= 0 c= -∞ d= 0
<i>Palmaria decipiens</i>	Modelo II a= 1,79 b= 10,50 c= -∞ d= 0	Modelo IV a= -2,04 b= 11,04 c= 4,35 d= 11,04	Modelo II a= 4,04 b= -2,02 c= -∞ d= 0	Modelo II a= 2,78 b= 2,09 c= -∞ d= 0	Modelo III a= 5,07 b= 16,72 c= 2,76 d= -16,72
<i>Plocamium cartilagineum</i>	Modelo IV a= -2,72 b= 5,06 c= 4,70 d= 5,06	Modelo IV a= -4,26 b= 11,35 c= 6,24 d= 11,35	Modelo IV a= -0,49 b= 25,32 c= 2,78 d= 25,32	Modelo II a= 4,39 b= -1,83 c= -∞ d= 0	Modelo I a= 3,46 b= 0 c= -∞ d= 0

La densidad de *Desmarestia anceps* no se relaciona con una concentración particular de fosfatos (Modelo I), pero presenta una respuesta monótona creciente respecto a la concentración de nitratos (modelo II). Esta especie se relaciona principalmente con la profundidad, sustrato y la irradiación (Modelo IV), presentando un óptimo a 18 m de profundidad, sustrato intermedio entre el tipo 4 y 5 (rodados de 20 cm) y valores de irradiación del orden de los $200 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.10).

La abundancia de *Desmarestia menziesii* presenta una respuesta uniforme con las concentraciones de fosfatos (Modelo I). Esta especie se relaciona con aguas poco profundas en las que presenta un óptimo a los 5 m (Modelo IV), se relaciona asimismo con sustratos intermedios de las fracciones tipo 3 y 4 (rodados 50 cm) y también con concentraciones de nitratos con un óptimo de $22 \mu\text{g at L}^{-1}$ (Modelo IV). la densidad de esta especie se relaciona también con la irradiación presentando un óptimo a los $250 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Modelo V: modelo unimodal asimétrico) (Tab. 6.9, Fig. 6.11).

Himantothallus grandifolius presenta una respuesta uniforme a las diferentes concentraciones de nitratos y fosfatos (Modelo I). Esta especie se relaciona con bajos niveles de irradiación presentando un óptimo en valores menores de $100 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y se relaciona asimismo con sustratos sueltos pertenecientes a la clasificación tipo 5 (rodados 5-19,9 cm) (Modelo IV). Se ajusta a un modelo unimodal asimétrico (Modelo V) con las mayores profundidades presentando un óptimo a los 25 m (Tab. 6.9, Fig. 6.12).

La abundancia de *Phaeurus antarcticus* no se relaciona con la concentración de nitratos (Modelo I). Su densidad presenta una respuesta monótona creciente con las concentraciones de fosfatos (Modelo II), se relaciona con el sustrato (Modelo IV) presentando un óptimo en el sustrato tipo 2 (rocas >1 m). Se ajusta a un modelo unimodal asimétrico (Modelo V) con la profundidad con un óptimo a 2 m y la irradiación en $900 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.13).

Con referencia a las Rhodophyceae seleccionadas, *Ballia callitricha* presenta una respuesta uniforme a las concentraciones de nitratos y fosfatos (Modelo I). Su abundancia se relaciona positivamente con la profundidad (Modelo II), asimismo presenta una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) al sustrato, con un

óptimo en la fracción compuesta por rodados 5-19,9 cm (tipo 5). Con respecto a la irradiación se ajusta a un modelo unimodal asimétrico (Modelo V) presentando un máximo a los $100 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.14).

La densidad de *Curdiea racovitzae* presenta una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con referencia a todos los factores ambientales seleccionados, presentando un óptimo a los 5 m, en el sustrato constituido por rocas 20-49,9 cm (tipo 4), en las concentraciones de nitratos y fosfatos del orden de 21,0 y $2,5 \mu\text{g at L}^{-1}$ respectivamente y valores de irradiación de $500 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.15).

Georgiella confluens presenta una respuesta uniforme a las concentraciones de fosfatos (Modelo I). Su abundancia presenta una respuesta monótona creciente con las concentraciones de nitratos (Modelo II). A su vez se observa una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con referencia a la profundidad, sustrato e irradiación, presentando un óptimo a los 22 m de profundidad, valores de irradiación de $170 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y sustrato constituido por rodados de 20 cm (Tab. 6.9, Fig. 6.16).

La abundancia de *Gigartina skottsbergii* presenta una respuesta uniforme con las concentraciones de nitratos (Modelo I); una respuesta monótona decreciente con la profundidad (Modelo II) y una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con respecto a irradiación y al sustrato, mostrando un óptimo en $600 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y en rocas 20-49,9 cm (tipo 4). Con respecto a los fosfatos se ajusta a un modelo unimodal asimétrico (Modelo V) presentando un máximo en $2,2 \mu\text{g at L}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.17).

La densidad de *Iridaea cordata* presenta una respuesta uniforme con las concentraciones de nitratos (Modelo I), monótona decreciente con el sustrato y la profundidad y monótona creciente con las concentraciones de fosfatos (Modelo II). Con respecto a la irradiación se ajusta a un modelo unimodal asimétrico (Modelo V) (Tab. 6.9, Fig. 6.18).

Kallymenia antarctica presenta una relación uniforme con las concentraciones de fosfatos (Modelo I), una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con respecto a la profundidad, el sustrato y las concentraciones de nitratos, mostrando un óptimo a 10 m, rocas 20-49,9 cm (tipo 4) y $21 \mu\text{g at L}^{-1}$ respectivamente. Con respecto a la irradiación se ajusta a un modelo unimodal asimétrico (Modelo V) con un óptimo en $250 \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.19).

Myriogramme mangini presenta una respuesta uniforme con las concentraciones de fosfatos (Modelo I). Su densidad se ajusta a una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con respecto a la profundidad, sustrato y concentraciones de nitratos, presentando un óptimo a los 13 m, sobre rocas 50-100 cm (tipo 3) y concentraciones de nitratos del orden de los $18 \mu\text{g at L}^{-1}$. Con respecto a la irradiación se ajusta a un modelo unimodal simétrico (Modelo IV) con un óptimo en de $500 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.20).

La densidad de *Palmaria decipiens* presenta una respuesta monótona creciente con la irradiación y decreciente con las concentraciones de nitratos y la profundidad (Modelo II). Se ajusta a un modelo de respuesta monótona con asíntota (Modelo III) con las concentraciones de fosfato con una asíntota de abundancias altas por encima de los $2,2 \mu\text{g at L}^{-1}$. Su densidad muestra una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con respecto al sustrato presentando un óptimo sobre rocas 50-100 cm (tipo 3). (Tab. 6.9, Fig. 6.21).

Plocamium cartilagineum presenta una respuesta uniforme con las concentraciones de fosfatos (Modelo I) y una respuesta monótona creciente con las concentraciones de nitratos (Modelo II). Su abundancia se ajusta a una respuesta unimodal simétrica (Modelo IV) con respecto a la profundidad, sustrato e irradiación presentando un óptimo a los 22 m de profundidad, sustrato constituido por rocas 20-49,9 cm (tipo 4) y rodados 5-19,9 cm (tipo 5) y valores de irradiación del orden de los $200 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tab. 6.9, Fig. 6.22).

Un resumen de lo antes expuesto se presenta en la Tabla 6.10

Tabla 6.10: Resumen de la respuesta de las especies a los diferentes modelos HOF.

Modelo HOF	Profundidad	Sustrato	Irradiación	Nitratos	Fosfatos
I				<i>M. hariatii</i> <i>A. mirabilis</i> <i>H. grandifolius</i> <i>P. antarcticus</i> <i>B. callitricha</i> <i>G. skottsbergii</i> <i>I. cordata</i>	<i>A. mirabilis</i> <i>D. anceps</i> <i>D. menziesii</i> <i>H. grandifolius</i> <i>B. callitricha</i> <i>G. confluens</i> <i>K. antarctica</i> <i>M. mangini</i> <i>P. cartilagineum</i>
II	<i>M. hariatii</i> <i>A. utricularis</i> <i>B. callitricha</i> <i>G. skottsbergii</i> <i>I. cordata</i> <i>P. decipiens</i>	<i>M. hariatii</i> <i>I. cordata</i>	<i>P. decipiens</i>	<i>A. utricularis</i> <i>D. anceps</i> <i>G. confluens</i> <i>P. decipiens</i> <i>P. cartilagineum</i>	<i>M. hariatii</i> <i>P. antarcticus</i> <i>I. cordata</i>
III			<i>M. hariatii</i> <i>A. utricularis</i>		<i>A. utricularis</i> <i>P. decipiens</i>
IV	<i>A. mirabilis</i> <i>D. anceps</i> <i>D. menziesii</i> <i>H. grandifolius</i> <i>C. racovitzae</i> <i>G. confluens</i> <i>K. antarctica</i> <i>M. mangini</i> <i>P. cartilagineum</i>	<i>A. utricularis</i> <i>A. mirabilis</i> <i>D. anceps</i> <i>D. menziesii</i> <i>H. grandifolius</i> <i>P. antarcticus</i> <i>B. callitricha</i> <i>C. racovitzae</i> <i>G. confluens</i> <i>G. skottsbergii</i> <i>K. antarctica</i> <i>M. mangini</i> <i>P. decipiens</i> <i>P. cartilagineum</i>	<i>A. mirabilis</i> <i>D. anceps</i> <i>H. grandifolius</i> <i>C. racovitzae</i> <i>G. confluens</i> <i>G. skottsbergii</i> <i>M. mangini</i> <i>P. cartilagineum</i>	<i>D. menziesii</i> <i>C. racovitzae</i> <i>K. antarctica</i> <i>M. mangini</i>	<i>C. racovitzae</i>
V	<i>P. antarcticus</i>		<i>D. menziesii</i> <i>P. antarcticus</i> <i>B. callitricha</i> <i>I. cordata</i> <i>K. antarctica</i>		<i>G. skottsbergii</i>

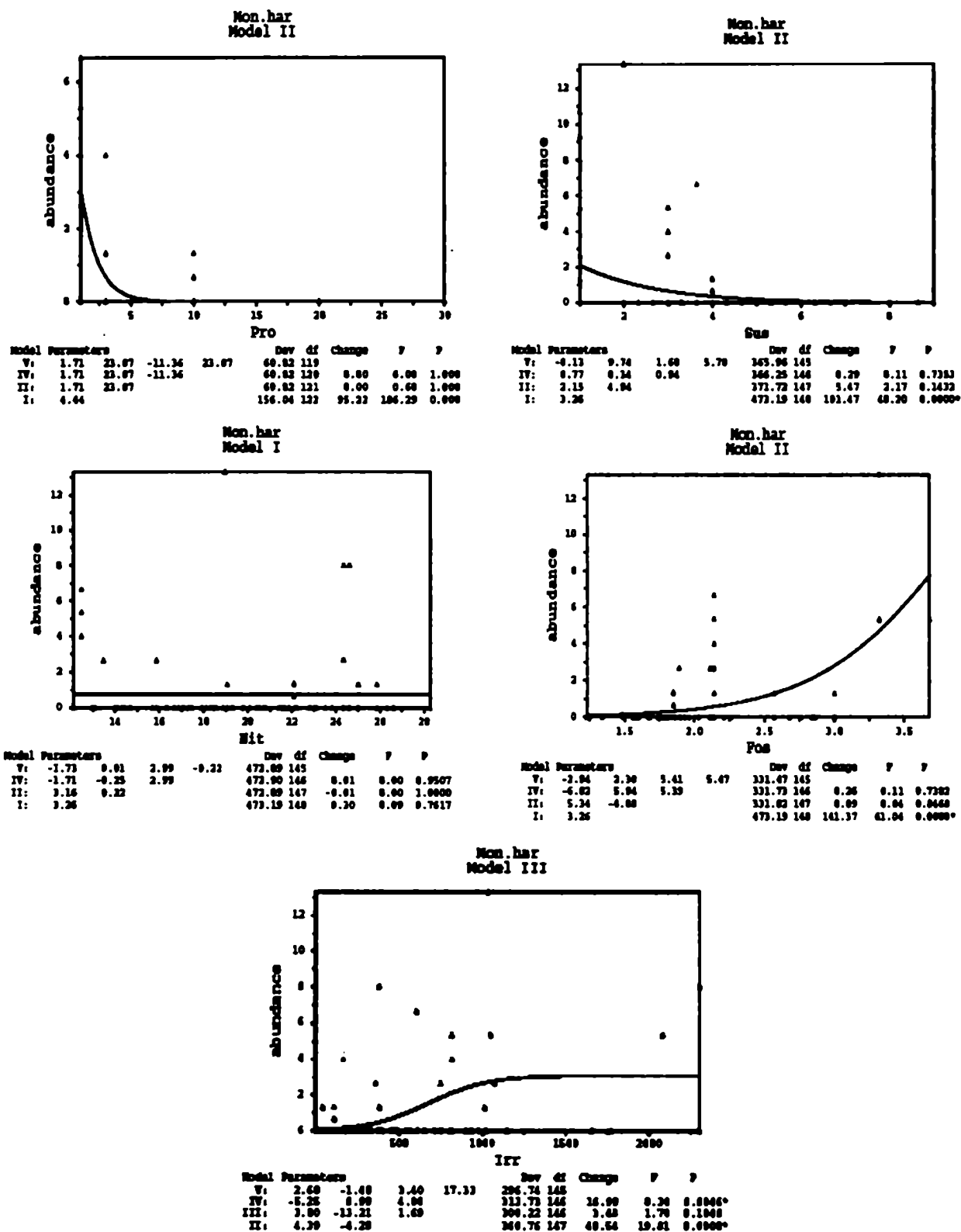


Figura 6.7: Curvas respuesta de las densidades de *Monostroma hariotii* (Mon.har) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

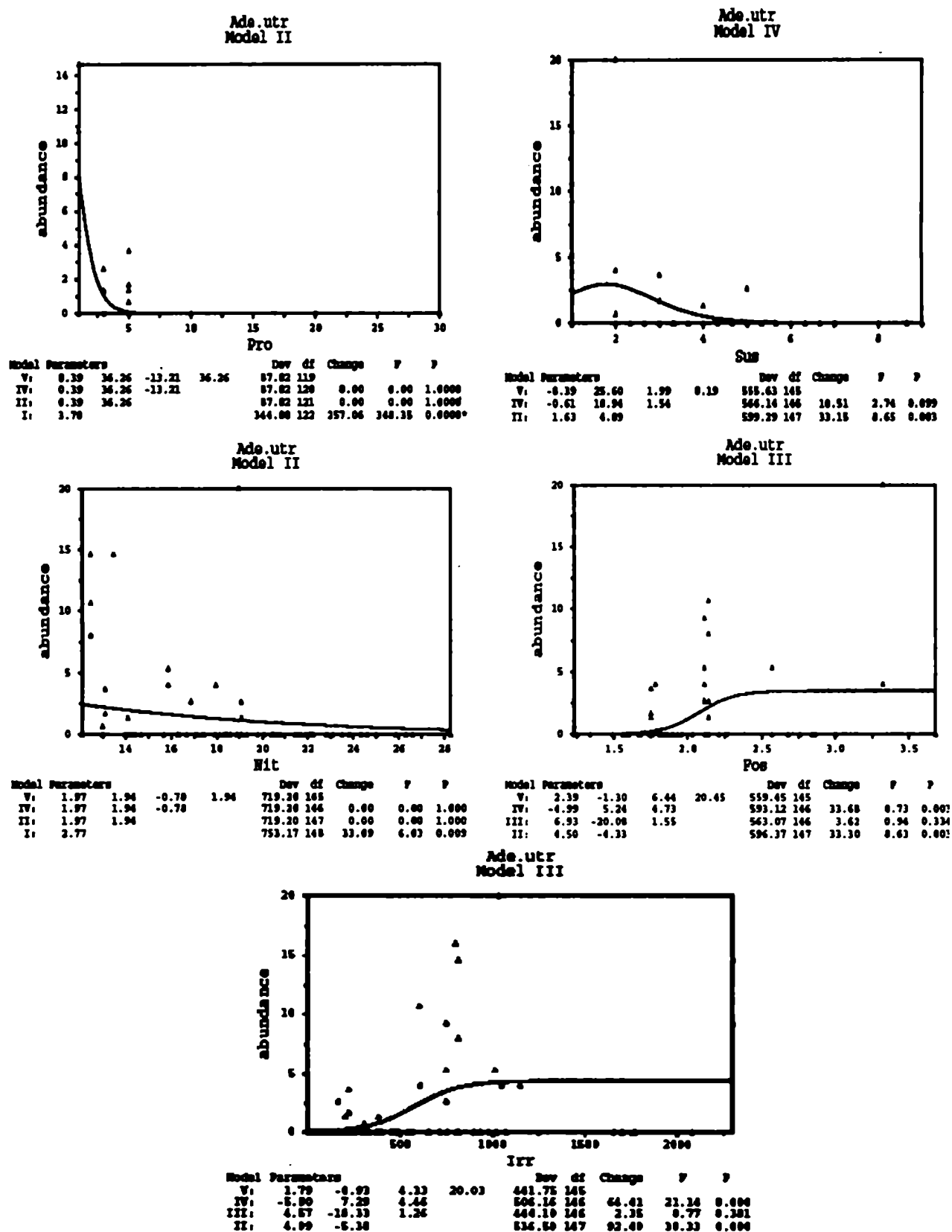


Figura 6.8: Curvas respuesta de las densidades de *Adenocystis utricularis* (Ade.utr) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

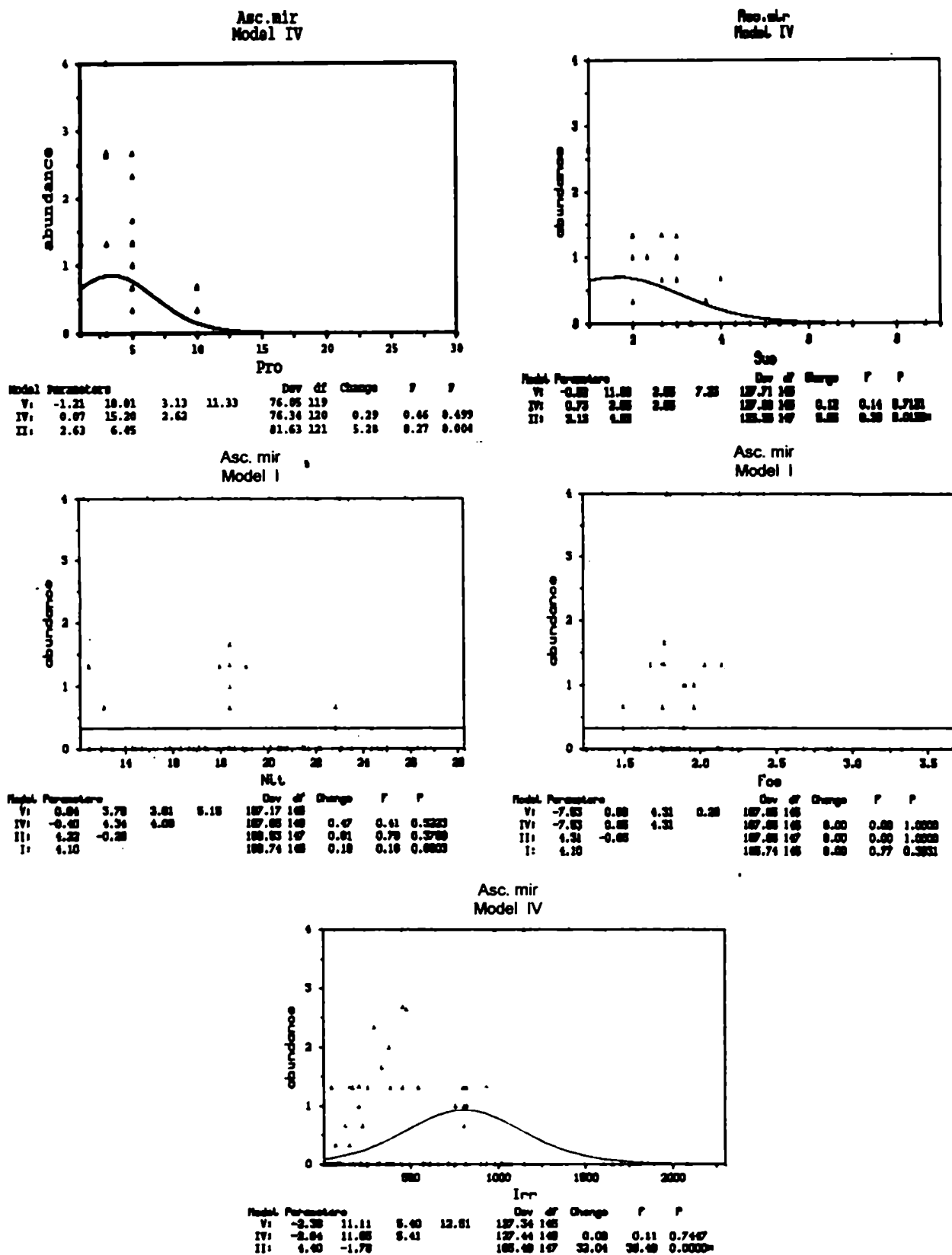


Figura 6.9: Curvas respuesta de las densidades de *Ascoseira mirabilis* (Asc.mir) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

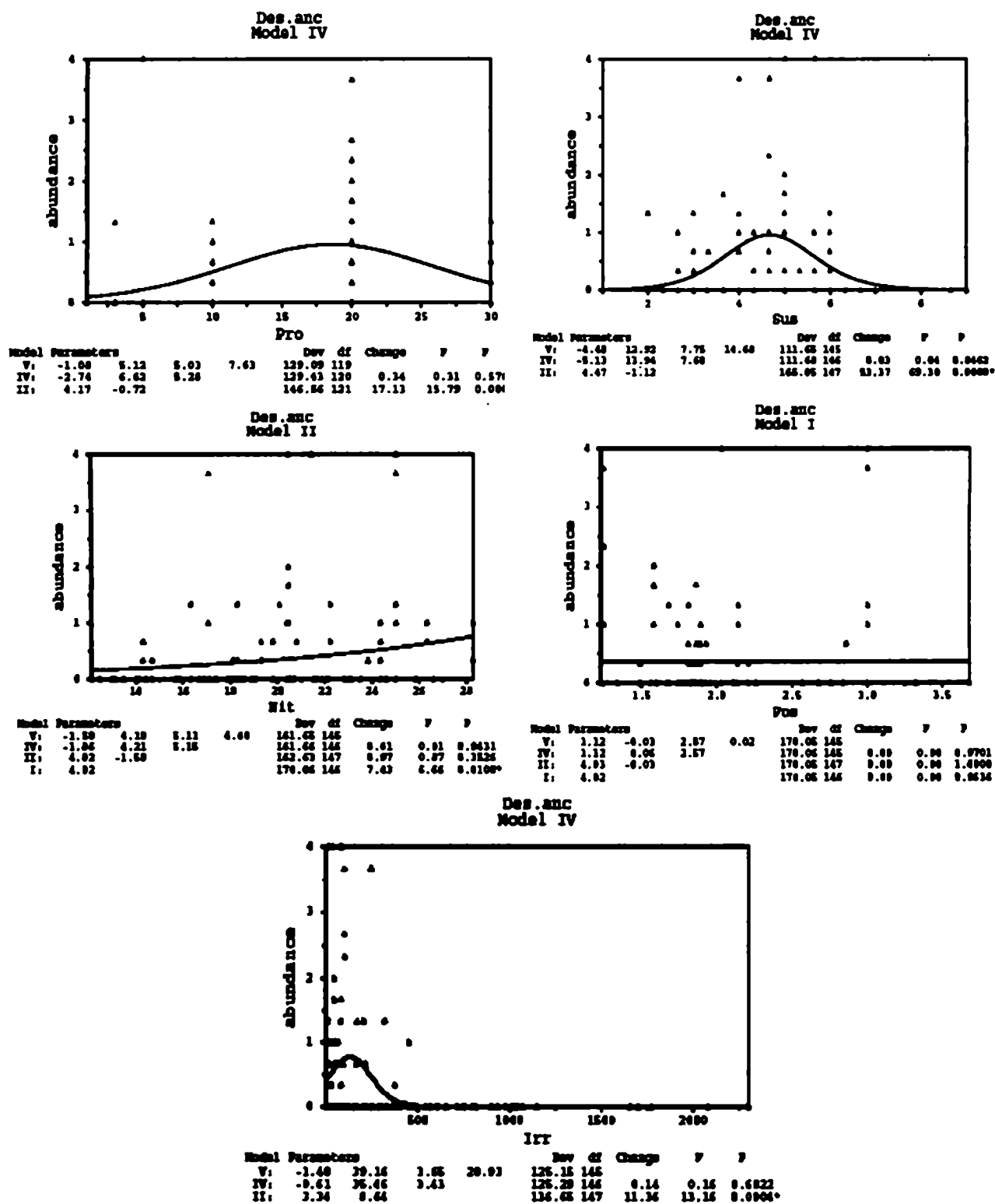


Figura 6.10: Curvas respuesta de las densidades de *Desmarestia anceps* (Des.anc) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

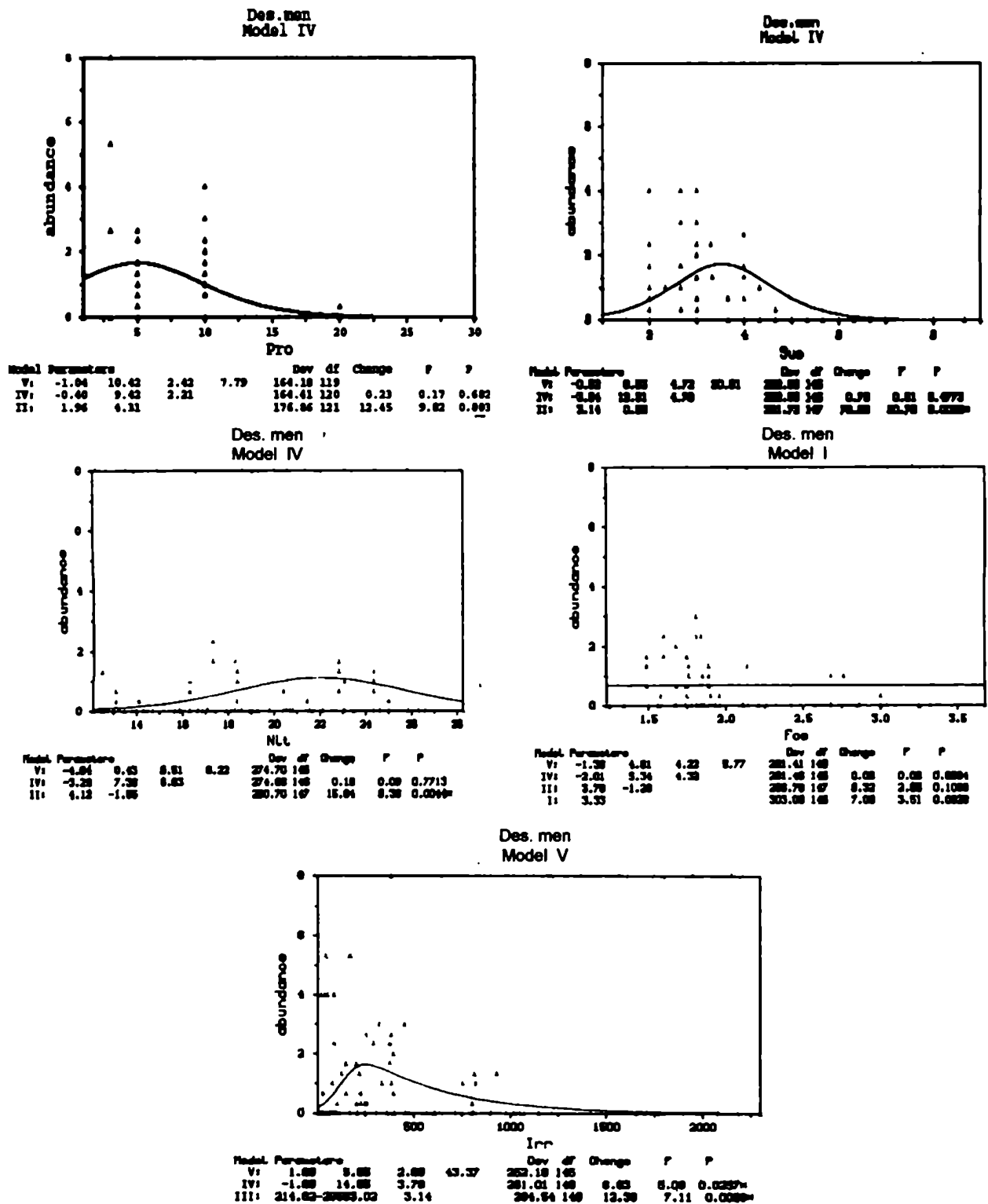


Figura 6.11: Curvas respuesta de las densidades de *Desmarestia menziesii* (Des. men) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

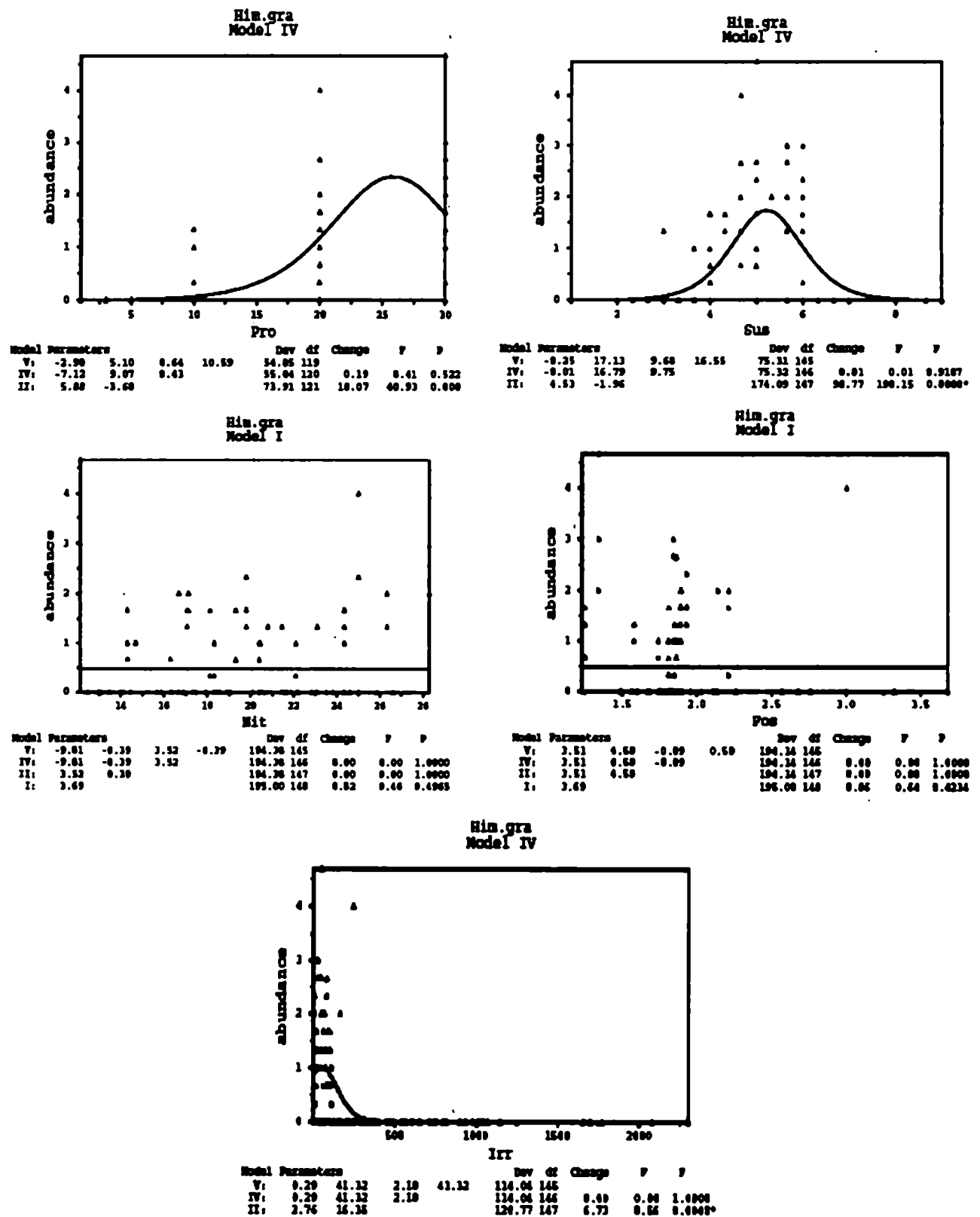


Figura 6.12: Curvas respuesta de las densidades de *Himantothallus grandifolius* (Him.gra) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

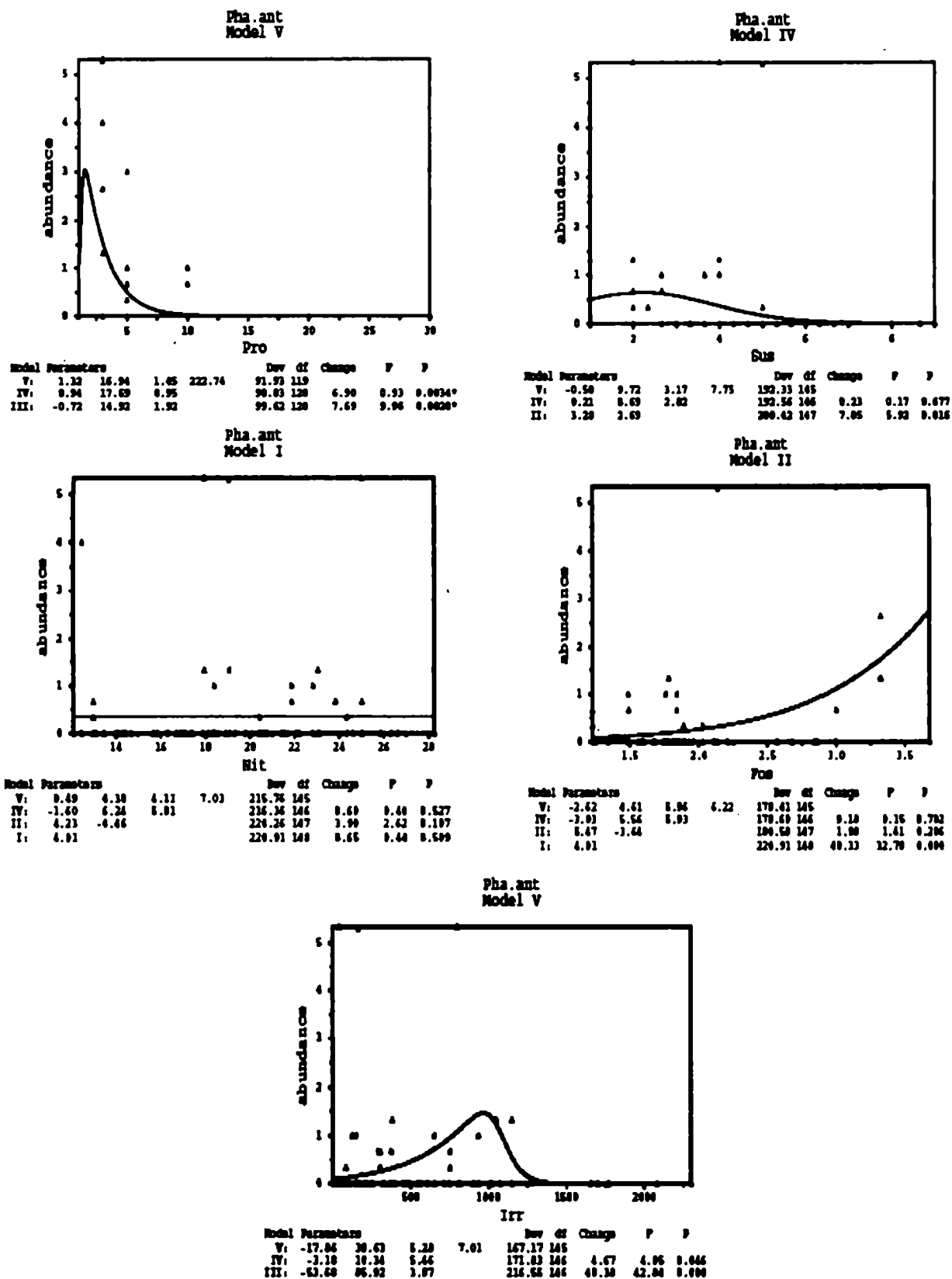


Figura 6.13: Curvas respuesta de las densidades de *Phaeurus antarcticus* (Pha.ant) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

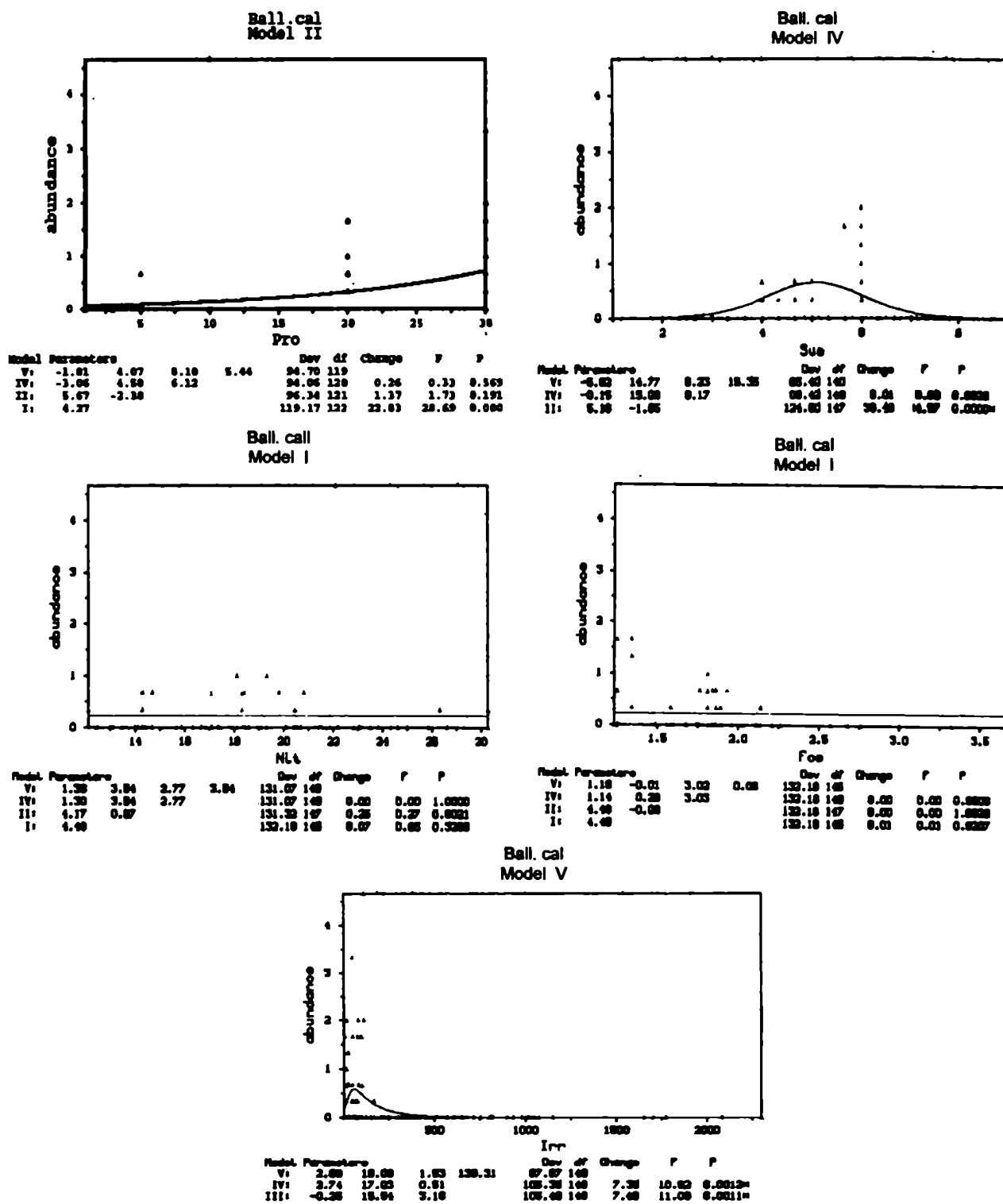


Figura 6.14: Curvas respuesta de las densidades de *Ballia callitricha* (Bal.cal) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

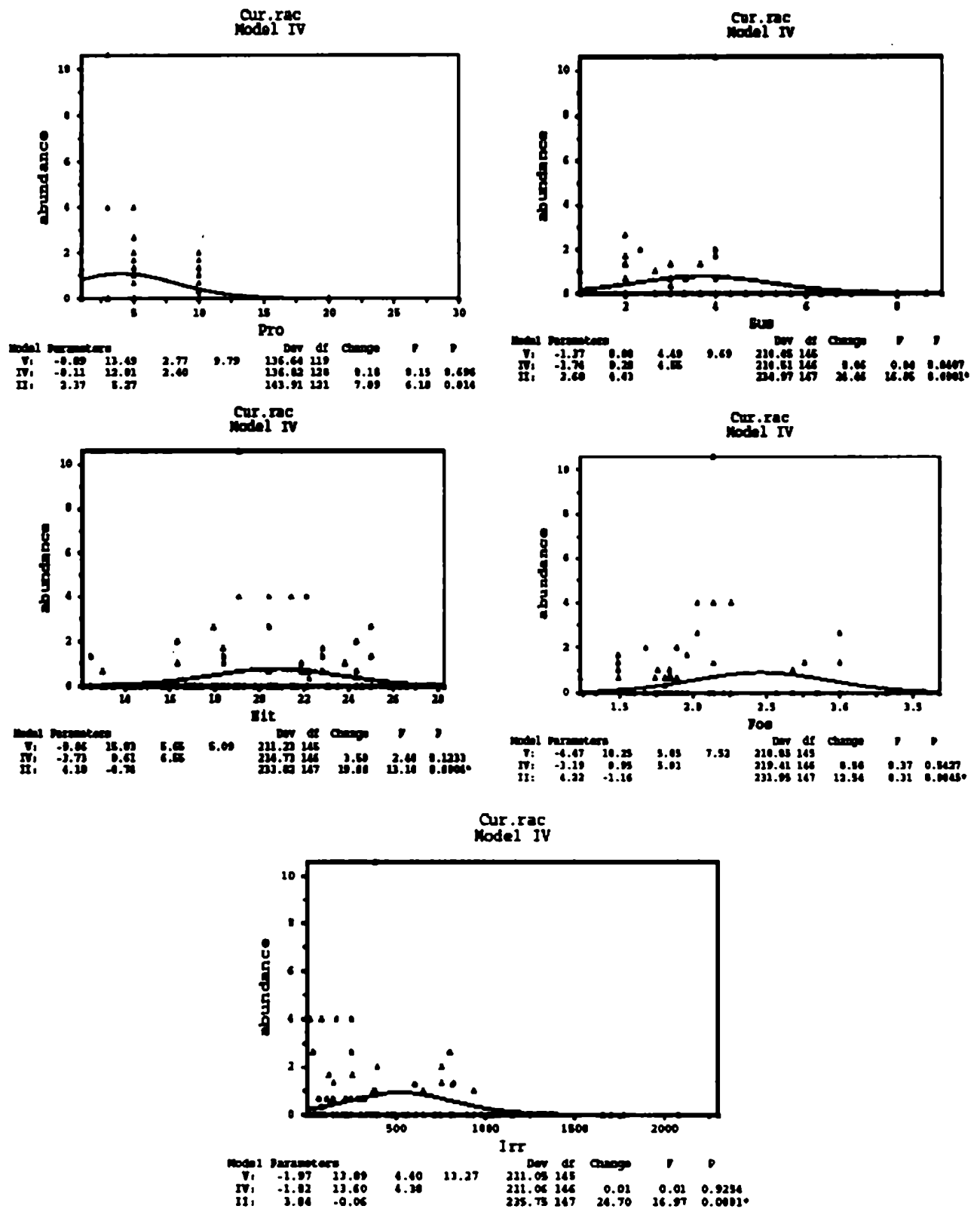


Figura 6.15: Curvas respuesta de las densidades de *Curdia racovitzae* (Cur.rac) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

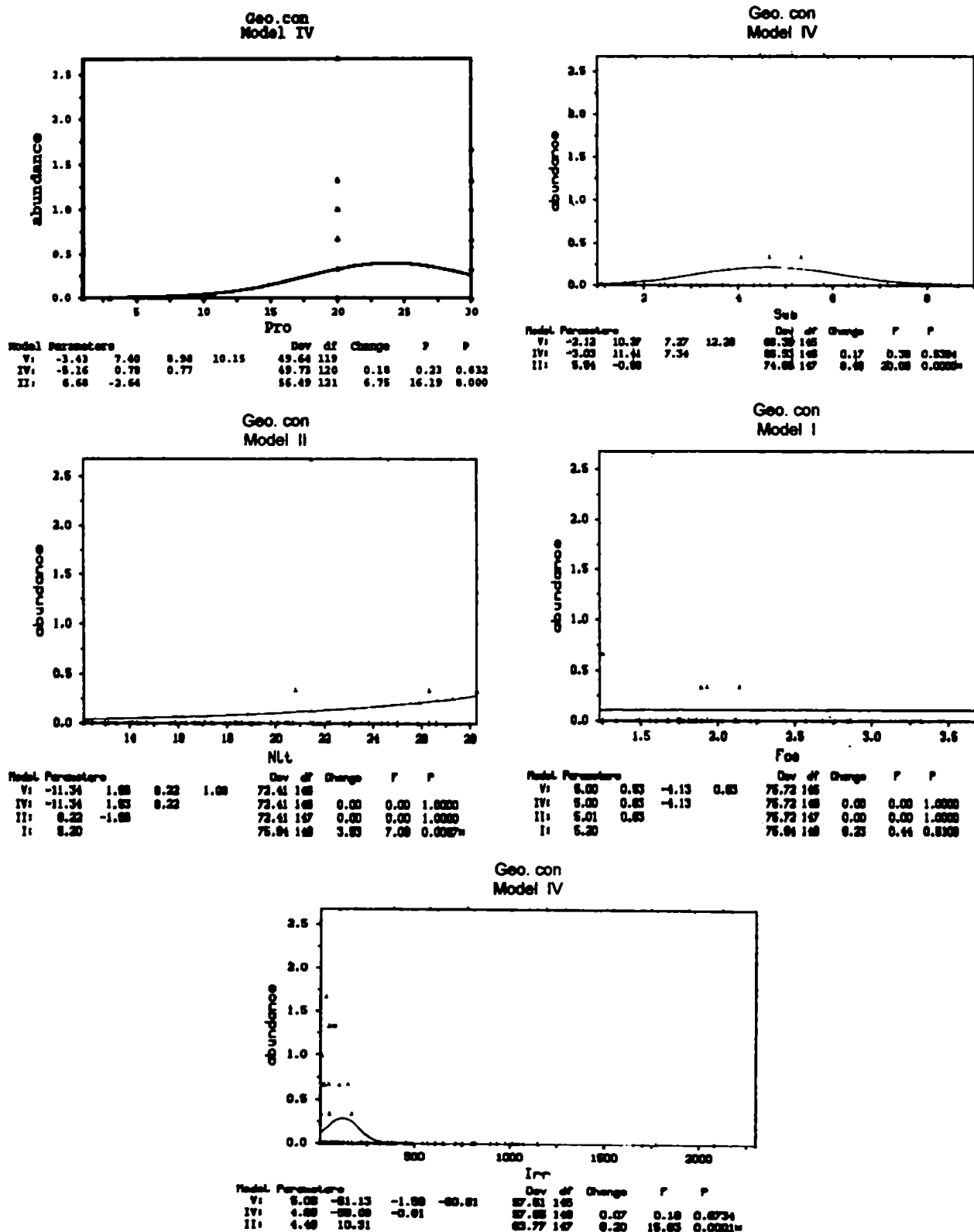


Figura 6.16: Curvas respuesta de las densidades de *Georgiella confluens* (Geo.con) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

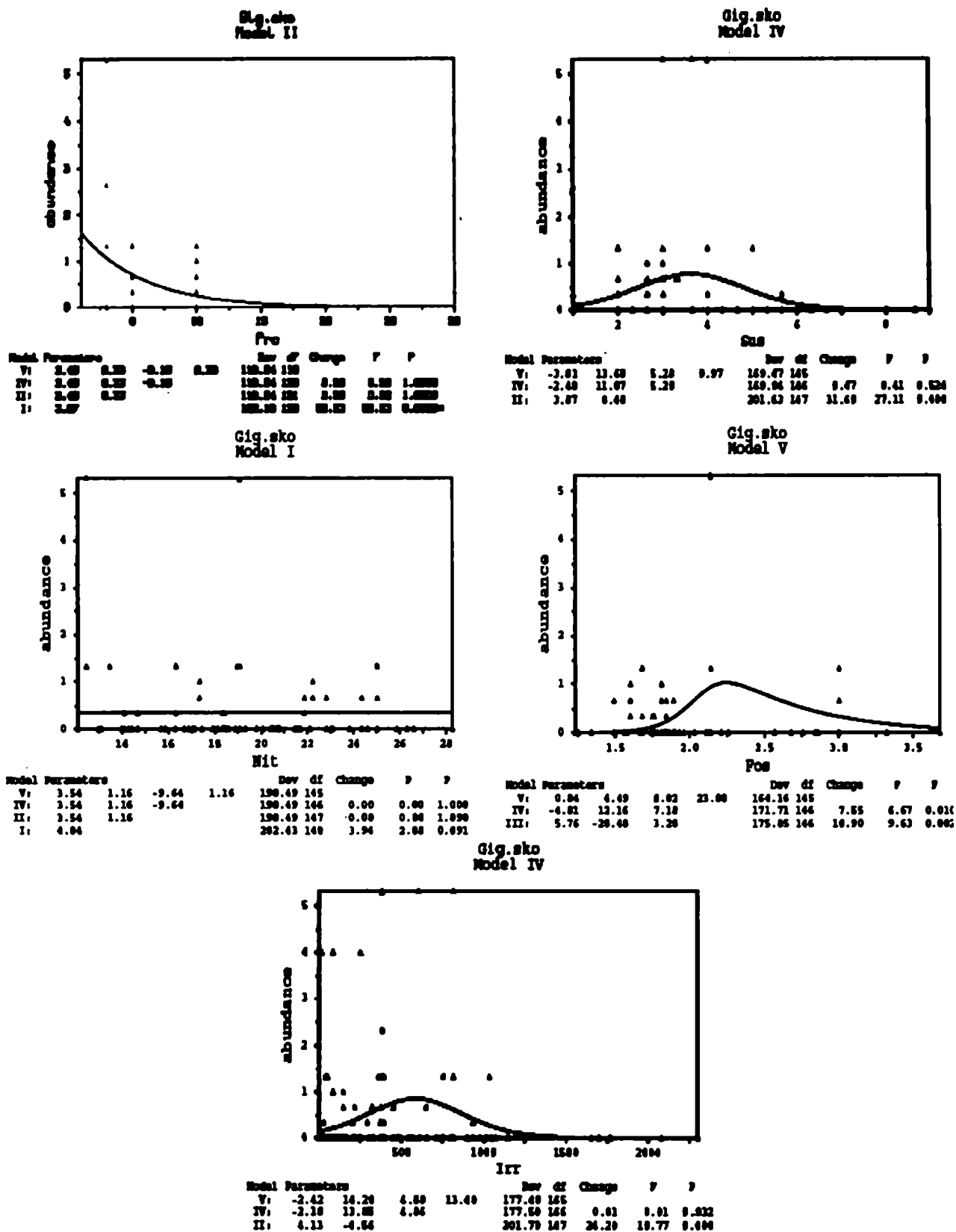


Figura 6.17: Curvas respuesta de las densidades de *Gigartina skottsbergii* (Gig.sko) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

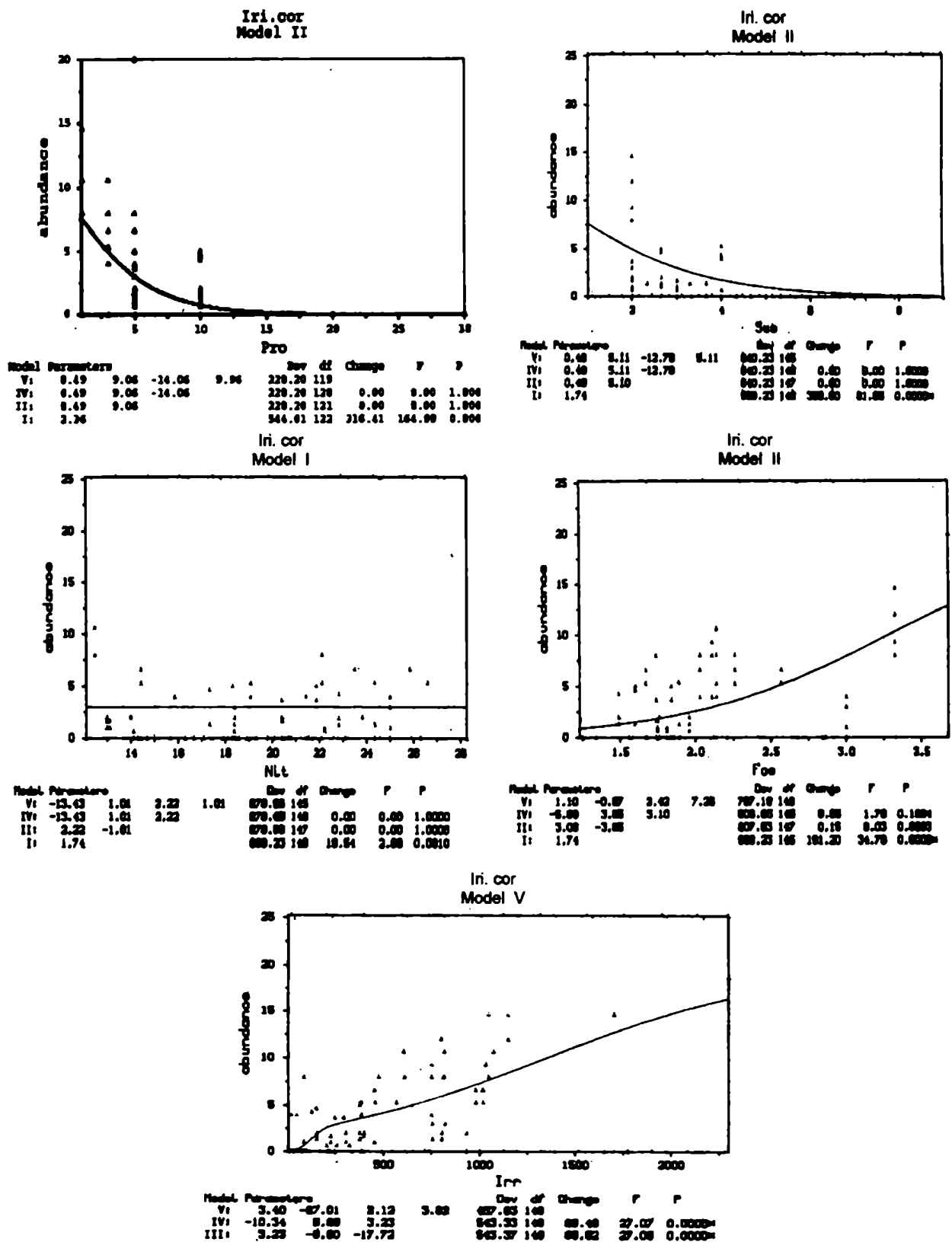


Figura 6.18: Curvas respuesta de las densidades de *Iridaea cordata* (Iri.cor) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

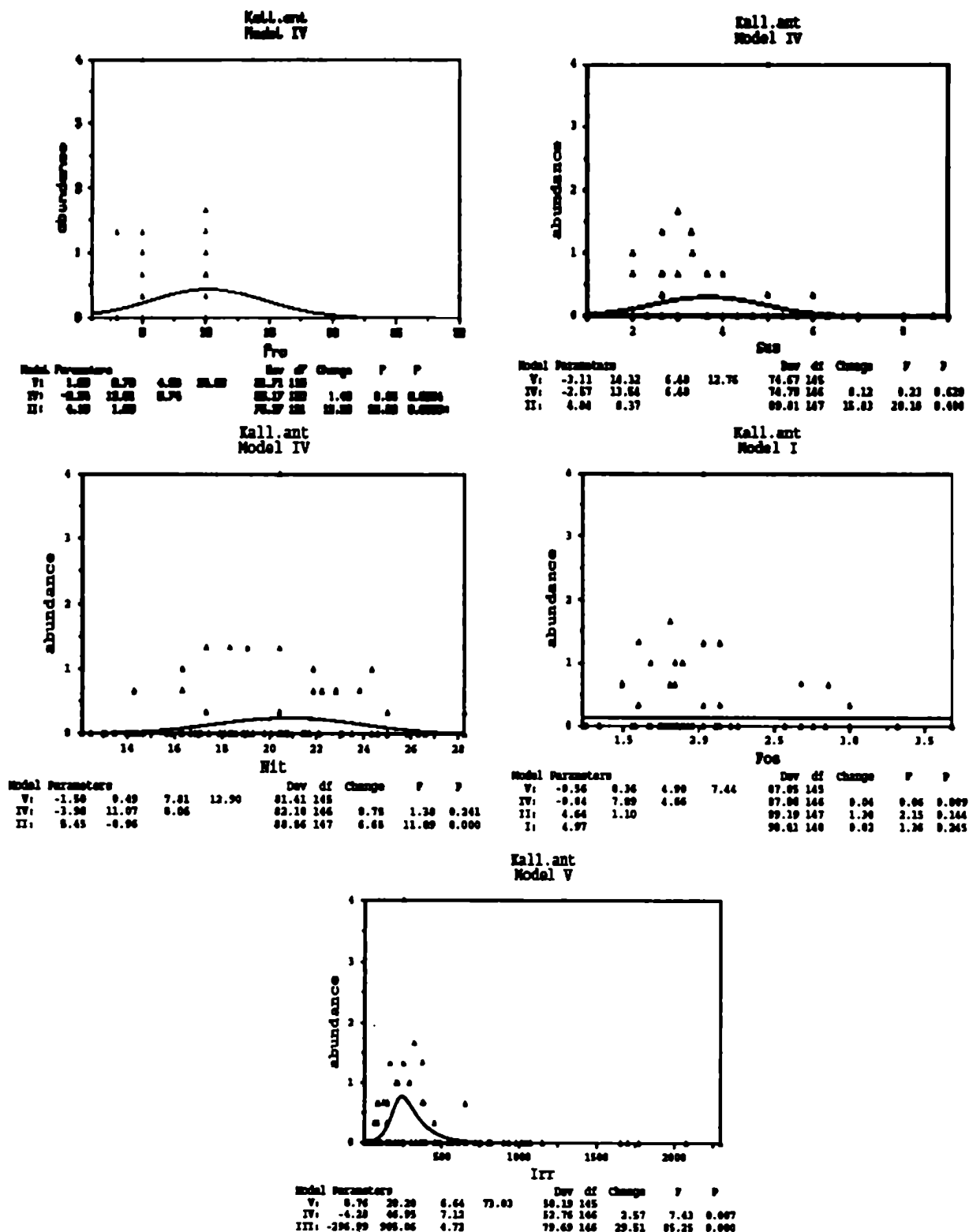


Figura 6.19: Curvas respuesta de las densidades de *Kallymenia antarctica* (Kal.ant) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

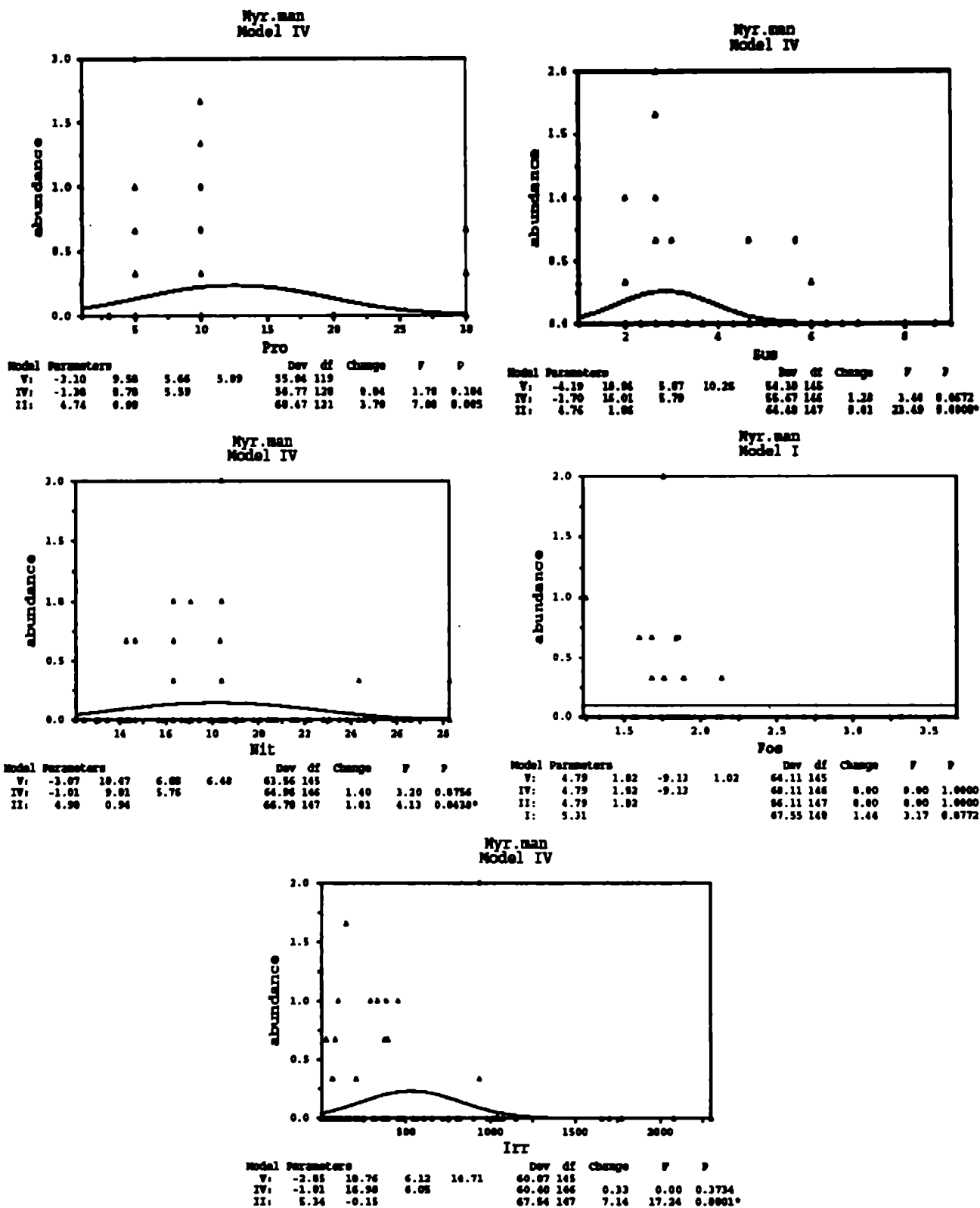


Figura 6.20: Curvas respuesta de las densidades de *Myriogramme mangini* (Myr.man) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

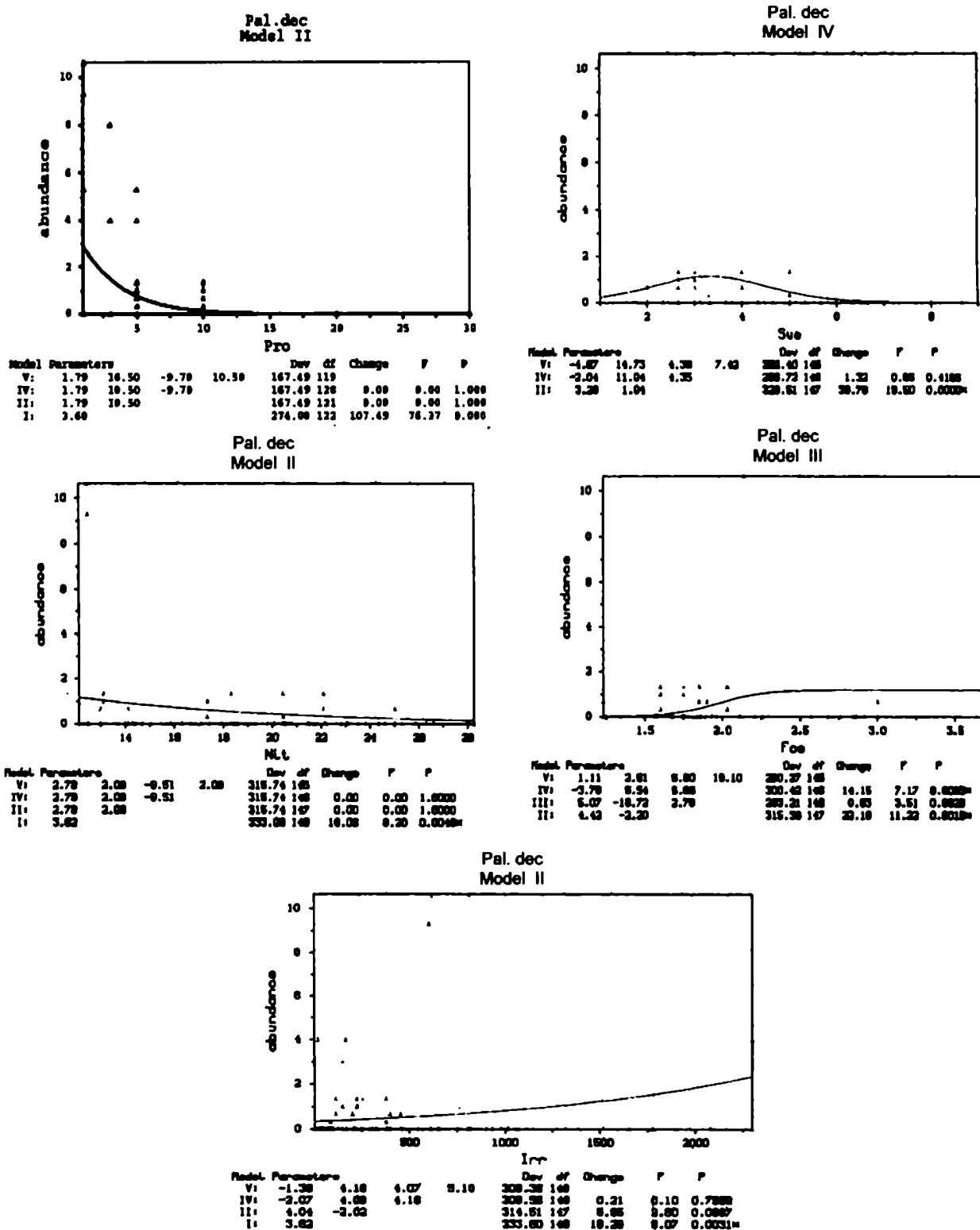


Figura 6.21: Curvas respuesta de las densidades de *Palmaria decipiens* (Pal.dec) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

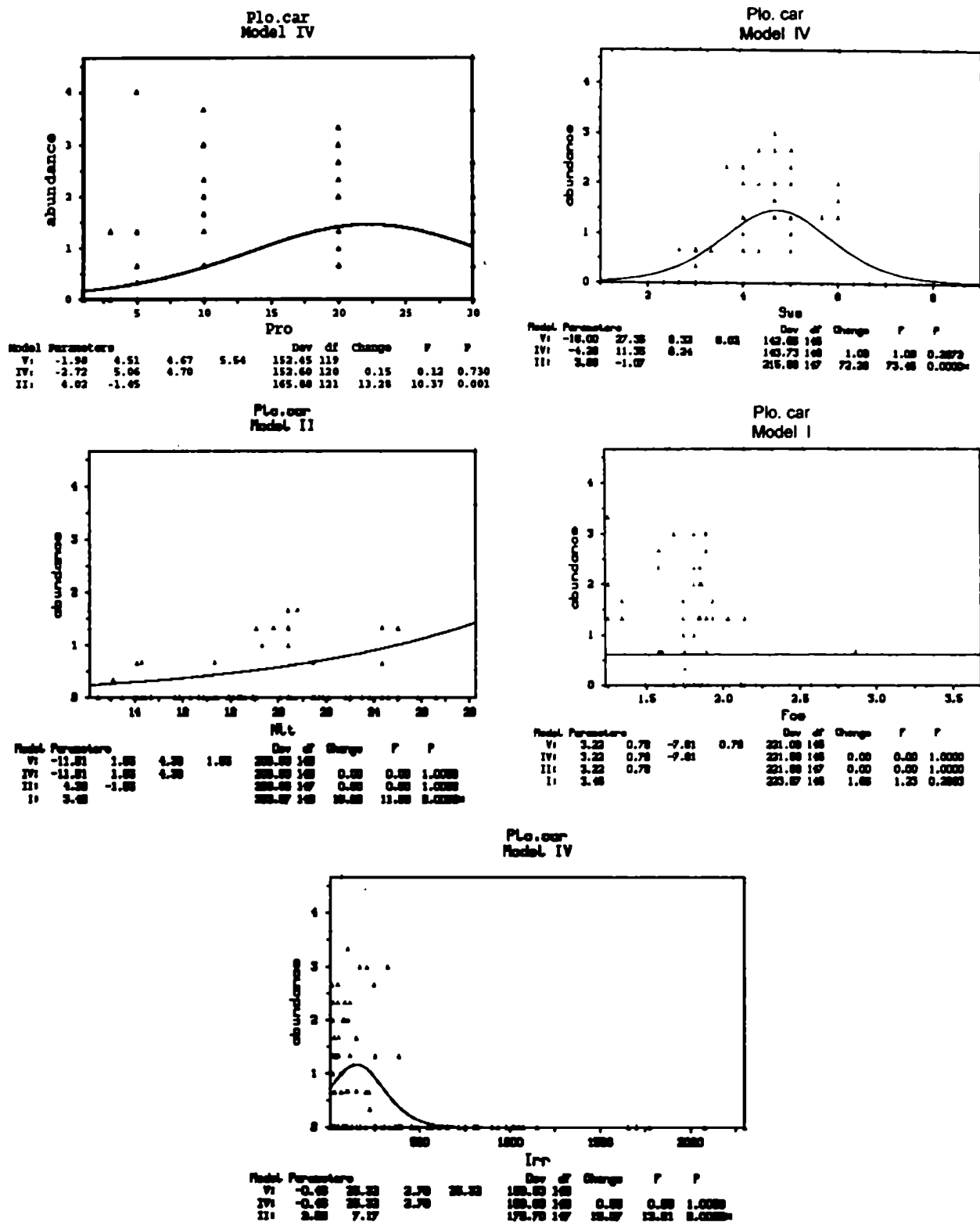


Figura 6.22: Curvas respuesta de las densidades de *Plocarium cartilagineum* (Plo. car) a los factores ambientales: profundidad (Pro), sustrato (Sus), nitratos (Nit), fosfatos (Fos) e irradiación (Irr). Abundancia (abundance)

DISCUSION

El desarrollo estacional de las macroalgas está condicionado por la luz, la temperatura y los nutrientes. Los ambientes marinos polares están caracterizados por variaciones extremas de irradiación, cambios estacionales relacionados con la período luminoso diario y bajas temperaturas del agua (Wiencke, 1996; Klöser, 1994b). En el presente estudio dichos factores no aparecen como significativos debido a que las observaciones fueron realizadas en su mayoría, en el período estival.

En los CCA correspondientes a las muestras basadas en datos de biomasa y de densidad se observa la separación sobre el primer eje de las muestras que definen el primer nivel de corte del TWINSPAN, reflejando la relación entre las estaciones de muestreo y la profundidad. En ambos análisis las muestras se separan claramente por profundidades e irradiación.

En el análisis por biomasa tiene también importancia la salinidad modificada por el aporte del deshielo. Kirst y Wiencke (1995) sostienen que la salinidad actúa directamente sobre el metabolismo y fisiología de los organismos e indirectamente sobre la estructura de la cobertura de hielo, cuyo grosor incide sobre la disponibilidad de luz.

En el análisis por densidades queda como factor importante el sustrato suelto asociado a las mayores profundidades y a las irradiaciones bajas. También la concentración de nutrientes se evidencia como más importante en el análisis realizado por densidades. La influencia del sustrato sería mayor cuando se considera la densidad debido a que tanto las especies de menor tamaño como los estadios jóvenes de las especies de gran tamaño usualmente son más abundantes en número. A su vez las plantas grandes que dominan el análisis por biomasa se presentan preferentemente en sustratos duros y no responden tanto a la diferenciación en varios tipos de sustrato mientras que la fracción de talos de menor tamaño puede ser más sensible a este factor.

También las concentraciones de fosfatos tienen más incidencia en el análisis por densidades, lo que puede deberse a que las algas grandes pueden almacenar mayores cantidades de nutrientes (luxury consumption) lo que las hace más

independientes de las concentraciones de fosfato que las algas pequeñas (Lobban et al., 1985).

NUTRIENTES

De las 16 especies analizadas mediante los modelos HOF, la mayoría presentó respuesta nula (Modelo I) con respecto a los fosfatos y nitratos.

Sólo cuatro especies (*D. menziesii*, *C. racovitzae*, *K. antarctica*, *M. mangini*) manifestaron óptimos de abundancia a concentraciones relativamente altas de nitratos y tan sólo dos especies (*C. racovitzae* y *G. skottsbergii*) mostraron respuesta a variaciones en el fosfato. Todas estas especies se distribuyen principalmente en el sublitoral superior y central en donde los valores medios de nutrientes registrados fueron de $18,6 \mu\text{g at L}^{-1}$. En Caleta Potter los valores medios registrados en estudios previos (Klöser et al., 1993; Schloss, 1998) están en el orden de $17,24 \mu\text{g at L}^{-1}$ (nitritos +nitratos) y $2,32 \mu\text{g at L}^{-1}$ (fosfatos).

De acuerdo a Wiencke (1996) las concentraciones de nutrientes en la zona antártica se mantienen casi constantes, a su vez Kirst y Wiencke (1995) sostienen que en la Antártida los nutrientes no son limitantes para la mayoría de las especies de macroalgas cuando está presente la cobertura de hielo y en aguas abiertas.

IRRADIACIÓN- PROFUNDIDAD- SUSTRATO

La mayoría de las especies analizadas mostraron una respuesta preferencial en cuanto a los factores ambientales, sustrato, irradiación y profundidad, los cuales están muy relacionados entre sí.

Durante los meses de invierno las macroalgas viven con muy poca luz e inclusive en la oscuridad debido a la latitud y a la formación de la capa de hielo superficial.

El hielo actúa como un agente de disturbio que condiciona la distribución de las macroalgas porque disminuye la penetración de la luz en el agua y por su acción abrasiva (Richardson, 1979; Kirst y Wiencke, 1995). En Alaska, Heine (1989) observó que el hielo incide principalmente en los primeros 12 m de profundidad, provocando una pérdida de biomasa importante. Aunque la incidencia del hielo en las

asociaciones de Caleta Potter no ha sido cuantificada, en el transcurso del estudio se han observado marcas de canales sin presencia de macroalgas que presupondrían el arrastre de las mismas como consecuencia de la acción abrasiva de los témpanos.

Los niveles de irradiación que penetran en el agua, aumentan en primavera (octubre–noviembre), a medida que el grosor de la capa de hielo disminuye hasta finales de diciembre. En Cabo Evans (Mar de Ross), Miller y Pearse (1991) observaron que el crecimiento de *Iridaea cordata* se acelera cuando los niveles de luz en aguas poco profundas aumentan con la ruptura de la capa de hielo en verano.

En Caleta Potter, a fines de verano y otoño nuevamente prevalecen las condiciones de baja luminosidad ocasionada por las aguas turbias de deshielo que desembocan a través de chorrillos a la Caleta (Klöser et al., 1994b).

Las especies antárticas están adaptadas a crecer en bajos niveles de irradiación. *Himantothallus grandifolius* y *Desmarestia anceps* por ejemplo requieren una dosis anual de luz de solamente 31 mol photons m⁻² y en los jóvenes esporofitos de las Desmarestiales, el crecimiento se satura entre 15 y 20 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Wiencke, 1996). Los micro y macrotalos juveniles de las algas pardas son capaces de crecer a muy bajas tasas de flujo lumínico fotónico y el crecimiento se satura a 4-12 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Wiencke, 1990a).

Analizando el curso diario de la irradiación en la primavera de Caleta Potter a diferentes profundidades, Gómez et al. (1997) observaron que los hábitat sublitorales fueron iluminados por un período de 17 a 18 hs por día. A 10 m de profundidad, la dosis diaria de PAR alcanzó 6,7 mol m⁻² mientras que en macroalgas que crecen a 20 y 30 m reciben solamente el 50% y 20 % de este valor respectivamente.

Especies de ambientes poco profundos

Estas especies fueron encontradas principalmente en la restinga de Peñón 1 en donde en condiciones de bajamar quedan al descubierto fosas de marea de diferente tamaño. En bajamar estas algas están muy expuestas a la luz natural y su límite de distribución es la capacidad para tolerar el alto stress lumínico mediante mecanismos de fotoinhibición de la fotosíntesis (Hanelt et al., 1997; Bischof et al., 1998)

Las especies que habitan el mesolitoral o en los primeros metros del sublitoral superior como es el caso de *Monostroma harti*, *Adenocystis utricularis*, *Iridaea cordata* y *Palmaria decipiens* mostraron una marcada preferencia por las rocas sólidas y una alta tolerancia a los niveles altos de irradiación. Estas especies presentaron una respuesta de modelo II, probablemente debido a que no se tomaron muestras por encima del nivel medio de marea. De haberse abarcado esos niveles en el muestreo, posiblemente estas especies hubieran ajustado mejor a un modelo tipo V (respuesta unimodal asimétrica).

Según Kain (1989) de acuerdo al tipo de reproducción y estrategia de vida las mencionadas especies se denominan “seasonal responders” (especies con respuesta estacional), las mismas tienen la capacidad de crecer en primavera y verano cuando los factores abióticos externos se vuelven favorables; su estrategia de vida es oportunista y se distribuyen tanto en la Antártida como en aguas frías de la región subantártica. Las mismas mostraron una distribución similar a la registrada por la mayoría de los investigadores en diferentes localidades antárticas (Neushul, 1965; Delépine, 1966; DeLaca y Lipps, 1976; Cormaci et al., 1992a,b; Chung et al., 1994, 2000; Westermeier et al., 1992). En el caso de *Monostroma harti* Zanelved (1966) y Zielinski (1990) registraron una máxima profundidad de 325 m y 26 m respectivamente. Zanelved (1966) descarta la posibilidad de que esta especie haya sido transportada al fondo por témpanos, pero esta profundidad es inusual para el crecimiento de las macroalgas bentónicas. Por su parte Zielinski (1990) registró grupos de *M. harti* a 26 m y sólo individuos aislados hasta 42 m de profundidad.

En el caso de *Palmaria decipiens*, Zielinski (1990) registró individuos de esta especie hasta 40 m de profundidad, destacando su presencia en el sublitoral superior y su inexistencia en el sublitoral medio, estos registros pueden deberse a materiales desprendidos y arrastrados a esas profundidades. En Bahía Guardia Nacional (Bahía Maxwell, Caleta Mariana), Chung et al. (1994) encontraron esta especie como dominante entre 0 y 5 m, situación no observada en Caleta Potter.

Especies sublitorales

Según Wiencke (1996) *Ascoseira mirabilis*, *Desmarestia anceps*, *D. menziesii*, *Himantothallus grandifolius*, *Phaeurus antarcticus* y *Palmaria decipiens* pertenecen al tipo de macroalgas que crecen a fines de invierno/ primavera y cuyo crecimiento estaría principalmente controlado por la duración del día (“seasonal anticipators”, o especies que se anticipan a la estación (Kain, 1989)). Dentro de este grupo se encuentran principalmente especies endémicas y sublitorales.

Especies del sublitoral superior

Estas especies se encuentran principalmente confinadas en forma abundante en los primeros 5 m de profundidad extendiéndose hasta 10 m. Grandes grupos de *Ascoseira mirabilis* han sido encontrados creciendo sobre rocas bajo fuerte turbulencia (Neushul, 1965; DeLaca y Lipps, 1976; Lamb y Zimmerman, 1977). Klöser et al. (1996) disiente con esta observación señalando la presencia de esta especie principalmente en playas con rodados con escasa inclinación, sin embargo en las muestras tomadas en este estudio fue normalmente abundante a 5 m de profundidad sobre promontorios rocosos coincidiendo con lo observado por otros autores.

Algunos autores (Richardson, 1979; Chung et al., 1994, 2000) han agrupado las dos especies de *Desmarestia* ubicándolas en iguales condiciones de profundidad y sustrato debido a su similitud en tamaño y morfología.

Una de las especies de mayor abundancia en la zona de estudio fue *Desmarestia menziesii* creciendo a 5 m de profundidad y sobre rocas de 50 cm. Esta especie es característica de sitios turbulentos, compitiendo con *Desmarestia anceps*, pero es mucho más apta que ésta para soportar las condiciones de disturbio (Klöser et al., 1996).

Otras especies de algas características del sublitoral superior fueron *Phaeurus antarcticus*, *Curdiea racovitzae*, *Gigartina skottsbergii* y *Kallymenia antactica*.

P. antarcticus presentó un óptimo de densidad a los 2 m, extendiéndose su distribución hasta 10 m de profundidad.

En este estudio *C. racovitzae* y *G. skottsbergii* mostraron igual preferencia por el sustrato constituido por rocas de 20-50 cm. Con respecto a la profundidad *C. racovitzae* mostró un óptimo de densidad a 5 m mientras que *G. skottsbergii* no manifestó una tendencia definida. En un estudio previo en un sitio protegido de Caleta Potter ambas especies fueron encontradas creciendo abundantemente a 5 m de profundidad sobre rocas mayores de 50 cm (Quartino et al., 2001), sin embargo en el presente trabajo ambas especies se desarrollaron preferentemente en rocas de 20-50 cm. Esta diferencia en las preferencias de sustrato podría estar relacionada con las distintas condiciones de turbulencia presente en ambos estudios.

Por su parte *K. antarctica* presentó un óptimo de densidad a 10 m de profundidad, sobre rocas de 20 a 50 cm.

Con respecto a la irradiación, *D. menziesii* presentó un óptimo de densidad más bajo ($250 \mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$) con respecto a las otras cuatro especies abundantes (*P. Antarcticus*, *A. mirabilis*, *C. racovitzae*, *G. skottsbergii*) del sublitoral superior quienes mostraron valores del orden de los $500\text{-}900 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Esto podría explicar la necesidad de estas últimas especies de ubicarse en espacios abiertos en donde el efecto de sombreado ocasionado por la Desmarestiales es menor.

Especies del Sublitoral medio

La franja sublitoral comprendida entre los 10 y 20 m estuvo dominada por *D. anceps*, según el análisis HOF esta especie mostró un óptimo de densidad a 18 m de profundidad sobre rodados de 20 cm. Estas observaciones sostienen lo descrito por Klöser et al. (1996) quienes encuentran a esta especie sobre sustrato constituido por material suelto.

Myriogramme mangini presentó un óptimo de densidad a 13 m de profundidad, sobre rocas de 50-100 cm. Esta especie fue encontrada creciendo principalmente en los espacios abiertos dejados por las grandes Desmarestiales.

Especies del Sublitoral inferior

En la franja sublitoral inferior debajo de los 20 m coexisten *Desmarestia anceps* e *Himantothallus grandifolius*, sin embargo presentaron óptimos de densidad bien diferenciados a los 18 y 25 m respectivamente. Si bien *D. anceps* es más abundante en el sublitoral inferior su óptimo señalaría un corrimiento de su distribución hacia el sublitoral medio. A su vez esto confirmaría la hipótesis que sostiene *H. grandifolius* se vuelve dominante en lugares libres de la competencia de *Desmarestia spp* (Klöser et al., 1994).

Por otra parte *H. grandifolius* tiene un punto de compensación más bajo que *D. anceps* (1,6 vs 4,3 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 0°C, Wiencke, 1993), el reemplazo de *Desmarestia* por *Himantothallus* en el sublitoral profundo no puede ser explicado exclusivamente por los diferentes requerimientos de luz (Klöser, 1993) también hay que considerar otros factores tales como el sustrato, la turbulencia y el pastoreo selectivo.

Gómez et al. (1997) observaron que el límite inferior en la distribución de algunas especies está determinado por el balance de Carbono. Por ej. *D. anceps* alcanzó un balance positivo de C próximo a 3 mg.C. $\text{g}^{-1} \text{PH día}^{-1}$ a 20 m de profundidad a principios del verano. Aunque a 30 m de profundidad la disponibilidad lumínica diaria decrece el balance de C fue aún positivo en algunas especies, excepto en el caso de *D. anceps* cuyo balance negativo indicaría que esta especie se encontraría en su límite inferior.

H. grandifolius es una especie que a menudo se encuentra a grandes profundidades sobre sustrato fino y suelto (Neushul, 1965; Delépine, 1966; DeLaca y Lipps, 1976; Zielinski, 1990; Klöser et al., 1994a, 1996; Brower et al., 1995; Quartino et al., 2001), esta especie se vuelve dominante en sitios donde las especies de *Desmarestia* no pueden crecer debido a la ausencia de un sustrato adecuado como rocas o rodados (Quartino et al. 2001). En estudios previos (Richardson, 1979; Klöser et al., 1994b; Brouwer et al., 1995) se consideró que la presencia de *H. grandifolius* a mayores profundidades está especialmente condicionada por la preferencia de dicha especie por los sustratos sueltos mientras que las *Desmarestia spp* optarían por la roca sólida. También se asoció el sustrato con la turbulencia considerando que la ubicación preferencial de las *Desmarestia spp* sobre sustrato duro obedecería más a las características externas de las especies, ya que el hábito

arbustivo de las *Desmarestia* spp imposibilitaría la persistencia de las mismas sobre sustratos sueltos, mientras que *Himantothallus grandifolius* puede quedar adherida al sustrato dejando su lámina caer sobre el fondo (Klöser et al.,1996).

Con referencia al pastoreo selectivo, las especies de *Desmarestia* son incluidas en la dieta de varios animales (Richardson 1979; DeLaca y Lipps, 1976; Brand,1980; Iken, 1997; 1998) mientras que no hay registros que señalen a *H. grandifolius* como una especie preferida por los consumidores (Reichardt y Dieckmann, 1985; Iken, 1997, 1998).

Otras especies del sublitoral inferior fueron *Plocamium cartilagineum* y *Georgiella confluens*, con óptimos de densidad a 22 m y creciendo principalmente sobre rodados de 20 cm. Ambas especies también abundantes en el sublitoral medio.

La mayoría de las muestras en donde apareció *Ballia callitricha* estuvieron asociadas con la presencia de *Himantothallus grandifolius*, ya sea sobre rodados de 5 a 20 cm o sobre el grampón de esta especie. Klöser et al. (1996) observaron una situación similar en Barton en donde esta especie se desarrolló en los espacios abiertos dejados por *H. grandifolius* a la profundidad de 18–25 m. Chung et al. (1994) observaron la presencia de pequeños filamentos del alga *Picconiella plumosa* creciendo abundantemente en la base de grandes ejemplares de *H. grandifolius* de Bahía Guardia Nacional (B. Maxwell, Caleta Mariana). Probablemente estas pequeñas algas rojas tengan requerimientos mínimos de luz lo que facilita su crecimiento independientemente del efecto del sombreado que pueda ocasionarles *H. grandifolius*.

Todas las especies ubicadas en el sublitoral profundo presentaron en el análisis HOF óptimos de densidad a irradiaciones menores a $200 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$

En la Tabla 6.11 se presenta un resumen de las 16 especies analizadas en diferentes sitios de la Antártida según lo observado por distintos autores.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

Muchos de los trabajos realizados con anterioridad han puesto énfasis en la delimitación de franjas conformadas por diferentes especies de macroalgas. En el análisis realizado en Caleta Potter, si bien no fue este el objetivo principal, fue

caracterizar la zonación vertical de las algas marinas, permitiendo comparar la Caleta Potter con otras localidades.

La mayoría de los autores aceptan la existencia de tres zonas de distribución vertical de macroalgas en el sublitoral antártico: una zona de abrasión de hielo en el sublitoral poco profundo; una zona ubicada en el sublitoral central dominada por *Desmarestia anceps* y *D. menziesii* y una zona con *Himantothallus grandifolius* a gran profundidad (Heywood y Whitaker, 1984).

En la Tabla 6.12 se presenta un resumen de la zonación vertical de las macroalgas antárticas en diferentes localidades.

En el presente estudio se verifica la existencia de cuatro zonas: la franja mesolitoral de interfase con el sublitoral superior caracterizada por *I. cordata*, *M. hariatii* y *A. utricularis* con óptimos de densidad a profundidades menores de 3 m; el sublitoral superior con *D. menziesii* y *A. mirabilis* con óptimos densidad a 5 y 3 m respectivamente; el sublitoral medio representado por *D. anceps* cuyo óptimo de densidad se encuentra a 18 m de profundidad; el sublitoral profundo caracterizado por *H. grandifolius* con un óptimo de densidad a 25 m de profundidad. Estas franjas se corresponden con las descritas por Klöser et al. (1996), quienes asocian al sublitoral superior con niveles altos de turbulencia, el inferior con poca turbulencia y al medio con niveles intermedios

Finalmente, un aspecto que debería ser considerado en estudios futuros es el efecto de la radiación UV sobre la distribución de las macroalgas. Durante los últimos años debido a la disminución de la concentración del ozono estratosférico sobre las regiones polares, la radiación ultravioleta B (UV-B) se ha incrementado sobre la superficie de la tierra. Bischof et al. (1998) sostienen que radiación UV-B afectaría la zonación de las macroalgas antárticas. La radiación UV-B representa un factor de estrés ambiental que puede dañar a los organismos o imponerles un costo fisiológico. En los ambientes acuáticos la UV-B es absorbida por el agua y su grado de penetración en profundidad depende de las partículas suspendidas y las sustancias orgánicas disueltas, alcanzando entre 10 y 30 m de profundidad en aguas abiertas de áreas costeras (Karentz, 1989; Hoyer et al., 2001).

Tabla 6.11: Distribución y ubicación de las 16 especies analizadas en diferentes localidades y profundidades de la Antártida. Se ha respetado la terminología de zonación utilizada por cada autor.

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
Ulvophyceae										
<i>Monostroma hariotii</i>	- Klöser et al. (1996): sobre rodados con espacios intersticiales de arena, en el sublitoral abundante a 10 m.	- Westermaier et al. (1992): en pequeñas pozas intermareales en el mesomareal inferior, sobre rocas.	- Zielinski (1990): en la zona litoral media y sublitoral hasta 26 m.	- Chung et al. (1994): dominante en pozas de marea profundas del litoral. - Chung et al. (2000): zona litoral.	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal o epífita sobre <i>Desmarestia</i> spp.	- Delépine (1966): infralitoral superior hasta 10 m.				- Zanelved (1966): abundante en el sublitoral superior hasta 10 m. - Cormaci et al. (1992): en el infralitoral superior hasta 5 m.
Phaeophyceae										
<i>Adenocystis utricularis</i>	- Klöser et al. (1996): sobre rodados con espacios intersticiales de arena, en el sublitoral	- Westermaier et al. (1992): en el mesomareal medio- inferior de Bahía Elefante. En Bahía Fildes en el submareal	- Zielinski (1990): en la zona litoral media y sublitoral hasta 5 m.	- Chung et al. (1994): en pozas de marea de la zona eulitoral; en el sublitoral hasta 5 m de profundidad	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en sitios expuestos en el intermareal, epífita sobre	- Delépine et al. (1966): infralitoral superior.	- DeLaca y Lipps (1976): en el sublitoral hasta 5 m de profundidad.	- Richardson (1979): desde el litoral hasta 2 m de profundidad -Brouwer et al. (1996):	- Delépine (1966): en el mediolitoral.	

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (L 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
	abundante a 10 m.	hasta 4,5 m.		sobre rocas y rodados. - Chung et al. (2000): plantas jóvenes en el sublitoral de 1 a 3 m.	<i>Desmarestia</i> spp.			en aguas poco profundas.		
<i>Ascoseira mirabilis</i>	- Klöser et al. (1996): abundante sobre rocas en el sublitoral superior hasta 15 m. - Quartino et al. (2001): en el sublitoral a 5 m sobre rocas de hasta 50 cm.		- Zielinski (1990): en la zona litoral inferior y sublitoral hasta 10 m.	- Chung et al. (1994): en el infralitoral hasta 20 m abundante en el sublitoral medio entre 5 y 15 m. - Chung et al. (2000): en el sublitoral hasta 5 m, sobre costas rocosas arenosas	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal y hasta 15 m en el submareal.	Delépine et al (1966): infralitoral superior de 2 a 9 m de profundidad		- Richardson (1979): en el sublitoral de 2 a 8 m sobre rocas.	- Delépine (1966) infralitoral superior	
<i>Desmarestia anceps</i>	- Klöser et al. (1996): en el sublitoral central sobre rodados.		- Zielinski (1990): en sublitoral de 10 hasta 90 m.	- Chung et al. (1994): en el infralitoral hasta 23 m (No separa	- Neushul (1965): en el submareal hasta 15 m de profundidad.	- Delépine et al (1966): infralitoral de 2 a 30 m	DeLaca y Lipps (1976): sublitoral hasta 25 m de profundidad	- Richardson (1979): en el sublitoral de 2 a 8 m sobre rocas.	- Delépine (1966) infralitoral superior y medio hasta	

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (I 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
	- Quartino et al. (2001): presente hasta 20 m y abundante a 10 m sobre rocas de 20 a 50 cm.			<i>D. anceps</i> de <i>D. menziesii</i> - Chung et al. (2000): en el sublitoral de 5 a 15 m.				-Brouwer et al. (1996): en la franja sublitoral entre 5 y 14 m.	30 m.	
<i>Desmarestia menziesii</i>	- Klöser et al. (1996): en el sublitoral superior bajo fuerte turbulencia y sobre rocas. - Quartino et al. (2001): presente hasta 15 m y abundante a 5 m sobre rocas mayores de 50 cm.	- Westermaier et al (1992): En Bahía Fildes en el submareal abundante hasta 4,5 m y presente hasta 24 m.	- Zielinski (1981): en sublitoral de 5 hasta 60 m.	- Chung et al. (1994): En el infralitoral hasta 23 m (No separa <i>D.</i> <i>anceps</i> de <i>D.</i> <i>menziesii</i> . Abundante en el sublitoral medio entre 5 y 15 m. - Chung et al. (2000): en el sublitoral de 5 a 15 m.	- Neushul (1965): en el submareal hasta 15 m de profundidad.	- Delépine et al. (1965): infralitoral de 2 a 30 m	- DeLaca y Lipps (1976): sublitoral hasta 25 m de profundidad, abundante hasta 7 m.	-Richardson (1979): en el sublitoral de 2 a 8 m sobre rocas. -Brouwer et al. (1996): en la franja sublitoral entre 5 y 14 m.	- Delépine (1966) infralitoral superior y medio hasta 30 m.	
<i>Himantothallus grandifolius</i>	- Klöser et al. (1996): en el sublitoral profundo y calmo. Sobre rodados.	- Westermaier et al (1992): en Bahía Fildes presente hasta 24 m, abundante de 7	- Zielinski (1990): en sublitoral de 10 hasta 90 m.	- Chung et al. (1994): en el infralitoral inferior de 13 a 29 m. - Chung et al.	- Neushul (1965): en el submareal hasta 20 m de profundidad	- Delépine et al (1966): en el infralitoral profundo ascendiendo hasta 9 m.	- DeLaca y Lipps (1976): sublitoral hasta 30 m de profundidad	-Richardson (1979): en el sublitoral de 8 a 11 m sobre rodados.		

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (L 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
	- Quartino et al. (2001): presente y abundante a partir de los de 10 m, sobre rodados de hasta 20 cm.	a 24 m.		(2000): en el sublitoral a partir de 15 m.		- Delépine (1966): infralitoral medio (de 10 a 30 m)		-Brouwer et al. (1996): en la franja sublitoral entre 2 y 29 m.		
<i>Phaeurus antarcticus</i>	- Klöser et al. (1996): sobre rocas hasta 3 m de profundidad.		- Zielinski (1990): en la zona litoral inferior y sublitoral hasta 10 m.	- Chung et al. (1994): en pozas de marea de la zona eulitoral	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal o epífita sobre <i>Desmarestia</i> spp.	- Delépine (1966): infralitoral superior (de 0 a 10 m)				
Rhodophyceae										
<i>Ballia callitricha</i>	- Klöser et al. (1996): en el sublitoral entre 10 y 25 m.		- Zielinski (1990): en sublitoral hasta 16 m.		- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal o epífita sobre					

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (I 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
<i>Curdiea racovitzae</i>	- Klöser et al. (1996): sobre rocas hasta 3 m de profundidad. - Quartino et al. (2001): presente hasta 10 m y abundante a 5 m, sobre rocas mayores de 50 cm.	- Westermaier et al. (1992): En Bahía Fildes presente 17 a 22 m.	- Zielinski (1990): desde la zona litoral media y sublitoral hasta 10 m.	- Chung et al. (1994): en pozas de marea de la zona eulitoral. En el sublitoral medio de 5 a 15 m.	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal o epífita sobre <i>Desmarestia</i> spp.	- Delépine et al. (1966): en el infralitoral inferior ascendiendo hasta 17 m	- DeLaca y Lipps (1976): sublitoral hasta 7 m de profundidad			
<i>Georgiella confluens</i>	- Klöser et al. (1996): en las caras verticales de los promontorios rocosos hasta grandes profundidades. - Quartino et al. (2001): presente de 5 a 20 m y abundante a 20 m, sobre		- Zielinski (1990): en el sublitoral de 5 hasta 60 m.			- Delépine (1966): infralitoral inferior (más de 30 m)				

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
	rodados.									
<i>Gigartina skotsbergii</i>	- Klöser et al. (1996): hasta 15 m de profundidad. - Quartino et al. (2001): presente hasta 20 m y abundante a 5 m, sobre rocas mayores de 50 cm.		- Zielinski (1990): en grietas de fondo rocoso en la zona litoral inferior en y sublitoral hasta 10 m.	- Chung et al. (1994): en el sublitoral medio de 5 a 15 m.	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal y hasta 15 m en el submareal.	- Delépine et al (1966): en el infralitoral inferior ascendiendo hasta 17 m - Delépine (1966) infralitoral medio, de 10 a 30 m.	- DeLaca y Lipps (1976): sublitoral de 16 a 27 m de profundidad			
<i>Iridaea cordata</i>	- Klöser et al. (1996): en el sublitoral superior	- Westermaier et al (1992): en pequeñas pozas intermareales en el mesomareal inferior, sobre rocas.	- Zielinski (1990): en la zona litoral media e inferior y sublitoral hasta 10 m	- Chung (1994): en pozas de marea de la zona eulitoral. En el sublitoral medio de 5 a 15 m - Chung et al. (2000): zona litoral.	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal y hasta 15 m en el submareal.	- Delépine et al (1966): en el infralitoral inferior ascendiendo hasta 17 m	- DeLaca y Lipps (1976): sublitoral de 2 a 6 m de profundidad	- Richardson (1979): hasta 5 m	- Delépine (1966): en el mediolitoral	- Miller y Pearse (1981): presente en superficies duras hasta 10 m de profundidad. - Cornaci et al. (1992): frecuente y abundante en el

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (I. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (I 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
<i>Kallymenia antarctica</i>	- Klöser et al. (1996): presente a partir de los 11 m hasta el sublitoral profundo. - Quartino et al. (2001): presente hasta 20 m y abundante a 15 m, sobre rodados de 5 a 20 cm.	- Westermaier et al. (1992): presente de 4,5 hasta 24 m, abundante de 4,5 hasta 8 m		- Chung et al. (1994): en el sublitoral medio de 5 a 15 m. - Chung et al. (2000): zona litoral		- Delépine (1966): infralitoral superior y medio hasta 30 m				infralitoral superior. - Cormaci et al. (1996): en el infralitoral hasta 12 m de profundidad.
<i>Myriogramme mangini</i>	- Klöser et al. (1996): en las caras verticales de los promontorios rocosos hasta		- Zielinski (1990): en el sublitoral de 10 hasta 57 m.	- Chung et al. (1994): en el sublitoral hasta 5 m de profundidad sobre rocas y	- Neushul (1965): sobre promontorios rocosos en el intermareal y hasta 15 m en	- Delépine (1966): infralitoral medio, de 10 a 30 m.	- DeLaca y Lipps (1976) sublitoral de 1 a 7 m de profundidad	-Richardson (1979): hasta 11 m		

Ubicación	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)
	grandes profundidades. - Quartino et al. (2001): presente de 5 a 20 m y abundante a 20 m, sobre rodados.			rodados. - Chung et al. (2000): en el sublitoral hasta 5 m, sobre costas rocosas arenosas	el submareal..					
<i>Palmaria decipiens</i>	- Klöser et al. (1996): en las caras verticales de los promontorios rocosos hasta grandes profundidades.		- Zielinski (1990): en la zona litoral inferior y sublitoral hasta 40 m.	- Chung et al. (1994): en pozas de marea de la zona eulitoral y en el sublitoral hasta 5 m de profundidad sobre rocas y rodados. Chung et al. (2000): zona litoral.	- Neushul (1965): en costas expuestas y hasta 15 m en el submareal.					
<i>Plocamium cartilagineum</i>	- Klöser et al. (1996): en las caras verticales de los promontorios rocosos hasta		- Zielinski (1990): en el sublitoral de 5 hasta 60 m.		- Neushul (1965): en el submareal hasta 15 m de profundidad.		- DeLaca y Lipps (1976): sublitoral hasta 30 m de profundidad	-Richardson (1979): de 5 a 29 m.		- Cormaci et al. (1992): en el infralitoral

Ubicación	grandes profundidades. - Quartino et al. (2001): presente hasta 20 m y abundante a 20 m, sobre rodados de hasta 5 cm.									
	Caleta Potter	Bahía Elefante- Bahía Fildes (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía del Almirantazgo (L. 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Bahía Guardia Nacional (L 25 de Mayo, Shetland del Sur)	Isla Media Luna (Shetland del Sur)	Isla Melchior (Shetland del Sur)	Isla Anvers	Islas Orcadas	Islas Kerguelen	Bahía Terra Nova (Mar de Ross)

Tabla 6.12: Distribución vertical de las macroalgas reportada por diferentes autores en diversas localidades antárticas. Se ha respetado la terminología de zonación utilizada por cada autor.

Autor	Ubicación	Distribución vertical
DeLaca y Lipps (1976)	Isla Anvers (64° 46' S, 64° 04' O)	5 zonas: 1 y 2- Litoral medio caracterizado por algunas algas verdes, rojas (<i>Curdiea racovitzae</i> , <i>Gigartina skottsbergii</i> , <i>Iridaea cordata</i>) y pardas (<i>Adenocystis utricularis</i>) 3- Sublitoral superior dominado por <i>Desmarestia menziesii</i> 4- Sublitoral medio con <i>D. menziesii</i> y <i>D. anceps</i> 5- Sublitoral profundo dominado por <i>Himantothallus grandifolius</i> .
Zielinski (1990)	Bahía Almirantazgo (62°09' 45'' S, 58° 27' 45'' O)	3 zonas: 1- Epilitoral, litoral y sublitoral hasta los 10 m de profundidad 2- Sublitoral entre los 10 y 60 m 3- Sublitoral profundo entre 60 y 90 m.
Cormaci et al. (1992)	Bahía Terra Nova, Mar de Ross entre Cabo Washington e Isla Inexpressible (74° 30,9' S 165° 30' E y 74° 54,5 S 165° 42' E)	4 zonas: 1- Supralitoral caracterizada por diatomeas y cianofíceas 2- Mediolitoral caracterizado por <i>Urospora penicilliformis</i> 3- Infralitoral caracterizado en su nivel superior por <i>Iridaea cordata</i> y <i>Monostroma hariotii</i> y en el inferior por <i>Phyllophora antarctica</i> 4- Circalitoral caracterizado por una comunidad de algas crustosas.
Chung et al. (1994)	Caleta Mariana (62° 13' S, 58° 46' O)	3 zonas: 1- Zona ubicada desde la superficie hasta los 5 m de profundidad con <i>Palmaria decipiens</i> 2- Zona con <i>D. menziesii</i> y <i>Ascoseira mirabilis</i> entre los 5 y 15 m 3- Zona por debajo de los 15 m dominada por <i>H. grandifolius</i> .
Brouwer et al. (1995)	Islas Orcadas Signy (Signy Island: 60° 42' S, 45° 36' O)	3 zonas: 1- Zona de abrasión de hielo caracterizada por <i>Iridaea cordata</i> , 2- Zona entre los 5 y 14 m de profundidad dominada por <i>D. anceps</i> y <i>D. menziesii</i> 3- Zona ubicada entre 15 y 25 m de profundidad dominada por <i>H. grandifolius</i> .
Amsler et al. (1995)	Isla Anvers (64° 46' S, 64° 04' O)	3 zonas: 1- Zona dominada por <i>D. menziesii</i> y <i>D. anceps</i> entre los 2 y 5 m de profundidad 2- Zona dominada por <i>D. antarctica</i> entre los 10 y 15 m de profundidad 3- Zona por debajo de los 15 m de profundidad con <i>H. grandifolius</i> abundante a 15 m y dominante a 20 m.
Klöser et al. (1996)	Caleta Potter (62° 14' S, 58° 40' O)	4 zonas: 1- Franja sublitoral 2- Sublitoral superior con <i>D. menziesii</i> y <i>A. mirabilis</i> bajo fuerte turbulencia 3- Sublitoral central con <i>D. anceps</i> bajo condiciones de moderada turbulencia y el sublitoral profundo y calmo con <i>H. grandifolius</i> .

**7- BIOMASA Y PRODUCCIÓN
MACROALGAL EN CALETA
POTTER**

INTRODUCCION

El sublitoral rocoso antártico presenta extensas poblaciones de grandes algas pardas entre las que se encuentran las Desmarestiales *Himantothallus grandifolius*, *Desmarestia anceps* y *D. menziesii*. Estas especies son componentes importantes de las floras costeras, especialmente en las regiones frío-templadas del hemisferio sur (Lüning, 1990; Ramírez y Peters, 1992). En la Antártida, donde las Laminariales están ausentes, las Desmarestiales son las macroalgas ecológicamente dominantes (Clayton, 1994). El aporte de biomasa de estas especies es importante, sus tallas son prominentes pudiendo alcanzar un tamaño de hasta 10 m de largo (Ricker, 1987; Wiencke y Clayton, 2002).

Si no son pastoreadas, las macroalgas mueren e ingresan a la cadena detritica descomponiéndose y transformándose en fuentes de nutrientes para el sistema (Hanisak, 1992; Brouwer, 1996). Zielinski (1981) observó que el proceso de descomposición de algas antárticas depende del tipo de talo y de la estación del año, siendo la velocidad de degradación de *H. grandifolius* menor que en *Palmaria decipiens* y más intensa en primavera-verano. Para *Desmarestia anceps*, Brouwer (1996) observó que el proceso dominante en la descomposición de las grandes porciones desprendidas del sustrato está principalmente ocasionada por agentes físicos tales como olas y corrientes, siendo la tasa de descomposición microbiana más baja que la descomposición física.

La biomasa de las macroalgas antárticas ha sido analizada en diferentes estudios (DeLaca y Lipps, 1976; Amsler et al., 1995; Miller y Pearse, 1991; Brouwer et al., 1995; Klöser et al., 1996; Quartino et al., 2001) sin embargo no se ha estimado hasta el momento la producción de las especies más abundantes de las comunidades macroalgales ni hay información sobre la producción de los ecosistemas antárticos bentónicos.

Producción primaria es el incremento de materia orgánica por parte de un organismo fotosintetizador por unidad de tiempo y puede ser determinada a través de variaciones en las mediciones directas de biomasa ("standing stock") (Bellamy et al., 1973; De Wreede, 1985; Israel, 1995).

Otra forma de calcular la producción es relacionando la tasa de crecimiento de una especie a lo largo del tiempo con su biomasa, de esta manera se puede aproximar cuanta biomasa se producirá en un determinado período de tiempo. Para ello se cuenta con trabajos realizados en laboratorio bajo condiciones controladas de irradiación en relación con el período luminoso diario. Estos trabajos han aportado conocimiento sobre la estacionalidad de las macroalgas antárticas (Wiencke, 1990 a,b; Gómez y Wiencke, 1997).

Algunas especies de macroalgas sincronizan su crecimiento con el curso anual del fotoperíodo (Wiencke, 1990a,b; Gómez y Wiencke, 1997) aspecto que fue tomado en cuenta para el cálculo de la producción.

OBJETIVO

El objetivo de esta sección es estimar para el período estival la producción de biomasa de las especies más abundantes de macroalgas marinas en la Caleta Potter.

METODOLOGÍA

Para el cálculo de producción se combinaron los datos de biomasa del período de estudio con las tasas de crecimiento de las macroalgas antárticas determinadas por Wiencke y tom Dieck (1989); Wiencke (1990 a,b) y Gómez y Wiencke (1997). En dichos estudios se midió la tasa de crecimiento fue medida en un número variable de individuos y el crecimiento del talo fue seguido durante cuatro semanas. La estacionalidad se simuló controlando la irradiación y la duración del período luminoso diario. La temperatura se mantuvo constante en $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y los nutrientes fueron mantenidos a niveles de saturación (Medio ES de Provasoli) (McLachlan, 1973).

La metodología seguida para el cálculo de producción en Caleta Potter fue la siguiente:

- Se seleccionaron las especies de Phaeophyceae de mayor biomasa (*Desmarestia anceps*, *D. menziesii*, *Himantothallus grandifolius*) y las dos especies más abundantes de Rhodophyceae (*Iridaea cordata*, *Gigartina skottsbergii*) coleccionadas en Caleta Potter.
- Se consideraron para este estudio únicamente los meses de verano de los cuales se contaba con información sobre la biomasa macroalgal presente.
- La producción fue calculada separadamente para cada mes ya que la irradiación y la duración del día durante el verano varían con la fecha, determinando tasas de crecimiento diferentes.
- La tasa de crecimiento de las distintas especies estudiadas se analizó en función de cada profundidad porque la penetración de la luz en la columna de agua varía con la misma.

La **biomasa esperada** para un determinado mes fue estimada utilizando la siguiente fórmula:

$$BE_m = BO_{m-1} \cdot e^{rt}$$

En donde **BO_{m-1}** es la biomasa observada en el mes anterior; **r** corresponde a la tasa de crecimiento específica diaria (Wiencke y tom Dieck (1989), y **t** es el tiempo (días).

Los valores de tasa de crecimiento utilizados para el cálculo de la biomasa esperada (BE) para cada mes se presentan en la Tabla 7.1.

Para *Iridaea cordata* en particular se analizaron dos fracciones de la población, una correspondiente a las plantas más pequeñas, de crecimiento más rápido, y otra a las de mayor tamaño, de crecimiento más lento. Para ello se utilizaron las tasas de crecimiento calculada por Wiencke (1990b) para el primer y el segundo año de desarrollo, respectivamente.

Tabla 7.1: Especies macroalgales seleccionadas: profundidad (m) y valor de tasa de crecimiento (g/g.d^{-1}) correspondiente a cada mes de estudio (Dic: diciembre, Ene: enero, Feb: febrero, Mar: marzo) de acuerdo a Wiencke (1990a,b).

Especie	Prof (m)	Tasa de crecimiento ($\text{g. g}^{-1}.\text{d}^{-1}$)			
		Dic	Ene	Feb	Mar
<i>Iridaea cordata</i> (1 año)	0-5	0,046	0,036	0,027	0,020
<i>Iridaea cordata</i> (2 año)	0-5	0,012	0,006	0,006	0,006
<i>Gigartina skottsbergii</i>	10	0,009	0,006	0,006	0,006
<i>Desmarestia menziesii</i>	5	0,005	0,003	0,003	0,001
<i>Desmarestia anceps</i>	20	0,003	0,003	0,004	0,004
<i>Himantothallus grandifolius</i>	20	0,024	0,006	0,005	0,005
<i>Himantothallus grandifolius</i>	30	0,025	0,023	0,017	0,015

La **Producción mensual (P)** se calculó de la siguiente manera:

$$P = BE_m - BO_{m-1}$$

En donde **BE** corresponde a la biomasa esperada, **BO** a la biomasa observada y **m** al mes.

La producción estival (**PE**) se calculó como la suma de las producciones mensuales:

$$\mathbf{PE = P_{diciembre} + P_{enero} + P_{febrero} + P_{marzo}}$$

La relación **P/B** fue calculada para los sitios Barton (S1) y Pinitos (S2) para aquellas especies y profundidades para las que se contaba datos de producción mensual. En este caso se consideró la biomasa promedio por metro cuadrado entre las sucesivas fechas de estudio.

La biomasa total presente en cada fecha de estudio fue calculada para las cinco especies seleccionadas como el producto de la biomasa promedio por unidad de superficie por el área disponible en cada intervalo de profundidad. El área fue la comprendida entre los puntos Barton y Roca M desde los 0 a 30 m. Las áreas en cada profundidad fueron calculadas utilizando la carta batimétrica de Caleta Potter n° H-137 escala 1:25.000. No se consideraron para el cálculo las áreas con sustrato tipo arenas y fangos donde no se desarrollan las macroalgas según la información presentada en el trabajo de Klöser et al. (1996).

Se realizó una estimación de la producción en toda la Caleta utilizando las relaciones **P/B** halladas y efectuando el producto de estos valores por la biomasa total para cada período, especie y profundidad correspondientes; cuando no se contó con el dato de **P/B** para una situación dada se aproximó por la de las profundidades más cercanas.

RESULTADOS

ANÁLISIS DE LA BIOMASA

Biomasa media

En la tabla 7.2 se presentan los valores de biomasa promedio de las 39 especies coleccionadas, durante los tres años de estudio, en los 6 sitios y en todas las profundidades muestreadas.

De las 39 especies coleccionadas en el estudio, las tres grandes Desmarestiales fueron las que exhibieron los más altos valores de biomasa media dentro del área que colonizan: *Desmarestia menziesii* (379 g/m²) *Desmarestia anceps* (170,94 g/m²) e *Himantothallus grandifolius* (409 g/m²). Cuando comparamos estos promedios con los referidos solo a las muestras con presencia del alga se evidencia que mientras en algunas especies la diferencia entre ambos valores es muy marcada (*G. skottsbergii*) reflejando la preferencia de las mismas por determinados ambientes, en otras en cambio esta diferencia es mucho menor (*I. cordata*).

Biomasa máxima

En la Tabla 7.3 se presentan los valores de biomasa máxima (g/m²) observada durante los meses de estudio para cada una de las 39 especies determinadas en esta tesis. Estos datos se proveen para permitir la comparación con otros trabajos antárticos en los que se presenta este tipo de información.

El máximo valor de biomasa húmeda fue de 10366,2 g/m² y de 1151,8 g/m² para la biomasa seca de *Himantothallus grandifolius*.

Tabla 7.2: Abundancias en peso seco (g/m^2) por especie. PS: peso seco; desviación standard entre paréntesis ; número de muestras (128), %: porcentaje.

Especies	Promedio de PS en el total de las muestras (n:128)	% de muestras con la especie presente (n:128)	Promedio de PS de la especie en las muestras donde está presente
Ulvophyceae			
<i>Enteromorpha bulbosa</i>	0,29 (1,51)	6,20	6,61 (5,40)
<i>Lambia antarctica</i>	0,09 (0,63)	2,32	3,76 (2,00)
<i>Monostroma hariotii</i>	2,95 (8,96)	17,05	17,33 (14,89)
Phaeophyceae			
<i>Adenocystis utricularis</i>	4,12 (12,77)	17,05	24,37 (21,61)
<i>Ascoseira mirabilis</i>	8,68 (18,45)	24,80	36,39 (21,25)
<i>Cystosphaera jacquinotti</i>	2,50 (14,95)	3,87	63,50 (46,84)
<i>Desmarestia anceps</i>	55,19 (27,74)	31,78	170,94 (176,39)
<i>Desmarestia antarctica</i>	4,40 (18,05)	7,75	55,89 (36,89)
<i>Desmarestia menziesii</i>	134,28 (253,90)	34,88	378,96 (299,63)
<i>Geminocarpus geminatus</i>	0,02 (0,18)	1,55	1,42 (0,31)
<i>Halopteris obovata</i>	0,12 (0,68)	3,10	3,80 (0,87)
<i>Himantothallus grandifolius</i>	145,64 (254,20)	34,88	411,70 (270,39)
<i>Petalonia fascia</i>	0,11 (0,85)	1,55	6,72 (1,75)
<i>Phaeurus antarcticus</i>	2,58 (6,39)	19,37	13,28 (8,16)
Rhodophyceae			
<i>Ballia callitricha</i>	0,58 (1,40)	21,70	2,64 (1,89)
<i>Callophyllis atosanguinea</i>	0,26 (1,79)	2,32	11,17 (4,35)
<i>Curdiea racovitzae</i>	4,49 (12,61)	25,58	17,27 (19,96)
<i>Delesseria lancifolia</i>	1,59 (8,06)	10,85	14,39 (20,78)
<i>Georgiella confluens</i>	1,50 (6,14)	13,17	11,18 (13,48)
<i>Gigartina skottsbergii</i>	5,98 (16,15)	24,03	24,49 (25,04)
<i>Gymnogongrus antarcticus</i>	0,22 (1,53)	2,32	9,12 (5,14)
<i>Gymnogongrus turquetii</i>	0,99 (3,94)	8,52	11,41 (8,04)
<i>Hymenocladopsis crustigena</i>	0,76 (3,17)	6,97	10,79 (6,06)
<i>Iridaea cordata</i>	26,28 (44,99)	51,93	50,09 (51,48)
<i>Kallymenia antarctica</i>	1,43 (4,45)	16,27	8,65 (7,70)
<i>Myriogramme mangini</i>	0,82 (2,70)	13,17	6,12 (4,79)
<i>Myriogramme smithii</i>	0,21 (1,28)	3,10	6,77 (3,15)
<i>Nereoginkgo adiantifolia</i>	0,02 (0,18)	0,77	2,07 (0)
<i>Neuroglossum ligulatum</i>	0,16 (1,43)	1,55	10,25 (7,05)
<i>Notophycus fimbriatus</i>	0,07 (0,58)	1,55	4,60 (0,74)
<i>Pachymenia orbicularis</i>	0,09 (1,02)	0,77	11,52 (0)
<i>Palmaria decipiens</i>	4,40 (15,54)	19,37	23,11 (29,35)
<i>Pantoneura plocamioides</i>	0,13 (0,79)	4,65	2,83 (2,60)
<i>Phycodrys austrogeorgica</i>	0,26 (1,93)	3,10	8,16 (8,37)
<i>Picconiella plumosa</i>	0,08 (0,45)	4,65	1,71 (1,33)
<i>Plocamium cartilagineum</i>	6,79 (11,67)	39,53	16,90 (12,99)
<i>Porphyra endiviifolium</i>	0,14 (1,13)	3,10	6,41 (4,81)
<i>Porphyra plocamiestris</i>	0,15 (1,02)	4,65	3,24 (3,75)
<i>Sarcodia montagneana</i>	0,65 (2,92)	5,42	11,77 (5,11)

Tabla 7.3: Biomasa máxima húmeda y seca correspondiente a las 39 especies determinadas en el estudio. (Dic: diciembre; Ene: enero; Feb: febrero; Prof: profundidad en metros)

Especies	Biomasa máxima húmeda (g/m ²)	Biomasa máxima seca (g/m ²)	Sitio	Fecha	Prof. (m)
Ulvophyceae					
<i>Enteromorpha bulbosa</i>	103,88	16,08	Barton	Dic-94	0
<i>Lambia antarctica</i>	53,08	5,26	Pie del Glaciar	Feb-94	10
<i>Monostroma hariotii</i>	480,12	52,16	Barton	Dic-94	0
Rhodophyceae					
<i>Adenocystis utricularis</i>	798,35	81,56	Peñón 1	Feb-95	0
<i>Ascoseira mirabilis</i>	803,13	80,95	Pie del Glaciar	Feb-95	5
<i>Cystosphaera jacquinotti</i>	1350,55	131,82	Barton	Feb-95	20
<i>Desmarestia anceps</i>	6043,68	671,52	Roca M	Feb-95	20
<i>Desmarestia antarctica</i>	1255,22	125,32	Peñón 1	Ene-96	3
<i>Desmarestia menziesii</i>	6737,31	748,59	Peñón de Pesca	Dic-95	5
<i>Geminocarpus geminatus</i>	12,06	1,64	Peñón 1	Ene-96	1
<i>Halopteris obovata</i>	52,14	5,09	Peñón 1	Dic-95	20
<i>Himantothallus grandifolius</i>	10366,20	1151,80	Peñón de Pesca	Dic-95	20
<i>Petalonia fascia</i>	78,50	7,96	Peñón 1	Feb-95	0
<i>Phaeurus antarcticus</i>	412,03	41,04	Barton	Feb-95	5
Phaeophyceae					
<i>Ballia callitricha</i>	77,14	7,69	Pie del Glaciar	Ene-95	10
<i>Callophyllis atosanguinea</i>	146,20	14,37	Barton	Ene-95	10
<i>Curdiea racovitzae</i>	915,20	91,44	Peñón 1	Dic-94	3
<i>Delesseria lancifolia</i>	732,18	73,16	Barton	Dic-94	0
<i>Georgiella confluens</i>	595,13	59,25	Roca M	Dic-94	20
<i>Gigartina skottsbergii</i>	946,00	95,08	Peñón 1	Feb-95	5
<i>Gymnogongrus antarcticus</i>	1099,70	11,68	Peñón de Pesca	Mar-95	5
<i>Gymnogongrus turquetii</i>	189,30	18,92	Peñón 1	Dic-95	3
<i>Hymenocladopsis crustigena</i>	210,54	19,14	Pinitos	Ene-96	10
<i>Iridaea cordata</i>	2554,60	255,36	Barton	Ene-96	0
<i>Kallymenia antarctica</i>	375,00	37,28	Peñón 1	Dic-95	5
<i>Myriogramme mangini</i>	212,32	20,90	Pinitos	Dic-95	10
<i>Myriogramme smithii</i>	113,10	11,10	Roca M	Ene-96	10
<i>Nereoginkgo adiantifolia</i>	18,09	2,07	Roca M	Ene-96	10
<i>Neuroglossum ligulatum</i>	155,14	15,23	Barton	Ene-96	20
<i>Notophycus fimbriatus</i>	53,21	5,12	Barton	Feb-95	0
<i>Pachymenia orbicularis</i>	124,22	11,52	Peñón de Pesca	Ene-96	10
<i>Palmaria decipiens</i>	1210,06	120,12	Peñón 1	Dic-95	3
<i>Pantoneura plocamioides</i>	77,32	7,59	Peñón de Pesca	Dic-95	20
<i>Phycodrys austrogeorgica</i>	205,43	20,40	Pinitos	Ene-96	10
<i>Picconiella plumosa</i>	42,06	3,89	Roca M	Ene-96	10
<i>Plocamium cartilagineum</i>	1502,00	148,00	Barton	Dic-95	20
<i>Porphyra endiviifolium</i>	120,54	11,96	Peñón 1	Feb-95	0
<i>Porphyra plocamiestris</i>	123,41	10,64	Peñón 1	Dic-95	5
<i>Sarcodia montagneana</i>	201,25	19,53	Peñón de Pesca	Ene-96	20

ANALISIS DE LA PRODUCCION POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Biomasa observada y esperada en sitios seleccionados

Los únicos sitios en los que se contó con continuidad de muestreo como para utilizar la metodología propuesta fueron Barton (S1) y Pinitos (S2) en el verano 1994-1995.

A partir de los datos de biomasa observada de las cinco especies y las correspondientes tasas de crecimiento (Tabla 7.1) se obtuvieron los valores correspondientes a la biomasa esperada para cada mes (Tabla 7.4).

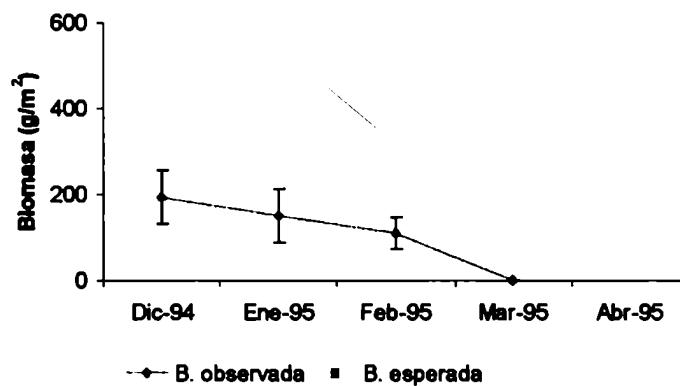
Tabla 7.4: Biomosas esperada (g/m^2) para cada una de las cinco especies analizadas durante el verano 1994-1995.

Especie	Prof	Ene 95	Feb 95	Mar 95	Abr 95
<i>I. cordata</i>	0	542,19	315,02	0,00	0,00
<i>I. cordata</i>	5	0,00	33,25	42,14	31,57
<i>G. skottsbergii</i>	10	28,84	15,60	26,50	0,00
<i>D. menziesii</i>	5	438,95	238,17	122,24	0,00
<i>D. menziesii</i>	10	0,00	289,63	207,63	57,52
<i>D. anceps</i>	20	80,48	48,45	324,10	339,80
<i>H. grandifolius</i>	20	487,05	463,91	347,95	225,45
<i>H. grandifolius</i>	30	1372,06	1622,60	1069,15	538,52

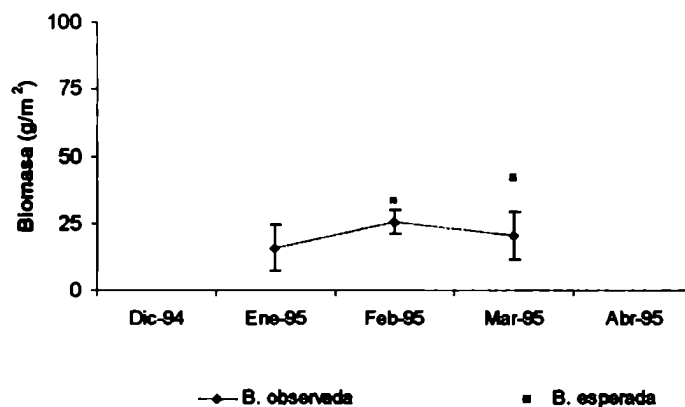
Seguidamente se compararon la biomasa observada y esperada para cada especie. Los valores correspondientes a la biomasa seca media (g/m^2) coleccionada se presentan indicando los intervalos de confianza al 95% (Figs.7.1 y 7.2).

Se observan en estas figuras que la biomasa esperada fue igual o superior a la observada en casi todas las situaciones. La excepción la constituye *Desmarestia anceps* a 20 m (febrero de 1995) lo que puede deberse a una subestimación de la biomasa en el mes anterior o en la posibilidad de que las plantas en enero fueran muy jóvenes y su tasa de crecimiento superior a la utilizada en los cálculos, por esto el posterior cálculo de producción se realizó para este caso en particular utilizando como mejor estimación la biomasa observada en febrero de 1995 en lugar de la esperada.

Iridaea cordata- 0 m



Iridaea cordata- 5 m



Gigartina skottsbergii- 10 m

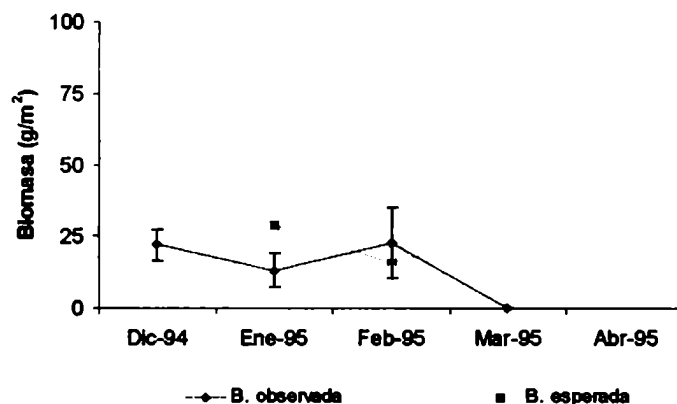


Figura 7.1: Variación de la biomasa observada y esperada de las Rhodophyceae más abundantes en el verano 1994-1995. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza al 95%.

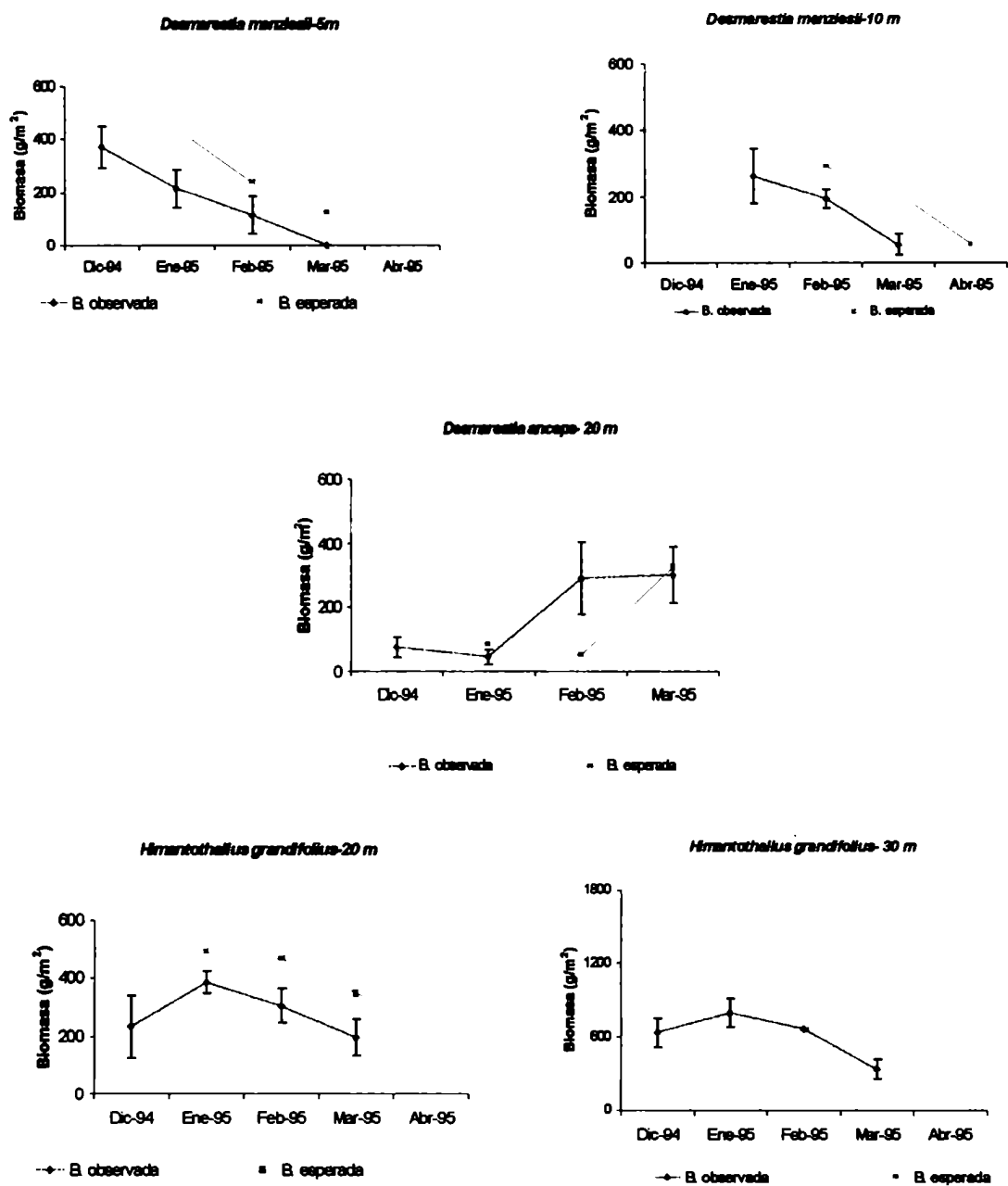


Figura 7.2: Variación de la biomasa observada y esperada de las Phaeophyceae más abundantes en el verano 1994-1995. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza al 95%.

Producción por unidad de superficie

En la tabla 7.5 se presenta la producción mensual en Barton-Pinitos de cada una de las especies seleccionadas, separadamente para cada profundidad correspondiente al verano 1994-1995.

Tabla 7.5: Producción de biomasa (g/m^2) mensual de las Rhodophyceae y Phaeophyceae correspondiente al verano 1994-1995.

	Prof. (m)	Dic- Ene	Ene- Feb	Feb-Mar	Mar-Abr
<i>I. cordata</i>	0	349	167	72	0
<i>I. cordata</i>	5	0	18	17	11
<i>G. skottsbergii</i>	10	7	3	4	0
Producción de Rhodophyceae		356	188	93	11
<i>D. menziesii</i>	5	67	24	9	0
<i>D. menziesii</i>	10	0	29	14	2
<i>D. anceps</i>	20	7	198	35	39
<i>H. grandifolius</i>	20	256	78	45	32
<i>H. grandifolius</i>	30	740	827	401	200
Producción de Phaeophyceae		1070	1156	504	273
Producción total		1426	1344	597	284

En la figura 7.3 se ilustran las variaciones de la producción de las Rhodophyceae seleccionadas correspondiente al verano 1994-1995.

La máxima producción de biomasa correspondió a *Iridaea cordata* creciendo sobre laderas rocosas a 0 m de profundidad en el período comprendido entre diciembre 1994 y enero 1995. A su vez la producción de esta especie fue superior a la de *Gigartina skottsbergii* durante todo el verano. Ambas especies mostraron una tendencia decreciente a medida que transcurrió el verano indicando que el máximo de producción se produjo entre diciembre-enero o en los meses anteriores antes.

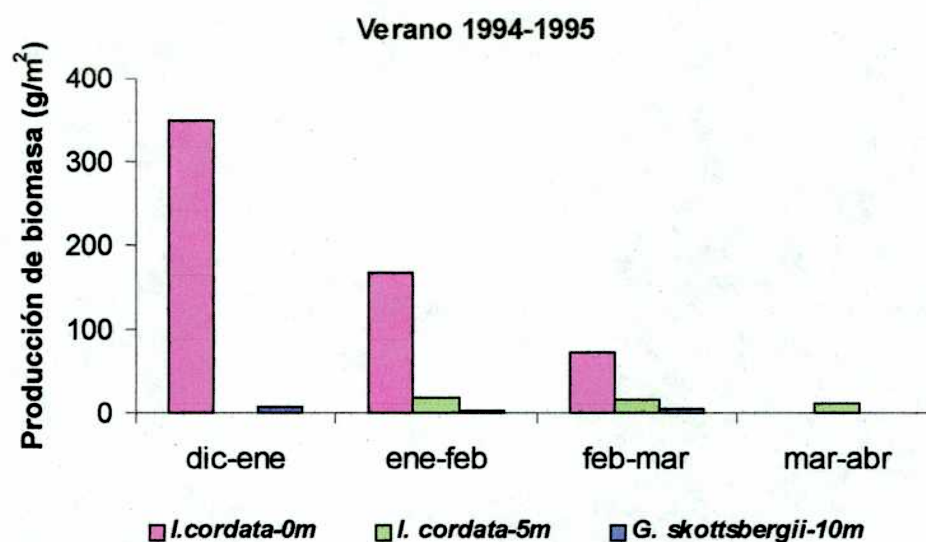


Figura 7.3: Producción de la biomasa (g/m^2) de Phaeophyceae para el verano 1994-1995.

En la figura 7.4 se ilustran la producción de biomasa correspondiente a las Phaeophyceae.

La mayor producción de biomasa correspondió a *H. grandifolius* creciendo a 30 m de profundidad siendo mayor que la registrada por esta misma especie a 20 m de profundidad. En *H. grandifolius* a 20 m y en *D. menziesii* a 5 m la producción de biomasa decreció a lo largo del verano mientras que en *D. anceps* a 20 m se observó un incremento paulatino hacia marzo-abril.

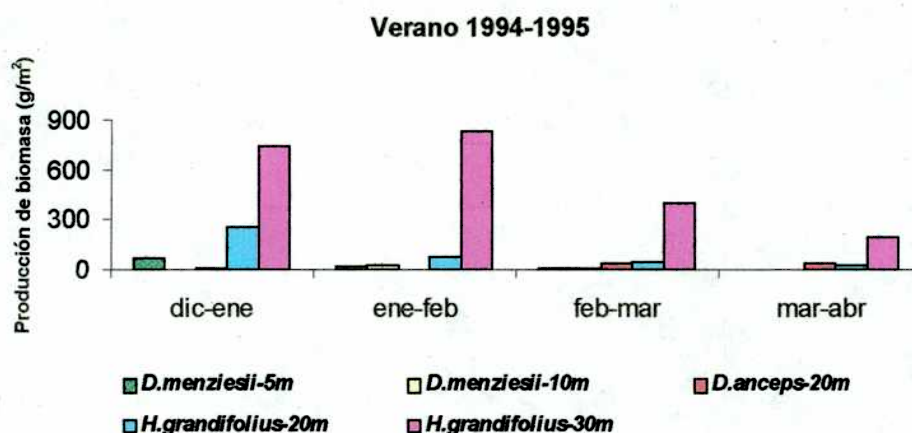


Figura 7.4 Producción de la biomasa (g/m^2) de Phaeophyceae para el verano 1994-1995.

Los valores correspondientes al total de la producción de biomasa para el verano 1994-1995 se presentan en la figura 7.5. La figura muestra una tendencia decreciente de la producción en el transcurso del verano 1994-1995.

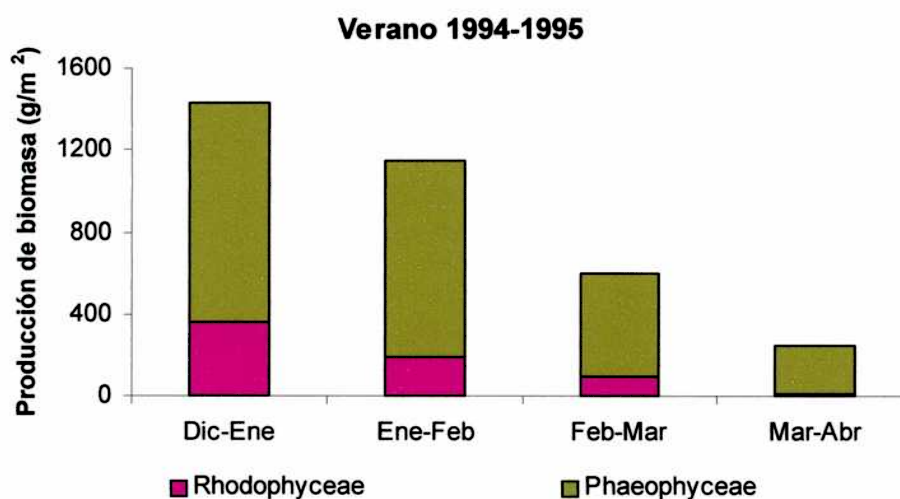


Figura 7.5: Total de la producción de biomasa de Rhodophyceae y Phaeophyceae para el verano 1994-1995

Cálculo de la relación P/B

En la Tabla 7.6 se presentan los valores de la relación P/B para las cinco especies seleccionadas y los períodos mensuales del verano 1994-1995 en Barton y Pinitos. Se trabajó en aquellas profundidades en donde las especies estaban bien representadas.

Tabla 7.6: Relación P/B en Barton-Pinitos

	Prof. (m)	Dic- Ene	Ene- Feb	Feb-Mar
<i>I. cordata</i>	0	1,98	1,30	1,32
<i>I. cordata</i>	5	-	0,88	0,73
<i>G. skottsbergii</i>	10	0,40	0,17	0,36
<i>D. menziesii</i>	5	0,23	0,15	0,16
<i>D. menziesii</i>	10	-	0,13	0,11
<i>D. anceps</i>	20	0,12	1,19	0,12
<i>H. grandifolius</i>	20	0,83	0,23	0,18
<i>H. grandifolius</i>	30	1,04	1,13	0,80

Cálculo de las áreas dentro de cada intervalo de profundidad

Las áreas calculadas en cada intervalo de profundidad correspondiente a Caleta Potter, se presentan en la Tabla 7.7.

Tabla 7.7: Valores de area (en m²) en los intervalos de profundidad.

Profundidad (m)	Area (m²)
0-5	969416,02
5-10	284765,95
10-20	744892,33
20-30	1073714,77
Area total	3072789,07

Biomasa seca promedio en todos los sitios de estudio

Para contar con una estimación de la biomasa por unidad de superficie dentro de toda la Caleta Potter se promedió la biomasa seca/m² en todos los sitios de estudio (Tabla 7.8).

Cálculo de la biomasa total dentro de Caleta Potter

En la Tabla 7.9 se indica la biomasa seca para cada especie en los diferentes intervalos de profundidad.

La biomasa total presente promediada entre los meses del verano 1994-1995 fue de 1158 Tm.

Tabla 7.8: Biomasa seca (promedio) en Caleta Potter en los meses de verano 1994-1995

Diciembre	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m
<i>Iridaea cordata</i>	49,22	22,96	6,27	0,00
<i>Gigartina skottsbergii</i>	1,97	14,46	14,46	0,00
<i>Desmarestia menziesii</i>	243,97	248,40	107,29	0,00
<i>Desmarestia anceps</i>	68,74	156,19	206,15	118,70
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	0,00	127,29	502,15
Enero	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m
<i>Iridaea cordata</i>	78,63	4,63	0,00	0,00
<i>Gigartina skottsbergii</i>	4,73	7,97	3,24	0,00
<i>Desmarestia menziesii</i>	107,00	172,17	65,16	0,00
<i>Desmarestia anceps</i>	0,00	0,00	30,57	36,24
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	45,55	161,99	378,67
Febrero	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m
<i>Iridaea cordata</i>	52,75	13,06	4,54	0,00
<i>Gigartina skottsbergii</i>	14,69	15,52	5,60	0,00
<i>Desmarestia menziesii</i>	202,64	247,88	126,25	0,93
<i>Desmarestia anceps</i>	23,96	19,12	162,77	171,25
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	10,41	148,04	394,76
Marzo	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m
<i>Iridaea cordata</i>	28,33	15,32	1,82	0,00
<i>Gigartina skottsbergii</i>	0,00	3,48	3,48	0,00
<i>Desmarestia menziesii</i>	62,46	164,62	102,17	0,00
<i>Desmarestia anceps</i>	0,00	4,98	80,02	86,24
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	0,00	245,86	461,98

Tabla 7.9: Biomasa total (en toneladas métricas) en Caleta Potter por profundidad y especie correspondiente a los meses de verano 1994-1995.

Dic-Ene	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m	Total
<i>Iridaea cordata</i>	61,97	3,93	2,33	0,00	68,23
<i>Gigartina skottsbergii</i>	3,25	3,19	6,59	0,00	13,03
<i>Desmarestia menziesii</i>	170,12	59,88	64,23	0,00	294,23
<i>Desmarestia anceps</i>	33,32	22,24	88,17	83,18	226,90
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	6,49	107,74	472,88	587,10
					1189,50
Ene-Feb	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m	Total
<i>Iridaea cordata</i>	63,68	2,52	1,69	0,00	67,89
<i>Gigartina skottsbergii</i>	9,41	3,34	3,29	0,00	16,05
<i>Desmarestia menziesii</i>	150,08	59,81	71,29	0,50	281,68
<i>Desmarestia anceps</i>	11,62	2,72	72,01	111,39	197,73
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	7,97	115,47	415,22	538,66
					1102,02
Feb-Mar	0-5m	5-10m	10-20m	20-30m	Total
<i>Iridaea cordata</i>	39,30	4,04	2,37	0,00	45,71
<i>Gigartina skottsbergii</i>	7,12	2,71	3,38	0,00	13,21
<i>Desmarestia menziesii</i>	128,49	58,73	85,07	0,50	272,80
<i>Desmarestia anceps</i>	11,62	3,43	90,43	138,23	243,70
<i>Himantothallus grandifolius</i>	0,00	1,48	146,71	459,95	608,14
					1183,55
Biomasa total promediada					1158,35

Cálculo de la producción estival en Caleta Potter

La producción estimada en toda la Caleta en cada período mensual correspondiente al verano 1994-1995, se presenta en la tabla 7.10

Tabla 7.10. Producción total en Caleta Potter de las especies más abundantes (Tm) para el verano 1994-1995.

Especies	Prof. (m)	Dic-Ene	Ene-Feb	Feb-Mar	Producción total por especie
<i>I. cordata</i>	0-5	122,46	82,64	51,88	256,97
<i>I. cordata</i>	5-10	7,76	2,22	2,96	12,94
<i>I. cordata</i>	10-20	4,61	1,49	1,73	7,83
<i>I. cordata</i>	20-30	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>G. skottsbergii</i>	0-5	1,31	1,60	2,54	5,45
<i>G. skottsbergii</i>	5-10	1,29	0,57	0,97	2,82
<i>G. skottsbergii</i>	10-20	2,65	0,56	1,21	4,42
<i>G. skottsbergii</i>	20-30	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>D. menziesii</i>	0-5	38,93	21,96	20,35	81,24
<i>D. menziesii</i>	5-10	13,70	8,75	9,30	31,76
<i>D. menziesii</i>	10-20	14,70	9,11	9,57	33,38
<i>D. menziesii</i>	20-30	0,00	0,06	0,06	0,12
<i>D. anceps</i>	0-5	3,97	13,82	1,38	19,17
<i>D. anceps</i>	5-10	2,65	3,20	0,41	6,30
<i>D. anceps</i>	10-20	10,51	85,69	10,73	106,92
<i>D. anceps</i>	20-30	9,91	132,55	16,40	158,87
<i>H. grandifolius</i>	0-5	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>H. grandifolius</i>	5-10	5,38	1,81	0,27	7,46
<i>H. grandifolius</i>	10-20	89,39	26,18	26,60	142,17
<i>H. grandifolius</i>	20-30	490,28	470,54	367,96	1328,78
Producción mensual		819,49	862,78	524,32	2206,59

La producción de biomasa macroalgal de las especies más abundantes en Caleta Potter a lo largo del verano 1994-1995 fue de 2206,59 Tm, siendo la producción diaria de $0,0157 \text{ g.g}^{-1}\text{d}^{-1}$. Este valor resulta del cociente entre la Producción Total por especie y la Biomasa Total Promediada de las especies más abundantes en el período de estudio (121 días).

DISCUSIÓN

BIOMASA MACROALGAL EN LA REGIÓN ANTÁRTICA

En estudios realizados en la Isla Anvers (64° 46' S, 64° 04 O), DeLaca y Lipps (1976) registraron valores de biomasa seca aproximados a los 800 g/m² y 600 g/m² para *Desmarestia menziesii* e *Himantothallus grandifolius* respectivamente (Tabla 7.11). En el caso de las Islas Orcadas (64° 42' S, 45° 36') se reportaron valores máximos de biomasa de 1000 g/m² para *D. anceps* y 460 g/m² para *D. menziesii* a 11 m de profundidad en Outer Island, y 3300 g PS/m² para *D. anceps* a 5 m en Bare Rock (Brouwer et al., 1995) (Tabla 7.11).

Tabla 7.11: valores máximos de biomasa seca (g/m²) registrados en diferentes estudios. Entre paréntesis las profundidades que fueron especificadas por los distintos autores.

Autor	Localidad	<i>Desmarestia anceps</i>	<i>Desmarestia menziesii</i>	<i>Himantothallus grandifolius</i>
DeLaca y Lipps (1976)	Isla Anvers	-	800 g/m ² (4 m)	600 g/m ² (12 m)
Brouwer et al. (1995)	Islas Orcadas	1000 g/m ²		
		(11 m)	460 g/m ²	240 g/m ²
		3300 g/m ² (5 m)	(11 m)	(11 m)
Quartino et al. (2001)	Caleta Potter (Peñón de Pesca)	7165,62 g/m ² (5 m)	7515,57 g/m ² (10 m)	3024,81 g/m ² (20m)
Tesis	Caleta Potter	671,52 g/m ² (20 m)	748,59 g/m ² (5 m)	1151, 80 g/m ² (20 m)

Las grandes Desmarestiales (*Himantothallus grandifolius*, *Desmarestia anceps* y *D. menziesii*) fueron las especies que exhibieron los más altos valores de biomasa media. Esta situación se repite en toda la Antártida Occidental en donde las Desmarestiales son las especies dominantes de las comunidades macroalgales.

En general los valores máximos de biomasa por m² obtenidos en Caleta Potter son del mismo orden de magnitud que en los demás trabajos. Las diferencias pueden deberse en gran parte al insuficiente tamaño de unidad muestral utilizados en

los trabajos anteriores. Por ejemplo, los valores obtenidos por Brower et al. (1995) fueron mayores que los encontrados en este trabajo, pero estos autores admiten que el efecto combinado del gran tamaño de las macroalgas con el pequeño tamaño de la unidad muestral ($0,25 \text{ m}^2$) puede haber causado una sobreestimación de la biomasa de estas especies cuando se extrapoló a 1 m^2 . Una situación similar fue la registrada en un estudio previo realizado en 1991-1993 en el sitio Peñón de Pesca (S3) en Caleta Potter (Quartino et al., 2001), utilizando cuadrados muestrales de $0,25 \text{ m}^2$ se obtuvieron valores máximo de biomasa $7515,57 \text{ g/m}^2$ (*Desmarestia menziesii*), $7165,62 \text{ g/m}^2$ (*Desmarestia anceps*) y $3024,81 \text{ g/m}^2$ (*Himantothallus grandifolius*). Para evitar esa sobreestimación de las biomásas en el presente trabajo se tomaron muestras de 1 m^2 para la zona de grandes Desmarestiales y de $0,25 \text{ m}^2$ para la zona de algas de menor tamaño.

En términos de peso húmedo, los valores de biomasa media registrados por Amsler et al. (1995) en la Isla Anvers para el conjunto de Phaephyceae dominantes (*Desmarestia menziesii*, *D. anceps*, *D. antarctica* e *H. grandifolius*) fueron de 4500, 4500 y 5200 g/m^2 correspondientes a los 5, 10 y 15 m respectivamente. La biomasa media húmeda en Caleta Potter correspondiente a estas tres Desmarestiales fue de 9600 g/m^2 en la zona de alta densidad y de 2400 g/m^2 en el total de la Caleta entre los 0 y 30 m de profundidad sobre fondos rocosos.

Otros autores han preferido dar información sobre la biomasa máxima en terreno en lugar de referirse a las biomásas promedio. La máxima biomasa húmeda correspondiente a las tres Desmarestiales reportada por Brouwer et al. (1995) fue de 8800 g/m^2 , más de cuatro veces el máximo de biomasa de 2050 g/m^2 encontrados por Richardson (1979) en la misma localidad (Signy Island). La máxima biomasa húmeda registrada en Caleta Potter para las tres Desmarestiales fue de 11647 g/m^2 .

En el área del Mar de Ross ($74^\circ 30\text{S}$, $165^\circ 30\text{E}$), las comunidades macroalgales están dominadas por las *Iridaea cordata* y *Phyllophora antarctica* (Miller y Pearse, 1991; Cormaci et al., 1996, 1998). Para *Iridaea cordata*, se registró en Caleta Potter un máximo valor de biomasa ($2553,6 \text{ g/m}^2$) que es del mismo orden de magnitud que los reportados por Cormaci et al. (1996) de $2225,0 \text{ g/m}^2$ y $3439,7 \text{ g/m}^2$. El valor de biomasa húmeda media de esta especie en Caleta Potter fue de $497,9 \text{ g/m}^2$, mientras que en el Mar de Ross se registraron valores de $376,2 \text{ g/m}^2$ (Miller y Pearse, 1991).

En Caleta Potter las biomásas tienen una tendencia a disminuir a lo largo del verano esto coincide con las conclusiones de Wiencke (1996) referidas a las estrategias de los ciclos de vida de las macroalgas antárticas ya discutidas en la sección 6 de este trabajo.

PRODUCCIÓN PRIMARIA BENTÓNICA

La producción primaria bentónica comprende a la de las macroalgas y microalgas marinas. Las siguientes consideraciones están referidas a la fracción de las macroalgas.

La pérdida de biomasa de las macroalgas bentónicas al resto del ecosistema marino puede abarcar diferentes mecanismos como herbivoría, rotura de talos, exudados y emisión de elementos de reproducción.

Entre los principales organismos de Caleta Potter que tienen a las macroalgas en su dieta se encuentran los gasterópodos (*Laevilacunaria antarctica*), anfipodos (*Gondogeneia antarctica*, *Nacella concina*), poliquetos (Nereidae), isópodos (*Plakarthium punctatissimum*) y peces (*Notothenia coriiceps*). La lapa *Nacella concina* se alimenta especialmente de algas rojas crustosas y de la Phaeophyta *Ascoseira mirabilis* mientras que el isópodo *Plakarthium punctatissimum* se alimenta en forma particular de la Rhodophyta *Curdiea racovitzae* y de la Phaeophyta *Ascoseira mirabilis*. Otros herbívoros tales como el gasterópodo *Laevilacunaria antarctica*, el anfípodo *Gondogeneia antarctica*, o el pez *Notothenia coriiceps* son generalistas y predan sobre una variedad de especies macroalgales tales como *Palmaria decipiens*, *Monostroma harti*, *Desmarestia menziesii*, e *Iridaea cordata* entre otras (Iken et al., 1997, 1998).

Moreno y Zamorano (1980) concluyeron que las macroalgas que constituían la dieta del pez *Notothenia coriiceps* eran ingeridas accidentalmente mientras predaban sobre diferentes organismos estimaron, sin embargo estudios posteriores realizados en Caleta Potter revelaron que las macroalgas constituyen un ítem importante en la dieta de esta especie (Barrera Oro y Casaux, 1990; Iken et al., 1997).

Un aspecto del que se tiene muy poca información es de la alimentación de

los raspadores sobre los céspedes formados por pequeñas macroalgas y otros componentes del microfitobentos.

Las macroalgas bentónicas pueden ser desprendidas del fondo por disturbios tales como témpanos o tormentas y pasar a integrar los depósitos en el fondo. Brouwer (1996) en la Isla Signy (I. Orcadas) observó que la degradación física era el proceso dominante en la descomposición de las grandes porciones de la especie *Desmarestia anceps*. Las macroalgas fragmentadas proveen también alimento para organismos filtradores que se alimentan del material particulado en suspensión (Fischer y Wiencke, 1992; Lawson et al., 1993). Las mismas pueden también ser transportadas por la acción de la deriva y de las olas hasta la costa mezclándose con los sedimentos costeros y excrementos de elefantes o lobos marinos, incrementando el desarrollo de los microorganismos descomponedores (Zielinski, 1981) cuya acción descompone la materia orgánica y permite su remineralización.

Las macroalgas marinas, principalmente las algas pardas exudan diversas formas de carbono orgánico, mucílagos, compuestos fenólicos y compuestos orgánicos nitrogenados (Kremer, 1981). Algunos autores (Khailov y Burlakova, 1969, Sieburth, 1969) indicaron altos porcentajes (20-30 %) de carbono exudado respecto al fotosintato total, mientras que otros (Moebus y Johnson, 1974; Harlin y Craige, 1975) obtuvieron estimaciones de sólo 0,5 y 6 %.

Consideraciones sobre las estimaciones de producción en algas marinas bentónicas

Cuando el objetivo del estudio es evaluar el flujo de energía que capta una población o comunidad de fitobentos y que pasa luego a los diferentes niveles tróficos es necesario contar con una estimación de la producción primaria. Las aproximaciones metodológicas a este objetivo son variadas, se pueden tomar por ejemplo estimaciones de productividad a través de la evolución de O₂ o fijación de C₁₄ en botellas claras y oscuras.

En los trabajos realizados en laboratorio o en terreno sobre producción fotosintética generalmente se realiza una corrección por carbono respirado y se considera fotosíntesis bruta a la suma del carbono fijado más el respirado y neta a aquella de carbono fijado. En algunos estudios de terreno la producción se estima por

diferencia de biomasa en fechas sucesivas, despreciando aquella biomasa que es liberada al ecosistema. En el trabajo realizado en Caleta Potter las estimaciones de producción fueron realizadas mediante una metodología que combina ambos tipos de información, estando las tasas de crecimiento calculadas en laboratorio referidas a la fotosíntesis neta.

Aunque en el ámbito mundial son abundantes los trabajos en donde se señalan las biomásas en el terreno de diferentes macroalgas, los intentos para determinar producción no son tan numerosos. Algunos de estos estudios, sobre todo los centrados en el interés de evaluar la producción para especies comerciales como fuente de materia prima para diferentes usos, se han centrado en la producción neta y se basan normalmente en la evaluación del crecimiento de los talos y en la de dinámica de poblaciones. (De Wreede, 1985; Silverthorne 1977)

Attwood et al. (1991) estimaron la producción en *Macrocystis laevis* en la Isla Prince Edward midiendo el crecimiento entre marcas. Rice y Chapman (1982) calculan la producción neta de *Chordaria flageliformis* en función de la biomasa presente en sucesivas fechas y la relación de producción a biomasa en forma similar a la aplicada en los cálculos para Caleta Potter.

La motivación inicial de realizar estudios de producción fue la de tener información sobre la cantidad de biomasa que las macroalgas bentónicas proveen dentro de un ecosistema antártico. Los resultados indican que la producción estival en Caleta Potter equivale a 1,9 veces la biomasa promedio presente en el período de 121 días del estudio.

En el Artico, Chapman y Lindley (1980) observaron valores de producción de $0,0015 \text{ g.g}^{-1}\text{d}^{-1}$ para *Laminaria solidungula* creciendo a 8 m de profundidad. Rice y Chapman (1982) registraron valores del orden de $0,06 \text{ g.g}^{-1}\text{d}^{-1}$ para *Chordaria flagelliformis* del intermareal de Nova Scotia (Canadá). En Caleta Potter el valor observado para el conjunto de las macroalgas más abundantes fue de $0,0157 \text{ g.g}^{-1}\text{d}^{-1}$ (producción diaria).

Las estimaciones de producción realizadas tienen varias limitaciones entre las cuales podemos mencionar:

- El estudio fue acotado para los meses de verano.
- Los mapas de la zona no superan la escala 1: 25.000 por lo que se dificulta el detalle para la determinación de superficies.

- Los datos de tasa de crecimiento diaria obtenidos en laboratorio no abarcaron todas las profundidades analizadas en el estudio de terreno.

- Hubiera sido conveniente contar con información suplementaria sobre los movimientos de témpanos de hielo para interpretar mejor los datos cuando se observaron disminuciones marcadas de biomasa en el terreno.

Para comprender qué fracción de la producción primaria bentónica fluye a cada uno de los compartimientos del ecosistema, se deberían realizar estudios adicionales sobre fragmentación y descomposición de los tejidos, herbivoría, exudación de sustancias orgánicas de las macroalgas e interacción con la fracción microbiana

8- CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

El presente trabajo se centró en el estudio de las macroalgas marinas antárticas de Caleta Potter. En el curso del mismo se estableció la composición florística de las asociaciones y se determinó cuales eran los factores ambientales más relacionados con las mismas, definiéndose los óptimos de densidad de las especies con respecto a la profundidad, el sustrato, la irradiación y los niveles de nitratos y fosfatos.

Utilizando datos cuantitativos de biomasa y densidad y sobre la base de técnicas numéricas se definieron cuatro asociaciones macroalgales, cuya composición en especies coincide en rasgos generales con las asociaciones macroalgales de otras localidades de la Antártida Occidental.

La primera de dichas asociaciones se encuentra ubicada en la franja de interfase entre el mesolitoral y el sublitoral superior, y está caracterizada por *Iridaea cordata*, *Monostroma hariotii* y *Adenocystis utricularis* con afinidad por ambientes con altos niveles de irradiación, sustrato de rocas sólidas y óptimos de densidad entre 0 y 3 m de profundidad.

La segunda asociación se ubica en el sublitoral superior, preferentemente hasta 10 m de profundidad, y está caracterizada por *Desmarestia menziesii*, *Ascoseira mirabilis*, *Curdiea racovitzae* y *Kallymenia antarctica*. Se relaciona con rocas de 50-100 cm de diámetro e irradiaciones intermedias; los óptimos de distribución son los 3 m de profundidad para *A. mirabilis*, 5 m para *D. menziesii* y *C. racovitzae* y 10 m para *K. antártica*.

La tercera asociación se ubica en el sublitoral medio, aproximadamente hasta los 22 m de profundidad. Está caracterizada por *Desmarestia anceps*, *Georgiella confluens* y *Plocamium cartilagineum* y relacionada con profundidades mayores; los óptimos de densidad están a los 18 m de profundidad para *D. anceps* y a los 22 m para *G. confluens* y *P. cartilagineum*.

Por último la asociación del sublitoral inferior o profundo, a más de 22 m de profundidad, está caracterizada por *Himantothallus grandifolius* y *Ballia callitricha* la cual se encuentra epífita sobre la primera. Esta asociación se relaciona con valores

bajos de irradiación y rodados menores a 19 cm, estando el óptimo de densidad de *H. grandifolius* a 25 m de profundidad.

Dentro de los límites impuestos por el muestreo, realizado mayoritariamente en la estación estival, el principal factor de distribución de las asociaciones es la profundidad y está también altamente relacionada con los tipos de sustratos, seguido por la irradiación, la salinidad y los nutrientes.

El sustrato duro es el responsable de proveer un ambiente adecuado para el arraigo de las macroalgas, las que no crecieron en aquellos sitios en donde prevaleció el sustrato blando

En el presente estudio pudo observarse que muchas especies presentaron un óptimo de densidades a valores altos de irradiación, esto no sería contradictorio con lo señalado debido a que una característica de las macroalgas antárticas es que presentan un mecanismo de fotoinhibición por el cual la energía absorbida en exceso se vuelve inofensiva por disipación térmica

Los niveles altos de salinidad mostraron mayor relación positiva con la biomasa que con la densidad de las macroalgas. Esto podría deberse a que las algas de mayor tamaño se encuentran a más profundidad, donde se registraron salinidades superiores a las de superficie, donde el agua de deshielo contribuye a bajar la salinidad.

La composición de las asociaciones macroalgales y la distribución de las especies no mostró relación con los niveles de nutrientes, esto confirmaría la información tratada en la discusión que sostiene que las concentraciones de nutrientes en la zona antártica no son limitantes y se mantienen casi constantes.

La temperatura del agua, y la duración del día antártico no manifestaron tener incidencia en la composición de las asociaciones o abundancia de las especies, probablemente debido a que la mayoría de las muestras fueron tomadas en la época de finales de primavera - verano.

El cálculo estimativo de la producción de biomasa macroalgal en caleta Potter durante el período estival fue de 2206 Tm, equivalente a 1,9 veces la biomasa promedio durante los períodos estivales abarcados en el estudio. La correspondiente producción diaria fue de $0,0157 \text{ g.g}^{-1}\text{d}^{-1}$. Estos valores constituyen la única información de producción macroalgal en la Antártida que se ha calculado hasta el momento.

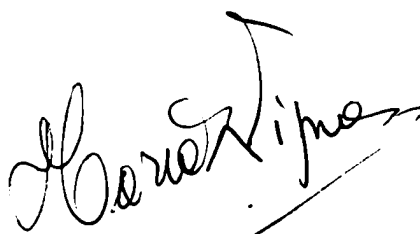
Teniendo en cuenta la experiencia recogida en la realización de este trabajo se considera que en futuros estudios será conveniente contar con información sobre los movimientos de témpanos de hielo para verificar las consecuencias de la acción mecánica de los mismos sobre las disminuciones o pérdidas de biomasa macroalgal en el terreno.

Asimismo se deberá tener en cuenta que debido a la disminución de la concentración del ozono estratosférico sobre las regiones polares, se ha incrementado la radiación ultravioleta B (UV-B) y que las especies mesolitorales son las que se verían mas afectadas por dicha radiación, estando en parte el límite superior de la distribución vertical de las macroalgas determinado por su tolerancia al stress lumínico a través de mecanismos de fotoinhibición.

Considerando la naturaleza dinámica de las comunidades macroalgales se sugiere entonces su monitoreo en forma continua durante varios años, a fin de poder analizar las variaciones en la composición florística en función de los factores ambientales, incluyendo los que puedan estar modificándose como consecuencia del cambio global de la temperatura y los niveles de la radiación UV.

14/5


A. E. R. A. S.


Roberto Riquelme
Instituto de Estudios Científicos

9- BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

- Amsler, C. D., Rowley, R. J., Laur, D. R., Quentin, L. B., Ross, R. M. (1995) Vertical distribution of Antarctic peninsular macroalgae: cover, biomass and species composition. *Phycologia* 34: 424-430.
- Anderson, D. A. (1988) Some models for overdispersed binomial data. *Austr. J. Statist.* 30: 125-148.
- Anderson, R. J. & Stegenga H. (1989) Subtidal algal communities at Bird Island, Eastern Cape, South Africa. *Bot. Mar.* 32: 299-311.
- Attwood, C. G., Lucas, M. I., Probyn, T. A., McQuaid, C. D., Fielding, P. J. (1991) Production and standing stocks of the kelp *Macrocystis laevis* Hay at the Prince Edward Islands, Subantarctic. *Polar Biol.* 11: 129-133.
- Barrera-Oro, E. R. & Casaux R. J. (1990) Feeding selectivity in *Notothenia neglecta* Nybelin, from Potter Cove, South Shetland Islands, Antarctica. *Antarct. Sci.* 2: 207-213.
- Bellamy, D. J., Wittick, A., John, D. M., Jones, D. J. (1973) A method for the determination of seaweed production based on biomass estimates. En: *A guide to measurement of primary production under some special conditions* UNESCO, París: 27-33.
- Bischof, K., Hanelt, D., Wiencke, C. (1998) UV-radiation can affect depth- zonation of Antarctic macroalgae. *Mar. Biol.* 131: 597-605.
- Boraso, A. L. (1975) Los géneros *Enteromorpha*, *Blidingia*, y *Percusaria* (Algae- Chlorophyta) en las costas atlánticas argentinas. *Darwiniana* 19: 285- 311.
- Boraso de Zaixso, A. L. (1993) Observaciones sobre el tipo de *Callymenia antarctica* Hariot. *Naturalia patagonica*, Ser. Cs. Biol. 1(2): 77-83.
- Boraso de Zaixso, A., Zaixso H., Casas, G. (1999) Asociaciones de algas bentónicas submareales del golfo San José (Chubut, Argentina). *Physis* (Buenos Aires) Secc. A 57 (132-133): 17-27.
- Brand, T. E. (1980) Trophic interactions and community ecology of the shallow marine benthos along the Antarctic Peninsula. *Ph. D. Thesis. University Davis, California*.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957) An ordination of upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- Brouwer, P. E. M. (1996) Decomposition *in situ* of the sublittoral Antarctic macroalgae *Desmarestia anceps* Montagne. *Polar Biol.* 16: 129-137.
- Brouwer, P. E. M., Geilen, E. F. M., Gremmen, N. J. M., Van Lent, F. (1995) Biomass, cover and zonation pattern of sublittoral macroalgae at Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica. *Bot. Mar.* 38: 259-270.
- Chamberlain, Y. M. (1963) The identity of *Monostroma endiviifolium* A. and E. S. Gepp. *Nova Hedwigia* 6: 151-155.
- Chapman, D. J. & Chapman, V. J. (1961) Life histories in the algae. *Ann. Bot.* 25: 547-561.

- Chapman, A. R. O. & Lindley, J. E. (1980) Seasonal growth of *Laminaria solidungula* in the Canadian High Arctic in relation to irradiance and dissolved nutrient concentrations. *Mar. Biol.* 57: 1-5.
- Choi, H., Kraft, G. T., Saunders, G. W. (2000) Nuclear small- subunit rDNA sequences from *Ballia* sp (Rhodophyta): proposal of the Balliales ord. nov., Balliaceae fam. nov., *Ballia nana* sp. Nov. and *Inkyulea* gen. nov (Ceramiales). *Phycologia* 39 (4): 272-287.
- Chung, H., Oh Y. S., Lee I. K., Kim, D. Y. (1994) Macroalgal vegetation of Maxwell Bay in King George Island, Antarctica. *Korean J. Phycol.* 9: 47-58
- Chung, H., Oh, Y. S., Kim, J. H., Kang, Y. C., Kang, S. H., Lee, S. H. (2000) Species composition and biomass distribution of benthic macroalgae in Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. *Korean J. Polar Res.* 11(1): 1-12.
- Clayton, M. N. (1985) A critical investigation of the vegetative anatomy, growth and taxonomic affinities of *Adenocystis*, *Scytothamnus*, and *Splachnidium* (Phaeophyta). *Brit. Phycol. J.* 20 (3): 285-296.
- Clayton, M. N. (1987) Isogamy and fucalean type of life history in the Antarctic brown alga *Ascoseira mirabilis* (Ascoseirales, Phaeophyceae). *Bot. Mar.* 30: 447-455.
- Clayton, M. N. (1994) Evolution of the Antarctic Marine Benthic Algal Flora. *J. Phycol* 30: 897- 904.
- Clayton, M. N. & Ashburner, C. M. (1990) The anatomy and ultrastructure of "conducting channels" in *Ascoseira mirabilis* (Ascoseirales, Phaeophyceae). *Bot. Mar.* 33: 63-70.
- Clayton, M. N. & Wiencke, C. (1990) The anatomy, life history and development of the Antarctic brown algae *Phaeurus antarcticus* (Desmarestiales, Phaeophyceae). *Phycologia* 29: 303-315.
- Clayton, M. N., Wiencke, C., Klöser, H. (1997) New records of temperate and sub-Antarctic marine benthic macroalgae from Antarctica. *Polar Biol.* 17: 141-149.
- Cormaci, M., Furnari, G., Scammacca, B., Cassazza, G. (1992a) Il fitobenthos di Baia Terra Nova (Mare di Ross, Antartide): Osservazioni sulla flora e sulla zonazione dei popolamenti. En: V.A. Gallardo, O. Ferretti y H. I. Moyano (eds). *Atti Seminario Internazionale: Oceanografia in Antartide*. ENEA, Progetto Antartide, Italia Centro Eula, Concepcion, Chile: 395-408.
- Cormaci, M., Furnari, G., Scammacca, B., Cassazza, G. (1992b) The benthic algal flora of Terranova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Bot. Mar.* 35: 541-552.
- Cormaci, M., Furnari, G., Scammacca, Alongi, G. (1996) Summer biomass of a population of *Iridaea cordata* (Gigartinaceae, Rhodophyta) from Antarctica. *Hydrobiologia* 326/327: 267-272.
- Cormaci, M., Furnari, G., Scammacca, B., Alongi, G., Catra, M. (1998) Summer biomass of a population of *Phyllophora antarctica* (Phylloporaceae, Rhodophyta) from Antarctica. *Hydrobiologia*, 362: 85-91.
- DeLaca, T. E. & Lipps, J. H. (1976) Shallow-water marine associations, Antarctic Peninsula. *Antarct. J. U.S.* 11: 12-20

- Delépine, R. (1966) La végétation marine dans l'Antarctique de l'Ouest comparée a celle des îles Australes Françaises. Conséquences biogéographiques. *C. R. Soc. Biogéogr.* Paris, 374: 52-68.
- Delépine, R. (1967) Sur un nouveau genre de Chlorophycées antarctiques. *Lambia. C. R. Hebd. Seanc. Acad. Sci.* Paris, 264: 1410- 1413.
- Delépine, R. & Asensi, A. O. (1978) Reactions ecophysiologiques et variations morphogénétiques des *Adenocystis* et *Utriculidium* (Pheophycées). *Rev. Algol.* 13 (1): 43-85.
- Delépine, R., Asensi, A. O., Etcheverry, H. (1985). Seaweed. En: Fischeer, W y Hureau, J. C. (eds) *FAO species identification sheets for fishery purposes.* Southern Ocean (Commission for the conservation of Antarctic marine living resources "CCAMLR" Convention Area) FAO-Rome, 1: 1-69.
- Delépine, R., Mackenzi Lamb, I., Zimmermann, M. H. (1966) Preliminary report on the marine vegetation of the Antarctic Peninsula. *Proc. Int. Seaweed Symp. Halifax*, 5: 107-116.
- De Wildeman, É. (1935) *Observations sur les algues rapportées par l'expédition antarctique de la "Belgica". Résultats du voyage de la "Belgica" en 1897-1899.* Ansvers, 47 pp.
- De Wreede, R. E. (1985) Destructive (harvest) sampling. En: Ecological field methods: macroalgae. Littler M. M. & Littler, D. S. (eds). *Handbook of Phycological Methods.* Cambridge University Press, 147-160.
- Dieckmann, G., Reichardt, W., Zielinski, K. (1985) Growth and reproduction of seaweed, *Himantothallus grandifolius* at King George Islands. En: Siegfried, W. R., Condy, P. R., Laws R. M. (eds) *Antarctic nutrient cycles and food webs.* Springer, Berlin Heidelberg, New York: 104-108.
- Dixit, S. S., Dixit, A. S., Smol, J. P. (1989) Relationships between Chrysophyte assemblages and environmental variables in seventy-two Sudbury lakes as examined by canonical correspondence analysis (CCA). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1667-1676.
- Drew, E. A. & Hastings, R. M. (1992) A year -round ecophysiological study of *Himantothallus grandifolius* (Desmarestiales, Phaeophyta) at Signy Island, Antarctica. *Phycologia* 31: 262-277.
- Etcheverry, H. D. (1986) *Algas marinas de Chile.* Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. ROSTLAC, 379 pp.
- Farrel, E., Critchley, A., Cid, L. (1995) Análisis multivariado de comunidades de algas. En: Alveal, K; Ferrario; M. E., Oliveira, E. C., Sar, E. (eds) *Manual de Métodos Ficológicos.* Universidad de Concepción- Chile: 795-823.
- Fischer, G. & Wiencke, C. (1992) Stable carbon isotope composition, depth distribution and fate of macroalgae from the Antarctic Peninsula Region. *Polar Biol.* 12: 341-348.
- Foltran, A., Maranzana, G., Rascio, N., Scarabel, L., Talarico, L., Andreoli, C. (1996) *Iridaea cordata* from Antarctica: an structural, cytochemical and pigment study. *Bot. Mar.* 39: 533-541.
- Furmanczyk, K. & Zielinski, K. (1982) Distribution of macroalgae groupings in shallow waters of Admiralty bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctic), plotted with the help of air photographs analysis. *Polish Polar Res.* 3: 41-47.

- Gain, M. L. (1911) Note sur trois espèces nouvelles d'algues marines provenant de la région antarctique sud-américaine. *Bull. Mus. His. Nat. Paris*, 17 (6): 482-484.
- Gain, M. L. (1912) La flore algologique des régions antarctiques et subantarctiques. En: J. B. Charcot, *Deuxième expédition Antarctique Française (1908-1910)*. Sci. Nat. Doc. Sci. Paris, 218 pp., 8 pls, 1 cart.
- Gauch, H. G. (1989) *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press. New York, 298 pp.
- Gómez, I. & Wiencke, C. (1996) Photosynthesis, dark respiration and pigment contents of gametophytes and sporophytes of the Antarctic brown alga *Desmarestia menziesii*. *Bot. Mar.* 39: 149-157.
- Gómez, I. & Wiencke, C. (1997) Seasonal growth and photosynthetic performance of Antarctic macroalga *Desmarestia menziesii* (Phaeophyceae) cultivated under fluctuating Antarctic daylengths. *Bot. Mar.* 110: 25-31.
- Gómez, I., Wiencke, C., Weykam, G. (1995b). Seasonal photosynthetic characteristics of the brown algae *Ascoseira mirabilis* from King George Island (Antarctica). *Mar. Biol.* 123: 167-172.
- Hanelt, D. (1996) Photoinhibition of photosynthesis in marine macroalgae. *Sci. Mar.* 60: 243-248.
- Hanelt, D., Melchersmann, B., Wiencke, C., Nultsch, W. (1997) Effect of high light stress on photosynthesis of polar macroalgae in relation to depth distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 255-266.
- Hanisak, M. D. (1992) Nitrogen release from decomposing seaweeds: Species and temperature effects. *J. Appl. Phycol.* 5: 175-181.
- Hariot, P. (1907) Alges. En J. Charcot. *Expédition Antarctique Française (1903-1905)*. Sci. Nat. Doc. Scien. Mason et Cie. Paris: 1- 9
- Harlin, M. M., Craige, J. S. (1975) The distribution of photosynthate in *Ascomyllum nodosum* as it relates to epiphytic *Polysiphonia lanosa*. *J. Phycol.* 11: 109-113.
- Heine, J. N. (1989) Effects of ice scour on the structure of sublittoral marine algal assemblages of St. Lawrence and St. Matthew Islands, Alaska. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 52: 253-260.
- Heywood, R. B. & Whitaker, T. M. (1984) The marine flora. En: Laws, R.M. (ed.) *Antarctic Ecology*. Academic Press, London, 2: 373-419
- Hill, M. O. (1979) *Decorana- Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging*. Ecology and systematics. Cornell University. Ithaca, New York.
- Hooker, J. D., Harvey, W. H. (1845) Algae Antarcticae, being characters and descriptions of the hitherto unpublished species of algae, discovered in Lord Auckland 's Group, Campbell's Island, Kerguelen's Land, Falkland Islands, Cape Horn and other Southern Circumpolar regiones during the voyage of H. M. Discovery ships *Erebus* and *Terror*. London. *J. Bot.* 4: 249-276, 293-298.
- Hoyer, K., Karsten, U., Sawall, T. Wiencke, C. (2001) Photoprotective substances in Antarctica macroalgae and their variation with respect to depth distribution, different tissues and developmental stages. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 211:117-129.

- Huisman, J., Olff, H., Fresco, L. F. M. (1993) A hierarchical set of models for species response analysis. *J. Veg. Sci.* 4: 37-46.
- Hylmø, D. (1919) Zur Kenntnis der subantarktischen und antarktischen Meeresalgen. III. Chlorophyceen. En: O. Nordenskjöld, *Wiss. Ergebn. Schwed. Südpolarexped. 1901-1903.* 4 (2): 1-20.
- Iken, K., Barrera-Oro, E., Quartino, M. L., Casaux, R. J., Brey, T. (1997) Grazing by the antarctic fish *Nototothenia coriiceps*: evidence for selective feeding on macroalgae. *Antarct. Sci.* 9 (4): 386-391.
- Iken, K., Quartino, M. L., Barrera-Oro E., Palermo, J., Wiencke C., Brey, T. (1998) Trophic relations between macroalgae and herbivores in Potter Cove (King George Island, Antarctica). En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica.* Rep. Polar Res. (=Berichte zur Polarforschung) 299: 258-262.
- Israel, A. (1995) Determinación de la producción primaria en macroalgas marinas. En: Alveal, K., Ferrario, M. E., Oliveira, E. C., Sar, E. (eds) *Manual de Métodos Ficológicos.* Universidad de Concepción. Chile: 795-823.
- Jacob, A., Lehmann, H., Kirst G. O., Wiencke C. (1992a) Changes in the ultrastructure of *Prasiola crispa* spp. antarctica under salinity stress. *Bot. Acta* 105: 41-46.
- Jacob, A., Wiencke, C., Lehmann, H., Kirst, G. O. (1992b) Physiology and ultrastructure of dessication in the green alga *Prasiola crispa* from Antarctica. *Bot. Mar.* 35: 297-303.
- Kain (Jones), J. M. (1989) The seasons in the subtidal. *Brit. Phycol. J.* 24: 203-215.
- Kamer, K., Schiff, K. C., Kenninson, R. L., Fong, P. (2002) Macroalgal nutrient dynamics in Upper Newport Bay. *Southern California Coastal Water Research Project Technical Report* n° 365. Westminster, CA. 98 pp
- Karentz, D. (1989) Report on studies related to the ecological implications of ozone depletion on the Antarctic environmental. *Antarct. J. US.* 24: 175-176.
- Khailov, K. M. & Burlakova Z. P. (1969) Release of dissolved organic matter by marine seaweeds and distribution of their total organic production to inshore communities. *Limnol. Oceanogr.* 14: 521-527.
- Khunemann, O. (1969) Observaciones acerca de los límites del piso mesolitoral en el dominio antártico austral americano. *Physis* 28 (77): 331-349.
- Kirst, G. O. & Wiencke, C. (1995) Ecophysiology of polar algae. *J. Phycol.* 31: 181-199.
- Kirwood, J. M. & Burton, H. R. (1988) Macrobenthic species assemblages in Ellis Fjord, Vestfold Hills; Antarctica. *Mar. Biol.* 97: 445-457.
- Klößer, H., Ferreyra, G., Schloss, I., Mercuri, G., Laturus, F., Curtosi, A. (1993) Seasonal variation of algal growth conditions in sheltered Antarctic Bays: the example of Potter Cove (King George Islands, South Shetlands) *J. Mar. Syst.* 4: 289-301.
- Klößer, H., Mercuri, G., Laturus, F., Quartino, M. L., Wiencke, C. (1994a) On the competitive balance of macroalgae at Potter Cove (King George Island, South Shetlands) *Polar Biol.* 14: 11-16.

- Klöser H., Ferreyra, I., Schloss, I., Mercuri, G., Laturnus, F., Curtosi, A. (1994b) Hydrography of Potter Cove, a small fjord-like inlet on King George island (South Shetlands) *Est. Coast. Shelf Sci.* 38: 523-537.
- Klöser, H., Quartino, M. L., Wiencke, C. (1996) Distribution of macroalgae and macroalgal communities in gradients of physical conditions in Potter Cove, King George Island, Antarctica. *Hydrobiologia* 333: 1-17.
- Korrmann, P. & Sahling, P. H. (1977) Meeresalgen von Helgoland. Benthische Grün-, Braun und Rotalgen. *Helgoländer Wiss. Meeresunters.* 29: 1-289.
- Kremer, B. P. (1981) Metabolic implications of non-photosynthetic carbon fixation in brown macroalgae. *Phycologia* 20: 242-250.
- Kylin, H. (1956) Die Gattungen der Rhodophyceen. *CWK Gleerups Forlag Lund*. 673 pp.
- Kylin, H. & Skottsberg, C. (1919) Zur Kenntnis der subantarktischen und antarktischen Meeresalgen. II. Rhodophyceen. En: *O. Nordensjöld, Wiss. Ergeb. Schwed. Südpolarexped. 1901-1903.* 4 (15): 1-88.
- Lamb, I. M. & Zimmerman, M. H. (1977) Benthic marine algae of the Antarctic Peninsula. *Antarct. Res. Ser.* 23: 130-229.
- Lobban, C. S., Harrison, P. J., Duncan, M. J. (1985) *The physiological ecology of seaweeds*. Cambridge University Press, 242 pp.
- Lüning, K. (1990) *Seaweeds, their environment biogeography and ecophysiology*. Wiley, J. & Son (eds), New York, 527 pp.
- McLachlan, J. (1973) Growth media-marine. En: Culture Methods and Growth Measurements. Stein, J. R. (ed). *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge University Press: 25- 52.
- Meer, J. P. van der, Chen, L. C. M. (1979) Evidence for sexual reproduction in the red algae *Palmaria palmata* and *Halosaccion ramentaceum*. *Can. J. Bot.* 57(21) : 2452- 2459.
- Mendoza, M. L. (1969) Las Delesseriaceae (Rhodophyta) de Puerto Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina. II Estudio sistemático del género *Myriogramme* Kylin. *Physis* 29: 245-260.
- Miller, K. A. & Pearse, J. S. (1991) Ecological studies of seaweeds in McMurdo Sound, Antarctica. *Am. Zool.* 31: 35-48.
- Moe, R. L. (1985) *Gaina* and Gainiaceae, a new genus and family of crustose marine Rhodophyceae from Antarctica. *Phycologia* 24 (4): 419-428.
- Moe, R. L. (1986a) *Notophycus fimbriatus* (Solieriaceae), a new genus and species of marine Rhodophyceae from the Antarctic Peninsula. *Phycologia* 25 (4): 544-550.
- Moe, R. L. (1986b) *Hymenocladiosis crustigena* (Rhodymeniaceae) a new genus and species of marine Rhodophyceae from the Antarctic Peninsula. *Phycologia* 25 (1): 1-9
- Moe, R.L. & DeLaca, T. E. (1976) Occurrence of macroscopic algae along the Antarctic Peninsula. *Antarct. J. US* 11: 20-24.
- Moe, R. L. & Henry, E. C. (1982) Reproduction and early development of *Ascoseira mirabilis* Skottsberg (Phaeophyta), with notes on Ascoseirales Petrov. *Phycologia* 21(1): 55-66.

- Moe, R. L. & Silva, P. C. (1981) Morphology and taxonomy of *Himantothallus* (Including *Phaeoglossum* and *Phyllogigas*), an antarctic member of the Desmarestiales (Phaeophyceae). *J. Phycol.* 17: 15-29.
- Moe, R. L. & Silva, P. C. (1983) Morphological and taxonomic studies on Antarctic Ceramiaceae (Rodophyceae). III. *Georgiella* and *Plumariopsis* (Tribe Ptiloteae). *Brit. Phycol. J.* 18: 275-298.
- Moe, R. L. & Silva, P. C. (1989) *Desmarestia antarctica* (Desmarestiales, Phaeophyceae) a new ligulate Antarctic species with an endophytic gametophyte. *Pl. Syst. Evol.* 164: 273-283.
- Moebus, K. & Johnson K. W. (1974) Exudation of dissolved organic carbon by brown algae. *Mar. Biol.* 26: 117-125.
- Momo, F., Bogazzi, E., Duttweiler, F. (1998) Amphipods of Potter Cove: community composition, biology and growth En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. Rep. Polar Res. (= Berichte zur Polarforschung) 299: 144-149.
- Montagne, C. (1845) Plantes cellulaires. En: *Dumont D'Urville, V.S.C. Voyage au Pole Sud et dans l'Océanie sur les corvettes "L'Astrolabe" et la "Zélée" pendant les années 1837-1840*. Paris. Botanique 1: XVI+ 349, 14 pl.
- Montagne, C. (1846) Cryptogames cellulaires et vasculaires. En: *C. Gaudichaud, Voyage autour du monde exécuté pendant les années 1836 et 1837 sur la corvette "La Bonite"*. Paris. Botanique 1: 1-163.
- Moreno, C. A. & Zamorano, J. H. (1980) Selección de los alimentos en *Notothenia coriiceps neglecta* del cinturón de macroalgas de Bahía South, Antártica. *Ser. Cien. INACH* 25/26: 33- 44.
- Müller, D. G. (1984) Culture studies on the life history of *Adenocystis utricularis* (Phaeophyceae, Dictyosiphonales). *Phycologia* 23(1): 87-94.
- Naylor, M. 1955. The life cycle of *Adenocystis utricularis* (Bory) Hook et Harvey. *Trans. R. Soc. N. Z.* 83: 295-301.
- Neushul, M. (1965) Diving observations of subtidal Antarctic marine vegetation. *Bot. Mar.* 8 (2-4): 234-243.
- Oksanen, J. (1996) HOF: Ecological gradient analysis using Huisman-Olff-Fresco models with maximum likelihood. Disponible en <http://WWW.helsinki.fi/~jhoksane/pages/hof2.html>
- Oksanen, J. (1998) HOF: Ecological gradient analysis using Huisman-Olff-Fresco models. Version 2.3. Disponible en: <http://WWW.helsinki.fi/~jhoksane/sofhelp/hofread.html>.
- Ossoinak Garibaldi, E. R., Abrines de Siro, M. A., De Ambrosini, M. L., Donaldson, M. S. (1950). Historia de los descubrimientos. Cronología de los viajes a las regiones australes. Antecedentes argentinos. *Univ. Buenos Aires. Fac. Cs Econ. Instituto. de la Producción* 12: 52-270.
- Papenfuss, G. F. (1964a) Problems in the taxonomy and geographical distribution of Antarctic marine algae. En: Carrick, R., Holdgate, M. y Prévost, J. (eds) *Biologie Antarctique*. 1st SCAR Symposium. Premier Symposium. Hermann, Paris : 155-160.

- Papenfuss, G. F. (1964b) Catalogue and bibliography of Antarctic and subantarctic benthic marine algae. *Am. Geophys. Union, Antarctic. Res. Ser.* 1:1-76.
- Pèrès, J. M. (1961) *Océanographie Biologique et Biologie Marine*. Presses Universitaires de France, Paris, 541 pp.
- Peters, A. F. & Müller, D. G. (1986) Life history studies a new approach to the taxonomy of ligulate species of *Desmarestia* (Phaeophyceae) from Pacific Coast of Canada. *Can. J. Bot.* 64: 2192-2196.
- Pujals, C. (1963) Catálogo de Rhodophytas citadas para la Argentina. *Rev. Mus. Arg. C. N. "B. Rivadavia" Bot.* 3 (1): 1-139.
- Pujals, C. (1977) Adiciones y correcciones al Catálogo de Rhodophytas citadas para la Argentina. *Rev. Mus. Arg. C. N. "B. Rivadavia" Bot.* 5 (6): 123-163.
- Quartino, M. L., Klöser, H., Boraso de Zaixso, A., Zaixso, H. (1998). Benthic marine algae communities at a sheltered site in Potter Cove, King George Island, South Shetland, Antarctica. En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. Rep. Polar Res. (=Berichte zur Polarforschung) 299: 74-81.
- Quartino, M. L., Klöser, H., Schloss, I. R., Wiencke, C. (2001) Biomass and associations of benthic marine macroalgae from the inner Potter Cove (King George Island, Antarctica) related to depth and substrate. *Polar Biol.* 24: 349- 355.
- Ramírez, M. E. & Peters, A. (1992) The South American species of *Desmarestia*. *Can. J. Bot.* 64: 2948-2954.
- Reichardt, W. & Dieckmann, G. (1985) Kinetics trophic role of bacterial degradation of macro-algae in Antarctic coastal waters. En: W. R. Siegfried, P. R. Condy and R. M. Laws (eds) *Antarctic nutrient cycles and food webs*. Springer, Berlin, 115-122.
- Reinsch, P. F. (1890) Zur Meeresalgenflora von Südgeorgien. En: Neumayer, G. von (ed.) *Die Internationale Polarsforschung 1882-1883. Die Deutsch. Exped. Vol.2. Beschreibende Naturwissenschaften*. Hermann, Berlin. (15): 366-449, 9 pls.
- Rice, E. L. & Chapman, A. R. O. (1982) Net productivity of two cohorts of *Chordaria flagelliformis* (Phaeophyta) in Nova Scotia, Canada. *Mar. Biol.* 71:107-111.
- Ricker, R. W. (1987) *Taxonomy and biogeography of Macquarie Island Seaweeds*. British Museum (Natural History). London, 349 pp.
- Richardson, M. G. (1979) The distribution of Antarctic marine macroalgae related to depth and substrate. *Br. Antarct. Surv. Bull.* 49: 1-13.
- Roberts, B. B. (1958) Chronological List of Antarctic Expeditions. *Polar Record* 9: 97-134; 10: 191-239.
- Roesse, M. & Drabble, M. (1998) Wind- Driven circulation in Potter cove. En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. Rep. Polar Res. (= Berichte zur Polarforschung) 299: 40-46.
- Sauvageau, C. (1900- 1914) Remarques sur les Sphacelariacées. Paris, *Journ. de Bot.* 18: 332-348.
- Schloss I. (1997) Escalas temporo- espaciales de variabilidad del fitoplancton costero Antártico. *Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires*.

- Schloss, I., Ferreyra G., Klöser, H. (1998) Seasonal variation of the condition for phytoplankton growth in Potter Cove. En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. Rep. Polar Res. (= Berichte zur Polarforschung) 299: 59-66.
- Schöne, T., Pohl, M., Zakrajsek, A. F., Schenke, H. W. (1998) Tide gauge measurements, a contribution for the long term monitoring of the sea level. En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. Rep. Polar Res. (= Berichte zur Polarforschung) 299: 12-14.
- Scrosati, R. A. (1992) Morfología y anatomía de *Desmarestia ligulata* de Argentina y *Desmarestia merziesii* de Antártida (Phaeophyceae). *Physis Sección A*, 47 (113): 89-98.
- Sieburth, J. Mc. N. (1969) Studies on algal substances in the sea. III. Production of extracellular organic matter by littoral marine algae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 3:290-309.
- Silverthorne, W. (1977) Optimal production from seaweed resource. *Bot. Mar.* 20: 75-98.
- Skottsberg, C. (1907) Zur Kenntnis der subantarktischen und antarktischen Meeresalgen. I. Phaeophyceen. En: O. Nordenskjöld (ed.) *Wiss. Ergebn. Schwed. Südpolarexped. (1901-1903)* 4(6): 1- 172.
- Skottsberg, C. (1921) Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerland (1907- 1909). VIII Marine Algae. I Phaeophyceae. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl.* 61 (11): 1-56.
- Skottsberg, C. (1923) Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerland 1907- 1909. IX marine Algae 2 Rhodophyceae. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl.* 63 (8): 1-70.
- Skottsberg C. (1941) Communities of marine algae in subantarctic and antarctic waters. *Kgl. Svensk. Vet. Akad. Handl.* 19(4): 1- 92.
- Skottsberg, C. (1953) On two collections of Antarctic marine algae. *Arkiv. Bot. Ser. 2*, 2:531-566.
- Speroni J., Roese, M., Drabble, M. (1994) *Transporte de sedimentos por corrientes litorales en Caleta Potter, Antártida*. IX Coloquio de oceanografía IAPSO, Bahía Blanca.
- Strickland, J. D. H. & Parsons, D. R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. *J. Fish. Res. Bd. Can. Bull.* 167: 1-310.
- Ter Braak, C. J. F. (1986) Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ter Braak, C. J. F. (1987) CANOCO. A FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1), 95 p. *TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department Wageningen*, 6700 AC Wageningen, Holanda.
- Ter Braak, C. J. F. (1990) Update notes: CANOCO version 3.10, *Agricultural Mathematics Group, Wageningen*. Holanda, 35 pp.
- UNESCO, (1981) Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. UNESCO technical papers in marine science N°37.

- Westermeyer, R., Gómez, I., Rivera, P.J., Müller, D.G. (1992) Macroalgas marinas antárticas: distribución, abundancia y necromasa en Isla Rey Jorge, Shetland del Sur, Antártida. *Ser. Cient. INACH*, 42: 21-34.
- Weykam G. & Wiencke C. (1996) Seasonal photosynthetic performance of the endemic Antarctic alga *Palmaria decipiens* (Reinsch) Ricker. *Polar Biol.* 16: 357-361.
- Wiencke, C. (1990a). Seasonality of brown macroalgae from Antarctica- a long-term culture study under fluctuating Antarctic daylengths. *Polar Biol.* 10: 589-600.
- Wiencke, C. (1990b). Seasonality of red and green macroalgae from Antarctica- long-term culture study under fluctuating Antarctic daylengths. *Polar Biol.* 10: 601-607.
- Wiencke C. (1996) Recent advances in the investigation of Antarctic macroalgae. *Polar Biol.* 16: 231-240.
- Wiencke, C. & Clayton M. N. (1990) Sexual reproduction, life history, and early development in culture of the Antarctic brown alga *Himantothallus grandifolius* (Desmarestiales, Phaeophyceae). *Phycologia* 29: 9-18.
- Wiencke, C. & Clayton, M. N. (1998) The life history of *Porphyra endiviifolium* from the South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biol.* 19: 257-263.
- Wiencke, C. & Clayton, M. N. (2002) Antarctic Seaweeds. En: Wägele, J. W. (ed.) *Synopses of the Antarctic Benthos*. Vol. 9, 159 pp, 40 pls.
- Wiencke, C. & tom Dieck, I. (1989) Temperature requirements for growth and temperature tolerance of macroalgae endemic to the Antarctic region. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 54: 189-197.
- Wiencke, C., Stolpe, U., Lehmann, H. (1991) Morphogenesis of the brown alga *Desmarestia antarctica* under seasonally fluctuating Antarctic daylengths. *Ser. Cient. INACH* 41: 65-78.
- Wiencke, C., Clayton, M. N., Schultz, D. (1995) Life history, reproductive morphology and development of Antarctic brown algae *Desmarestia menziesii* J. Agardh. *Bot. Acta* 108:169-276.
- Wiencke, C., Clayton, M. N., Langreder, C. (1996) Life history and seasonal morphogenesis of the endemic antarctic brown alga *Desmarestia anceps* Montagne. *Bot. Mar.* 39: 435-444
- Womersley, H. B. S. (1971) The genus *Plocamium* (Rhodophyta) in Southern Australia. *Trans. R. Soc. S. Aust.* 95 (1): 9-27.
- Wunderle, S., Saurer, H., Großmann, H. (1998) Meteorological conditions and snow cover dynamics on the Potter Peninsula, King George Island, Antarctica. En: Wiencke, C., Ferreyra, G., Arntz, W., Rinaldi, C. (eds) *The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica*. Rep. Polar Res. (= Berichte zur Polarforschung) 299: 15-27.
- Wynne, M. J. (1982) Observations of four species of Delesseriaceae (Rhodophyta) from the South Sandwich Islands, the Antarctic. *Contr. Univ. Mich. Herb.* 15: 325-337.
- Zaixso, H. (1997) Asociaciones de moluscos bentónicos submareales del golfo San José y sur del golfo San Matías (Chubut, Argentina). *Physis*, Secc. A, 54 (126-127): 1-21.
- Zaixso, H., Lizarralde, Z., Pastor, C., Gomes-Simes, E., Romanello, E., Pagnoni, G. (1998) Distribución espacial del macrozoobentos submareal del golfo San José (Chubut, Argentina). *Rev. Biol. Mar. Ocean.* 33 (1): 43-72.

- Zaixso, H. & Lizarralde, Z. (2000) Distribución de equinodermos en el golfo San Matías (Chubut, Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35 (2): 1-18.
- Zanelved, J. S. (1966) Vertical zonation of Antarctic and subantarctic benthic marine algae. *Antarc. J. US.* 1(5): 211-213.
- Zanelved, J. S. (1968) Benthic marine algae, Ross Island to Balleny Islands. *Antarct. Map Folio Ser.* 10: 1-12, 13 plates.
- Zanelved, J. S. (1969) *Iconography of Antarctic and subantarctic benthic marine algae. Part I Chlorophycophyta and Chrysophycophyta.* Verlag von Cramer. 12 pp, 97 pls.
- Zielinski, K. (1981) Benthic macroalgae of Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica) and circulation of algal matter between the water and the shore. *Polish Polar Res.* 2: 71-94.
- Zielinski, K. (1990) Botton macroalgae of the Admiralty Bay (King George Island, South Shetlands, Antarctica) *Polish Polar Res.* 11: 95-131.