

**ASPECTOS ECOLOGICOS EN LA PRODUCCION PRIMARIA DE ALGAS Y  
COMUNIDADES BENTICAS VEGETALES DE LA REGION DE SANTA  
MARTA, CARIBE COLOMBIANO. | 1|**

Por: Germán Márquez, M.Sc. /2/

Fabio Patiño, M. Sc. /2/

**SUMMARY**

The results of studies carried out in order to know the photosynthetic activity and respiration, biomass and rate of renewal of the biomass of some benthic plants communites are presented. Similar works show a relation between the habit of the algae and their production. That is to say, algae with a greater rate surface: volume, like filamentoses of laminars have a greater production than those with thicker and more complex thallus.

The data of net primary production agree with what could be expected according to studies in other latitudes. The peaks of greatest production occur during April - May, November - December, probably related with fertilization by wind-induced upwelling and Magdalena river outwelling respectively.

**RESUMEN**

En este trabajo, se exponen los resultados de estudios hechos con el fin de conocer tasas de actividad fotosintética y respiración, biomasa y tasa de renovación de biomasa de algunas comunidades béticas vegetales. Trabajos similares, muestran una relación entre el hábito de las algas y su productividad. Es decir, algas con mayor relación superficie-volumen, filamentosas o laminares tienen una mayor producción que algas de tallos más gruesos y complejos.

---

/1/ Financiación: Colciencias — Universidad Nacional.

/2/ Profesores Sección de Ecología, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo 23227. Bogotá - Colombia.

Los datos de producción primaria neta obtenidos coinciden con los que se podían esperar según los estudios realizados en otras latitudes. Los picos de mayor producción se presentan en los meses de Abril - Mayo, Noviembre - Diciembre, probablemente relacionados con fertilización por la surgencia inducida por los vientos y la corriente mar afuera del Río Magdalena, respectivamente.

## INTRODUCCION

La gran importancia que para el hombre tienen las comunidades benthicas vegetales - de algas y fanerógamas marinas - deriva principalmente de: 1. La contribución que tales comunidades hacen a los ecosistemas marinos a través de la producción primaria de materia orgánica y 2. La producción de sustancias útiles en la industria farmacéutica, alimenticia, etc.

En cuanto hace al primer aspecto, se ha calculado que las algas benthicas y fanerógamas marinas tienen una producción primaria mundial equivalente al 10% de la producción total del plancton (Ryther, 1963). Si se considera la restringida distribución de los vegetales benthicos a los fondos marinos dentro de la zona eufótica, tal producción resulta relativamente muy importante y está más disponible para el hombre por hallarse concentrada en zonas costeras.

De otra parte, muchos vegetales marinos, en particular algas, pueden ser utilizados directamente por el hombre en la alimentación o producen sustancias de gran utilidad como el agar-agar y el ácido alginico.

En este trabajo se exponen los resultados de estudios hechos con el fin de conocer tasas de actividad fotosintética y respiratoria, biomassas y tasa de renovación de biomasa de algunas comunidades benthicas vegetales, en general, y varias especies importantes de algas en particular, de los alrededores de Santa Marta, Costa Caribe Colombiana.

La información obtenida es útil tanto desde el punto de vista estrictamente científico como del práctico, pues contribuye a dilucidar e interpretar el aporte de las comunidades benthicas vegetales al funcionamiento de los ecosistemas regionales y presenta información de gran ayuda en la planificación y potencial utilización (incluido cultivo) del recurso representado por varias de las especies estudiadas.

**Antecedentes.** En Colombia no se han hecho estudios sobre tasas de producción de algas benthicas o fanerógamas marinas y es muy poco lo que se ha estudiado sobre biomassas u otros aspectos cualitativos de los vegetales marinos; esta situación es, en general, común con el resto del mundo (Michanek 1975).

En contraste con los abundantes estudios realizados en producción primaria del plancton, son muy escasos los realizados en producción "in situ" de vegetales marinos benthicos, bien sea considerándolos

independientemente o como parte de comunidades más complejas. Esta situación es algo extraña, pues se dispone de métodos adecuados de estudio desde hace más de cincuenta años. Sin embargo, la mayoría de los trabajos publicados provienen de los últimos 15 años, en particular después de la publicación del trabajo de Johnston (1969), que puede considerarse pionero en el tema.

En el Atlántico Americano, tropical y subtropical, incluido el Caribe, se han adelantado algunos estudios tanto en especies aisladas como en comunidades, siendo de especial interés algunos trabajos realizados en Curazao (Wanders, 1976; Vooren, com. pers.).

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

### A. Características generales.

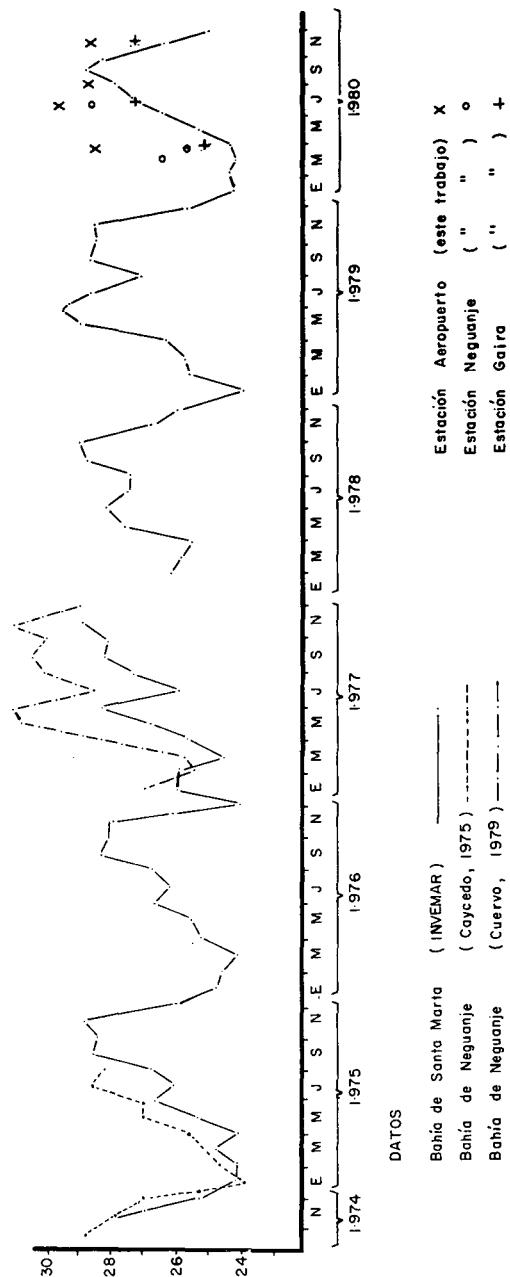
La parte del Caribe Colombiano situada al Oriente de la desembocadura del Río Magdalena se encuentra sometida a la influencia de dos fenómenos oceanográficos de gran importancia sobre la producción marina: una corriente de surgencia ("upwelling") y una "corriente mar afuera" ("outwelling"). El efecto de estos dos fenómenos sobre algunas características ambientales y en particular sobre la ecología de las algas marinas ha sido analizado por Guillot y Márquez (1975) y por Bula (1977). El sector de Santa Marta, por su vecindad con la desembocadura del Río Magdalena, está especialmente afectado por la "corriente mar afuera"; por otra parte, fenómenos locales parecen reforzar la surgencia en cercanías de la ciudad de Santa Marta, con efectos evidentes en la temperatura, salinidad y concentración de nutrientes.

Como resultado de la alternancia de la "corriente mar afuera" (Junio a Noviembre, con intensidad irregular) y de la surgencia (Diciembre a Mayo, constante) se presentan fluctuaciones de las características ambientales. Estas fluctuaciones se reflejan en los gráficos de temperatura y salinidad en la Bahía de Santa Marta (Punta de Betín) durante varios años (Fig. 1 y 2). La variación de nutrientes entre las diferentes épocas del año, según datos del Crucero Oceanográfico OCEANO IV (Armada Nacional, 1979), en una estación cerca a Santa Marta, es también muy significativa:

Fecha	T°C	S‰	O <sub>2</sub> ml/l	PO <sub>4</sub>	Pugat/l	NO <sub>2</sub>	Nugat/l
04-01-75	22,5	36,89	5,05		0.46		2.30
05-26-75	26,8	36,19	3,77		2.21		2.96
11-24-75	28,1	34,23	4.35		0.18		0.10

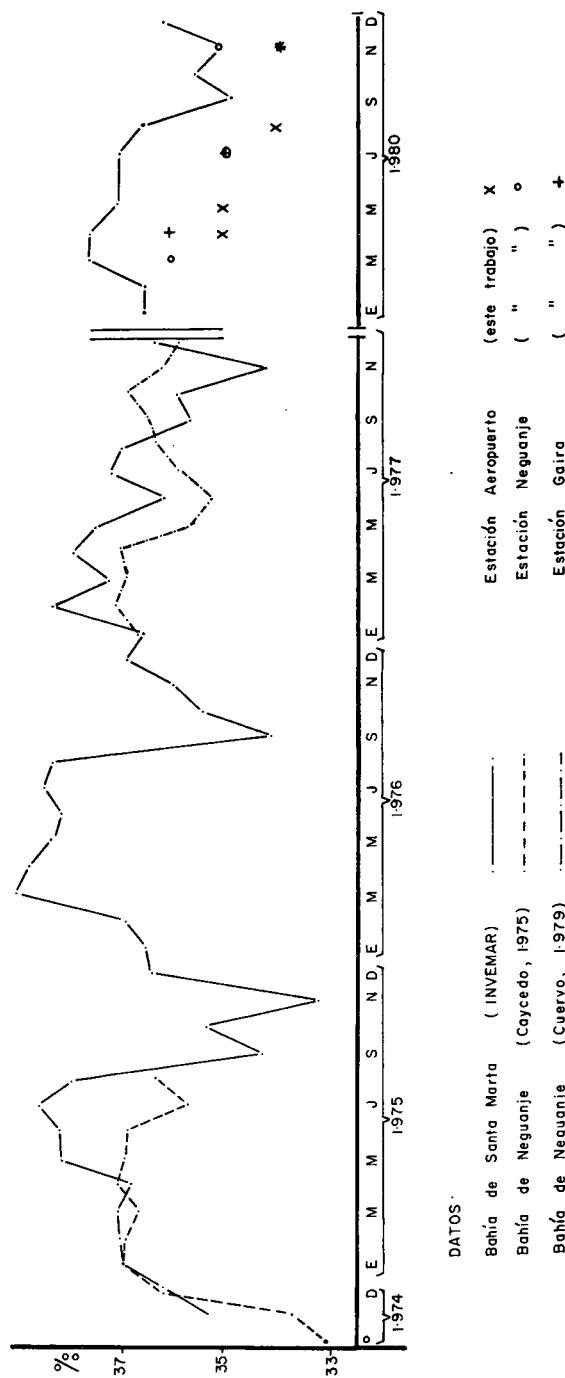
En aguas costeras litorales intervienen factores locales que determinan diferencias entre sitios; estos factores se describen con cada estación y se relacionan, especialmente, con la mayor o menor influencia de las corrientes mar afuera y de surgencia, con la influencia local de aguas dulces, la claridad de las aguas, el tipo de fondo, la pendiente y la geología del terreno.

Fig.- N° 1-  
Gráfico comparativo de las temperaturas superficiales promedio, en las Bahías  
de Santa Marta y Neguanie y de temperaturas absolutas durante las  
terminaciones en las tres estaciones de trabajo.



TOMADO DE MARQUEZ G. 1982 a.

Fig - N° 2.- Gráfico comparativo de las salinidades superficiales promedio en las bahías de Santa Marta y Neguanje y de salinidad superficial absoluta en las tres estaciones de trabajo.



DATOS:

Bahía de Santa Marta (INVENAR)  
Bahía de Neguanje (Caycedo, 1975)  
Bahía de Neguanje (Cuervo, 1979)

Estación Aeropuerto  
Estación Neguanje  
Estación Gaira

TOMADO DE MARQUEZ G. 1982 a.

Se escogieron tres estaciones de trabajo: una en la Bahía de Neguanje que representa las condiciones ambientales resultantes de la influencia de la surgencia, modificadas ligeramente por la fisiografía costera (Márquez, 1982 a); la segunda, en Gaira, sometida a la doble influencia de la surgencia, reforzada quizá por la brisa, y de la corriente mar afuera y la tercera, sometida solamente a la corriente mar afuera y sin influencia de la surgencia,

### B Descripción de las estaciones de trabajo.

#### Estación Neguange. (Fig. 3)

La Bahía de Neguanje se halla situada en el Parque Nacional Tayrona, al Oriente de la ciudad de Santa Marta. Aunque ubicada en área de surgencia, los datos de temperatura e indicios en la vegetación marina (Márquez, 1982 a y b) muestran que la influencia de la surgencia dentro de ella no es muy acentuada; menos aún en el costado Oriental de la misma (Márquez, op. cit.). La estación de trabajo se encuentra ubicada en el extremo Suroriental de la Bahía en un saliente rocoso. La roca es una filita de textura cristalina laminar (Tchanz et al., 1969) que constituye un sustrato adecuado para las algas, pero que, por su naturaleza química, contribuye con muy pocos nutrientes al medio.

Sobre este saliente rocoso se establece, en el mesolitoral, una comunidad formada por *Laurencia papillosa*, *L. corallopis*, *Grateloupia cuneifolia*, *G. filicina*, *Acanthophora spicifera*, *Sargassum polyceratum* y otras especies menos abundantes.

Hacia el sublitoral se encuentra una comunidad que, al menos en una parte del año, está totalmente dominada por *Sargassum polyceratum*, el cual crece sobre coralináceas crustáceas; bajo el follaje, ejemplares aislados de *Laurencia obtusa* y *Ulva rigida*.

Hacia el extremo occidental del saliente rocoso, límite con una extensa playa y fondos arenosos, se encuentra un sublitoral mixto arenoso con placas en el cual se establece una comunidad formada casi exclusivamente por *Padina gymnospora* y *Ulva rigida*, además de ejemplares aislados y temporales de *Codium taylori* y *Cladophora* sp. Por el límite entre roca y arena desemboca estacionalmente una quebrada pequeña, la Q. Giraca; durante los meses de Octubre —Noviembre, y ocasionalmente en junio, la quebrada se abre al mar afectando la vegetación marina por la disminución de la salinidad, enturbiamiento del agua y aporte de nutrientes que conlleva. En las comunidades ya descritas se producen cambios: en las rocas de la desembocadura se establece una comunidad *Enteromorpha* sp. y *Cladophora vagabunda* en tanto los componentes eurihalinos tales como *Acanthophora* sp. *Ulva rigida*, etc., aumentan en toda la estación. *Sargassum polyceratum* disminuye en biomasa, dando lugar a un aumento temporal de algunas *Dyctiotales* (Marquez y Guillot, 1982 a.; Guillot y Márquez 1975). El aumento de *Dyctiotales* es atribuible al aumento de la temperatura del agua (Zimmerman y Livingston, 1976).

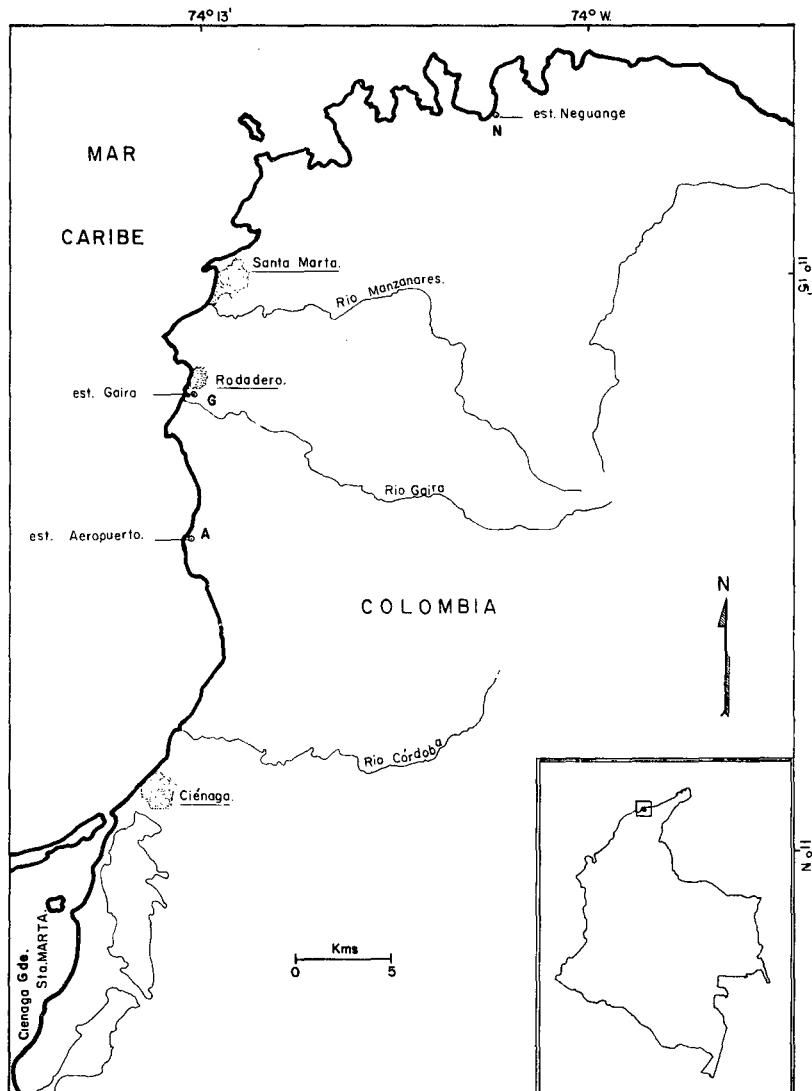


Fig. 3 - Área de estudio y estaciones de trabajo

### Estación de Gaira.

La estación de Gaira se ubica en las rocas que limitan una pequeña playa (aproximadamente 250 m de longitud) situada entre el cerro que corta la playa de El Rodadero por el Sur, y un pequeño promontorio rocoso inmediatamente anterior a la desembocadura del Río Gaira (Fig. 3). Debido a particularidades geológicas, la vegetación difiere entre uno y otro extremo de la playa; las del cerro pertenecen a la formación de filitas de Taganga en tanto que el promontorio rocoso del Sur es un batolito cuarzo — diorítico del tipo descrito para Cañaverales (Guillot y Márquez, 1978).

La estación de Gaira se halla en una zona muy afectada por la surgencia, donde se registra un brusco cambio de temperatura al iniciarse el período de brisas. Se puede afirmar que el régimen de temperatura en Gaira coincide, en términos generales, con el conocido en Punta de Betín, aunque se carece de registros continuados de temperatura.

Otra característica interesante de la estación de Gaira es la influencia que recibe, principalmente en época de lluvias, de las aguas provenientes del Río Gaira. Estas aguas están contaminadas con desechos domésticos, agrícolas y principalmente con los provenientes de la Fábrica de Licores del Magdalena y afectan la estación de manera casi continua desde Agosto hasta Diciembre, e irregularmente el resto del año, cada vez que lluvias fuertes en la cuenca aumentan el caudal del río.

El oleaje es suave y la acción de la arena es moderada, salvo cuando se presenta mar de leva, fenómeno que ocurrió en cuatro ocasiones durante el año de 1980. Debido al mar de leva, ocurren grandes movimientos de arena y la playa cambia de configuración, cubriendo y descubriendo sustratos rocosos y modificando drásticamente la vegetación. Esta es generalmente destruida dando lugar a una renovación rápida en la cual juegan importante papel especies pioneras de rápido crecimiento (*Enteromorpha* sp., principalmente y *Ulva rigida*).

**La vegetación:** En el costado Norte, con rocas de tipo filita y textura cristalina laminar, los sustratos adecuados para las algas se encuentran principalmente en el sublitoral; la vegetación está formada casi exclusivamente por *Padina vickersiae*, la cual fue reemplazada temporalmente por *Enteromorpha* sp. durante los meses de Agosto y Septiembre, después de los mares de leva debidos al huracán Allen.

En el costado sur, formado por batolitos cuarzodioríticos de textura rugosa se encuentran sustratos mesolitorales cubiertos por una vegetación dominada por *Chnoospora minima* a la cual acompaña *Grateloupa cuneifolia*, de abundancia muy variable a lo largo del año.

A la playa de Gaira, así como a todas las playas del sector, llegan ocasionalmente grandes arribazones de *Hypnea musciformis* provenientes muy probablemente, de fondos arenosos adyacentes.

### **Estación del Aeropuerto.**

La punta La Loma adyacente al Centro recreacional de la Aeronáutica Civil en inmediaciones del Aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta, está formada principalmente por un arrecife coralino fósil, parcialmente cubierto de arena y entremezclado con rocas dispersas del batolito de la Sierra Nevada.

Las aguas en este sector no sufren la influencia de la surgencia, pues se hallan protegidas de la brisa por la sombra de vientos de la Sierra Nevada de Santa Marta (Herrmann, 1970, 1971). En cambio, están sometidas de manera permanente al influjo de aguas provenientes del Río Magdalena y de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Márquez, en preparación).

El oleaje es moderadamente fuerte, salvo durante los mares de leva cuando la fuerza del oleaje alcanza a modificar drásticamente la configuración del litoral.

**Vegetación:** La vegetación en Punta La Loma y en áreas adyacentes es exhuberante. Está formada por variadas especies, la mayoría de las cuales adquieren un carácter dominante en algún sitio de la plataforma que constituye esta punta. Entre las principales especies se encuentran: en el supralitoral, **Enteromorpha** y, en menor grado, **Ulva rigida**. La primera adquiere especial importancia cuando se presentan sustratos por colonizar después de los mares de leva. En el mesolitoral se presentan mosaicos de vegetación dominada bien sea por **Gracilaria cylindrica**, **Acanthophora muscoides**, **Gracilaria mammillaris**, **Laurencia papillosa**, **Agardhiella tenera**, **Ulva rigida** o **Caulerpa sertularioides**. En el infralitoral **Gracilaria dominguensis**, **Sargassum polyceratum**, **Hypnea musciformis** y **Dictyopteris delicatula** acompañadas de otras especies de importancia variable como **Bryothamnion triquetrum**, **B. Seaforthii**, **Botriocladia sp.**, **Eucheuma sp.**, **Halymenia sp.**.

La abundancia de la vegetación marina en el sector del Aeropuerto, es mucho mayor que en otras áreas vecinas de Santa Marta. Dicha vegetación sólo es observable en circunstancias excepcionales dada la casi permanente turbiedad de las aguas; por esta misma circunstancia, es difícil estimar la extensión real de los campos de algas sublitorales. La exhuberancia de la vegetación es atribuible a los aportes continuos de nutrientes por las aguas provenientes del Río Magdalena y a la presencia de sustratos adecuados hasta muchos metros mar adentro, así como a la ausencia de equinóideos que son los principales herbívoros en sectores cercanos.

### **METODOS**

#### **Medición "in situ" de la producción primaria y la respiración**

Se utilizó el método de evolución de oxígeno en botella clara y oscura (Vollenweider, 1969), determinando el oxígeno por el método de Winkler

(Strickland y Parsons, 1968). Se utilizaron botellas con tapón de vidrio esmerilado y capacidad promedio de 120 ml.

**Procedimiento.** Se llenaron las botellas con agua recogida en el mismo sitio que la especie en estudio. De ésta se tomó un fragmento apical de 50 a 150 mg. de peso húmedo y se lo suspendió de un pequeño alambre colocado en la tapa de la botella; se procedió a tapar las botellas determinando simultáneamente en una tercera botella, el oxígeno inicial. Las botellas se suspendían de una boya en inmediaciones del sitio de colección y a un profundidad igual a aquélla a la cual el alga había sido colectada; si ésta era meso o supralitoral se suspendía a 10 cm. de profundidad.

Después de un tiempo medido en minutos —por lo general 180 minutos— las botellas se sacaban del agua, las algas se retiraban del alambre y se pesaban húmedas en una balanza de torsión; el oxígeno disuelto en las botellas se fijaba para su determinación. Se hacían tres réplicas de cada determinación; se utilizaban los valores promedio y máximo. Las especies se identificaron con base en los trabajos de Taylor (1960) y Schnetter (1976 1978).

#### **Determinación del peso seco de las algas.**

El peso seco de las algas se obtuvo directamente por secado en estufa hasta peso constante o por regresión, con base en la relación peso húmedo: peso seco, a partir de datos propios y de otros autores (Schlenker y Trujillo, 1971; Cruz y Ramírez, 1978).

#### **Conversión de valores de Oxígeno a valores de Carbono.**

Todos los datos obtenidos se redujeron a la misma expresión:

$\text{ml O}_2 \cdot \text{gps}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  y se convirtieron posteriormente a  $\text{mg O}_2 \cdot \text{gps}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  y a  $\text{mgC} \cdot \text{gps}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  utilizando la relación 1 ml  $\text{O}_2 = 1.44 \text{ mg O}_2 - 0.45 \text{ mgC}$  o sea 1 mg  $\text{O}_2 = 0.312 \text{ mgC}$  para un cociente fotosintético ( $P.Q. = \text{O}_2 \text{ liberado} / \text{CO}_2 \text{ usado, por volumen}$ ) de 1.2 (Margalef, 1974; Vollenweider, 1969; Wallentinus, 1978).

#### **Interpretación de valores obtenidos.**

Se obtuvieron tres valores: oxígeno en la botella clara —donde hubo fotosíntesis y respiración y oxígeno en la botella oscura— donde hubo solamente respiración. Así, se tienen valores de producción primaria neta PPN (Botella clara) y respiración R (Botella oscura) y se puede obtener la producción primaria bruta: ( $PPB = PPN + R$ ). Todos los datos se ven ligeramente afectados por la actividad de las comunidades planctónicas; sin embargo, como se pudo comprobar en varias ocasiones incubando tan solo plancton, los cambios en la concentración de oxígeno por acción de tales comunidades fueron insignificantes en comparación con la actividad de las macroalgas.

**Estimación de cobertura y biomasa.**

La cobertura es el área que está cubierta por la vegetación si a ésta se la proyecta verticalmente sobre el sustato. Es una manera rápida de estimar la abundancia de una especie; se la expresa en términos de porcentaje del área cubierta.

Se obtuvieron datos mensuales de cobertura de las especies estudiadas. Con los datos obtenidos se elaboraron tablas y gráficas que muestran la evolución de la cobertura (abundancia) de cada especie a lo largo del año, en cada una de las estaciones.

**Biomasa de la comunidad.**

Se obtuvo por cosecha total en un área de 25 X 25 cm. El material se secó al aire libre para obtener el peso seco.

El dato de peso seco por metro cuadrado, se utilizó en los cálculos de producción diaria por metro cuadrado.

**Producción de la comunidad.**

La producción de la comunidad se calculó multiplicando la biomasa por metro cuadrado de cada alga por su producción. La suma de los valores obtenidos nos da un valor aproximado de la producción de la comunidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**A. Resultados**

Para efectos de mayor comprensión los resultados se presentan en las tablas siguientes:

**B. Análisis de Resultados**

**Metabolismo.** Producción neta en mg de Carbono por gramo de peso seco del alga por hora.

Los resultados muestran gran variabilidad en el proceso, obteniéndose valores que difieren en más de siete veces para una misma especie —Ejemplos: *Sargassum polyceratum* y *Padina gymnospora*— lo que coincide con lo observado por Wallentinus (1978). Así mismo, los valores más frecuentes, en las diferentes especies fluctúan dentro de límites que coinciden con los de otros autores aunque se obtuvieron algunos resultados que indican una producción notablemente más alta en algunas especies, por ejemplo en *Gratelouphia filicina* comparada con las conocidas en la literatura. Estos valores muy altos deber ser aceptados con reservas, pues son en alguna medida improbables; sin embargo, debe anotarse que no se detectaron errores experimentales que pudieran explicar estos resultados; de hecho, la coincidencia de altos valores de

TABLA I  
PRODUCTIVIDAD NETA, RESPIRACION, PRODUCCION DIARIA POR FECHAS Y ESTACIONES DE LAS  
ESPECIES DE ALGAS ESTUDIADAS

Producción neta y respiración en mgC. g ps<sup>-1</sup>. h<sup>-1</sup> y producción diaria en mgC. g ps<sup>-1</sup>. d<sup>-1</sup>.

ESPECIE	Estación	Fecha Año 1980	T°C	S %	PPN	Respiración	Producción diaria
<u>Enteromorpha</u> sp	A	12 - 08	28	34	0.91	0.50	4.92
	A	14 - 11	28	34	6.03	3.09	35.28
<u>Ulva</u> <u>rigida</u>	N	15 - 03	25.5	36	2.00	1.30	8.40
	N	18 - 04	25	36	1.34	1.00	4.08
	N	24 - 07	28	35	2.23	1.90	3.96
	A	25 - 04	28	35	3.00	2.04	11.52
	A	12 - 08	28	34	2.80	2.00	9.60
	A	14 - 11	28	34	3.08	1.90	14.16
<u>Dictyota</u> <u>jamaicensis</u>	N	15 - 03	25.5	36	0.92	0.90	0.24
	N	18 - 04	25	36	1.00	0.85	1.80
	N	24 - 07	28	35	1.31	0.81	6.00
<u>D. divaricata</u>	A	23 - 07	29	35	7.80	3.02	57.36
	A	14 - 11	28	34	22.00	10.00	144.00
<u>Padina</u> <u>vickersiae</u>	G	26 - 04	25	36	2.41	1.83	6.96
	G	22 - 07	27	35	4.00	1.90	25.20
<u>P. gymnospora</u>	N	15 - 03	25.5	36	5.20	1.80	40.80
	N	18 - 04	25	36	9.66	8.04	19.44
	N	24 - 07	28	35	1.20	0.56	7.68
<u>Chhoospora</u> <u>minima</u>	G	26 - 04	25	36	3.45	1.75	20.40
	G	22 - 07	27	35	5.05	1.65	52.35
	G	10 - 11	27	34	4.52	1.50	36.24
<u>Sargassum</u> <u>polyceratum</u>	N	18 - 04	25	36	1.71	1.63	0.96
	N	24 - 07	28	35	0.15	1.74	-19.08
	N	15 - 11	28	35	1.00	0.90	1.20
<u>Gelidiella</u> <u>acerosa</u>	A	14 - 11	29	34	14.50	2.00	150.00
<u>Grateloupia</u> <u>filicina</u>	N	18 - 04	25	36	7.81	5.77	24.48
	N	15 - 11	28	35	6.15	2.14	48.12
	A	25 - 04	28	35	33.15	11.37	261.36
	A	23 - 07	29	35	7.15	4.18	35.64
<u>G. cuneifolia</u>	N	18 - 04	25	36	19.02	7.17	142.20
	G	26 - 04	25	36	5.73	6.37	-7.68
	G	22 - 07	27	35	6.00	5.00	12.00
	G	10 - 11	27	34	4.32	3.28	12.48
<u>Gracilaria</u> <u>domingensis</u>	A	30 - 05	28	35	0.00	7.92	-
	A	23 - 07	29	35	8.64	7.92	8.64
<u>G. mammillaris</u>	A	30 - 05	28	35	0.99	0.25	8.88
	A	12 - 08	28	34	0.80	0.20	7.20
<u>G. cylindrica</u>	A	25 - 04	28	35	7.28	6.15	13.44
	A	30 - 05	28	35	7.81	2.64	62.14
	A	23 - 07	29	35	5.48	1.12	64.32
<u>Agardhiella</u> <u>tenuera</u>	A	23 - 07	29	35	2.60	2.06	7.20
	A	14 - 11	29	34	2.35	2.20	1.80
<u>Hypnea</u> <u>musciformis</u>	N	18 - 04	25	36	6.85	2.48	52.44
	A	30 - 05	28	35	6.23	2.00	50.76
	A	14 - 11	29	34	9.88	25.33	-
<u>Acanthophora</u> <u>spicifera</u>	A	30 - 05	29	35	2.50	1.08	17.04
	A	23 - 07	29	35	6.85	2.48	52.44
	A	14 - 11	29	34	4.22	1.89	27.96
	N	24 - 07	28	35	1.39	3.09	-20.40
	N	15 - 11	28	35	1.45	1.00	5.40
<u>Laurencia</u> <u>obtusa</u>	N	18 - 04	25	36	19.60	11.73	94.44
<u>L. papillosa</u>	A	23 - 07	29	35	7.98	1.13	82.20
	A	14 - 11	29	34	5.62	1.01	55.32
	N	24 - 07	28	35	5.88	3.63	17.40
	N	15 - 11	28	35	4.90	3.50	16.80

TABLA 2

PROMEDIOS MENSUALES DE COBERTURA, EXPRESADA EN PORCENTAJE, DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS POR ESTACION, DURANTE EL AÑO DE 1981. BIOMASA PROMEDIO PARA 100 % DE COBERTURA gps. m<sup>2</sup>

A) ESTACION NEGUANGE														
ESPECIE	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Biomasa promedio
<u>Ulva rigida</u>		10	10	10	10	40	30	40	70	25	30	50	20	64.0
<u>Dictyota jamaicensis</u>		70	50	50	20	5	5	10	5	5	10	20	50	48.0
<u>Padina gymnospora</u>		20	5	5	5	10	25	25	5	5	5	5	10	44.0
<u>Sargassum polyceratum</u>	+	5	10	50	100	100	80	100	80	50	30	20	350.0	
<u>Grateloupia filicina</u>		30	20	+	+	5	15	50	10	+	-	+	25	226.0
<u>Grateloupia cuneifolia</u>		35	30	+	+	15	50	30	5	-	-	5	15	247.5
<u>Hypnea musciformis</u>		20	15	5	5	10	30	30	50	30	30	50	60	28.0
<u>Acanthophora spicifera</u>		30	5	5	10	30	40	30	25	25	40	40	40	133.9
<u>Laurencia obtusa</u>		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	250.0
<u>Laurencia papillosa</u>		70	70	70	70	50	80	70	70	50	40	40	50	1000
B) ESTACION GAIRA														
ESPECIE														
<u>Padina vickersiae</u>		90	80	70	70	70	40	40	20	20	50	80	90	60.0
<u>Chnoospora minima</u>		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	80.0
<u>Grateloupia cuneifolia</u>		10	20	10	10	20	10	30	30	5	5	5	5	-
C) ESTACION PUNTA LA LOMA (AEROPUERTO)														
ESPECIE														
<u>Enteromorpha</u>		15	5	5	5	5	50	50	80	100	80	100	30	24.0
<u>Ulva rigida</u>		5	5	5	5	5	5	5	30	70	20	5	5	-
<u>Dictyota divaricata</u>		20	20	35	80	80	70	70	50	30	40	50	10	45.0
<u>Sargassum polyceratum</u>		15	15	20	50	70	70	60	50	40	40	50	20	-
<u>Gelidiella acerosa</u>		5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	5	10	160.0
<u>Grateloupia filicina</u>		30	20	5	20	20	30	20	10	5	5	10	20	-
<u>Grateloupia cuneifolia</u>		30	20	20	25	30	40	30	10	+	+	-	30	-
<u>Gracilaria dominicensis</u>		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	171.9
<u>Gracilaria mammillaris</u>		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	63.2
<u>Gracilaria cylindrica</u>		40	40	40	40	50	20	10	30	40	40	40	40	133.8
<u>Agardhiella tenera</u>		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	230.0
<u>Hypnea musciformis</u>		35	15	15	20	20	30	30	80	30	40	50	80	-
<u>Acanthophora spicifera</u>		40	20	60	35	30	20	30	20	30	40	70	70	133.9
<u>Laurencia papillosa</u>		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	-

fotosíntesis con altos valores de respiración inclina a aceptar los resultados obtenidos como indicadores de gran actividad metabólica que deberá ser sometida a comprobación en investigaciones posteriores. Es también posible que el valor resulte algo exagerado como resultado de la conversión a términos de peso seco. En todo caso, se considera que lo mejor sería expresarlo en términos de miligramos de clorofila, de acuerdo a Wallentinus (1978) y así se recomienda hacerlo cuano se disponga de medios adecuados, para eludir la influencia en los resultados de la biomasa productiva. La producción neta expresada en términos de contenido de clorofila de la planta corresponde a una relación más lógica entre estructura y función que la expresión en términos de biomasa; por lo tanto, se asume que los valores más altos de producción corresponden a especies con contenidos de clorofila mayores independientemente de la biomasa con que se haya trabajado y se considera conveniente profundizar en el estudio de ellas. Las principales especies serían: Dictyota divaricata, Gelidiella acerosa, Grateloupia filicina, G. cuneifolia y Laurencia obtusa.

En la literatura se registra una relación entre el hábito de las algas y su productividad. Así, algas con mayor relación superficie a volumen

(filamentosas o laminares) tienen una mayor producción que algas de talos más gruesos y complejos. En este aspecto, se han hecho trabajos específicos, tales como el de Arnold y Murray (1980) que contiene una discusión de trabajos previos y confirma la relación entre rendimiento fotosintético y hábito de las algas. Esta relación se cumple parcialmente en los resultados obtenidos aquí: las mayores tasas de producción se logran en algas de talos aplanados, tales como *Grateloupia spp.* y *Dictyota divaricata*. Sin embargo, no todas las algas de talo aplanado logran altas productividades, por ejemplo: *Ulva rigida* o *Padina vickersiae*, ni todas las algas altamente productivas son laminares o filamentosas, por ejemplo, *Laurencia obtusa* (Tabla 1).

Por otra parte, se cumple que las algas más voluminosas como *Sargassum polyceratum*, *Agarghiella tenera* o *Gracilaria mammillaris*, no alcanzan tasas de producción altas. En resumen, aunque no se encuentra una relación estricta entre hábito y producción, se observó una tendencia a una relación inversa entre volumen y producción. No se trabajó con algas filamentosas.

En relación con la producción en función de la división a la cual pertenezca el alga, puede anotarse de acuerdo a este trabajo y en contraposición a otros autores (King y Schramm, 1976; Littler y Murray, 1974; Wallentinus, 1978), que las algas sí muestran diferentes tasas de producción, según el grupo —verdes, pardas o rojas— al cual pertenezcan. Las algas rojas presentan mayor producción promedio ( $\bar{X} = 7.2 \text{ / mg Cgps}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y las verdes el promedio más bajo ( $\bar{X} = 2.67$ ), en tanto que las pardas ocupan lugar intermedio con un promedio de  $4.46 \text{ mgCgps}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . La mayor relación relativa corresponde a las algas pardas que tienen una desviación estándar de 5.38, la cual es mayor que la media, seguidas por las rojas con 6.66 y luego las verdes con 1.56 de desviación estandar. Lo anterior coincide con la gran variación ya anotada en *Sargassum polyceratum* y *Padina gymnospora*.

La mayor producción en algas rojas coincide con la dominancia del grupo en aguas tropicales (Odum., 1972; Michanek, 1975).

Precisamente la variabilidad en las algas pardas coincide con su comportamiento estacional, que influye también en su dominancia en zonas templadas.

Entre las algas verdes se encuentran especies registradas como altamente productivas (King y Schramm, 1976), Wallentinus, 1978); quizá un muestreo más amplio en este grupo revele tendencias similares en especies tropicales.

#### **Relación Producción Fecha.**

Como ya se indicó, siempre se trabajó en las mejores condiciones posibles de luz y claridad del agua, de tal manera que los factores variables en el ambiente eran, básicamente, la temperatura y salinidad del agua y su contenido de nutrientes. Dichos factores varían como

resultado de fenómenos regionales, tales como la surgencia y el "outwelling", ya considerados en la descripción de las estaciones. Por diversos inconvenientes, fué imposible disponer de un registro preciso de los cambios en las condiciones ambientales debidos a dichos fenómenos; en consecuencia, se recurrió a la comparación del comportamiento de una misma especie en diferentes estaciones y fechas, para intentar una interpretación, al menos parcial, de la influencia de los fenómenos regionales sobre la producción de las algas y comunidades vegetales.

Las especies estudiadas tanto en el Aeropuerto como en Neguange fueron: *Ulva rígida*, *Grateloupia filicina*, *Acanthophora spicifera* y *Laurencia papillosa*. Todas estas especies mostraron mayor producción en la estación del Aeropuerto en fechas próximas. Esto concuerda con la mayor biomasa y mejores condiciones físicas que presentan siempre los ejemplares de esta estación. La mayor concentración de nutrientes en esta estación se debe a los efectos del "Outwelling" del Río Magdalena; este efecto es permanente en el área (Márquez, 1982 a.) La temperatura, más alta siempre en el Aeropuerto, también puede influir en los resultados, al aumentar las tasas metabólicas; sin embargo, este factor es seguramente secundario respecto al considerado anteriormente. Para evaluar con mayor precisión la influencia de un determinado factor en la producción, sería conveniente, en futuros trabajos, estimar las condiciones químicas de las especies a estudiar, por ejemplo, analizando el contenido de pigmentos. Aunque se trabajó con ápices vigorosos y en buen estado, es muy probable que el desarrollo y vida de las plantas, en diferentes condiciones, produzca individuos diferentes. De acuerdo con Odum (1972), no siempre los organismos ocupan habitat óptimos, lo cual incide en su comportamiento en un lugar dado. En el caso particular de las especies en discusión, todo parece indicar que encuentran las condiciones del Aeropuerto más cercanas al óptimo que las existentes en Neguange lo cual coincide con observaciones previas (Márquez y Guillot, en prensa; Márquez, 1982b)

La producción en diferentes épocas del año, para una misma especie en una estación, presenta un comportamiento variable; en algunas especies la variación es pequeña, inferior al 50%. Esto es frecuente en especies del Aeropuerto, donde las condiciones ambientales son más estables; ver, por ejemplo, *Agardhiella tenera*, *Gracilaria cylindrica*, *G. domingensis* y *Laurencia papillosa*.

Estas especies también se caracterizan por tener abundancia y condiciones físicas estables a lo largo del año en todas las estaciones. En cambio, *Enteromorpha* sp., *Dictyota divaricata* y en menor grado *Hypnea musciformis*, presentan fluctuaciones muy acentuadas que a su vez corresponden al tipo de crecimiento acelerado que en algunas épocas del año producen elevados incrementos en la biomasa de estas especies. En los últimos tres casos citados, la máxima producción corresponde a la época de mayor intensidad del "outwelling" del Río Magdalena, al final de la época de lluvias (Márquez, 1982 a).

En las especies de Neguange, sometidas a la surgencia estacional, se observó una tendencia a una mayor producción en los primeros meses del año, en especial en Abril, mes de máxima intensidad del fenómeno (Márquez, 1982 a.). Es muy notorio también, el descenso de la producción de *Sargassum polyceratum* y *Acanthophora spicifera*, obtenido en Julio 24, en tanto que otras especies conservan un comportamiento estable; el descenso podría deberse a influencia de aguas lluvias sobre especies mesolitorales.

Sin embargo, en Gaira, aunque muy influida por la surgencia, los valores máximos de producción se obtienen en Julio, después de que tal fenómeno ha pasado. El aumento en la producción puede atribuirse al "outwelling" local del Río Gaira, el cual, aunado a la mayor temperatura del agua, contribuiría al aumento de la producción. De todas maneras, las especies estudiadas en Gaira, varían poco su producción en las diferentes épocas de trabajo. Al comparar con las otras estaciones, se aprecia que las variaciones relativamente fuertes en las características ambientales en Gaira no afectan sensiblemente la producción. Esto puede deberse a que los nutrientes se encuentran siempre disponibles en cantidades suficientes, bien sea como resultado del "outwelling" o de la surgencia, respaldando así la teoría de una producción controlada por los nutrientes (Odum, 1972) y por el estado fisiológico del organismo.

En resumen, las observaciones a lo largo del año en las diferentes estaciones revelan que la producción está principalmente determinada por el estado fisiológico de las algas, resultante de las condiciones en las cuales se han desarrollado.

Dentro de estas circunstancias, sería especialmente influyente el contenido de nutrientes del agua determinado a su vez por el "outwelling" o por la surgencia estacional. Estos fenómenos influyen también en la temperatura y salinidad, las cuales también tienen efectos en el desarrollo de las algas. La producción menor de las algas en la estación de Neguange indica que las fluctuaciones alcanzan a afectarlas. Sin embargo, resulta difícil discriminar el impacto de los diferentes factores con base en datos obtenidos en este estudio; en consecuencia, ésto se reserva para futuras investigaciones.

Lo que se puede señalar con claridad es que la temperatura, la salinidad, la irradiación y la disponibilidad de nutrientes influyen en la producción, principalmente a través de su efecto en el desarrollo de los individuos; los cambios momentáneos, durante las determinaciones, no parecen tener efectos visibles en el corto plazo, salvo en casos extremos por cambios muy bruscos; por ejemplo, descensos en la salinidad superficial por efecto de las lluvias que causan "stress" osmótico a veces mortal en algas meso —y supralitorales (Márquez y Guillot, en prensa).

Los valores de producción son, en promedio, altos, comparados con los que registra la literatura. En ésta, los valores de producción están por debajo de  $4 \text{ mgC. gps}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , salvo unos pocos registros; aquí se obtuvieron valores entre  $0.004$  y  $11.8 \text{ mgC. gps}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

El alto promedio de producción es atribuible a las buenas condiciones de iluminación, temperatura, salinidad y nutrientes, que se mantienen más o menos constantes a lo largo del año, especialmente en la estación del Aeropuerto; se puede asumir que, cuando se dispone de nutrientes suficientes, la producción en los sitios trabajados será alta, pues otras condiciones, especialmente iluminación son casi continuamente óptimas para la fotosíntesis. Se exceptuarían los casos en los cuales la fotorespiración (Hough, 1974) afectara a la producción. Lo señalado coincide con la afirmación de Odum (1972) en el sentido de que la producción en mares tropicales tiene su principal limitación en la disponibilidad de nutrientes incluidos gases como el oxígeno puesto que en general, las circunstancias ambientales, especialmente temperatura e iluminación son casi siempre satisfactorias; de tal manera que disponiendo de nutrientes se puede alcanzar una producción más alta que en la zona templada y en este caso esto es lo que sucede. La limitación principal viene a derivar entonces, de otras circunstancias dentro de las cuales quizá la más importante aquí, es la disponibilidad de sustratos adecuados, como sucede y ha sido estudiado en otros lugares (Ver especialmente Dayton, 1971).

#### **Respiración (en mgC g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)**

La respiración es considerada por algunos autores (ej. Wasmann y Ramus, 1973) como un proceso poco variable y que se puede asumir como constante a lo largo del día. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo indican una gran variabilidad en la respiración, no sólo entre especies sino para una misma especie; por ejemplo: *Enteromorpha sp.* o *Gracilaria cylindrica*, entre otras.

En esto coinciden los resultados de Litter y Murray (1974) y en menor grado las de King y Schramm (1976), bajo condiciones "in situ" y del laboratorio.

Los resultados obtenidos difieren notoriamente de los registrados en la literatura. Se pudo establecer, en el presente estudio altos valores de respiración así: 2,97 mgC g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en promedio, en contraste con las mediciones de Littler y Murray (1974) de aproximadamente 0.4 mgC g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, o 0.53 en King y Schramm (1976). Estas altísimas tasas de respiración podrían atribuirse parcialmente a las altas temperaturas —promedio aproximado 28° C—, en comparación con 15° C y entre 5 y 20°C respectivamente.

Se encontró una correlación positiva entre la producción neta y la respiración ( $r = 0.82$ ). De tal modo que, a mayor producción mayor respiración; una relación similar se deduce de los trabajo ya citados, aunque los autores no hacen referencia al respecto. Esta relación, más que el resultado de una interdependencia de los procesos, parece indicar una correlación producida por respuestas metabólicas similares a estímulos ambientales comunes a ambos procesos; con esto se hace referencia en particular, a aumentos de temperatura, y/o a condiciones fisiológicas del organismo.

Un aspecto más de interés, está dado por la proporción producción neta a respiración. En Littler y Murray (1974) la proporción es, en promedio de 6.33:1; en este trabajo, es de 2.15: 1.

En ninguno de los dos casos la desviación estándar con respecto a estos valores es grande: 3.43 y 1.47, respectivamente. Evidentemente la respiración es mucho mayor en las especies de algas bajo las condiciones en las cuales se trabajó aquí. Se puede inferir que la producción bajo las condiciones descritas es mayor, pero el consumo metabólico es así mismo mayor. Sin embargo el balance, a largo plazo, es positivo como se deduce de los datos de producción diaria y de abundancia.

No se observa relación entre respiración y sitio de muestreo. Tal relación podría esperarse si se cumpliera lo indicado en cuanto a condiciones más o menos óptimas para cada especie en las diferentes estaciones. En esto, como en casos anteriores, parece manifestarse más la influencia de las condiciones generales de desarrollo de los individuos que la incidencia inmediata de algún factor ambiental.

Al analizar los resultados anteriores no se descartó la posibilidad de un incremento de la respiración como consecuencia de las manipulaciones, en condiciones de alta temperatura e irradiación, durante la preparación de las algas para las determinaciones. Así mismo, según Hough (1974), la respiración de plantas sumergidas puede incrementarse por la alta concentración de oxígeno en el agua.

Por último, la relación producción: respiración pudo afectarse por la disminución relativa de la producción neta, como consecuencia del incremento de la fotorespiración debido a la fuerte irradiación (Hough, 1974), a la cual se hizo referencia dentro del trabajo.

Producción diaria. Los valores de producción diaria fueron calculados con fines comparativos. Como ya se indicó, los valores extrapolados a partir de datos de metabolismo, deben tomarse, por ahora, con mucha reserva (Littler y Murray, 1974), ya que el metabolismo de las algas varía durante el día (Lewin, 1962; Doty y Oguri, 1957).

Registros metabólicos tomados a diferentes horas del día durante este trabajo, mostraron sensibles variaciones en producción y respiración. Sin embargo, los datos no fueron suficientes para mostrar la existencia o no existencia de periodicidad o ritmo metabólico, del tipo indicado por Doty y Oguri (1957) en plantas terrestres o en plancton marino.

Otro factor que pone en duda los datos extrapolados es la relación observada entre producción y respiración. Los datos provienen de menciones hechas en condiciones diferentes y se asume que la respiración es igual en la luz y en la oscuridad "contra lo cual la evidencia fisiológica es cada vez mayor" (Hough, 1974); consideraciones similares se hacen en Bunt (1965, 1966) según UNESCO (1973), siendo al parecer, especialmente fuerte la diferencia entre respiración en la luz y la oscuridad en aguas eutróficas o contaminadas.

Sin embargo, como ya se indicó, es útil obtener datos de producción diaria con fines comparativos, asumiendo que un error cuantitativo afecta a todos los resultados. Así considerados, los resultados son satisfactorios.

La producción diaria varía notablemente. En promedio es de  $36.89 \text{ mgC g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ; pero los valores máximos y mínimos son muy diferentes:  $0.24$  y  $231.36 \text{ mgC g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente, sin incluir algunos valores negativos. Los resultados anteriores son un reflejo de la producción por hora.

Al convertir los datos a producción diaria por metro cuadrado y día, a partir de los datos de biomasa por metro cuadrado, se obtiene que la producción promedio es de  $2.29 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Con un máximo de  $13.018 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  y un mínimo de  $-2.425 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Estos valores son similares a los registrados en la literatura; sin embargo, los valores tope deben ser considerados muy importantes ya que son demasiado altos para la cantidad de biomasa que los produjo. Los valores muy altos de producción ya se discutieron al tratar la producción horaria.

Una falla que hace difícil el análisis de los resultados, proviene de que, al hacer las extrapolaciones de valores, se asume erróneamente que la totalidad de la biomasa que está ocupando una superficie dada tiene la misma actividad metabólica. Como se indicó, es probable que otras partes del talo sean menos productivas que los ápices utilizados en las determinaciones de metabolismo. Se ha comprobado experimentalmente que diferentes partes de una hoja, en plantas superiores, tienen diferente capacidad fotosintetizante (Margalef, 1974).

Tampoco se tiene en cuenta el efecto de autoensombrecimiento o ensombrecimiento por algas vecinas. No todas las algas de un área dada, ni todas las partes de un alga reciben igual cantidad de luz. El ensombrecimiento aumenta al aumentar la biomasa por metro cuadrado, tal como anota Mann (1973) en relación con comunidades de Laminariales. En consecuencia, mientras mayor sea la biomasa, menor será el rendimiento relativo de la producción o razón P/B, según Odum (1972). De no tener en cuenta este factor, podrían calcularse valores teóricos de producción aún mayores que los aquí registrados.

En cualquier caso, considerando que errores similares se cometan en otros trabajos revisados, se puede indicar que la producción de algas y comunidades béticas de los alrededores de Santa Marta es, por comparación, alta en algunos casos; pero en general no se sale de límites esperables. El valor máximo obtenido con *Grateloupia filicina* es el único que debe rechazarse, pues supera ampliamente el valor teórico máximo de producción que es, según Margalef (1974) de  $1.000$  a  $1.500 \text{ mgC.m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ .

No siempre la producción, aunque aparentemente se esté bajo buenas condiciones, es positiva. Así se observó en la comunidad de *Sargassum polyceratum*, *Acanthophora spicifera* de Neguange. La producción

negativa puede deberse a circunstancias externas como salinidad baja o contaminación, por ejemplo: o a condiciones internas tales como senescencia de los talos, tal como es visible y ha sido referido en relación con **Sargassum spp.** (Cuervo, 1979; Márquez y Guillot, en prensa).

Grandes arribazones de ejemplares aparentemente saludables de este género se observan en los meses de Julio - Agosto, cuando son, al parecer, de ocurrencia común (Bulla, com. pers.). Se plantea la posibilidad de que **Sargassum ssp.** sufra los efectos de algún problema ambiental desconocido que conduzca a bajas en la producción y ruptura de los talos.

—La producción por metro cuadrado y día revela que la respiración compensa, a largo plazo, la intensa actividad fotosintética de las horas de luz.

#### **Producción por comunidades.**

El análisis de la producción por comunidades revela, principalmente, que las diferentes poblaciones que constituyen la comunidad se comportan independientemente desde el punto de vista productivo. Esto se deduce al observar la producción de las diferentes poblaciones de una comunidad en diferentes fechas. Algunas conservan una producción estable, en tanto otras suben o bajan sin coordinación aparente con las demás.

Se observa, así mismo, que la producción de las comunidades depende principalmente de la producción de una de las poblaciones, que puede llamarse población dominante. Esta población, además de ser la más productiva, es la dominante en biomasa. Las demás poblaciones son acompañantes más o menos constantes de la dominante y pueden ser, temporalmente, denominantes a su vez; por ejemplo, **Grateloupia, spp.** En la comunidad sublitoral de **Ulva — Padina - Dictyota**, en Neguange, la producción depende principalmente de **Padina gymnospora**. Dicha producción disminuye a lo largo del año, al igual que la biomasa. Las demás especies varían a lo largo del año, sin alcanzar la importancia de **Padina gymnospora** en ningún momento. Esta especie es, pues, la verdaderamente dominante independiente de la biomasa que posea, al menos en los casos registrados.

En la comunidad mesolitoral de **Sargassum - Grateloupia - Laurencia**, en Neguange, la mayor parte de la producción la aporta **Laurencia papillosa**. **Grateloupia cuneifolia** y **G. filicina** son importantes temporalmente. **Sargassum polyceratum**, a pesar de su biomasa, hace una contribución pequeña. Al parecer, esta especie se desarrolla mejor en el sublitoral que en el mesolitoral, donde fue estudiada. Sin embargo la explicación más probable de la baja producción registrada en **Sargassum** es que los registros no se hicieron en el momento adecuado. Los autores consideran, con base en observaciones de varios años en la vegetación de **Sargassum** y de los rápidos incrementos de biomasa en los períodos de dominancia de la especie, que la producción de esta alga es mucho mayor que la registrada.

### Estimaciones de abundancia

Las estimaciones de abundancia en términos de cobertura demostraron ser de gran utilidad. El método ha sido tomado de la fitosociología terrestre (Braun —Blanquet, 1965). Peres, (1961) lo modifica para su uso en el estudio de comunidades béticas y den Hartog (1959; en Vroman, 1968) para el estudio de comunidades vegetales marinas.

El método de estimación de abundancia por cobertura permite un muestreo amplio y rápido, en las diversas condiciones del medio marino. Posibilita el trabajo en zonas donde el oleaje hace impracticables métodos como la cosecha total de biomasa. Aunque aparentemente se pierde precisión, el mayor número de muestras que es posible obtener y la mayor extensión de área muestralable, hace la información obtenida más confiable. Una mayor amplitud del área de muestreo es especialmente importante si se considera la heterogeneidad de la vegetación litoral. Los registros continuados de abundancia que se facilitan por este método, y se pueden repetir indefinidamente en una misma parcela pues no afecta a la vegetación, dan información sobre la respuesta metabólica de las poblaciones y comunidades a los influjos ambientales.

Analizando los registros hechos durante el año 1980 (Tabla No 2) se pueden distinguir los siguientes patrones de comportamiento en la abundancia de las especies:

- a) Especies con abundancia más o menos constante a lo largo del año.
- b) Especies con fluctuaciones paulatinas de abundancia.
- c) Especies con fluctuaciones fuertes de abundancia.

El primer grupo está formado por dos subgrupos:

- Compuesto por especies con tolerancia suficiente a los cambios ambientales que se presentan en el biotopo por ellas ocupado, ejs. *Laurencia ssp.* y *Gelidiella acerosa*,
- Formado por especies que ocupan biotopos más o menos estables. En este subgrupo se incluyen especies encontradas sólo o especialmente en la estación del Aeropuerto; ejs. *Agardhiella tenera*, *Gracilaria dominguensis*, *G. mammillaris* y otras. (Ver Tabla No. 2)

En el segundo grupo se incluye a la mayoría de las especies estudiadas, las cuales presentan fluctuaciones paulatinas en la abundancia a lo largo del año. Las fluctuaciones se pueden atribuir a los cambios en la temperatura, salinidad y contenido de nutrientes del agua y muy posiblemente a procesos de competencia interespecífica (Dayton, 1971) por sustrato, nutrientes, etc. entre las algas. Sin embargo, escapa a las posibilidades de este trabajo el establecimiento de una causalidad precisa entre factores y fluctuaciones de abundancia; en consecuencia, tan sólo se señalarán algunas tendencias.

Se observan, a grandes rasgos, dos tendencias principales:

- Especies que incrementan su cobertura en la época seca (Diciembre a Julio). Esta corresponde al tiempo de surgencia y dos o tres meses más en las diferentes estaciones del Aeropuerto.
- Especies que incrementan su cobertura en época de lluvias (Agosto a Diciembre).

Se nota un desfase entre causa y efecto que corresponde al tiempo de respuesta a los cambios.

En ambos casos, las fluctuaciones pueden atribuirse tanto al impacto favorable de algunos cambios, principalmente aumento de los nutrientes, como al efecto desfavorable de otros, por ejemplo, en temperatura y salinidad. Esto último, modera la competencia intraespecífica de tal manera que especies más resistentes pueden ocupar temporalmente áreas dejadas por otras más susceptibles a los cambios.

En ciertas especies la relación con algún factor ambiental es clara; así, *Acanthophora spicifera* se ve favorecida por las bajas moderadas de salinidad. Sin embargo, en la mayoría de los casos la relación es vaga y deberá ser objeto de estudios posteriores para su establecimiento preciso. Es el caso de *Padina spp.*, *Hypnea musciformis*, *Gracilaria cylindrica* y *Laurencia papillosa* (en Neguange), principalmente.

En el grupo C se incluyen especies que responden drásticamente a los efectos ambientales, con aumentos y descensos radicales de su abundancia. Dichas especies se pueden, a su vez, reagrupar según el estímulo al cual responden, así:

- Especies que responden a un cambio periódico en el medio, ej. *Grateloupia spp.*, *Sargassum polyceratum*.
- Especies que responden a un cambio "catastrófico" en el medio, ej.: *Enteromorpha sp.* y *Ulva rigida*.

En el primer caso, las especies señaladas presentan un comportamiento claramente estacional. Sin embargo, es difícil de establecer a cuál de los cambios periódicos que se presentan en el ambiente, se debe su comportamiento. Las dos especies de *Grateloupia* alcanzan sus mayores biomassas al final o un poco después de los períodos de fertilización por surgencia o corriente más adentro; no obstante, desaparecen o disminuyen radicalmente en los meses siguientes. La causa de los cambios no se puede establecer con base en lo observado, pues tanto la salinidad como la temperatura tienen características contrapuestas en los dos períodos de su virtual desaparición.

*Sargassum sp.* presenta, al parecer, una relación con la salinidad y la temperatura (Cuervo, 1979). Tanto las temperaturas relativamente bajas (23°C) que se dan durante la surgencia, como los descensos ocasionales

de la salinidad durante el período de lluvias, parecen ser la causa de las drásticas variaciones.

La influencia de la temperatura y la salinidad, se evidencia especialmente en la estación Neguange, cuyas variaciones, tanto en dichos factores como en la vegetación, son más acentuadas. En Abril y Mayo, la vegetación tiene un desarrollo vigoroso y rápido a partir de los "holdfast"; estos constituyen la forma de resistencia para superar los períodos desfavorables.

Rápidamente, la vegetación alcanza una gran exhuberancia que puede persistir en los meses siguientes hasta Septiembre - Octubre. En esos meses se empieza a notar el influjo de las lluvias locales y del Río Magdalena. Se inicia entonces un período de senescencia del *Sargassum*; las plantas pierden filoides y van desapareciendo fragmentadas, hasta quedar solamente los "holdfast" como indicio de su presencia anterior. Ocasionalmente, en los meses de Julio a Septiembre, pueden presentarse grandes arribazones de *Sargassum*. Plantas jóvenes y aparentemente vigorosas son arrojadas por el mar a las playas de la Bahía de Neguange, especialmente en Playa Brava. Las arribazones son, probablemente, resultado de oleajes y/o corrientes fuertes debidas a circunstancias meteorológicas. Cuando el *Sargassum* es arrancado en estas circunstancias —o cosechado en el proceso de estudio, conserva la propiedad de regenerarse, capacidad que pierde iniciado el período de senescencia. *Hypnea musciformis* muestra rápidos cambios de abundancia hacia fines del año, cuando se convierte incluso en una molestia para los bañistas. El aumento se da especialmente en poblaciones sublitorales que crecen sobre fondos de arena. Al parecer, los elementos reproductivos utilizan como sustrato granos gruesos de arena; así se desarrollan poblaciones con una gran biomasa sobre sustratos poco estables. Las corrientes arrastran las poblaciones de *Hypnea musciformis*, entremezclada con *Enteromorpha* sp. y *Dictyota* sp. en proporciones menores, hacia las playas arrojándolas ocasionalmente a tierra. Un fenómeno similar con las mismas especies se observa en Cartagena y con otras especies, en Neguange.

Las especies cuyas fluctuaciones drásticas responden a condiciones "catastróficas" son especies pioneras, capaces de colonizar rápidamente sustratos libres. Estos sustratos aparecen, generalmente, después de oleajes fuertes por mares de leva. El oleaje destruye la vegetación previamente existente o remueve arena dejando al descubierto sustratos rocosos; también quedan libres por muerte de la vegetación supra y meso litorial por efecto de lluvias fuertes (Márquez y Guillot, en prensa). Las principales especies con este comportamiento son las clorofíceas *Enteromorpha* sp. y *Ulva rigida*. Los registros de producción primaria no mostraron la gran actividad metabólica que estas especies deben tener durante el proceso de colonización para alcanzar rápidamente gran abundancia. Esto se debe a que los registros no se hicieron en el momento oportuno y revela una de las limitaciones del método utilizado, la cual se discute en la parte correspondiente. La colonización pionera por *Ulva* es un hecho registrado en la literatura (Sousa, 1979).

## CONCLUSIONES

- La producción potencial de las algas y comunidades bентicas vegetales estudiadas en este trabajo es, en general, alta.
- La producción de las comunidades está principalmente determinada por la producción independiente de las diferentes poblaciones de las especies que las componen; esto es, la producción de una especie no influye, aparentemente, sobre la producción de las otras especies en la comunidad.
- Las algas más productivas tienden a ser dominantes en biomasa.
- Los picos de mayor producción, en general, se presentan en Abril - Mayo y Noviembre - Diciembre. Estos meses corresponden, también, al final de los períodos de fertilización de las aguas marinas superficiales por la surgencia y por la corriente más afuera del Río Magdalena, respectivamente.
- Las comunidades más productivas, entre las estudiadas, se encuentran en la estación del Aeropuerto, donde hay influencia constante de la corriente mar afuera del Río Magdalena y las condiciones ambientales son más constantes.
- El potencial productivo depende principalmente del estado fisiológico de las algas, esto es, su funcionalidad metabólica. Esta, a su vez, parece depender de las condiciones ambientales durante el desarrollo de las algas.
- La alta producción general está relacionada con la disponibilidad de nutrientes determinada por las condiciones oceanográficas en cada estación, principalmente la corriente mar afuera del Río Magdalena y la surgencia.
- Algunas especies constituyen un potencial económico de interés, por sus características ecológicas —alta producción—, principalmente.
  - Se señala, particularmente, a **Hypnea musciformis**; esta especie, añade a sus características ecológicas, propiedades químicas muy apreciables desde el punto de vista de una potencial utilización industrial en el campo de la farmacología.
  - Otras especies con características ecológicas favorables son: **Grateloupia cuneifolia**, **G. filicina**, **Laurencia papillosa**, **Gracilaria cylindrica** y **Sargassum polyceratum**.
  - En caso de dar utilización industrial a las algas, debe hacerse cultivo de las especies de interés y no recurrir a la cosecha del producto natural, a riesgo de alterar el equilibrio ecológico regional.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo, manifiestan agradecimiento al Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, "INVEMAR" y a COLCIENCIAS — UNIVERSIDAD NACIONAL por su financiación y facilidades logísticas para su ejecución.

### BIBLIOGRAFIA

- ANGEL, E. y H. QUIROS. 1971. Contribución al conocimiento ecológico y sistemático de las algas marinas de Cartagena y sus alrededores. Tesis de Grado Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. (Mimeoágrafo).
- ARMADA NACIONAL. 1976. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos. Informe Datos Oceanográficos OCEANO, II.
- ARMADA NACIONAL. 1979. Centro Colombiano de Datos Oceanográficos. Informe Datos Oceanográficos Crucero OCEANO IV. Informes Oceanográficos 1.
- ARNOLD, K. and S. MURRAY. 1980. Relationships between irradiance and photosynthesis for marine benthic green algae (Chlorophyta) of differing morphologies. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 43(2): 183-192.
- BRAUN - BLANQUET, J. 1965. Plant sociology. Hafner. New York.
- BROWN, L.D. and E.B. TREGUNNA. 1967. Inhibition of respiration during photosynthesis by some algae. Can. J. Bot. 45: 1135-1143.
- BULA, G. 1977. Algas Marinas bентicas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa caribe de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 9: 45-71.
- CABEZAS, V. H. 1975. Determinación de aminoácidos y evaluación in-vitro de la calidad de la proteína de algunas especies de algas marinas pertenecientes a la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nal. Dpto. de Química. Bogotá.
- CAICEDO, I. E. 1975. Productividad primaria y fitoplancton en la Bahía de Neguanje, Parque Nacional Tayrona, Tesis de Grado. U. Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- CEDEÑO, D. C. J. 1973. Contribución al estudio de minerales en algunas especies de algas colombianas. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.
- CRUZ, O. y G. RAMIREZ. 1978. Distribución de pigmentos carotenoides en algunas especies de algas marinas del litoral Atlántico Colombiano. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.
- CUERVO, A. 1979. Contribución al estudio auto ecológico del género *Sargassum* en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Biología. Bogotá.
- DAYTON, P.K. 1971. Competition, disturbance and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky Intertidal community. Ecological Monographs 41: 351-389.

- DOY, M.H. and M. Ogury. 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnol. Oceanogr.* 2: 37-40.
- FONSECA, C.A. 1976. Estudio del contenido de Ácido L-Ascórbico y a L-Dihidroascórbico de algunas especies de algas marinas de la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.
- GAVIRIA, S. 1978. Observaciones de los períodos de reproducción de algunas algas del Caribe Colombiano, incluyendo la evaluación bromatológica de seis especies. Tesis de Grado. U. Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- GUILLOT, G. y G. MARQUEZ. 1975. Estudios sobre los tipos de vegetación marina bentónica en el litoral del Parque Nal. Tayrona, Costa Caribe Colombiana. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Biología. Bogotá.
- GUILLOT, G. y G. MARQUEZ. 1978. Estudios en la vegetación bentónica marina del Parque Nal. Tayrona, Costa Caribe Colombiana, I: Relaciones, vegetación - zonación - substrato. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín*, 10: 133-148.
- HERRMANN, R. 1970. Las causas de la sequía climática en la región costanera de Santa Marta. *Rev. Acad. Col. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 13 (52): 479-489.
- HERRMANN, R. 1971. Zur regionalhydrologischen Analyse und Gliederung der Nordwestlichen Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien) *Hab. Schr. Nat. Wiss. Fak. Univ. Glessen*: 1-88.
- HOUGH, R.A. 1974. Photorespiration and productivity in submersed aquatic vascular plants. *Limnol. Oceanogr.* 19 (6): 912-927.
- JOHNSTON, C.S. 1969. The ecological distribution and Primary production of Macrophytic Marine Algae in the Eastern Canaries. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 54 (4): 473-490.
- KAUFFMANN, R. y F. HEVERT. 1973. El régimen fluviométrico del Río Magdalena y su importancia para la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Mitt. Inst. Colombo Alemán Invest. Cient.* 7: 121-137. Santa Marta.
- KING, R.J. and W. SCHRAMM. 1976. Photosynthetic rates of benthic marine algae in relation to light intensity and seasonal variations. *Mar. Biol.* 37: 215-222.
- LAVERDE, P.C. y R.E. AVILA. 1975. Contenido de manitol de algunas especies de algas de la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia Dpto de Química. Bogotá.
- LEWIN, R.A. 1962. *Physiology and Biochemistry of Algae*. Academic Press. New York and London.
- LITTLER, M.M. and MURRAY, S.N. 1974. The primary productivity of marine macrophytes from a rocky intertidal community. *Mar. Biol.* 27 (2): 131-135.
- LOBOGUERRERO, C.D. y V.J. JIMENEZ. 1976. Contribución al estudio bromatológico y evaluación in vitro de la calidad de la proteína de diez (10) especies de Algas Marinas del Litoral Atlántico Colombiano. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.
- MANN, K. H. 1973. Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science*, N.Y. 182 - 975 - 981.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.

MARQUEZ, G. 1982 a. Los sistemas Ecológicos marinos del sector adyacente a Santa Marta, Caribe Colombiano I: Generalidades. *Ecología tropical* 2 (1): 5-19.

MARQUEZ, G. 1982 b. Los sistemas ecológicos marinos del sector adyacente a Santa Marta, Caribe Colombiano, II: Los sistemas Pelágicos. *Ecología Tropical* 2 (1): 20-24.

MARQUEZ, G. y G. GUILLOT. (en prensa). Estudios en la vegetación bentica marina del Parque Nat. Tayrona, Costa Caribe Colombiano, II: Los tipo de vegetación. An Inst. Inv. Mar. Punta Betín 13.

MICHANEK, G. 1975. Seaweed resources of the Ocean. FAO Fish Tech. Papers. No. 138.

MOSQUERA, M., R. et al. 1973. Estudio de Agarofitas del Litoral Atlántico Colombiano y análisis de los extractos. Tesis de Grado. U. Nat. de Colombia, Dpto. Química. Bogotá.

ODUM, E.P. 1972. Ecología. 3a. edición. Interamericana México.

ORTIZ, O y V. GARCIA. 1971. Contribución al estudio de los polisacáridos de algunas algas marinas de la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nat. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.

PÉRÈS, J.M. 1961. Oceanographie biologique et Biologie Marine. Tomo I.: La vie benthique. Presses Universitaires, Francia.

RIANO, C.H.O., y A.L.C. SARMIENTO. 1975. Evaluación de algunos nutrientes en varias especies de algas marinas pertenecientes a la Guajira Colombiana. Tesis de Grado. U. Nat. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.

RYTHER, J.H. 1963. Geographic variatons in productivity. In: *The Sea*, Vol. 2, Edites by M.N. Hill, Interscience Publishers, New York, pp. 374-380.

SCHLENKER, C. y E. TRUJILLO. 1971. Contribución al estudio del contenido de agar, agaroides y mucílagos de algunas especies de algas rojas pertenecientes a la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nat. de Colombia, Dpto. de Química. Bogotá.

SCHNETTER, R. 1976. Marine Algen der Karibischen Kusten von Kolumbien, I: Phaeophyceae. *Bibliotheca Phycologica*. 24: 1-125.

SCHNETTER, R. 1978. Marine algen der Karibischen Kusten von Kolumbien II: Chlorophyceae. *Bibliotheca Phycologica*. 42: 1-199.

SILVA, M.L. y A. SANABRIA. 1972. Estudio del contenido de Alfa y Beta Carotenos en seis especies de algas marinas pertenecientes a la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nat. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.

SOUSA, W.P. 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecological Monographs* 49 (3): 227-254.

STRICKLAND, J.D.H., and T.R. Parsons. 1968. A practical hand book of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 122: 172.

TAYLOR, W.R. 1960. *Marine Algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. Univ. Michigan Press, Ann Harbor, IX - 870 S.

TCHANZ, C.M. et. al. 1969. Mapa geológico de la Región de Santa Marta y Sierra Nevada. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico —Mineras. Ministerio de Minas y Petróleos. República de Colombia.

TORRENTEGRA, G.R., y M.T. IRIARTE. 1971. Contribución al estudio de la determinación del nitrógeno y de los aminoácidos totales en 15 especies de algas marinas colombianas pertenecientes a la Costa Atlántica. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá

UNESCO, 1973. A guide to the measurement of marine primary production under some special conditions. Monographs on oceanographic methodology, UNESCO. Paris.

VARGAS, M.D.A. y V.I. FORERO. 1973. Evaluaciones de alginatos y estudio comparativo de sus propiedades y rendimiento, en cuatro especies de algas marinas pertenecientes a la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Grado. U. Nal. de Colombia. Dpto. de Química. Bogotá.

VOLLENWEIDER, R.A. (ed.). 1969. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Philadelphia, Pa., F.A. Davis 213 pp (IBP Hand book 12).

VROMAN, M. 1968. The marine alga vegetations of St. Martin, St. Eustatius and Saba (Netherlands Antilles). Studies on the Flora of Curacao and other Caribbean Islands. 2: 120 pp.

WALLENTINUS, I. 1978. Productivity studies on Baltic Macroalgae. Bot. Mar. XXI : 365-380.

WANDERS, J.B.W. 1976. The role of benthic algae in the shallow reef of Curacao (Netherlands Antilles) II: Primary productivity of the **Sargassum** beds on the north east coast submarine plateau. Aquatic Bot., 2: 327-335.

WASSMAN, E.R., and J. RAMUS. 1973. Primary - production measurements for the green seaweed **Codium fragile** in Long Island Sound. Mar. Biol. 21 (4): 289-297.

ZIMMERMAN, M.S. and R.J. LIVINGSTON. 1976. Seasonality and physico-chemical ranges of benthic macrophytes from a north Florida estuary (Apalachee Bay). Contributions in Marine Science 20: 33-45.