

148
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**"EVALUACION DE LA DINAMICA DE LOS
MANCHONES DE *Lobophora variegata*
(DICTYOTALES, PHAEOPHYTA) EN LA LAGUNA
ARRECIFAL DE PUERTO MORELOS,
QUINTANA ROO."**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G A
P R E S E N T A :
CLAUDIA RODRIGUEZ ALMAZAN

DIRECTORAS DE TESIS: DRA. LIGIA COLLADO VIDES

DRA. BRIGITTA I. van TUSSENBROEK



1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"Evaluación de la dinámica de los manchones de Lobophora
varioetata (Dictyotales, Phaeophyta) en la laguna arrecifal
de Puerto Morelos, Quintana Roo."
realizado por Claudia Rodríguez Almazán

con número de cuenta 8833117-9 . pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dra. Ligia Collado Vides

Ligia Collado V.

Propietario

Dra. Brigitta I van Tussenbroek

Brigitta I van Tussenbroek

Propietario

M. en C. Abel Sentíes Granados

Abel Sentíes Granados

Suplente

M. en C. Silvia Castillo Argüero

Silvia Castillo Argüero
FACULTAD DE CIENCIAS

Suplente

M. en C. Norma Angélica López Gómez

Norma Angélica López Gómez

Coordinador Departamental de Biología

Alejandro Martínez Mena



M. EN C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA DEPARTAMENTO
DE BIOLOGÍA

Buscad el logro de buena ley; noseáis un bufón que hace sonar sus cascabeles. La razón y el verdadero sentimiento se expresan ellos mismos con escaso artificio; y si deseáis decir alguna cosa de importancia, ¿qué necesidad tenéis de ir a caza de palabras? Sí; vuestros discursos que tan brillantes son, y en los cuales rizáis recortes de papel para la humanidad, son pesados como el brumoso viento de otoño que murmura a través de las secas hojas.

Fausto.

CONTENIDO

	Pág.
Indice de tablas, figuras y gráficas.....	2
Prólogo.....	3
Resumen.....	4
Introducción General.	5
Antecedentes.....	8
Area de estudio.....	10
Capítulo I: Evaluación de la distribución espacial y estacional de los manchones de <i>Lobophora variegata</i>	12
Capítulo II: Estudio del cambio del volumen de <i>L. variegata</i>	31
Capítulo III: Observación y evaluación del desprendimiento de <i>L. variegata</i> en <i>Avrainvillea</i> spp	38
Discusión General.	49
Perspectivas.....	52
Literatura Citada.....	53
Agradecimientos.....	58



INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRAFICAS

Tablas.	Pág.
Tabla 1. Zonas correspondientes a la distancia a la costa.....	16
Tabla 2. Intervalos de la profundidad para la laguna arrecifal.....	16
Tabla 3. Composición de las comunidades.....	17
Tabla 4. Grupos obtenidos empleando la clasificación.....	24
Tabla 5. Prueba de Tukey para monitoreo.....	26
Tabla 6. Medidas de dispersión para el volumen desplazado.....	35
Tabla 7. Análisis de regresión lineal para biomasa desprendida.....	45
Figuras.	
Figura 1. Localización del área de estudio.....	11
Figura 2. Area de estudio específica para distribución espacial y temporal.....	18
Figura 3. Ubicación de las ocho zonas que representan la distancia a la cost.....	18
Figura 4. Jaula empleada en la metodología de los capítulos III y IV.....	34
Figura 5. Ubicación de las zonas para el estudio <i>in situ</i> de <i>Lobophora variegata</i>	34
Figura 6. Macroalgas ocupadas como sustrato por <i>L. variegata</i>	43
Figura 7a. Corte transversal de <i>L. variegata</i>	44
Figura 7b. Estructura dendroide.....	44
Figura 8. Red de multifilamentos.....	44
Figura 9. Ciclo de <i>L. variegata</i> en la laguna arrecifal.....	50
Gráficas.	
Gráfica 1. Análisis de ordenación.....	25
Gráfica 2. Determinación del número mínimo de muestras.....	27
Gráfica 3. Monitoreo.....	28
Gráfica 4. Valores de incremento relativo del volumen desplazado.....	36
Gráfica 5. Relación de biomasa desprendida de <i>L. variegata</i>	46

PRÓLOGO

El presente trabajo se desarrolló en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, con la finalidad de estudiar la dinámica de los manchones de *Lobophora variegata*.

La estructura de este escrito consta de un resumen, introducción general y antecedentes generales, posteriormente se presentan tres capítulos, cada uno de los cuales contiene una introducción, método de campo y/o laboratorio y de gabinete, resultados y una discusión.

La división de capítulos de esta tesis se realizó por el desarrollo de tres aspectos diferentes en *L. variegata* (forma plegada) que van de lo general a lo particular. En el primer capítulo se estudia a *L. variegata* a nivel de manchón, analizando su distribución y monitoreo. En el segundo capítulo se analiza el cambio del volumen de la especie considerando sólo una pequeña cantidad de la misma. En el tercer capítulo se estudia fijación y desprendimiento del alga café en *Avrainvillea* spp. Finalmente se incluye una discusión general y perspectivas. Los temas abordados en los capítulos, se engloban en una propuesta que se describe en la discusión general y que explica la dinámica de *L. variegata* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

RESUMEN

Se estudiaron algunos aspectos de la distribución de los manchones del alga *Lobophora variegata* (forma plegada) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, a partir de: a) distribución de los manchones de *L. variegata*, empleando métodos de estadística multivariada para conocer los factores que intervienen para su presencia en la laguna arrecifal. b) Monitoreo de algunos manchones analizando su biomasa. c) Cambio temporal en la cantidad de volumen desplazado por el alga en tres ambientes de la laguna arrecifal. d) Fijación y desprendimiento de *L. variegata* en *Avrainvillea* spp.

Los resultados obtenidos indicaron que: a) *L. variegata* se distribuye en la laguna arrecifal con mayor frecuencia a una profundidad de 2.0 a 3.0 m. b) Durante el monitoreo, de las tres estaciones de muestreo, la estación La Ceiba fue diferente en su biomasa en comparación con la estación Rodman y Pesca. Entre estas tres estaciones, no se registró variación en la biomasa a través del tiempo. c) El crecimiento de *L. variegata* fue mayor cerca del arrecife, menor en la laguna media y con un incremento medio cerca de la costa. d) *L. variegata* se adhiere en *Avrainvillea* spp formando una red de multifilamentos y desarrollando estructuras dendroides. La circunferencia, la altura y el volumen del alga café adherida en *Avrainvillea* spp, no mostraron relación con la biomasa desprendida del alga.

En la laguna arrecifal de Puerto Morelos, los manchones de *L. variegata* presentan una dinámica que consta principalmente de una fase flotante y una fija. Al mismo tiempo que los manchones son desplazados por movimientos de agua, crecen y se fragmentan, incorporándose a otro manchón, o bien *L. variegata* se adhiere en algún sustrato donde crece y se desprende por fragmentación o por herbivoría, resultando fragmentos libres que se pueden incorporar a otro manchón flotante mediante los desplazamientos de agua. De esta manera es favorecida la presencia permanente de la especie en estudio en la laguna arrecifal, aún cuando exista un disturbio físico.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Lobophora variegata (Lamouroux) Womersley ex Oliveira, está ubicada en la División Phaeophyta, dentro del Orden Dictyotales, el cual tiene solo una Familia, Dictyotaceae.

La mayoría de las algas que pertenecen a la División Phaeophyta son marinas, distribuyéndose en la zona litoral alta y en la zona sublitoral, algunas veces se localizan a profundidades de hasta 220 m en las aguas tropicales, como es el caso de *L. variegata*. El Orden Dictyotales incluye algas con talo folioso y parenquimatoso, con crecimiento apical y con reproducción sexual (anisogamia). En las algas cafées es muy notoria la plasticidad morfológica originada por respuesta al ambiente, de esta manera, el talo cambia según las variaciones de cada factor como son, la irradiación, movimientos de agua, temperatura y salinidad. Dichos cambios morfológicos pueden ser la pérdida del pie de fijación y el incremento en la ramificación. El tipo de reproducción es provocada por el ambiente, cuando las algas cafées se reproducen por fragmentación, entonces la reproducción sexual es inhibida (Bold y Wynne, 1978; Taylor, 1960; Margulis, et. al., 1989).

Desde 1894 hasta 1943, el género *L. variegata* ha sido descrito recibiendo diferentes nombres, como son: *Lobophora nigrescens* J. Agardh; *Zonaria nigrescens* Lamouroux; *Gymnosorus variegata* Lamx.; *Zonaria nigrescens* Sonder; *Spatoglossum nigrescens* Sond.; *Orthosorus nigrescens* Sond.; *Gymnosorus nigrescens* Sond.; *Pocockiella nigrescens* Sond.; *Lobophora variegata* Lamx. (Womersley, 1967).

Las descripciones más recientes para *L. variegata* fueron elaboradas por Taylor (1972), presentando una caracterización taxonómica con el nombre de *Pocockiella variegata* (Lamouroux) Papenfuss, la cual se caracteriza por ser de color café iridiscente, mide de 3 a 8 cm de longitud, con forma decumbente o erecta, el talo pequeño presenta ondulaciones; la hilera marginal de células apicales desarrolla una capa simple de células largas medulares, la lámina mide de 100 - 300 μ m de grosor; las células corticales están en reposo sobre las células medulares.

En 1989, Litler et. al. describen las siguientes tres formas ecológicas de *L. variegata*:

a) Decumbente: de color café-naranja oscuro, son algas que se adhieren a corales muertos, materia en descomposición o troncos hundidos en áreas donde la marea es baja (30 metros de profundidad) y la depredación es intensa.

b) Incrustada: con láminas muy delgadas, las ramificaciones postradas tienen más de 15 cm de diámetro; habita en la sombra y en zonas donde la herbivoría es moderada, esta es la forma dominante de *L. variegata* a grandes profundidades (hasta 100 m).

c) **Plegada:** muestra un agrupamiento de más de 15 cm de diámetro con lóbulos en los márgenes; vive en aguas poco profundas (1-8 m) y tranquilas con un bajo grado de herbivoría; muy a menudo es encontrada flotando entre los pastos marinos y otras macroalgas. Frecuentemente la superficie de las láminas de esta forma está cubierta por algas epifitas. La morfología de las láminas de la forma plegada, así como la característica de ser un alga flotante y formar manchones, permite que exista un hábitat para la fauna béntica. Cabe mencionar que esta forma ecológica es el objeto de estudio para esta tesis.

Los manchones que forma *Lobophora variegata* se caracterizan por cubrir áreas con un tamaño que puede variar desde 20 metros, hasta cientos de metros, y generalmente con una cobertura mayor a 40 %. Los manchones ocurren sobre arenales, pastos marinos y otras algas (obs. per.).

Northon y Mathieson (1983) proponen las siguientes cinco categorías para clasificar a las algas flotantes en relación a su hábitat: enmarañadas, dispersas, agregadas, encajadas y flotantes. *L. variegata* se incluye en las algas de tipo dispersas por cubrir el fondo del mar, puede crecer sobre otras macroalgas o en sustratos pequeños como rocas y fragmentos de concha, algunas algas de esta categoría están asociadas con poblaciones de invertebrados y peces. Típicamente la reproducción de las algas enmarañadas es reducida, reproduciéndose por propagación vegetativa.

El presente estudio está enfocado a la dinámica de los manchones de *L. variegata*, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. El término dinámica de los manchones se refiere a los cambios cuantitativos y cualitativos que ocurren en el tiempo y espacio de las poblaciones de *L. variegata*. Es importante considerar que la dinámica de manchones se emplea sólo cuando se trate la población de la misma especie, en cambio el término "patch dynamics" (dinámica de parches) se utiliza al considerar poblaciones de diferentes especies, y se define como un mosaico de parches dentro de los cuales ocurren procesos de interacción biótica y física. Por efecto de los disturbios físicos o bióticos, se abren espacios que pueden ser colonizados por individuos de diferente especie (Barnes y Mann, 1991).

L. variegata tiene importancia ecológica, médica y económica. La importancia ecológica radica en que es un productor primario de materia orgánica y ocupa la base de la cadena trófica, asimismo, provee de alimento, oxígeno y hábitat a organismos de la zona béntica pertenecientes al grupo de los crustáceos, moluscos, equinodermos, esponjas, peces, poliquetos, anélidos, nemertinos y turbelarios (Barnes y Mann, 1991; De Ruyter van Steveninck y Breeman, 1987; Norkko y Bonsdorff, 1996).

Su importancia médica refiere a que presenta compuestos tóxicos presentes en extractos acetónico, etanólico y acuoso. Estas sustancias tóxicas tienen función antibiótica contra los microorganismos *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus pyogenes* (De Lara-Isassi, 1997).

No se tiene reporte del empleo de *L. variegata* en la industria, pero la importancia económica que presenta dicha especie se relaciona con su alto contenido de alginatos. Los usos de los alginatos están determinados por su química y sus propiedades para formar geles, suspensiones y emulsiones. Se usan de manera extensa en las industrias textil, del papel, de las pinturas y de la alimentación (Dawes, 1986; Chapman y Chapman, 1980).

El presente estudio se suma a los realizados en el arrecife de Puerto Morelos, basándose principalmente en conocer la dinámica de los manchones de *Lobophora variegata* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. A partir de: a) los factores que determinan la presencia de manchones de *L. variegata*, por ejemplo, si influye la profundidad, distancia a la costa y al arrecife, si está en relación con pastos marinos y otras macroalgas; b) el monitoreo de algunos manchones de *L. variegata*, con el fin de conocer el cambio temporal de la biomasa; c) el cambio temporal del volumen desplazado de *L. variegata in situ* en tres diferentes ambientes de la laguna arrecifal; d) observación de la fijación y desprendimiento de *Lobophora variegata* en *Avrainvillea* spp.

Las algas flotantes juegan un importante papel en el sistema arrecifal, a pesar de ello los estudios de este grupo funcional son escasos tanto a nivel mundial como local, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo estudiar la dinámica de manchones de *L. variegata* en el contexto de ser un alga flotante, así como de la dinámica de los manchones que forma. Finalmente representa el aporte de conocimientos para la Ficología del Caribe Mexicano.

ANTECEDENTES

En la introducción de cada capítulo se incluyen los antecedentes respectivos al tema en estudio, así que en este apartado sólo se mencionan los trabajos donde se reportó información de algas flotantes y/o específicamente de *Lobophora variegata*, para la región del Caribe Mexicano.

A lo largo de seis años se ha sido investigado el sistema arrecifal del estado de Quintana Roo por la Asociación Civil Amigos de Sian Ka'an. Sus estudios constaron de muestreos sistemáticos en todas las zonas arrecifales, registrando los rasgos geomorfológicos y evaluando abundancia y cobertura de corales escleractinios, gorgonáceos, macroalgas, peces arrecifales y esponjas. Los resultados que obtuvieron para el grupo de macroalgas, fueron los siguientes:

En Sian Ka'an, registraron 61 especies de macroalgas, que incluyen 40 géneros. La cobertura de este grupo fue de 50% - 60%. Las algas cafés, particularmente *L. variegata*, predominan en las zonas más profundas (Gutiérrez, et. al. 1993).

Para el sistema arrecifal correspondiente al Corredor Cancún-Tulum, reportaron 72 especies de algas, con una cobertura que oscila entre 16.9% y 46.7, con una riqueza específica baja en las zonas profundas, incrementándose hacia las zonas someras. En aguas profundas dominan *Halimeda tuna* (Ellis y Solander) Lamouroux y *L. variegata* (Gutiérrez, et. al., 1995).

En la zona arrecifal de Costa Maya, las algas tienen una cobertura elevada en todas las subzonas y regiones, con un valor de 30% - 60%. En las zonas profundas predomina *L. variegata*, *Sargassum* sp y *Dictyota* spp. Para este arrecife reportaron 49 géneros de algas (Gutiérrez, et. al., 1996).

La zona sur de Banco Chinchorro, correspondiente a la localidad Cayo Lobos, cuenta con 70 especies de algas. La diversidad de las algas aumenta en zonas profundas del sotavento, disminuyendo hacia las zonas profundas del barlovento. Su cobertura en la laguna arrecifal es de 36 %, muy similar a la cobertura máxima del barlovento (35%) (García y Loreto, 1997).

Los arrecifes de Isla Cozumel, cuentan con una cobertura y diversidad algal mayor en las zonas profundas, en comparación con las zonas someras. En aguas profundas domina *L. variegata* y *Dictyota* spp. En este estudio incluyen 45 géneros y 98 especies.

Del sistema lagunar de Nichupté, Collado-Vides y González-González (1993) realizan una lista florística de las algas de ese lugar, y un análisis de la flora, su distribución dentro del sistema y las diferencias florísticas. De las especies reportadas sólo mencionan al género *Sargassum* como alga flotante. En la laguna de Bojórquez (laguna perteneciente al sistema antes mencionado), Serviere-Zaragoza et. al. (1992), mencionan la presencia de las masas flotantes de algas filamentosas ubicada en zonas profundas (3m), estas algas están en

zonas donde abunda *Thalassia testudinum* Banks, ex König. En la misma área de estudio, Collado-Vides *et al.* (1994), analizaron la dinámica de las masas flotantes originadas por el desprendimiento de las algas bénticas de la algama de Bojórquez. Encontrando diferencias en composición específica en cada una de ellas, sin embargo, la distribución de las masas se comporta en relación a la dinámica de los vientos de la región. Aguilar-Rosas, M. (1990), estudian la ocurrencia y distribución de especies de algas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, describe el ambiente y presenta una lista florística de la localidad, mencionando que *L. variegata* se distribuye en Hualapich, Yamach, Xoquem, Cayo Culebras. Mateo-Cid y Mendoza-González (1991), presentan una lista florística de las algas marinas bénticas de la Isla de Cozumel, Quintana Roo, anexando datos de las especies identificadas acerca del estado reproductivo, el nivel de marea y el epifitismo.

Para la zona de Puerto Morelos se han realizado las siguientes investigaciones donde se reporta a *L. variegata*. Teniendo que en 1980 León-Tejera, analizó la abundancia, distribución y riqueza específica para la comunidad de macroalgas en la zona posterior del arrecife. El trabajo de Gómez-Pedrozo de 1987, trató de un análisis taxonómico y de variaciones en la distribución espacio-temporal para la comunidad algal arrecifal. Torres-Mejía (1991) estudió la zonación de macroalgas bentónicas. Castillo-Arenas y Dreckmann (1995) estudian las arribazones algales en Cancún y Puerto Morelos, reportando la identificación de 40 especies de macroalgas presentes en dichas arribazones, dentro de las cuales se incluye a *L. variegata* como una alga perenne y útil como biofertilizante. En el año de 1996, Suárez *et al.*, llevaron a cabo estudios cualitativos y comparativos de la microfiora del Caribe de México y de Cuba. Collado-Vides, *et al.* (sometida 1997) realizaron una recopilación de todos los trabajos ficológicos efectuados en el arrecife de Puerto Morelos, para el cual se encontraron 113 especies y un total de 263 especies registradas por nueve autores.

AREA DE ESTUDIO

El estado de Quintana Roo ocupa la porción oriental de la península de Yucatán; su composición geológica es la misma que el resto de la península: el suelo del centro de la península al norte pertenece al tipo terra-rosa, mientras que hacia el sur predominan los suelos que son ricos en humus. El relieve es escaso con una alta permeabilidad de las rocas calcáreas que forman la península impidiendo la existencia de corrientes de agua superficiales, siendo la única corriente de importancia el Río Hondo, que limita a México de Belice. El estado posee tres regiones naturales: selva, sabana y litoral. Quintana Roo cuenta con 860 Km de litoral; a lo largo de este litoral corre una barrera arrecifal, donde se ubican las cinco islas del estado Holbox, Contoy, Isla Mujeres, Cancún y Cozumel (SEP, 1982).

Durante el año se presentan tres vientos dominantes: los alisios, presentes durante todo el año y en particular en verano, con una velocidad media de 30 m/seg., soplando generalmente de noreste a suroeste; los nortes, que se presentan durante el otoño y el invierno en la parte norte del estado; y los ciclones, cuyos movimientos giratorios alcanzan grandes velocidades y azotan al estado principalmente durante los meses de agosto, septiembre y octubre. En Puerto Morelos se muestra una dominancia casi absoluta de los vientos provenientes del este de enero a julio (SEP, 1982; Merino-Ibarra y Otero-Dávalos, 1991). Para el estado se han registrado siete huracanes entre los años 1961 y 1988, siendo el más importante por su impacto, el huracán Gilberto. (Merino-Ibarra y Otero-Dávalos, 1991). En octubre de 1995, se tuvo la presencia de otro huracán (Roxana), que se localizó al sureste de Puerto Morelos y a 315 km de Cancún, con vientos máximos de 120 km/h, rachas de 155 y un desplazamiento hacia el noreste a 16 km/h (Netscape, National Weather Service de Tallahasee).

Las corrientes en las costas de Quintana Roo tienen dos direcciones, de norte-noreste y sur-suroeste, o sea en dirección paralela a la costa, las cuales podrían formar parte de uno de los giros ubicados cerca de Puerto Morelos. La región corresponde al tipo cálido-subhúmedo, la precipitación pluvial es máxima en los meses de verano. La precipitación es superior a los 750 mm. La temperatura media anual es de 27 °C. (Merino-Ibarra y Otero-Dávalos, 1991).

La zona marina de Puerto Morelos se ubica en las coordenadas 20° 48' y 20° 52' Norte y 86° 52.05' Oeste (Figura 1). Es un sistema arrecifal de barrera, con orientación nort-sur. El arrecife está compuesto por corales escleractinios, gorgonáceos, algas y otros organismos asociados; dividido en laguna arrecifal, arrecife posterior, cresta arrecifal y arrecife frontal, y plataforma de arena (Jordán, 1981).

La zona de estudio es la laguna arrecifal de Puerto Morelos, la cual está delimitada por la línea de costa y la barrera arrecifal; las dimensiones de esta depresión varía a lo ancho

entre los 350 y los 1600 m, con una profundidad de 3m a 8 m (zona sur); el fondo de la laguna está cubierto por comunidades de pastos marinos, con mayor abundancia de *Thalassia testudinum* Banks, ex König (Merino-Ibarra y Otero- Dávalos, 1991), combinado con algas, de las que destacan por su abundancia las algas del género *Halimeda* Lamouroux, *Penicillus* Lamarck, *Rhipocephalus* Kützing, *Lobophora* Lamouroux, *Avrainvillea* Decaisne y *Udotea* Lamouroux.

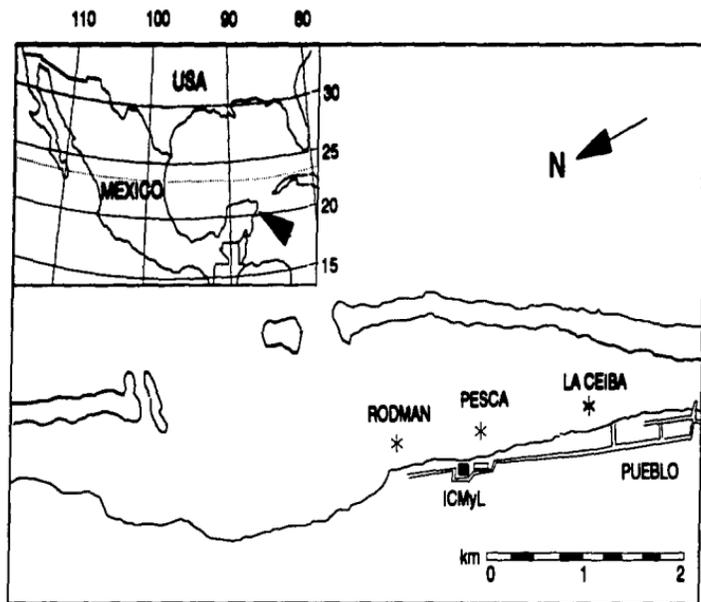


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Los asteriscos señalan la localización de las estaciones para el monitoreo (Cap. I).

CAPITULO I

EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTACIONAL DE LOS MANCHONES DE *Lobophora variegata* .

INTRODUCCIÓN

Las algas flotantes juegan un papel importante en el sistema arrecifal por aportar de oxígeno, alimento y hábitat a la fauna béntica (Barnes y Mann, 1991). A pesar de ello, falta por estudiar muchas especies de este grupo funcional sobre todo en el Caribe mexicano. Una de estas especies poco estudiadas es *Lobophora variegata*. Esta alga se distribuye en el Caribe mexicano formando manchones que pueden medir desde 20 m de hasta cientos de metros diámetro (obs. per.).

La distribución de *L. variegata* sólo ha sido estudiada por De Ruyter van Steveninck y Breeman (1987) en el arrecife de Curaçao. En esta región dichos investigadores observaron que *L. variegata* presentó una distribución a diferentes profundidades, hallándose en zonas con más de 30 metros de profundidad y en la zona eulitoral. Esta distribución estuvo influenciada por la herbivoría, ya que en zonas profundas la herbivoría fue menor.

Por otro lado, se tiene un reporte que aborda el tema de la dinámica de los manchones en *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh. Esta alga flotante además de tener una morfología diferente a la de *L. variegata*, se le encuentra habitando en zonas de aguas frías. En Nueva Zelanda se distribuye en manchones localizados de 3 a 6 m de profundidad, aunque algunos organismos los encontraron a una profundidad de 1 a 2 m; la distancia promedio entre cada manchón de *M. pyrifera* fue de 15 metros (Gerard y Kirkman, 1984).

Por la importancia ecológica, económica y médica que presenta *L. variegata*, es importante conocer las características del ambiente en que se distribuye, es por esta razón que en el presente capítulo se tiene por objetivos: estudiar los factores que influyen en la distribución espacial de los manchones de *Lobophora variegata*, y analizar los cambios en la biomasa de algunos manchones de *L. variegata* durante seis meses.

MÉTODO

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTACIONAL.

Procedimiento de campo.

Se realizó un monitoreo de la localización de manchones en dos fechas: a mediados de otoño (25 noviembre de 1995) y al final de invierno (22 de marzo de 1996). Se observó la presencia o ausencia de manchones frente al Astillero Rodman hasta La Ceiba, limitada a lo ancho por la barrera arrecifal y la costa (Figura 2). En cada fecha se registraron 96 puntos al azar (observaciones) empleando una tabla de números aleatorios.

Utilizando equipo de buceo libre, en cada punto se estimó la presencia o ausencia de manchones de *L. variegata*. Un manchón se determinó cuando *L. variegata* presentaba aproximadamente 40% de cobertura en un área cubriendo un diámetro de por lo menos 20 m; como vegetación acompañante se consideró al pasto marino (*Thalassia testudinum*) y al alga del género *Avrainvillea*. Para el pasto marino se registró su cobertura empleando la siguiente categorización: 20-39 %, poco; 40-59 % regular; y 60-70 %, mucho, y para el alga se anotó su presencia o ausencia; la distancia a la costa donde se situó cada observación se estimó de manera visual; en cada punto se midió la profundidad empleando una cuerda marcada cada 10 cm.

Trabajo de gabinete.

Se resumieron los datos registrados de la siguiente manera para facilitar su manejo en el análisis estadístico:

Se registró un total de 96 observaciones, a cada una le correspondió un valor de los atributos categorizados del inciso "a" al "e".

a) Como primer atributo que se registró fue la presencia o ausencia de manchones de *Lobophora variegata*.

b) Distancia a la costa: debido a que el arrecife presenta una forma irregular, la laguna tiene un área más ancha y otra área donde es más angosta, ambas zonas están delimitadas de oeste a este por la costa y el arrecife, por lo que se encuentran ambientes diferentes. Para el manejo de esta variable se crearon ocho zonas, teniendo cuatro zonas en la parte más ancha de la laguna y cuatro zonas en la parte más angosta de la laguna (Figura 3), a cada zona se le asignó un intervalo que se especifica en la tabla 1.

Distancia a la costa (m) (Intervalos)	Zona
0 - 300	1
301 - 600	2
601 - 900	3
901 - 1200	4
451 - 600	5
301 - 450	6
151 - 300	7
0 - 150	8

Tabla 1. Representación de la distancia a la costa y el número de zona correspondiente.

c) **Profundidad:** a cada registro de la profundidad se le incorporó en un intervalo, teniendo así un total de cuatro intervalos, constando de un metro cada uno (Tabla 2).

Profundidad (m)	Intervalo
1.0 - 2.0	1
2.1 - 3.0	2
3.1 - 4.0	3
4.1 - 5.0	4

Tabla 2. Intervalos de la profundidad obtenidos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

d) **Fecha:** la toma de datos se llevó a cabo el 25 de noviembre de 1995 (fecha 1) y el 22 de marzo de 1996 (fecha 2).

e) Acompañantes: como vegetación acompañante se consideró la cobertura de *T. testudinum* de 60 % (mucha cobertura), 40 % (regular cobertura), 20 % (poca cobertura); presencia o ausencia de *Avrainvillea* spp. A cada rango de cobertura de *T. testudinum* se le asignó la presencia o ausencia de *Avrainvillea* spp, y de esta manera se obtuvo la composición de seis tipos de acompañantes (Tabla 3). Cabe mencionar que dichos organismos fueron tomados en cuenta porque, en el caso de *T. testudinum* es característico de una laguna arrecifal, y a *Avrainvillea* spp porque en ella se encontró adherida a *L. variegata* después del huracán Roxana.

Tipo de acompañante	<i>Thalassia testudinum</i>	<i>Avrainvillea</i> spp
1	≥ 60 %	presente
2	≥ 60 %	ausente
3	40 - 60 %	presente
4	40 - 60 %	ausente
5	20 - 40 %	presente
6	20 - 40 %	ausente

Tabla 3. Composición de cada tipo de acompañante.

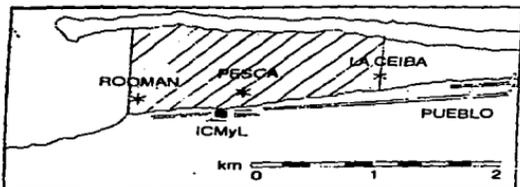


Figura 2. Area de la laguna arrecifal empleada para el estudio de distribución espacial y temporal de *L. variegata*. Los asteriscos indican las tres zonas (Rodman, Ceiba, Pesca) que se monitorearon a lo largo de seis meses.

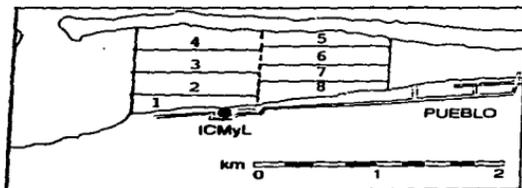


Figura 3. Localización de las ocho zonas que se emplearon para dividir la distancia a la costa.

Para conocer qué atributo influyó en la presencia de manchones de *Lobophora variegata*, se empleó el análisis multivariados, en el cual se realizó una clasificación y una ordenación.

En el método de clasificación se creó una matriz de datos, en la cual se especifica para cada observación registrada en campo, los valores de los atributos que le corresponden, es decir, en cada observación se anotó la presencia o ausencia de manchón de *L. variegata*, la profundidad a la que se encontró el manchón, distancia a la costa (zona), acompañantes y fecha. La matriz constó de un total de 96 observaciones y 22 atributos.

Para la matriz de datos se aplicó el método del centroide, donde cada agrupación tiene un centroide (centro). Al comparar la distancia (radio) de un centroide de un cierto grupo con el centroide de otro grupo, si la distancia entre éstos son muy cercanos se reúnen los grupos ya que presentan mucha similitud, la cual fue evaluada empleando el radio de similitud de Whizard, cuya fórmula es la siguiente: $SR(ab) = \frac{\sum^k X_{ai} X_{bi}}{\sum^j + K_{j-1} X^2 - \sum^{2k} X_{ai} X_{bi}}$, donde JK corresponde al número de observaciones de ambas; X_{ai} , representan el valor de observación i en a; X_{bi} es el valor de especie i en la muestra b. En este método cuando se reúnen a dos observaciones muy similares se forma un grupo o cluster, repetidamente dos grupos encerrados fueron combinados hasta que queda un número mínimo de grupos (Jongman, Braak y Tongeren, 1987).

De una manera complementaria a la clasificación, se sobrepuso un análisis de ordenación con el método del análisis de correspondencia (DCA), el cual consiste en la división de un eje en varios segmentos, y dentro de cada segmento dos ejes son ajustados para tener un promedio de cero. El DCA inicia asignando valores arbitrarios a las muestras, al promediarlos se obtienen coeficientes para las muestras. Una segunda iteración produce nuevos valores para las muestras. Este procedimiento se continúa en forma iterativa hasta que los coeficientes se estabilizan, convergiendo en una solución única. Con el análisis de ordenación, se pretende representar a los grupos resultantes de la clasificación en un espacio bidimensional con ejes de variación, en dicho espacio los grupos similares están muy cercanos y los grupos disimilares están alejados (James y McCulloch, 1990).

MONITOREO DE MANCHONES.

Muestreo preliminar.

Procedimiento de campo .

Se escogieron tres manchones de *Lobophora variegata* como estaciones de muestreo empleándose boyas para su marcaje. Los manchones se localizaron frente al Astillero Rodman (Rodman), al CRIP (Pesca) y al hotel La Ceiba (La Ceiba) (Figura 1 y 2). Su distancia de la costa fue aproximadamente a 100 metros.

Para determinar el número mínimo de muestras representativas, se realizó un premuestreo utilizando equipo de buceo SCUBA. El premuestreo consistió en coleccionar 20 muestras de *L. variegata* empleando cuadrantes de aluminio de 30 cm², colocados al azar dentro del área en cada estación. A cada muestra se le evaluó los parámetros que abajo se categorizan de los incisos a al e, y después se coleccionó la totalidad de *L. variegata* presente dentro de cada cuadrante. El premuestreo se llevó a cabo el 19 de octubre de 1995.

a) Cobertura (%): visualmente se estimó en un continuo de 0 % a 100 %, el área que cubrió *L. variegata* dentro del cuadrante.

b) Altura (cm): se midió con una regla la lámina de máxima altura de *L. variegata*.

Trabajo de laboratorio:

En el laboratorio se enjuagaron las muestras con agua dulce para eliminar la arena, otras macroalgas y animales que se encontraron en el alga. Posteriormente se midió lo siguiente:

c) Peso húmedo (g): se quitó el exceso de agua con un paño, después se pesó en balanza analítica. (marca OHAUS modelo GT480, con precisión de miligramos).

d) Volumen (ml): se midió el volumen por desplazamiento de agua sumergiendo el alga en probetas graduadas con precisión de 1.0 y 5.0 ml .

e) Peso seco (g): para el secado, las muestras se colocaron durante dos semanas en un lugar ventilado y libre de la radiación solar. La balanza analítica empleada para la medición de esta variable fue la misma que se utilizó para medir el peso húmedo.

En este punto cabe señalar, que el método de secado no se realizó en una estufa, ya que se utilizarán las muestras para un posterior trabajo que incluye técnicas de análisis químico,

por lo cual fue indispensable que el organismo no se expusiera a la radiación solar durante su secado ni a altas temperaturas.

Trabajo de gabinete.

La determinación del número mínimo de muestras representativas para cada estación de muestreo fue basada a partir de un estudio realizado en 1976 por Livingston. El autor señala que para un muestreo de macrofitas bénticas el número de submuestras necesario se obtuvo empleando al peso seco como parámetro y la relación $R=SE/x$, donde SE = error standard y x la media del total de muestras. Es importante señalar que emplearon un error standard teórico para submuestras acumulativas (1, 1+2, 1+2+3, 1+.....n). Si $R = 0.30$, la media de la muestra estuvo dentro de un 95 % de i submuestras. Este procedimiento permitió establecer un número de submuestras necesario para obtener una muestra representativa. Estas pruebas fueron aplicadas para cada área.

Muestreo mensual.

Trabajo de campo.

La metodología de este muestreo sólo varió con la del muestreo preliminar en que, dentro del área de 20 metros de radio, se colocaron al azar 14 cuadrantes de las mismas características de los empleados en el muestreo preliminar. El muestreo mensual comenzó el 29 de noviembre de 1995 y concluyó el 16 de abril de 1996.

Trabajo de gabinete.

Para observar el comportamiento de los datos antes de someterlos a un análisis estadístico, se realizaron gráficas representando el mes de muestreo y el peso seco para cada estación.

Por el tipo de datos que se obtuvieron, y por requerir de una prueba no paramétrica, se empleó el análisis de varianza de Friedman, en la que se manejó en un 95 % de confianza en los resultados. En este análisis los datos se ordenaron de tal manera que las tres estaciones de muestreo representan los bloques y los seis meses equivalen a los grupos (Zar, 1984).

Las hipótesis planteadas fueron:

Ho : el peso seco de *L. variegata* no varió durante el periodo de muestreo.

Ha : el peso seco de *L. variegata* varió durante el periodo de muestreo.

El análisis no paramétrico que se empleó para comparar las estaciones fue la prueba de Kruskal-Wallis, seguido por un análisis de comparaciones múltiples (Tukey), considerando en ambos un 95 % de confianza en los resultados y un 0.05 % de error, especificando las dos hipótesis:

Ho : el peso seco de *L. variegata* no tuvo variación entre las estaciones de muestreo.

Ha : el peso seco de *L. variegata* tuvo variación entre las estaciones de muestreo.

La prueba de Kruskal-Wallis se trabajó en programa de computación conocido con el nombre de STATGRAPHICS, versión 7.0.

RESULTADOS

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.

A partir del análisis de clasificación se obtuvo un total de diez grupos, los cuales se muestran en la tabla 4 con sus correspondientes atributos. En dicho gráfico se observa que sólo cuatro grupos (I, IV, VII y VIII) incluyeron el mayor número de observaciones.

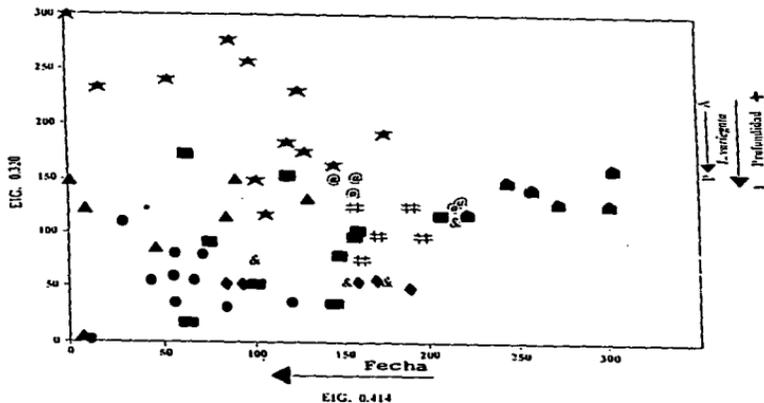
Los atributos con frecuencia de 1.0 fueron los que determinaron la formación de los grupos, siendo los que se relacionaron directamente con la presencia de los manchones de *L. variegata*, éstos fueron la profundidad, específicamente los rangos 2 y 3, y la fecha 2.

Los diez grupos resultantes se ordenaron en un plano bidimensional de acuerdo al gradiente de la profundidad y la época, obteniendo que conforme se incrementa la profundidad y el tiempo (fecha), existe una acumulación que la conforman la mayoría de los 10 grupos (Gráfica 1).

En la gráfica 1 se representan las observaciones agrupadas y distribuidas en la gráfica conforme al gradiente de la profundidad y de la fecha, observando una acumulación de los grupos en la presencia (P) de los manchones de *L. variegata*. El eje de las abscisas tuvo una varianza de distribución con valor de 0.414, la varianza de distribución del eje de las ordenadas se presentó con valor 0.320.

GRUPOS	# DE OBSERVACIONES	ZONA	PROF (INTERVALO)	FECHA	L. variegata	FRECUENCIA DE ACOMPAÑANTES					
						1	2	3	4	5	6
I	12	1,2,6	3,4	I**	A *	0.25		0.75			
II	6	1,3,5,6	3**	I*	P, A *					1.00**	
III	4	2,5	4**	1,2	P	0.25		0.50		0.25	
IV	17	1,3,6,7	3**	1,2*	P**	0.05	0.94*				
V	8	1**	2**	1,2	P, A					1.00**	
VI	7	1*,5	1*,2	1,2	A *			0.85*		0.14	
VII	11	1,4**	2*,3	1**	A **	0.90		0.54	0.36		
VIII	15	2,3,5,8	2,3	2**	A **		0.13	0.20	0.20	0.06	0.40
IX	8	1,2,7	2,3*	1**	P**		0.25		0.25	0.50	
X	8	1,6,7	2**	1,2	P**			1.0**			

Tabla 4: Resultado del método de Clasificación para la distribución espacial. En esta tabla se presentan los grupos, observaciones que constituyen cada grupo, zona, profundidad (intervalo), fecha, presencia (P) o ausencia (A) de *Lobophora variegata* y la frecuencia de los acompañantes. Los atributos sin asterisco tienen una frecuencia de 0.5 a 0.79, los atributos con un asterisco (*) presentan una frecuencias de 0.8 a 0.99, y los atributos con dos asteriscos (**) son los determinantes para la formación de los grupos, con frecuencia de 1.0.



Gráfica 1. Agrupamientos de acuerdo al coeficiente de Whizard. Se obtuvo un total de 10 grupos. Cada figura corresponde a un determinado grupo. Los números representan las observaciones. Grupo I (#), grupo II (■), grupo III (◇), grupo IV (○), grupo V (&), grupo VI (@), grupo VII (△), grupo VIII (★), grupo IX (▲), grupo X (■). Las flechas indican la dirección del gradiente del atributo indicado. La flecha que indica *L. variegata*, P y A significan la presencia y la ausencia de manchas, respectivamente.

MONITOREO.

Preliminar:

Como resultado de la determinación del número mínimo de muestras representativas según la técnica empleada por Livingston (1976), fue 14 para cada estación de muestreo (Gráfica 2).

Muestreo:

En la gráfica 3 se representa el comportamiento de los datos antes de someterlos a un análisis estadístico, y se observa poca variación en las tres estaciones, fluctuando el valor medio entre 1 - 11 g. Los rangos muestran una alta variación en la gráfica A, mientras que en las gráficas B y C los rangos no varían mucho.

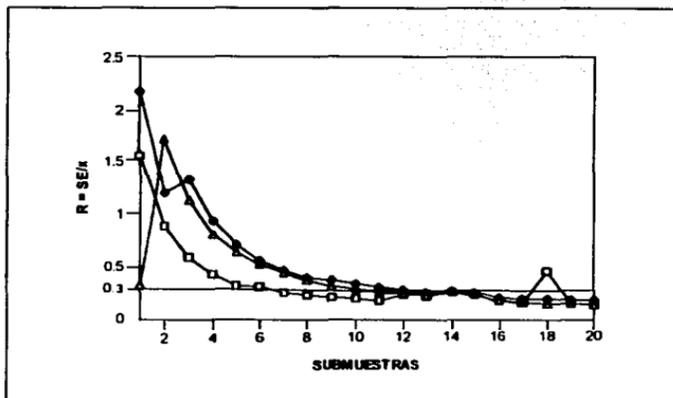
En la prueba de Friedman se obtuvo $\chi^2 = 9.295$, ($\chi^2_{0.05,3} = 11.070$). Por lo tanto se acepta la hipótesis nula, la cual indica que el peso seco de *L. variegata* no varía durante el periodo de muestreo.

En la prueba H de Kruskal-Wallis indica un valor de $H = 8.0$ con dos grados de libertad ($P = 0.0183$), lo cual indica que el peso seco de *L. variegata* tuvo variación entre las estaciones de muestreo (hipótesis alternativa).

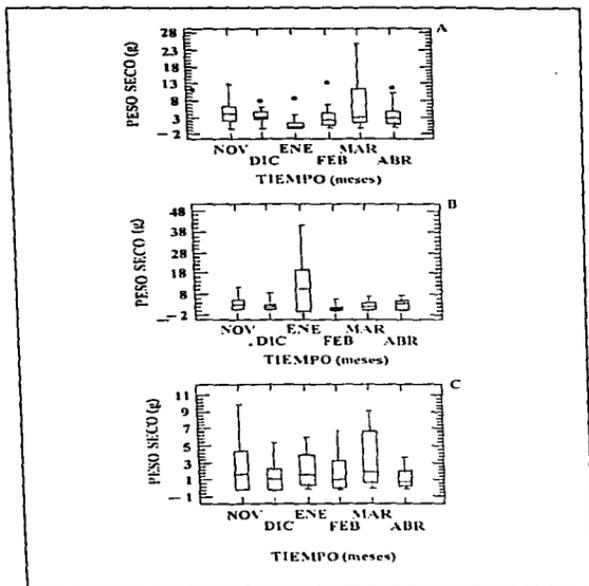
En la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, determinó que la estación Rodman (3) y Pesca(2) varían su biomasa de igual manera, y la estación La Ceiba (1) es la que difiere de las otras dos. El tamaño de muestra por estación fue 84 (Tabla 5).

COMPARACION	$X_b - X_a$	ES	q	p	$q_{0.05, n, p}$	CONCLUSIÓN
3 - 1	1.99	0.33	5.9	2	3.14	3 ≠ 1
3 - 2	0.44	0.33	1.33	1	2.77	3 = 2
2 - 1	1.55	0.33	4.69	1	2.77	2 ≠ 1

Tabla 5. Se muestra el resultado de la prueba de Tukey. En la primera columna se especifican las comparaciones de las estaciones de monitoreo, siendo 1: La Ceiba, 2: Pesca y 3: Rodman.



Gráfica 2. Análisis para determinar el número mínimo de muestras representativas por estación de muestreo a partir del estudio realizado por Livingston *et al.* (1976), en el cual empleo la relación $R=SE/x$, donde R = constante, SE = error standard, y x la media de las muestras. Siendo el nivel crítico igual a 0.30 ($\alpha = 0.05$), y cuyo valor coincide en las tres estaciones con 14 submuestras. ◆ La Ceiba, ▲ Pesca, ◻ Rodman.



Gráfica 3. Comparación entre las estaciones de muestreo de la variabilidad del peso seco de *Lobophora variegata* durante seis meses (octubre 1995 - abril 1996). a) La Ceiba, b) Pesca, c) Astilleros Rodman. La línea dentro de las cajas representa la mediana y las líneas que sobresalen son el valor más alto y más bajo de la muestra. Considere que las escalas no son las mismas en las tres gráficas.

DISCUSIÓN

Distribución.

El estudio de ordenación fue de valor predictivo ya que especificó claramente los atributos que intervinieron en la presencia de manchones de *Lobophora variegata*, siendo dos los más importantes: la profundidad y la fecha. Los manchones de *L. variegata* predominaron en profundidades de 2.1 - 4.0 m (rangos 2 y 3). El rango tres de profundidad predominó más en el lugar de estudio y corresponde a la zona de la laguna media.

En la fecha 2 se presenciaron mas manchones de *L. variegata* que en la fecha 1, esto se debio a que en la fecha 1 habían transcurrido algunos días después del huracán Roxana. Para ello recomiendo que en caso de retomar este método, registrar los datos cada quince días así como hacer un conteo anual, para observar los cambios que se puedan presentar en los manchones de *L. variegata*.

A partir de los trabajos realizados por Collado-Vides et al. (1994) y Bell y Hall (1997), en los cuales observaron que el desplazamiento de las algas benticas de la laguna de Bejorquez, Quintana Roo, y las algas de la la Bahía de Tampa, respectivamente, se comporta en relación a la dinámica de los vientos de la región. A partir de esto se puede inferir que los vientos pudieron influir en la distribución de los manchones de *L. variegata*, teniendo que en invierno de 1995 los vientos que predominaron en Puerto Morelos durante el invierno presentaron una dirección suroeste. En esta misma dirección se localizó la mayor parte de los manchones de *L. variegata* que se registraron.

Es posible que la salinidad y el tipo de sedimento influyeron en la distribución de manchones, estos atributos fueron estudiados por Bell y Hall (1997) en la Bahía de Tampa, donde observaron que la abundancia de las algas benticas está relacionada con la salinidad y el tipo de sedimento. La relación entre sedimento y alga es positivo pero no determinante.

Monitoreo.

En cuanto al monitoreo de manchones de *L. variegata*, en la gráfica 3 (A, B, C) se observa que la biomasa del alga en la estación La Ceiba durante el mes de marzo se registró la biomasa de mayor valor; en el mes de enero en la estación Pesca se incremento la biomasa, aquí cabe señalar que en ese mes se presentaron arribazones algales, siendo que en la playa frente a esta estación se encontró un arribazón algal de gran biomasa, en comparación con las otras playas localizadas frente a La Ceiba y Rodman.

Antes de la presencia del huracán Roxana se ubico un manchón de *L. variegata* de aproximadamente 500 m de diámetro, ubicado en la misma área donde se localizo la estación La Ceiba, es probable que esa zona es rica en nutrientes, por esta razón se sugiere el análisis de los mismos en diferentes zonas de la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

Para este tipo de trabajos, sugiero el establecimiento de más estaciones de monitoreo, considerando los diferentes ambientes que existen en la laguna arrecifal, registrar la distancia existente entre cada manchón; si se toman en cuenta a los organismos que habitan en el alga, es probable que se defina una relación entre la dinámica de *L. variegata* y el tipo de organismos que hospeda.

CAPITULO II

ESTUDIO DEL CAMBIO DEL VOLUMEN DE *Lobophora variegata*

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de *Lobophora variegata* ha sido estudiado por De Ruyter van Steveninck y Breeman (1987) en el arrecife de Curaçao. En dicha área trasplantaron el alga a diferentes profundidades, tomando en cuenta los parámetros de densidad y cobertura. Obtuvieron que en profundidades que van de 25 a 35 metros, el alga presentó una densidad de baja a media, la cobertura permaneció relativamente constante; en contraste, en zonas cuya profundidad fue de 3 a 12 metros, la cobertura y densidad de los trasplantes disminuyó.

Para este capítulo se aplicó la metodología empleada por Clifford (1972), quien midió el crecimiento relativo de hojas en plantas terrestres. El parámetro de crecimiento que considero Clifford fue el peso seco de las hojas y lo relacionó con la diferencia del tiempo.

En el presente capítulo se tiene por objetivo estudiar el cambio del volumen desplazado de una determinada cantidad de *L. variegata* a través de un cierto tiempo, en tres ambientes diferentes de la laguna arrecifal: cerca de la costa, media laguna y cerca del arrecife. El volumen desplazado se empleará para medir el crecimiento de *L. variegata* dentro de un manchón.

MÉTODO

EVALUACIÓN DEL VOLUMEN.

Procedimiento de campo.

Se emplearon quince jaulas fabricadas con varilla metálica y forradas con red de multifilamento de nylon con 0.5 cm de luz (Figura 4). Las jaulas se utilizaron para evitar el desplazamiento del alga, incorporación de otros fragmentos algales y el efecto de la herbivoría por peces. De estas quince jaulas se eligieron cinco para cada zona asignada a la laguna arrecifal en frente de La Ceiba (Figura 5): zona 1 (a 100 m cerca de la costa), zona 2 (300 m de la costa, en laguna media) y zona 3 (500 m de la costa, cerca del arrecife).

De la misma zona donde se colocaron las jaulas, se colectaron láminas flotantes de *Lobophora variegata* que desplazaron 25 ml de agua, como cantidad inicial para el experimento. Se consideró como parámetro de crecimiento el volumen de *L. variegata* por desplazamiento de agua, sumergiendo el alga en una probeta de precisión de 1.0 ml. Con la técnica de buceo SCUBA se realizó el trabajo de campo. Este procedimiento se efectuó cada quince días durante los meses de marzo y abril de 1996.

Durante la medición del volumen desplazado fue necesario evitar al máximo el manipuleo para no someter el alga a un stress. Para eliminar el efecto de la jaula, las muestras de cada zona se colocaron en diferente jaula seleccionándola al azar, es decir, después de 15 días de haber iniciado el experimento, se registró el volumen de la muestra de la jaula 1 colocándola posteriormente en otra jaula, en la siguiente medición del volumen, la misma muestra se puso en otra jaula, y así hasta terminar el experimento. Las muestras de cada ambiente fueron tratadas de igual manera registrando la rotación de cada muestra.

Trabajo de gabinete.

Para conocer el comportamiento de los datos se calcularon las medidas de dispersión: media, error estándar, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación.

Por otro lado se determinó una tasa de crecimiento relativa según Clifford (1972), usando la siguiente fórmula considerando el volumen desplazado de *L. variegata* como parámetro de crecimiento:

$$R = \frac{\log V_2 - \log V_1}{(T_2 - T_1)}$$

donde R: tasa de crecimiento relativa; V_1 : volumen desplazado inicial; V_2 : volumen desplazado durante el período de monitoreo; T_1 : tiempo inicial; T_2 : período del monitoreo. La tasa de crecimiento relativa R es un parámetro de crecimiento en relación con su incremento exponencial.

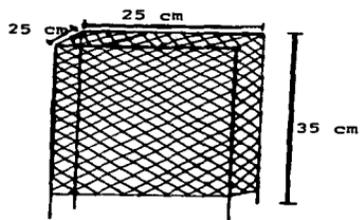


Figura 4. Tipo de jaula que se empleó en la metodología del capítulo III y IV.

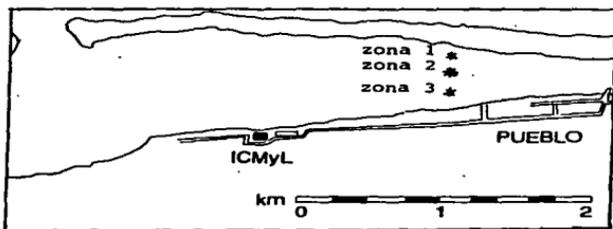


Figura 5. Ubicación de las muestras de *Lobophora variegata* que se eligieron para medir el volumen desplazado.

RESULTADOS

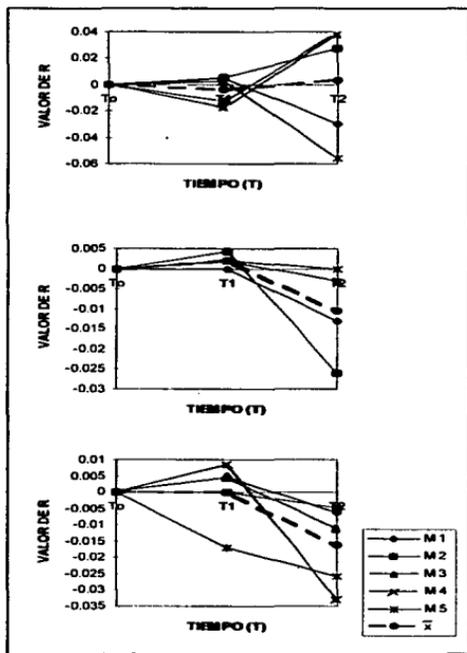
EVALUACIÓN DEL VOLUMEN.

Las medidas de dispersión correspondientes al cambio del volumen desplazado de *Lobophora variegata* por cada zona de estudio se muestran en la tabla 6, en la cual se observa que la media de las tres zonas fueron valores muy cercanos, así como la desviación standard y el error standard. La media de la zona 2 tuvo un valor muy cercano a su varianza, lo cual significa que *L. variegata* presentó un crecimiento con mucha variabilidad en la laguna media. La zona 1 tuvo más variación del volumen en comparación con las otras zonas. El volumen de las muestras localizadas en la zona 3 mostró un valor intermedio al de las zonas 1 y 2.

ZONA	Media	D. S.	E. S.	Varianza	C. V.
1 (Arrecife)	23.833	8.601	2.220	73.988	36.090
2 (Laguna media)	21.166	5.076	1.310	25.773	23.984
3 (Costa)	22.833	6.739	1.740	45.416	29.514

Tabla 6. Medidas de dispersión del cambio de volumen en la zona 1, 2 y 3 D. S.: desviación standard, E. S. : error standard, C. V. : coeficiente de variación.

En la gráfica 4 se observa la tasa de crecimiento relativa (R) de *L. variegata* en las tres zonas donde se colocaron las jaulas. La zona 1 (arrecife) fue la única zona donde el volumen de *L. variegata* aumentó en la mayoría de las muestras, tanto en el tiempo 1 como en el tiempo 2. En las zonas 2 y 3, en el tiempo 1 R incrementa su valor, siendo que para el tiempo 2 éste disminuye.



Gráfica 4. Valores del crecimiento relativo de *Lobophora variegata* en las zonas donde se efectuó el experimento. A: arrecife, B: laguna media, C: cerca de la costa. R: tasa de crecimiento relativa. M: muestra. To: tiempo cero (8 de marzo), T1: tiempo 1 (28 de marzo), T2: tiempo 2 (18 de abril). La línea punteada representa la tasa de crecimiento relativa promedio.

DISCUSIÓN

La diferencia del incremento del volumen desplazado por *Lobophora variegata* en las tres zonas, tal vez se debió a que las muestras ubicadas cerca al arrecife contaron con la protección del mismo, por lo tanto los movimientos del agua no eran tan fuertes en esa zona como los que se aprecian en la laguna media o cerca de la costa.

Al momento de medir el volumen desplazado el alga se sometió a un stress, esto sucedió al quitar el exceso de agua y así poder medir el volumen lo más exacto posible. Tal vez provocó que el cambio del volumen no fuera notorio en algunas mediciones.

El sedimento pudo intervenir en el experimento, porque al presentarse movimientos de agua una parte de éste es levantado, y al depositarse sobre algunas láminas de *L. variegata* pudo inhibir la fotosíntesis, absorción de nutrientes necesarios para el metabolismo del alga. Para este método se recomienda emplear un tamaño de jaula mucho más grande, teniendo cuidado de que la malla sea la adecuada para permitir un reflujos del sedimento y no se acumule sobre el alga; y realizar como control un monitoreo de la biomasa de *L. variegata* ubicada fuera de las jaulas. Para tener una descripción más amplia y completa del ambiente donde se localizan los manchones de *L. variegata*, sería adecuado medir en cada zona donde se colocan las jaulas, los parámetros que se registran y los que se recomiendan considerar en el método del Capítulo I.

Con los resultados obtenidos en el método del presente capítulo, se sabe que *L. variegata* crece de manera diferente en los tres ambientes de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, siendo que en la zona del arrecife, R se mantiene casi constante. En cambio, en la zona de la laguna media y cerca de la costa, en el tiempo 1 R fue constante, pero en el tiempo 2 presenta una notable disminución. Cabe mencionar que estos resultados pudieron estar influenciados por la presencia de herbívoros que se encontraron en el sedimento de las jaulas. La malla empleada para la elaboración de las jaulas fue eficiente para evitar herbívoros mayores de 0.5 cm de ancho, pero quizá entraron organismos de menor talla.

CAPITULO III

OBSERVACIÓN Y EVALUACIÓN DEL DESPRENDIMIENTO DE *Lobophora* *variegata* ADHERIDA EN *Avrainvillea* spp.

INTRODUCCIÓN

En la laguna arrecifal de Puerto Morelos se encuentra a *Lobophora variegata*, en una fase flotante sobre arenales y en pastos marinos en pequeñas cantidades o formando manchones, y en una fase fija sobre sustratos bióticos y abióticos. El sustrato donde *L. variegata* se localizó con mayor frecuencia fue sobre *Avrainvillea* spp, macroalga que pertenece a la División Chlorophyta, y se caracteriza por tener una organización cenocítica, tipo de crecimiento multiaxial, filamentos moniliformes entremezclados formando un pseudoparénquima, talo diferenciado en estípite y fronda compacta, fijación al sustrato por filamentos rizoidales ramificados, que le permiten mantenerse al sustrato de manera enraizada (Taylor, 1972; Collado-Vides, 1992). Estas características anatómicas de *Avrainvillea* spp permiten que algas como *Udotea* spp, *Dictyosphaeria cavernosa* (Forsskal) Borgesen, *Penicillium* spp, *Rhipoocephalus* spp, *Valonia macrophysa* Kützting y otras macroalgas, se le adhieran.

Muchas algas café se fijan a cualquier tipo de sustrato, de manera que quedan adheridas como epífitas encontrando un sustrato que les permite crecer y/o reproducirse. Cuando el alga café es epífita y su sustrato se trata de un alga verde, la primera es comida por herbívoros y de esta manera sobrevive su sustrato (Tsuda, 1977; Norton y Mathieson 1983).

En algún momento las algas epífitas se desprenden de su sustrato, pero no se conoce si esto sucede cuando ha llegado a un tamaño determinado, o bien, si la fase reproductiva se ha concluido. A partir de esta cuestión, en el presente capítulo se estudió la manera de fijación de *L. variegata* sobre *Avrainvillea* spp, y se analizó el desprendimiento del alga café.

MÉTODO

FIJACIÓN

Procedimiento de campo.

Utilizando equipo de buceo SCUBA se realizó una colecta al azar de organismos de *Avrainvillea* spp con *Lobophora variegata* adherida, para la realización de cortes y observación de éstos en el laboratorio.

Procedimiento de laboratorio.

Las láminas de *L. variegata* con tejido de *Avrainvillea* se cortaron transversalmente con una navaja de rasurar de doble filo, éstos cortes se observaron al microscopio caracterizando la morfología y el nivel de organización de *L. variegata* apoyándose con la literatura con la finalidad de describir el vínculo anatómico entre los dos especímenes.

Trabajo de gabinete.

Se realizaron esquemas de las observaciones al microscopios.

DESPRENDIMIENTO.

Procedimiento de campo.

A un lado de la estación La Ceiba que se empleó para el monitoreo (Capítulo I), se colocaron jaulas (Figura 4) sobre diez especímenes de *Avainvillea* spp. con *L. variegata* adherida. Utilizando equipo de buceo SCUBA, cada dos semanas se midió el diámetro mayor de *L. variegata* así como su altura máxima, tomando como referencia el sustrato hasta su lámina de mayor altura. Se colectaron los fragmentos de *L. variegata* que se desprendieron. El trabajo de campo cubrió los meses de febrero, marzo y abril de 1996.

Procedimiento de laboratorio.

En el laboratorio se enjuagaron las láminas colectadas con agua dulce para eliminar la arena que se encontró en el alga. Posteriormente se midió el volumen, peso húmedo y peso seco de la siguiente manera:

- Volumen (ml): se midió el volumen por desplazamiento de agua sumergiendo el alga en probetas graduadas con precisión de 1.0 y 5.0 ml.

- Peso húmedo (g): se quitó el exceso de agua con un paño, después se pesó en balanza analítica. (marca OHAUS modelo GT480, con precisión de miligramos).

- Peso seco (g): para el secado, las muestras se colocaron durante dos semanas en un lugar ventilado y libre de la radiación solar. La balanza analítica empleada para la medición de esta variable fue la misma que se utilizó para medir el peso húmedo.

Trabajo de gabinete.

Se crearon gráficas representando los valores de los siguientes parámetros (variables independientes) medidos en el campo en el tiempo (Tn): altura, circunferencia y volumen del cilindro de *L. variegata* sobre *Avrainvillea* spp. El volumen del cilindro fue obtenido considerando que *L. variegata* adherida a *Avrainvillea* spp semejó una forma cilíndrica, se obtuvo la siguiente fórmula:

$$Vc = (A) (l)$$

donde Vc significó el volumen del cilindro, A representó el área y l el largo del cilindro. Cada uno de estos parámetros se graficaron con la biomasa desprendida (variable dependiente) medida en el tiempo Tn+1. Para observar si existió o no una relación entre ellos se aplicó el método de regresión lineal.

RESULTADOS

FIJACIÓN.

A *Lobophora variegata* se le halló fija sobre algas además de las pertenecientes al género *Avrainvillea*, en algas del género *Halimeda*, *Udotea*, *Valonia* y *Rhipocephalus*, de todos éstos géneros, *Valonia* es la única alga que no es cenocítica (Figura 6). Los substratos no bióticos sobre los cuales se adhirió *L. variegata* fueron: rocas, metales oxidados, cuerdas de plástico y estructuras pequeñas de cemento, pero en estos tipos de substrato no estuvo tan fuertemente adherida como en *Avrainvillea* spp.

La fijación de *L. variegata* sobre *Avrainvillea* spp fue activo por el desarrollo de estructuras dendroides en la parte terminal de algunos rizoides (Figura 7b). Los rizoides crecen a partir de las células corticales de *L. variegata* (Figura 7a). Las estructuras dendroides en conjunto con los filamentos de *Avrainvillea* spp formaron una red de multifilamentos (figura 8), permitiendo a *L. variegata* unirse muy fuerte resultando la recolonización rápida después de la eliminación de manchones flotantes producida por un disturbio físico, como lo fue el huracán Roxana; además de que se incrementó el número de refugios para organismos pequeños, que tal vez se reproducen y/o crecen en *L. variegata*.

Durante el trabajo de campo se observó que la cobertura (estimada visualmente) y la altura de *Avrainvillea* spp difieren según la zona de la laguna arrecifal en que se encuentre teniendo que, cerca de la costa (50 m aproximadamente) presentó una cobertura y tamaño regulares, en la laguna media la cobertura fue mayor, así como el tamaño. La cobertura y el tamaño fueron menor cerca del arrecife.

Figura 6. Géneros de macroalgas que *Lobophora variegata* empleó como sustrato. A: *Avrainvillea*, B: *Halimeda*, C: *Penicillus*, D: *Ripocephalus*, E: *Avrainvillea*, F: *Udotea*. Lo que está dentro de cada círculo son láminas de *L. variegata* adheridas a la macroalga.



A.



B.

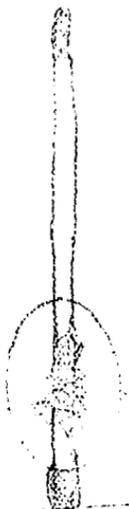


C.



D.

3.5 cm



E.



F.

Figura 6.

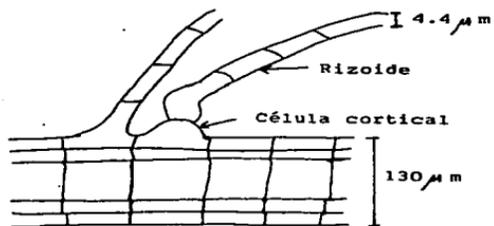


Figura 7a: Corte transversal de *Lobophora variegata*. (10 x)

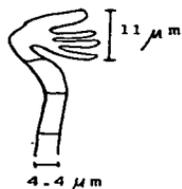


Figura 7b. Estructura dendroide. (10 x)

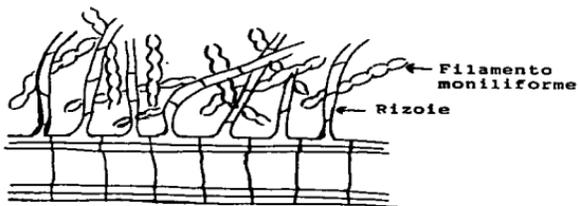


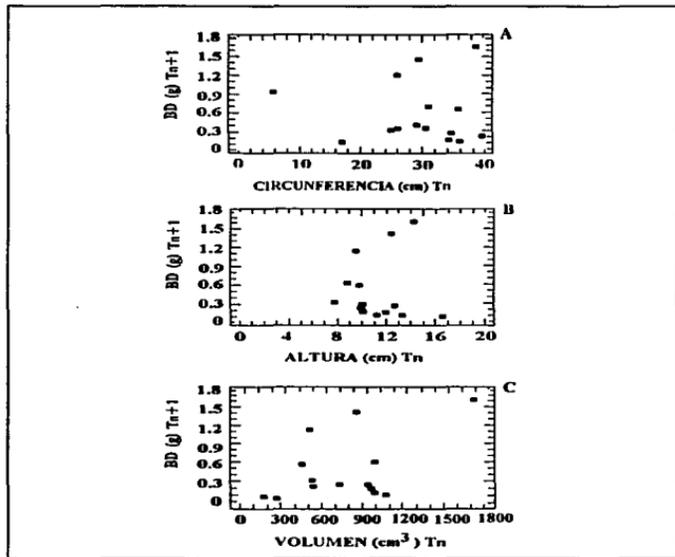
Figura 8. Red de multifilamentos creada por el entrelazamiento de los filamentos moniformes de *Avrainvillea* spp y los rizoides de *Lobophora variegata*. (4x).

DESPRENDIMIENTO

El método de regresión lineal mostró que no existe una relación entre la biomasa desprendida con la altura, circunferencia y volumen del cilindro de *L. variegata* sobre *Avrainvillea* spp, ya que R^2 tuvo valores muy pequeños (Tabla 7 y Gráfica 5)

PARAMETROS	R^2	COEFICIENTE DE X	CONSTANTE
Circunferencia	0.067585	0.014152	-0.19827
Altura	1.14 E-07	-4E-05	0.197612
Volumen del cilindro	0.138525	0.000406	-0.06718

Tabla 7. A partir del análisis de regresión lineal, en esta tabla se representan los valores del análisis: R^2 , coeficiente de x y constante, para cada parámetro.



Gráfica 5. Comparación de los parámetros de *Lobophora variegata* adherida a *Avrainvillea* spp con la biomasa despredada (BD). Cada valor de la circunferencia, altura y volumen en un tiempo Tn, estuvo relacionado con un valor de la biomasa despredada en un tiempo Tn+1.

DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, se infirió que *Lobophora variegata* al estar adherida a algún sustrato, creció y después se desprenden fragmentos. Cabe mencionar que durante el trabajo de campo se observó que en diversos manchones de *L. variegata*, hubo láminas con una zona de color café oscuro en su base, siendo que esas láminas se desprendieron fácilmente. Dicha coloración fue semejante a la reportada en *Macrocystis pyrifera* por Gerard y Kirkman (1984), por medio de la cual el alga se reproduce por fragmentación.

En el desprendimiento de *L. variegata*, la acción de herbívoros juega un papel importante, principalmente cuando los peces se alimentan del alga éstos desprenden fragmentos del alga, los cuales pueden formar agrupaciones e ir incrementando su biomasa hasta formar un manchón. Las láminas pueden ser desplazadas por los movimientos de agua, y gracias a su forma plegada quedan atoradas nuevamente en algún sustrato, como otras macroalgas, corales, esponjas y sustratos no bióticos (obs. per.).

Lembi y Waaland (1988) suponen que la herbivoría y los disturbios físicos son los factores principales que pueden conducir a una dispersión temporal. *L. variegata* es un caso de disgregación influenciada por la herbivoría. La propagación del alga en estudio puede estar influenciada por la variación en el grado de herbivoría y disturbios físicos (Coen y Tanner, 1989).

El análisis de regresión lineal indicó que la altura, la circunferencia y el volumen del cilindro no se relacionaron con la biomasa desprendida de *L. variegata*. La R^2 obtenida para los tres parámetros tuvo un valor muy bajo, quizá se debió a que el número de réplicas, el tiempo y/o los parámetros relacionados con la biomasa desprendida no fueron los adecuados.

Es importante considerar que en dos jaulas se observó la presencia de pequeños crustáceos, los cuales pudieron ser herbívoros, pero no existieron láminas con rastro de herbivoría. Para evitar esto, sugiero la fabricación de la jaula con un tipo de malla con luz más pequeña, además de realizar revisiones más constantes de las jaulas para detectar la presencia de herbívoros, así como tener más réplicas del experimento.

Para mejorar esta metodología, propongo la realización de cortes transversales de *L. variegata* adherida no sólo a *Avrainvillea* spp, sino a los otros tipos de sustratos donde se encuentre, para saber si sólo cuando se adhiere y en cualquier sustrato desarrolla estructuras dendroides y si éstas varían en su cantidad, o bien de qué manera se fijan

DISCUSIÓN GENERAL

La estabilidad climática de los arrecifes es testificada por su persistencia, a pesar de que en áreas marginales donde los arrecifes han sido destruidos por causas naturales se recolonizan, aún en el caso de disturbios físicos como los huracanes o tormentas, donde las comunidades arrecifales disminuyen y posteriormente regeneran (Barnes y Mann, 1991).

El sistema arrecifal de Puerto Morelos, se encuentra en una zona sujeta al paso de huracanes, así como al permanente efecto de vientos (Merino y Otero, 1991). Estos disturbios afectan de manera diferencial a las macroalgas que forman parte del sistema arrecifal. La persistencia de las especies en el sistema arrecifal depende de distintas maneras de repoblar, una vez que los vientos y/o huracanes las sacan de sus sitios originales.

En el caso de *Lobophora variegata*, el presente estudio nos permitió reconocer la dinámica general que asegura la presencia de esta especie, a pesar de tener una parte de su población en forma flotante en el arrecife.

L. variegata, forma plegada, presentó un incremento en su cobertura a través de los últimos 5 años en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo (van Tussenbroek, com. per.). Sin embargo, debido al paso del huracán Roxana, los manchones flotantes de *L. variegata* fueron desplazados al norte de la laguna arrecifal provocando una arribazón algal, la cual ocupó aproximadamente 2 Km de playa, por lo que a mediados del otoño los manchones de *L. variegata* fueron escasos.

Los resultados de los capítulos 2 y 3 de este estudio muestran que existen dos alternativas principales para la recuperación de la población de *L. variegata* en el arrecife de Puerto Morelos: incrementando su volumen al estar cerca del arrecife, fijarse sobre un sustrato y desprenderse de éste, ya sea por efecto de la herbivoría o por fragmentación.

Con el estudio de la distribución de los manchones de *L. variegata*, se observó que la laguna arrecifal se regeneró considerablemente. La abundancia de los manchones del alga café fue mayor a finales del invierno, encontrando un mayor número a una profundidad de 2.1 a 4.0 m, a una distancia a la costa de 0 a 150 m, y en acompañantes, en los cuales *Thalassia testudinum* presentó una cobertura de 40 % y 20 % con presencia de *Avrainvillea* spp. La presencia de manchones de *L. variegata* fue ubicada al suroeste del área de estudio, debido a que los vientos dominantes en invierno presentaron la misma dirección.

Los manchones que se localizaron aproximadamente a 100 m de la costa, no variaron en su biomasa durante el periodo de muestreo. Los efectos climáticos, como los nortes, afectaron de igual manera a dichos manchones, así como el efecto de la herbivoría, ya que se localizaron en ambientes similares. Cabe mencionar que en algunos manchones se registró en los cuadrantes de muestreo hasta un 100% de cobertura de *L. variegata*.

Por otro lado se observó que *L. variegata*, forma plegada, es una alga flotante que en algún momento de su ciclo de vida se fija a un sustrato a partir del cual crece y/o se reproduce. Al respecto Norton y Mathieson (1983), mencionan que las poblaciones flotantes se originan a partir de poblaciones fijas.

Durante el trabajo de campo del presente estudio, *L. variegata* se encontró más frecuentemente adherida sobre *Avrainvillea* spp. *L. variegata* desarrolla estructuras dendroides en algunos rizoides mientras se encuentra adherida sobre *Avrainvillea* spp. No se sabe si la especie en estudio contiene dichas estructuras al estar sobre otro tipo de sustrato o al estar libre. Pero gracias a los dendroides y a los filamentos de *Avrainvillea* spp, se forma una especie de red que permite una adhesión muy fuerte. La adhesión a sustrato permitieron a *L. variegata* persistir en el sistema arrecifal de Puerto Morelos, a pesar del paso del huracán Roxana.

L. variegata habita en zonas con un grado de herbivoría alto, eso puede tener efecto en el desprendimiento del alga cuando se encuentra adherida a algún sustrato (Coen y Tanner, 1989; Lembi y Waaland, 1988), o cuando el tejido de la base de las láminas muere, dando como resultado la incorporación de los fragmentos libres a otro manchón. Gerard y Kirkman (1984) observan que en la parte terminal de las ramas *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh se muere, por lo que se ocasiona un desprendimiento, dando como resultado la reproducción por fragmentación.

Con los resultados que se obtuvieron en este estudio, se propone una dinámica de los manchones de *L. variegata* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, en donde se especifica que cuando crece un manchón flotante de *L. variegata* se generan fragmentos, los cuales son desplazados por movimientos de agua, incorporándose a una población pequeña de *L. variegata* para formar otro manchón flotante, o bien, los fragmentos se adhieren en algún sustrato y cuando se desprenden, ya sea por herbivoría o fragmentación, son desplazados por movimientos de agua para formar un nuevo manchón flotante (figura 9).

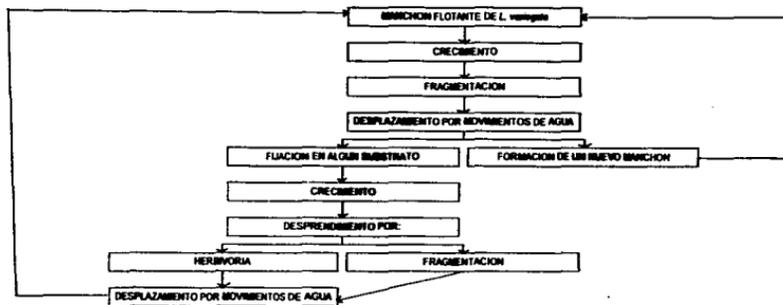


Figura 9. Dinámica de los manchones de *Lobophora variegata* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

PERSPECTIVAS

Este estudio se realizó con la finalidad de enriquecer la información de las algas flotantes y conocer una parte de la biología de *Lobophora variegata*, ya que al pertenecer al grupo de las algas cafées tienen las siguientes características:

Los organismos que forman parte del grupo de Phaeophyta, cuentan con una defensa química produciendo compuestos que pueden ser tóxicos o desagradables en su sabor. A estos compuestos se les llama metabolitos secundarios, porque son pequeñas moléculas orgánicas que representan a los intermediarios en la biosíntesis o en la degradación de las moléculas sillas y de las macromoléculas (Lehninger, 1985). Se propone que la defensa química de las algas cafées decrece cuando disminuyen los niveles de depredación (Loban & Harrison, 1994).

El tipo de compuestos químicos que producen algunas algas cafées de zonas subtropicales son polifenoles o fluorotaninos, con un alto contenido (arriba del 20 % del peso seco) (Loban y Harrison, 1994). A estos compuestos se les llama comúnmente taninos, pero de diferente estructura química a los de las plantas superiores. Los polifenoles no constituyen toda la estrategia de defensa en las algas cafées. la familia Dictyotaceae (a la que pertenece *L. variegata*), produce una mezcla compleja de compuestos químicos tóxicos, como el diterpenoide paquidictiol-A (Hay y Fenical, 1988).

Los ficocoloides son compuestos característicos de las algas cafées. Los ficocoloides son empleados en muchos alimentos y otros productos de consumo humano. Muchas especies de algas cafées son cultivadas para la extracción de alginatos, usados en las pastas dentales, píldoras y aderezos. Durante la guerra mundial, se extraía de las algas cafées potasa y acetona para la fabricación de pólvora (Lerinton, 1995).

Para saber si *L. variegata* puede ser explotada como un recurso, sugiero la realización de estudios químicos para las tres formas morfológicas de *L. variegata*, así como el monitoreo, un estudio de herbivoría y reproducción, de las tres formas morfológicas, con la finalidad de tener un estudio más completo de la especie, ya que en observaciones personales efectuadas en otras zonas arrecifales de Quintana Roo, como Tulum, Cozumel y Banco Chinchorro, *L. variegata* ocupa hasta un 100 % de cobertura, en manchones de aproximadamente 1 Km en su diámetro más grande, además se observó que son depredadas en diferentes grados por varias especies de peces.

El presente trabajo aportó un conocimiento más para la Ficología, específicamente para el estudio de las algas flotantes en el Caribe. Una vez conocida la importancia que tiene la dinámica de manchones de *Lobophora variegata* (Lamouroux) Womersley, forma plegada, en un sistema arrecifal, espero que se amplíe el estudio biológico de dicha especie, además de la continuación de una investigación abordando el tema de la herbivoría, reproducción y hacer un estudio químico, como anteriormente lo menciono.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rosas, M.** 1990. Título en Navarro, L. D. y J. G. Robinson (eds.). Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. pp 13 -34.
- Barnes, R. S. K. y K. M. Mann.** 1991. Fundamentals of aquatic ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 270 pp.
- Bell, S.S. y M. O. Hall.** 1997. Drift macroalgal abundance in seagrass beds: investigating large-scale associations with physical and biotic attributes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 147: 277 - 283.
- Bold, H. C. y M. J. Wynne.** 1978. Introduction to th algae. Structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc., 706 pp.
- Castillo-Arenas, G. C. y K.M. Dreckmann.** 1995. Composición taxonómica de las arribazones algales en el Caribe mexicano. Cryptogamie, Algol. 16 (2): 115 - 123.
- Chapman, V. J. y D. J. Chapman.** 1980. Seaweeds and their uses. 3a. ed. Chapman and Hall Ltd., USA. 344 pp.
- Clifford, E. G.** 1972. The quantitative analysis of plant growth. Univ. Calif. Press., Los Angeles. pp.
- Coen, L.D. y Ch. E., Tanner.** 1989. Morphological variation and differential susceptibility to herbivory in the tropical brown alga *Lobophora variegata*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 54: 287 - 298.
- Collado-Vides, L. y J., González-González.** 1993. Macroalgas del sistema lagunar de Nichupté, Quintana Roo. Com. Nat. Biod. y CIQRO. 752 - 760 pp.
- Collado-Vides, L., J., González-González y M., Gold-Morgan.** 1994. A descriptive approach to the floating masses of algae of a Mexican Caribbean coastal lagoon. Bot. Mar. 37: 391 - 396.
- Collado-Vides L., I. Ortigón-Aznar, L. Comba, A. Senties y J. González González** (sometida 1997). Macroalgae of Puerto Morelos reed, Mexican Caribbean. Algologie Cryptogamie.
- Dawes, C. J.** 1986. Botánica Marina. Limusa, México. 673 pp.

De Lara-Isaasi, G. 1997. Las macroalgas marinas como fuente de sustancias biológicamente activas: una evaluación para las costas mexicanas. Tes. Doc., Fac. Cienc., UNAM.

De Ruyter van Steveninck, E.D. y A. M., Breeman. 1987. Deep water vegetations of *Lobophora variegata* (Phaeophyceae) in the coral reef of Curaçao: population dynamics in relation to mass mortality of the sea urchin *Diadema antillarum*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 36: 81-90.

De Ruyter van Steveninck, E.D. de y A. M., Breeman. 1987 Deep water populations of *Lobophora variegata* (Phaeophyceae) on the coral reef of Curaçao: influence of grazing and dispersal on distribution patterns. Mar. Ecol. Prog. Ser. 38: 241 - 250.

De Ruyter van Steveninck, E. D., L. L. Van Mulekom y A. M. Breeman. 1988a. Growth inhibition of *Lobophora variegata* (Lamouroux) Womersley by scleractinian corals. J. Exp. Mar. Bio. Ecol. 115 (2): 169 - 178.

De Ruyter van Steveninck, E. D. de, P., Kamermans y A.M. Breeman. 1988b. Importance of physical and biological processes in structuring tropical intertidal populations of *Lobophora variegata* (Phaeophyceae). Mar. Ecol. Prog. Ser. 44: 77 - 84.

Gerad, V. A. y H. Kirkman. 1984. Ecological Observations on a Brached, Loose-lying Form of *Macrocystis pyrifera* (L.). C. Agardh in New Zealand. Bot. Mar. Vol. XXVII: 105-109.

Gómez-Pedrozo, C.A. 1987. Taxonomía y variaciones espacio-temporales de las algas marinas bentónicas de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tes. Lic., Fac. Cien. Mar., UABC, Ensenada. 66 pp.niv.

Gutiérrez, D., C. García-Sáez, M. Lara, C. Padilla, J. Pizaña y R. Macías. 1993. Caracterización de los arrecifes coralinos de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Ser. Doc. Am. de Sian Ka'an, A. C. (Ed.). Dic. (1): 1 - 47.

Gutiérrez, D., G. García, R. M. Loreto y T. Camarena. 1995. Caracterización de los arrecifes coralinos en el Corredor Cancún-Tulum, Quintana Roo, México. In: Sian Ka'an, Ser. Doc. Am. de Sian Ka'an, A. C. (Ed.). Dic. (4): 3 - 39.

- García, G. y R. M. Loreto.** 1997. Caracterización de arrecifes de Isla Cozumel. Am. de Sian Ka'an, A. C. Rep. Int.
- García, G. y R. M. Loreto.** 1997. Caracterización de arrecifes de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro. Am. de Sian Ka'an, A. C. Rep. Prelim.
- Hay, M. E. y W. Fenical.** 1988. Chemically-mediated seaweed herbivore interactions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19: 111 - 145.
- James, F. C. y Ch. E. McCulloch.** 1990. Multivariate analysis in ecology and systematics: panacea or Pandora's box? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21: 129 - 66.
- Jongman, R. H., C. J. F. Braak y O. F. R. van Tongeren.** 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc. Wageningen, Netherlands. Cap. 5 y 6.
- Jordán, E., M. Merino, O. Moreno y E. Martín.** 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila.* (2): 303 - 308.
- Lehninger, A. L.** 1985. *Bioquímica.* Omega, Barcelona. pp 377
- Lembi, C. y R. Walland.** 1988. *Algae and human affairs.* Cambridge Univ. Press, Cambridge 590 pp.
- León-Tejera, H. P.** 1980. Abundancia y distribución de algunas macroalgas arrecifales del Caribe Mexicano. Tes. Lic., Fac. Cienc., UNAM. 50 pp.
- Lerinton, J. S.** 1995. *Marine Biology.* Function, biodiversity, ecology. Oxford Univ., New York. pp 239 - 241.
- Little, D., M. Little, K. Bucher y J. Norris.** 1990. Marine plants of the Caribbean. *Smithson. Inst. Press, Washington.* 263 pp.
- Livingston, R. J.** 1976. Determination of sampling strategy for benthic macrophytes in polluted and unpolluted coastal areas. *Bulletin of marine science,* 26 (4): 569-575.
- Lobban, Ch. S. y P. J., Harrison.** 1994. *Seaweed Ecology and Physiology.* Cambridge, 366 pp.
- Margulis, L. J. O. Courliass, M. Melkorian y D. J. Chapman.** 1989. *Handbook of Protozoa.* Heather Mckhann, Los Angeles. 914 pp.

- Marques-Cantú, M.J.** (de). 1988. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas. U.N.A.M., México. 657 pp.
- Mateo-Cid, L. E. y A. C. Mendoza-González.** 1991. Algas marinas bénticas de la Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Act. Bot. Mex. 16: 57 - 87.
- Merino-Ibarra, M. y L. Otero-Dávalos.** 1991. Atlas ambiental costero, Puerto Morelos, Quintana Roo. ICMYL, UNAM y Cen. Inves. Quintana Roo, México. 80 pp.
- Netscape. National Weather Service de Tallahassee.** <http://www.met.fsu.edu, alternativa: nws/severe.htm/>
- Norkko, A. y E. Bonsdorff.** 1996. Populations responses of coastal zoobenthos to stress induced by drifting algal mats. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 140: 141-151.
- Norton, T. A. y A. C. Mathieson.** 1983. The biology of unattached seaweeds. Prog. Phy. Res. 2: 233 - 386.
- SEP.** 1982. Quintana Roo. Monografía Estatal. México. 284 pp.
- Serviere-Zaragoza, E., L. Collado-vides y J. González-González.** 1992. Caracterización ficológica de la Laguna de Bojórquez, Quintana Roo, México. Caribb. J. Sci. 28 (3 - 4): 126 - 133.
- Suárez, A.M., L. Collado-Vides y J. González-González.** 1996. Estudio comparativo de la ficoflora del Caribe de Mexico y Cuba. Rev. Invest. Mar. Cuba 17 (1): 9-16.
- Taylor, W. R.** 1972. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. Univ. Mich. Press, USA. p 231.
- Tongeren, O. Van.** 1986. Flexclus, an interactive program for classification and tabulation of ecological data. Acta Bot. Neerl. 35 (3): 137 - 142.
- Torres-Mejía, E.** 1991. Zonación de macroalgas bentónicas en el arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tes. Lic., Fa. Cienc., UNAM. 64 pp.
- Tsuda, R. T.** 1977. Zonational patterns of the Phaeophyta (brown algae) on Guam's fringing reefs. Proc. Third Intern. Coral Reef Symposium. Univ. Miami, USA. pp 371-376.

Womersley, H.B.S. 1967. Marine algae of southern Australia. II. Australian J. Bot. pp. 221 - 222.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood. 2a. Ed. 718 pp.

Zieman, J. y R. Zieman. 1989. The ecology of the seagrass meadows of the west coast of Florida. A community profile. Ecol. Rep. 85 (7): 25.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera muy especial a todas las personas que se mencionan en el siguiente párrafo, por permitirme trabajar a su lado y por dar el apoyo necesario para la realización de este trabajo:

Comienzo comentando que el presente trabajo forma parte del subproyecto "Flora Ficológica del Caribe Mexicano" (financiado por DGAPA proyecto IN 205594), bajo la dirección del Dr. Jorge González González y de la Dra. Ligia Collado Vides, investigadores del laboratorio de Ficología, Facultad de Ciencias, UNAM, y del proyecto "Ecología de los pastizales marinos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos" (financiado por ICMYL) del cual está a cargo la Dra. Brigitta I van Tussenbroek R., investigadora del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Estación Puerto Morelos. Esta última dependencia de la UNAM apoyó para la realización de este trabajo otorgando la estancia habitacional, estancia en laboratorio, material para el trabajo de campo (embarcación, equipo SCUBA) y equipo de cómputo. Por medio del proyecto DGAPA IN 205594 y del patronato de la UNAM, se obtuvo el apoyo de dos becas-tesis durante el desarrollo del estudio.

Gracias a la Asociación Civil Amigos de Sian Ka'an, por proporcionar de manera desinteresada el sistema de cómputo durante la etapa final de este trabajo.

Agradezco a mis sinodales M. en C. Abel Senties, M. en C. Silvia Castillo y M. en C. Norma López, por su asesoría y por todos los comentarios para que este trabajo se realizara de la mejor manera.

De manera muy particular agradezco a :

Mis padres: Aurelio y Otilia, por el amor, educación, apoyo y entusiasmo para mi crecimiento en todos los aspectos, pero principalmente por enseñarme el gran valor que tienen una familia unida.

Mi esposo Gerardo por su amor, comprensión, respeto, apoyo y por todos los momentos que hemos pasado juntos. Aprovecho una ocasión más para expresar el Amor que siento por él.

Mis hermanos: Leticia, Mónica, Aurelio y Verónica por su cariño, por los momentos divertidos, por su comprensión y por la ayuda que me brindaron en el momento preciso.

Mis queridísimas y tremendas sobrinas: Leticia, Lilia y Mónica, que a pesar de su corta edad, me motivaron para rescatar la alegría, energía y vitalidad que un niño tiene y que debería de conservarse por siempre. Espero que este trabajo sea parte de su motivación para superarse.

Mis mejores amigas de la Prepa y Universidad: Tere Trejo y Gina Leyva, por su amistad, cariño y sinceridad en todo momento.

Mi entrenador de natación: Ediberto (Mac), por su amistad y enseñanzas que me ayudaron para mi superación personal, y que sólo un entrenador excelente sabe otorgar a sus deportistas.

Todos los maestros, desde los que me enseñaron las primeras letras hasta con quienes aún comparto el trabajo escolar universitario.

Todos los investigadores y técnicos de la estación Puerto Morelos, que de alguna forma hicieron posible este trabajo.

Mis compañeros con quienes compartí la mayor parte de mi estancia en la Estación de Puerto Morelos y que ahora son mis amigos: Jaime, Erick, Luis, Daniel y Suria.

Las secretarías de la Estación y que ahora son mis amigas: Marcy y Judith, por su amistad, apoyo y porras que me brindaron para seguir adelante.

Elena Torres y Gabriela Reyes por colaborar en el trabajo de campo.

Todo el staff de la estación que me faltó mencionar, por la ayuda y simpatía que nunca dudaron en brindarme.

Todos mis compañeros del laboratorio de Fisiología, por ayudarme en la impresión final de este trabajo: Enrique, Francisco y Delia.

A TODOS USTEDES: GRACIAS.