

**CICLOS DE LOS BOSQUES DE *MACROCYSTIS PYRIFERA* EN
BAHIA CAMARONES, PROVINCIA DEL CHUBUT,
REPUBLICA ARGENTINA ***

Martín A. HALL ** y Alicia L. BORASO de ZAIXSO ***

SUMMARY: Cycles of *Macrocystis pyrifera* forest in Bahía Camarones, Chubut, Argentina.

Three successive cycles of *Macrocystis pyrifera* forest were studied along 48 months (V-1975/IV-1979). Each cycle consists of a juvenile phase, an equilibrium phase and a senescence one. Total and harvestable weight, length and stipes number at plant base and canopy were measured on each plant. Forest density and indices to show senescence and relations between canopy and base were developed.

A method is proposed to make results independent from tidal factors and depth. Total biomass varies between 0,58 kg/plant and 7,39; harvestable biomass varies between no harvestable portion available and 3,12 kg/plant, with a mean value of 8,42 kg/m² (limits of confidence 95% = 0,68 - 16,10 kg/m²) for whole plants and 1,81 kg (0,67 - 3,05 kg/m²) in the harvestable portion.

Biological meaning of the different parameters are discussed and comparisons are established with other populations.

* Trabajo realizado en el Centro Nacional Patagónico (CNP). 28 de Julio 28 - 9120 Puerto Madryn (Chubut) Argentina.

** Dirección: 6249 NE Radford Dr, Seattle Washington 98115, USA.

*** Miembro de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Rep. Argentina. Investigador del CNP.

| | | | | | | |
|--------|-----------|-------------------|------|-------|-----------------|-------------------|
| ECOSUR | Argentina | ISSN 0925-108X | v. 6 | n. 12 | pág. 165-184 | setiembre 1979 |
|--------|-----------|-------------------|------|-------|-----------------|-------------------|

INTRODUCCION

Los bosques de *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) de la costa patagónica argentina representan un importante recurso natural cuya explotación se halla limitada en la actualidad al aprovechamiento de arribazones y a una pequeña cosecha manual cuyo principal destino es la fabricación de harinas. Coincidentemente con el desarrollo de la industria de ficocoloides en la provincia del Chubut, será necesario establecer normas de cosecha adecuadas a las condiciones biológicas de los bosques de cada zona para asegurar el equilibrio natural y un abastecimiento regular de materia prima. La eficacia de estas normas dependerá de la exactitud de los datos con que se cuente acerca de la dinámica poblacional de la especie. Con este fin el proyecto "Relevamiento de *Macrocystis pyrifera* y Normas para su explotación" del Centro Nacional Patagónico (Puerto Madryn, Chubut, Argentina), ha llevado a cabo veintisiete campañas periódicas a Bahía Camarones (Chubut), midiéndose en cada una los parámetros relacionados con el crecimiento de las plantas y la evolución de la población.

Los resultados obtenidos por el proyecto desde 1975 hasta 1977 y conclusiones preliminares acerca de los mismos fueron informados en Hall (1976); los resultados desde 1977 hasta abril de 1979 se describieron en detalle en Boraso de Zaixso y Taylor (1979 a y b). El propósito de este trabajo es dar a conocer en forma conjunta los resultados obtenidos y algunas conclusiones basadas en los mismos.

Podemos mencionar como antecedentes generales de importancia los trabajos de North y colaboradores en California y las consideraciones sobre los bosques de nuestras costas expuestas por Kühnemann (1970).

Ante la evidente complejidad de la dinámica de esta especie se plantearon sucesivamente los siguientes problemas:

- Existencia y duración de un ciclo en el desarrollo de los bosques.
- Variaciones de la biomasa total y cosechable en las diferentes fases del ciclo del bosque.
- Relación entre la época del año en que se origina el bosque y la velocidad de crecimiento de las plantas.
- Determinación de los parámetros que indican desequilibrio y senilidad en los bosques.
- Repetibilidad de las características medidas en los sucesivos ciclos del bosque.
- Aplicación de los resultados referentes a la dinámica de los bosques de una región a los de otras latitudes.
- Existencia de una variación anual en la capacidad regenerativa y reproductiva de las plantas.

Estos problemas no son, evidentemente, independientes entre sí; pero los planteamos separadamente para mayor claridad en la exposición.

MATERIAL Y METODOS

La zona de muestreo fue el centro de la Bahía de Camarones (44° 48' 30" S.) (Fig. N° 1).

El muestreo se inició en mayo de 1975 con periodicidad mensual hasta abril de 1976, continuándose luego cada dos o tres meses hasta abril de 1979.

El tamaño muestral y aspectos vinculados fueron analizados previamente (Hall, 1979), llegándose al esquema de muestreo que se describe a continuación:

En cada campaña se colectaron 100 plantas sobre un transecto en la zona central del bosque, a la que se llegó por medio de botes neumáticos de tres metros de eslora con motor fuera de borda. Cada planta fue extraída por buceo autónomo, colocada en una bolsa individual numerada, registrándose la hora y profundidad de cada extracción, esto permitió tipificar la altura de corte en el procesamiento posterior. En un lapso no mayor de tres horas después del muestreo se pesó cada planta escurrida en una balanza de reloj de 25 kg de capacidad (sensibilidad: 25 g) para obtener la *biomasa total* de cada una (P.H.T.); a continuación se midieron los siguientes parámetros en cada una de las plantas:

- *Peso húmedo cosechable* (P.H.C.): Biomasa correspondiente a la porción de la planta pasible de ser sometida a una cosecha estandar. El nivel de corte de este efecto se definió como el plano que corta a las plantas a 1,8 metros por debajo del nivel de marea media (para la localidad estudiada esto equivale a 1 metro por encima del plano de reducción de las cartas). Para efectuar la determinación de la altura de corte se utilizaron los datos de profundidad y hora de cosecha de cada planta según la siguiente relación:

$$H_c = P - [H - (M_m - 1,8)]$$

Donde: P = Profundidad de extracción de la planta
 H = Altura de marea en el momento de la extracción.
 M_m = Altura de marea media de la localidad.
 H_c = Altura de corte medida desde la base de la planta.

Esta forma de expresar la igualdad, si bien no es la más elegante desde el punto de vista algebraico es la más sencilla de usar en la práctica pues agrupa en un solo término a las dos constantes de la expresión para cada serie de datos. Este sistema independiza los muestreos de los horarios y regímenes de marea y permite comparar los resultados de diferentes muestras; el método posibilita, por otra parte, simular el comportamiento de un equipo cosechador. El promedio de PHC que aparece en los resultados está calculado sobre las plantas que llegan a nivel de corte, debiéndose multiplicar por el porcentaje de plantas a nivel de corte para obtener el promedio real.

- *Número de guías en la base* (NGB): Número de guías y dicotomías correspondientes a esporofilos inmaduros en la zona cercana a la base. Este parámetro se considera una medida de edad relativa. Coincidimos con Lobban (1978) quien señala que los esporofilos son guías modificadas, por lo que creemos razonable no separar a este efecto ambas categorías de fronde.

- *Número de guías en el nivel de corte* (NGC): Es el número de guías en el nivel de corte antes definido.

- *Longitud* (LT): Es la longitud de la guía más larga de cada planta; se cuenta con este dato desde noviembre de 1976.

En base a las anteriores mediciones se elaboraron los siguiente índices:

- *Índice de potencial meristemático* (NGB/NGC): Expresa el porcentaje de biomasa que se puede extraer de cada planta en una cosecha estandar, efectuada por corte a la altura anteriormente definida. Si bien no discrimina entre los tejidos de alta y baja eficiencia fotosintética, aporta una imagen de la distribución de la biomasa en cada oportunidad de muestreo.

Además de las mediciones realizadas sobre las plantas se determinó el porcentaje de plantas a nivel de corte (PLC) y, cuando la visibilidad bajo el agua lo permitió, la densidad del bosque expresada en plantas por metro cuadrado.

Con el objeto de determinar que tipo de desequilibrio tiene relación con la senilidad del bosque se definieron tres índices derivados no ya de los valores medidos sino de los promedios de los mismos en cada muestreo; estos índices son:

"A": Es la relación entre la estimación de la biomasa promedio en la base y en el dosel de la planta y se expresa como:

$$A = \frac{\overline{PHT} - \overline{PHC} \cdot PLC}{\overline{PHC} \cdot PLC}$$

"B": Es la biomasa promedio estimada en el dosel (en gramos) por guía en la base y se expresa como:

$$B = \frac{\overline{PHC} \cdot PLC}{\overline{NGB}}$$

"C": Es la biomasa promedio estimada en la zona basal (en gramos) por guía en la base y se expresa como:

$$C = \frac{\overline{PHT} - \overline{PHC} \cdot PLC}{\overline{NGB}}$$



Fig. 1. Ubicación del bosque estudiado en la Bahía de Camarones.

RESULTADOS

En la tabla I y figuras 2 y 3 se resumen los valores promedios obtenidos en Bahía Camarones en cada fecha para cada una de las variables en estudio; por brevedad se han omitido en la tabla los valores de desviación típica y error típico, ilustrándose en cambio los límites de confianza de los promedios en las figuras 2 y 3; las medidas de dispersión se pueden consultar en Boraso y Taylor (1979 *a* y *b*) y en Boraso de Zaixso (1979).

Las fechas aproximadas en que ocurrieron desprendimientos masivos del bosque fueron: octubre de 1976; mayo de 1978 y febrero de 1979; en noviembre de 1978 se detectó un desprendimiento parcial que afectó en forma diferencial las distintas zonas del bosque.

Seguidamente se analizan las variaciones de los parámetros durante el lapso estudiado en relación a las épocas del año.

TABLA I

| FECHA | NOB | NOG* | PHT(kg) | PHT*(kg) | NOB/NOG | PHT/100 | L.T. (m.) | PLANTAS EN CORTE(%) | A | B | C | n |
|----------|------|------|---------|----------|---------|---------|--------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 12-05-75 | 9.7 | 3.7 | 2.94 | 1.23 | 3.3 | 35.9 | — | 83.4 | 2 | 106 | 198 | 96 |
| 02-07-75 | 10.1 | 3.4 | 3.43 | 1.43 | 4.6 | 33.9 | — | 76.8 | 3 | 109 | 231 | 99 |
| 25-07-75 | 10.6 | 3.6 | 3.22 | 1.94 | 4.4 | 41.2 | 6.8 | 64.1 | 3 | 117 | 186 | 103 |
| 27-08-75 | 10.4 | 3.5 | 4.88 | 2.43 | 4.1 | 41.3 | — | 89.0 | 2 | 203 | 261 | 99 |
| 22-09-75 | 12.1 | 3.9 | 5.98 | 2.49 | 4.5 | 38.3 | — | 81.0 | 2 | 166 | 307 | 100 |
| 28-10-75 | 17.4 | 3.9 | 7.06 | 3.11 | 5.9 | 40.5 | 6.4 | 87.1 | 2 | 156 | 250 | 102 |
| 30-12-75 | 27.5 | 4.0 | 7.39 | 3.17 | 7.9 | 35.9 | — | 85.1 | 2 | 98 | 171 | 101 |
| 29-01-76 | 25.9 | 3.1 | 5.81 | 1.63 | 8.5 | 28.0 | — | 68.9 | 4 | 43 | 181 | 103 |
| 04-03-76 | 44.7 | 3.6 | 5.67 | 1.95 | 19.6 | 26.6 | — | 61.0 | 5 | 27 | 102 | 100 |
| 06-04-76 | 39.6 | 3.0 | 3.82 | 1.74 | 18.4 | 36.1 | — | 77.0 | 3 | 34 | 63 | 99 |
| 24-06-76 | 40.6 | 2.2 | 2.95 | 1.48 | 27.5 | 38.4 | — | 65.7 | 3 | 24 | 49 | 69 |
| 04-10-76 | 50.6 | 1.9 | 5.45 | 1.40 | 43.7 | 15.4 | — | 16.1 | 40 | 4 | 103 | 68 |
| 11-11-76 | 13.8 | 0.0 | 0.58 | 0.00 | — | 00.0 | 1.3 | 00.0 | 0 | 0 | 0 | 103 |
| 26-01-77 | 18.3 | 2.1 | 2.89 | 0.95 | 12.6 | 23.4 | 4.9 | 19.0 | 22 | 10 | 143 | 112 |
| 03-03-77 | 13.0 | 3.1 | 3.29 | 1.16 | 6.5 | 31.2 | 5.4 | 63.6 | 4 | 56 | 196 | 110 |
| 30-03-77 | 20.4 | 3.5 | 3.66 | 1.48 | 7.5 | 36.3 | 7.2 | 87.8 | 2 | 64 | 116 | 99 |
| 25-05-77 | 43.8 | 3.3 | 3.34 | 0.93 | 18.6 | 26.7 | 7.2 | 83.5 | 3 | 19 | 58 | 101 |
| 04-08-77 | 44.1 | 2.7 | 3.23 | 1.10 | 23.6 | 26.9 | 7.6 | 60.8 | 5 | 15 | 58 | 101 |
| 18-10-77 | 47.6 | 2.8 | 4.13 | 1.69 | 24.8 | 28.8 | 5.5 | 56.4 | 5 | 20 | 67 | 101 |
| 07-12-77 | 48.7 | 2.6 | 4.20 | 1.70 | 28.8 | 27.0 | 5.5 | 59.4 | 5 | 20 | 65 | 101 |
| 09-2-78 | 78.5 | 2.5 | 4.30 | 0.99 | 36.4 | 14.6 | 5.1 | 46.9 | 14 | 6 | 49 | 98 |
| 04-05-78 | 26.0 | 2.6 | 2.32 | 0.65 | 12.6 | 21.5 | 4.5 | 31.9 | 10 | 0.1 | 1 | 94 |
| 13-07-78 | 22.9 | 2.4 | 2.42 | 1.05 | 13.4 | 29.7 | 7.5 | 80.0 | 2 | 37 | 69 | 82 |
| 06-09-78 | 39.9 | 2.7 | 5.17 | 2.25 | 21.8 | 35.9 | 8.2 | 64.0 | 2.5 | 36 | 93 | 125 |
| 09-11-78 | 44.0 | 3.1 | 6.83 | 2.43 | 19.6 | 38.9 | 6.0 | 78.0 | 2.6 | 43 | 112 | 101 |
| 29-01-79 | 49.9 | 3.0 | 4.36 | 1.12 | 32.3 | 19.4 | 5.3 | 26.0 | 14 | 6 | 81 | 97 |
| 17-04-79 | 8.52 | 0.0 | 0.73 | 0.00 | — | 00.0 | 2.3 | 00.0 | — | — | — | 103 |

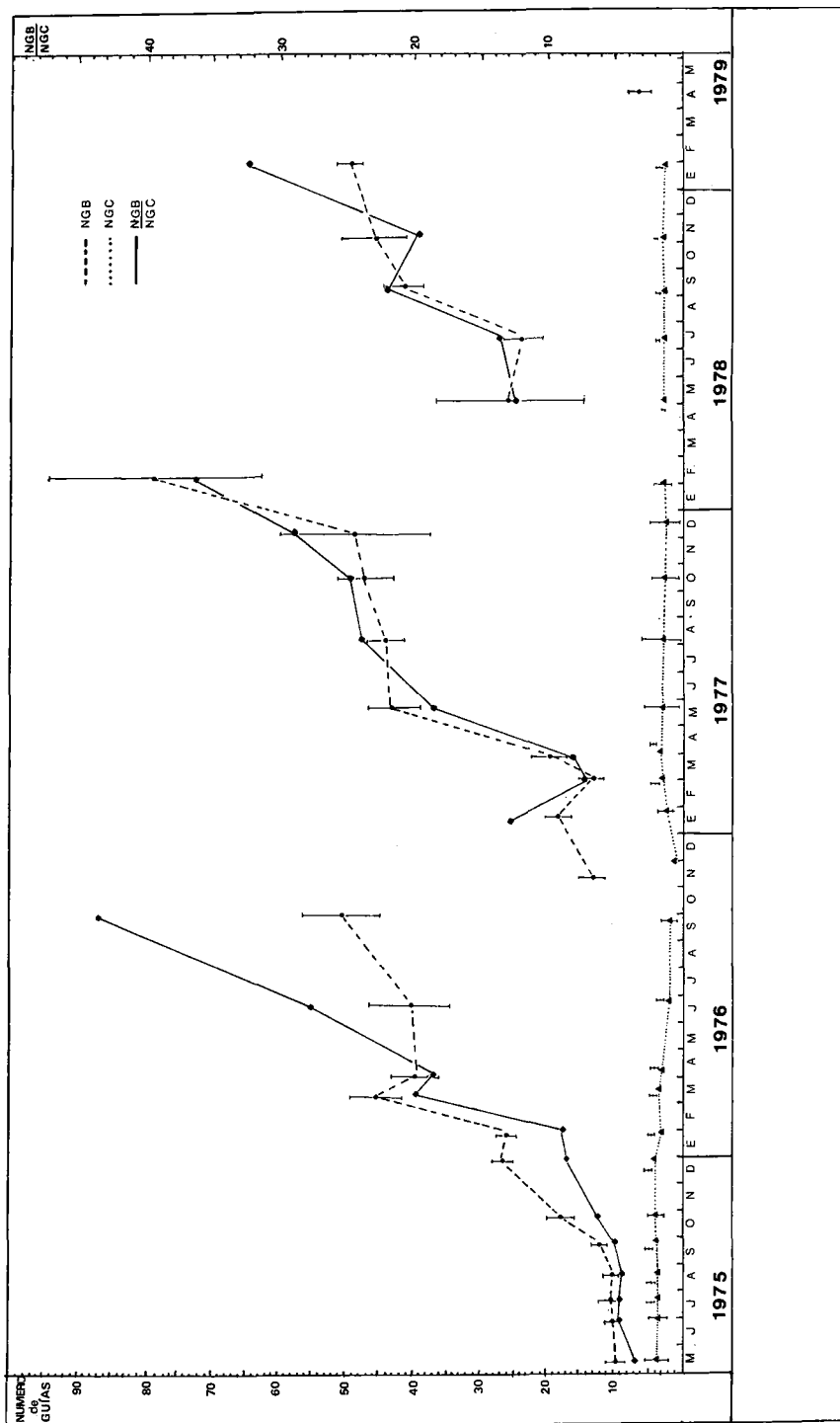


Fig. 2. Variaciones de el número de guías en la base y en el nivel de corte y de la relación NGB/NGC.

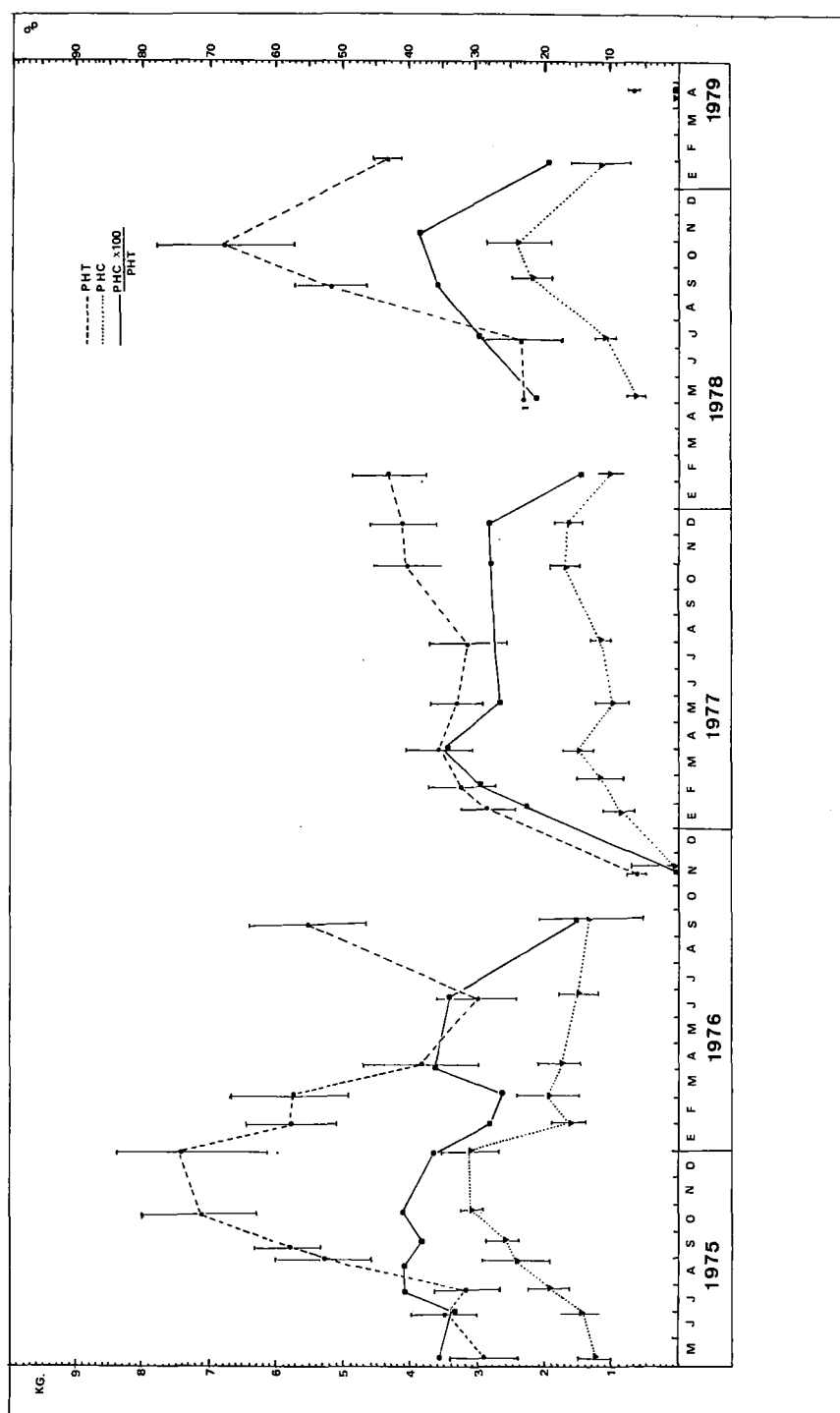


Fig. 3. Variaciones de las biomasa por planta total y cosechable, y de la proporción de biomasa cosechable por planta.

PARAMETROS INDICADORES DEL ESTADO VEGETATIVO DE LAS PLANTAS

- *Peso húmedo total* (PHT): Durante los años 1975 y 1976 se desarrolló una población que alcanzó los mayores valores de biomasa en enero-febrero de este último año. La velocidad de crecimiento en primavera de 1975 alcanzó un promedio de 44,4 g por día por planta; en la primavera de 1976 y la de 1978 se observa un crecimiento similar. En el 1977 la población se mantiene dentro de valores relativamente bajos de biomasa total y aunque se observa un aumento de ésta en primavera, el mismo no es tan acentuado como en los otros años.

La biomasa en verano se ve evidentemente afectada por condiciones desfavorables del ambiente; si el bosque está en condiciones óptimas al comienzo del verano (año 1975-76) llega al otoño con una disminución en la biomasa; si es un bosque joven, el crecimiento será acelerado y comparable al de primavera hasta que se desarrolla un dosel apreciable; y por último, si el bosque está afectado por algún desequilibrio (1977-78 y 1978-79), no recuperará su biomasa y se deteriorará hasta desprenderse.

Entre marzo y agosto no se apreció crecimiento notable de la biomasa de las plantas.

- *Peso húmedo cosechable* (PHC) y $(PHC \cdot 100/PHT)$: La biomasa cosechable coincide en sus variaciones en general con las de la biomasa total; a lo largo de toda la serie de muestras se pueden señalar distribuciones aparentemente óptimas de la biomasa en la planta (33-35% en el dosel) y periodos en que se verifica una disminución de la proporción de biomasa en el dosel, ya sea por una condición deficiente dependiente del medio (enero-febrero de 1976) o por declinación del bosque previa a su desprendimiento (octubre de 1976) o por ambas causas (febrero de 1978 y enero de 1979).

Se observa en todos los casos una marcada disminución en la proporción de biomasa en el dosel previamente al desprendimiento del bosque.

- *Longitud total* (L.T.): Se cuenta con datos acerca de la longitud de la guía más larga de cada planta desde la primera renovación observada del bosque (noviembre de 1976). La velocidad de crecimiento al comienzo del desarrollo de las plantas varía entre 4,8 y 6,4 centímetros por día para la guía más larga, y, una vez alcanzados los valores de equilibrio (5 a 8 m), éstos se mantienen relativamente constantes hasta el siguiente desprendimiento.

PARAMETROS RELACIONADOS CON LA EDAD DEL BOSQUE (NGB; NGC y NGB/NGC)

En tanto que el número de guías en el nivel de corte presenta en el equilibrio marcada estabilidad (entre 2,5 y 4), el número de guías y esporofilos inmaduros en la base aumenta constantemente desde la formación hasta el desprendimiento del bosque. La velocidad de su crecimiento tiende a ser rítmica, es

baja en el invierno de 1975, 1976, 1977 y 1978; relativamente elevada en el verano de 1975-76 y 1976-77, y por último es moderada en la primavera de 1975, 1977 y 1978. En el resto de las fechas en las que se realizaron muestreos esta periodicidad se ve oscurecida por encontrarse el bosque en período de crecimiento acelerado durante la fase juvenil. Los valores de NGB en las muestras fluctuaron entre 2 y 200; el promedio máximo fue alcanzado en febrero de 1978 con 78,5 guías.

La tasa de crecimiento de NGB/NGC es algo más estable que la de NGB; una disminución marcada de éstos valores indica el desprendimiento masivo reciente de las plantas y su reemplazo por juveniles.

DENSIDAD Y PORCENTAJE DE PLANTAS A NIVEL DE CORTE (P.L.C.)

La densidad es relativamente alta en un principio, para ir disminuyendo hasta la fase de equilibrio del bosque; se mantiene luego entre 1,5 y 2,5 plantas por metro cuadrado hasta la fase de declinación donde aparentemente disminuye.

Las plantas que no alcanzan el nivel de corte son las juveniles y parte de las que alcanzan el estado senil. Las variaciones que se observan en P.L.C. no tienen aparentemente relación con la época del año, siendo los máximos alcanzados de un 80% a un 90% de plantas en el nivel de corte.

En la tabla II se resumen los datos de densidad con que se cuenta en la zona estudiada y las estimaciones de biomasa por unidad de superficie en base a los mismos.

INDICES DERIVADOS DE PROMEDIOS MUESTRALES (A, B y C)

El índice "A", que indica la relación entre la biomasa del dosel y la base, presenta valores estables excepto en los momentos de franco desequilibrio del bosque; "B" que expresa biomasa en el dosel por guía en la base muestra una variación paulatina y presenta valores notablemente superiores en 1975 que en fechas posteriores. El índice "C" indica la relación entre biomasa de la base y NGB, y varía también lentamente a lo largo de cada ciclo, siendo los máximos alcanzados en los ciclos similares entre sí.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

1 - Duración del ciclo de los bosques y fases diferenciables de cada uno.

Sobre la base de las observaciones realizadas en Camarones se puede señalar la duración aproximada de tres ciclos sucesivos del bosque de esa localidad; el primero comenzó probablemente entre marzo y abril de 1975 y duró un lapso no menor de dieciocho meses; el segundo ciclo se extendió desde fines de octubre de 1976 por alrededor de dieciséis meses y un tercer ciclo comenzado aproximadamente en marzo de 1978 se completó en el lapso de un año.

TABLA II

| Fecha | Densidad Promedio 2 Plantas/m | PHT (Kg) | Biomasa (Kg) | | PHC (Kg) | PLC (%) | Biomasa (Kg) | | OBSERVACIONES |
|-----------|-------------------------------|----------|----------------|--|----------|---------|----------------|--|---------------------------------------|
| | | | m ² | | | | m ² | | |
| 22-09-75 | 2,35 | 2,35 | 14,058 | | 2,49 | 81,0 | 4,74 | | Bosque en crecimiento activo. |
| 29-01-76 | 2,20 | 5,81 | 12,782 | | 1,63 | 68,9 | 2,47 | | Bosque afectado por alta temperatura. |
| 11-11-76 | 3,40 | 2,95 | 10,030 | | 0,00 | 00,0 | 0,00 | | Bosque recién recuperado. |
| 26-01-77 | 2,50 | 2,89 | 7,275 | | 0,95 | 19,0 | 0,45 | | Bosque en regeneración. |
| 30-03-77 | 2,00 | 3,66 | 7,320 | | 1,48 | 87,8 | 2,60 | | Bosque en equilibrio. |
| 25-05-77 | 2,40 | 3,34 | 8,016 | | 0,98 | 83,5 | 1,96 | | Bosque en equilibrio. |
| 04-08-77 | 1,95 | 3,23 | 6,298 | | 1,10 | 60,8 | 1,30 | | Bosque en equilibrio. |
| 09-02-78 | 1,50 | 4,30 | 6,450 | | 0,99 | 46,9 | 0,70 | | Bosque antes del desprendimiento. |
| 04-05-78 | 2,55 | 2,32 | 5,916 | | 0,65 | 31,9 | 0,53 | | Bosque en regeneración. |
| 13-07-78 | 2,33 | 2,42 | 5,638 | | 1,05 | 80,0 | 1,96 | | Bosque en equilibrio. |
| 06-09-78 | 2,13 | 5,17 | 11,012 | | 2,25 | 64,0 | 3,07 | | Bosque en equilibrio. |
| 09-11-78 | 2,00 | 6,83 | 13,660 | | 2,43 | 78,0 | 3,79 | | Bosque en equilibrio. |
| 17-04-79 | 1,31 | 0,73 | 0,950 | | 0,00 | 00,0 | 0,00 | | Bosque en regeneración. |
| \bar{x} | - | - | 8,42 | | - | - | 1,81 | | - - - |
| S | - | - | 12,81 | | - | - | 2,04 | | - - - |

En cada ciclo se puede distinguir una fase juvenil, con un período inicial de reposo más o menos prolongado y un período de crecimiento general acelerado; en segundo lugar una fase de equilibrio donde los valores de los parámetros medidos fluctúan alrededor de un promedio y finalmente una fase senil, en la que el bosque muestra un deterioro general y valores de biomasa bajos, coincidentemente con aumento de número de guías en la base.

A medida que el bosque llega a su etapa senil la dispersión de los valores es cada vez mayor, sobre todo en la longitud y biomasa de las plantas. Algunos factores como el desprendimiento incompleto de los bosques y renovaciones parciales de solamente algunas áreas marginales oscurecen algo las variaciones de la dispersión de los valores. Por ejemplo el bosque en mayo de 1978 se encuentra renovado en lo menos un 85% de las plantas pero en noviembre del mismo año se detectó un parche de plantas juveniles originadas luego de un desprendimiento parcial.

Otros factores que indican la reciente renovación del bosque son el bajo porcentaje de plantas infectadas por *Limnoria* (*Phycolimnoria*) *chilensis* (Elias, en prensa) y la densidad relativamente alta de las plantas.

Los datos en que nos basamos son promedios muestrales de un número relativamente alto de plantas y nos permiten tener una imagen del comportamiento de la población en su conjunto; otros investigadores han realizado medidas de supervivencia de plantas individuales por marcado de las mismas, con este procedimiento, Etcheverry (en Pérez *et al.*, 1973) señala para plantas de Chile una duración de dos años; North (1971) de 6 meses en California; Asensi *et al.* (según Barrales y Lobban, 1975) hasta 9 meses por lo menos en Tasmania; Lobban (1978) indica según fuentes bibliográficas una duración de las plantas entre 4 y 8 años.

La duración de las guías individuales en California es de 2 - 3 meses como máximo según North (1971) y de hasta 10 meses según Lobban (1978).

2 - Elección de parámetros indicadores de edad.

No es sencillo determinar la edad de una población de *Macrocystis pyrifera* sin conocer la fecha de su formación, debido a que las plantas carecen, aparentemente, de marcas estacionales. Por ello la única forma de establecer en forma aproximada la edad de las plantas de un bosque es en base a mediciones de tamaño o peso de las plantas, relacionándolas con el tiempo. En la fase juvenil el problema es relativamente sencillo pues los valores de todos los parámetros aumentan simultáneamente, pero pasada la fase juvenil, la elección del parámetro indicador de edad relativa es más complejo, pues cada uno responde a un significado biológico particular.

Si tomamos la longitud de las plantas como indicación de su período de crecimiento, podemos medir la guía más larga (criterio que adoptamos); o el promedio de las guías o la suma de sus longitudes; siempre teniendo en cuenta la coexistencia de guías de diferentes longitudes en la misma planta. North (1968) muestra que las plantas arraigadas en profundidades mayores son más largas y exhiben una mayor variedad en la longitud de las guías que las plantas en aguas poco profundas. El L.T. promedio crece rápidamente en la

fase juvenil, se estabiliza luego y disminuye en el verano por predación y desprendimiento de las guías más largas, por lo tanto el L.T. u otra medida de la longitud no es útil como medida estandar de edad más allá del período inicial de crecimiento.

North (1971) propone como índice de crecimiento de las guías individuales el valor "E", definido como:

$$E = (Lt / Lo)^{-1/t-1}$$

Donde Lt y Lo son los largos final e inicial respectivamente en un período de t días. Lobban (1978) señala un modelo sigmoide con una fase juvenil de reposo, una madura de crecimiento rápido y una senescente luego de la formación de la lamina terminal de la guía.

Las mediciones más exactas hasta el momento, con el fin de evaluar crecimiento en función del tiempo son las de Neushul y Haxo (1963) pero sólo abarcan fases juveniles de las plantas (menos de cuatro guías); estos autores realizaron mediciones de área foliar, observando un crecimiento de 50 cm en longitud y 5 m² en 80 días *in situ*; y de 6 m² en 30 días en laboratorio, con condiciones óptimas de iluminación.

Los parámetros que continúan aumentando sostenidamente luego del período juvenil son el número de guías en la base y su cociente respecto al número de guías en el dosel; por lo que son, aparentemente, las medidas más aptas de edad relativa. Sin embargo, la velocidad de crecimiento no es constante para NGB, ya que el invierno impone un efecto depresor; el valor NGB / NGC muestra una menor variación en su velocidad de crecimiento en las diferentes estaciones del año que la de NGB. North (1971) señala valores del orden de las 25 guías por planta en el segundo año de crecimiento y máximos de 50-150 (- 400) guías en plantas adultas, valores que están dentro del rango observado en la localidad que estudiamos.

3 - Variaciones de la biomasa total y de la biomasa cosechable en las diferentes fases del ciclo de los bosques.

Tanto en el esporofito de *Macrocystis* como en el bosque en conjunto se puede distinguir un horizonte esporofítico basal y un dosel fotosintético, cada uno de estos horizontes cuenta con sus propios organismos asociados y, sus funciones principales y requerimientos difieren fundamentalmente. La parte basal está adaptada al arraigue al sustrato, a la reproducción y a la regeneración; en el dosel en cambio, se lleva a cabo fundamentalmente la función fotosintética y gran parte del incremento en longitud por medio de los meristemas apicales e intercalares (Clendenning, 1971).

En el bosque joven la biomasa total (PHT) y la cosechable (PHC), crecen directamente relacionadas, en el bosque en equilibrio PHT se mantiene entre 2 y 5 veces mayor que PHC (Ver "A" en tabla I) y las variaciones de ambos valores no son siempre en un sentido de igual signo, por ejemplo, en la

primavera de 1975 ambos valores crecen marcadamente, pero en la de 1976 crece PHT mientras PHC permanece estable; es decir, que el incremento en biomasa está localizado en la porción basal; en la primavera de 1977 en cambio casi todo el aumento de biomasa ocurre en el dosel, debido al crecimiento de nuevas guías y no al alargamiento de las ya en superficie, dado que LT disminuye.

Los valores de PHC en la senilidad son, en los ciclos observados, menores que en el equilibrio; los de PHT varían según la condición del bosque, pero el porcentaje de biomasa en el dosel disminuye siempre marcadamente en los momentos previos al desprendimiento del bosque (observar valores de PHC/PHT . 100 y de "A" en tabla I).

4- Determinación de los índices de senilidad del bosque.

En tanto la relación "A" entre las biomásas del dosel y la base decrece bruscamente en el muestreo inmediatamente anterior al que detecta el desprendimiento del bosque, la relación entre biomasa y el número de guías en la base o entre las guías de ambos niveles varían paulatinamente señalando con relativa claridad una evolución del bosque (índices "B"; "C" y NGB/NGC).

En las fases seniles observadas NGB/NGC varió entre 30 y 40 a pesar de ser los de NGC y NGB diferentes en cada ocasión; esto puede deberse al azar o expresar el límite superior de esta relación para esta población.

Las anteriores consideraciones sugieren que la senescencia del bosque tendría más que ver con el elevado número de guías en la base que con un desequilibrio en las biomásas de ambos niveles; esto abre la posibilidad de considerar la intervención de un mecanismo hormonal en los procesos de envejecimiento. La presencia de auxinas en *Macrocystis pyrifera* fue comprobada por Van Oberbeek (1940), pero las metodologías empleadas en este tipo de investigaciones anteriores a 1960 han sido cuestionadas por Provasoli y Carlucci (1975); Mowatt (1964) parece haber demostrado la presencia de auxinas en varias especies de *Laminaria*, quedando por aclarar la presencia de las mismas en Laminariales en general; algunas ideas sobre este tema son aportadas por Lobban (1978). De comprobarse la existencia de un mecanismo hormonal causante del desequilibrio del bosque, restaría establecer su relación con la frecuencia de la reproducción sexual y la influencia de ésta en la evolución de la especie, especialmente en las poblaciones marginales por su ubicación geográfica, donde la presión de la selección natural debiera ser mayor.

5- Repetibilidad de las observaciones en los sucesivos ciclos del bosque.

Desde el punto de vista de la predicción de cosechas y manejo de las poblaciones es útil conocer los límites dentro de los cuales se repiten los valores de parámetros de interés comercial.

Considerando sólo los valores del equilibrio vemos que el máximo porcentaje de plantas en nivel de corte es alcanzado en aproximadamente cuatro meses y fluctúa en el 80%; el LT máximo se alcanza en alrededor de seis meses y varía entre 7 y 8 metros y la biomasa promedio de las plantas llega a 4-8 kg en unos siete meses desde el comienzo de la población.

En la tabla II se muestran los valores de biomasa cosechable por unidad de superficie, los cuales flutúan en el equilibrio entre 1,96 y 4,74 kg/m²; en el bosque juvenil y en el senil la biomasa cosechable puede ser nula.

6- *Aplicación de los resultados referentes a la dinámica de los bosques de una región a bosques de otras latitudes.*

Como ejemplo de las diferencias que pueden hallarse entre las mediciones efectuadas en diferentes latitudes hemos extractado algunos valores de Boraso y Elías (en prensa) para Península Foca y Pta. Cascajo (Prov. de Santa Cruz), localidades ambas cercanas a la desembocadura de la Ría Deseado y ubicadas unos 750 km al sur de Bahía Camarones, con el objeto de compararlos con los de esta última. Las mediciones de NGB, PHT y PHC fueron realizadas en mayo-junio de 1977 y el lapso transcurrido entre ambos muestreos no fue mayor de dos semanas (tabla III), según se observa, el número de guías en la base (NGB) no presenta diferencias entre Pta. Cascajo y Bahía Camarones; si consideramos en base a esto que es adecuado comparar sus biomasa, se podría inferir que, a edades relativas semejantes, la biomasa por planta es mayor en los bosques de Santa Cruz; pero, hasta no conocer el comportamiento de estos últimos respecto a la velocidad de aumento de NGB, sólo podemos decir que los valores observados en esa fecha en Sta. Cruz eran mayores que los de Chubut, pero que no superaban los promedios muestrales observados en Bahía Camarones en otras ocasiones.

A nivel mundial se cuenta con algunas cifras sobre biomasa de *Macrocystis pyrifera* por unidad de superficie; en USA se observó de 6 a 10 kg m⁻² con un 15% cosechable (en la Jolla, Michanek, 1975) y de 4 a 5,3 kg m⁻² con 20-35% cosechable (en Paradise Cove, Mc Farland y Prescott, 1959); estas cifras son del mismo orden que las observadas en Chubut y Sta. Cruz (tabla II); una cifra notable es la de 95-600 kg m⁻² en los alrededores de las Islas Kerguelen (Grua, 1964).

En Bahía Camarones hemos realizado una estimación de la producción en base a tres períodos de crecimiento de 100 días, correspondientes cada uno a la fase juvenil del bosque; el promedio de los tres períodos es de 68,7 gr día m⁻² (E.S. = 20,0 gr), es decir de 6,87 kg m⁻² en el lapso de 100 días; no consideramos válido extrapolar los valores a períodos anuales, ni considerar estas cifras válidas fuera de la fase juvenil.

La producción en el período de madurez puede ser positiva o negativa, debiéndose las disminuciones en la biomasa observadas en esta fase a factores que afectan principalmente al dosel. En la senectud se observaron tres situaciones diferentes: aumento marcado de biomasa en el primer ciclo; moderado en el segundo y acentuada disminución en el tercero.

Los datos de productividad aislados de los del estado de desarrollo de la planta o población no son de utilidad con propósitos comparativos, debido a la enorme variación en las condiciones fisiológicas de las plantas. El valor de productividad obtenido para *Macrocystis* en California por Towlee y Pearse (1973) es de 15 gr m⁻² día⁻², es decir, del orden del 20% de la producción neta diaria en la fase juvenil en Bahía Camarones.

TABLA III

| FECHA | LOCALIDAD | P H T (Kg) | | | | N G B | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----|-----|--------------|-------|-----|-----|---------------|
| | | X | ES | n | Límites 95% | X | ES | n | Límites 95 % |
| 9/6/77 | Península Foca | 6,4 | 0,2 | 100 | 5,87 - 6,93 | 65,0 | 3,0 | 100 | 57,08 - 72,92 |
| | Punta Cascajo | 8,9 | 1,3 | 40 | 5,39 - 12,41 | 44,5 | 0,9 | 40 | 42,07 - 46,93 |
| 25/5/77 | Bahía Camarones | 3,3 | 1,2 | 100 | 0,17 - 6,51 | 43,8 | 5,0 | 100 | 30,60 - 57,0 |
| Significación de la diferencia entre medias: | | | | | | | | | |
| NGB: Pla. Foca - Pta. Cascajo (+) 99% Pla. Foca - Ba. Camarones(+) 99% Pta.Cascajo-Ba. Camarones(-) | | | | | | | | | |
| PHT: Pta.Cascajo - Ba. Camarones (+) 99% | | | | | | | | | |

7- *Existencia de una variación anual en la capacidad reproductiva y regenerativa de la especie.*

Reproducción: El ciclo de vida de *Macrocystis pyrifera* comprende una alternancia de generaciones heteromórficas entre un esporofito macroscópico y gametofitos microscópicos dioicos, la fecundación es oógama.

Las esporas son producidas en esporocistos uniloculares ubicados en soros, sobre esporofilos cercanos a la base de la planta; una proporción importante de los esporofitos del bosque estudiado están fértiles en cualquier época del año (Boraso y Paternoster, 1979).

El desarrollo de las esporas en gametofitos y la posterior fecundación dependen de las condiciones en el fondo antes y después de la pérdida masiva del bosque, de las cuales la más aparente es el aumento de luminosidad en el fondo. Las modificaciones impuestas a la iluminación submarina por la existencia del dosel fueron estudiadas por Neushul (1971) y la evidencia de la influencia directa de la intensidad luminosa como factor limitante para la fertilidad de los gametofitos es aportada por Lüning y Neushul (en Neushul, 1977).

Lobban (1978) y Gerard (1976) observan en poblaciones de California que el reclutamiento de esporofitos es más dificultoso que el rápido y eficaz renuevo observado en Bahía Camarones; en todos los casos observados hasta el momento en California en que se han verificado renovación de la población, esta última no sigue ciclos regulares. En las poblaciones estudiadas por Neushul y Haxo (1963) la producción de esporas comienza aproximadamente cuando la planta cuenta con un año de edad. En el bosque de Bahía Camarones no se observan esporofilos fértiles en plantas con menos de cinco guías; las plantas de 6 y 12 guías se encuentran fértiles en un 15 a 25%, pero en la etapa de equilibrio, entre 40 y 80% de las plantas poseen esporofilos maduros; es decir, que las plantas están en condiciones de reproducción en su mayor parte a partir de los cuatro meses de edad.

Regeneración: El bosque está sujeto a una pérdida normal de tejidos por envejecimiento de las guías individuales y predación, que pueden llevar a las plantas por debajo del nivel de recuperación. En la parte basal de la planta se encuentran los tejidos meristemáticos capaces de regenerar nuevas guías; la diferenciación y crecimiento de las láminas se lleva a cabo en el extremo apical de las guías, pudiéndose verificar crecimiento intercalar en la veintena de internodos por debajo del ápice (Clendenning, 1971).

La posible regeneración del dosel luego del corte del mismo es un hecho de interés económico directo, pero las consecuencias de la cosecha en un bosque determinado no pueden inferirse de la observación del comportamiento de un bosque intacto. Por lo pronto, sabemos que la senectud del bosque está relacionada con un desequilibrio entre dosel y base de las plantas, por lo que, una cosecha puede acelerar el proceso de envejecimiento si es efectuada en una época del año en que algún factor resulte limitante para la recuperación de los esporofitos. North (1968) propone un modelo matemático basado en variables ambientales, en base al cual se puede predecir la respuesta anticipada de un determinado bosque a una cosecha del dosel si el crecimiento de las plantas se verá incrementado o disminuido luego del corte.

En la zona estudiada, una vez conocidos los resultados del estudio de dinámica poblacional se implementaron una serie de cortes experimentales; el primer corte fue efectuado en setiembre de 1978 y la primera observación se hizo en el mes de noviembre siguiente; observándose que en la parcela cosechada las plantas habían disminuido notablemente el número de guías en la base, en tanto que el resto del bosque siguió evolucionando normalmente; la segunda observación (enero de 1979) mostraba que en la parcela cortada las plantas estaban aún en período activo de crecimiento, con un 34% de guías menos en la base que el resto y un 60% de biomasa cosechable por planta en vez del 25% del bosque intacto; la proporción de plantas a nivel de corte y la densidad de las plantas era igual dentro y fuera de la parcela. Un segundo corte realizado en una zona cercana, en el mes de noviembre de 1978 y observado en enero de 1979 mostró un comportamiento similar.

La información aquí expuesta puede ser complementada con los datos sobre factores ambientales en el bosque de Bahía Camarones (Hall y Molina, 1980), sobre influencia de fauna acompañante en la condición de las plantas (Barrales y Lobban, 1975; Paternoster y Barrales, en prensa; Elías, en prensa y Paternoster y Elías, en preparación) y sobre contenido y calidad de ácido alginico en las plantas del mismo bosque (Gutiérrez, 1975; D'Ignoti, 1977).

RESUMEN

Se estudió una población de *Macrocystis pyrifera* en Bahía Camarones (Prov. del Chubut, Argentina) durante 48 meses; en ese período se desarrollaron tres ciclos del bosque, caracterizado cada uno por una fase juvenil, una de equilibrio y una de senescencia.

Los parámetros medidos en cada planta, en base a los cuales se elaboraron las conclusiones, fueron: biomasa total y cosechable; número de guías en la base; número de guías en el dosel y longitud máxima. También se determinaron el número de plantas por metro cuadrado y la proporción de plantas que alcanzaban el nivel de corte.

Sobre la base de los parámetros medidos se calcularon los siguientes índices: porcentaje de biomasa cosechable por planta a nivel de corte; relación entre el número de guías en la base y el dosel y varios índices poblacionales concebidos para determinar senescencia (relación entre biomasa en el dosel y la base; entre biomasa del dosel y número de guías en la base y biomasa de la base y número de guías en la base).

Se describe un método que independiza los muestreos de las alturas de marea y aproxima los resultados a los de un equipo cosechador actuando a marea media.

Los promedios muestrales de la biomasa total por planta varían entre 0,58 y 7,39 kg; los de biomasa cosechable por planta entre cero y 3,17 kg; la biomasa total promedio por metro cuadrado fue de 8,42 kg \pm 7,74 kg y la cosechable de 1,811 kg \pm 1,24 kg (límites al 95%).

Se comparan los valores con cifras disponibles en otras localidades y se comentan los resultados en función de la capacidad reproductiva y regenerativa de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente la ayuda brindada por las siguientes personas: Sres. Licenciados Isabel Kreibohm de Paternoster, Inés Elías y Héctor E. Zaixso; Sres. Técnicos Roberto Taylor, Mariano Medina, Antonio Monochio y Miguel A. Díaz y a la Srta. Graciela Formella. A las autoridades del Centro Nacional Patagónico, Comisión de Estudios Geo-Heliofísicos y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina por el apoyo y financiación a nuestra labor. A Soriano S.A. y autoridades del Centro de Investigación de Biología Marina por las facilidades otorgadas en el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFIA

- BARRALES, H.L.; LOBBAN, Ch. S. 1975. The comparative ecology of *Macrocystis pyrifera* with emphasis on the forests of Chubut, Argentine. *J. Ecol.* 63: 657-677.
- BORASO de ZAIXSO, A.L. (en prensa). Dinámica de *Macrocystis pyrifera* en Bahía Camarones (Chubut). Resultado de las campañas V-75 a III-77. Informe del Centro Nacional Patagónico.
- BORASO de ZAIXSO; ELIAS, I. (en prensa). Observaciones preliminares sobre los bosques de *Macrocystis pyrifera* de los alrededores de Puerto Deseado (Santa Cruz). Informe del Centro Nacional Patagónico.
- BORASO de ZAIXSO; PATERNOSTER, I.K. de. 1979. Observaciones preliminares sobre los bosques de *Macrocystis pyrifera* en la costa argentina. Informe del Centro Nacional Patagónico. N° 30.
- BORASO de ZAIXSO; TAYLOR, R. 1979. a Dinámica de *Macrocystis pyrifera* en Bahía Camarones (Chubut). Resultado de las campañas VIII-77 a V-78. Informe del Centro Nacional Patagónico.
- 1979 b Dinámica de *Macrocystis pyrifera* en Bahía Camarones (Chubut). Resultado de las campañas VII-78 a IV-79. Informe del Centro Nacional Patagónico. N° 24.
- CLENDENNING, K.A. 1971. Photosynthesis and general development in *Macrocystis*. In W.J. North (Ed.) *The Biology of Giant Kelp Beds (Macrocystis) in California*: 169-190.
- D'IGNOTI, G. 1977. Variaciones en el contenido en ácido alginico de *Macrocystis pyrifera*. I. Influencia de las impurezas en la expresión del contenido del ácido alginico y su aplicación industrial. Informe del Centro Nacional Patagónico N° 21.

- ELIAS, I. (en prensa). Estudios sobre la población del isópodo *Limnoria* (*Phycolimnoria*) *chilensis* Menzies asociada al grampón de *Macrocystis pyrifera* (presentado en *Physis*).
- GERARD, V.A. 1976. Some aspects of material dynamics and energy flow in a kelp forest in Monterrey Bay, California. Dissertation Univ. California, Santa Cruz, Oct. 1976.
- GRUA, P. 1964. Premières données sur les biomasses de l'herbier à *Macrocystis pyrifera* de la Baie du Morbihan (Archipel Kerguelen). *La Terre et la Vie* 2: 215-220.
- GUTIERREZ, Fernando 1975. Variación estacional del contenido en ácido alginico en *Macrocystis pyrifera*. Cambios según el grado de molienda. Informe del Centro Nacional Patagónico N° 19.
- HALL, M.A. 1976. Ecología de los bosques de *Macrocystis pyrifera* II. Dinámica de poblaciones y ciclos de los bosques. Informe del Centro Nacional Patagónico (inédito).
1980. Métodos para la evaluación de *Macrocystis pyrifera* III. Consideraciones biométricas. Informe del Centro Nacional Patagónico.
- HALL, M.A.; MOLINA, J.M. 1980. Ecología de los bosques de *Macrocystis pyrifera*. I. Factores ambientales. Informe del Centro Nacional Patagónico.
- KÜHNEMAN, O. 1970. Algunas consideraciones sobre los bosques de *Macrocystis pyrifera*. *Physis* 29 (79): 273-296. Contribución. Científica CIBIMA N° 54.
- LOBBAN, Ch. S. 1978. The growth and death of the *Macrocystis* sporophyte (*Phaeophyceae*, *Laminariales*). *Phycologia* 17 (2): 196-212.
- Mc FARLAND, W.N.; PRESCOTT, J. 1959. Standing crop, chlorophyll content and in situ metabolism of a giant kelp community in southern California. *Inst. Marine Sci. Univ. Texas* 6: 109-132.
- MICHANEK, G. 1975. Seaweed Resources of the Ocean. *FAO Fisheries Tech. Pap.* N° 138.
- MOWATT, J.A. 1964. Auxins and gibberellins in marine algae. *Intl. Seaweed Symp.* 4: 352-359.
- NEUSHUL, M. 1971. Submarine illumination in *Macrocystis* beds. In W.J. North (Ed.). *The biology of giant kelp beds (Macrocystis) in California*. Beihefte zur *Nova Hedwigia* 32: 214-254.
- 1977. The domestication of the giant kelp, *Macrocystis* is a marine plant biomass producer. In R.N. Krauss (Ed) *The Marine Plant Biomass of the Pacific Northwest Coast*. Oregon State Univ. Press: 163-182.
- NEUSHUL, M.; HAXO, F.T. 1963. Studies on the giant kelp *Macrocystis*. I. Growth of young plants. *American J. Bot.* 50(4): 349-353.
- NORTH, W.J. 1968. Effect of canopy cutting on kelp growth. Comparison of experimentation with theory. The utilization of kelp bed Resources Cap. 13. *Calif. Dep. Fish & Game Fish. Bull.* 139: 223-255.
- (Ed.) 1971. The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California. *Nova Hedwigia* 32: 599 p.
- NORTH, W.J. 1972. Observations on populations of *Macrocystis*. In Abbot & Kurogi (Eds.) 1972, *Contrib. to the Systematics of Benthic Marine algae of the North Pacific*: 75-92.
- PATERNOSTER, I.K.; ELIAS, I. (en preparación). Redescrición de *Limnoria* (*Phycolimnoria*) de *Limnoria* (P) sp (isópoda) en la producción de arribazones de *Macrocystis pyrifera*. Presentado en *Physis*.
- PATERNOSTER, I.K.; ELIAS, I. (en preparación). Redescrición de *Limnoria* (*Phycolimnoria*) *chilensis* Menzies 1962 (Isopoda. Limnoriidae).
- PEREZ, R. et al. 1973. Etude sur l'opportunité d'introduire l'algue *Macrocystis* sur le littoral français. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 37(3): 307-362.
- PROVASOLI, L.; CARLUCCI, A. 1975. Vitamins and growth regulators in "Algal Physiology and Biochemistry" W.D.P. Stewart (Ed.) *Botan. Monograph* 10: 741-788 (Blackwell).
- TOWLEE, D.W.; PEARSE, J.S. 1973. Production of the giant kelp *Macrocystis* estimated by in situ incorporation of C_{14} in polyethylene bags. *Limnology & Oceanography* 18(1): 155-159.
- VAN OBERBEEK, F. 1940. Auxin in marine algae. *Plant Physiol.* 15: 291-299.