

Informe final* del Proyecto B077
Conocimiento de la macroflora marina de interés económico de las Costas de Yucatán

Responsable: Dr. Daniel Robledo Ramírez
Institución: Instituto Politécnico Nacional
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida
Departamento de Recursos del Mar
Laboratorio de Ficología
Dirección: Apartado Postal 73 Cordemex, Mérida, Yuc, 97310 , México
Correo electrónico: robledo@kin.cieamer.conacyt.mx
Teléfono/Fax: Tel: 01(99)81 2973 Fax: 01(99)81 2917
Fecha de inicio: Agosto 31, 1994.
Fecha de término: Junio 18, 1996
Principales resultados: Base de datos, Informe final

Forma de citar el informe final y otros resultados:** Robledo Ramírez, D. 1997. Conocimiento de la *macroflora* marina de interés económico de las Costas de Yucatán. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B077**. México, D.F.

Resumen:

El estudio de los recursos legales a diferentes niveles de complejidad, desde los listados florísticos hasta los modelos que explican su abundancia y distribución, son muy escasos, por ende necesarios, y han de ser considerados como información estratégica para cualquier país que los posea. La catalogación de las especies de algas marinas de importancia económica es necesaria pues el conocimiento de su biología es fundamental tanto para la ciencia como la ecología y crucial para desarrollar su plan de manejo y explotación. Las conclusiones que se derivan de este proyecto de investigación son las siguientes: Se encontraron 5 especies de macroflora marina de interés económico, pertenece a los géneros Gracilaria, con tres especies *G. cornea*, *G. blodgetti* y *G. ferox*; *Eucheuma*, con la especie *E. isiforme*, además de *Hypnea*, con la especie *H. cervicornis*. La presencia de estas especies no fue homogénea a lo largo de las zonas de muestreo estudiadas. En algunas poblaciones como Sisal, San Felipe y El Cuyo estuvieron prácticamente ausentes o inaccesibles para la metodología empleada, mientras que las zonas de Telchac y Dzilám fueron las que presentaron poblaciones fijas bien establecidas, principalmente de *Gracilaria cornea*. El parámetro que condiciona la presencia de estas especies de interés es el tipo de sustrato disponible para su fijación. La disponibilidad de sustrato duro calcáreo, en forma de rocas, conchas o pedacera de coral favorece el crecimiento de estas especies lo que está relacionado con su forma de adhesión (botón de fijación), mientras que en las zonas con sustrato arenoso-limoso, predominan las especies estoloníferas, pertenecientes a la división Clorofita. Se presentó una marcada estacionalidad para las especies de *Gracilaria*, ya que durante la época de secas no se encontraron ejemplares de *G. ferox* ni de *G. blodgetti*, reaparecieron en la época de lluvias. La presencia del género *Hypnea* fue escasa a lo largo de la costa, mientras que para *E. isiforme* se presentaron plantas a lo largo del año con una gran dispersión en sus poblaciones, formadas por individuos aislados distribuidos en parches. La especie de *Gracilaria cornea* se presentó formando poblaciones fijas bien establecidas en las zonas de Telchac y Dzilám. En este último lugar la biomasa cosechable de la especie varió desde los 983 hasta los 3200 g,m² durante un ciclo anual, con valores mínimos para la época de secas y máximos para la de lluvias. Por los valores de densidad encontrados esta especie se considera con potencia para su aprovechamiento, aunque las densidades máximas obtenidas excedan los 2 kg.m² para una de las épocas, su posible utilización debe ser contemplada con cautela ya que esta densidad sólo fue alcanzada para una época el año. Se encontró que durante todo el año existen plantas de *Gracilaria cornea* en fase reproductiva, tanto diploide como aploide. El mayor porcentaje de carposporofitos se obtuvo en la época de lluvias. El crecimiento en longitud y reclutamiento de juveniles de la especie se da durante la primavera-verano, coincidiendo con el

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Conocimiento de la macroflora marina de interés
económico de las costas de Yucatán

Proyecto CONABIO FB 118/B 077/ 94

Informe final

Laboratorio de Ficología
Departamento Recursos del Mar

Febrero 1996

Índice

Introducción	
Introducción general	1
Antecedentes	4
Descripción del área de estudio	6
Metodología de trabajo	
Prospección	10
Zonación	11
Muestreo para la determinación de biomasa	12
Procedimientos de laboratorio	13
Resultados y Discusiones	
Caracterización de las zonas	15
Composición específica y zonación	16
Datos de biomasa	24
Comentarios finales	30
Aclaraciones a la evaluación final	31
Conclusiones	35
Referencias bibliográficas	37

Introducción

En el pasado decenio se han producido algunos acontecimientos importantes en el mercado mundial de los productos de la industria química. Entre los factores coadyuvantes figura el repentino aumento de los costos de las materias primas y de la energía, ésto ha inducido a muchos países a dedicar mayor atención a la explotación de fuentes de materias primas distintas y renovables. La búsqueda mundial de recursos nuevos y renovables ha ofrecido a estos países algunas prometedoras posibilidades de desarrollo, en consecuencia, en los últimos tiempos, se han incrementado los esfuerzos para aumentar la oferta de materias primas de origen agrario destinadas a la industria química con el objetivo de crear nuevas industrias de elaboración y transformación. En este sentido, también se está prestando mucha atención al aprovechamiento eficiente de productos no tradicionales en el sector pesquero como es el caso de las algas marinas.

Las algas son uno de los recursos naturales de creciente importancia para gran número de países en desarrollo, que en definitiva son los poseedores de la gran mayoría de las algas del mundo. La demanda de algas, especialmente para la elaboración de algunos carbohidratos viscosizantes importantes en la industria química (alginatos, agar y carragenatos) ha crecido con rapidez en los últimos 10 años. En 1970 el comercio mundial de algas y sus derivados ascendía tan sólo a 50 millones de dólares, mientras que en 1980 superó los 350 millones de dólares, para situarse en 1990 en más de 2 mil millones de dólares (tensen, 1991). El aprovechamiento industrial de las algas a escala comercial es un fenómeno reciente, especialmente en los países en desarrollo, de los cuales son muy pocos los que han logrado crear hasta ahora industrias de transformación de ciertas especies.

Las algas se han utilizado durante siglos como alimento humano, éste uso persiste aun y parece que la demanda, estimada actualmente en 200,000 toneladas anuales, aumenta de manera constante. Además, en los países orientales como China (Taiwan) se utilizan unas 12,000 toneladas anuales en la acuicultura como alimento para hervíboros marinos. En este

sentido, hay que resaltar que el desarrollo de la oferta de algas y su utilización como materia prima industrial no incide desfavorablemente en la situación de los productos alimenticios de primera necesidad de ningún país, como sucede en el caso de los productos agrícolas (CCI, 1981).

La importancia de las plantas marinas en el medio ambiente oceánico se manifiesta no sólo en su productividad, sino también en diversas formas tales como la prevención de remoción del sustrato (al actuar como trampas de sedimentos), la filtración de agua marina (al utilizar para su crecimiento grandes cantidades de N y P), y el hecho de que proveen de un hábitat insustituible para la fauna marina (al servir de sustrato, alimento y refugio para peces e invertebrados marinos. Además, la biomasa de algunas especies encuentra infinidad de aplicaciones en beneficio del ser humano, lo que les confiere su interés económico. Algunos de los usos más comunes de la biomasa de algas marinas son:

- a). **alimento humano directo** (Arasaki & Arasaki, 1985);
- b). materia prima para la extracción de i) coloides empleados principalmente en la industria alimenticia, textil, farmacéutica, cosmética y biotecnológica (Armisen & Galatas, 1987), ii) **pigmentos** empleados en la industria alimentaria y química (tensen, 1991);
- c). **forrajes** o aditivos en la producción de alimentos animales (Indergaard & Minsaas, 1991);
- d). **fertilizantes** como correctores y abonos orgánicos de suelos (Crouch & Van Staden, 1993).

No obstante, de estos usos el de mayor importancia estratégica es la obtención de coloides (agar, carragenato, y alginato) ya que son biopolímeros cuyas características fisicoquímicas son únicas, difícilmente pueden ser obtenidos por síntesis artificial, y al ser productos naturales les da preferencia sobre productos sintéticos en las aplicaciones relacionadas con la alimentación humana.

Actualmente, para la producción de alginatos a nivel mundial, que son obtenidos de algas pardas (pertenecientes a la división Feofita), no se requiere de mayor biomasa natural ya que el cultivo de especies productoras en países orientales (Tseng, 1981) y la explotación de los grandes mantos de kelp en el Pacífico, satisfacen ampliamente la demanda. Mientras que para los coloides carragenato y agar obtenidos a partir de algas rojas (pertenecientes a la división Rodofita), existe una mayor demanda, en parte por las nuevas aplicaciones alimenticias del primero y biotecnológicas del agar (Armisen, 1991). Por otro lado, las necesidades de biomasa de estas algas rojas son mayores de lo que existe en las poblaciones naturales conocidas hasta el momento, lo que ha propiciado un mayor esfuerzo sobre su investigación básica, biológica y ecológica.

En los países en desarrollo la demanda de productos derivados de las algas va en aumento en cada una de sus distintas aplicaciones. Además, en muchos de ellos hay ya una base industrial suficientemente desarrollada y con la infraestructura necesaria para establecer y mantener con éxito una industria de aprovechamiento de algas. En el caso específico de México, la industria de aprovechamiento de algas está situada en el estado de Baja California. Las poblaciones naturales de algas que ahí crecen han sido explotadas comercialmente en el norte del país desde la década de los cincuenta (Guzmán del Proo et al., 1986).

En particular en el puerto de Ensenada se producen unas 200 toneladas anuales de agar, a partir de la especie *Gelidium robustum*, las autoridades pesqueras estiman que la recolección de algas de poblaciones naturales ha alcanzado ya su nivel óptimo. Las posibilidades más inmediatas del país al respecto residen en la mejora de la calidad y el aumento del volumen de agar que se produce y en la exploración de poblaciones naturales en otras partes del país. Para las otras especies que también son extraídas a nivel comercial en la península de Baja California el mercado a nivel nacional está restringido por la falta de infraestructura para su procesamiento, y sólo se exportan como materia prima para el mercado de alginatos y carragenatos en industrias de los E.U.

Se ha recomendado que para afrontar el constante aumento de biomasa algal como materia prima resulta necesario buscar nuevas fuentes naturales en otros lugares y en otras especies (Cosson et al., 1990), así como a partir de la investigación básica de estas nuevas fuentes organizar racionalmente su manejo y explotación (Shrap & Pringle, 1990), pues es un hecho que la sobreexplotación de poblaciones naturales existentes y la falta de un manejo adecuado han provocado graves fluctuaciones en el suministro de biomasa y en ocasiones la pérdida total del recursos (FAO, 1987).

Antecedentes

Los reportes sobre la flora marina en la costa sureste de México son escasos, y únicamente entre los años de 1957 y 1965 existió interés por la zona. Esto en contraste con las actividades que se han llevado a cabo en la costa noroeste del país, principalmente Baja California (Dawson 1944-1963; Guzmán del Proo, 1969; Abbott & Hollenberg, 1976; Aguilar Rosas, 1981; Pacheco Ruíz, 1982; Pacheco Ruíz *et al.*, 1993). Sólo algunas especies del Golfo de México han sido reportadas en trabajos bastante antiguos. El primer manuscrito sustancial sobre el terna, específicamente para México, fue el de J.G. Agardh (1847) sobre especímenes colectados por Liebmann. Por otra parte, Arthur C.W. Schott realizó colectas en la costa de Yucatán entre 1864-1865, quedando los especímenes depositados en el Museo Británico de Historia Natural sin que haya aparecido un manuscrito sobre el terna, aunque algunos trabajos sobre este material fueron realizados por R. Taylor (1941). En 1960 este mismo autor, bajo los auspicios de la Smithsonian Institution, realizó una expedición a las costas de Yucatán, el territorio de Quintana Roo y a las islas más importantes de la zona, donde se reportaron más de 80 especies de algas marinas.

El interés dentro de México por conocer la flora marina de las costas del Golfo de México fue retornado por L. Huerta Musquiz (de 1958 a 1966), apareciendo algunos trabajos escritos de los cuales el más notable es el referente a Arrecife Alacranes. En general para esta zona, la mayor parte de los estudios florísticos se han concentrado para la flora marina

de Veracruz y Campeche (Sánchez Rodríguez, 1963 & 1967; De la Campa Guzmán, 1965), y con respecto a la Península de Yucatán, el noreste y sureste han sido estudiados por Huerta Musquiz (1987) y Taylor (1972) respectivamente.

Resulta evidente que los recursos algales del país son de gran importancia, no sólo por la gran diversidad de especies y su amplia distribución geográfica (Huerta et al, 1987), sino también por su importancia comercial (SEPESCA, 1988). Hasta el momento la mayor parte de la actividad ficológica se ha concentrado únicamente en la realización de simples listas florísticas con la idea de que cuantas más se elaboren mayor será el conocimiento acerca de nuestra flora marina. Sin embargo, de esta manera el conocimiento que se tiene de la flora marina es limitado, pues no se conocen indicadores tan relevantes como su abundancia y estacionalidad, además de carecer de una plena identificación de las especies potencialmente utilizables o con importancia industrial a lo largo del litoral mexicano.

La información biológica existente hasta la fecha sobre macroflora marina incluye cuatro divisiones de vegetación acuática. En términos generales para las macroalgas (Clorofita, Feofita y Rodofita) se registra mayor riqueza específica en el Océano Pacífico y para las fanerógamas (Espermatofita) en el Golfo de México y Mar Caribe.

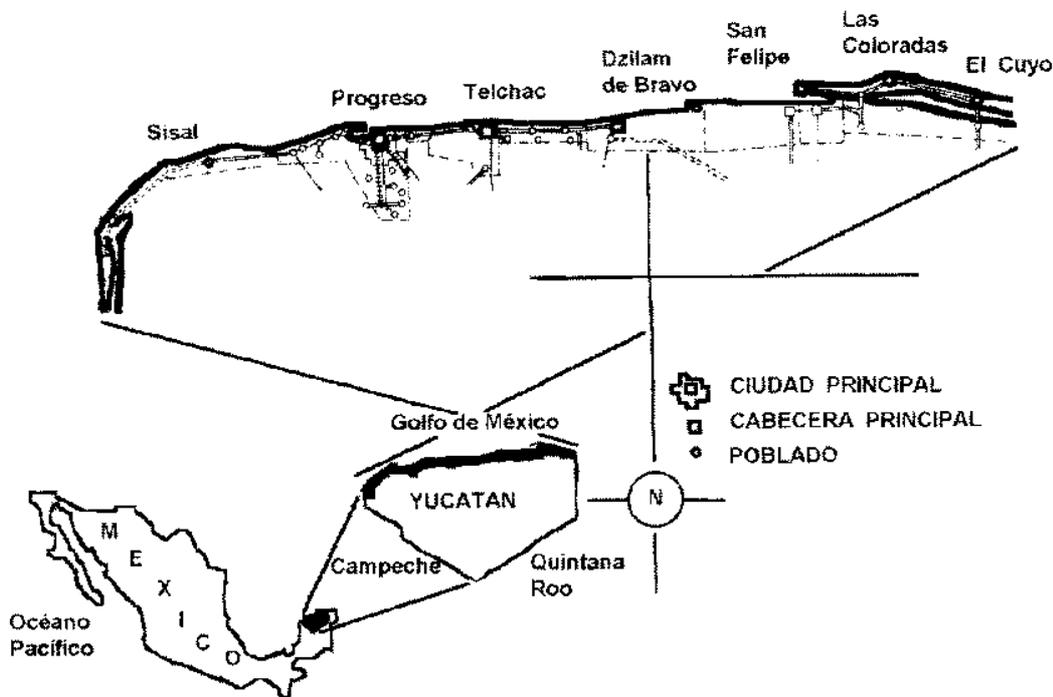
Las macroalgas tienen una excelente cobertura en cuanto al registro de sus especies. El grupo de las algas rodofitas presenta el mayor número de especies, seguido por las clorofitas, feofitas y pastos marinos, mientras que en términos de importancia económica el primer lugar lo ocupan las grandes feofitas del noroeste del país. La elevada abundancia de macroalgas en las costas del Pacífico se relaciona, además de las características oceanográficas de la zona, con un mayor esfuerzo de investigación a nivel regional, mientras que la carencia de investigaciones en la plataforma interna del sureste del Golfo de México han subestimado la abundancia de macroalgas que se establecen densa y extensamente en las costas de la Península de Yucatán.

En el Pacífico mexicano frente a las costas de Baja California, se distribuyen 22 especies de macroalgas de valor comercial, aunque sólo tres de éstas se comercializan con regularidad en México (*Macrocystis pyrifera*, *Gelidium robustum*, y *Gigartina canaliculata*). En el Golfo de México, frente a las costas de Yucatán, se encuentran una gran variedad de especies de algas rodofitas entre las que se encuentran los géneros *Gracilaria*, *Hypnea* y *Euclima*. Aunque ninguna de ellas ha sido explotada en México, poseen un gran potencial económico al contener los ficocoloides agar y carragenato, con amplio uso en la industria química, alimenticia y farmacéutica que las hace un recurso de importancia pesquera.

El estudio de los recursos algales marinos a diferentes niveles de complejidad, desde los listados florísticos hasta los modelos que explican su abundancia y distribución, son muy escasos, por ende necesarios, y han de ser considerados como información estratégica para cualquier país que los posea. La catalogación de las especies de algas marinas de importancia económica es necesaria pues el conocimiento de su biología es fundamental tanto para la ciencia como la ecología y crucial para desarrollar su plan de manejo y explotación.

Descripción del área de estudio

Los 355 km. del litoral del estado de Yucatán constituyen la parte intermedia del litoral del sureste, con una extensión de 1,670 km., que se extiende desde la Barra de San Pedro y San Pablo en Tabasco (en los límites con Campeche) hasta Belice (Carranza, 1959). En cuanto a la topografía submarina, el talud se localiza a 250 km. del litoral. La pendiente es de 1 por cada 1,000 con un ángulo de 0°2', en otras palabras, el fondo marino de las costas de Yucatán tiene una profundidad mínima. No es sino hasta una distancia de 8 km. de la playa que se alcanzan apenas 5 brazas (brazas = 1.829 in.) y luego la profundidad aumenta en una braza por cada 4 km., la plataforma continental se extiende hasta los 160 km. de la costa, estas características tienen particular importancia para el desarrollo de la actividad pesquera en la región.



Fiar. 1. Área de estudio a lo largo de la costa yucateca.

Un rasgo muy importante de este litoral, tanto desde el punto de vista ecológico como económico, es la presencia de un sistema de ciénegas a la largo de toda la costa (en total 13,600 hectáreas). Las lagunas costeras revisten una importancia muy grande en el entorno natural de la costa yucateca, ya que, como zonas de transición entre el ambiente acuático y terrestre, estos cuerpos de agua, paralelos a la costa y comunicados con el mar de manera efímera, son de gran productividad gracias a los aportes de nutrientes y materia orgánica que se generan en ellos. Las comunidades vegetales que *en ella viven* proveen una fuente importante de nutrientes para las especies marinas que ahí se crían. La presencia de agua salada y agua dulce, la influencia de las mareas y de los vientos, la escasa profundidad, la penetración de energía solar y la elevada tasa de renovación *de* materia orgánica originan altos valores de fotosíntesis y de producción primaria. Además, en estos ecosistemas altamente productivos favorecen la proliferación de otras especies en la zona costera adyacente gracias al aporte de nutrientes que en ella se generan.

El clima en la región no es homogéneo en todo el litoral. La temperatura media varía de 17.7 a 24.6°C en el litoral norte y de 23 a 27°C en el litoral oeste. El clima del litoral norte es de tipo AW, caliente, subhúmedo, con lluvias en verano. El clima del litoral oeste es propio de estepa caliente y régimen climático de tipo marino AWG. En el área de Progreso, el clima es más seco, transicional entre los muy secos y desérticos BW. La precipitación anual varía entre los 415 y 1,290 mmn en el litoral norte y 600 y 1,000 en el litoral oeste (Zizumbo, 1985).

En la zona costera predominan los suelos delgados (litosoles y cambiosoles), aunque se presentan áreas arenosas y de ciénega. En la placa caliza que conforma la península yucateca se desarrolla una vegetación típica de duna costera (mangle negro, mangle blanco, zacate salado, uvero, riñoninia). La vegetación marina característica del litoral se compone principalmente de pastos marinos en donde se desarrollan otras especies de algas marinas características de zonas tropicales, predominando las especies de algas rojas. La plataforma frente a las costas yucatecas tiene unas características muy particulares que la hacen propicia para el crecimiento de la macroflora marina ya que la profundidad es escasa y se mantiene dentro de la zona fótica con niveles de irradiación solar óptimos para el desarrollo de la vegetación sumergida; el tipo de sustrato, calcáreo, favorece la fijación y colonización de macrófitas. De acuerdo a la caracterización biogeográfica para la inacroflora marina hecha por Klaus Lüning (1990), la zona de la península de Yucatán se encuentra dentro de la región tropical del Atlántico Occidental con temperaturas entre los 25-28°C, y que se caracteriza por la dominancia de una gran variedad de algas rojas, entre las que se encuentran aquellas que producen coloides de utilidad industrial.

El área de estudio de este trabajo se circunscribe a la zona norte del estado de Yucatán, desde Celestún hasta El Cuyo; sin embargo, las zonas de muestreo seleccionadas no incluyen la reserva ecológica de Celeshín, ya que se considera que existen trabajos que recogen suficiente información de la zona con respecto a la vegetación sumergida (Selem Salas, 1992; Ortegón Aznar, 1993). Las zonas de prospección fueron: Sisal, Progreso,

Telchac, Dzilam de Bravo, San Felipe, Las Coloradas (dentro de la reserva ecológica de Río Lagartos) y El Cuyo. Es de resaltar que las zonas desde Progreso hasta el Cuyo están bajo la influencia de las aguas enriquecidas por el afloramiento de la corriente de Yucatán (MerinoIbarra, 1992), que mantiene niveles de nutrientes entre los 8-11 $\mu\text{mol l}^{-1}$ de NO₃⁻, y 1.1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ de PO₄³⁻. Las subregiones que fueron muestreadas en este estudio se pueden observar en los mapas anexos:

Mapa 1. Zona de Sisal (clave geográfica 1), subregión localizada al poniente del estado de Yucatán. Acceso al puerto de Sisal a través de la carretera N° 24 Mérida-Hunucmá-Sisal. Las zonas de muestreo en esta localidad se establecieron, una al oeste del muelle del puerto frente al cementerio, y otra al este del muelle donde termina el pueblo.

Mapa 2. Zona de Progreso (clave geográfica 2), subregión localizada al poniente de la región. Esta área comprende una amplia zona al este del muelle fiscal del puerto, hasta mitad de camino a Chicxulub puerto.

Mapa 3. Zona de Telchac (clave geográfica 3), subregión al centro del estado. Las zonas de muestreo se localizaron en el área de Playa Bonita, aproximadamente 2.5 km después del puerto de abrigo sobre la carretera que corre paralela a la costa hacia San Crisanto.

Mapa 4. Zona de Dzilám de Bravo (clave geográfica 4), subregión localizada al centro del estado de Yucatán. El área de muestreo se localizó 2 km. antes del puerto de Dzilám de Bravo hacia el este y a la altura de Mina de Oro hacia el oeste.

Mapa 5. Subregión Oriente, donde se incluyen las zonas de San Felipe (clave geográfica 5), Las Coloradas (clave geográfica 6) y El Cuyo (clave geográfica 7). Área más alejada de la ciudad de Mérida con acceso terrestre por distintas rutas. Las dos primeras zonas dentro de la reserva de Río Lagartos.

Metodología de trabajo

Prospección

Esta técnica basada en las técnicas de Braun-Blanquet modificadas para el estudio de algas marinas por den Hartog (1959), citado por Dawes 1986. Con el objeto de hacer un reconocimiento preliminar de las comunidades algales en cada una de las zonas elegidas de estudio, durante el mes de Septiembre se realizaron recorridos prospectivos abordo de embarcaciones pesqueras y mediante buceo libre. Los recorridos se efectuaron en sentido paralelo y perpendicular a la línea de costa. Durante los recorridos se colectaron ejemplares de las especies más conspicuas en diferentes puntos de la costa. Se anotaron los datos generales de la colecta y las características más relevantes de cada zona y/o subzona: fecha, sustrato, profundidad, comunidad dominante en el punto de colecta, etc. Los ejemplares recogidos pasaron a formar parte del herbario del Laboratorio de Fitología Aplicada de este Centro. Durante los recorridos también se realizaron observaciones y anotaciones sobre diferencias en la composición específica con especial atención en las especies vegetales de nuestro interés (géneros *Gracilaria*, *Eucheunia*, *Hypnea*), así como la profundidad y tipo de sustrato donde se encontraron.

Como resultado de estos recorridos prospectivos fue posible determinar las estaciones de muestreo, en cada estación de muestreo, se seleccionaron tres subzonas de muestreo a lo largo de aproximadamente 3 kms de costa en cada zona, bajo los siguientes criterios:

- * Accesibilidad: distancia de la costa, profundidad, medio de acceso terrestre y/o marítimo disponibles al punto elegido.
Presencia de puntos de orientación en tierra: marcajes de referencia para posterior identificación de zonas.
- * Vegetación representativa: presencia de las especies de interés económico y asociaciones de las mismas.

Abundancia de las especies de interés: de acuerdo a los supuestos de Hay & Norris (1987) en cuanto a que las poblaciones con densidades $> 2 \text{ kg/m}^2$ son susceptibles de aprovechamiento.

Bajo los criterios anteriores, la costa se dividió en las siguientes zonas:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1. Sisal | <u>Subregión Poniente</u> |
| 2. Progreso | |
| 3. Telchac | <u>Subregión Centro</u> |
| 4. Dzilam de Bravo | |
| 5. San Felipe | |
| 6. Las Coloradas (Río Lagartos) | <u>Subregión Oriente</u> |
| 7. El Cuyo | |

Zonación

Como resultado de las prospecciones se procedió a caracterizar la macroflora de cada una de las zonas de muestreo. Estas observaciones fueron realizadas en subzonas situadas mediante un posicionador GPS (Magellan-grado de precisión $\pm 15\text{m}$) o mediante localización cartográfica con ayuda de puntos de referencia en tierra firme (mapas a escala 1:50,000). Para determinar el perfil de zonación vegetal, se utilizaron transectos hechos de cuerda de nylon de 250 mts de largo, marcada con cordeles de colores cada metro, y cintas plásticas con las distancias cada 10 mts. En términos generales se abarcó una distancia de 250 mt perpendicular a la línea de costa, salvo en la zona de Sisal, Progreso y Las Coloradas, donde se extendieron hasta más allá de los 500 mt, dadas las características de la costa. En algunos casos, Dzilám-El Cuyo el tendido de transectos no se realizó desde la costa, sino que fue realizado desde embarcaciones. Los transectos en cada zona unidos mediante líneas imaginarias paralelas a la costa, abarcaron una superficie de aproximadamente $750,000 \text{ m}^2$.

Muestreo para la determinación de biomasa

La toma de datos de biomasa en las poblaciones identificadas con potencial se realizó durante las tres épocas del año que se definen en la península de Yucatán. Las áreas identificadas para este propósito fueron las marcadas para Dzilám de Bravo. La primera toma de estos datos se realizó durante el mes de Noviembre, que representó la época de nortes; la segunda se realizó durante el mes de Febrero, representando la época de secas; y la tercera y última se realizó en el mes de Julio, representando la época de lluvias.

Dado que las poblaciones no se encontraron formando una franja continua a lo largo de la costa, se realizó un primer muestreo en la zona de Dzilam para definir la metodología a emplear, por ser ésta población la que presentó una distribución más homogénea.

Para la estimación de la abundancia, frecuencia y densidad se empleó la metodología descrita por Dawes (1986). En cada una de las subzonas de muestreo se colocaron tres transectos de 100 mts localizados justo encima de las poblaciones de interés con ayuda de buceo autónomo y se procedió a realizar un muestreo destructivo de acuerdo a la metodología propuesta por De Wreede (1987).

En cada transecto se lanzaron aleatoriamente 10 cuadrantes de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada, de 0.25 m² de área tomando en cuenta las dimensiones de las especies algales a estudiar. Los cuadrantes se lanzaron cada 10 mts, distancia que resultó ser la necesaria para encontrar el mayor número de ejemplares.

La biomasa fue recolectada de cada uno de los cuadrantes mediante corte, para posteriormente separar cada una de las especies encontradas en el cuadrante y determinar su peso en el laboratorio, después de eliminar arena, rocas y otros materiales adheridos.

Registro de datos

Los datos se analizaron de manera diferencial para las especies encontradas dentro del mismo cuadrante. Los datos registrados fueron: estación de muestreo, zona, número de cuadrantes, profundidad, temperatura, salinidad y tipo de sustrato. Los datos registrados en cada cuadrantes son: especie, biomasa encontrada por cuadrante.

La mayoría de las especies fueron identificadas in situ o mediante claves taxonómicas. Individuos del género *Gracilaria* spp. fueron secados en silica gel y etiquetados, estos ejemplares se enviaron a los grupos de asesores taxonómicos que son los que corroborarán nuestras determinaciones. Para el caso de las especies de *Gracilaria* spp. la Dra. Carolyn J. Bird del National Research Council de Canadá corroboró la identidad de las especies presentes en la costa de Yucatán. Para otros géneros, y en particular para las especies de *Eucheurna* spp., el Dr. Clinton J. Dawes de la Universidad del sur de Florida corroboró algunas identidades durante la visita que realizó a nuestro Centro.

Procedimientos de Laboratorio

Determinación de especies

Las claves y listas utilizadas en la determinación de las especies fueron las siguientes: Abbott & Norris (1985); Abbott (1988, 1992, 1994); Huerta *et al.* (1987); Littler *et al.* (1989); Taylor (1935, 1960, 1972); Wynne (1986).

La creación del herbario se realizó siguiendo en parte la metodología empleada por Dawes (com. pers.), apoyandonos en otras colecciones existentes en el país, como la del Herbario Ficológico de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. En nuestro caso la colección esta formada por ejemplares herborizados en papel y algunos registros fotográficos en transparencias.

Procesamiento y sistematización de datos

Los datos obtenidos en este trabajo fueron capturados en la base de datos adjunta a este informe, siguiendo el modelo de base de datos de CONABIO. La base de datos final cuenta con 3 entidades: CURATO, con 15 campos y 35 registros; TAXFEDA, con 10 campos y 35 registros; DESCRIP, con 21 campos y 7 registros.

Datos de biomasa

En cuanto a los análisis de los datos de biomasa, los siguientes valores fueron determinados sobre la biomasa húmeda:

$$\text{frecuencia} = \frac{\text{número de cuadrantes ocupados}}{\text{número de cuadrantes totales}}$$

$$\text{abundancia} = \frac{\text{peso de cada especie}}{\text{número de cuadrantes ocupados}}$$

$$\text{densidad} = \frac{\text{peso de cada especie}}{\text{número de cuadrantes totales}}$$

Una vez determinados estos parámetros, se tomaron submuestras (n=3) de aproximadamente 1 gr de peso fresco que se secaron en estufa de laboratorio durante 24 hrs a 60°C para determinar el porcentaje de humedad. De los datos de peso seco-peso fresco se obtuvo la tasa de conversión PS/PH, que representa las partes de materia sólida que forman el tejido de la planta.

El resto del material recogido durante el muestreo destructivo, fue secado en un desecador al aire libre para la realización de análisis químicos sobre la biomasa. Como parte de los análisis complementarios a las determinaciones de biomasa de *Gracilaria* spp., se realizó de manera cualitativa una estimación del estado reproductivo predominante en cada época de muestreo. Mediante microscopía óptica se revisó el tejido de las mismas para observar la presencia de las tetrasporas, en el caso de los esporofitos, y de los cistocarpos, en el caso de los gametofitos femeninos fecundados.

Resultados y Discusiones

Caracterización de las zonas

De los reconocimientos prospectivos y de la zonación se lograron caracterizar, en términos generales, tres zonas en base al tipo de vegetación, sustrato, profundidad y distancia de la costa:

Zona playa somera

Esta zona se considera desde la línea de costa (intermareal) hasta una distancia promedio de 50 a 100 mnts en relación a la playa. Durante los primeros 80 metros generalmente no se encuentra vegetación. En los siguientes metros es posible observar algunos parches aislados de pastos marinos del género *Syringodium* y *Thalassia*. De manera aislada o asociada a los parches de pastos se encuentran algunas algas, principalmente clorofitas, otras especies se encuentran a la deriva como *Hypnea* sp.. El tipo de sustrato es arena fina (en zonas como Sisal y Progreso con mezcla de limo), y la profundidad en la parte más baja es menor a 1 mt.

Zona media

Esta zona abarca desde los 100 hasta los 250 mts aproximadamente. Se observan marcados cambios en cuanto a la talla y densidad (observada, no medida) de los pastos

marinos y de otras especies de algas.

Además de encontrar pastizales del género *Thalassia*, en esta zona se encontraron parches abundantes del género *Caulerpa* sp. La profundidad va de 1 a 2 mts en su parte más profunda. A lo largo de esta zona la formación de parches de arena (blanquizales) son muy comunes. *El sustrato es arenoso* con gran cantidad de restos de conchas y con pedacería gruesa aislada, formada principalmente por restos (le corales sobre los cuales son abundantes los crecimientos de algas rojas de interés *Groclaria* sp., *Eucheuma* sp..

Los límites entre las dos zonas anteriores, somera y media, no son evidentes en todos los puntos de muestreo estudiados. En algunas ocasiones como el caso de San Felipe y Las Coloradas las características de la zona media se mantienen hasta distancias de la costa de 500 mts, como en el caso muy particular de isla Cerritos al oeste de San Felipe.

Zona profunda

En esta zona ya no es posible distinguir las especies de interés en agrupaciones masivas sino que se encuentran más dispersas o ausentes. Es la zona más alejada de la costa (hasta los 500 mts con profundidades mayores de 3-4 mts.). En Sisal, Progreso y San Felipe la pendiente es más suave y esta zona se define a distancias mayores de los 700 mts.

Composición específica y zonación

Subregión Poniente

Durante las prospecciones preliminares a las áreas de estudio localizadas al Poniente del estado, las poblaciones *de Sisal y Progreso* (Subregión Centro) fueron descartadas para los estudios subsecuentes de biomasa por no cumplir con los términos planteados en el proyecto de accesibilidad y disponibilidad de las especies motivo del estudio.

1. Sisal

En el caso de Sisal, el acceso a la zona de muestreo fué fácil, siguiendo por vía terrestre la carretera número 24 de Mérida-Hunucmá-Sisal. Los muestreos se realizaron hacia el este y oeste del muelle de Sisal sobre la línea de costa, tendiendo los transectos correspondientes de acuerdo a la metodología descrita anteriormente. La pendiente de la zona es muy suave con aguas de poca profundidad, desde la línea de costa hasta los 700 m de distancia apenas se alcanzan escasamente los dos metros. La cobertura de especies de macrofora marina fue escasa ya que los vianquiales predominaron preferentemente incluso sobre las praderas de pastos marinos.

No se encontraron ejemplares de las especies ha estudiar, ver tabla 1, únicamente *Gracilaria cornea* formando parte del material de arribazón. La división Clorofita estuvo ampliamente representada en esta localidad con ejemplares conspicuos creciendo en poblaciones fijas. Durante los transectos que se tendieron para analizar la zonación, la macroflora marina que se encontró predominantemente estuvo compuesta por especies de algas verdes del género *Caulerppa spp.*, *Halir eda spp.* y *Penicillus spp.*, además de pastos marinos del género *Thalassia spp.* y *Halophila spp.*.

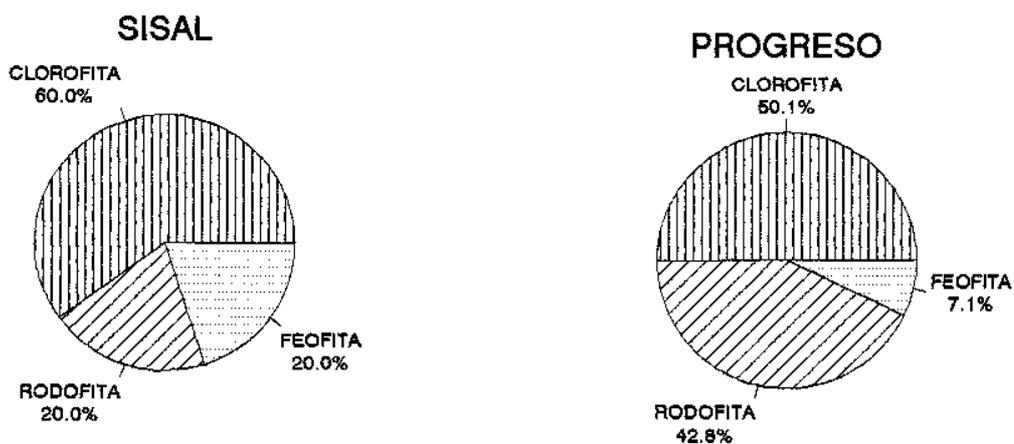
El sustrato en esta zona de la costa estuvo compuesto básicamente por arena y limo. La presencia de algas verdes estoloníferas o con órgano de fijación tipo rizoide está relacionada con la composición del sustrato, ya que para su crecimiento estas especies desarrollan estolones que penetran en sustratos blandos y quedan fijas al mismo por rizoides. De la misma forma, la ausencia de los géneros de algas rojas en la zona se debe principalmente al tipo de fijación que éstas presentan, preferentemente sobre sustratos duros, roca y/o coral.

Al analizar la figura 2, con la óptica del índice de Feldmann (Lüning 1990), como porcentajes de algas de cada división, se observa que existe un 60% de algas pertenecientes a

la división Clorofita, mientras que los representantes de las poblaciones de algas rojas y pardas mantienen un 20% cada una. La dominancia de las especies de algas verdes 3:1 deja de manifiesto lo expuesto anteriormente con referencia al sustrato disponible para la proliferación preferencial de ciertas especies de algas con tipos de fijación en sustratos blandos.

2. Progreso

En Progreso, el acceso a las zonas de muestreo fue por vía terrestre desde Mérida siguiendo la carretera número 261 hacia el puerto. Los transectos correspondientes se tendieron desde la línea de costa al este del Muelle fiscal. Al igual que en Sisal, la pendiente de la playa es suave y la localización de las primeras poblaciones de macroflora marina fijas se sitúa hasta después de los 500 m de la línea de costa.



Fi . 2. Porcentaje de especies de cada división en Sisal y Progreso.

Aunque se encontraron ejemplares del género *Gracilaria* (específicamente *G. cornea* como material de arribazón), la biomasa cosechable no alcanzó los niveles mínimos necesarios para considerarla económicamente explotable, de acuerdo con los supuestos de

Hay & Norris (1987) establecidos para la evaluación de biomasa en este proyecto, encontrándose individuos aislados de escaso tamaño o como material de arribazón. Aunque la división Rodofita estuvo mejor representada en esta localidad, se mantuvo una mayor afinidad de las algas verdes por los sustratos blandos de la zona.

Como se puede observar en la figura 2, la proporción entre los ejemplares de la división Clorofita (50.1 %) y Rodofita (42.8%) en Progreso fueron similares. De acuerdo al índice de Feldmann la relación que existe entre las divisiones de algas rojas y pardas en regiones tropicales es de 4: 1, mientras que para las rojas y pardas puede variar dependiendo de la disponibilidad de sustrato. En el caso de Progreso, la relación entre algas verdes y rojas estuvo cercano a 1: 1.

Subregión Centro

En esta región se encontró la mayor diversidad *de algas rojas objeto de* este estudio y se caracterizó por poseer las poblaciones naturales de las especies de interés con mayor densidad. Es notoria la presencia de un cambio en el sustrato que compone en fondo de esta zona, lo que favorece, en vista de los resultados obtenidos, el establecimiento de los géneros de *Gracilaria* y *Euclima*.

3. Telchac

El acceso a esta zona fue por vía terrestre utilizando la carretera que corre paralela a la costa desde el puerto de Progreso. La división Rodofita tuvo un mayor porcentaje de cobertura (Fig. 3), ya que hasta un 52.9% de la macroflora que se encontró en las prospecciones pertenecía a las algas rojas, mientras que la división Clorofita y Feofita mantuvieron porcentajes de 35.3% y 11.8% respectivamente.

Los géneros de interés económico estuvieron presentes en esta localidad a lo largo del estudio. La especie más conspicua en el área fue *Gracilaria cornea*, mientras que las otras

especies de este género tuvieron un comportamiento estacional en su abundancia. Con respecto al género *Eucheuma* también fue encontrado a lo largo del año, aunque su biomasa cosechable nunca alcanzó los niveles establecidos para el estudio. Sin embargo, resulta importante hacer notar que la dispersión de la especie es mayor que en el caso de *G. cornea*, ya que *Eucheura* no se encuentra formando mantos sino de forma individual, por lo que aunque no se existen poblaciones fijas con mucha biomasa si aparecen individuos aislados a lo largo de la costa de Telchac.

4. Dzilám

El acceso a las zonas de muestreo en esta área se hizo siguiendo la carretera costera desde el puerto de Progreso hasta el puerto de Dzilám de Bravo. Tanto el reconocimiento prospectivo como los muestreos que se realizaron en esta área durante la época de nortes se hicieron con embarcaciones de recreo turístico pertenecientes a la Reserva de las Bocas de Dzilám. El resto de los muestreos en época de secas y lluvias se realizaron desde la costa, atravesando sendas al lado de la carretera.

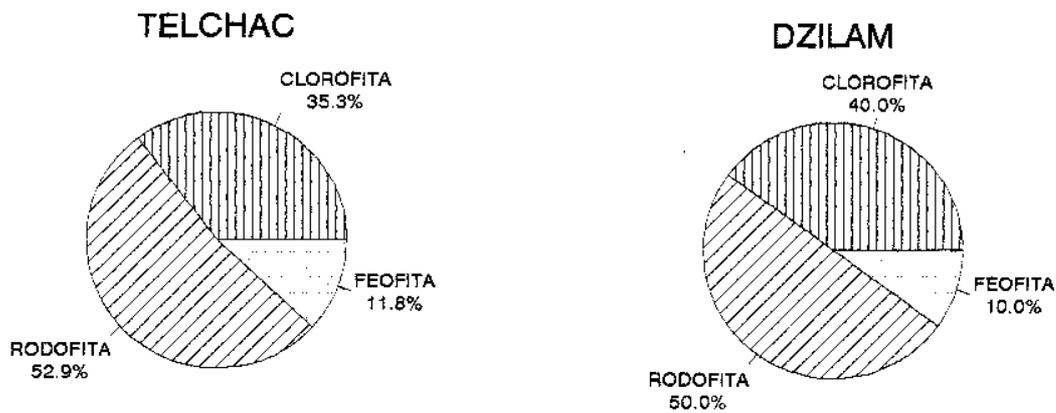


Fig. 3. Porcentaje de especies de cada división en Telchac y Dzilám.

Esta zona presentó una gran diversidad de algas de la división Rodofita, al igual que en Telchac, las mismas diferencias en el tipo de sustrato del fondo marino fueron observadas. La presencia de especies que no se habían observado anteriormente como el caso de *Hypnea* spp. fue registrado. Aunque el porcentaje de especies de algas rojas (50%) fue ligeramente inferior al registrado para Telchac (52.9%), la biomasa de las especies de *Gracilaria* spp. fue mayor, encontrándose los mantos más próximos a la costa y de mayor extensión. En cuanto al resto de la macrofóra, el porcentaje de algas verdes fue superior que en Telchac (40% vs 35.3 %), mientras que el porcentaje de algas pardas fue inferior a la misma localidad.

La mayor densidad de las especies de interés, en particular de *Gracilaria cornea*, estuvo claramente relacionada con la disponibilidad de sustrato duro calcáreo-coralino para la fijación de estas especies. La delimitación de estas poblaciones tanto en Telchac como en Dziláni está marcada por zonas de blanquiazal, praderas de pastos marinos. La asociación entre pastos del género *Thalassia* spp. y el género *Eucheuma isiforme* se observa únicamente donde existe sustrato rocoso que ofrezca espacio para la fijación de este último.

Subregión Oriente

Con excepción de San Felipe, estas zonas se caracterizaron por presentar mayores profundidades y la localización de algunas poblaciones no muy abundantes de *Gracilaria* en áreas muy alejadas de la costa en Las Coloradas. Las dificultades metodológicas y de acceso a estas zonas restringieron el trabajo en estas localidades. Los resultados en esta zona se limitan a un balance de las especies encontradas como material de arribazón como un índice de presencia-ausencia. Es de resaltar el hecho que toda la franja costera de la barra exterior de Río Lagartos presenta características costeras más similares a la zona del Caribe, pues la plataforma gana pendiente y se alcanzan mayores profundidades rápidamente a menor distancia de la costa.

5. San Felipe

La localidad que fue estudiada se situó al poniente del Puerto de San Felipe en la zona conocida como Isla Cerritos, el acceso a la zona de muestreo fue por medio de embarcaciones de recreo turístico ya que esta área se encuentra dentro de la reserva de Rio Lagartos. Esta zona se caracteriza por presentar baja profundidad (menor a 1 m) cuyo fondo esta compuesto por arena fina y limo proveniente de los aportes de la Ría.

Esta zona presentó un mayor porcentaje de especies de algas verdes, un 64.3 (Figura 4), de las cuales predominaron especies del género *Güulerpa* spp.. De manera similar a lo que ocurre en Sisal, las características del fondo definieron notablemente la predominancia de ciertas especies. Las especies que predominaron en esa zona son del tipo de las algas verdes estoloníferas asociadas a praderas de pastos marinos. En esa área no se encontraron ejemplares de *Grcacilarira*, de ninguna de las especies descritas, únicamente el género *Eucheuma* formando poblaciones dispersas. El porcentaje de especies de la división Rodofita fue ligeramente superior al encontrado para Sisal, 21.4%.

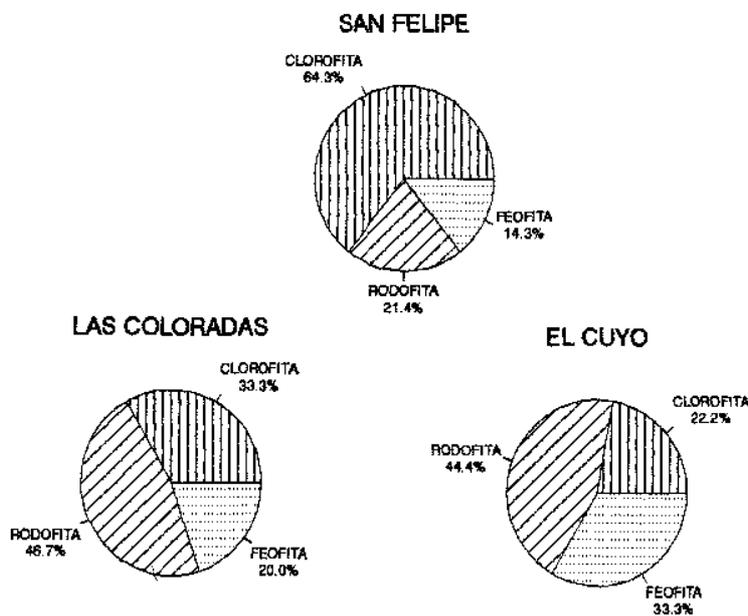


Fig. 3. Porcentaje de especies de cada división en San Felipe, Las Coloradas y El Cuyo.

6. Las Coloradas

El acceso a esta localidad se hizo con embarcaciones pesqueras de la zona de Río Lagartos, ya que el acceso por vía terrestre resulta complicado. En esta zona el tendido de transectos fue inútil ya que no se localiza vegetación acuática sino *hasta el* primer kilómetro de la costa, por lo que la prospección y reconocimiento del área se hizo todo el tiempo abordo de la embarcación.

En esta zona se observó un porcentaje de algas verdes inferior al de algas *rojas*, con una tendencia muy similar a la encontrada para Progreso, mientras que la división Feofita alcanzó porcentajes similares a los encontrados en Sisal (Fig. 4). Durante los muestreos se encontraron especies de *Gracilaria* en profundidades mayores a 5 m, lo que representaba un esfuerzo de muestreo superior al que se había considerado ya que para esa profundidad se requiere equipo de buceo autónomo para llevar a cabo la cuantificación de biomasa. Conforme se avanzó al Oriente, la presencia del género *Gracilaria* disminuyó, llegando a tener una presencia casi nula en la población de El Cuyo.

7. El Cuyo

En esta región el acceso terrestre fue fácil, sin embargo y al igual que en la zona de muestreo anterior la vegetación acuática se encontró alejada de la costa, lo que dificultó la práctica metodológica. En El Cuyo, únicamente se encontraron dos de los géneros de interés formando parte *del material* de arribazón. En cuanto a los porcentajes de algas de las distintas divisiones, esta localidad presentó los porcentajes de algas pardas más altos de las zonas estudiadas, hasta de un 33%, mientras que las proporciones de verdes y rojas se mantuvieron entre los valores registrados para Las Coloradas. Estas dos últimas zonas se caracterizaron por presentar ejemplares representativos de la zona del Caribe, como son los géneros *Turbinaria* spp. y *Sargassum* spp., aunque todo el material que ahí se pudo colectar fue de arribazón.

Datos de Biomasa

Los resultados del muestreo realizado en la zona de Dzilám durante el mes de Noviembre se resumen en las siguientes tablas:

T	ESPECIE	No DE CUADRANTES OCUPADOS	PESÓ A LÓ LARGÓ DEL TRANSECTO	FRECUENCIA	ABUNDANCIA	DENSIDAD
Ti	<i>G. cornea</i>	7	9217.16	0.7	1316.7	921.7
Ti	<i>G. blodgetti</i>	5	1305.72	0.5	261.14	130.57
Ti	<i>G. ferox</i>	2	541.76	0.2	270.88	54.17
Ti	<i>G. verrucosa</i>	1	197	0.1	197	19.7
Ti	<i>G. t</i>	1	46.8	0.1	46.8	4.68
Ti	<i>Hypnea sp.</i>	1	14.88	0.1	14.88	1.48
T2	<i>G. cornea</i>	8	15597.48	0.8	1949.68	1559.74
T2	<i>G. ferox</i>	4	256.4	0.4	64.1	25.64
T2	<i>Hypnea sp,</i>	1	14.4	0,1	14.4	1.44
T2	<i>Eucheuma sp,</i>	3	1286.12	0.3	428.7	128.61

T = transecto; frecuencia x 100 = porcentaje
peso = gramos; abundancia y densidad = g . m'

Para este periodo de nortes, se encontraron 5 especies de *Gracilaria* en la población de Dzilám, una especie de *Hypnea sp.* y una de *Eucheuma sp.*. Una de las especies de *Gracilaria* fue denominada G.t debido a sus características morfológicas (ligera compresión lateral de sus talos "terete"), sin embargo fué identificada como un estadio juvenil de *G. cornea*, dato comprobado durante su desarrollo en cultivo. La especie que predomino sobre las demás, en cuanto a su cobertura y a su presencia a lo largo del año fue *Gracilaria cornea*.

La mayor abundancia fue para *G. cornea*, que ocupó más cuadrantes en cada transecto y una mayor abundancia y densidad en peso, alcanzando cerca de los 2 kg.m² en el transecto T2 (1,559.74 gr.m²), mientras que para otras especies y géneros estuvo por debajo de 150 gr.m². *Gracilaria cornea*, junto con *Gracilaria blodgetti* fueron las que tuvieron una frecuencia más alta, siendo las demás especies de *Gracilaria* sp., *Eucheuma* sp. e *Hypnea* sp. con una frecuencia de aparición muy baja.

ESPECIE	MUESTRA	PESO HUMEDO	PESÓ SECÓ (PS)	% PSIPH	TASA DE CONVERSIÓN
<i>G. cornea</i>	1	1.011	0.108	10.65	9:1
	2	1.06	0.118	11.14	9:1
	3	1.064	0.109	10.20	10:1
<i>G. blodgetti</i>	1	1.138	0.198	17.39	6:1
	2	1.057	0.182	17.26	6:1
	3	1.06	0.187	17.65	6:1
<i>G. ferox</i>	1	1.036	0.192	18.54	5:1
	2	1.006	0.166	16.45	6:1
	3	1.023	0.182	17.78	6:1
<i>G. t</i>	1	1.034	0.160	15.43	6:1
	2	1.017	0.131	12.83	8:1
	3	1.080	0.146	13.50	7:1
<i>Hypnea sp.</i>	1	1.055	0.156	14.78	7:1
	2	1.077	0.151	14.05	7:1
	3	1.040	0.156	15.03	7:1
<i>Eucheuma sp.</i>	1	1.02	0.131	12.80	8:1
	2	1.084	0.132	12.13	8:1
	3	1.014	0.111	10.91	9:1

peso = gramos

Por otro lado, del análisis de biomasa recogida en los cuadrantes, se obtuvo para 4 de las especies de *Gracilaria* encontradas, *Hypnea sp.* y *Eucheuma sp.*, los valores de peso seco (PS), peso húmedo (PH) y la tasa de conversión correspondiente. Estos valores permitieron

conocer las variaciones en el porcentaje de la relación PS/PH para cada especie con la idea de obtener evidencias sobre su crecimiento a lo largo del año. Las tasas de conversión de los pesos húmedo a pesos secos de las algas de la costa yucateca varían entre el 6% y el 10% y son similares a las obtenidas para otras algas tropicales (Chu Cheong, 1990).

Finalmente la proporción de material vegetal reproductivo para la especie de *Gracilaria* más abundante estuvo entre el 9.73% de carposporofitos y el 90.27% de tetrasporofitos, mientras que para *G. feroz* el 100 % de los individuos fueron carposporofitos. El resto de las especies no se encontraron en estado reproductivo evidente. Por este hecho tres de los campos pertenecientes a la tabla TAXFEDA (% gametofitos, % tetrasporofitos y % carposporofitos) fueron eliminados de la base de datos.

Corno se puede observar en la siguiente tabla, durante la época de secas, la biomasa de *Gracilaria cornea* en Dziláin disminuyó hasta menos de 1 kg.m² (983 g/m²). Esta disminución de biomasa en la población puede explicarse por la pérdida de biomasa durante la época de nortes, entre el período de Diciembre-Enero. Durante las observaciones de campo en esta época se encontró mucho material de arribazón a lo largo de la playa.

<i>Gracilaria cornea</i>	T1	T2	T3	T4	T5	Media
Peso a lo largo de(transecto (gr)	1142	3109	2545	5726	9156	4336
Densidad 1 _{9,M} -21	571	1036	636	1145	1526	983

En cuanto a la relación PS/PH, los valores en la época de secas fueron mayores lo que significa que el contenido en materia sólida, es decir tejido, fue mayor. Las tasas de conversión obtenidas para este período disminuyeron tres puntos en comparación con las obtenidas en la época de nortes. Durante las observaciones de campo en esta población fue evidente que los individuos que no fueron desprendidos durante la época de nortes fueron los más robustos, aunque no los de mayor tamaño,

También fue evidente la incidencia de algunos herbívoros sobre las plantas que se mantuvieron adheridas al sustrato.

<i>Gracilaria cornea</i>	Peso Húmedo (g) PH	Peso Seco (g) PS		Tasa de conversión
	184	29.6	161	6:1
2		22.7	15.9	6 1
		40.8		6:1
4		23.9	1 5	7 1
		40.3	14.1	7 1
			1 5	7:1

Durante la época de lluvias, la densidad como biomasa cosechable, aumentó hasta valores de 3.200 kg. m². Estos valores fueron los máximos alcanzados en el año, y se detallan en la tabla siguiente.

Especie	No cuadrantes totales	No cuadrantes ocupados	Peso a lo largo del transecto lg m-2	Frecuencia	Abundancia	Densidad
<i>Gracilaria carnea</i>	10	8	32001	0.8	4000.1	3200

<i>Gracilaria carnea</i>	Peso Húmedo (g) PH	Peso Seco (g) PS	% PSIPH	Tasa de conversión
1	0.95	0.1257	13.3	8:1
2	0.72	0.0968	13.5	7:1
3	0.86	0.0977	11,4	9:1

Como puede observarse en la figura 5, existe una relación inversa entre la densidad cosechable y el porcentaje de PS/PH. Esta relación inversa ha sido descrita para otras especies agarofitas y puede explicarse en parte con los datos de temperatura de la figura 6.

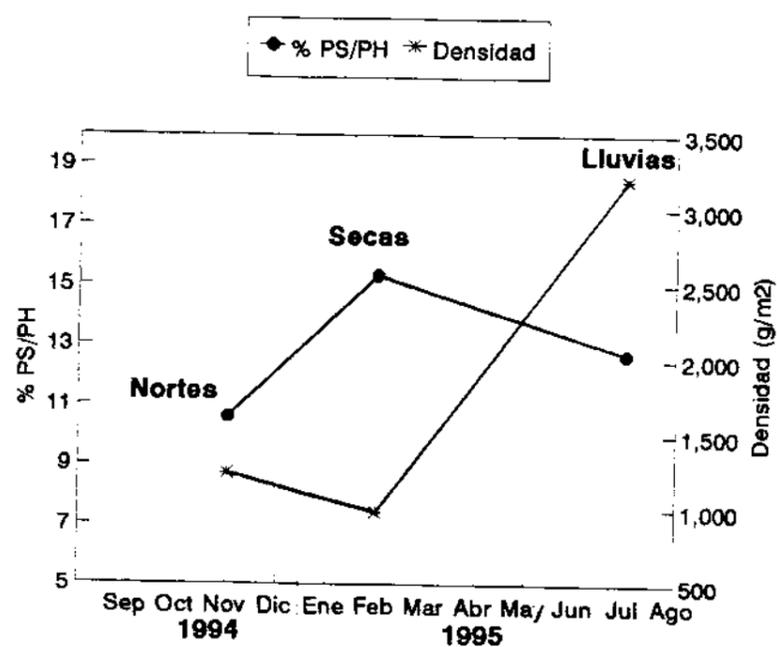


Fig. 5. Evolución del % PSIPH y de la biomasa cosechable de *Gracilaria carnea* a lo largo del periodo de muestreo.

Durante la época de secas se registran las menores temperaturas, por lo que el metabolismo de las plantas va dirigido a la producción de tejido, en grosor de las plantas, lo que se refleja en el aumento del % PS/PH. La disminución en el porcentaje de PSIPH en las demás épocas, nortes y lluvias, sugieren la síntesis de material estructural (altar) como ha sido descrito para otras agarofitas (Freile-Pelegrín et al., 1995).

Al acercarse la época de nortes comienzan a descender las temperaturas, y esto aunado con la incidencia de las marejadas características de la época provocan una disminución de la biomasa. Durante la época de lluvias, cuando se registran las mayores temperaturas, existe un mayor crecimiento y reclutamiento de individuos ya que se desencadenan los procesos de liberación y asentamiento de esporas. En este período esta descrita la aparición de aguas enriquecidas por el afloramiento de la corriente de Yucatán lo que favorece la disponibilidad de nutrientes y por ende el crecimiento en longitud.

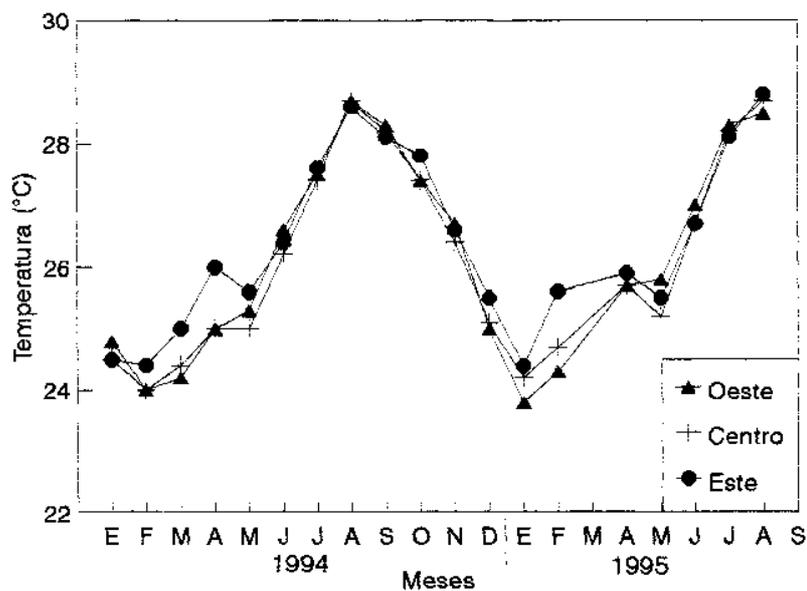


Fig. 6. Temperaturas registradas en el agua de mar en las distintas subregiones de muestreo

Los niveles de nutrientes reportados para la zona de Telchac y Dzilam se encuentran entre los 0.45 μM para el NO_3 y para el fosfato 0.82 μM (Aguilera y López 1987), mientras que los valores de salinidad no tuvieron variación en ninguna de las siete localidades, con valor de 33 ‰ a lo largo del año.

Comentarios finales

Uno de los patrones más interesantes que se puede encontrar en una comunidad natural es el reconocimiento en la distribución y la forma de crecimiento de los organismos que la componen. En el sistema algal estudiado los patrones que más afectan la distribución de las especies de interés son por un lado los factores físicos (como la profundidad, luz, movimiento de agua) que principalmente afectan a las zonas más someras, y las interacciones biológicas (predación y pastoreo). De estos resultados se desprende que los parámetros físicos que marcaron las zonas estudiadas fueron la profundidad y el tipo de sustrato.

En las regiones de profundidad media y sustrato de conchas, pedacera y arena gruesa se desarrollan preferentemente las especies objeto de estudio. Estas rodofitas se localizan después o entre la zona arenosa donde viven especies con crecimiento erecto y que desarrollan rizomas largos o estolones como *Caulerpa* sp., *Penicillum* sp., *Udotea* sp., mismas que junto con los pastos marinos *Thalassia*, *Halodule* y *Syringodium* forman una matriz estabilizadora de sedimento (arena). Hanisak *et al.* (1988) menciona que hay una estrecha relación entre las condiciones hidrodinámicas (a su vez relacionadas con profundidad y tipo de sustrato) y las formas de crecimiento de estos organismos. La única especie de interés que nos se encontró formando poblaciones establecidas fijas al sustrato fue *Hypnea* sp., la cual estuvo siempre asociada a crecimientos de especies rastreras como *Dicelyota* sp. donde creció entrelazada en esta especie. En la región donde predominaron rocas de origen coralino, se observó cierta abundancia de las especies de *Eucheuma* y *Gracilaria cornea* fijas al sustrato duro por un botón de fijación, lo que les permite cierto margen de flexibilidad y resistencia frente a los movimientos de agua.

Se observaron herbívoros como *Aplysia* sp. y erizos, los cuales estaban cerca o incluso dentro de las poblaciones de *Gracilaria*, con mayor abundancia hacia el Oriente de la costa de Yucatán. En este sentido, varios estudios han intentado explicar el pastoreo como causa importante en la determinación de la diversidad algal (Lubchenco & Gaines, 1981).

El sistema general de clasificación seguido para cada uno de los grupos taxonómicos involucrados en la base de datos fue el de:

Taylor W. R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas. Univ. Michigan Press, Ann Arbor. 870 pp.

Sin embargo para el caso del género *Gracilaria* y *Eucheuma* se utilizaron los trabajos más recientes de James N. Norris y Donald P. Cheney respectivamente, los cuales se citan a continuación:

Norris J.N. 1985. *Gracilaria and Polycavernosa from the Caribbean and Florida: Key and list of* the species of economic potential. En: Taxonomy of economic seaweeds. With reference to some Pacific and Caribbean species (I. A. Abbott & J. N. Norris, Eds.) California SeaGrant Report No. T-CSGCP-011: 101-113.*

Cheney D.P. 1988. *The genus Eucheuma J. Agardh in Florida and the Caribbean. En: Taxonomy^(?) of economic seaweeds. With reference to some Pacific and Caribbean species. Volume II (I.A. Abbott, Ed.) California SeaGrant Report No. T-CSGCP018: 209-219.*

Conclusiones

Las conclusiones que se derivan de este proyecto de investigación son las siguientes:

- 1.- Se encontraron 5 especies de macrofora marina de interés económico, pertenecientes a la División Rodofita en las costas del estado de Yucatán. Estas algas pertenecen a los géneros *Gracilaria*, con tres especies *G. cornea*, *G. blodgettii* y *G. ferox*; *Eucheumcr*, con la especie *E. isiforme*; además de *Hypnea*, con la especie *H. Cervicomis*.
- 2.- La presencia de estas especies no fue homogénea a lo largo de las zonas de muestreo estudiadas. En algunas poblaciones como Sisal, San Felipe y El Cuyo estuvieron prácticamente ausentes o inaccesibles para la metodología empleada, mientras que las zonas de Telchac y Dzilám fueron las que presentaron poblaciones fijas bien establecidas, principalmente de *Gracilaria cornea*.
- 3.- El parámetro que condiciona la presencia de estas especies de interés es el tipo de sustrato disponible para su fijación. La disponibilidad de sustrato duro calcáreo, en forma de rocas, conchas o pedacaría de coral favorece el crecimiento de estas especies lo que está relacionado con su forma de adhesión (botón de fijación), mientras que en las zonas con sustrato arenoso-limoso, predomina las especies estoloníferas, pertenecientes a la división Clorofita.
- 4.- Se presentó una marcada estacionalidad para las especies de *Gracilaria*, ya que durante la época de secas no se encontraron ejemplares de *G. ferox* ni de *G. blodgettii*, reapareciendo en la época de lluvias. La presencia del género *Hypnea* fue escasa a lo largo de la costa, mientras que para *E. isiforme* se presentaron plantas a lo largo del año con una gran dispersión en sus poblaciones, formadas por individuos aislados distribuidos en parches.

-
- 5.- La especie de *Gracilaria cornea* se presentó formando poblaciones fijas bien establecidas en las zonas de Telchac y Dzilám. En este último lugar la biomasa cosechable de la especie varió desde los 983 hasta los 3,200 g.m² durante un ciclo anual, con valores mínimos para la época de secas y máximos para la de lluvias. Por los valores de densidad encontrados esta especie se considera con potencial para su aprovechamiento, aunque las densidades máximas obtenidas excedan los 2 kg.m² para una de las épocas, su posible utilización debe ser contemplada con cautela ya que la esta densidad sólo fue alcanzada para una época del año.
- 6.- Se encontró que durante todo el año existen plantas de *Gracilaria cornea* en fase reproductiva, tanto diploide como haploide. El mayor porcentaje de carposporofitos se obtuvo en la época de nortes, mientras que la fase tetrasporofítica predominó en la época de lluvias.
- 7.- El crecimiento en longitud y reclutamiento de juveniles de la especie se da durante la primavera-verano, coincidiendo con el aumento de las temperaturas del agua y con la disminución de la turbidez en el agua, lo que favorece la fotosíntesis. La incidencia de aguas enriquecidas provenientes del afloramiento de Yucatán en esta época provee los nutrientes necesarios para su crecimiento. El cuanto al crecimiento en grosor éste se produce durante la época de secas, esto se corrobora por los datos de % PSIPH, con observaciones visuales en campo.
- 8.- En cuanto a las asociaciones con otras especies, se encontró una relación entre la presencia de *Gracilaria cornea* y la especie *Acantophora spicifera*. En el caso de *Eucheuma isiforme* esta relación se observó con la presencia de esponjas, sustrato preferido para su adhesión. Aunque se observaron especies de herbívoros marinos en las poblaciones estudiadas, su efecto no parece ser importante como sucede en otras zonas del Trópico.

Referencias bibliográficas

- Abbot, I. & J. Hollenberg**, 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. Stanford California, 827 pp.
- Abbott I.A. & J.N. Norris**, 1985. Taxonomy of economic seaweeds. With reference to some Pacific and Caribbean species. California Sea Grant College. 167 p.
- Abbott I.A.**, 1988. Taxonomy of economic seaweeds. With referente to some Pacific and Caribbean species (Volume II). California Sea Grant College. 264 p.
- Abbott I.A.**, 1992. Taxonorny of econornic seaweeds. With referente to some Pacific and western Atlantic species (Volume III). California Sea Grant College. 241 p.
- Abbott I.A.**, 1994. Taxonomy of economic seaweeds. With referente to some Pacific species (Volume IV). California Sea Grant College. 200 p.
- Agardh, J. G.**, 1984. Nya alger fran Mexico. Ofvers. Kongl. Vetensk.-Akad. Forhandl., 4: **5-17**.
- Aguilar-Rosas, L. E.**, 1981. Algas rojas (Rhodophyta) de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Ciencias Marinas. Vol. 7(1): 85-101.
- Aguilera, L.G. & D.V. López**, 1987. Comparación de dos estaciones en la plataforma de Yucatán. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. Dirección de investigaciones Oceanogáficas. 17 p.
- Arasaki, S. & T. Arasaki**, 1985. Les Légumes de mer, Comment etre et Paraitre en forme. Guy Trédaniel Publisher, Paris: 222 pp.
- Armisen, R. & F. Galatas**, 1987. Production, properties and uses of agar. In: Production and utilization of products from commercial seaweeds. (**D. J. McHugh** Ed.). FAO Fish. Tech. Pap. 288: 1-57.
- Armisen, R.** 1991. Agar and agarose biotechnological applications. Hydrobiologia, 221: 157-166.
- Bird, C. J.** 1994. Taxonomy of *Gracilaria* worlwide. J. of Applied Phycology (In press).
- Carranza J.**, 1959. Pesca y recursos pesqueros, en Beltrán, Enrique, Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento.

CCI (Centro de Comercio internacional), 1981. Estudio Piloto sobre la industria y el comercio mundiales de algas. Ed. CCI. 117 p.

Cosson, J., E. Deslandes & J. P. Braud, 1990. Preliminary approach to the characterization and seasonal variation of carragenans from four Rhodophyceae on the Normandy coast. *Hydrobiologia*, 2041205: 539-544.

Crouch, I. J. & J. van Staden, 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation* 13: 21-29.

Chu Cheong L., 1990. Seasonality of seamoss (*Gracilaria* spp.) at Kilgwyn Bay, Tobago. *Caribb. Mar. Stud.* 1(2): 88-93.

De la Campa Guzmán, S. 1965. Notas preliminares sobre un reconocimiento de la flora marina del estado de Veracruz. *An. Inst. nac. Invest. Pesq.* 1: 7-49.

Dawes C.J., 1986. *Botánica Marina*. Ed. Limusa México. 673 p.

Dawson, E. Y., 1944-1963. Marine red algae of Pacific Mexico. Series 1-VII. Allan Hancock Pacific Expeditions.

De Wreede, R., 1987. Destructive sampling. En *Phycological methods. Ecological measurements*. Cambridge University press.

FAO, 1987. Production and utilization of products from commercial seaweeds. McHugh, D. J. (Ed.). *Fisheries Technical Paper No. 288*: 97 pp.

Fredericq, S & J. N. Norris, 1985. Morphological studies on some Tropical species of *Gracilaria* Grev. (Gracilariaceae, Rhodophyta): Taxonomic concepts based on reproductive morphology. In *Taxonomy of economic seaweeds* (I.A. Abbott & J. N. Norris Eds.) *CSG*: 137-156.

Freile-Pelegrín Y., D.R. Robledo & G. García-Reina. Seasonal altar yield and quality in *Gelidium canariensis* (Grunow) Seoane-Camba (Gelidiales, Rhodophyta) from Gran Canaria, Spain. *Journal of Applied Phycology* 7(2): 141-144.

Guzmán del Proo, S. A., 1969. Los recursos vegetales marinos de Baja California, México. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 6: 685- 690.

Guzmán del Proo, S. A., M. Casas Valdés, A. Díaz Carrillo, M. L. Díaz López, J. Pineda Barreda & M. E. Sánchez Rodríguez, 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 3, No. II.

Hanisak M.D., M.M. Littler & D.S. Littler, 1988. Significance of macroalgal polymorphism: intra-specific test of the functional form model. *Mar. Biol.* 99: 157-165.

Hay, M. E., & J. N. Norris. 1984. Seasonal reproduction and abundance of 6 sympatric species of *Gracilaria*, Gracilariaceae, Rhodophyta on a Caribbean subtidal plain. *Hydrobiologia*, 116-117: 63-72.

Huerta-Muzquiz, L. & A. Garza-Barrientos, 1980. Contribución al conocimiento de la flora marina de la parte sur del litoral de Quintana Roo, México. *An. Ese. Cien. Biol. Méx.* 23: 25-44.

Huerta-Musquiz, L., A.C. Mendoza-González & L.E. Mateo-Cid, 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la Península de Yucatán. *Phytologia* Vol. 62(1): 23-53.

Indergaard, M. & J. Minsaas, 1991. Animal and human nutrition, In: *Seaweed resources in Europe uses and potential* (M. Guiry & G. Blunden Eds.), John Wiley & Sons: 21-64

Jensen, A. 1991. Present and future needs for algae and algal products. *Hydrobiologia*, 260: 15-23.

Littler D.S., M.M. Littler, K.E. Bucher & J.N. Norris, 1989. *Marine plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil.* Smithsonian Institution Press. 263 p.

Lubchenco J. & S.D. Gaines, 1981. A unified approach to marine plant-herbivore interactions. 1. Populations and communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12: 405-437.

Luning, K. 1990. Seaweed vegetation of the Tropical regions. In: *Seaweeds their environment, biogeography, and ecophysiology.* John Wiley & Sons: 527 pp.

Merino-Ibarra, M. 1992. Afloramiento en la Plataforma de Yucatán: Estructura y fertilización. UNAM, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (México). Tesis Doctoral. 255 pp.

Ortegón-Aznar, I. 1993. Estudio florístico-ecológico de las macroalgas en la Laguna de Celestún, Yucatán. Tesis de licenciatura UADY: 104 pp.

Pacheco-Ruiz, I., 1982. Algas pardas *Phaeophyta* de la costa del Pacífico. *Ciencias Marinas* Vol. 8(1): 64-77.

Sánchez-Rodríguez, Ma. E., 1967. Flora marina de Monte Pío, Edo. Veracruz. *An. Ese. nac. Cien. Biol.* 14(1): 9-18.

Salem-Salas, C. I. 1992. Contribución al conocimiento del macrofitobentos de la laguna de Celestún. Tesis de Licenciatura. UADY: 63 pp.

SEPESCA, 1988. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Pesca, México.

Sharp, G. J. & J. D. Pringle. 1990. Ecological impact of marine plant harvesting in the northwest Atlantic: a review. *Hydrobiologia* 204/205: 17-24.

Taylor W.R., 1941. Marine algae from the Yucatán Peninsula. *Pubis. Carnegie Instn, No. 461*: 115-124 (1936).

Taylor W.R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas. University of Michigan Press U.S.A.: 445-460.

Taylor W.R. 1972. Marine algae of the Smithsonian-Bredin expedition to Yucatán-1960. *Bull. Mar. Sci.* 22(1): 34-44

Tseng, C. K. 1981. Commercial cultivation. **In:** *The biology of seaweeds* (C.S. Lobban & M. J. Wynne Eds.) Blackwell Scientific Publications, Oxford U. K.

Wynne M.J., 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Can. J. Bot.* 64: 2239-2281.

Zizumbo D., 1986. El deterioro del sistema ecológico. Cienega de Progreso, Yucatán, Mexico.