

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

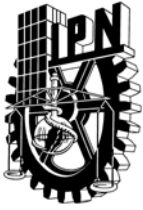
CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 25 del mes Noviembre del año 2003, el (la) que suscribe JOSÉ MANUEL BORGES SOUZA, alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B970804 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. ERNESTO AARÓN CHÁVEZ ORTIZ y cede los derechos del trabajo titulado: **“ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA DE LOS ARRECIFES CORALINOS DE QUINTANA ROO, MÉXICO”** al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: bosm010371@hotmail.com
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


JOSÉ MANUEL BORGES SOUZA

hombre y firma



Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Departamento de Pesquería y Biología Marina



Estructura y composición de la comunidad bentónica de los
arrecifes de Quintana Roo, México.

Tesis:

Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias con
Especialidad en Manejo de
Recursos Marinos

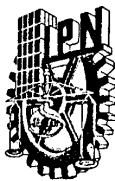


Presenta:

Biol. Mar. José Manuel Borges-Souza

La Paz, Baja California Sur.

2003



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

CGPI-14

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 30 del mes de mayo del 2002 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA DE
LOS ARRECIFES CORALINOS DE QUINTANA ROO, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

BORGES

Apellido paterno

SOUZA

materno

JOSÉ MANUEL

nombre(s)

Con registro:

9	7	0	8	0	4
---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

PRESIDENTE

DR. ERNESTO AARON CHAVEZ ORTIZ

SECRETARIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

SEGUNDO VOCAL

TERCER VOCAL

MC. JOSÉ LUIS CASTRO ORTIZ

MC. ARTURO TRIPP QUEZADA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION

Dedicatoria

A mis Padres por ser guías en mi vida y ejemplo a seguir.

Un pequeño homenaje a todo su esfuerzo.

A g r a d e c i m i e n t o s

Al Dr. Ernesto Chávez Ortíz por todo el apoyo otorgando durante la dirección de esta tesis, por su eterna paciencia y tolerancia y por ser un buen amigo. Gracias.

Especial agradecimiento a la comisión revisora, por sus acertados comentarios y sugerencias, M. en C. Arturo Tripp Quezada, M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero, M. en C. José Luis Castro Ortíz y en especial al Dr. Francisco Arreguín-Sánchez, por la confianza otorgada, por ser un buen amigo y excelente profesor. Gracias Paco.

A un gran amigo Manuel Jesús Zetina Rejón. Gracias por compartir todas esas gratas experiencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado.

A todos los compañeros del CICIMAR, ustedes saben quienes son.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la obtención de datos para esta tesis.

A mi familia; hermanos, tíos, primos, abuelos. Que nunca han dejado de confiar en mi. A ustedes me debo.

Gracias especialmente a Georgina Jiménez García, por su compañía, comprensión y amor. Gracias por estar a mi lado Gina.

CONTENIDO

GLOSARIO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
A. ANTECEDENTES	6
B. ÁREA DE ESTUDIO	12
II. OBJETIVOS	15
A. OBJETIVO GENERAL	15
B. METAS	15
III. METODOLOGÍA	16
A. Transecto Fotográfico	16
B. Estandarización	17
C. Descripción de la Comunidad	18
D. Patrones Estructurales	20
IV. RESULTADOS	22
A. Composición específica	22
B. Patrones Estructurales	27
a) Arrecifes del estrato somero 1 a 15m	27
b) Arrecifes del estrato profundo 15 a 30m	30
c) Zonación	32
d) Arrecifes de Sotavento	33
e) Arrecifes de Barlovento	33
f) Arrecifes Someros	34
g) Arrecifes Profundos	34

h) Espectro de diversidad en los arrecifes de barlovento y sotavento -----	35
i) Espectro de diversidad en los arrecifes someros y profundos-----	35
j) Análisis multifactorial-----	36
<i>V. DISCUSIÓN</i> -----	38
A. Método -----	38
B. Composición -----	39
C. Zonación -----	43
<i>VI. CONCLUSIONES</i> -----	45
<i>VII. LITERATURA CITADA</i> -----	47
<i>ANEXO</i> -----	<i>XLII</i>

GLOSARIO

- Arrecife coralino:** Levantamiento o masa de material calizo construido por material detrítico depositado alrededor de un entramado de moluscos, corales coloniales y algas calcáreas masivas (Weihaupt, 1984).
- Arrecife de barrera:** Arrecifes coralinos caracterizados por estar pegados a la costa y frecuentemente están constituidos por el frente arrecifal que constituye una rompiente y un talud que puede penetrar hasta 60 m de profundidad (Chávez, 1988).
- Arrecife de plataforma:** El arrecife de plataforma es un banco arrecifal que emerge del fondo marino; generalmente está alejado de la costa y forma una explanada superficial que puede o no contener uno o más cayos arenosos; así mismo, puede presentar una laguna generalmente poco profunda en su interior (Chávez, 1988).
- Atolón:** Arrecife en forma de anillo que encierra una laguna en la cual no hay tierra y que está rodeada por el mar abierto (Weihaupt, 1984).
- Algas:** Organismo fotosintético unicelular o multicelular simple que carece de órganos sexuales multicelulares (Weihaupt, 1984).
- Barlovento:** Con referencia a la estructura arrecifal, es la parte del arrecife que está expuesta a la acción del viento.
- Bentos:** Todo organismo que interactúa directamente con el fondo, ya sea dentro, sobre o encima de él, para alimentarse, reproducirse o refugiarse. La mayoría de estos organismos son sésiles, aunque una parte importante de ellos se desplazan libremente por el fondo.

- Biocenosis:** Según Sukachev y Dylis, una biocenosis es una combinación, en un área específica de la superficie de la tierra, de fenómenos naturales homogéneos (atmósfera, estratos minerales, plantas, animales, bacterias, suelo y condiciones hídricas) existiendo un tipo específico de interacción entre estos componentes y un tipo definido de intercambio de materia y energía entre ellos y con otros fenómenos naturales, representando una unidad dialéctica internamente contradictoria que está en continuo movimiento y desarrollo (Margalef 1974).
- Colonia:** Grupo de organismos que viven juntos en íntima asociación (Margalef, 1974).
- Corrientes:** Flujos de agua producidas por la acción de la marea, del viento del efecto de la rotación de la tierra y de la topografía submarina, que mantiene las aguas de los océanos en movimiento constante.
- Comunidad:** Asociación de poblaciones que interactúan (Margalef, 1974).
- Dominancia:** Capacidad de un grupo de organismos, en virtud de su tamaño, cantidad o comportamiento, para ejercer un control de su ambiente y, por ende, determinar que otro tipo de organismo existe en ese ecosistema (Margalef, 1974).
- Diversidad:** Es una expresión de la estructura que resulta de las formas de interacción entre elementos de un sistema (Margalef, 1974).
- Esponjas:** Son los más primitivos de los animales multicelulares. No poseen tejido ni órganos verdaderos, y sus células presentan cierta independencia. Todos los miembros del

- filo son sésiles y sus movimientos son apenas apreciables (Barnes, 1977).
- Equidad: La igualdad de la distribución en los patrones de abundancia de cada especie; la máxima equidad ocurre cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Krebs, 1978).
- Hexacorales: Son denominados corales pétreos, escleractinios o madreporicos, organismos productores de un esqueleto de carbonato de calcio, algunos miembros son solitarios aunque en su mayoría son coloniales. Formando estructuras conocidas como arrecifes (Barnes, 1977).
- Marea: La elevación y descenso periódico de los océanos y de la atmósfera terrestres. Es causada por las fuerzas de gravitación de la luna y el sol, actuando sobre la tierra en rotación (Weihs, 1984).
- Nicho ecológico: Descripción de los papeles y asociaciones de una determinada especie en la comunidad de la cual forma parte; manera en que un organismo interactúa con las partes bióticas y abióticas de su ambiente (Margalef, 1974).
- Octocorales: Los octocorales son cnidarios coloniales con pólipos pequeños unidos por masas de tejido llamado cénenquima. Entre los miembros más comunes destacan las gorgonias que incluyen las plumas de mar y abanicos de mar. Los gorgónidos son miembros corrientes y conspicuos de la fauna arrecifal (Barnes, 1977).
- Sotavento: Con referencia a la estructura arrecifal, es la parte del arrecife que está protegida de la acción del viento.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abundancia de la comunidad bentónica identificadas en los arrecifes de Quintana Roo, México. * Indica las especies que se presentaron en todos los arrecifes. (Col-Colombia, Che-Chemuyil, Cha-Chankanaab, Pal-Palancar, Maj-Majahual y Aku-Akumal)

Tabla 2. Listado taxonómico de las especies identificadas en los arrecifes de Quintana Roo, México.

Tabla 3. Valores del espectro de diversidad, diversidad máxima y mínima y equidad de los arrecifes de Quintana Roo, México.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Area de estudio, Quintana Roo México.

Figura 2. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Colombia, Q. Roo, México. A 6-7m de profundidad.

Figura 3. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. A 20-27m de profundidad.

Figura 4. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. A 6 m de profundidad.

Figura 5. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. A 30 m de profundidad.

Figura 6. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Palancar, Q.Roo, México. A 16-20 m de profundidad.

Figura 7. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Palancar, Q.Roo, México. A 17-22 m de profundidad.

Figura 8. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Palancar, Q.Roo, México. A 27m de profundidad.

Figura 9. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Majahual, Q.Roo, México. A 1-6 m de profundidad.

Figura 10. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Majahual, Q.Roo, México. A 6-7 m de profundidad.

- Figura 11. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Akumal, Q.Roo, México. A 8 m de profundidad.
- Figura 12. Dominancia específica en porcentaje del arrecife Colombia, Q. Roo, México. A 6-7m de profundidad. Calculado con el Índice de Valor Biológico de Sanders.
- Figura 13. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Colombia Q. Roo, México. A 6-7m de profundidad.
- Figura 14. Dominancia específica del arrecife Chankanaab Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 15. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6m.
- Figura 16. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 1-6 m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 17. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 1-6m.
- Figura 18. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 19. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m.
- Figura 20. Dominancia específica del arrecife Akumal, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 8m. Calculado con el Índice Biológico de Sanders.
- Figura 21. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Akumal Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 8m.
- Figura 22. Dominancia específica del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 30m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 23. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 30m.

- Figura 24. Dominancia específica del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 20-27m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 25. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 20-27m.
- Figura 26. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 16-20m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 27. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 16-20m.
- Figura 28. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 17-22m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 29. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 17-22 m.
- Figura 30. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 27m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.
- Figura 31. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 27m.
- Figura 32. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes a Sotavento, Q.Roo, México.
- Figura 33. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes a Barlovento, Q.Roo, México.
- Figura 34. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes someros, Q.Roo, México.
- Figura 35. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes profundos, Q.Roo, México.

- Figura 36. Espectro de Diversidad Calculado con el Índice de Shannon-Weaver.
Comparación entre los arrecifes a Sotavento y a Barlovento, Q.Roo México.
- Figura 37. Espectro de Diversidad Calculado con el Índice de Shannon-Weaver.
Comparación entre los arrecifes somero y profundo, Q.Roo México.
- Figura 38. Análisis de dendrograma de los arrecifes de sotavento. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.
- Figura 39. Análisis de dendrograma de los arrecifes de barlovento. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.
- Figura 40. Análisis de dendrograma de los arrecifes someros. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.
- Figura 41. Análisis de dendrograma de los arrecifes profundos. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.
- Figura 42. Análisis de componentes principales para los arrecifes someros de Q.Roo, México.
- Figura 43. Análisis de componentes principales para los arrecifes profundos de Q.Roo, México.
- Figura 44. Número de especies por grupo taxonómico de los arrecifes de Q. Roo, México. 1. Colombia 6-7 m, 2. Chankanaab 6 m, 3. Chankanaab 30 m, 4. Chemuyil 20-27 m, 5. Majahual 1-6 m, 6. Majahual 6-7 m, 7. Palancar 16-20 m, 8. Palancar 17-22 m, 9. Palancar 27 m y 10. Akumal 8 m.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Arrecife Akumal 8 m.

Ilustración 2. Arrecife Majahual 1-6 m.

Ilustración 3. Arrecife Majahual 6-7 m.

Ilustración 4. Arrecife Chemuyil 20-27 m.

Ilustración 5. Arrecife Chankanaab 6 m.

Ilustración 6. Arrecife Chankanaab 30 m.

Ilustración 7. Arrecife Palancar 16-20 m.

Ilustración 8. Arrecife Palancar 17-22 m.

Ilustración 9. Arrecife Palancar 27 m.

Ilustración 10. Arrecife Colombia 6-7 m.

Ilustración 11. Puntos al azar sobre la foto submarina. Método para el registro de la abundancia de la comunidad bentónica, en los arrecifes de Quintana Roo, México.

RESUMEN

Mediante el método del transecto fotográfico se obtuvieron datos de abundancia para los arrecifes Colombia, Chankanaab, Palancar, Chemuyil, Akumal y Majahual, con la finalidad de determinar los patrones estructurales de cada arrecife, entre los arrecifes a barlovento y a sotavento y entre los arrecifes del estrato somero y profundo. Aunque las comunidades estudiadas son muy parecidas en la composición de especies, es evidente que existen algunas diferencias entre los escenarios analizados en este trabajo. En los arrecifes a barlovento (Chemuyil 20-27 m, Akumal 8 m y Majahual 1-6 y 6-7 m) dominaron los hexacorales y los octocorales con un 53% y 28% de la abundancia total respectivamente. Las especies más comunes encontradas son: *Agaricia agaricites*, *Gorgonia ventaliva*, *Pseudopterogorgia americana*, *Pseudopterogorgia acerosa*, *Acropora palmata*, *Gorgonia flabellum*, *Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia bipinata* y *Diploria strigosa*. A sotavento (Chankanaab 6 y 30 m, Colombia 6-7 m y Palancar 16-20, 17-22 y 27 m) dominaron las esponjas y hexacorales con 39% y 30% de la abundancia total respectivamente. Las especies más comunes encontradas son: *Agelus* sp, *Pandarus acanthifolium*, *Agaricia agaricites*, *Montastrea annularis*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Hemectyon ferox*, *Verongia longissima*, *Plexaurella dichotoma* y *Plexaurella*. En el estrato somero (Colombia 6-7 m, Chankanaab 6 m, Majahual 1-6 m y Akumal 8 m) dominaron los hexacorales, esponjas y algas, con el 38%, 34.6% y 14.5% de la abundancia total respectivamente. Las especies más comunes encontradas son: *Montastrea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Agaricia tenuifolia*, *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa*, *Agelus* sp, *Pandarus acanthifolium*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Dictyota dichthota*, *Penicillus dumetosus* y *Halimeda opuntia*. En el estrato profundo (Chankanaab 30 m, Chemuyil 20-27 m, y Palancar 16-20, 17-22 y 27 m) están dominados por hexacorales y esponjas con el 38% y 29% de la abundancia total respectivamente. Las especies más comunes encontradas son: *Montastrea annularis*, *Acropora cervicornis*, *Agaricia agaricites*,

Montastrea cavernosa, Goreauia auriculata, Agelus sp, Cliona lampa y Chondilla nucula. Los arrecifes del Caribe Mexicano presentan algunas diferencias en la estructura y composición de la comunidad bentónica, las cuales están determinadas por la profundidad y la ubicación de los arrecifes en zonas de alta y baja energía. Es muy probable que las diferencias encontradas en la estructura de la comunidad bentónica también dependan de otros aspectos extrínsecos e intrínsecos no identificados, los cuales estén regulando la dinámica de la comunidad bentónica en los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano.

ABSTRACT

Through the method of the quadrant photographic abundance data was obtained for the benthic communities in the coral reefs: Colombia, Chankanaab, Palancar, Chemuyil, Akumal and Majahual. Utilizing this method determined the structural patterns for each reef, among the reefs to windward and to leeward and among the reefs of the shallow and deep stratum. Although the coral reefs studied are similar, within the species examined for this work, there exists some differences among the zones deep, shallow, leeward and windward. In the benthic community to windward (Chemuyil 20-27 m, Akumal 8 m and Majahual 1-6 and 6-7 m) the hexacorals dominated at 53% and the octocorals presented at 28%. Species such as *Agaricia agaricites*, *Gorgonia ventaliva*, *Pseudopterogorgia americana*, *Pseudopterogorgia acerosa*, *Acropora palmata*, *Gorgonia flabellum*, *Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia bipinata* and *Diploria strigosa*, are present. In the benthic community to leeward (Chankanaab 6 and 30 m, Colombia 6-7 m and Palancar 16-20, 17-22 and 27m), the sponge dominated at 39% and the hexacorals at 30%. Species such as *Agelus* sp, *Pandarus acanthifolium*, *Agaricia agaricites*, *Montastrea annularis*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Hemectyon ferox*, *Verongia longissima*, *Plexaurella dichotoma* and *Plexaurella grisea* are present in these reefs. In the benthic community to shallow environment (Colombia 6-7 m, Chankanaab 6 m, Majahual 1-6 m and Akumal 8 m) the majority were the hexacorals at 38%, the sponge at 34.6% and algae at 14.5%. Species such as *Montastrea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Agaricia tenuifolia*, *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa*, *Agelus* sp, *Pandarus acanthifolium*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Dictyota dicthiota*, *Penicillus dumetosus* and *Halimeda opuntia* are present in these reefs. In the benthic community to deep stratum (Chankanaab 30 m, Chemuyil 20-27 m, and Palancar 16-20, 17-22 and 27 m) the majority are hexacorals at 38% and sponge at 29%. Species such as *Montastrea annularis*, *Acropora cervicornis*, *Agaricia agaricites*, cavernous *Montastrea*, *Goreauia auriculata*, *Agelus* sp, *Cliona lampa* and *Chondilla nucula*, are present.

The reefs of the Mexican Caribbean present some differences in the structure and composition of the benthic community. The depths and the positions of the reefs in zones of high and low energy are factors that determine these differences. It's very probable that the differences found in the structure of the benthic community also depend on other unidentified intrinsic and extrinsic aspects, which are regulating the dynamics of the benthic community in the coral reefs of the Mexican Caribbean.

I. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son ecosistemas tropicales, que se desarrollan a temperaturas promedio mayores de 20°C. Análogos de los bosques tropicales lluviosos, están caracterizados por su alta diversidad, riqueza específica, estratificación y heterogeneidad, aspectos que los ubica dentro de los ecosistemas más productivos de la Tierra. Esta característica es el resultado de un complejo proceso de interacciones geológicas, hidrológicas y biológicas, situación que hace difícil la posibilidad de establecer una relación funcional entre el arrecife y la comunidad coralina que en él habita (Jones y Endean, 1977).

Los ecosistemas arrecifales brindan un sinnúmero de beneficios entre los que podemos mencionar la protección de la zona costera, la formación de ambientes que favorecen el desarrollo de otros ecosistemas como pastos marinos y manglares, la protección contra tormentas y huracanes, lugares de refugio, alimentación y reproducción de una infinidad de organismos comercialmente importantes. Toda esta complejidad de vida hacen al ecosistema arrecifal muy vulnerable a las variaciones ambientales bruscas, a la sobrepesca y a la excesiva depredación, impactos de los cuales la comunidad coralina tardará muchos años en recuperarse, y esto es evidente ya que la tasa de crecimiento de algunos corales hermatípicos (formadores de arrecifes) es de milímetros al año o escasos centímetros en algunas especies (Goenaga, 1991).

El arrecife es la expresión de la interdependencia entre el ambiente físico y la actividad orgánica. Los factores físicos son determinantes para la formación de los arrecifes (pequeños cambios en estos factores influyen fuertemente en la estructura arrecifal) y la composición específica de la comunidad bentónica que lo constituye. Bajo condiciones normales del nivel del mar y estabilidad del piso oceánico, se refleja un balance en las fuerzas constructoras (crecimiento del arrecife) y las fuerzas destructoras (erosión y disolución) en el arrecife; es decir, un equilibrio dinámico entre las condiciones ambientales y el crecimiento arrecifal (Jones y Endean, 1977).

Tres son los procesos físicos principales que pueden afectar la vida bentónica en la zona costera: olas, mareas y corrientes. Los dos primeros actúan principalmente sobre las comunidades del sistema litoral en forma directa; el tercero, puede además influir indirectamente en toda la ecología del bentos. Las olas erosionan y remueven el sustrato y, como consecuencia, éstas producen cambios diversos en la biocenosis. Moore (1958), menciona que la erosión y la remoción pueden afectar hasta 40 y 50 m de profundidad y desarrollar una presión máxima del oleaje de hasta 30 000 kg/m². Una presión de este tipo es capaz de mover peñascos de gran tamaño y determina adaptaciones muy especiales de los organismos que se desarrollan bajo estas condiciones (Vegas, 1980).

Las corrientes pueden influir también en la vida bentónica, estas transforman las condiciones oceanográficas fluctuando la temperatura y la salinidad, o llevando a la superficie elementos minerales que favorecen la fotosíntesis. Igualmente pueden ablandar el substrato por tránsito constante de partículas con lo que dificultan la fijación de algunos organismos bentónicos (Vegas, 1980). Además, cualquier cambio en los patrones de corrientes podría resultar en la destrucción de secciones importantes del arrecife, al enterrar bajo el sedimento a corales hermatípicos de vital importancia para la conformación de la comunidad bentónica arrecifal (Endean, 1976).

Por otro lado, las mareas juegan un papel importante en la estructura de la comunidad bentónica; Southward (1958) afirma que las mareas son usualmente el factor principal que condiciona la disposición vertical de las especies bentónicas en la zona intermareal (Vegas, 1980).

Existen otros fenómenos naturales que afectan el ecosistema arrecifal, entre los que podemos mencionar: los huracanes, cambios extremos de temperatura, descargas de agua dulce y sedimentos (Chávez e Hidalgo, 1988); sin embargo, el efecto en la comunidad arrecifal depende de la frecuencia e intensidad del fenómeno. En ocasiones estos impactos, llegan a incrementar la diversidad, lo que no ocurre cuando dichos fenómenos son causados por la actividad humana, en este caso el efecto del impacto sobrepasa la capacidad de recuperación del ecosistema.

La industria turística, la sobrepesca y la contaminación, son algunas de las actividades que pueden degradar a los ecosistemas arrecifales afectándolos irreversiblemente, esta situación se presenta en un sinnúmero de ecosistemas arrecifales en todo el mundo, debido al crecimiento acelerado y descontrolado de la población humana.

Los arrecifes coralinos del Caribe son una de las formaciones mundialmente importantes, datan de hace 5,000 a 12,000 años. Comenzaron su desarrollo después de la última era glacial, en islas y plataformas (Adey, 1978). La costa del estado de Quintana Roo posee características geomorfológicas y biológicas únicas en el país. Un rasgo importante es la presencia de una formación arrecifal que va desde el norte de la Península de Yucatán hacia el sur llegando frente a las costas de Belice y Honduras. Este arrecife es una barrera discontinua y es conocido como el gran cinturón de arrecifes del Atlántico (Chávez e Hidalgo, 1988) o como más recientemente se le ha llamado, La Barrera Arrecifal Mesoamericana.

Hasta tiempos recientes, muchos de los principales ecosistemas arrecifales habían estado lejos de los centros de población humana y en lugares de difícil acceso. Esta situación ha cambiado y la biota arrecifal esta comenzando a resentir el impacto de una variedad de actividades humanas que son potencialmente destructivas (Chávez e Hidalgo, 1988; Chávez y Tunnell, 1993).

Lo anterior permite establecer los alcances de este estudio, en el cual se hace una contribución al conocimiento de la estructura y composición específica de algunos arrecifes del Estado de Quintana Roo. Con la intención de comparar y detectar los patrones estructurales de la comunidad bentónica, lo que ayudará a entender parte de la dinámica de estos ecosistemas, aportando bases para el desarrollo de planes de conservación y manejo.

A. ANTECEDENTES

Potter (1971), estudió la diversidad de especies en el arrecife de coral de San Blas, en la costa Atlántica de Panamá, y observó dos tendencias: la diversidad aumenta desde la superficie en $H' = 3.2$ a -5m , permanece entre $H' = 1.5$ y $H' = 3.5$ a -25m y disminuye a $H' = 0$. Contrario a esta tendencia es un aumento en la diversidad hacia bordes de acantilado. Menciona que la diversidad presenta importantes tendencias y es indicadora en forma activa de la organización de la comunidad coralina.

Glynn (1976), estudiando los factores físicos y biológicos que determinan la estructura de la comunidad coralina en el Pacífico de Panamá, encontró que en los arrecifes someros existe un fuerte control del crecimiento coralino por parte de factores físicos como: mareas, corrientes, luz, profundidad, etc., mientras que en los arrecifes profundos dicho control es establecido por factores biológicos que influyen fuertemente en la estructura de la comunidad.

Bohnsack (1979) evaluó la técnica de la fotografía submarina en la comunidad bentónica del sistema de canales marinos en Big Pine Key, Florida. Llegó a la conclusión que la fotografía submarina de 35mm a color es una técnica cuantitativa de muestreo muy factible para el análisis de la composición de comunidades bentónicas. El muestreo del cuadrado fotográfico fue más práctico, rápido, barato y provee más información que la observación directa. El muestreo fotográfico no

perturba los organismos presentes y provee registros permanentes convenientes, que pueden ser analizados posteriormente las veces que sea necesario.

Dodge y colaboradores (1982) analizaron cuatro métodos de muestreo en tres sitios del arrecife Bermuda: intersección en transecto, puntos en cuadrados, puntos y cuadrados en banda. Encontrando que la técnica de “cuadrados en banda” fue la mejor; aunque menciona que todos los métodos tienen sus ventajas y desventajas, por lo que hace falta estudios que aborden esta temática para así poder detectar la mejor técnica.

Liddell y colaboradores (1987) estudiaron los patrones estructurales de la comunidad coralina de la Bahía de Discovery en Jamaica; determinaron cinco zonas ecológicas que son: a) arrecife posterior, b) cresta arrecifal, c) arrecife frontal inferior, d) talud superior del frente arrecifal y e) talud inferior del frente arrecifal. Encontraron que los parámetros que afectan la zonación en Jamaica constituyen una compleja relación con las interacciones bióticas. La luz, la sedimentación y el régimen de olas, están fuertemente influenciados por la profundidad, por lo tanto, son variables que afectan fuertemente la distribución zonal de la comunidad arrecifal.

Fenner (1988) estudiando los arrecifes orientados a sotavento en Isla Cozumel y utilizando transectos fotográficos, identificó 51 especies de corales, mencionando que en sotavento el crecimiento de coral es abundante. Argumenta que la topografía de la Isla Cozumel influye fuertemente en el crecimiento coralino. Los arrecifes a

sotavento en Cozumel están dominados por *Acropora palmata* y *A. cervicornis* en la cresta arrecifal, mientras que *Agaricia agaricites* forma *bifasciata* domina a profundidades intermedias. Comparó esta distribución con otros arrecifes del Caribe encontrando fuertes similitudes.

Jordán (1988) menciona que en el Caribe la mayor parte de la información que se utiliza para comprender la dinámica de la comunidad bentónica en los arrecifes es obtenida del análisis orientado a la identificación de las especies clave en la comunidad, realizados en pequeñas secciones del arrecife, la fauna de corales escleractínios y gorgonias que corresponden a los taxa más aparentes en el Caribe, son los grupos mas utilizados para este fin.

Chávez e Hidalgo (1988) realizaron una caracterización de los arrecifes del Caribe Noroccidental y Golfo de México, discuten casos concretos del impacto humano sobre estos ecosistemas y clasifican a los arrecifes con respecto a tres tipos ampliamente reconocidos (Wells, 1957; Odum, 1959): de plataforma, de franja y atolón. Al conjunto de arrecifes del Caribe Mexicano, junto con los de Belice, Guatemala y Honduras, se les ha denominado como El Sistema Arrecifal Mesoamericano, es un sistema que aglutina una mezcla abigarrada de los tipos de sistemas antes mencionados.

Jordán (1989) determinó la estructura de la comunidad de gorgonias en los arrecifes de Yucatán. Definiendo dos zonas claramente separadas: zona Pseudopterogorgia de -5 a -15 m y Zona Eunicea mammosa entre -20 a -25 m. Sugiere que la dominancia de las gorgonias se incrementa con la exposición al oleaje en todas las localidades estudiadas. Menciona también que en la zona de rompiente donde los valores de abundancia son altos solo dos especies (*Gorgonia flabellum* y *Plexaura flexuosa*) representan el 90% de la comunidad de gorgonias. El efecto de algas y esponjas contribuye mas a la distribución en parches de las especies que a limitar su abundancia.

Sullivan y Chiappone (1992) compararon dos métodos (cuadrantes en banda y presencia /ausencia) para evaluar las similitudes en los patrones de distribución de especies de corales y esponjas en arrecifes de Bahamas Central. Observaron que la técnica de “cuadrado en banda” fue la mejor para caracterizar la comunidad, ya que resultó muy eficiente para determinar la cobertura y la densidad.

Horta-Puga y Carricart-Ganivet (1993), describen brevemente los arrecifes coralinos del Golfo de México y Mar Caribe, clasificándolos en cuatro tipos: atolón, barrera, plataforma y costero. En un listado de corales pétreos de México, registran un total de 152 especies, 42 en el Pacífico y 97 para el Atlántico, de las cuales se encontraron 63 especies hermatípicas, 46 para el Atlántico y 17 para el Pacífico. Entre las especies encontradas se reportaron 19 especies endémicas.

Muñoz-Chagín et al. (1993), hacen una descripción del arrecife Akumal, incluyendo una lista sistemática de los corales, así como un análisis de su distribución batimétrica, observan la presencia de 33 taxa de escleractínios e hidrozoos, con densidades de hasta 31 colonias/m². La especie dominante fue *Montastrea annularis* con 43% de la cobertura coralina. La mayor riqueza se observó entre 12 y 18 m de profundidad; la cobertura decreció 23% a profundidades de 6 a 24 m.

Bak y Nieuwland (1995) estudiaron los cambios en la cobertura de corales escleractínios durante 20 años, comparando los cambios estructurales en la comunidad a profundidades de 10 m, 20 m, 30 m y 40 m. Se basaron en series fotográficas de cuadrados permanentes. Observaron que la cantidad de colonias decreció significativamente a profundidades de 10 m, 20 m y 30 m pero no a 40 m; y que la cobertura disminuye significativamente a 10 y 20m, pero no a 30 m y 40 m. La diversidad disminuyó a través de los años independiente de la profundidad.

Chávez (1997), analiza el impacto de dos técnicas; el transecto fotográfico, en el estudio del benthos y los censos visuales para peces en 7 arrecifes del Caribe Mexicano y propone un número de muestra óptimo por estrato de profundidad, determinando que para una adecuada representación de la comunidad bentónica se requiere de los siguientes números de muestras: para la laguna, 17 muestras; de 0 a 15 m, 12 muestras; de 15 a 30 m 7 muestras y profundidades mayores a 30 m, 4 muestras respectivamente.

McField et al. (2001), mediante un análisis multifactorial determinaron la estructura de la comunidad en la barrera arrecifal de Belice. Los datos se obtuvieron por videotransectos y mencionan que la técnica de muestreo y la de análisis demostraron ser adecuadas para la obtención de datos y la discriminación de patrones de zonación geográfica. Encontraron que existen diferencias significativas en la estructura de la comunidad entre sitios expuestos a oleaje y corrientes (barlovento) y no expuestos (sotavento).

B. ÁREA DE ESTUDIO

Las costas de Quintana Roo están bañadas por aguas oceánicas que forman parte del extremo Noroccidental del Mar Caimán y su parte septentrional forma parte del canal de Yucatán (Figura 1). Estas aguas se caracterizan por tener gran transparencia y la corriente fluye en dirección sur a norte con velocidades promedio mayores a 2 nudos durante la mayor parte del año (Chávez e Hidalgo 1988). Esta región está sujeta a vientos del sureste la mayor parte del año. Sin embargo, durante el otoño e invierno predominan vientos del noreste conocidos como “nortes” que incrementan su fuerza hasta 35 km/h o más (Jordán, 1979). El régimen de marea es semi diurno de poca amplitud, la temperatura del agua es de 27.5°C, siendo máxima en agosto 29°C y mínima en febrero 25.6°C, descendiendo en época de nortes hasta 20.3°C. La salinidad promedio es de 35.6 A 36.7°/OO (Ferre-D'amare, 1985).

La parte continental de este litoral está formado por calizas coralíferas del Pleistoceno superior y sedimentos de carbonato del Holoceno, susceptibles a la erosión hídrica. La plataforma es estrecha y homogénea y en sus proximidades se localizan cuencas oceánicas profundas separadas por un sistema de crestas paralelas. En el área se localiza un sistema de arrecifes conocido como: El Sistema Arrecifal Mesoamericano, que se extiende desde Cabo Catoche en el norte hasta las costas de Honduras en su parte sur, e incluye arrecifes de considerable extensión, que emergen del fondo oceánico, como los de Cozumel y Banco Chinchorro con

cerca de 50 km cada uno y otros similares en las costas de Belice. A lo largo de la costa existe una serie de franjas arrecifales que la recorren intermitentemente y se encuentran en algunas ocasiones cerca de la playa, mientras que en otros lugares se separan de ella hasta 1km dejando en medio un canal de unos 8 m de profundidad ocupada por pastos marinos y esponjas (Capurro, 1989).

En la costa oriental de la Península de Yucatán podemos encontrar una barrera arrecifal discontinua en la que se localizan los arrecifes Akumal (Ilustración 1), Majahual (Ilustración 2 y 3) y el arrecife Chemuyil (Ilustración 4). Estos arrecifes están caracterizados por la presencia de parches dominados por *Acropora palmata* y *Millepora complanata*, además de una marcada abundancia de gorgonias y algas los cuales son un componente importante de la comunidad (Jordán, 1989).

La Isla Cozumel se encuentra localizada a los 20° 28' de latitud Norte y a los 86°55' de longitud oeste, frente a la costa oriental de la Península de Yucatán. Esta Isla alargada con su eje mayor en sentido Sur-Norte, es la Isla de mayor tamaño en aguas mexicanas. La Isla Cozumel esta caracterizada por un movimiento constante de masas de agua, las que tienen un bajo contenido de nutrimentos, temperaturas por arriba de los 23° y presenta una elevada transparencia. Este ambiente es determinado por el flujo permanente de la corriente de Yucatán, que a lo largo del margen de sotavento, alcanza velocidades mayores a tres o cuatro nudos en el verano. La característica geomorfológica mas notoria de la Isla, es la presencia de

una terraza submarina, que en el margen occidental es corta y termina entre 20 y 30 m de profundidad, dando lugar al talud insular que se precipita en una pendiente cercana a la vertical, hasta profundidades mayores de 400 m.

Sobre el borde de esta terraza submarina, en la porción sur y a sotavento de la Isla, se encuentra una serie de formaciones arrecifales, donde se localizan los arrecifes de Chankanaab (Ilustración 5 y 6), Palancar (Ilustración 7, 8 y 9) y el arrecife Colombia (Ilustración 10). Una característica de estos arrecifes, es su elevada densidad de población entre los organismos que controlan el sustrato donde la abundancia de corales escleractínios es relativamente baja, pudiéndose apreciar que algas y esponjas juegan un papel importante dentro de la comunidad (Jordán, 1988).

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características de la estructura espacial y composición de la comunidad bentónica de seis arrecifes del Caribe Mexicano.

B. METAS

Describir cuantitativamente la composición de la comunidad bentónica.

Determinar cuantitativamente la composición y distribución de los principales componentes bentónicos, basándose en gradientes de profundidad y poder detectar patrones estructurales predominantes.

Establecer la diferencia en los patrones de organización entre arrecifes expuestos a barlovento (Chemuyil, Majahual y Akumal) con respecto a los situados sobre las costas protegidas, a sotavento (Palancar, Chankanaab y Colombia).

III. METODOLOGÍA

Los muestreos se realizaron en 1989 y 1990 en los arrecifes Chankanaab, Chemuyil, Colombia, Akumal, Majahual y Palancar en la costa del Estado de Quintana Roo, se obtuvieron datos de abundancia entre 10 y 36 muestras en las localidades (Tabla 1). Se utilizó el método del transecto fotográfico, realizándose recorridos en estratos de profundidad de 0 a 15 m y 15 a 30 m, utilizando buceo SCUBA para la toma de las muestras. El análisis de los datos se realizó por estrato de profundidad en los arrecifes en que se tenían muestras estratificadas y se compararon los resultados entre los arrecifes protegidos (sotavento) y los arrecifes expuestos (barlovento), con la finalidad de establecer las diferencias estructurales entre ellos.

A. Transecto Fotográfico

Ohlhorst et al. (1988), realizaron un análisis comparativo de varios procedimientos de muestreo utilizados por ellos y otros autores para estudiar las comunidades arrecifales. Encontraron que el uso del transecto fotográfico es un método más convincente que otros usados en el estudio de comunidades bentónicas. Las ventajas de este método son: menos tiempo de muestreo, una cantidad importante de información, mayor número de muestras, tener un registro permanente y la posibilidad de analizar los datos a detalle sin tener la restricción del limitado tiempo con que se cuenta bajo el agua, a la vez de que permite un estudio

repetitivo. Las fotografías se tomaron con una cámara fotográfica Nikonos-V con lente de 35mm película Kodak Ektacrome ASA 100 y un estrobo modelo 103 con fuente externa de luz; las fotos se tomaron perpendicularmente al substrato a una distancia de 0.8 m y aproximadamente 2 m entre cada muestra, la distancia del substrato a la cámara fue controlada por medio de un bastón fijado a la misma.

La fotografía es revelada en diapositiva, esta registra en la foto un área de 1 m² aproximadamente, de acuerdo con el método utilizado por Ohlhorst et al. (1988). La diapositiva que registra el área de la muestra, se proyecta sobre una pantalla con 31 puntos distribuidos al azar, realizando un recuento de las colonias o especies que coinciden con dichos puntos (Ilustración 11). Este método tiene un sesgo que subestima hasta en un 30% el número de especies o colonias que es posible registrar mediante este procedimiento, mismo que lo hace más eficiente que cualquiera de los otros utilizados previamente para el análisis de la comunidad bentónica (Chávez, 1997).

B. Estandarización

Para el análisis de los datos se dividió la abundancia total de cada especie entre el número de muestras registradas en el arrecife y se multiplicó por 10, con la finalidad de referir la abundancia a valores mayores que uno en las especies menos abundantes.

C. Descripción de la Comunidad

La diversidad específica, es característica única de las comunidades y es la expresión estructural de la misma. El uso del contenido de información es una medida de la diversidad de especies en las colecciones biológicas y este uso es ampliamente adoptado por los ecólogos. Para muchas colecciones el contenido de información es definido por Shannon y Weaver (1963) o por Brillouin (1960), quienes proveen de una medida convincente de la diversidad (Margalef, 1974).

En la fórmula, basada en el contenido de la información utilizada por Shannon y Weaver: $H = -\sum p_i(\log_2 p_i)$ la diversidad es la misma, mientras que la representación de las distintas especies sea constante. Es por ello que es preferible hablar del espectro de diversidad, donde la diversidad está en función del tamaño de la muestra (Margalef, 1974). La noción de espectro lleva a considerar el empleo de la diversidad como un método excelente para comparar muestras distintas: si al unir las la diversidad aumenta, es prueba de su heterogeneidad, pero si no varía, es que están formadas por las mismas especies o especies con un mismo papel en el ecosistema.

Si se supone un total de z cuadrados que han sido examinados y que fueron tomados al azar; la H_1 es la diversidad del primero, los datos del segundo cuadrado se suman a los del primero y la diversidad se vuelve a calcular para este nuevo conglomerado, obteniendo H_2 . Al continuar con la obtención de la secuencia de

valores H_1, H_2, \dots, H_z , que son las diversidades de la comunidad después de que las muestras han sido sucesivamente agregadas. Si el número de muestras se incrementara indefinidamente entonces la diversidad calculada tiende a un valor asintótico que debe aproximarse a la diversidad real de la comunidad (H_{tot}) (Pielou, 1966).

La descripción de la comunidad se realizó por medio del análisis del espectro de la diversidad evaluado mediante en el índice de Shannon y Weaver $H = -\sum p_i (\log_2 p_i)$ (Ludwing y Reynolds, 1988). Se uso también la equidad calculada con el método de J' de Pielou ($J' = H'/H'_{max}$; Pielou, 1966). Otro método que nos permitió describir la comunidad fue la dominancia, la cual fue estimada a través del Índice de Valor Biológico de Sanders para el total de las especies registradas, este método es un indicador de la dominancia global por especie, basado en rangos y puntales (Loya-Salinas et al., 1990).

D. Patrones Estructurales

El análisis de la estructura de la comunidad bentónica se basa en la asignación de atributos morfológicos y funcionales de la biota que controla el substrato arrecifal, lo que permite agrupar a especies dominantes en tipos estructurales básicos, independientemente de su identidad específica (Bradbury, et al. 1986). Con la finalidad de detectar los patrones predominantes de la comunidad bentónica para los arrecifes estudiados, se utilizaron procedimientos exploratorios de estadística multifactorial, principalmente análisis de clasificación numérica y escalamiento no métrico multidimensional. El análisis de dendrogramas, es un método que expresa la afinidad entre colectivos en relación con una escala gráfica, trazando las uniones entre pares de colectivos o entre un colectivo y el resultado de fusionar varios colectivos semejantes, permite obtener una visión de las afinidades entre colectivos o entre las especies de uno o más colectivos, estas jerarquías se elaboraron para los estratos de profundidad, en cada arrecife y para las comparaciones entre ellos. El análisis de componentes principales, condensa la información al reconocer asociaciones entre las variables, permitiendo asignar a cada especie un espacio ecológico con relación a varios factores, que se representan como un espacio de probabilidad. Los procedimientos mencionados proporcionan una estimación de la diferencia entre las entidades que se van a clasificar, o permiten agregar caracteres redundantes, con lo que se permite cualquier procedimiento de estimación de afinidades (Margalef, 1974).

Por este método, la posible relación entre las especies y la profundidad fue explorada para arrecife someros, profundos, a barlovento y a sotavento. Lo anterior se hizo para definir los patrones estructurales más relevantes de cada arrecife y establecer las posibles diferencias entre ellos. Los análisis se realizaron con el paquete ANACOM (de la Cruz-Agüero, 1994).

IV. RESULTADOS

Durante el presente estudio se analizó la abundancia de la comunidad bentónica de seis arrecifes situados en la costa del Estado de Quintana Roo e Isla Cozumel, identificando un total de 45 familias, 75 géneros y 127 especies (Tabla 2). Para identificar los patrones estructurales de los arrecifes y entre arrecifes de estratos somero y profundo y en arrecifes a sotavento y barlovento, las especies fueron agrupadas en cinco grandes grupos de acuerdo a características taxonómicas muy generales, quedando de la siguiente manera: Hexacorales, Octocorales, Esponjas, Algas y Otros organismos bentónicos; esta nomenclatura fue considerada para todos los arrecifes estudiados.

A. Composición específica

a) Colombia

Un transecto fotográfico fue tomado a una profundidad de 6 a 7 m, analizando un área de 36 m² en los cuales se identificaron 71 especies. La comunidad bentónica en esta sección del arrecife se vio dominada por las esponjas, de las cuales se pudieron identificar 32 especies y 424 colonias que representan el 62.7% de la abundancia total. Otro componente importante de la biota son los hexacorales de los cuales se identificaron 27 especies y 154 colonias con el 22.7%. En menor proporción se registraron 5 especies de algas y 48 Individuos con el 7.1%. De los

octocorales se encontraron 4 especies con 44 colonias y el 6.5% y 3 especies de otros organismos bentónicos con el 1% de la abundancia total (Figura 2).

b) Chemuyil

Un transecto fotográfico fue tomado a 20-27 m de profundidad, cubriendo un área de 37 m² en los cuales se identificaron 71 especies. El grupo taxonómico más evidente son los hexacorales registrándose 24 especies y 447 colonias que representan el 51.9% de la abundancia total. En menor proporción se encontraron 16 especies y 285 colonias de octocorales con el 31.1%. 14 especies y 54 individuos de esponjas con el 6.2%. 11 especies y 53 individuos de algas con el 6.1%. Otros organismos bentónicos, 6 especies y 21 individuos con 2.7% (Figura 3).

c) Chankanaab

En este arrecife se tomaron dos transectos fotográficos a 6 m y 30 m de profundidad, los cuales abarcaron un área de 12 m² y 10 m² respectivamente.

Estrato 6 m: Se identificaron un total de 32 especies. El grupo taxonómico más abundante son los hexacorales encontrando 6 especies y 69 colonias con el 36.5% de la abundancia total. En este arrecife se encontraron secciones dominadas por pocas especies muy abundantes como las algas de las cuales se identificaron, 8 especies y 66 individuos con 34.6%. A pesar de que las esponjas presentan mayor riqueza específica, este grupo taxonómico es menos abundante; se identificaron 16 especies y 50 individuos que aportan el 26.4% de la abundancia. Otros grupos

taxonómicos menos abundantes son otros organismos bentónicos con 1 especie y 3 individuos con 1.5%. Los octocorales con 1 especie y 1 colonia que representan solo el 1% (Figura 4).

Estrato 30 m: Se identificó un total de 50 especies. El grupo taxonómico más abundante en esta sección del arrecife es el de los hexacorales con 14 especies y 86 colonias con el 39% de la abundancia total; otro grupo importante son las esponjas con 21 especies y 81 individuos con el 36.5%. En menor proporción se encontraron las algas con 8 especies y 31 individuos con el 14%. Los octocorales con 5 especies y 17 colonias con el 7.5%. Otros organismos bentónicos con 2 especies y 6 individuos con el 3%. En este transecto fotográfico, las esponjas presentaron mayor riqueza (Figura 5).

d) Palancar

Se tomaron tres transectos fotográficos a profundidades de 16 a 20 m, 17 a 22 m y 27 m, donde se registró un área de 23 m², 24 m² y 34 m² respectivamente.

Estrato 16 a 20 m: Se identificó un total de 50 especies. En esta sección del arrecife tres grupos taxonómicos resultaron parte esencial de la comunidad arrecifal, en orden de abundancia se encontraron 19 especies y 92 individuos de esponjas con el 33.5% de abundancia total. Las algas con 6 especies y 72 individuos con el 26%. Los hexacorales están representados con 18 especies y 60 colonias con el 22%. Los octocorales con 3 especies y 12 colonias con el 13.5%. Otros organismos bentónicos con 4 especies y 12 individuos con el 5% (Figura 6).

Estrato 17 a 22 m: Se identificaron 34 especies. La comunidad está integrada por esponjas y hexacorales que constituyen gran parte de la comunidad bentónica. El grupo con mayor abundancia son las esponjas con 15 especies y 178 individuos que representan el 34% de la abundancia total. Los hexacorales con 11 especies y 160 colonias con el 30%. En menor proporción las algas con 4 especies y 103 individuos con el 20%. Los octocorales con 3 especies y 78 colonias con el 14%. De otros organismos bentónicos se registró 1 especie y 9 individuos con el 2% (Figura 7).

Estrato 27 m: Se identificaron 45 especies. En esta sección del arrecife Palancar los componentes bióticos más abundantes son las esponjas y hexacorales. El grupo de mayor abundancia son las esponjas con 18 especies 324 individuos con el 49% de la abundancia total. Seguido por los hexacorales con 14 especies y 226 colonias que representan el 34%. En menor proporción se encontraron a las algas con 8 especies y 75 individuos con el 11%. Otros organismos bentónicos con 2 especies y 25 individuos con el 4%. Los octocorales aparecieron con 3 especies y 13 colonias con el 2% (Figura 8).

e) Majahual

Se tomaron dos transectos fotográficos a profundidades de 1 a 6 m y 6 a 7m, cubriendo un área de 30 m² y 36 m² respectivamente.

Estrato 1 a 6 m: Se identificaron 42 especies. En esta sección del arrecife dos grupos taxonómicos son abundantes, donde la mayor abundancia corresponde a

los hexacorales con 19 especies y 272 colonias con el 55% de la abundancia total. A continuación los octocorales con 10 especies y 115 colonias con el 23.3%. En menor proporción aparecieron las algas con 7 especies y 43 individuos con el 8.7%. Las esponjas con 3 especies y 45 individuos con el 9%. Y otros organismos bentónicos con 3 especies y 18 individuos con el 4% (Figura 9).

Estrato 6 a 7 m: Se identificaron 52 especies. La mayor parte de la comunidad esta dominada por los hexacorales con 25 especies y 285 colonias con el 52% de la abundancia total. Y por los octocorales con 13 especies y 160 colonias con el 29%. En menor proporción encontramos a las algas con 7 especies y 56 individuos con el 10%. Las esponjas con 4 especies y 40 individuos con el 8%. Otros organismos bentónicos aparecieron con 3 especies y 6 individuos con el 1% (Figura 10).

f) Akumal

Un transecto fotográfico fue tomado a 8 m de profundidad donde se cubrió un área de 36 m². Aquí se registraron 46 especies. El grupo más abundante fue el de los hexacorales, con 22 especies y 359 colonias que representan el 54% de la abundancia total. Los octocorales, con 12 especies y 174 colonias con el 26%. Las algas con 4 especies y 95 individuos con el 14%. Otros organismos bentónicos con 5 especies y 22 individuos con el 4%. Las esponjas con 3 especies y 16 individuos con el 2% (Figura 11).

B. Patrones Estructurales

a) Arrecifes del estrato somero 1 a 15m

Colombia

Se caracteriza principalmente por la presencia de esponjas y hexacorales los cuales dominan la comunidad. Diez de las 71 especies identificadas representan el 48% de la comunidad; en orden de importancia, las especies que caracterizan la comunidad son: *Pandaros acanthifolium*, *Agelus* sp, *Cliona delitrix*, *Agaricia agaricites*, *Halimeda goreau*, *Haliclona horgathi*, *Neofibularia notilangere*, *Hemectyon ferox*, *Ircina strobilina* y *Chondrilla nocola* (Figura 12). El espectro de diversidad llega a valores de 5.2 bits/individuos que se alcanzan al acumular 23 muestras (Tabla 3; Figura 13).

Chankanaab

Se caracteriza principalmente por la presencia de hexacorales y algas, los cuales dominan la comunidad. Diez de las 32 especies identificadas representan el 62% de la dominancia total en la comunidad, las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Penicillus dumetosus*, *Siderastrea siderea*, *Montastrea annularis*, *Lobophora verigata*, *Montastrea cavernosa*, *Agelus* sp, *Muriceopsis flavida* *Plexaurella dichotoma*, *Halimeda goreau* y *Halimeda incrassata* (Figura 14). La acumulación de diez muestras nos permitió alcanzar valores máximos de 4.2 bits/individuos (Tabla 3; Figura 15).

Majahual

Estrato 1a 6 m

Se caracteriza por la presencia de hexacorales y octocorales los cuales dominan la comunidad. Diez de las 42 especies identificadas en el transecto fotográfico representan el 62% del total, en la comunidad. Las especies que caracterizan la comunidad bentónica del arrecife en orden de importancia son: *Gorgonia flavellum*, *Jania* sp., *Porites asterioides*, *Acropora palmata*, *Dictyota dichthota*, *Agaricia tenuifolia*, *Porites porites*, *Montastrea annularis*, *Dendrogyra cylindrus* y *Palithoa caribaeorum* (Figura 16). El espectro de diversidad indica que con la acumulación de 21 muestras, el valor máximo de diversidad alcanzado fue de 4.4bits/individuos (Tabla 3; Figura 17).

Estrato 6 a 7 m

Los hexacorales, octocorales y algas dominan la comunidad. Diez de las 52 especies identificadas en el transecto fotográfico representan el 56% de la comunidad. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Diploria strigosa*, *Dictyota dichthota*, *Halimeda opuntia*, *Siderastrea siderea*, *Agaricia tenuifolia*, *Palithoa caribaeorum*, *Pseudopterogorgia acerosa*, *Gorgonia flavellum*, *Eunicea mammosa* y *Millepora alcicornis* (Figura 18). El espectro de diversidad indica que con la acumulación de 20 muestras, el valor máximo de diversidad alcanzado fue de 4.8 bits/individuos (Tabla 3; Figura 19).

Akumal

Los hexacorales y gorgonias caracterizan la comunidad. Diez de las 46 especies identificadas representan el 62% del total en la comunidad. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Montastrea annularis*, *Dictyota dichthota*, *Agaricia agaricites*, *Gorgonia ventalina*, *Pseudopterogorgia americana*, *Halimeda opuntia*, *Gorgonia flavellum*, *Pseudopterogorgia bipinnata*, *Siderastrea siderea* y *Plexaurella dichotoma* (Figura 20). En el espectro de diversidad indica que con la acumulación de 21 muestras, el valor máximo de diversidad alcanzado fue de 4.7 bits/individuos (Tabla 3; Figura 21).

b) Arrecifes del estrato profundo 15 a 30m

Chankanaab

Los hexacorales y esponjas dominan la comunidad. Diez de las 50 especies identificadas en el transecto fotográfico representan el 61.2% de la dominancia total de la comunidad. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Agelus* sp, *Agaricia agaricites*, *Montastrea cavernosa*, *Montastrea annularis*, *Mycale leavis*, *Penicillus dumetosus*, *Goreauella auriculata*, *Halimeda opuntia* y *Diploria strigosa* (Figura 22). El espectro de diversidad nos permite observar valores máximos de 5.02 bits/individuos que se alcanzan al acumular 11 muestras (Tabla 3; Figura 23).

Chemuyil

Está caracterizado por la presencia de gorgonias y hexacorales que dominan la comunidad. Diez de las 71 especies identificadas representan el 58.4% en la comunidad. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Montastrea annularis*, *Acropora cervicornis*, *Pseudopterogorgia bipinnata*, *Plexaurella dichotoma*, *Agaricia agaricites*, *Gorgonia flabellum*, *Pseudoplexaura porosa*, *Halimeda incrassata* y *Pseudopterogorgia americana*, (Figura 24). El espectro de diversidad indica que el valor máximo de 4.7 bits/ individuos se alcanza con 35 muestras (Tabla 3; Figura 25).

Palancar

Estrato 16 a 20 m

Las gorgonias, hexacorales y algas dominan la comunidad. Diez de las 50 especies identificadas representan el 59.4%. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Goreauella auriculata*, *Udotea cyatiformis*, *Anthosigmella varians*, *Halimeda incrassata*, *Neofibularia notileangere*, *Siphodictyon corallipagum*, *Halimeda goreau*, *Agaricia agaricites*, *Cliona lampa* y *Chondrilla nocola* (Figura 26). Con el espectro de diversidad el valor máximo de 4.9 bits/individuos se alcanza con 21 muestras (Tabla 3; Figura 27).

Estrato 17 a 22 m

Las gorgonias, hexacorales y algas son los grupos que dominan la comunidad. Diez de las 34 especies identificadas representan el 61.6%. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Goreauella auriculata*, *Agelus* sp, *Agaricia lamarcki*, *Chondrilla nocola*, *Udotea cyatiformis*, *Halimeda copiosa*, *Montastrea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Halimeda incrassata* y *Siphodictyon corallipagum* (Figura 28). Con el espectro de diversidad el valor máximo de 4.5 bits/individuos se alcanza con 21 muestras (Tabla 3; Figura 29).

Estrato 27 m

Los hexacorales y las algas dominan la comunidad. Diez de las 45 especies identificadas representan el 53.3%. Las especies que caracterizan la comunidad en orden de importancia son: *Goreauella auriculata*, *Agaricia agaricites*, *Sertulariella*

speciosa, *Montastrea annularis*, *Agaricia tenuifolia*, *Halimeda copiosa*, *Solenastrea bournoni*, *Chondrilla nocola*, *Ulosa hispida* y *Halimeda opuntia* (Figura 30). Con el espectro de diversidad el valor máximo de 4.6 bits/individuos se alcanza al acumular 27 muestras (Tabla 3; Figura 31).

c) Zonación

La ubicación de los arrecifes en zonas protegidas (sotavento) y en zonas expuestas (barlovento) permite explorar la posibilidad de encontrar diferencias estructurales entre ambos ambientes. El análisis de dendrogramas exhibe la presencia de dos grupos, uno comprendido por arrecifes localizados en áreas protegidas –sotavento- (Colombia 6-7 m, Chankanaab 6 m, Chankanaab 30 m, Palancar 16-20 m, Palancar 17-22 m y Palancar 27 m) y otros en áreas expuestas -barlovento- (Akumal 8 m, Chemuyil 20-27 m, Majahual 1-6 m y Majahual 6-7 m). También se observa que los arrecifes se agrupan en arrecifes someros (Colombia 6-7 m, Chankanaab 6 m, Akumal 8 m, Majahual 1-6 m y Majahual 6-7 m) y arrecifes profundos (Chankanaab 30 m, Chemuyil 20-27 m, Palancar 16-20 m, Palancar 17-22 m y Palancar 27 m). Jordán (1989), al estudiar la comunidad de gorgonias en los arrecifes de Yucatán, encontró que existen diferencias en la estructura de la comunidad con relación a zonas de alta y baja energía, (barlovento y sotavento). Uno de los aspectos que se analizaron en este trabajo fue el de examinar si las condiciones características de ambientes de baja y alta energía y la profundidad son factores importantes para la determinación de la estructura arrecifal. Para ello se

analizaron los arrecifes que se localizan en zonas protegidas (sotavento) y se compararon con los arrecifes que se localizan en las zonas de alta energía (barlovento). Se analizaron también los arrecifes someros y profundos y se compararon las diferencias entre ellos.

Arrecifes de Sotavento

Se analizaron 139 m² en los cuales se identificaron 109 especies, a profundidades entre 6 m y 30 m. La presencia de abundantes esponjas con 39 especies y 980 colonias, aporta el 39% de la abundancia total. Los hexacorales son otro componente importante en la comunidad que aportó 35 especies y 741 colonias, que representan el 30%. Las algas con 17 especies y 370 individuos con el 15%. Los octocorales con 12 especies y 351 colonias con el 14%. Otros organismos bentónicos con 6 especies y 62 individuos con el 2% (Figura 32).

Arrecifes de Barlovento

Se analizaron 139 m² en los cuales se identificaron 94 especies a profundidades entre 1 m y 27 m. Los hexacorales con 36 especies y 1475 colonias aportan el 53% de la abundancia total. Otro componente importante que caracteriza a los arrecifes situados a barlovento es la presencia de octocorales con 16 especies y 766 colonias, con el 28%. Las algas, con 15 especies y 257 individuos el 9%. Las esponjas con 19 especies y 175 individuos el 6%. Otros organismos bentónicos estuvieron representados con 8 especies y 91 individuos el 4% (Figura 33).

Arrecifes Someros

Se analizaron 150 m² de arrecife identificándose 107 especies, entre 1 m y 15 m de profundidades. La presencia de abundantes hexacorales con 37 especies con 504 colonias, aporta el 38% de la abundancia total. Las esponjas son otro componente importante en la comunidad que aportó 36 especies y 459 colonias, que representan el 34.6%. Las algas con 14 especies y 192 individuos con el 14.5%. Los octocorales con 12 especies y 137 colonias con el 10.4%. Otros organismos bentónicos con 8 especies y 33 individuos con el 2.5% (Figura 34).

Arrecifes Profundos

Se analizaron 128 m² en los cuales se identificaron 105 especies, a profundidades entre 15 m y 30 m. La presencia de abundantes esponjas con 34 especies y 317 colonias, aporta el 29% de la abundancia total. Los hexacorales al igual que las esponjas resultan ser otro componente importante en la comunidad que aportó 33 especies y 400 colonias, que representan el 38%. Las algas con 15 especies y 190 individuos con el 18%. Los octocorales con 15 especies y 126 colonias con el 12%. Otros organismos bentónicos con 8 especies y 29 individuos con el 3% (Figura 35).

Espectro de diversidad en los arrecifes de barlovento y sotavento

El espectro de diversidad para estos dos escenarios muestra que los arrecifes ubicados a sotavento resultaron ser más diversos, la curva sigue una tendencia asintótica sin altibajos en las estaciones de muestreo, lo que permite inferir que, en estos arrecifes las especies se encuentran ocupando todos los hábitats posibles y que no hay mucha heterogeneidad espacial. Los arrecifes situados a barlovento en cambio, son menos diversos y la tendencia del espectro de diversidad sugiere mayor heterogeneidad espacial, que se hace evidente en las primeras muestras (Figura 36).

Espectro de diversidad en los arrecifes someros y profundos

El espectro de diversidad muestra que los arrecifes someros resultaron ligeramente más diversos, la curva sigue una tendencia asintótica con un leve altibajo en las primeras muestras obtenidas, esta tendencia sugiere que tienen una ligera mayor heterogeneidad espacial que los arrecifes profundos, y esto se hace evidente en las primeras muestras. Mientras que los arrecifes profundos a pesar que se observan ligeramente menos diversos que los someros la tendencia asintótica de la curva sin altibajos nos permite inferir que, en estos arrecifes las especies se encuentran ocupando todos los hábitats posibles y que no hay mucha heterogeneidad espacial. (Figura 37).

Análisis multifactorial

Se analizaron diferentes escenarios con la finalidad de determinar la posible existencia de patrones en los arrecifes estudiados. Para el grupo de arrecifes de sotavento, el análisis (Figura 38) muestra una clara relación de la estructura arrecifal a diferentes profundidades, formándose tres grupos bien definidos, grupo 1: Palancar 27 m y Chankanaab 30 m; grupo 2: Palancar 16-20 m y 17-22 m; grupo 3: Colombia 6-7 m y Chankanaab 6 m. Para el grupo de arrecifes de barlovento se separa un grupo donde la profundidad no parece ser el factor dominante. En otro grupo se asocian los arrecifes Chemuyil 20-27 m con Majahual 6-7 m y el de Akumal 8 m con menos afinidad (Figura 39).

Los arrecifes se analizaron también de acuerdo a la profundidad del muestreo. En el análisis de los arrecifes someros se forman claramente dos grupos, el primero formado por Akumal 8 m, Majahual 6-7 m y Majahual 1-6m; mientras que el segundo grupo esta formado por Chankanaab 6 m y Colombia 6-7 m (Figura 40). En el análisis de los arrecifes profundos se forman dos grupos formados por dos y tres arrecifes respectivamente, en los que se nota una claramente la influencia que tiene la profundidad en la distribución de los organismos en la comunidad bentónica arrecifal, el primer grupo esta formado por Palancar 16-20 m y 17-22 m respectivamente, mientras que el segundo grupo lo componen Chankanaab 30 m y Palancar 27 m; es de notar que el arrecife Chemuyil 27 m que da relativamente aislado de estos dos grupos. Las diferencias en los grupos denotan que la

profundidad es un factor que interviene en la distribución de los organismos, pero además a esto los grupos también se formaron de acuerdo a la distribución geográfica que presentan, agrupándose los arrecifes de barlovento y sotavento en los grupos correspondientes a cada uno (Figura 41).

Se hizo el análisis de componentes principales para los arrecifes someros y para los arrecifes profundos, dando lugar a los siguientes resultados: para el análisis de los arrecifes someros, se formaron dos grupos, el primero de ellos integrado por el arrecife Colombia 6-7 m y Chankanaab 6 m; estos están caracterizados por ubicarse en una zona de baja energía (sotavento) mientras que el segundo grupo, que incluye los arrecifes Majahual 1-6 m, Majahual 6-7 m y Akumal 8 m, se ubican en zonas de alta energía (barlovento) (Figura 42). En el análisis realizado a los arrecifes del estrato profundo, en los planos inferiores del gráfico se ubican los arrecifes más profundos y además ubicados de acuerdo a las condiciones oceanográficas en las que se desarrollan Chemuyil 20-27 m hacia barlovento mientras que los de Chankanaab 30 m y Palancar 16-20m, 17-22 m, 27 m respectivamente ubicados a sotavento. (Figura 43).

V. DISCUSIÓN

A. Método

Bohnsack (1979), utilizó el método del transecto fotográfico para analizar la comunidad bentónica en Big Pine Key, mencionando que este no perturba a los organismos presentes. Ohlhorst et al. (1988), al utilizar el método del transecto fotográfico estiman que, este método presenta un sesgo que subestima hasta en un 30% el número de especies o colonias registradas. Dodge (1982), Sullivan y Chiappone (1992) y Chávez (1997) compararon otros métodos utilizados comúnmente en estudios de comunidades bentónicas, encontrando que el método del transecto fotográfico es el más convincente. Y el sesgo del 30% es menor al encontrado en otros métodos. Por lo que estos autores coinciden que el método del transecto fotográfico es adecuado y eficiente para el estudio de las comunidades bentónicas, ya que permite analizar con detalle los datos de abundancia obtenidos, utilizar menos recursos económicos, utilizar menos tiempo de muestreo y tener un registro permanente de las áreas estudiadas.

B. Composición

La comunidad bentónica en el arrecife Colombia está dominada por las esponjas (Figura 44) donde *Pandarus acanthifolium*, *Agelus* sp y *Cliona delitrix* representaron 22.3% del 48% de la dominancia que representan las 10 especies más importantes en la comunidad (Tabla 3). Otro componente importante fueron los hexacorales donde *Agaricia agaricites* es dominante. Fenner (1988) cita una cobertura coralina de 31.2%, donde *Agaricia agaricites* fue la especie más común cubriendo un promedio de 17.2%. Jordán (1988); Chávez (1997) encuentran también el mismo patrón estructural de la comunidad bentónica donde las esponjas *Pandarus acanthifolium*, *Agelus* sp. y el hexacoral *Agaricia agaricites*, son las especies más abundantes.

Dos transectos fotográficos a 6 m y 30 m respectivamente, fueron hechos en el arrecife Chankanaab. La comunidad bentónica está dominada por los hexacorales (Figura 44) donde *Siderastrea siderea*, *Montastrea annularis* y *Montastrea cavernosa* son comunes. En la parte somera de este arrecife también dominaron algas como *Penicillus dumetosus* y *Halimeda* sp. En la parte profunda dominaron los hexacorales (Figura 44) como *Agaricia agaricites*, *Montastrea cavernosa*, *Montastrea annularis* y *Diploria styrigosa*. Además de los hexacorales, las esponjas juegan un papel importante en la estructura de la comunidad y especies como *Agelus* sp., y *Mycale leavis* son comunes en este arrecife. Este patrón estructural ha sido

reportado por Jordán (1988); Fenner (1988) y Chávez (1997), encontrando que estas mismas especies componen principalmente la estructura coralina. En las Antillas, patrones muy similares fueron encontrados por Bak et al. (1995), donde también mencionan que la cobertura coralina a profundidades de 10 a 20 m decrece significativamente, mientras que a mayores profundidades los cambios en la estructura y composición bentónica son muy lentos.

En el arrecife Palancar se hicieron tres transectos fotográficos en los cuales las esponjas dominaron la comunidad (Figura 44), especies como *Goreauia auriculata*, *Anthosigmela varians*, *Neofibularia notileangere* *Agelus* sp son comunes en los tres estratos analizados. Los hexacorales *Agaricia agaricites*, *Agaricia lamarki*, *Montastrea annularis* son especies que componen mayormente la estructura arrecifal. Jordán (1988) y Fenner (1988), encontraron en Palancar las mismas especies de hexacorales. También se observa una marcada similitud entre los componentes estructurales hermáticos entre Colombia y Palancar. Las especies dominantes (Tabla 10,11,12) componen poco mas del 50% de la comunidad en el Arrecife Palancar.

La comunidad bentónica en el arrecife Akumal está dominada por los hexacorales (Figura 44), donde *Montastrea annularis*, *Agaricia agaricites* y *Siderastrea siderea*, son los principales componentes estructurales. En este arrecife es evidente la importancia de las especies de octocorales en la estructura del

arrecife, donde especies como *Gorgonia ventalina*, *Pseudopterogorgia americana*, *Pseudopterogorgia bipinnata* y *Plexaurella dichotoma*, son abundantes. Muñoz-Chagín y de la Cruz-Agüero (1993), determinaron que la especie dominante es *Montastrea annularis* la cual representa el 43% de la cobertura arrecifal y que el mayor desarrollo arrecifal se observa entre a 12 y 18 m de profundidad. Otros estudios complementan el panorama fenológico de Akumal, como el realizado por Jordán (1989), quien encontró en arrecifes cercanos que, dos géneros de octocorales dominan el substrato arrecifal (*Gorgonia* y *Pseudopterogorgia*). Reconoció que la diversidad de este grupo se incrementa con la profundidad por la presencia de especies potencialmente dominantes.

La comunidad bentónica en el arrecife Chemuyil está dominada por los hexacorales (Figura 44) donde *Montastrea annularis*, *Acropora cervicornis*, *Agaricia agaricites*, son comunes, además otras especies como *Pseudopterogorgia bipinnata*, *Plexaurella dichotoma*, y *Gorgonia flabellum*, también dominan la comunidad arrecifal a 20-27 m de profundidad. Chávez (1997); Muñoz-Chagín y de la Cruz-Agüero (1993); Jordán (1989), reportan estructuras similares en algunos arrecifes cercanos. Entre los arrecifes profundos analizados en este estudio Chemuyil presentó menor diversidad y mayor variación en su espectro de diversidad, lo podría indicar zonas de alta heterogeneidad espacial, baja cobertura arrecifal o la presencia de áreas dominados por unas pocas especies.

Los grupos dominantes en la comunidad arrecifal de Majahual son los hexacorales y octacorales (Figura 44), donde especies como *Porites astreoides*, *Acropora palmata*, *Agaricia tenuifolia*, *Montastrea annularis*, *Porites porites*, *Dendrogyra cylindrus*, *Siderastrea siderea*, *Gorginia Flabellum*, *Eunicea mammosa*, *Pseudopterogorgia acerosa* y *Dictyota dichthota*; además el hidrocoral *Millepora alcicornis*, son las especies más importantes de este arrecife. Aguilar (1995), menciona para el arrecife Majahual que los géneros *Acropora*, *Montastrea*, *Porites*, *Diploria*, *Siderastrea*, *Agaricia* y *Millepora* representan el 97% de la cobertura coralina en el frente arrecifal. El Índice de Valor Biológico exhibe que las entidades con mayor importancia en la comunidad son: Algas rojas incrustantes (6.54%), Tapetes de algas filamentosas (6.4%), *Montastrea annularis* (6%), *Pseudopterogorgia* sp. (5%), *Halimeda* sp. (5%) y Octacorales (4.9%); dichas entidades suman el 34% de la superficie arrecifal estudiada. Chávez (1997) encontró que *Halimeda opuntia*, *Dictyota dichthota*, *Agaricia agaricites*, *Siderastrea bournoni* y *Montastrea annularis*, son las principales especies que componen la estructura arrecifal de Majahual. Otros estudios en la región del Caribe, principalmente en arrecifes someros, presentan similares patrones de distribución y composición específica (Liddell et al., 1987; Jordán, 1989; Muñoz-Chagín et al., 1993; Bak et al., 1995; McField, 2001).

C. Zonación

Glynn (1976) y Liddell et al., (1987) coinciden en que los factores que determinan la estructura de la comunidad bentónica en arrecifes de coral, están determinados por parámetros físicos, que determinan la estructura en áreas poco profundas; los parámetros biológicos, que la determinan en áreas profundas, donde la competencia por alimento y espacio es un factor importante en este tipo de comunidades.

Los análisis de dendrogramas y el de componentes principales sugieren la presencia de dos factores que determinan la estructura arrecifal en el Caribe, la profundidad y la exposición a zonas de alta y baja energía, encontrando que los arrecifes se agruparon en cuatro escenarios: 1) Arrecifes someros, 2) Arrecifes profundos, 3) Arrecifes a sotavento y 4) Arrecifes a barlovento. Todos los escenarios presentaron una clara separación por profundidad y ubicación. El análisis de componentes principales presentaron los mismos patrones observados en el análisis de dendrogramas.

Los arrecifes situados a sotavento (Colombia, Chankanaab y Palancar) están dominados por comunidades de esponjas y hexacorales. Especies como *Agelus* sp, *Pandarus acanthifolium*, *Agaricia agaricites*, *Montastrea annularis*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Hemectyon ferox*, *Verongia longissima*, *Plexaurella dichotoma* y *Plexaurella grisea*, dominan la comunidad arrecifal. Los arrecifes situados a barlovento (Chemuyil, Majahual y Akumal) resultan

dominados por hexacorales, octocorales y algas, especies como *Agaricia agaricites*, *Dictyota dichthota*, *Gorgonia ventaliva*, *Pseudopterogorgia americana*, *Pseudopterogorgia acerosa*, *Acropora palmata*, *Gorgonia flabellum*, *Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia bipinata*, *Halimeda opuntia* y *Diploria strigosa*, dominan la comunidad arrecifal.

Los arrecifes someros (Colombia 6-7 m, Chankanaab 6 m, Majahual 1-6 m, 6-7 m y Akumal 8 m) están dominados por comunidades de hexacorales, esponjas y algas en menor proporción. Especies como: *Montastrea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Agaricia tenuifolia*, *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa*, *Agelus* sp, *Pandarus acanthifolium*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Dictyota dichthota*, *Penicillus dumetosus*, *Halimeda opuntia*, *Plexaurella dichotoma* y *Plexaurella grisea*, dominan la comunidad arrecifal. Los arrecifes profundos (Chankanaab 30m, Palancar 16-20 m, 17-22 m, 27 m y Chemuyil 27 m) están dominados por hexacorales y esponjas, especies como: *Montastrea annularis*, *Acropora cervicornis*, *Agaricia agaricites*, *Montastrea cavernosa*, *Goreauia auriculata*, *Agelus* sp, *Cliona lampa*, *Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia bipinata*, *Halimeda incrassata*, *Chondilla nucula* y *Halimeda copiosa*, dominan la comunidad arrecifal.

VI. CONCLUSIONES

- El método del transecto fotográfico fue adecuado para el cumplimiento del objetivo del estudio y el análisis adecuado de los datos.
- Los arrecifes del Caribe Mexicano presentan diferencias en la estructura y composición de la comunidad bentónica. Dichas diferencias están determinadas por la profundidad y la ubicación de los arrecifes en zonas de alta y baja energía.
- Es posible que las diferencias encontradas en la estructura arrecifal no solo dependan de la profundidad o de la ubicación de los arrecifes, sino de otros aspectos extrínsecos e intrínsecos no identificados, que regulan la dinámica de la comunidad bentónica en los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. El uso del espectro de diversidad confirma que la comunidad bentónica de los arrecifes del Caribe son comunidades maduras, muy complejas y altamente diversas.
- Las especies mejor representadas en los arrecifes del Caribe Mexicano son: *Agaricia agaricites*, *Montastrea annularis*, *Siderastrea siderea*, *Diploria strigosa*, *Acropora cervicornis*, *Pandaros acanthifolium*, *Agelus* sp, *Jania* sp, *Goreauia auriculata*, *Gorgonia flabellum*, *Udotea cyathiformis* y *Penicillus dumetosus*.

- Los grupos taxonómicos dominantes en los arrecifes son las esponjas y los hexacorales. En los arrecifes someros dominaron los hexacorales, los octocorales y las algas. En arrecifes profundos dominaron las esponjas y los hexacorales. En arrecifes a sotavento dominaron las esponjas y los hexacorales. En arrecifes a barlovento dominaron los hexacorales y los octocorales.
- Es de vital importancia para los arrecifes del Caribe Mexicano seguir estudiando e identificando cuales son los factores que propician las diferencias estructurales y la composición de la comunidad bentónica, con la finalidad de tener mas y mejores herramientas que ayuden a establecer criterios adecuados de conservación y uso de los recursos arrecifales.

VII. LITERATURA CITADA

Adey, W.H. 1978. *Coral morphogenesis: a multidimensional model*. **Science** 202:831-837.

Aguilar, O. D. 1995. **Estructura de la Comunidad Bentónica del Arrecife de Majahual, Quintana Roo. México**. Tesis. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. pp 160.

Bak, R. P. M. and G. Nieuwland. 1995. *Long-term Change in Coral Communities Along Depth Gradients Over Leeward Reefs in the Netherlands Antilles*. **Bulletin of Marine Science**. 56(2): 609-619.pp.

Barnes D. Robert. 1977. **Zoología de los Invertebrados**. Editorial Interamericana. 2^a ed. pp. 826.

Bohnsack, J. A. 1979. *Photographic Quantitative Sampling of Hard-Bottom Benthic Communities*. **Bulletin of Marine Science**. 29(2): 242-252. pp.

Bradbury, R.H., Y. Loya, E.R. Reichelt and T. Williams. 1986. *Patterns in the structural tipology of benthic communities on two coral reefs of the Central Great Barrier Reef*. **Coral Reefs**. 4(3): 161-167.

Brillouin, L. 1962. **Science and information theory**. 2da ed. Academic Press, New York.

Capurro, L. 1989. *Estado actual de las investigaciones sobre el uso del ambiente costero*. Proc. Workshop Mexico-Australia. **Mar. Sci.:** 127-132.

Chávez, E. A. y J. W. Tunnell Jr. 1993. *Needs for management and conservation of the southern Gulf of Mexico*. Vol. 2: 2040-2053. **Proc. 8th Symposium on Coastal and Ocean Management**. New Orleans, Louisiana.

Chávez, E. A. y E. Hidalgo. 1998. *Los arrecifes coralinos del caribe noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico*. **An. Ins. Cienc. Del Mar. y Limnología**. UNAM. 15 (1): 167-176.

Chávez, E. A. 1997. *Sampling Design for the Study of Yucatan Reefs, Northwestern Caribbean*. **Proc. 8th Int. Coral Reef Sym 2**. México. pp 1465-1470.

De La Cruz Agüero, G. 1994. **ANACOM. Sistema para el Análisis de Comunidades**. Versión 3.0. Manual de usuario. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. 99 pp.

Dodge, R. E., A. Logan and A. Antonius. 1982. *Quantitative Reef Assessment Studies in Bermuda: A Comparison of Methods and Preliminary Results*. **Bulletin of Marine Science**. 32(3): 745-760.

Endean, R. 1976. *Destruction and Recovery of Coral Reef Communities*. In Jones O.A. and R. Endean, 1976. **Biology and Geology of Coral Reef III**. Biology 2. Ed. Academic Press. USA 215-250.

Fenner, D.P. 1988. *Some Leeward Reefs and Corals of Cozumel, Mexico*. **Bulletin of Marine Science**. 42(1): 133-144.

Ferre-D'Amare, A.R. 1985. *Coral reefs of the Mexican Atlantic: a review*. **Proc. 5th Int. Coral Reef Congr. Tahiti**. 6:349-354.

Glynn, P. 1976. *Some Physical and Biological Determinants of Coral Community Structure in the Eastern Pacific*. **Ecol. Monogr.** 46:431-456.

Goenaga, C. 1991. *The State of Coral Reef in the Wider Caribbean*. **Interciencia.** 16 (1): 12-20.

Horta-Puga, G. y J.P. Carricart-Ganivet, 1993. *Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México*. Pp. 66-80. In **Biodiversidad Marina y Costera de México**. S.I Salazar Vallejo y N. E. González. (eds) Quintana Roo, CONABIO-CIQRO. p. 865.

Jones, A. O. and R. Endean. 1977. **Biology and Geology of Coral Reef**. Vol. IV. Geology 2. Academic Press. USA. p.377.

Jordán, D. E. 1979. *Estructura y composición de arrecifes coralinos de la región noreste de la Península de Yucatán, México*. **An. Cienc. del Mar y Limnol.** UNAM. 6(1): 69-86.

Jordán, D. E. 1988. *Arrecifes Profundos de Isla Cozumel, México*. **An. Cienc. del Mar y Limnol.** UNAM. 15(2): 195-208.

Jordán, D. E. 1989. *Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatan coral reefs*. **Bulletin of Marine Science.** 45(3): 678-696.

Krebs J. Charles. 1978. **Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance**. Ed. Harper international. 2^a ed. pp. 678.

Liddell W.D., Ohlhorst S. 1987. *Patterns of community structure, north Jamaica*. **Bull. Mar. Sci.** 40(2): 311-329.

Loya-Salinas, D.H. y Escofet, A. 1990. *Aportaciones al cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960)*. **Ciencias Marinas**. 16(2): 97-115.

Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F. 1988. *Ecological community data* In: **Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing**. John Wiley & Sons, New York, 337p.

Margalef, R. 1974. **Ecología**. Ed. Omega S.A. Barcelona, España.

Mcfield M.D, P Hallock and W.C. Jaap. 2001. *Multivariate Analysis of Reef Community Structure in the Belize Barrier Reef Complex*. **Bulletin of Marine Science**. 69(2): 745-758.

Moore, H.B. 1958. **Marine Ecology**. Wiley, New York. N.Y. USA.

Muñoz-Chagín , R.F. y G. de la Cruz-Agüero. 1993. *Corales del Arrecife de Akumal, Quintana Roo*. pp 761-771. In: **Biodiversidad Marina y Costera de México**. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Ohlhorst, S. Liddell, W.D. y Taylor, R.J. 1988. *Evaluation of reef census techniques*. **Proc. 6th Int. Coral Reef Congr.** 2: 319-324.

Pielou, E.C. 1966. *The measurement of diversity in different types of biological collections*. **J Theoret. Biol.** 13. 131-144.

Porter, J.W. 1971. *Patterns of Species Diversity in Caribbean Reef Corals*. **Ecology**. 53 (4): 745-748.

Shannon, C. E. and Weaver, W. 1963. **The mathematical theory of communication**. Univ. Illinois Press. Urbana. USA.

Southward, A.J. 1958. *The zonation of plants and animals on rocky sea-shores*. **Biol. Rev.** 33:137-177.

Sullivan, K M. and M. Chiappone, 1992. *A Comparison of Belt Quadrat and Species Presence/Absence Sampling of Stony Coral (Scleractinia and Milleporina) and Sponge for Evaluating Species Patterning on Patch Reefs of the Central Bahamas*. **Bulletin of Marine Science**. 50(3): 464-488.

Vegas, V.M. 1980. **Introducción a la Ecología del Bentos Marino**. Monografía 9. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. URUGUAY. 98pp.

Weihaupt G. John. 1984. **Exploración de los Océanos: Introducción a la Oceanografía**. Editorial Continental S.A. de C.V. 1ª ed. pp. 638.

Cont. Tabla 1. Abundancia de la comunidad bentónica identificadas en los arrecifes de Quintana Roo, México. * Indica las especies que se presentaron en todos los arrecifes. (Col-Colombia, Che-Chemuyil, Cha-Chankanaab, Pal-Palancar, Maj-Majahual y Aku-Akumal)

ESPECIES	COL	CHE	CHA	CHA	PAL	PAL	PAL	MAJ	MAJ	AKU
	1-6m	27m	6m	30m	16-17m	17-22m	27m	1-6m	6-7m	8m
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5	12
<i>Eunicea mammosa</i>	-	8	-	-	-	-	-	1	15	-
<i>Eusmilia fastigiata</i>	8	-	-	2	2	-	2	-	3	-
<i>Favia fragum</i>	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-
<i>Golloides ramosa</i>	9	-	-	-	4	-	-	-	3	-
<i>Goreauia auriculata</i>	-	4	2	11	32	54	95	-	-	-
<i>Gorgonia flabellum</i>	-	26	-	1	-	-	-	63	15	17
<i>Gorgonia ventalina</i>	-	6	1	-	-	-	-	-	-	33
<i>Haliclona hogarthi</i>	31	12	3	7	3	-	19	-	-	-
<i>Haliclona rubens</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Halimeda copiosa</i>	-	11	3	3	-	35	24	1	-	-
<i>Halimeda discoidea</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Halimeda goreau</i>	18	3	6	2	7	2	5	-	3	8
<i>Halimeda incrassata</i>	12	16	12	2	15	28	13	-	-	-
<i>Halimeda opuntia*</i>	14	8	-	7	4	2	17	5	22	16
<i>Helioseris cuculata</i>	2	-	-	-	1	-	-	-	2	-
<i>Hemectyon ferox</i>	25	3	-	4	-	-	3	-	-	-
<i>Homotrema rubrum</i>	-	4	-	3	-	-	4	-	-	3
<i>Iciligorgia schrammi</i>	3	1	-	-	-	-	27	-	-	-
<i>Iotrochota birotulata</i>	1	-	-	-	-	21	-	-	-	-
<i>Ircina campana</i>	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Ircina fasciculata</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Ircina strobilina</i>	13	1	-	1	-	-	3	-	-	-
<i>Isophyllia sinuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-
<i>Isophyllastrea rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Jania sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	37	7	-
<i>Leucosolenia canariensis</i>	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Lobophora variegata</i>	-	2	7	-	-	-	-	-	1	-
<i>Madracis decactis</i>	2	-	-	-	1	-	-	4	-	-
<i>Madracis mirabilis</i>	-	8	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Manicina areolata</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Meandrina meandrites</i>	2	1	-	1	1	-	-	-	1	-
<i>Millepora alcicornis</i>	1	10	-	-	-	-	-	6	18	16
<i>Millepora complanata</i>	6	2	-	-	-	-	-	3	8	9
<i>Montastrea annularis*</i>	8	109	26	20	3	4	47	25	28	118
<i>Montastrea cavernosa</i>	-	5	12	10	23	-	43	-	3	-
<i>Muricea muricata</i>	1	9	-	-	-	-	-	6	13	-
<i>Mussa angulosa</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Muriceopsis flavida</i>	-	-	11	1	-	-	-	2	22	7
<i>Mycale laevis*</i>	5	12	2	8	1	2	12	1	-	6
<i>Mycale sp.</i>	4	-	1	2	1	-	-	-	-	-

Cont. Tabla 1.- Abundancia de la comunidad bentónica identificadas en los arrecifes de Quintana Roo, México. * Indica las especies que se presentaron en todos los arrecifes. (Col-Colombia, Che-Chemuyil, Cha-Chankanaab, Pal-Palancar, Maj-Majahual y Aku-Akumal)

ESPECIES	COL	CHE	CHA	CHA	PAL	PAL	PAL	MAJ	MAJ	AKU
	1-6m	27m	6m	30m	16-17m	17-22m	27m	1-6m	6-7m	8m
<i>Mycetophyllia aliciae</i>	3	1	-	-	1	4	-	-	-	-
<i>Mycetophyllia danaana</i>	3	2	-	-	1	-	-	-	1	-
<i>Mycetophyllia ferox</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	1	5	-	-	1	3	2	-	-	-
<i>Nemaster rubiginosa</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neofibularia nolitangere</i>	28	-	5	2	11	7	-	-	-	-
<i>Palythoa caribaeorum</i>	3	2	-	-	1	-	-	9	29	4
<i>Pandaros acanthifolium</i>	63	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Panulirus guttatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
<i>Penicillus capitatus</i>	-	-	3	1	-	-	-	1	-	-
<i>Penicillus dumetosus</i>	-	1	33	10	-	-	6	1	4	-
<i>Plexaura flexuosa</i>	-	14	-	-	-	-	-	5	17	12
<i>Plexaura homomalla</i>	-	9	-	-	-	-	-	7	4	7
<i>Plexaurella dichotoma</i>	20	36	8	8	5	3	3	-	18	17
<i>Plexaurella grisea</i>	19	10	-	-	-	-	-	-	3	4
<i>Plexaurella porosa</i>	4	4	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Porites astreoides</i>	1	8	-	-	-	-	7	40	10	12
<i>Porites divaricata</i>	-	4	-	-	2	-	-	8	6	3
<i>Porites furcata</i>	-	3	-	-	-	5	-	-	-	2
<i>Porites porites</i>	4	8	-	3	-	-	-	26	2	9
<i>Pseudoplexaurella porosa</i>	-	34	-	6	-	-	6	-	8	4
<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>	-	18	-	-	-	-	-	10	34	26
<i>Pseudopterogorgia americana</i>	-	17	-	-	-	-	-	7	3	29
<i>Pseudopterogorgia bipinnata</i>	-	67	-	1	1	-	-	9	5	17
<i>Rhipocephalus phoenix</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Sargassum sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>Sertulariella speciosa</i>	-	-	-	-	4	9	21	-	-	-
<i>Siderastrea radians</i>	11	-	-	5	-	-	22	-	16	8
<i>Siderastrea siderea</i>	12	5	13	6	-	-	2	5	31	14
<i>Siphodictyon coralliphagum</i>	14	2	-	4	6	7	7	-	-	-
<i>Solenastrea bournoni*</i>	6	11	-	2	2	7	24	3	7	3
<i>Spinoseella vaginalis</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanocoenia michelinii</i>	-	-	-	-	3	-	3	-	-	5
<i>Stromatospongia norae</i>	-	1	-	-	-	-	9	-	-	-
<i>Tedania ignis</i>	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Tethya sp.</i>	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Turbinaria turbinata</i>	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-
<i>Udotea cyathiformis</i>	-	-	-	-	44	38	-	-	-	-

Cont. Tabla 1.- Abundancia de la comunidad bentónica identificadas en los arrecifes de Quintana Roo, México. * Indica las especies que se presentaron en todos los arrecifes. (Col-Colombia, Che-Chemuyil, Cha-Chankanaab, Pal-Palancar, Maj-Majahual y Aku-Akumal)

ESPECIES	COL	CHE	CHA	CHA	PAL	PAL	PAL	MAJ	MAJ	AKU
	1-6m	27m	6m	30m	16-17m	17-22m	27m	1-6m	6-7m	8m
Udotea spinulosa	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-
Ulosa hispida	2	-	1	1	-	7	28	-	-	-
Valonia macrophysa	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Valonia ventricosa	4	2	-	-	-	-	4	-	-	-
Verongia fistularis	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Verongia longissima	23	1	3	3	2	9	15	-	-	-
Verongia sp.	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Xestospongia muta	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xestospongia sp.	1	-	5	2	1	-	-	-	-	-
Zoanthus sociatus	1	8	3	-	5	-	-	-	4	4

Tabla 2. Listado taxonómico de las especies identificadas en los arrecifes de Quintana Roo, México.

HEXACORALES

Phyllum CNIDARIA	(Hatscheck, 1888)
Clase Hidrozoa	(Owen, 1843)
Orden Milleporina	(Hickson, 1901)
Familia Melliporidae	(Fleming, 1828)
<i>Mellipora alcicornis</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Mellipora complanata</i>	(Lamarck, 1816)
Clase Anthozoa	(Ehrenberg, 1834)
Orden Scleractinia	(Bourne, 1900)
Suborden Astrocoeniina	(Vaughan y Wells, 1943)
Familia Astrocoeniidae	(Koby, 1980)
<i>Stephanaocoenia michelinii</i>	(Edwards y Haime, 1848)
Familia Pocilloporidae	(Gray, 1842)
<i>Madracis decactis</i>	(Lyman, 1859)
<i>Madracis mirabilis</i>	(Duchassaing y Michelotti, 1860)
Familia Acroporidae	(Verrill, 1902)
<i>Acropora palmata</i>	(Lamarck, 1816)
<i>Acropora cervicornis</i>	(Lamarck, 1816)
Orden Fungiina	(Verrill, 1865)
Familia Agariciidae	(Gray, 1847)
<i>Agaricia agaricites</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Agaricia fragilis</i>	(Dana, 1846)
<i>Agaricia tenuifolia</i>	(Dana, 1846)
<i>Agaricia lamarcki</i>	(Edwards y Haime, 1851)
<i>Agaricia undata</i>	(Ellis y Solander, 1786)
<i>Helioseris cucullata</i>	(Ellis y Solander, 1786)
Familia Siderastreidae	(Vaughan y Wells, 1943)
<i>Siderastrea siderea</i>	(Ellis y Solander, 1786)
<i>Siderastrea radians</i>	(Pallas, 1766)
Familia Poritidae	(Gray, 1842)

<i>Porites asteriodes</i>	(Lamarck, 1816)
<i>Porites divaricata</i>	(Lesueur, 1821)
<i>Porites furcata</i>	(Lamarck, 1816)
<i>Porites porites</i>	(Pallas, 1766)
Orden Faviina	(Vaughan y Wells, 1943)
Familia Faviidae	(Gregory, 1900)
<i>Favia fragun</i>	(Esper, 1795)
<i>Diploria clivosa</i>	(Ellis y Solander, 1786)
<i>Diploria strigosa</i>	(Dana, 1846)
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Manicina aerolata</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Colpophyllia breviserialis</i>	(Edwards y Haime, 1849)
<i>Colpophyllia natans</i>	(Houttuyn, 1772)
Familia Montastreinae	(Vaughan y Wells, 1943)
<i>Montastrea annularis</i>	(Ellis y Solander, 1767)
<i>Montastrea cavernosa</i>	(Linnaeus, 1766)
<i>Solesnastrea bournoni</i>	(Edwards y Haime, 1849)
Familia Meandrinidae	(Gray, 1847)
<i>Meandrina meandrites</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Dichochoenia stokesi</i>	(Edwards y Haime, 1848)
<i>Dendrogyra cylindrus</i>	(Ehrenberg, 1834)
Familia Mussiidae	(Ortmann, 1890)
<i>Mussa angulosa</i>	(Pallas, 1766)
<i>Isophyllia sinuosa</i>	(Ellis y Solander, 1786)
<i>Isophyllastrea rigida</i>	(Dana, 1846)
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	(Edwards y Haime, 1848)
<i>Mycetophyllia ferox</i>	(Wells, 1973)
<i>Mycetophyllia danaana</i>	(Edwards y Haime, 1849)
<i>Mycetophyllia aliciae</i>	(Wells, 1973)
Orden Caryophylliina	(Vaughan y Wells, 1943)
Familia Eusmiliinae	(Edwards y Haime, 1857)
<i>Eusmilia fastigiata</i>	(Pallas, 1766)

OCTOCORALES

Subclass Octorallia	(Heackel, 1866)
Orden Alcyonacea	(Lamouroux, 1816)
Familia Briareidae	(Gray, 1859)
<i>Briareum asbestinum</i>	(Pallas, 1766)
Orden Gorgonacea	(Lamouroux, 1816)
Familia Gorgoniidae	(Lamouroux, 1812)
<i>Gorgonia flabellum</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Gorgonia ventalina</i>	(Linnaeus, 1758)
<i>Pseudopterogorgia americana</i>	(Gmelin, 1791)
<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>	(Pallas, 1766)
<i>Pseudopterogorgia bipinnata</i>	(Verrill, 1864)
Familia Plexauridae	(Gray, 1859)
<i>Plexaura homomalla</i>	(Esper, 1792)
<i>Plexaura flexuosa</i>	(Lamouroux, 1821)
<i>Plexaurella dichotoma</i>	(Esper, 1791)
<i>Plexaurella grisea</i>	(Kunze, 1916)
<i>Plexaurella porosa</i>	(Houttuyn, 1772)
<i>Pseudoplexaurella porosa</i>	(Houttuyn, 1772)
<i>Eunicea mammosa</i>	(Lamouroux, 1816)
<i>Muricea muricata</i>	(Pallas, 1766)
<i>Muriceopsis flavida</i>	(Lamarck, 1815)
Familia Anthothelidae	(Broch, 1916)
<i>Iciligorgia scammi</i>	(Duchassaing, 1870)

ESPOJAS

Phylum Porifera	(Grant, 1836)
Clase Calcarea	
Subclase Calcaronea	
Orden Leucosoleniida	
Familia Leucosoleniidae	(Minchin, 1898)
<i>Leucosolenia canariensis</i>	(Miklukho-Maklaj, 1868)
Clase Desmospongiae	(Sollas, 1885)
Subclase Tetractinomorpha	
Familia Spirophoridae	
<i>Cinachyra sp.</i>	
Orden Hadromerida	
Familia Clionidae	(Gray, 1867)
<i>Cliona delitrix</i>	(Pang)
<i>Cliona lampa</i>	(?)
<i>Cliona langa</i>	(?)
Familia Tethyidae	(Gray, 1867)
<i>Tethya sp.</i>	(Lamarck, 1814)
Orden Axinellida	
<i>Agelas sp.</i>	
Subclase Ceractinomorpha	(Lévi, 1953)
Orden Poecilosclerida	
Suborden Microcionina	
Familia Tedaniidae	(Ridley y Dendy, 1886)
<i>Tedania ignis</i>	(Duchassaing y Michelotti)
Suborden Mycalina	
Familia Mycalidae	(Lundbeck, 1905)
<i>Mycale laevis</i>	(Carter)
<i>Mycale sp.</i>	
<i>Neofibularia nolitangere</i>	(Duchassaing y Michelotti)
Orden Haplosclerida	
Familia Callyspongiidae	(de Laubenfels, 1854)

<i>Callyspongia plicifera</i>	(?)
<i>Xetospongia muta</i>	(Schmidt)
<i>Xetospongia sp.</i>	
Familia Chalinidae	(Gray, 1867)
<i>Adocacia carbonaria</i>	(Lamarck, 1813)
<i>Haliclona rubens</i>	(Grant, 1835)
Orden Dictyoceratida	(Minchin, 1900)
Familia Thorectidae	(Bergquist, 1978)
<i>Ircina campana</i>	(Lamarck, 1813)
<i>Ircina fasciculata</i>	(Pallas, 1766)
<i>Ircina strobilina</i>	(Lamarck, 1816)
Orden Dendroceratida	
Familia Darwinellidae	(Merejkowsky, 1879)
<i>Aplysina fistularis</i>	(Lamarck, 1815)
Orden Verongida	
<i>Verongia longissima</i>	(Carter, 1882)
<i>Verongia fistularis</i>	(Lamarck, 1815)
<i>Verongia sp.</i>	
Orden Ceratoporellida	
<i>Ceratoporella nicholsoni</i>	(Hickson, 1911)
<i>Stromatospongia norae</i>	(?)
<i>Stromatospongia vermicola</i>	(?)
<i>Goreauiella auriculata</i>	(?)

MACROALGAS

Division Chlorophyta

Orden Siphonocladales

Familia Valoniaceae

Valonia macrophysa (Kützting, 1843)

Valonia ventricosa (Agardh, 1885)

Familia Udotaceae

Avrainvillea nigricans (Decaisne, 1842)

Halimeda incrassata (Lamouroux, 1812)

Halimeda copiosa (Goreau y Graham, 1967)

Halimeda discoidea (Decaisne, 1842)

Halimeda goreau (Taylor, 1962)

Halimeda opuntia (Lamouroux, 1812)

Penicillus capitatus (Lamarck, 1813)

Penicillus dumetosus (Blainville, 1834)

Ripocephalus phoenix (Kützting, 1905)

Udotea cyathiformis (Decaisne, 1842)

Udotea spinulosa (Howe, 1909)

Division Phaeophyta

Orden Dictyotales

Familia Dictyotaceae

Dictyota dichiota (*dichotoma*) (Lamouroux, 1809)

Lobophora variegata (Womersley, 1967)

Orden Fucales

Familia Cystoceiraceae

Turbinaria turbinata (Kuntze, 1898)

Division Rhodophyta

Clase Florideophycidae

Orden Nemaliales

Familia Galaxauraceae

Galaxaurus sp.

Orden Corallinales

Familia Corallinaceae

Amphiroa sp.

Jania sp.

Orden Ceramiales

Familia Rhodomelaceae

Briothamnion triquetum (Howe, 1915)

Sargasum sp

Codium dicorticatum (Howe, 1911)

OTROS ORGANISMOS BENTÓNICOS

Zoanthus sociatus (Ellis, 1767)

Palythoa caribbea (Duchassaing y Michelotti, 1860)

Anthipates sp

Begula neritina (Linnaeus, 1758)

Condylactis gigantea (Weinland, 1860)

Diadema antillarum (Philippi, 1845)

Homotrema rubrum (Lamarck, 1816)

Nemaster rubiginosa (Pourtales, 1869)

Panulirus guttatus (Latrielle, 1804)

Sertulariella speciosa (Gray, 1848)

Tabla 3. Valores del espectro de diversidad, diversidad máxima y mínima y equidad de los arrecifes de Quintana Roo, México.

Arrecifes	H' bit/individuos	H' máxima bit/individuos	H' mínima bit/ individuos	Equidad
Colombia 6-7m	5.2	3.8	1.4	0.88
Chankanaab 6m	4.2	3.5	0.6	0.85
Chankanaab 30m	5.0	3.8	2.4	0.89
Palancar 16-20m	4.9	3.5	1.6	0.83
Palancar 17-22m	4.5	3.3	0.9	0.83
Palancar 27m	4.6	3.8	0.6	0.85
Majahual 1-6m	4.4	3.3	0.5	0.83
Majahual 6-7m	4.8	3.5	0.4	0.85
Chemuyil 20-27m	4.7	4.0	1.0	0.77
Akumal 8m	4.4	3.7	0.6	0.85

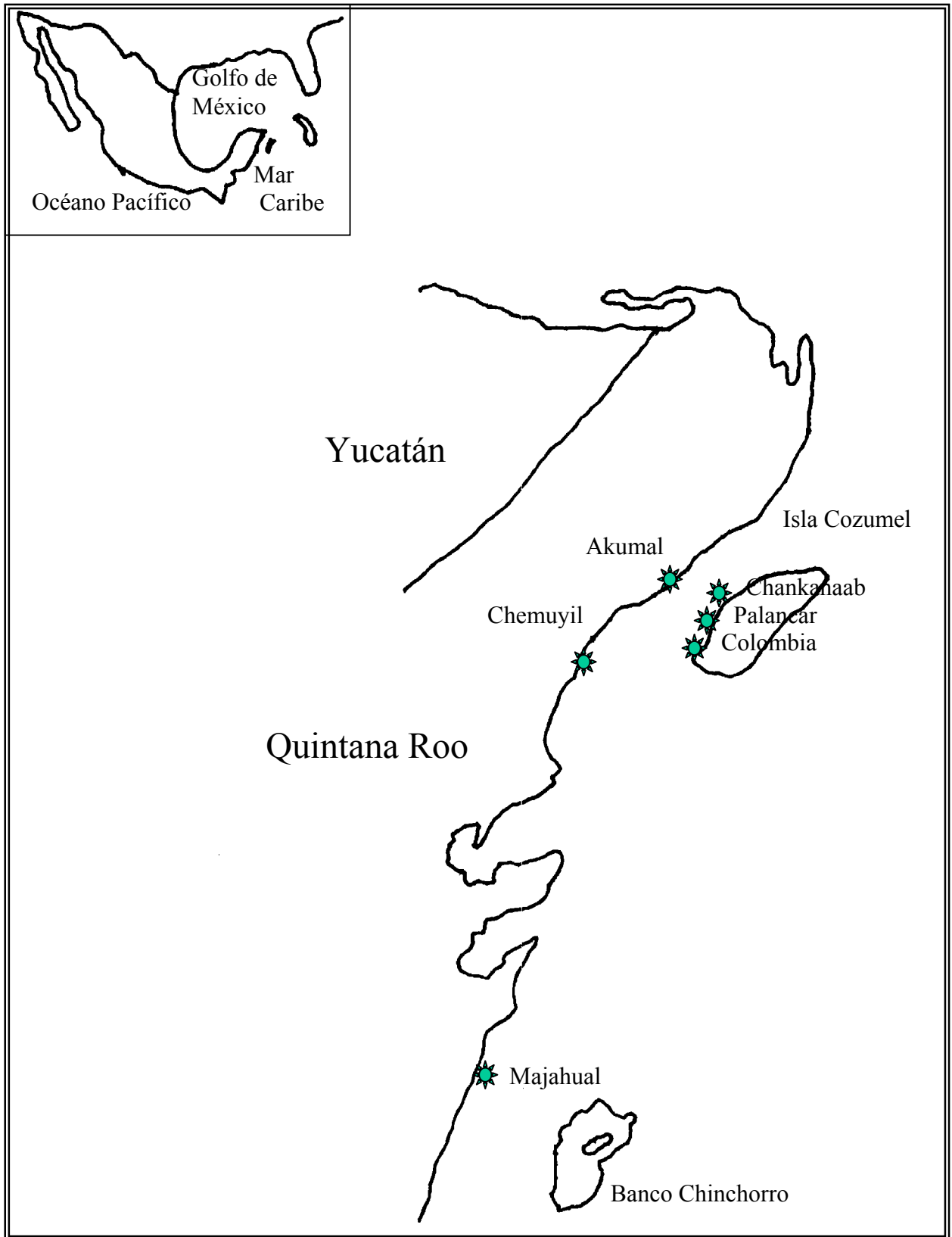


Figura 1. Mapa del área de estudio

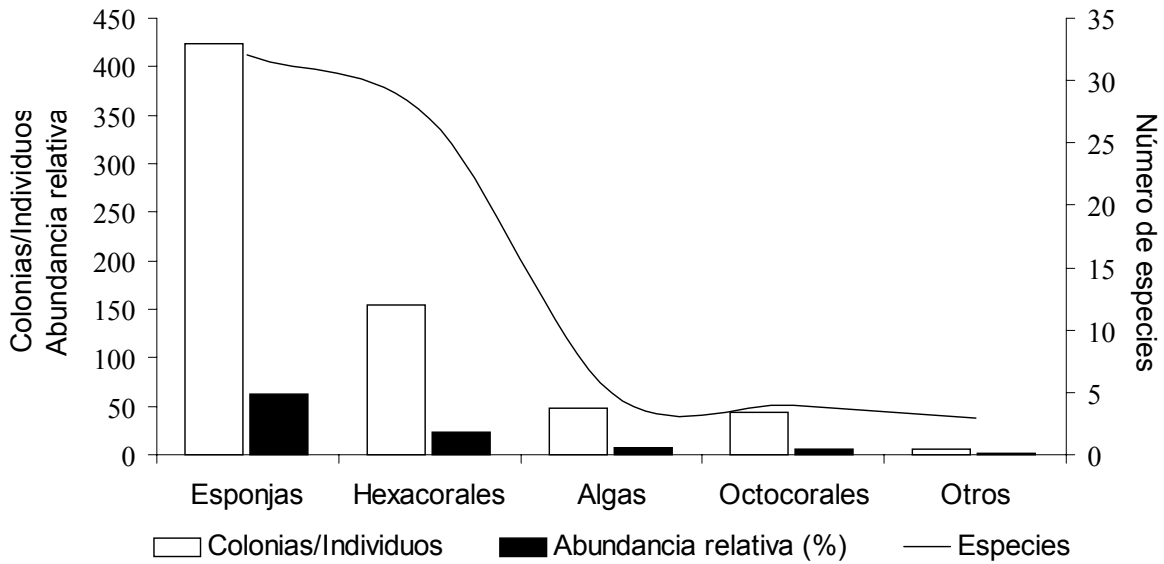


Figura 2. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Colombia, Q. Roo, México. A 6-7m de profundidad.

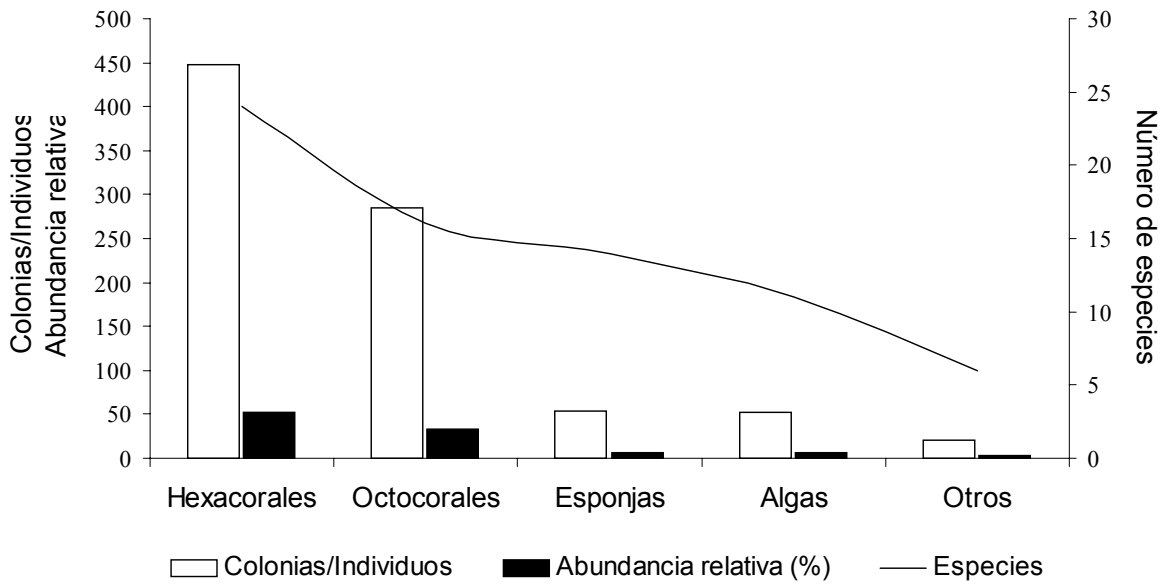


Figura 3. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. A 20-27m de profundidad.

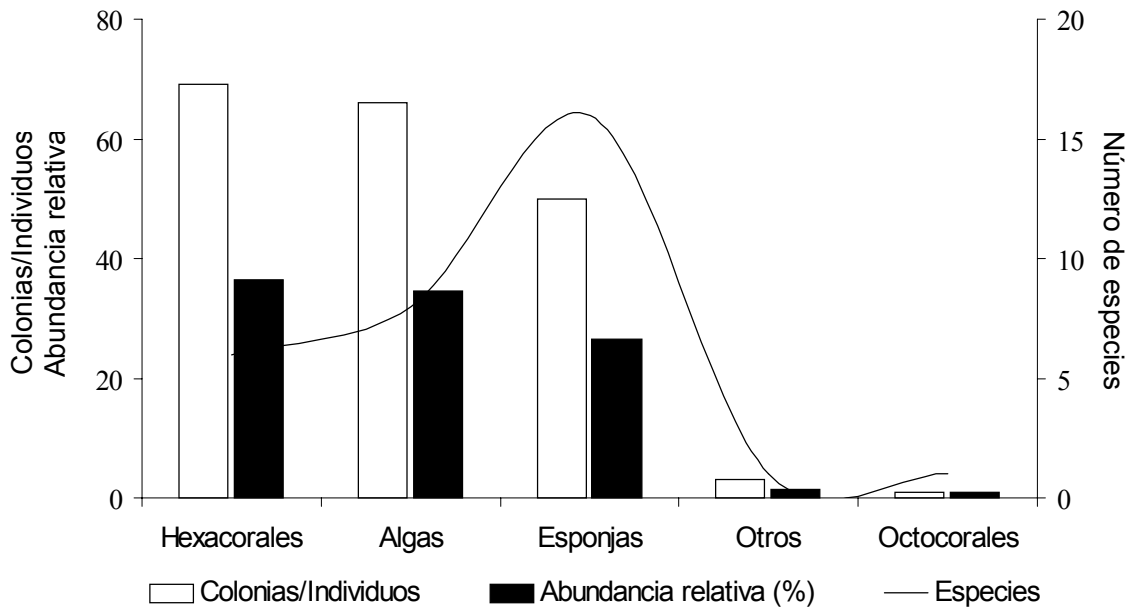


Figura 4. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. A 6 m de profundidad.

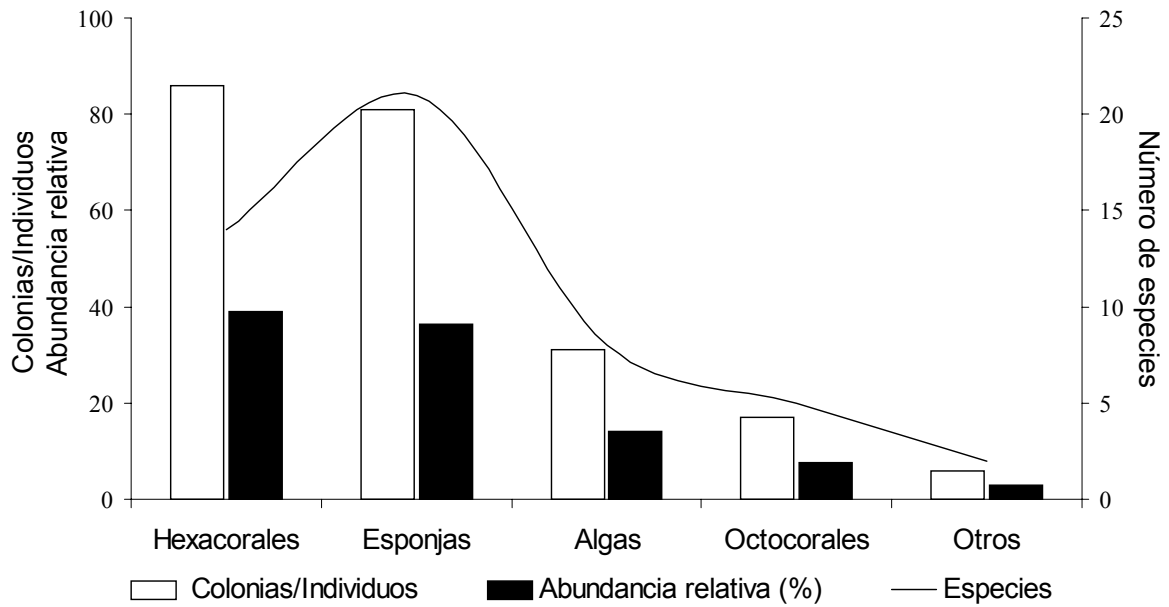


Figura 5. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. A 30 m de profundidad.

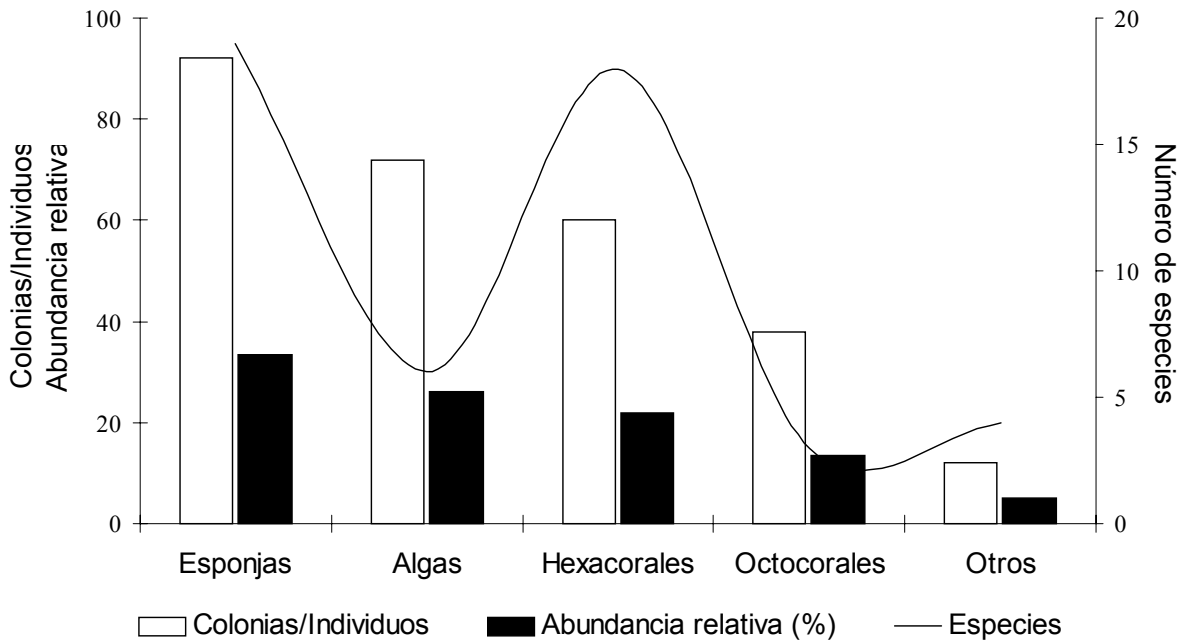


Figura 6. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Palancar, Q.Roo, México. A 16-20 m de profundidad.

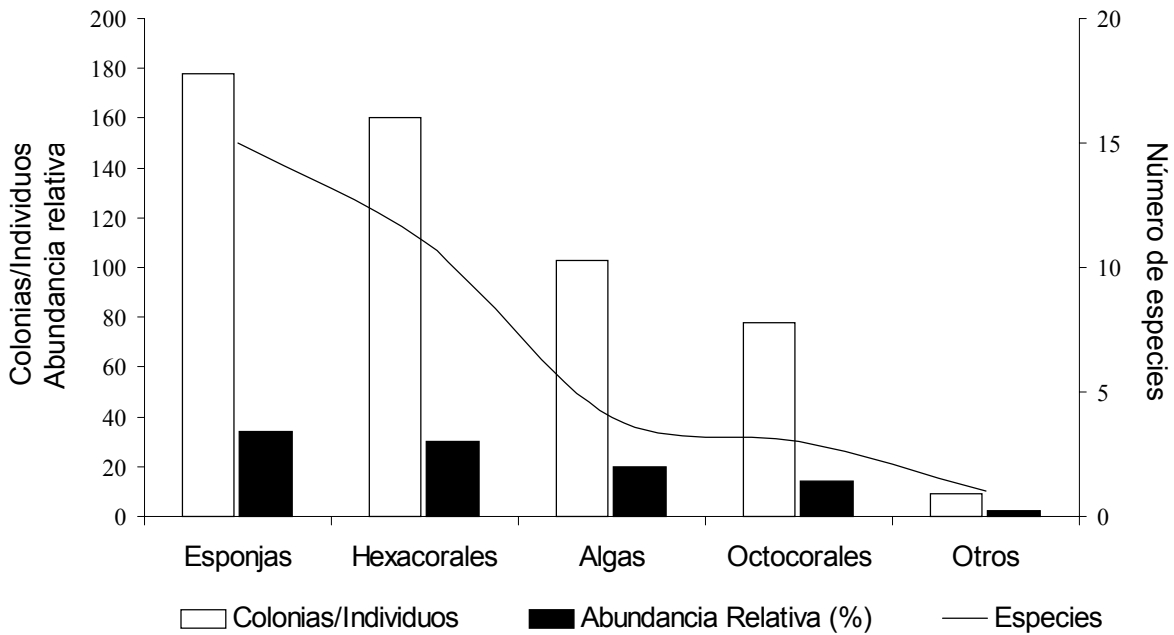


Figura 7. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Palancar, Q.Roo, México. A 17-22 m de profundidad.

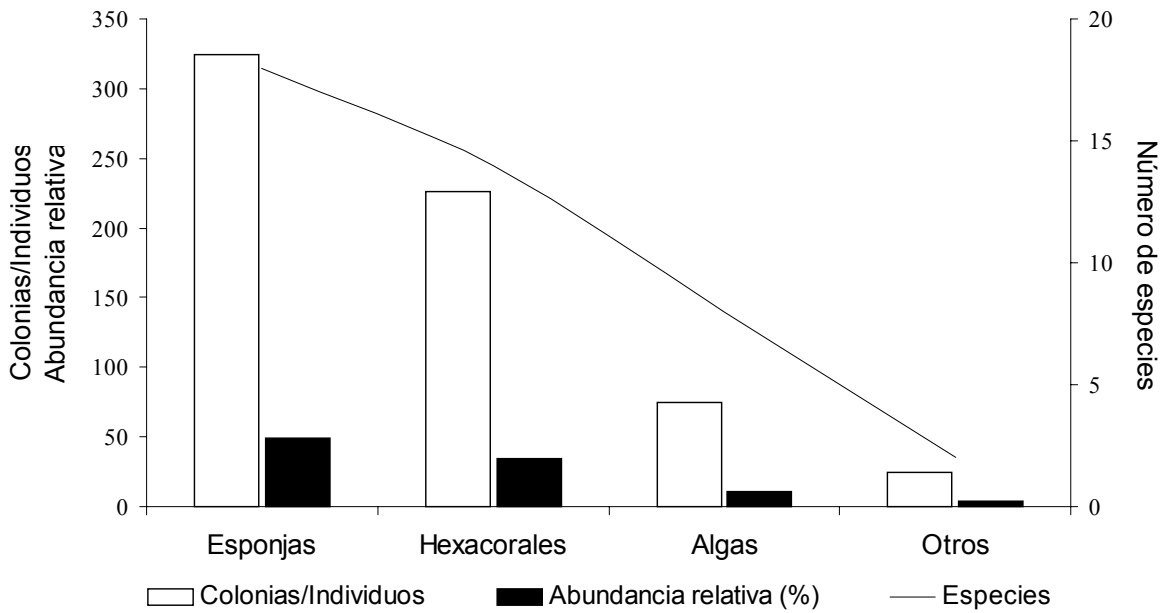


Figura 8. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Palancar, Q.Roo, México. A 27m de profundidad.

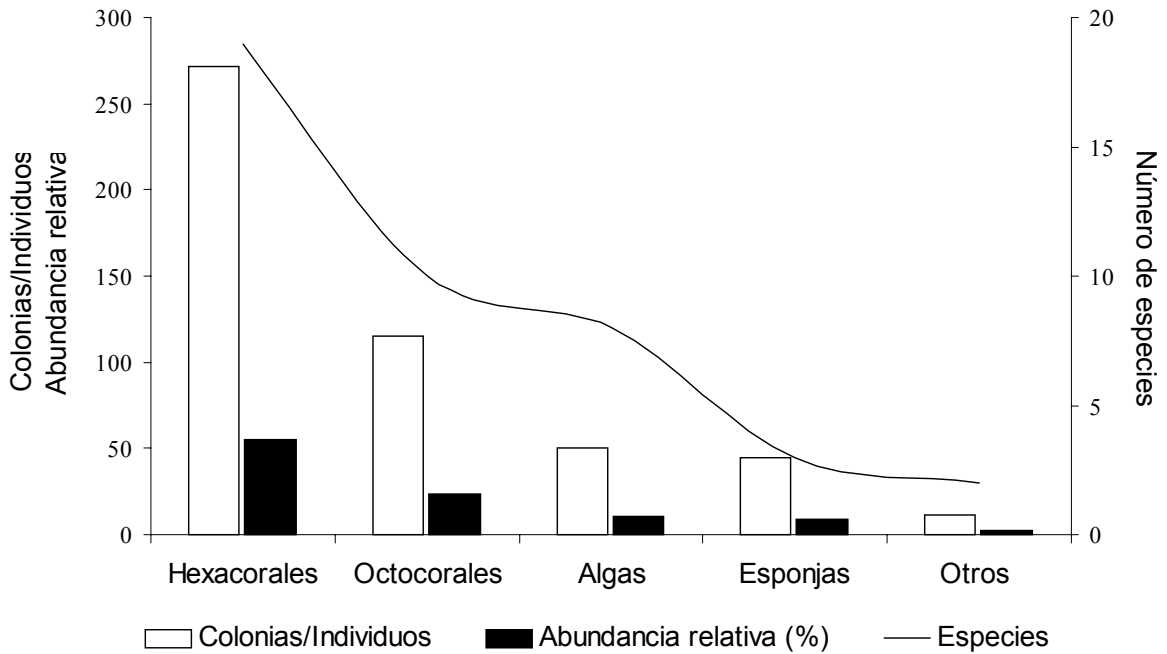


Figura 9. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Majahual, Q.Roo, México. A 1-6 m de profundidad.

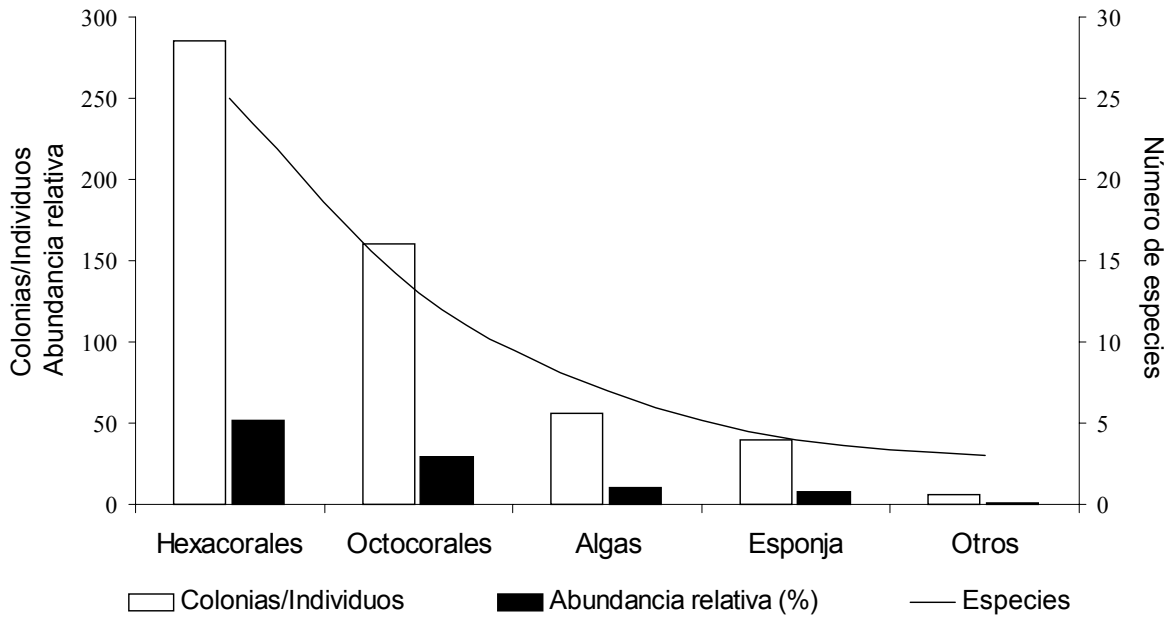


Figura 10. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Majahual, Q.Roo, México. A 6-7 m de profundidad.

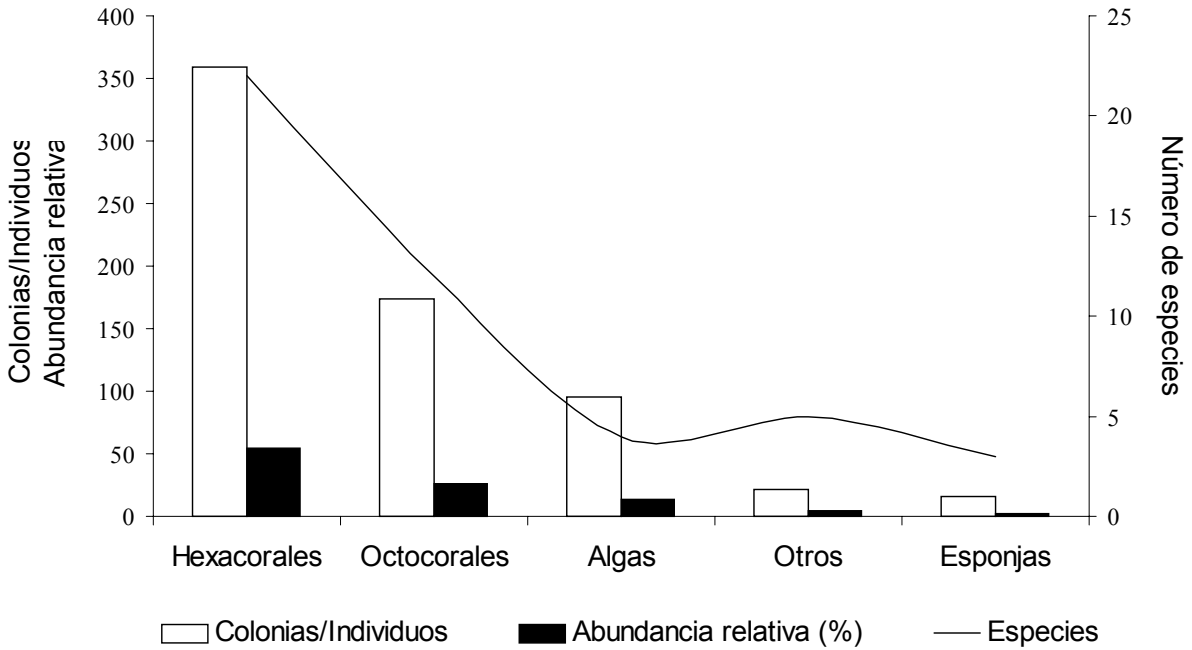


Figura 11. Número de especies, número de colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje del arrecife Akumal, Q.Roo, México. A 8 m de profundidad.

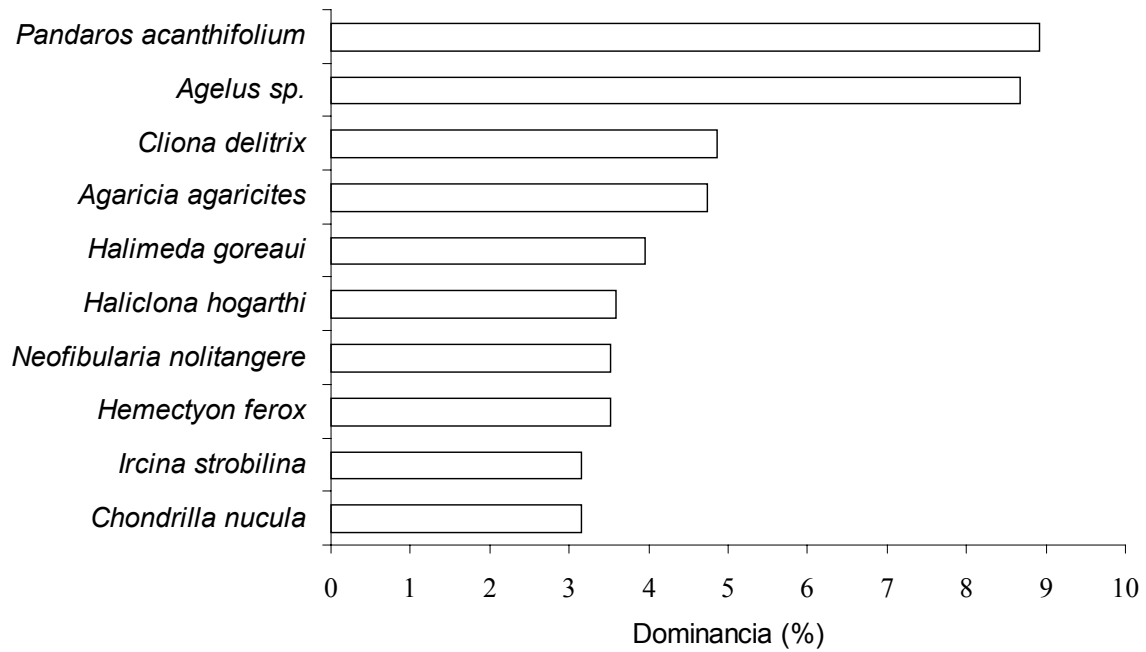


Figura 12. Dominancia específica en porcentaje del arrecife Colombia, Q. Roo, México. A 6-7m de profundidad. Calculado con el Índice de Valor Biológico de Sanders.

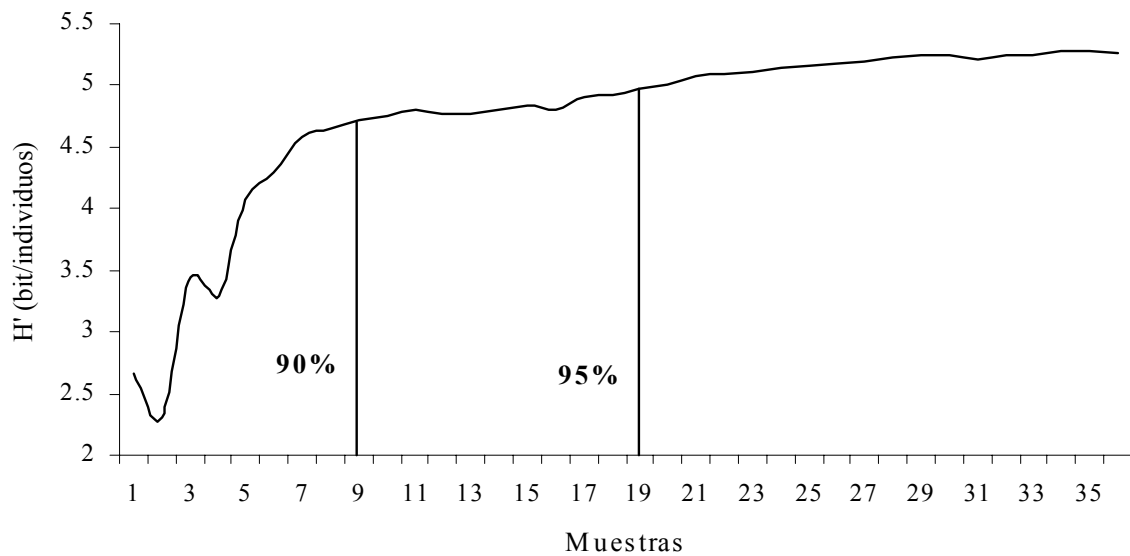


Figura 13. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Colombia Q. Roo, México. A 6-7m de profundidad.

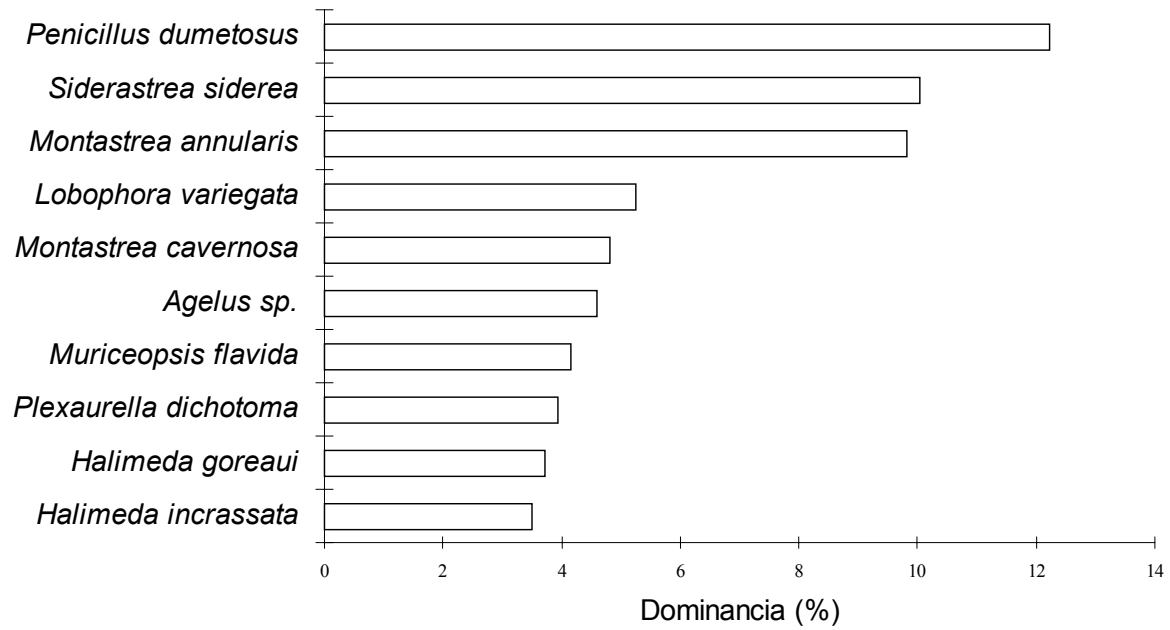


Figura 14. Dominancia específica del arrecife Chankanaab Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

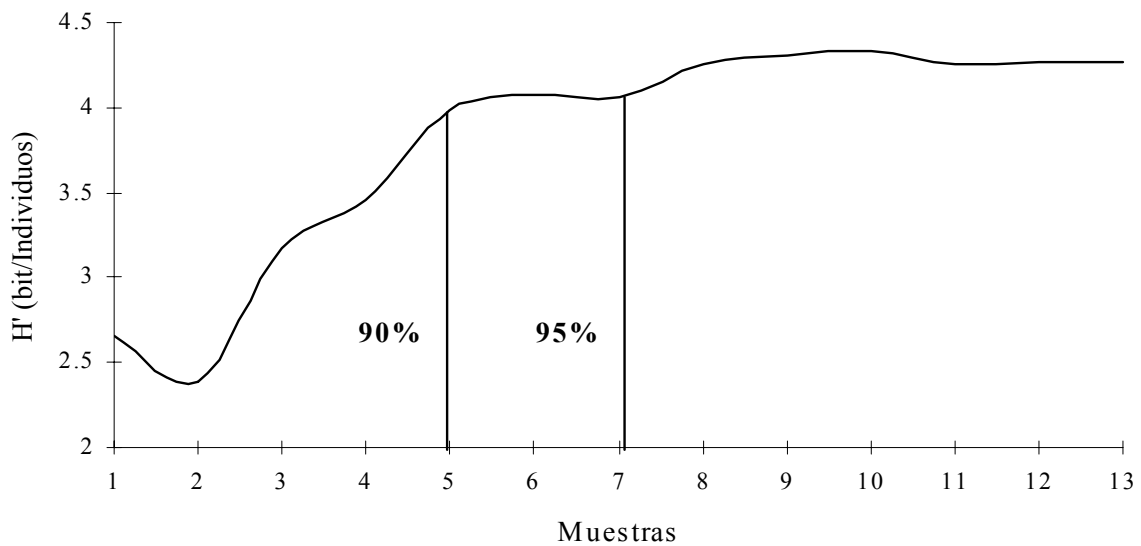


Figura 15. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6m.

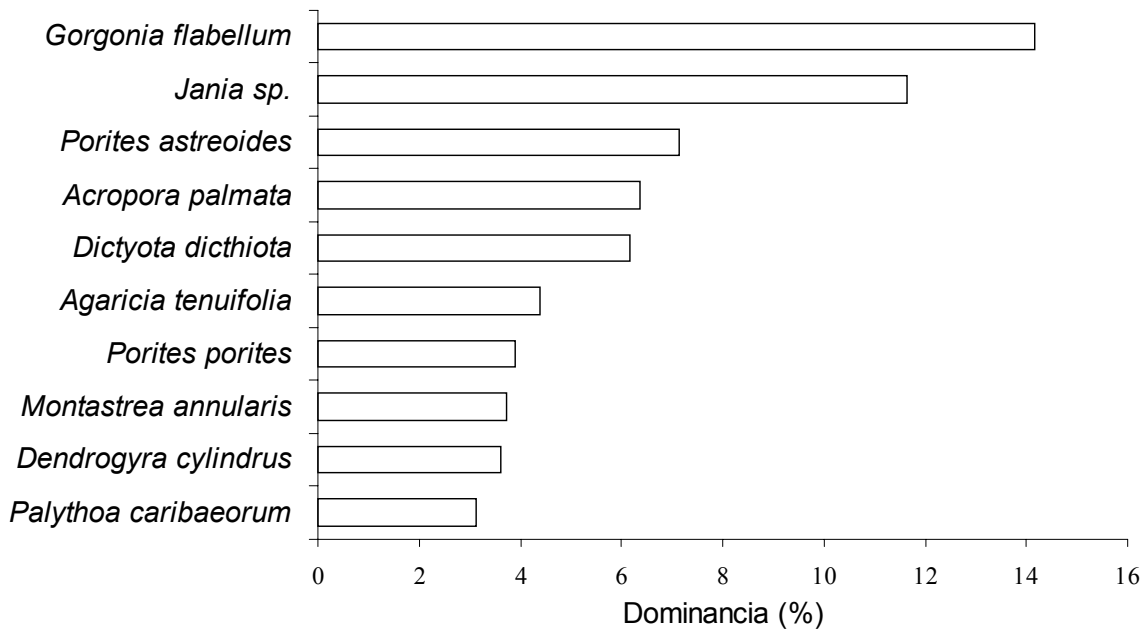


Figura 16. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 1-6 m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

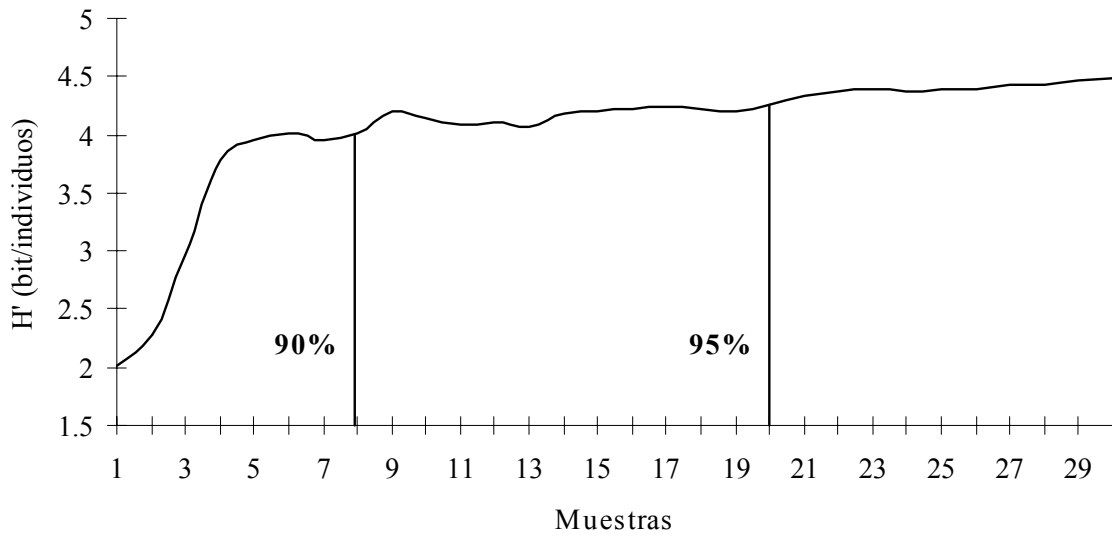


Figura 17. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 1-6m.

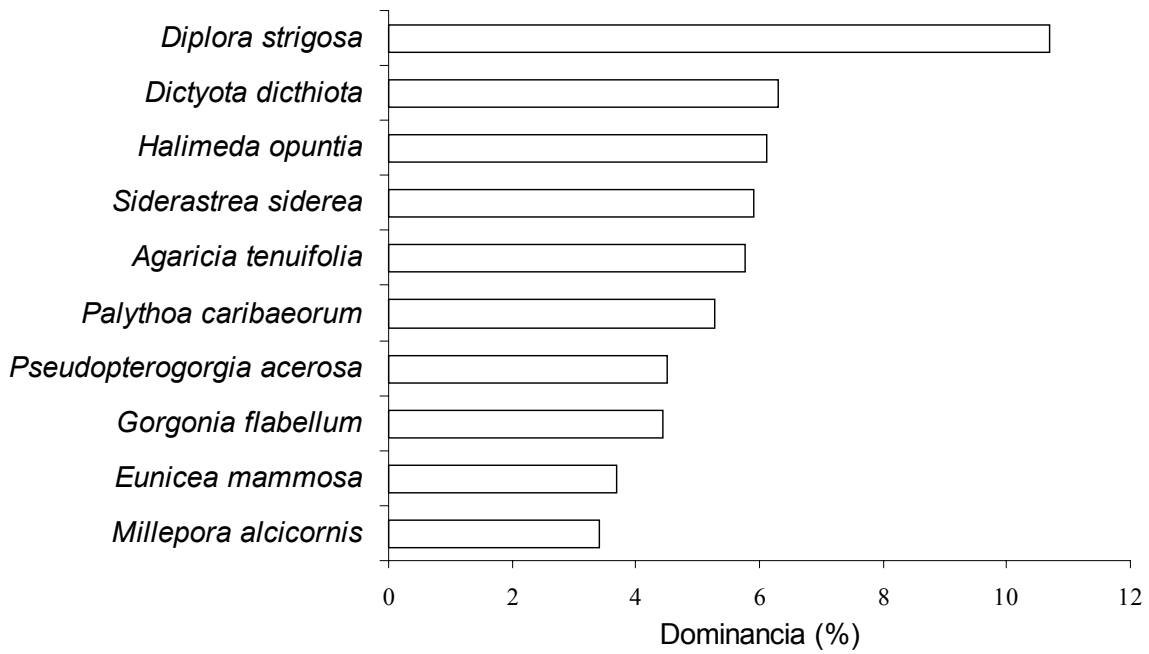


Figura 18. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

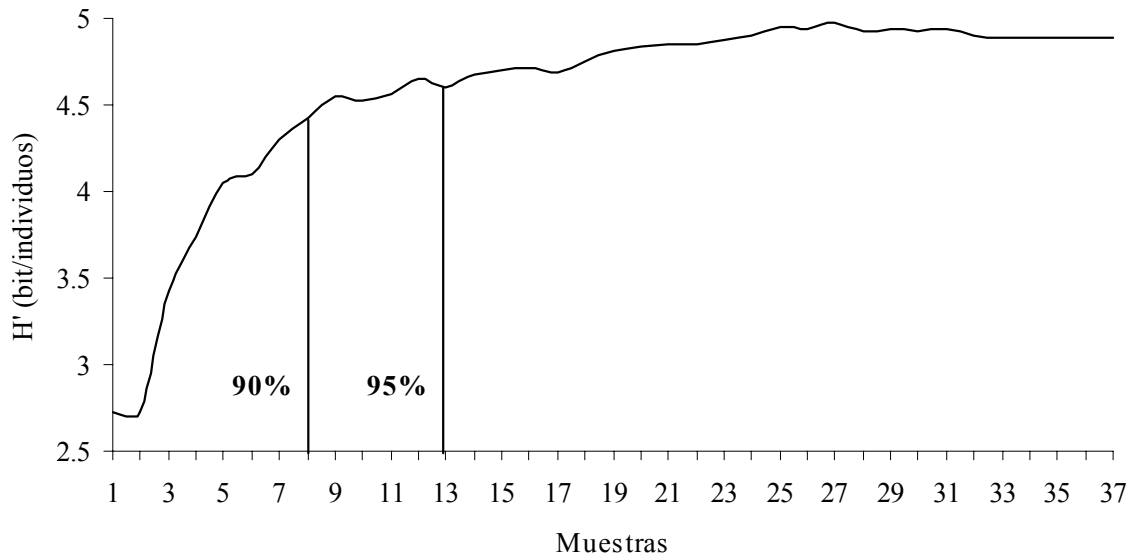


Figura 19. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m.

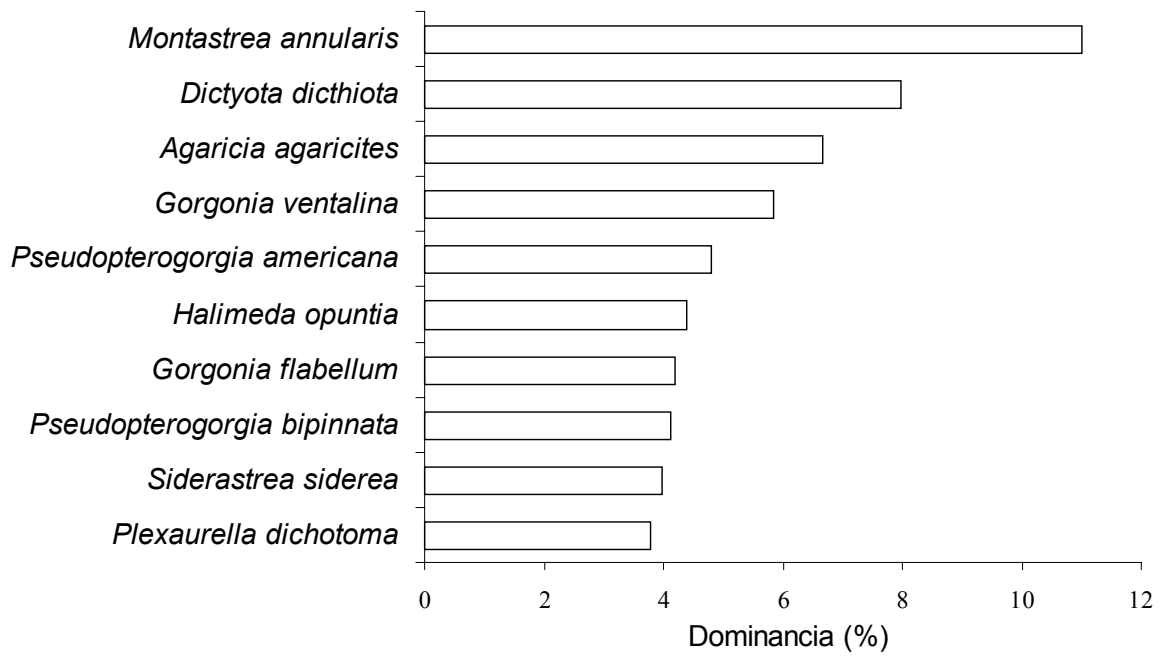


Figura 20. Dominancia específica del arrecife Akumal, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 8m. Calculado con el Índice Biológico de Sanders.

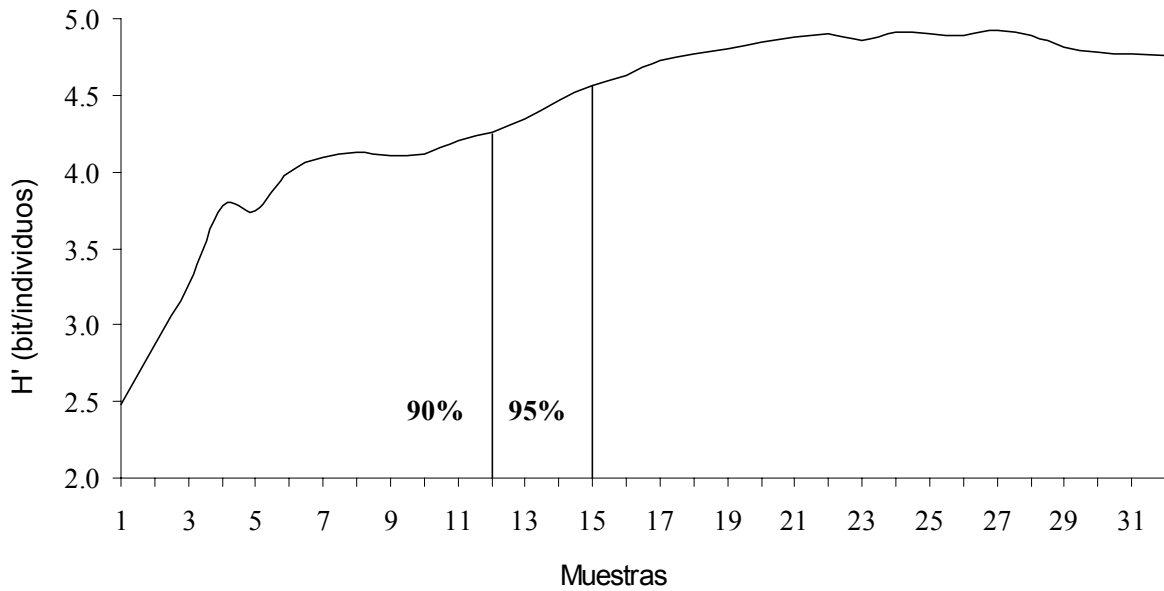


Figura 21. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Akumal Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 8m.

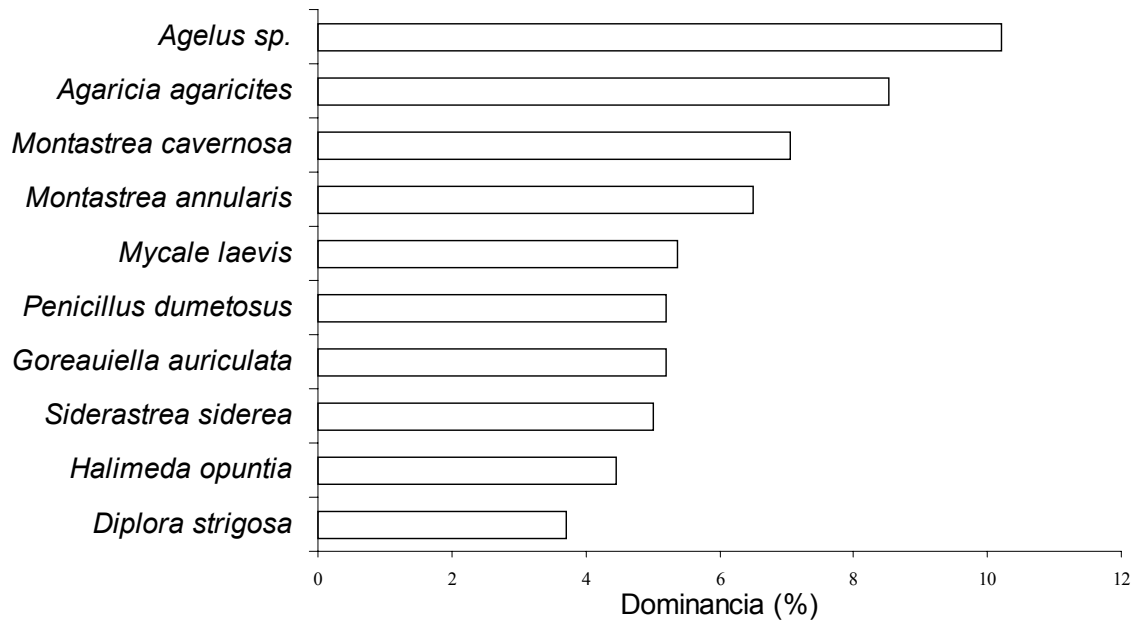


Figura 22. Dominancia específica del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 30m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

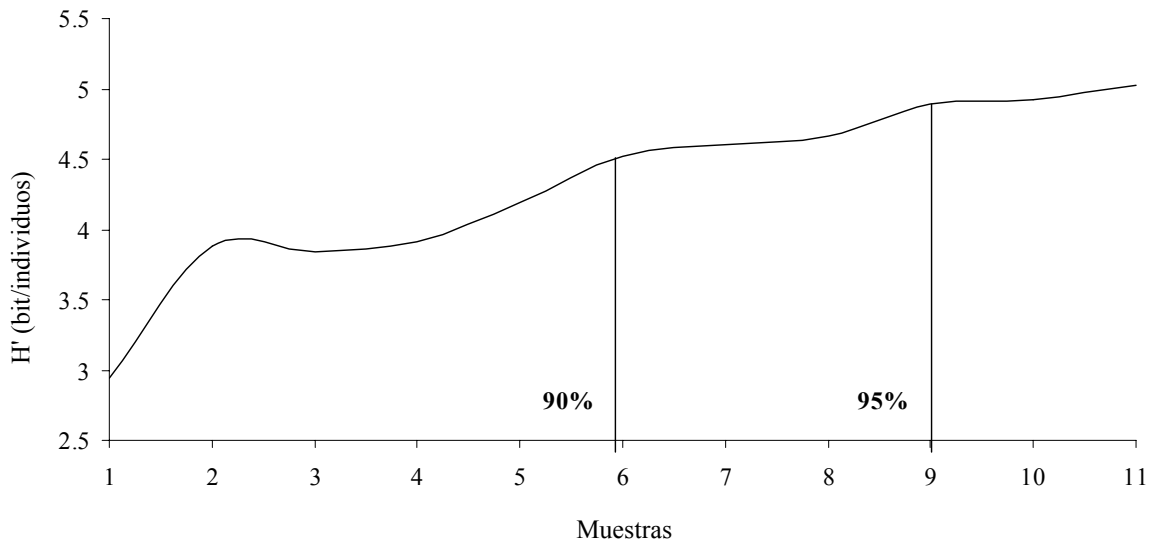


Figura 23. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 30m.

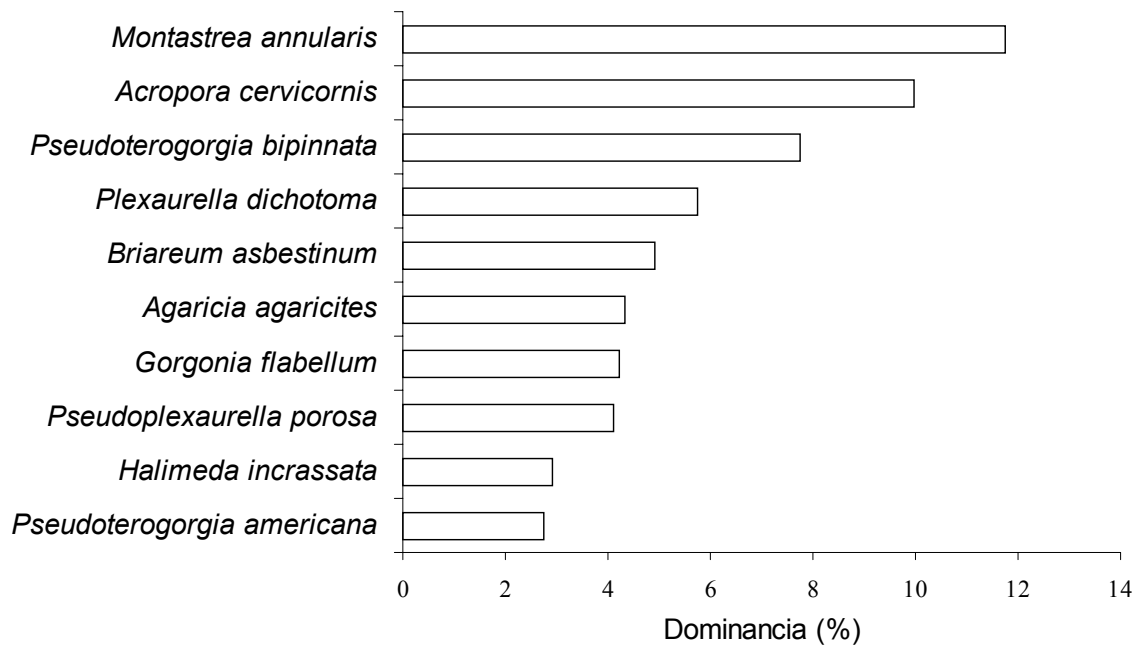


Figura 24. Dominancia específica del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 20-27m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

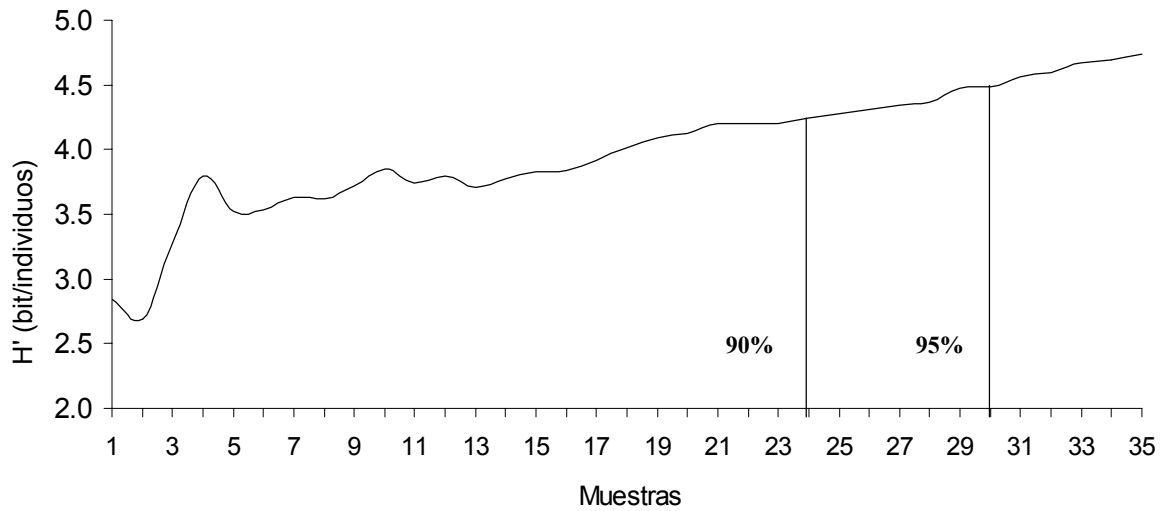


Figura 25. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 20-27m.

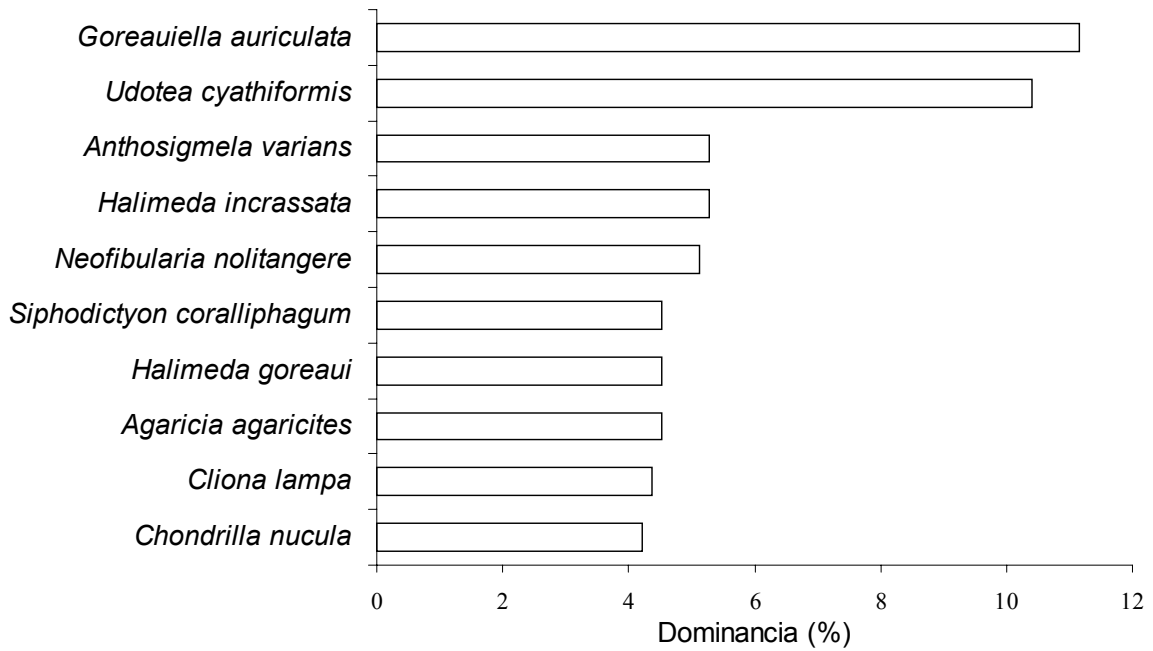


Figura 26. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 16-20m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

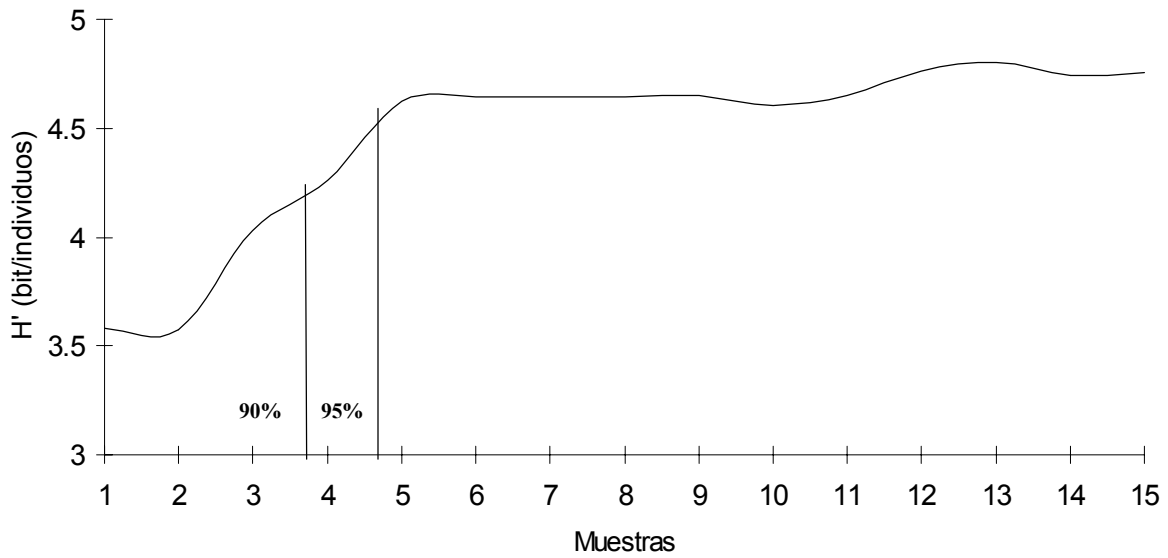


Figura 27. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon- Weaver del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 16-20m.

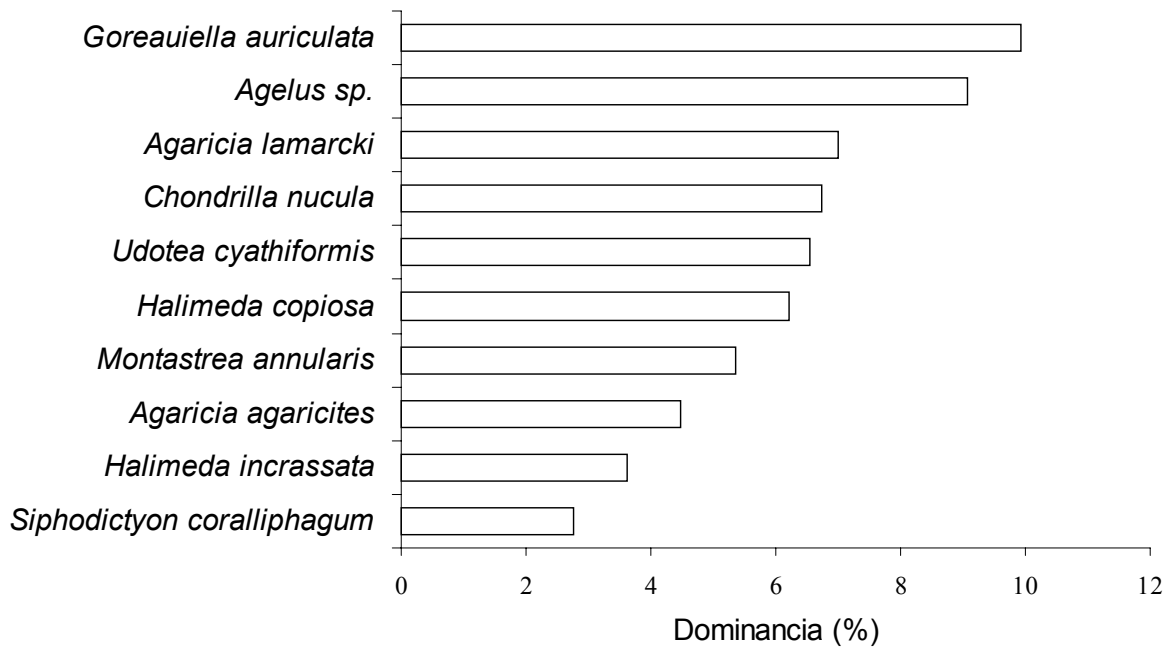


Figura 28. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 17-22m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

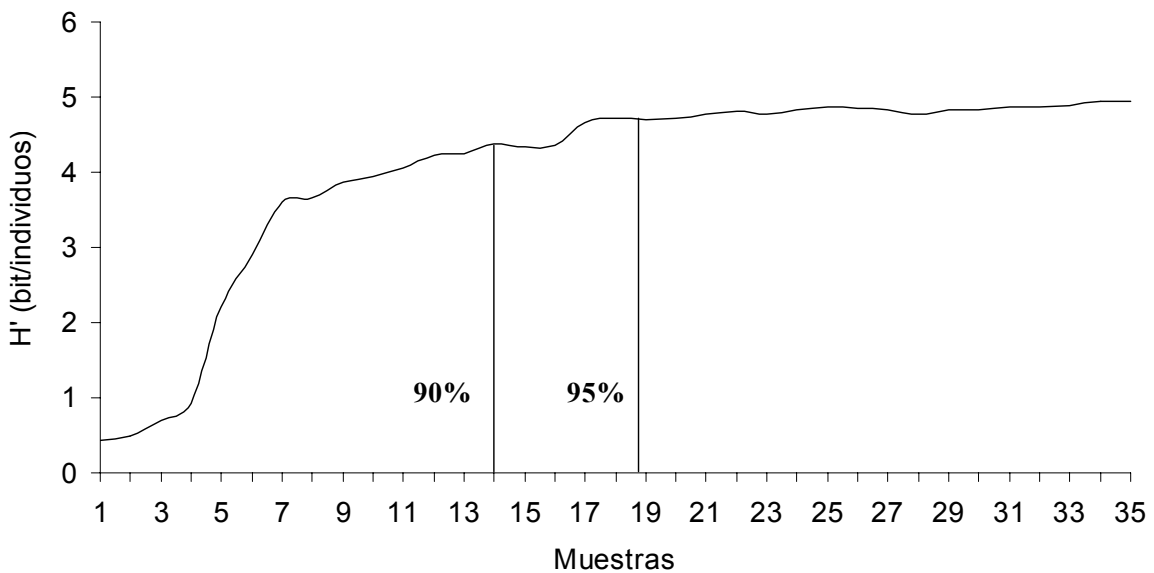


Figura 29. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 17-22 m.

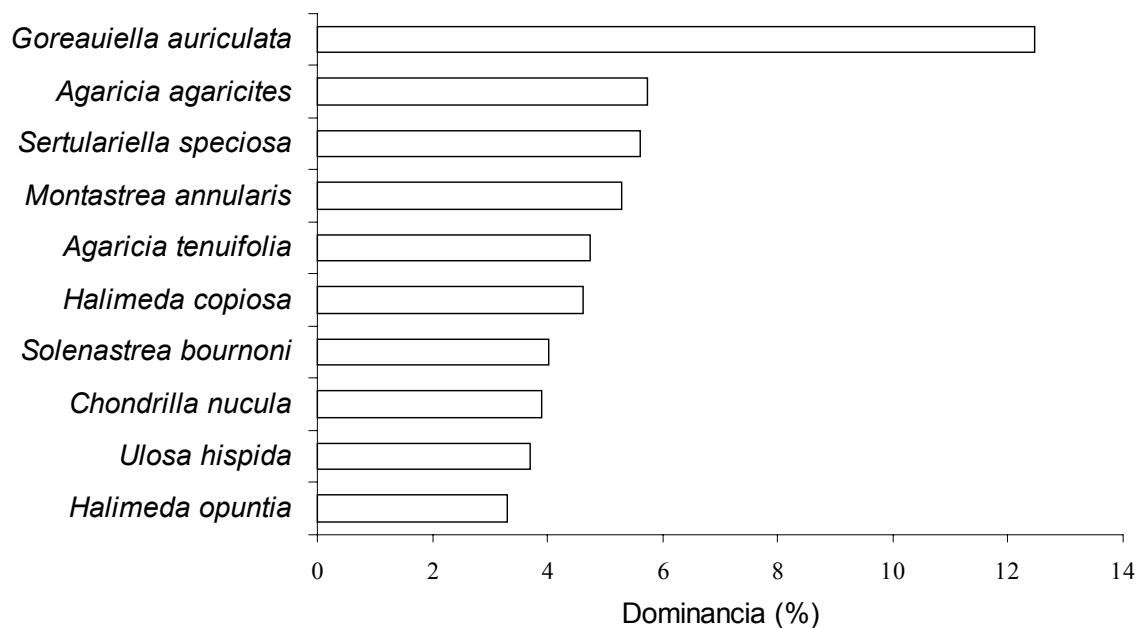


Figura 30. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 27m. Calculado con el índice biológico de Sanders.

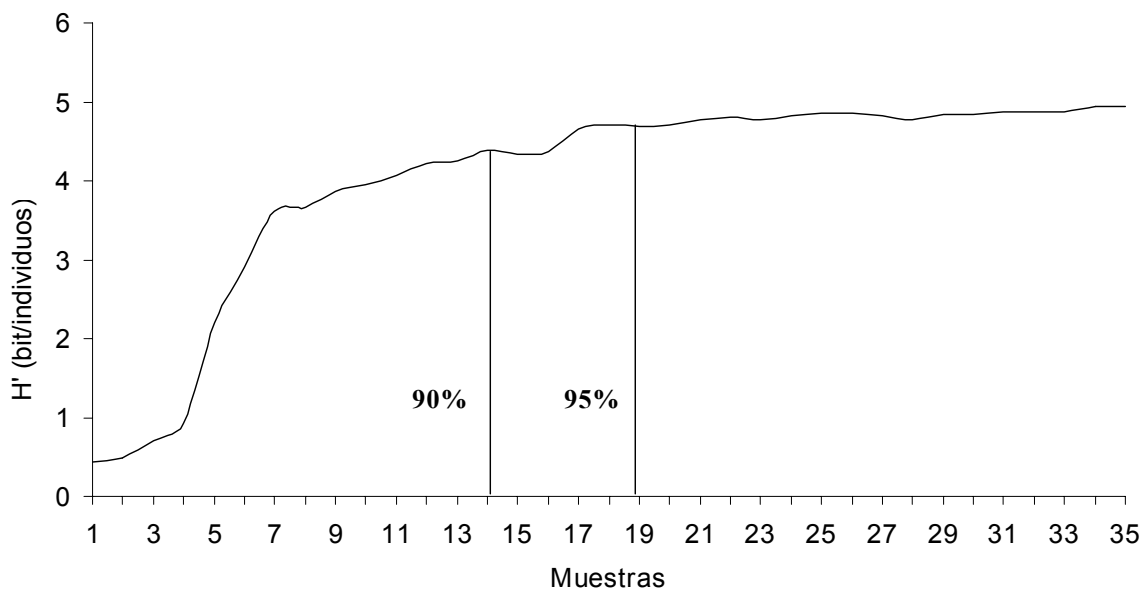


Figura 31. Espectro de diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weaver del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 27m.

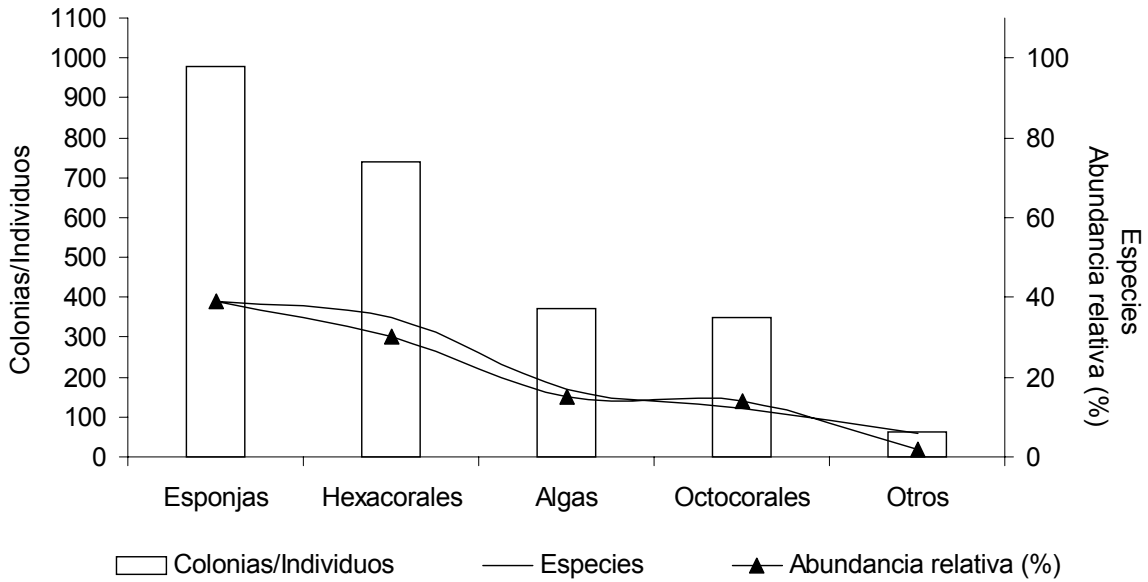


Figura 32. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes a Sotavento, Q.Roo, México.

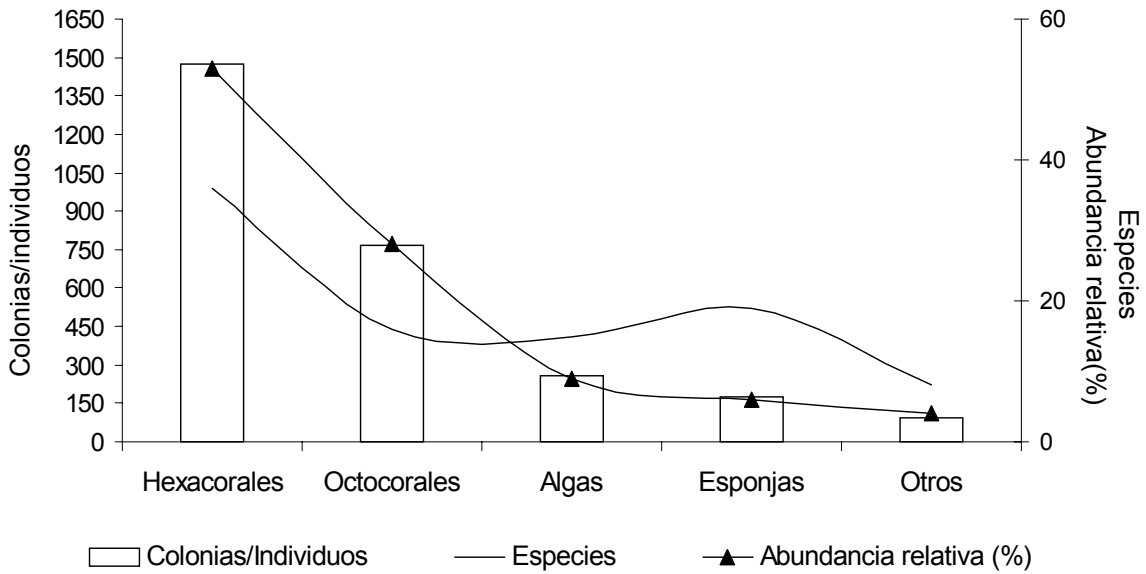


Figura 33. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes a Barlovento, Q.Roo, México.

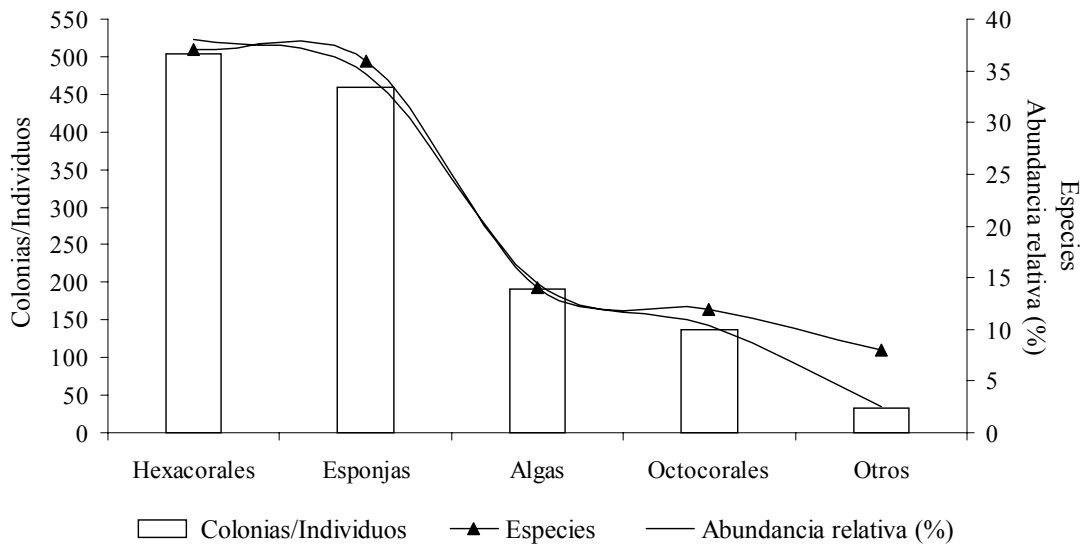


Figura 34. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes someros, Q.Roo, México.

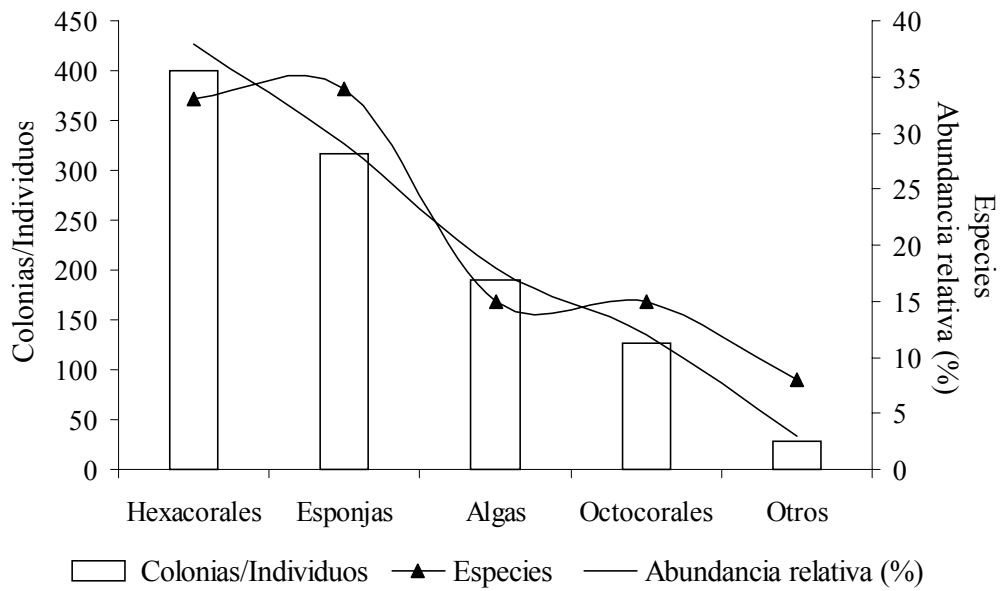


Figura 35. Riqueza específica, número de colonias y Abundancia relativa de los arrecifes profundos, Q.Roo, México.

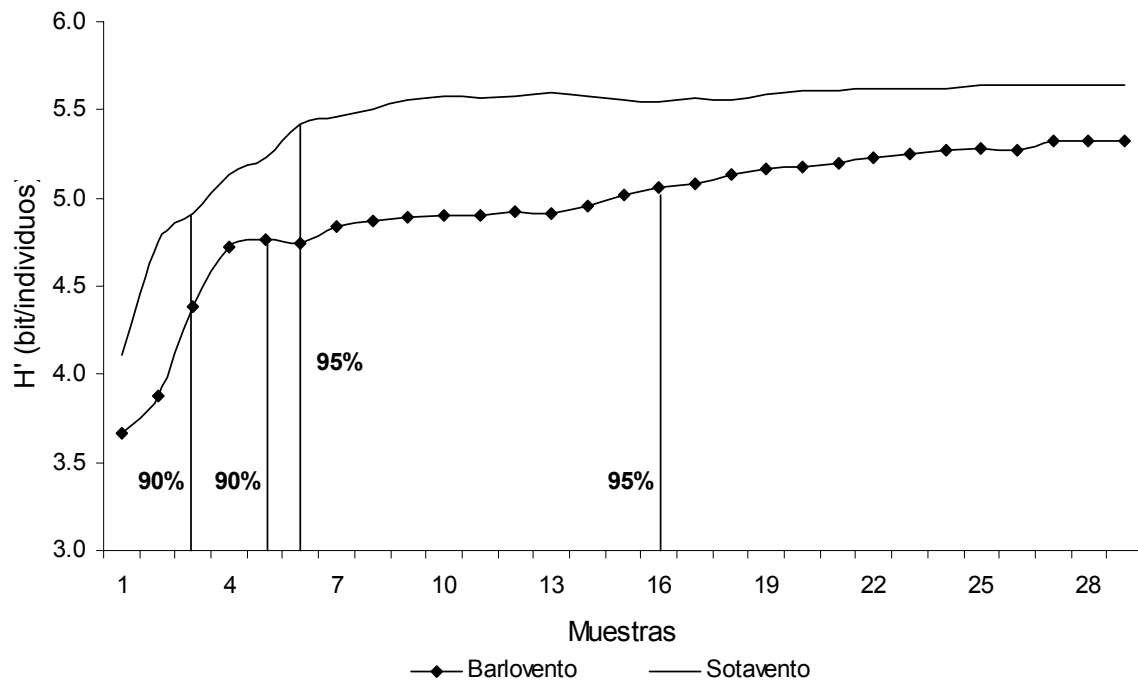


Figura 36. Espectro de Diversidad Calculado con el Índice de Shannon-Weaver. Comparación entre los arrecifes a Sotavento y a Barlovento, Q.Roo México.

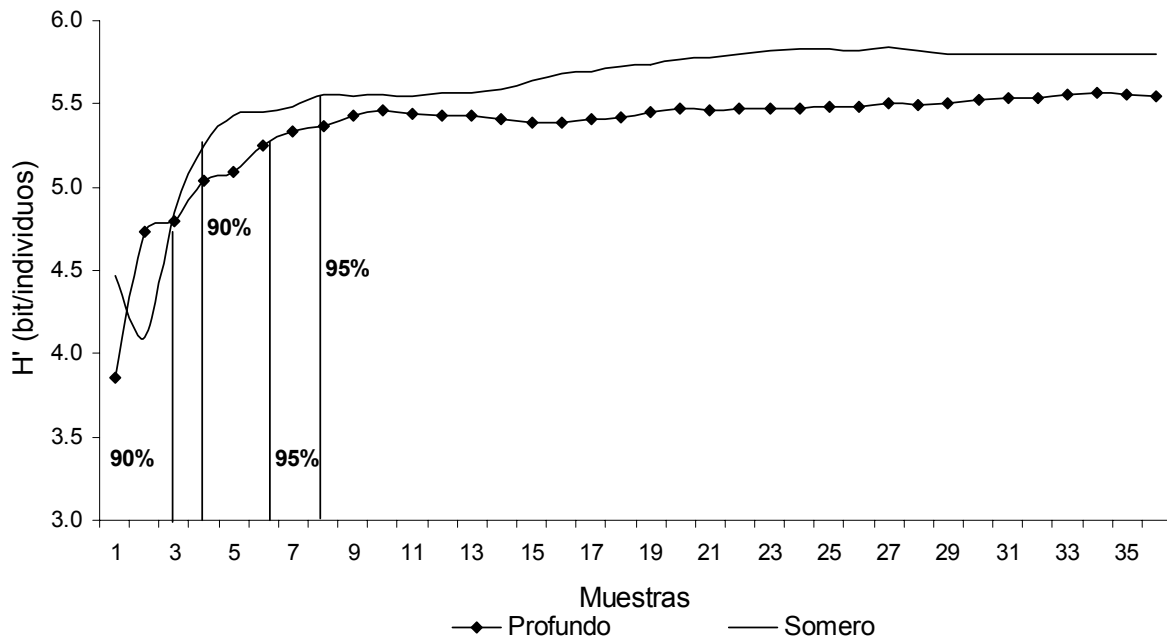


Figura 37. Espectro de Diversidad Calculado con el Índice de Shannon-Weaver. Comparación entre los arrecifes somero y profundo, Q.Roo México.

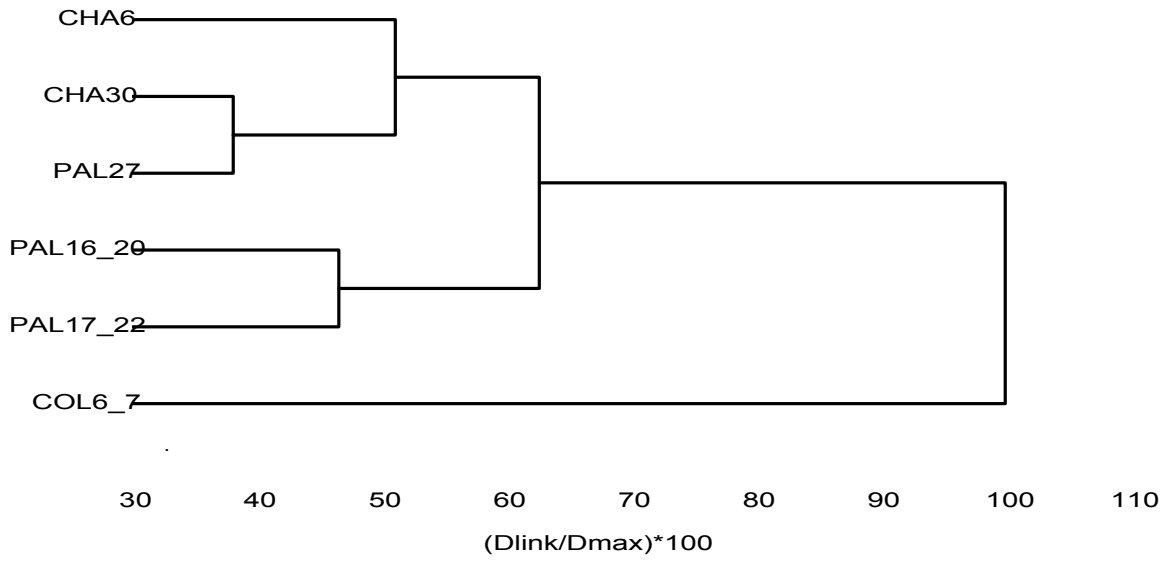


Figura 38. Análisis de dendrograma de los arrecifes de sotavento. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.

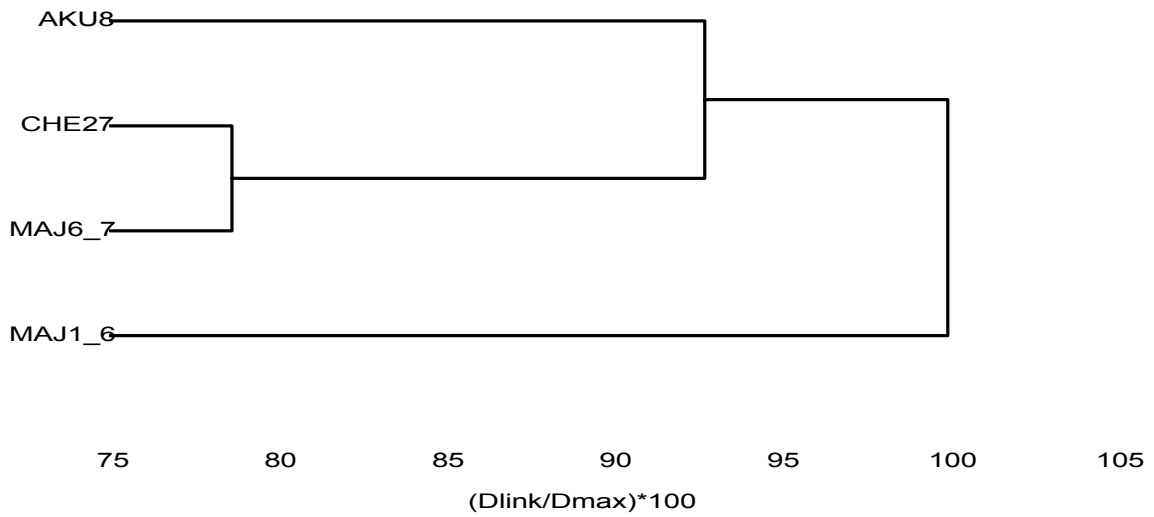


Figura 39. Análisis de dendrograma de los arrecifes de barlovento. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.

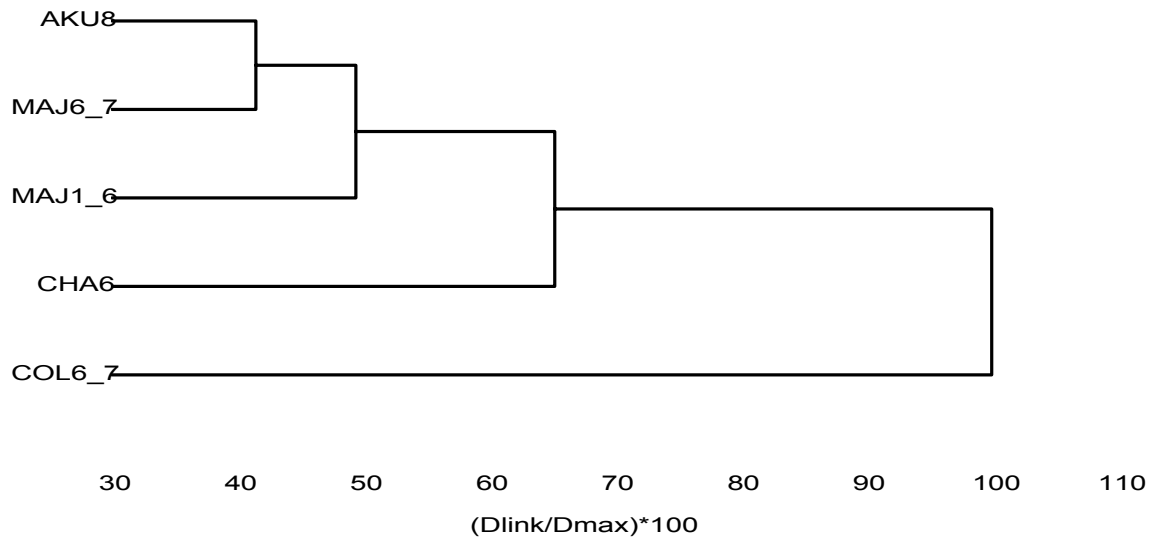


Figura 40. Análisis de dendrograma de los arrecifes someros. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.

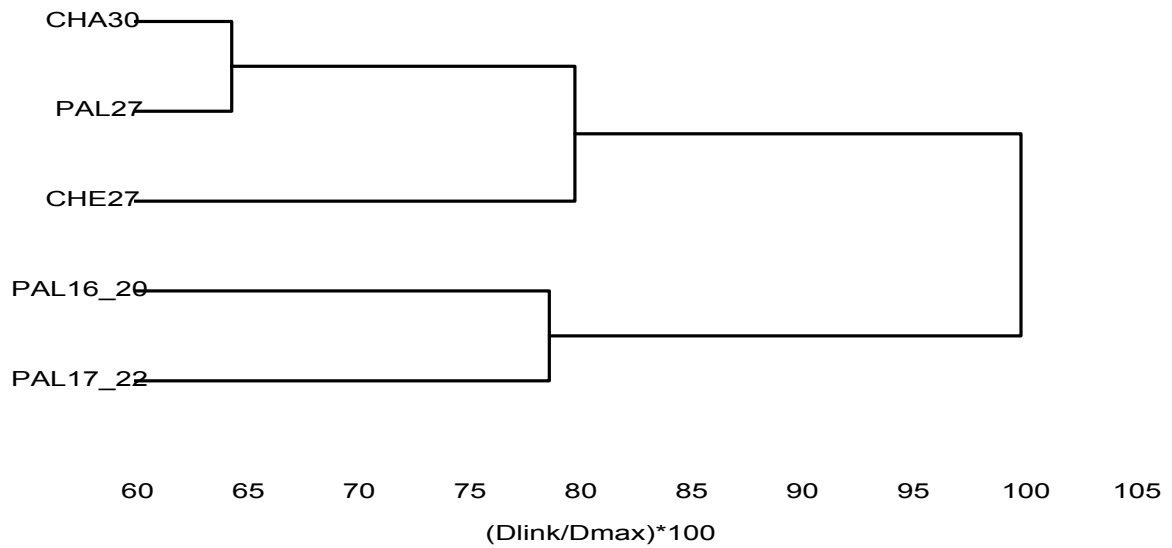
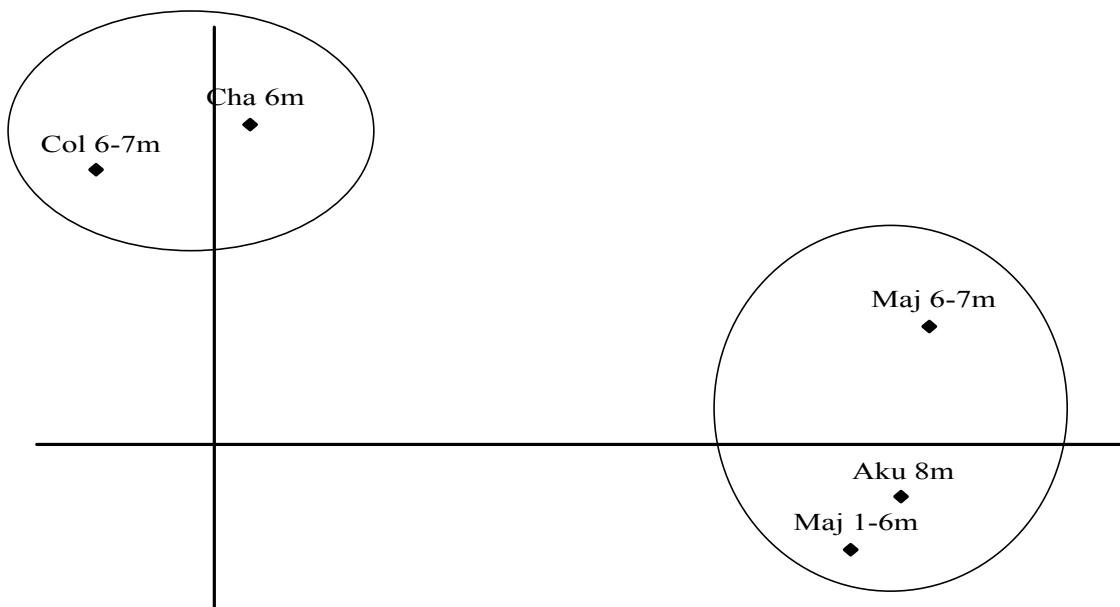

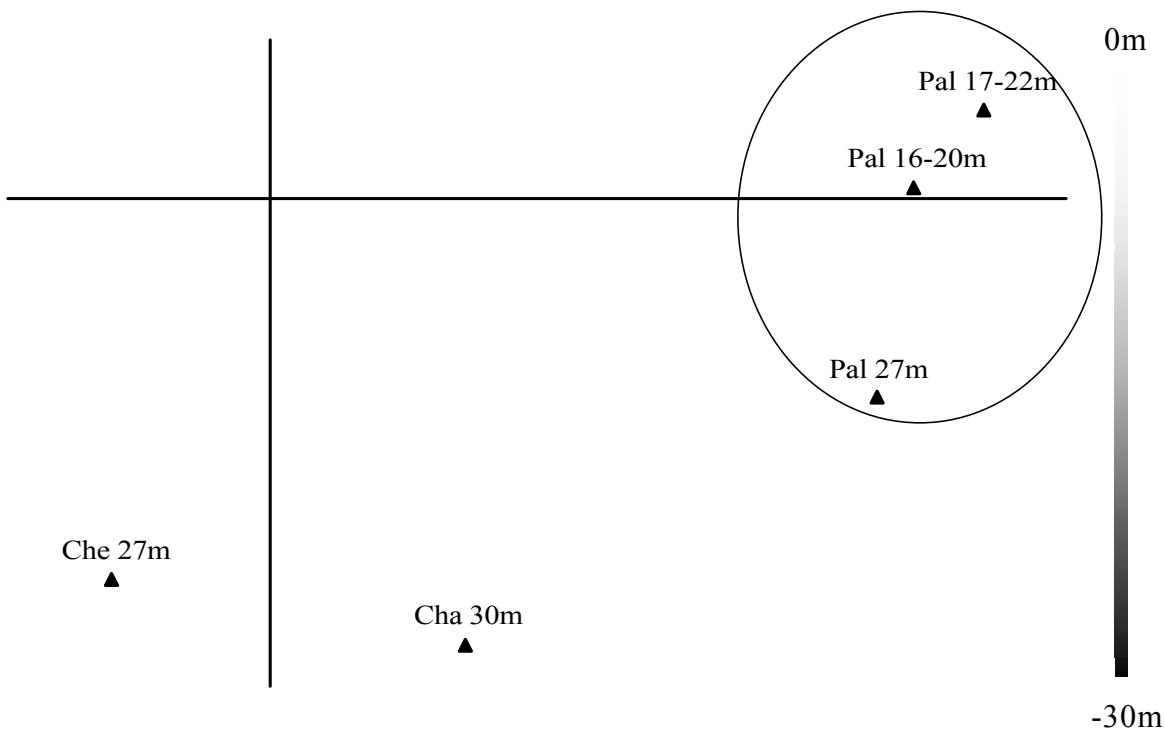



Figura 41. Análisis de dendrograma de los arrecifes profundos. Usando distancia euclidiana, valores en porcentaje de similitud.



Sotavento  Barlovento
 Figura 42. Análisis de componentes principales para los arrecifes someros de Q.Roo, México.



Barlovento  Sotavento
 Figura 43. Análisis de componentes principales para los arrecifes profundos de Q.Roo, México.

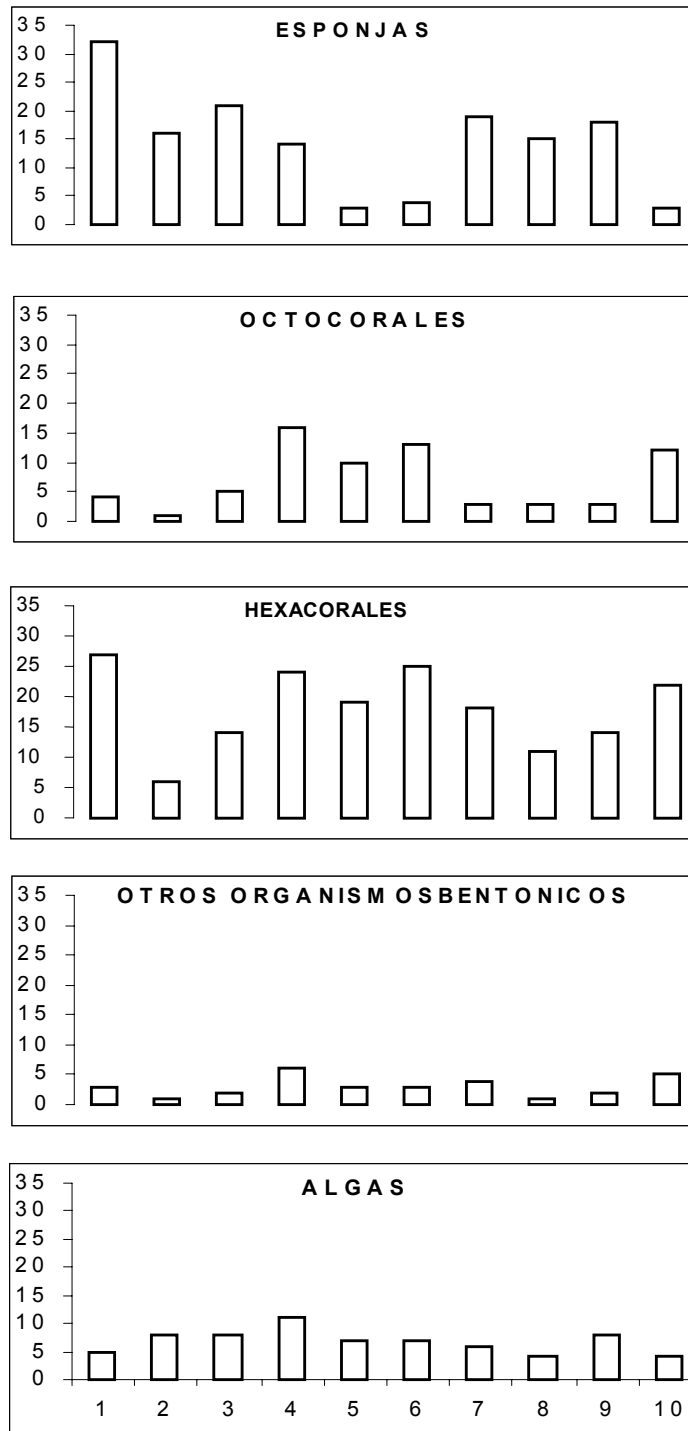


Figura 44. Número de especies por grupo taxonómico de los arrecifes de Q. Roo, México. 1. Colombia 6-7 m, 2. Chankanaab 6 m, 3. Chankanaab 30 m, 4. Chemuyil 20-27 m, 5. Majahual 1-6 m, 6. Majahual 6-7 m, 7. Palancar 16-20 m, 8. Palancar 17-22 m, 9. Palancar 27 m y 10. Akumal 8 m.



Ilustración 1. Arrecife Akumal 8 m.



Ilustración 2. Arrecife Majahual 1-6 m.

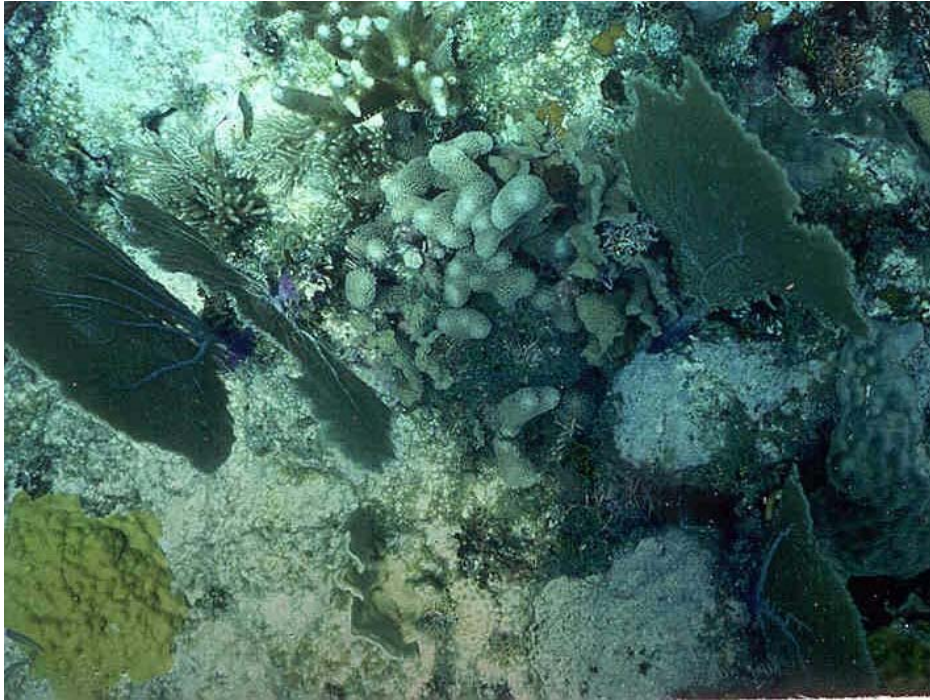


Ilustración 3. Arrecife Majahual 6-7 m.



Ilustración 4. Arrecife Chemuyil 20-27 m.

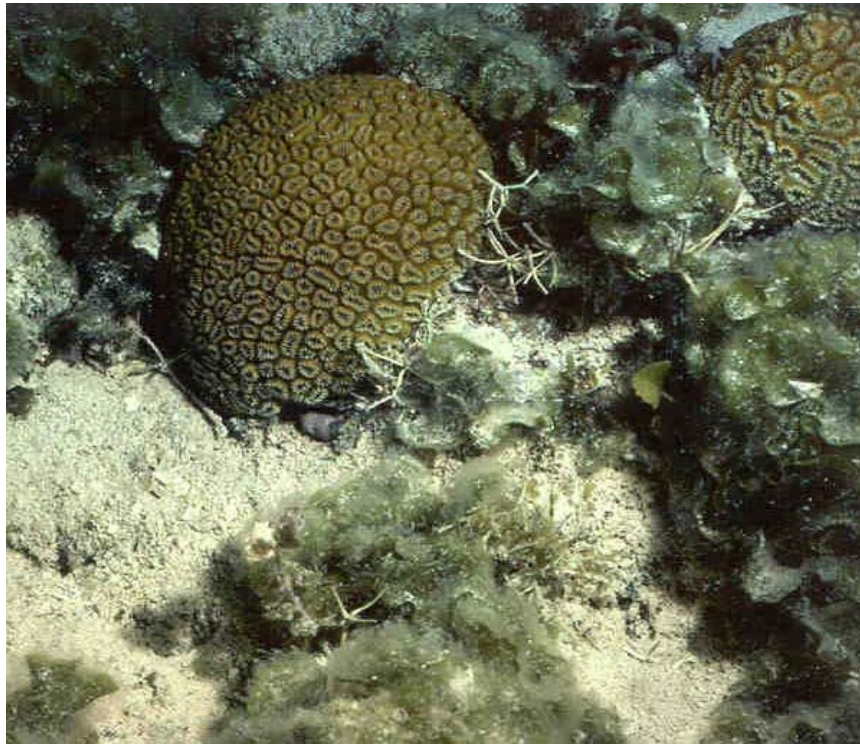


Ilustración 5. Arrecife Chankanaab 6 m.

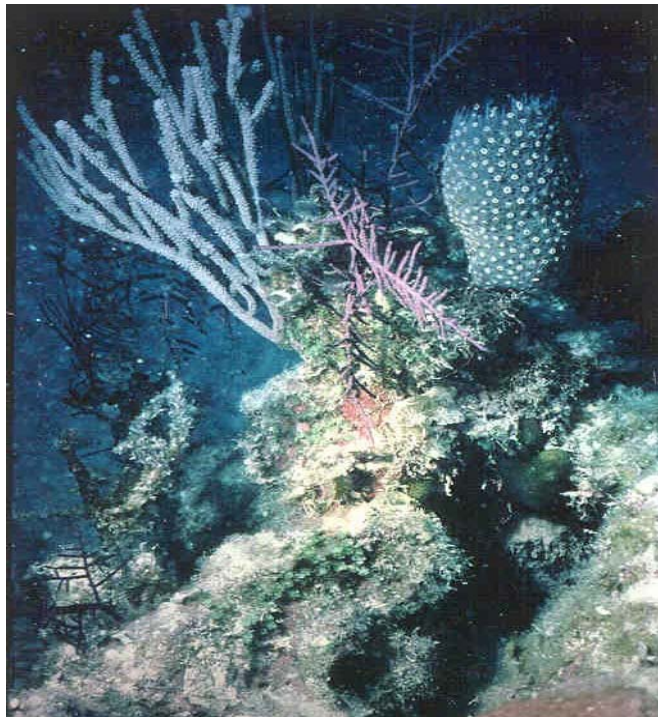


Ilustración 6. Arrecife Chankanaab 30 m.

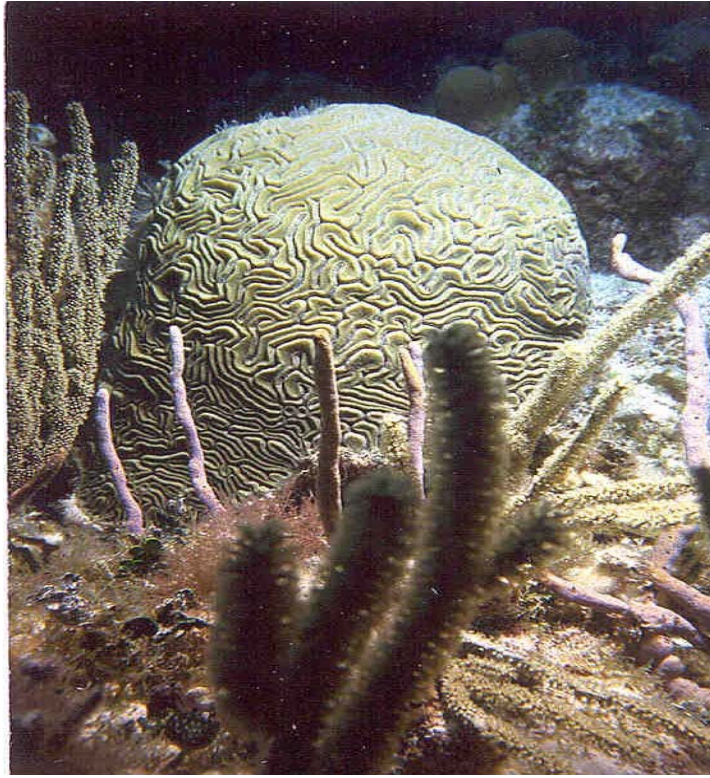


Ilustración 7. Arrecife Palancar 16-20 m.



Ilustración 8. Arrecife Palancar 17-22 m.



Ilustración 9. Arrecife Palancar 27 m.



Ilustración 10. Arrecife Colombia 6-7 m.



Ilustración 11. Puntos al azar sobre la foto submarina. Método para el registro de la abundancia de la comunidad bentónica, en los arrecifes de Quintana Roo, México.

ANEXO

Listado de los valores obtenidos de riqueza específica, colonias/ind y abundancia relativa en porcentaje para cada grupo taxonómico en los arrecifes de Quintana Roo. México

Arrecife/Grupo Taxonómico	Especies	Colonias/individuos	Abundancia Relativa (%)
Arrecife Colombia 6-7m			
Esponjas	32	424	62.7
Hexacorales	27	154	22.7
Octocorales	4	44	6.5
Algas	5	48	7.1
Otros	3	3	1.0
Arrecife Chemuyil 20-27m			
Esponjas	14	54	6.2
Hexacorales	24	447	51.9
Octocorales	16	285	31.1
Algas	11	53	6.1
Otros	6	21	2.7
Arrecife Chankanaab 6m			
Esponjas	16	50	26.4
Hexacorales	6	69	36.5
Octocorales	1	1	1
Algas	8	66	34.6
Otros	1	3	1.5
Arrecife Chankanaab 30m			
Esponjas	21	81	36.5
Hexacorales	14	86	39
Octocorales	5	17	7.5
Algas	8	31	14
Otros	2	6	3
Arrecife Palancar 16-20m			
Esponjas	19	92	33.5
Hexacorales	18	60	22
Octocorales	3	12	13.5
Algas	6	72	26
Otros	4	12	5
Arrecife Palancar 17-22m			
Esponjas	15	178	34
Hexacorales	11	160	30
Octocorales	3	78	14
Algas	4	103	20
Otros	1	9	2

Listado de los valores obtenidos de riqueza específica, colonias/ind y abundancia relativa en porcentaje para cada grupo taxonómico en los arrecifes de Quintana Roo.

Arrecife/Grupo Taxonómico	Especies	Colonias/individuos	Abundancia Relativa (%)
Arrecife Palancar 27m			
Esponjas	18	324	49
Hexacorales	14	226	34
Octocorales	3	13	2
Algas	8	75	11
Otros	2	25	4
Arrecife Majahual 1-6m			
Esponjas	3	45	9
Hexacorales	19	272	55
Octocorales	10	115	23.3
Algas	7	43	8.7
Otros	3	18	4
Arrecife Majahual 6-7m			
Esponjas	4	40	8
Hexacorales	25	285	52
Octocorales	13	160	29
Algas	7	56	10
Otros	3	6	1
Arrecife Akumal 8m			
Esponjas	3	16	2
Hexacorales	22	359	54
Octocorales	12	174	26
Algas	4	95	14
Otros	5	22	4

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Colombia 6-7 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders.

Especies	Dominancia (%)
<i>Pandaros acanthifolium</i>	8.9
<i>Agelus</i> sp.	8.6
<i>Cliona delitrix</i>	4.8
<i>Agaricia agaricites</i>	4.7
<i>Halimeda goreau</i>	3.9
<i>Haliclona hogarthi</i>	3.5
<i>Hemectyon ferox</i>	3.5
<i>Neofibularia nolitangere</i>	3.5
<i>Chondrilla nucula</i>	3.1
<i>Ircina strobilina</i>	3.1

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Chankanaab 6 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
<i>Penicillus dumetosus</i>	12.2
<i>Siderastrea siderea</i>	10.0
<i>Montastrea annularis</i>	9.8
<i>Lobophora variegata</i>	5.2
<i>Montastrea cavernosa</i>	4.8
<i>Agelus</i> sp.	4.5
<i>Muriceopsis flavida</i>	4.1
<i>Plexaurella dichotoma</i>	3.9
<i>Halimeda goreau</i>	3.7
<i>Halimeda incrassata</i>	3.4

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Majahual 1-6 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
<i>Gorgonia flabellum</i>	14.1
<i>Jania</i> sp.	11.6
<i>Porites astreoides</i>	7.1
<i>Acropora palmata</i>	6.3
<i>Dictyota dichyota</i>	6.1
<i>Agaricia tenuifolia</i>	4.3
<i>Porites porites</i>	3.9
<i>Montastrea annularis</i>	3.7
<i>Dendrogyra cylindrus</i>	3.6
<i>Palythoa caribaeorum</i>	3.1

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Majahual 6-7m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Diplora strigosa	10.6
Dictyota dichyota	6.3
Halimeda opuntia	6.1
Siderastrea siderea	5.8
Agaricia tenuifolia	5.7
Palythoa caribaeorum	5.2
Pseudopterogorgia acerosa	4.5
Gorgonia flabellum	4.4
Eunicea mammosa	3.6
Millepora alcicornis	3.4

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Akumal 8 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Montastrea annularis	10.9
Dictyota dichyota	7.9
Agaricia agaricites	6.6
Gorgonia ventalina	5.8
Pseudopterogorgia americana	4.8
Halimeda opuntia	4.3
Gorgonia flabellum	4.1
Pseudopterogorgia bipinnata	4.1
Siderastrea siderea	3.9
Plexaurella dichotoma	3.7

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Chankanaab 30 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Agelus sp.	10.2
Agaricia agaricites	8.5
Montastrea cavernosa	7.0
Montastrea annularis	6.4
Mycale laevis	5.3
Goreauella auriculata	5.1
Penicillus dumetosus	5.1
Siderastrea siderea	5.0
Halimeda opuntia	4.4
Diplora strigosa	3.7

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Chemuyil 27m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Montastrea annularis	11.7
Acropora cervicornis	9.9
Pseudoterogorgia bipinnata	7.7
Plexaurella dichotoma	5.7
Briareum asbestinum	4.9
Agaricia agaricites	4.3
Gorgonia flabellum	4.2
Pseudoplexaurella porosa	4.1
Halimeda incrassata	2.9
Pseudoterogorgia americana	2.7

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Palancar 16-20 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Udotea cyathiformis	10.4
Siphodictyon coralliphagum	4.5
Neofibularia nolitangere	5.1
Halimeda incrassata	5.2
Halimeda goreau	4.5
Goreauella auriculata	11.1
Chondrilla nucula	4.2
Cliona lampa	4.3
Anthosigmela varians	5.2
Agaricia agaricites	4.5

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Palancar 17-22 m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Goreauella auriculata	9.9
Agelus sp.	9.0
Agaricia lamarcki	6.9
Chondrilla nucula	6.7
Udotea cyathiformis	6.5
Halimeda copiosa	6.2
Montastrea annularis	5.3
Agaricia agaricites	4.4
Halimeda incrassata	3.6
Siphodictyon coralliphagum	2.7

Dominancia en porcentaje de las 10 especies más importantes del arrecife Palancar 27m, usando el Índice de Valor Biológico de Sanders

Especies	Dominancia (%)
Goreauia auriculata	12.4
Agaricia agaricites	5.7
Sertulariella speciosa	5.6
Montastrea annularis	5.2
Agaricia tenuifolia	4.7
Halimeda copiosa	4.6
Solenastrea bournoni	4.0
Chondrilla nucula	3.8
Ulosa hispida	3.6
Halimeda opuntia	3.2

Listado de los valores obtenidos de riqueza específica, colonias/individuos y abundancia relativa en porcentaje para cada grupo taxonómico en el arrecife somero y profundo y los situados a sotavento y barlovento

Arrecife/Grupo Taxonómico	Especies	Colonias/individuos	Abundancia Relativa (%)
Arrecife a Sotavento			
Esponjas	39	980	39
Hexacorales	35	741	30
Algas	17	370	15
Octocorales	12	351	14
Otros	6	62	2
Arrecife a Barlovento			
Hexacorales	36	1475	53
Octocorales	16	766	28
Algas	15	257	9
Esponjas	19	175	6
Otros	8	91	4
Arrecifes Someros			
Hexacorales	37	504	38
Esponjas	36	459	34.6
Algas	14	192	14.5
Octocorales	12	137	10.4
Otros	8	33	2.5
Arrecifes Profundos			
Hexacorales	33	400	38
Esponjas	34	317	29
Algas	15	190	18
Octocorales	15	126	12
Otros	8	29	3