

**Informe final\* del Proyecto AS018**  
**Distribución e inventario de algunas especies bentónicas (hexacorales, octocorales, esponjas, y especies misceláneas) en arrecifes del Caribe mexicano**

**Responsable:** Dr. Ernesto A Chávez Ortiz

**Institución:** Instituto Politécnico Nacional  
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas  
Departamento de Pesquerías y Biología Marina

**Dirección:** Apartado Postal 592, La Paz, BCS, 23096 , México  
Av Instituto Politécnico Nacional S/N, Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, 23096 , México

**Correo electrónico:** echavez@ipn.mx

**Teléfono/Fax:** Tel: 57296000 ext. 82425; conmutador (612) 1225366, (612) 1225344  
Fax (612) 122 5322

**Fecha de inicio:** Octubre 31, 2003

**Fecha de término:** Julio 13, 2005

**Principales resultados:** Base de datos, Informe final

**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Chávez Ortiz, E. 2006. Distribución e inventario de algunas especies bentónicas (hexacorales, octocorales, esponjas, y especies misceláneas) en arrecifes del Caribe mexicano. Instituto Politécnico Nacional. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS018 México D. F.

**Resumen:**

Los arrecifes coralinos de Quintana Roo conforman la porción septentrional del llamado Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), que se distribuye desde las inmediaciones de la Isla Contoy, cerca de Cancún hasta la costa de Honduras. La zona costera en esa región en México crece a una razón cercana al 5 % anual, lo que hace indispensable garantizar la conservación de sus ecosistemas de arrecifes coralinos, que constituyen el incentivo principal para el desarrollo turístico. Dado que la presión del desarrollo del turismo es cada día mas grande en algunos casos, existen planes de manejo en algunos de ellos; así, estos arrecifes se encuentran dentro de áreas protegidas por el Gobierno mexicano. La plagas y enfermedades, probablemente inducidas por la presión humana o por el cambio climático global, o por ambos, se han convertido en una preocupación creciente durante los últimos años; en México no se tiene mas que registros puntuales de la aparición de esos problemas. Se tiene información sobre la presencia de algunas especies de las comunidades bentónicas en esa región, aunque se sabe poco de su distribución batimétrica. Varias de las especies de coral que habitan en estos arrecifes se encuentran en la NOM. Otras especies conspicuas de invertebrados han sido muy poco estudiadas. Los arrecifes coralinos son considerados sistemas ecológicos esenciales y de soporte para numerosos organismos. Además, representan una fuente importante de recursos pesqueros. Objetivo. Realizar un inventario de las especies de invertebrados dominantes del bentos (hexacorales, octocorales, esponjas y especies misceláneas) de las zonas arrecifales del Caribe mexicano, a fin de compilar una base de datos que contenga información sobre las localidades de muestreo, distribución batimétrica, densidad, abundancia relativa y curvas de acumulación de especies. Se recurrirá a todas las fuentes de información disponibles y se invitará a participar a colegas de otras instituciones (Ecosur, Cinvestav, Acuario de Veracruz, University of Miami y Texas A & M University). La información para la base de datos provendrá de varias fuentes: revisión bibliográfica, material de colecciones científicas, trabajo de campo (muestreos fotográficos) y comunicaciones personales. Se plantea una revisión bibliográfica exhaustiva. Se visitarán otras bibliotecas pertinentes. De cada referencia se tomarán los datos necesarios para la base de datos, en particular la especie, el sitio y la profundidad del registro. La referencias geográficas pertinentes serán determinadas con apoyo de los mapas de INEGI y mediante visitas a las áreas de estudio. En las visitas a las colecciones (CINVESTAV-Mérida, ECOSUR, Q. R. y ENCB), se

tomará toda la información disponible. Se cuenta con muestras fotográficas de algunas de las áreas consideradas para este trabajo, que se complementarán con muestreos fotográficos adicionales, a realizar durante el proyecto. Se harán análisis numéricos (análisis de similaridad, dendrogramas de agrupamiento en arrecifes protegidos y en arrecifes expuestos, así como una comparación de la riqueza de especies en función de la profundidad); también se harán curvas de acumulación de especies para las áreas mejor representadas en las muestras

---

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

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas**

**“DISTRIBUCIÓN E INVENTARIO DE ALGUNAS ESPECIES  
BENTÓNICAS (HEXACORALES, OCTOCORALES,  
ESPONJAS Y ESPECIES MISCELÁNEAS) EN  
ARRECIFES DEL CARIBE MEXICANO”**

**INFORME FINAL**  
**PROYECTO AS018**

**RESPONSABLE DEL PROYECTO:**

Ernesto A. Chávez  
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas,  
Instituto Politécnico Nacional  
Av. Instituto Politécnico Nacional s/n,  
Col. Santa Rita, Playa El Conchalito  
La Paz, B.C.S., 23000 México  
echavez@ipn.mx

Septiembre de 2004

## RESUMEN

Se obtuvieron datos de abundancia para los arrecifes Colombia, Chankanaab, Palancar, Chemuyil, Akumal y Majahual mediante el método del transecto fotográfico, 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 ventalina*, *Pseudopterogorgia americana*, *Pseudopterogorgia acerosa*, *Acropora palmata*, *Gorgonia flabellum*, *Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia bipinnata* 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* sp. 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*, *Goreauella 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 octacorals presented at 28%. Species such as *Agaricia agaricites*, *Gorgonia ventaliva*, *Pseudopterogorgia americana*, *Pseudopterogorgia acerosa*, *Acropora palmata*, *Gorgonia flabellum*, *Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia bipinnata* 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 hogarhi*, *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 hogarhi*, *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 factor with determine this 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

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	7
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>ANTECEDENTES</b> .....	14
<b>HIPÓTESIS</b> .....	16
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	17
<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	18
<b>METAS</b> .....	18
<b>METODOLOGÍA</b> .....	18
<b>Transecto Fotográfico</b> .....	19
<b>Estandarización</b> .....	19
<b>Descripción de la Comunidad</b> .....	19
<b>Patrones Estructurales</b> .....	21
<b>RESULTADOS</b> .....	21
<b>A. Composición específica</b> .....	21
a) Arrecife Bajos de Colombia.....	21
Estrato 6-7 m.....	22
b) Arrecife Chemuyil .....	22
Estrato 20-27 m.....	22
c) Arrecife Chankanaab.....	22
Estrato 6 m.....	22
Estrato 30 m.....	22
d) Arrecife Palancar .....	22
Estrato 16-20 m.....	22
Estrato 17-22 m.....	23
Estrato 27 m.....	23
e) Arrecife Majahual .....	23
Estrato 1-6 m.....	23

Estrato 6-7 m.....	23
f) Arrecife Akumal.....	23
<b>B. PATRONES ESTRUCTURALES.....</b>	<b>24</b>
<b>a) Riqueza específica.....</b>	<b>24</b>
Arrecifes del estrato somero de 1 a 15 m.....	24
Arrecife Bajos de Colombia.....	24
Estrato 6-7 m.....	24
Arrecife Chankanaab.....	24
Estrato 6 m.....	24
Arrecife Majahual.....	24
Estrato 1-6 m.....	24
Estrato 6-7 m.....	25
Arrecife Akumal.....	25
Estrato 8 m.....	25
Arrecife Chemuyil.....	25
Estrato 20-27 m.....	25
Arrecife Chankanaab.....	25
Estrato 30 m.....	25
Arrecife Palancar.....	26
Estrato 16-20 m.....	26
Estrato 17-22 m.....	26
Estrato 27 m.....	26
<b>b) Espectro de diversidad, Dominancia y Equidad.....</b>	<b>27</b>
Arrecifes del estrato somero de 1 a 15 m.....	27
Arrecife Bajos de Colombia.....	27
Estrato 6-7 m.....	27
Índice de importancia biológica.....	27
Diversidad y Equidad:.....	27
Arrecife Chankanaab.....	27
Estrato 6 m.....	27
Índice de Importancia Biológica.....	27
Diversidad y Equidad.....	27
Arrecife Majahual.....	28
Estrato 1-6 m.....	28
Índice de Importancia Biológica.....	28
Diversidad y Equidad.....	28
Estrato 6-7m.....	28
Índice de Importancia Biológica.....	28
Diversidad y Equidad.....	28
Arrecife Akumal.....	29
Estrato 8m.....	29
Índice de importancia biológica.....	29
Diversidad y Equidad.....	29

Arrecifes del estrato profundo de 15 a 30 m .....	29
Arrecife Chankanaab .....	29
Estrato 30 m.....	29
Índice de Importancia Biológica .....	29
Diversidad y Equidad.....	29
Arrecife Chemuyil .....	29
Estrato 20-27m. ....	29
Índice de importancia biológica .....	29
Diversidad y Equidad.....	30
Arrecife Palancar. ....	30
Estrato 16-20 m .....	30
Índice de Importancia Biológica .....	30
Diversidad y Equidad.....	30
Estrato 17-22m .....	30
Índice de Importancia Biológica .....	30
Diversidad y Equidad.....	30
Estrato 27m.....	31
Índice de Importancia Biológica .....	31
Diversidad y Equidad.....	31
<b>c) Análisis de Dendrogramas .....</b>	<b>31</b>
Arrecifes del estrato somero de 1 a 15m.....	31
Arrecifes del estrato profundo de 15 a 30m. ....	32
Arrecifes de Barlovento. ....	32
Arrecifes de Sotavento. ....	32
<b>d) Análisis de Componentes Principales.....</b>	<b>33</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>Muestreo.....</b>	<b>33</b>
<b>Por estrato Batimétrico.....</b>	<b>34</b>
<b>Por exposición a zonas de alta y baja energía.....</b>	<b>34</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS y TABLAS

Figura 1. Mapa del área de muestreo.	35
Figura 2. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Bajos de Colombia, Q. Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m.	39
Figura 3. Dominancia específica del arrecife Bajos de Colombia, Q. Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m. Calculado con el Índice Biológico de Sanders.	39
Figura 4. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Bajos de Colombia Q. Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m.	39
Figura 5. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 20-27m.	40
Figura 6. Dominancia específica del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	40
Figura 7. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 20-27m.	40
Figura 8. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6 m.	41
Figura 9. Dominancia específica del arrecife Chankanaab Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6 m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	41
Figura 10. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Chakanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6 m.	41
Figura 11. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 30 m.	42
Figura 12. Dominancia específica del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 30 m. Según el Índice biológico de Sanders.	42
Figura 13. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 30m.	42
Figura 14. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 16-20m.	43
Figura 15. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 16-20m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	50

Figura 16. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 16-20 m.	50
Figura 17. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 17-22m.	44
Figura 18. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 17-22m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	44
Figura 19. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 17-22m.	44
Figura 20. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 27 m.	45
Figura 21. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 27m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	45
Figura 22. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 27m.	45
Figura 23. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 1-6 m.	46
Figura 24. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 1-6 m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	46
Figura 25. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 1-6 m.	46
Figura 26. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7 m.	47
Figura 27. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.	47
Figura 28. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m.	47
Figura 29. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Akumal, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 8m.	48
Figura 30. Dominancia específica del arrecife Akumal, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 8m. Calculado con el Índice Biológico de Sanders.	48

Figura 31a. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Akumal Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 8m.	48
Figura 31b. Comparación de Hexacorales, Octocorales, Esponjas y Algas; entre arrecifes de Quintana Roo, México. <b>1.</b> Colombia 6-7m, <b>2.</b> Chankanaab 30m, <b>3.</b> Chankanaab 6m, <b>4.</b> Chemuyil 20-27m, <b>5.</b> Majahual 6-7m, <b>6.</b> Majahual 1-6m, <b>7.</b> Palancar 16-20m, <b>8.</b> Palancar 17-22m, <b>9.</b> Palancar 27m y <b>10.</b> Akumal 8m.	49
Figura 32. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 15-30m.	50
Figura 33. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 1-15m.	50
Figura 34. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Barlovento.	50
Figura 35. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato sotavento.	51
Figura 36. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México.	51
Figura 37. Diagrama de Componentes principales de los arrecifes de Q.Roo, México.	52
Figura 38. Diagrama de Componentes principales de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 15-30m.	52
Figura 39. Diagrama de Componentes principales de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 1-15m.	52
Tabla 1	53

## RESUMEN

Se analizó la composición específica como base de la estructura arrecifal con el objeto de comprender los procesos extrínsecos e intrínsecos que regulan la dinámica de los ecosistemas arrecifales. Los muestreos se realizaron en los arrecifes Chankanaab, Chemuyil, Colombia, Majahual, Palancar y Akumal en la costa del Estado de Quintana Roo. Se utilizó el método del transecto fotográfico. El análisis de los datos de abundancia se llevó a cabo por estrato de profundidad entre: 0-15, 15-30 y >30 m, aunque esto no fue posible para todas las localidades estudiadas, los resultados se compararon entre localidades por estratos y entre los arrecifes que se encuentran protegidos del oleaje y corrientes (sotavento) y los arrecifes expuestos (barlovento), con el fin de establecer las diferencias estructurales entre ellos. Se determinó el espectro de diversidad con base en el índice de diversidad de Shannon-Weaner y la dominancia con el índice de valor biológico de Sanders y se utilizó estadística multifactorial: análisis de dendrogramas y análisis de componentes principales, con la finalidad de describir la comunidad y detectar los patrones predominantes respectivamente. Para Chankanaab 6m, las esponjas con 23% de la abundancia total son el grupo dominante. Para Chankanaab 30m, las esponjas con 34.8% de la abundancia total son el grupo dominante. En Chemuyil 20-27m, los corales con 52.1% de la abundancia total son el grupo dominante. En Colombia 6-7m, las esponjas con 53.6% de la abundancia total son el grupo dominante. Para Palancar 16-20m, las esponjas con 40.8% de la abundancia total son el grupo dominante. En Palancar 17-22m, las esponjas con 34.4% de la abundancia total son el grupo dominante. En Palancar 27m, las esponjas con 38.4% de la abundancia total son el grupo dominante. Para Majahual 1-6m, los corales con 55.2% de la abundancia total son el grupo dominante. En Majahual 6-7m, los corales con 52% de la abundancia total son el grupo dominante. Para Akumal 8m, los corales con 56.2% de la abundancia total son el grupo dominante. Los arrecifes con la mayor diversidad son Chankanaab 30m y Colombia 6-7m con 5.022 y 5.25 bits/ind. El análisis de dendrogramas (AD) claramente agrupa los arrecifes de barlovento y sotavento y a los que presentan mayor diversidad, esta misma tendencia se observa en el análisis de componentes principales (ACP). En la comparación por estratos de profundidad, el análisis AD agrupa

arrecifes con similar condición ambiental (localizados en Cozumel) tendencia que se observa en ACP. En ambos estratos; somero de 1 a 15 y profundo de 15 a 30 m. Es claro que el gradiente de profundidad determina la características de la comunidad bentónica, la presencia de especies resistentes al oleaje y mareas y alta intensidad luminosa -Octocorales, *Acropora sp.*, El complejo *Montastrea*, y algunas algas entre otras- en el estrato somero, proporcionan características estructurales únicas. Conforme aumenta la profundidad especies menos resistentes a estas condiciones son más abundantes, especies de corales más frágiles y esponjas integran la estructura comunitaria. La estabilidad ambiental propicia un incremento en la complejidad y estabilidad de la comunidad bentónica, esto es claro al observar que arrecifes protegidos (sotavento) y más profundos son las que presentan mayor diversidad Chankanaab 30m y Colombia son ejemplo de ello. Aún falta reforzar estas conclusiones parciales y comparar los resultados con estudios realizados anteriormente en la zona y en otros lugares del Caribe.

## **INTRODUCCIÓN**

Los arrecifes de coral son ecosistemas bentónicos tropicales y subtropicales, que se desarrollan a temperaturas superficiales promedio mayores de 20°C. La cobertura de coral y la diversidad de especies se desarrollan ampliamente en aguas claras, bajas en nutrientes y sedimento suspendido. Una notoria característica de los arrecifes modernos es la amplia variabilidad que presentan en su morfología, en los patrones de distribución y la diversidad de la comunidad bentónica que los coloniza. Esta variabilidad es el resultado de un complejo proceso de interacciones geológicas y biológicas, situación que hace difícil la posibilidad de establecer una relación funcional entre el arrecife y la comunidad coralina del presente (Jones y Endean, 1977).

Un arrecife de coral es una expresión de la interdependencia entre el ambiente 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 las comunidades bentónicas que lo constituyen. 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 (Jones y Endean, op.cit.).

Son tres los tipos de movimiento los que pueden afectar la vida bentónica: olas, mareas y corrientes. Los dos primeros actúan principalmente sobre las comunidades del sistema litoral, en forma directa; el tercero puede, además, influir indirectamente toda la ecología del bentos. Las olas erosionan y remueven el sustrato y como consecuencia, producen cambios diversos en la biocenosis. Moore en 1958, cita erosión y remoción hasta a 40 y 50 m de profundidad, y una presión máxima de hasta 30 mil kg/m<sup>2</sup>. Una presión de este tipo es capaz de mover peñascos de gran tamaño y determinan adaptaciones muy especiales por parte de los organismos (Vegas, 1980).

Las corrientes pueden influir en la vida bentónica, porque transforman las condiciones oceanográficas al cambiar la temperatura y salinidad, o al llevar a la superficie elementos minerales que favorecen la fotosíntesis. Igualmente puede ablandar el sustrato por tránsito constante de partículas, con lo cual, dificulta la fijación de algunos seres vivos (Vegas, 1980), además cualquier cambio en los patrones de corrientes, podrían resultar en la destrucción del coral al enterrarlas bajo el sedimento (Endean, 1976). En relación, a las mareas Southward en 1958, afirma que éstas son usualmente el factor principal que condiciona la disposición vertical en la zona intercotidal; y el segundo factor en importancia son las olas (Vegas, op.cit.).

El análisis de la estructura de la comunidad bentónica se basa en la asignación de atributos morfo-funcionales de la biota que controla el sustrato arrecifal, lo que permite agrupar a las especies dominantes en tipos estructurales básicos, independientemente de su identidad específica (Bradbury, *et al.* 1986; en Jordán, 1988).

## COMUNIDAD BENTÓNICA

Son bentónicas todas las especies que viven en relación íntima con el fondo, para fijarse en él, excavarlo o marchar sobre su superficie. El bentos, como gran comunidad ecológica, se extendería en el mar desde la línea de costa hasta las grandes profundidades, teniendo como factor principal su relación íntima con el fondo (Vegas, op. cit.)

Una división de la fauna bentónica de manera convencional es la epifauna y infauna. La epifauna incluye los corales y otros organismos sésiles tales como octocorales y esponjas masivas. La infauna incluye organismos cavadores como gusanos, moluscos, etc. Aunque la gran variedad o diversidad de ambos componentes es característica de los arrecifes, es evidente que los corales son los organismos más abundantes. Organismos cavadores causan destrucción de los corales, no solo por la degradación del carbonato de calcio, sino por la exposición del coral a la disolución química. Esponjas, sipunculidos, gusanos poliquetos moluscos y crustáceos son algunos de los causantes de esta degradación (Lewis, 1977).

Las esponjas incrustantes y los arrecifes de coral interactúan de varias formas. Esponjas de la familia Clionidae se localizan en substratos calcáreos incluyendo coral vivo y muerto y habitan cavidades que excavan ramoneando pequeñas astillas de carbonato de calcio. Las esponjas del Caribe *Siphonodictyon coralliphagum* y *S. cacharouense* cavan cavidades dentro del esqueleto de corales masiva y producen chimeneas que se extienden a través y sobre la superficie del coral (Rutzler, 1971; en Patton, 1976). Las formas de crecimiento que exhibe el coral es, por lo tanto, importante ya que determina la distribución de las especies de esponjas (Pang, 1973; en Patton, 1976).

Los arrecifes de coral del Caribe datan entre 5,000 a 12,000 años y comenzaron su desarrollo después de la última era glacial, en islas y plataformas continentales (Adey, 1978; en Goenaga, 1991). Estos ocupan 700 Km. de los casi 900 Km. de litoral que posee el Estado de Quintana Roo, extendiéndose desde el norte de la Península de Yucatán hasta

el sur frente a las costas de Belice y Honduras, el arrecife es una barrera discontinua y es conocido como el gran cinturón de arrecifes del Atlántico (Chávez e Hidalgo,1988).

Un rasgo geográfico fundamental del sudeste de México es la presencia de la Península de Yucatán, bañada por dos mares el Golfo de México y Mar Caribe, con regímenes oceanográficos básicamente distintos. Los principales usos humanos que se le dan a los litorales de la costa de Quintana Roo son esencialmente de tres tipos: Turístico comercial, recreación privada y pesca comercial. Estos usos han sido determinados por la vocación turística de este litoral, que son principalmente de uso turístico recreativo y en segundo término de tipo pesquero. En el primer caso cabe mencionar que, a diferencia de otros centros turísticos, el interés principal lo constituye la calidad estética del paisaje, en particular por la presencia de extensas zonas de la costa en las que proliferan los arrecifes coralinos, que representan el mayor atractivo de la región (Capurro, 1989).

## **ANTECEDENTES**

Glynn (1976). Estudiando los factores físicos y biológicos que determinan la estructura de la comunidad de coral en el Pacífico este; señala que existe un fuerte control en el crecimiento del coral, en los arrecifes someros, de factores físicos, como mareas, corrientes, luz, profundidad, etc.; mientras que en los arrecifes profundos, los factores biológicos influyen fuertemente en la estructura de la comunidad.

Jordán (1988) menciona que a la fecha en la región del Caribe, la mayor parte de la información que se utiliza para entender la dinámica de la comunidad bentónica de un arrecife dado, se obtiene del análisis de la estructura comunitaria, en pequeñas secciones arrecifales básicamente dirigidos a la fauna de escleractinios (especies clave de la integración de la comunidad) y gorgonáceos, los que corresponden a los taxa más aparentes en el Caribe.

Chávez e Hidalgo (1988) realizan una caracterización de los arrecifes del Caribe Noroccidental y Golfo de México y discuten casos concretos del impacto humano sobre los ecosistemas arrecifales.

Horta-Puga y Carricart-Ganivet (1993). Presentan una breve descripción de los arrecifes coralinos en México, encontrando para el Golfo de México y Mar Caribe cuatro tipos de arrecifes: atolón, barrera, plataforma y costero. En un listado de corales pétreos de México, registraron un total de 152 especies, 42 en el Pacífico y 97 para el Atlántico, de las cuales se encontraron 63 especies de hermatípicos, 46 para el Atlántico y 17 para el Pacífico. Entre estas especies se encontraron 19 endémicas.

Muñoz-Chagín *et al.* (1993). Presentan una descripción del arrecife Akumal, incluyendo una lista sistemática de los corales, así como un análisis de la batimetría.

Sosa-Cordero *et al.* (1993), analizan los recursos pesqueros de invertebrados, subrayando el estado y necesidades de investigación y el manejo de los recursos de la zona costera del Estado de Quintana Roo.

Salazar-Vallejo *et al.* (1993), evalúa el impacto natural y antropogénico en las reservas del Caribe Mexicano; con miras a establecer un plan de manejo para esta zona.

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

Es importante el papel que juegan los arrecifes coralinos, entre los servicios que nos brindan podemos mencionar: el soporte de pesquerías en alta mar y en la zona costera, proporciona áreas para refugio, crecimiento y alimentación de muchas especies (Spurgeon, 1992), también proporcionan protección física contra oleaje, corrientes y tormentas

(ciclones o huracanes). El conocer la importancia de la composición específica como base de la estructura arrecifal nos ayuda a comprender los procesos extrínsecos e intrínsecos que regulan la dinámica de estos ecosistemas.

Hasta tiempos recientes, muchos de los principales ecosistemas arrecifales habían estado lejos de los mayores centros de población humana y de difícil acceso. Esta situación ha cambiado y la biota arrecifal esta comenzando a reponerse a una variedad de actividades humanas que son potencialmente destructivas. Existe una gran posibilidad que estas actividades resulten severo estrés. Esta situación se ha presentando en un sin número de ecosistemas arrecifales en todo el mundo gracias al crecimiento acelerado y descontrolado de la población humana y aunado a esto, la sobreexplotación de los recursos pesqueros y el deterioro ambiental han puesto en peligro a los ecosistemas arrecifales y actualmente grandes extensiones de coral se destruyen cada día, perdiéndonos así de la posibilidad de comprender el funcionamiento de estos ecosistemas.

Con lo mencionado anteriormente, el presente estudio intenta conocer la estructura y composición específica de algunos arrecifes del Estado de Quintana Roo. Esto con la finalidad de comparar y detectar los patrones estructurales de la comunidad bentónica, lo cual nos que ayudará a entender la dinámica de estos ecosistemas, aportando las bases con las cuales se propongan planes de conservación y manejo.

## **HIPÓTESIS**

Jones y Endean (1977) mencionan que un arrecife de coral es la expresión de la interdependencia entre el ambiente y la actividad orgánica. La temperatura, salinidad, profundidad, circulación, suministro de nutrimento, turbulencia, y turbiedad, son algunos de los factores determinantes para la formación de los arrecifes coralinos. Pequeños cambios en estas variables pueden influir fuertemente en la estructura y composición específica de las comunidades bentónicas que habitan en el arrecife.

Por lo antes mencionado, la hipótesis a probar es que no existen diferencias significativas en la composición específica de la comunidad bentónica arrecifal entre arrecifes próximos a lo largo del gradiente de profundidad, ni ante cambios en el impacto relativo del oleaje en arrecifes expuestos (barlovento) y protegidos (sotavento).

## **ÁREA DE ESTUDIO**

Las costas de Quintana Roo están bañadas por aguas oceánicas que forman parte del extremo noroccidental del Mar del Caimán y su parte septentrional forma parte del canal de Yucatán. Estas aguas se caracterizan por tener gran transparencia y la corriente fluye en dirección sur-norte con velocidades promedio mayores a 2 nudos durante la mayor parte del año (Chávez e Hidalgo 1988).

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 50km cada uno, y otros similares en las costas de Belice. A lo largo de la costa de la Península 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 8m de profundidad ocupada por pastos marinos y esponjas (Capurro, 1989). Figura # 1.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

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

### **METAS**

- a) Describir cuantitativamente la composición de la comunidad bentónica.
- b) Determinar cuantitativamente la composición y distribución de los principales componentes bentónicos, basándose en gradientes de profundidad; y poder detectar patrones estructurales predominantes.
- c) 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, sotavento (Palancar, Chankanaab y Colombia).

### **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 34 estaciones de muestreo. Utilizando el método del transecto fotográfico, se realizaron recorridos entre los estratos de profundidad de: 0 a 15m y 15 a 30m. 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.

## **Transecto Fotográfico**

Recientemente Olhorst *et al.*, (1989), realizaron un análisis comparativo de varios procedimientos de muestreo utilizados por ellos y otros autores, como resultado, encontraron que el uso del transecto fotográfico era el método más convincente con respecto a otros métodos, este nos permite obtener un mayor número de muestras en menos tiempo ofreciendo la oportunidad de examinarlas 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 de ellas. Las fotografías se tomaron perpendicularmente al sustrato a una distancia de 0.8m y aproximadamente 2m entre cada muestra, la distancia del sustrato 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 1m<sup>2</sup> aproximadamente, de acuerdo con el método utilizado por Olhorst *et al.* (op. cit.) la diapositiva que registra el área de la muestra, se proyecta sobre una pantalla en la cual se localizan una serie de puntos distribuidos al azar, realizando un recuento de las colonias o especies que coinciden con ellos, 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).

## **Estandarización**

Para el análisis de los datos se dividió la abundancia total para cada especie entre el número de estaciones en el arrecife y se multiplicó por 10, esto con el fin de igualar la amplitud de abundancia de manera que al realizar las comparaciones entre la comunidad bentónica de cada arrecife y entre los diferentes estratos, no exista sesgo en los resultados.

## **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 Weaner (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 Weaner:  $H = -\sum p_i \log_2 p_i$ , 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, en el que 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 ambas 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 al primero y la diversidad se recalcula para este nuevo conglomerado obteniendo  $H_2$ . Al continuar con la obtención de la secuencia de valores  $H_1, H_2, \dots, H_k, \dots, H_z$ , 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).

El índice de diversidad depende de la riqueza de especies y la equidad es una medida de la distribución individual de las especies (Margalef, 1980). La descripción de la comunidad se estimó basándose en el espectro de la diversidad evaluada mediante en el índice de Shannon-Weaner ( $H = -\sum p_i \log_2 p_i$ ) (Ludwing y Reynolds, 1988). La equidad se calcula con la  $J'$  de Pielou ( $J' = H/H'_{max}$ ). (Pielou, 1976). La dominancia es estimada con el índice biológico de Sanders para el total de especies registradas, el cual es un indicador de la dominancia global por especie, basado en rangos y puntajes (Loya-Salinas *et al.*, 1990).

## **Patrones Estructurales**

Con la finalidad de detectar los patrones predominantes de las comunidad bentónica de los arrecifes estudiados, se utilizaron procedimientos exploratorios de estadística multifactorial, principalmente análisis de clasificación numérica y escalamiento no métrico multidimensional. Estos métodos son, el análisis de dendrogramas y el análisis de componentes principales. El primero de ellos es un método que crea jerarquías en las que cierto numero de objetos está asociado a una o más variables, lo que permite tener una visión inicial de como es el comportamiento de los datos respecto a las variables analizadas. Estas jerarquías se elaboraron para los estratos de profundidad, en cada arrecife y para las comparaciones entre ellos. El análisis de componentes principales, descrito por Pearson (1901), condensa la información al reconocer correlaciones entre los organismos y dos o más variables, permitiendo asignar a cada especie un espacio ecológico con relación a varios factores, que se representan como un espacio de probabilidad (Margalef, 1980). Con este último método la posible la correlación entre las especies y la profundidad fue explorada para cada arrecife y para comparación entre ellos. 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).

## **RESULTADOS**

Durante el presente estudio se analizaron seis arrecifes localizados en las costas de Quintana Roo y un total de 383 especies entre hexocorales, octocorales, esponjas, algas y otros organismos bentónicos.

### **A. Composición específica.**

#### **a) Arrecife Bajos de Colombia**

En el arrecife Bajos de Colombia sólo se tienen muestras entre 6 y 7m de profundidad.

### **Estrato 6-7m**

Se registró un total de 70 especies de las cuales 26 fueron de hexocorales, 28 de esponjas, 5 de octocorales, 7 de algas, 4 de otros organismos bentónicos.

Figura # 2.

### b) Arrecife Chemuyil

En el arrecife Chemuyil, registró solo un estrato de profundidad de 20-27m.

### **Estrato 20-27m**

Se registró un total de 70 especies de las cuales 24 son de hexocorales, 15 de octocorales, 13 de algas, 12 de esponjas y 6 de otros organismos bentónicos. Figura # 5.

### c) Arrecife Chankanaab

El arrecife Chankanaab esta dividido en dos substratos 6m y 30m de profundidad.

### **Estrato 6m**

Se registró un total de 32 especies de las cuales 15 fueron de esponjas, 9 de algas, 5 de hexocorales, 2 de octocorales y 1 de otros organismos bentónicos. Figura # 8.

### **Estrato 30m**

Se registraron un total de 50 especies de las cuales 20 fueron de esponjas, 14 de hexocorales, 9 de algas, 6 de octocorales y 1 de otros organismos bentónicos. Figura # 11.

### d) Arrecife Palancar

El arrecife Palancar esta dividido en tres substratos: 16-20m, 17-22m y 27m de profundidad respectivamente.

### **Estrato 16-20m**

Se registraron un total de 50 especies de las cuales 18 fueron de hexocorales, 17 de esponjas, 9 de algas, 4 de otros organismos bentónicos y 2 de octocorales. Figura # 14.

### **Estrato 17-22m**

Se registraron un total de 33 especies de las cuales 12 fueron de esponjas, 11 de hexocorales, 7 de algas, 3 de octocorales y 1 de otros organismos bentónicos. Figura # 17.

### **Estrato 27m**

Se registraron un total de 45 especies de las cuales 15 fueron de esponjas, 14 de hexocorales, 10 de algas, 4 de octocorales y 2 de otros organismos bentónicos. Figura # 20.

#### e) Arrecife Majahual

El arrecife Majahual esta dividido en tres substratos a 1-6m y de 6-7m de profundidad respectivamente.

### **Estrato 1-6m**

Se registraron un total de 33 especies de las cuales 16 fueron de hexocorales, 6 de octocorales, 5 de algas, 4 de esponjas y 2 de otros organismos bentónicos. Figura # 23.

### **Estrato 6-7 m**

Se registraron un total de 43 especies de las cuales 20 fueron de hexocorales, 12 de octocorales, 4 de algas, 4 de esponjas y 3 de otros organismos bentónicos. Figura # 26.

#### f) Arrecife Akumal

El arrecife Akumal, registró solo un estrato de profundidad de 8m.

### **Estrato 8 m**

Se registraron un total de 47 especies de las cuales 24 fueron de hexocorales, 11 de octocorales, 5 de otros organismos bentónicos, 4 de algas y 2 de esponjas. Figura # 29.

## **B. Patrones Estructurales**

### **a) Riqueza específica**

#### **Arrecifes del estrato somero de 1 a 15m.**

Arrecife Bajos de Colombia

#### **Estrato 6-7m**

El grupo abundante en el arrecife fueron las esponjas con 28 especies y 354 individuos que representan el 53.6% de la abundancia total, 26 especies de hexocorales con 151 individuos con el 22.9%, algas con 7 especies y 99 individuos con el 15%, 5 especies de octocorales con 47 individuos con el 7.2% y 4 especies de otros organismos bentónicos con el 1.3% de la abundancia total. Figura # 2.

Arrecife Chankanaab

#### **Estrato 6m**

El grupo abundante en el estrato de 6m fueron las esponjas con 15 especies y 45 individuos que representan el 23.8% de la abundancia total, aunque las esponjas fueron el grupo con mayor número de especies, estas no fueron las más abundantes. Las algas con 9 especies y 74 individuos representaron el 39.2% de la abundancia total siendo el grupo más numeroso, los hexocorales con 5 especies y 58 individuos aportaron el 30.7% a la abundancia, 2 especies de octocorales con 9 individuos aportaron el 4.7% y otros organismos bentónicos con una especie y 3 individuos aportaron el 1.6% de la abundancia total Figura # 5.

Arrecife Majahual.

#### **Estrato 1-6m**

El grupo abundante en el estrato 1-6m fueron los hexocorales con 19 especies y 272 individuos que representan el 55.2% de la abundancia total, seguido de los octocorales con 8 especies y 101 individuos representaron el 20.48% de la abundancia total, las algas con 8

especies y 50 individuos aportaron el 10.14% de la abundancia, 5 especies de esponjas con 59 individuos aportaron el 11.96% y otros organismos bentónicos con 2 especies y 11 individuos aportaron el 2.22% de la abundancia total. Figura # 23.

### **Estrato 6-7m**

El grupo abundante en el estrato 6-7m fueron los hexocorales con 20 especies y 85 individuos que representan el 52% de la abundancia total, seguido de los octocorales con 12 especies y 48 individuos representaron el 29.2% de la abundancia total, las algas con 4 especies y 15 individuos aportaron el 9.5% de la abundancia, 4 especies de esponjas con 4 individuos aportaron el 2.6% y otros organismos bentónicos con 3 especies y 11 individuos aportaron el 6.7% de la abundancia total. Figura # 26.

Arrecife Akumal.

### **Estrato 8m**

El grupo abundante en el arrecife fueron los hexocorales con 24 especies y 119 individuos que representan el 56.2% de la abundancia total, 11 especies de octocorales con 51 individuos con el 24.3%, algas con 4 especies y 31 individuos con el 14.7%, 5 especies de otros organismos bentónicos con 7 individuos y el 3.4% y 2 especies de esponjas con 3 individuos y el 1.4 % de la abundancia total. Figura # 29.

### **Arrecifes del Estrato profundo de 15 a 30m.**

Arrecife Chemuyil

### **Estrato 20-27m**

El grupo abundante en el arrecife fueron los hexocorales con 21 especies y 126 individuos que representan el 52.1% de la abundancia total, 14 especies de octocorales con 81 individuos con el 33.5%, las algas con 10 especies y 18 individuos con el 7.4%, 7 especies de esponjas con 11 individuos con el 4.5% y 5 especies de otros organismos bentónicos, con el 2.5 % de la abundancia total. Figura # 5.

Arrecife Chankanaab

### **Estrato 30m**

El grupo abundante en el estrato de 30m fueron las esponjas con 20 especies y 77 individuos que representan el 34.8% de la abundancia total, aunque las esponjas fueron el grupo con mayor número de especies, estas no fueron las más abundantes. Los hexocorales con 14 especies y 86 individuos representaron el 38.9% de la abundancia total siendo el grupo numeroso, las algas con 9 especies y 35 individuos aportaron el 15.8% de la abundancia, 6 especies de octocorales con 20 individuos aportaron el 9% y otros organismos bentónicos con una especie y 3 individuos aportaron el 1.3% de la abundancia total. Figura # 11.

Arrecife Palancar.

### **Estrato 16-20m**

El grupo abundante en el estrato 16-20m fue el de las esponjas con 17 especies y 112 individuos que representan el 40.8% de la abundancia total, seguido de las algas con 9 especies y 84 individuos representaron el 30.6% de la abundancia total, los hexocorales con 18 especies y 60 individuos aportaron el 22% de la abundancia, 2 especies de octocorales con 6 individuos aportaron el 2.2% y otros organismos bentónicos con 4 especies y 12 individuos aportaron el 4.4% de la abundancia total. Figura # 14.

### **Estrato 17-22m**

El grupo abundante en el estrato 17-22 m fueron las esponjas con 12 especies y 202 individuos que representan el 37.4% de la abundancia total, seguido de los hexocorales con 14 especies y 163 individuos representaron el 30.3% de la abundancia total, las algas con 9 especies y 140 individuos aportaron el 26% de la abundancia, 3 especies de octocorales con 25 individuos aportaron el 4.64% y otros organismos bentónicos con una especie y 9 individuos aportaron el 1.66% de la abundancia total. Figura # 17.

### **Estrato 27m**

El grupo abundante en el estrato de 27m fueron las esponjas con 18 especies y 259 individuos que representan el 38.48% de la abundancia total, seguido de los hexocorales con 18 especies y 230 individuos representaron el 34.18% de la abundancia total, las algas

con 13 especies y 119 individuos aportaron el 17.68% de la abundancia, 4 especies de octocorales con 40 individuos aportaron el 5.9% y otros organismos bentónicos con 2 especies y 25 individuos aportaron el 3.17% de la abundancia total. Figura # 20.

## **b) Espectro de diversidad, Dominancia y Equidad**

### **Arrecifes del estrato somero de 1 a 15m.**

Arrecife Bajos de Colombia.

#### **Estrato 6-7m**

Índice de importancia biológica

El grupo más dominante en la comunidad fue Esponjas, donde *Pandaros acanthifolium*, resulto la especie más importante en la comunidad seguida de *Agelus sp.* Figura # 3.

Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el arrecife Bajos de Colombia se presento en **5.257 bits/ind**, con equidad de **0.855**. Para cada estación la diversidad fluctuó entre **3.807 bits/ind** a **1.149 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 4.

Arrecife Chankanaab.

#### **Estrato 6m**

Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue Algas, donde *Penicillus dumetosus*, resulto la especie más importante en la comunidad seguida de *Siderastrea siderea*. Figura # 9.

Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato de 6m en el arrecife Chankanaab fue de **4.264 bits/ind** con equidad promedio de **0.853**. Para cada estación, el espectro de

diversidad fluctuó entre **3.055 bits/ind** y **0.65 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 10.

Arrecife Majahual.

### **Estrato 1-6m**

#### Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue Hexacorales, aunque la especie *Gorgonia flabellum* del grupo de los octocorales es la especie más importante en la comunidad, seguida de *Jania sp.* Figura # 24.

#### Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato 1-6m del arrecife Majahual fue de **4.488 bits/ind** con equidades promedio de **0.859**. Para cada estación el espectro de diversidad fluctuó entre **3.37 bits/ind** y **0.50 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 25.

### **Estrato 6-7m**

#### Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue hexacorales, donde *Diploria strigosa*, fue la especie más importante en la comunidad, seguida de *Dictyota dicthiota*. Figura # 27.

#### Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato 6-7m del arrecife Majahual fue de **4.888 bits/ind** con equidades promedio de **0.857**. Para cada estación el espectro de diversidad fluctuó entre **3.50** y **0.46**, con equidades cercanas a 1. Figura # 28.

Arrecife Akumal.

### **Estrato 8m.**

Índice de importancia biológica

El grupo más dominante fue Hexacorales, donde la especie *Montastrea annularis*, es la especie más importante en la comunidad seguida de *Dictyota dichthota*. Figura # 30.

Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el arrecife Akumal se presentó en **4.734 bits/ind**, con equidad de **0.857**. Para cada estación la diversidad fluctuó entre **3.795 bits/ind** a **0.661 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 31.

### **Arrecifes del estrato profundo de 15 a 30m.**

Arrecife Chankanaab.

### **Estrato 30m**

Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue Esponjas, donde *Agelus sp.* es la especie más importante en la comunidad, seguida de *Agaricia agaricites*. Figura # 12.

Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato de 30m en el arrecife Chankanaab fue de **5.022 bits/ind** con equidades promedio de **0.89**. Para cada estación el espectro de diversidad fluctuó entre **3.88 bits/ind** y **2.44 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 13.

Arrecife Chemuyil.

### **Estrato 20-27m.**

Índice de importancia biológica

El grupo más dominante fue hexocorales, donde *Montastrea anularis*, fue la especie más importante en la comunidad seguida de *Acropora cervicornis*. Figura # 6

#### Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el arrecife Chemuyil fue de **4.735 bit/ind**, con equidad de **0.772**. Para cada estación la diversidad fluctuó entre **4.018 bits/ind** a **1 bit/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 7.

Arrecife Palancar.

#### **Estrato 16-20m**

##### Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue Esponjas, donde *Goreauella auriculata*, fue la especie más importante en la comunidad, seguida de *Udotea cyathiformis*. Figura # 15.

#### Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato 16-20m del arrecife Palancar fue de **4.941 bits/ind** con equidades promedio de **0.832**. Para cada estación el espectro de diversidad fluctuó entre **3.56 bits/ind** y **1.649 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 16.

#### **Estrato 17-22m**

##### Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue Esponjas, donde *Goreauella auriculata*, fue la especie más importante en la comunidad, seguida de *Agelus sp.* Figura # 18.

#### Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato 17-22m del arrecife Palancar fue de **4.569 bits/ind** con equidades promedio de **0.832**. Para cada estación el espectro de diversidad fluctuó entre **3.398 bits/ind** y **0.918 bits/ind**, con equidades cercanas a 1. Figura # 19.

## **Estrato 27m**

### Índice de Importancia Biológica

El grupo más dominante fue Hexacorales, aunque la especie *Goreauella auriculata* del grupo Esponjas, fue la especie más importante en la comunidad, seguida de *Agaricia agaricites*. Figura # 21.

### Diversidad y Equidad

El valor de diversidad total para el estrato 27m del arrecife Palancar fue de **4.69 bits/ind** con equidades promedio de **0.855**. Para cada estación el espectro de diversidad fluctuó entre **3.849 bits/ind** y **0.65 bits/ind**, con equidades cercanas 1. Figura # 22.

### ***c) Análisis de Dendrograma***

El análisis de dendrogramas es un método que permite crear jerarquías en la que distintos grupos están asociados a una o más variables, lo que nos permitió determinar los patrones estructurales de las comunidades bentónicas estudiadas. Las variables identificadas en estas comunidades y las que permitieron las asociaciones encontradas están basadas en la complejidad ambiental y la exposición de las comunidades a ambientes de alta ya baja energía. El análisis fue dividido para una mejor comprensión en cuatro aspectos los cuales se presentan a continuación:

### **Arrecifes del estrato somero de 1 a 15m.**

El análisis de dendrograma para este caso, nos determinó que existe una clara agrupación de los arrecifes localizados en las costas de la Isla Cozumel con los que se localizan en la porción continental del Estado de Quintana Roo. Además observamos que los arrecifes Majahual estrato 6-7m y Akumal estrato 8m, son muy similares en diversidad con 4.8 y 4.7 bits/ind. Respectivamente, agregándose a este grupo el arrecife Majahual 1-6m con un valor de diversidad de 4.4bits/ind. Figura # 32.

### **Arrecifes del estrato profundo de 15 a 30m.**

El análisis de dendrograma determinó la existencia de un patrón similar que el anterior existe una clara agrupación de los arrecifes localizados en las costas de la Isla Cozumel, el arrecife Chemuyil en este caso quedo excluido del grupo estando localizado en la costa continental del Estado. Se observa la agrupación de los arrecifes Palancar con sus tres estratos de profundidad estudiados de 16-20, 17-22 y 27m respectivamente, estos tienen valores de diversidad similares de 4.9, 4.5 y 4.6 bits/ind respectivamente. Figura # 33.

Observando que existe una marcada separación de los arrecifes localizados en la costa insular con los de la costa continental del Estado, se decidió analizar los arrecifes de situados bajos ambientes de baja y alta energía, con el propósito de encontrar similitudes entre arrecifes.

#### Arrecifes de Barlovento.

Los arrecifes situados en Barlovento presentan composición específica y valores de diversidad muy similares, siendo los arrecifes Majahual 6-7m. y Akumal 8m. Los que resultaron mas parecidos. Figura # 34.

#### Arrecifes de Sotavento.

Los arrecifes situados en Sotavento por su parte presentan una clara separación basados principalmente en los valores de diversidad encontrando dos grupos principales los arrecifes Colombia 6-7m y Chankanaab 30m con diversidad de 5.2 y 5.0bits/ind respectivamente y el arrecife Palancar con sus tres estratos de profundidad 16-20, 17-22 y 27m. con diversidad de 4.9, 4.5 y 4.6bit/ind.

#### ***d) Análisis de Componentes Principales***

En el análisis de componentes principales se probaron los mismos escenarios realizados en el análisis anterior observándose resultados muy similares por lo que solo se presenta la gráfica que incluye todos los arrecifes estudiados.

### **DISCUSIÓN**

#### ***Muestreo***

Algunos de los inconvenientes encontrados durante este estudio fue el periodo al que pertenecen los datos pudiendo cuestionarse que los resultados posiblemente no reflejaran lo que actualmente se presenta en la zona de estudio, pero hay que recordar que la complejidad de estas comunidades, ecológica y evolutivamente hablando, propicia lentos cambios en la estructura de la comunidad. El método del transecto fotográfico utilizado para este estudio, nos permitió analizar a detalle los datos obtenidos. Olhorst *et al.* (1989), comparó este método con varios utilizados en el estudio de comunidades bentónicas, encontrando que este método era el más convincente ya que nos permite obtener un mayor número de muestras, analizarlas a detalle, tomarlas en menos tiempo, algo importante es que este método presenta un sesgo que subestima hasta en un 30% el número de especies o colonias registradas.

Otro punto que es importante mencionar es la diversidad, en la mayoría de los estudios la diversidad no es más que un valor que nos es muy útil para comparar comunidades. Un método utilizado en ese estudio es el cálculo de la diversidad a través de su espectro, el espectro de diversidad está en función del tamaño de la muestra. La noción de espectro lleva a considerar el empleo de la diversidad como un método excelente para comparar muestras distintas: si al unir las muestras la diversidad aumenta, es prueba de su heterogeneidad, pero si no varía, es que ambas están formadas por las mismas especies o especies con un mismo papel en el ecosistema. La utilidad de este método nos permite

observar las fluctuaciones en diversidad a lo largo del área de muestreo, dándonos una mejor idea de la heterogeneidad espacial y de las diferencias entre comunidades similares.

Las muestras analizadas no presentaba el mismo esfuerzo de muestreo por lo que se tuvo que estandarizar, y así igualar la amplitud de la abundancia y evitar el sesgo al comparar las comunidades por estrato Batimétrico, por exposición a zonas de alta y baja energía.

## CONCLUSIÓN

La técnica del transecto fotográfico, resultó adecuada para brindar un panorama de la conformación específica de los arrecifes estudiados.

Los arrecifes situados en sotavento (Colombia, Chankanaab y Palancar) están dominados por comunidades de esponjas y hexacorales, los cuales son importantes ya que conforman de manera primordial la estructura de la comunidad arrecifal, la cual está comprendida por especies adaptadas a ambientes de baja energía; estas comunidades presentan mayor diversidad biológica, imagen de la heterogeneidad ambiental presente en la zona. Especies como *Angelus sp*, *Pandarus acanthifolium*, *Agaricia agaricites*, *Complejo Montastrea*, *Haliclona hogarthi*, *Neofibularia nolitangere*, *Cliona delitrix*, *Hemectyon ferox*, *Verongia longissima*, *Plexaurella dichotoma* y *Plexaurella grisea*, dominan la comunidad arrecifal.

Los arrecifes situados a barlovento resultan también diversos y heterogéneos, dominados por hexacorales, octacorales y algas, las cuales son especies adaptadas a los ambientes de alta energía, 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.

Si bien las comunidades arrecifales de sotavento y barlovento están conformadas de manera diferente en cuanto a su composición específica, ambas presentan niveles de madurez similares.

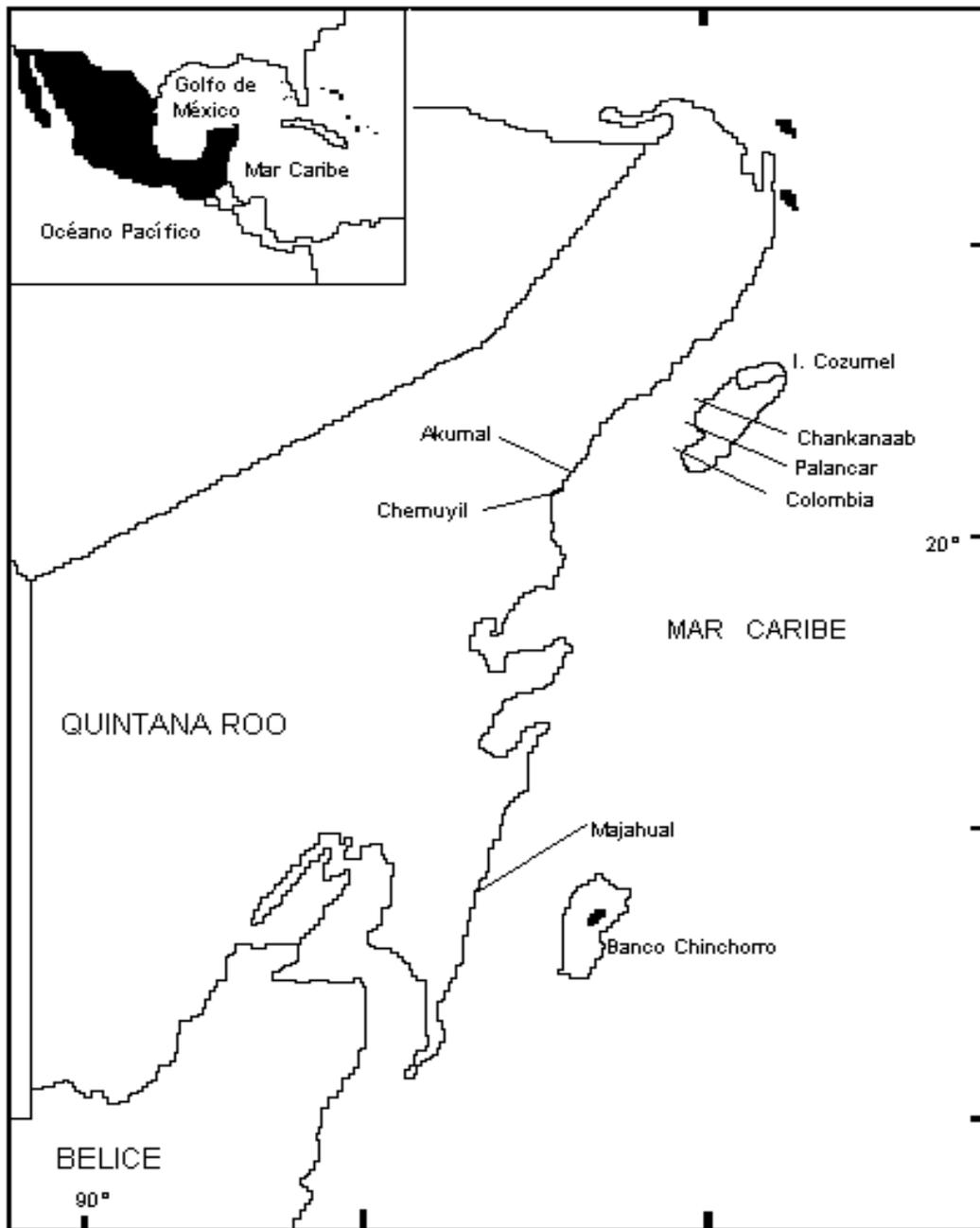
Los más bajos niveles de diversidad son evidentes en los arrecifes de barlovento ya que estos se encuentran más influenciados por la actividad humana.

La madurez de los arrecifes es un indicador de la estabilidad ambiental en la región, lo que ha permitido alcanzar niveles de complejidad tales que las presiones evolutivas se orientan más a la formación de nuevos nichos, a un aumento en la diversidad específica y consecuentemente hacia una trama trófica progresivamente más compleja, en contraste con ambientes más extremos en donde la variabilidad ambiental restringe la formación de nuevos nichos y consecuentemente de nuevas especies, lo cual tiende a mantener la trama trófica en condiciones de menor madurez.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, O. D. 1995. *Estructura de la Comunidad Bentónica del Arrecife de Majahual, Quintana Roo, México*. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN. 160 pp.
- Aguilar, P. A. y W. A. Dávila. 1993. Banco Chinchorro: Arrecife Coralino en el Caribe. *In: Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I Salazar Vallejo y N. E. González (Eds.). Quintana Roo, CONABIO-CIQRO. 865 pp.
- 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 E. Hidalgo. 1998. Los arrecifes coralinos del caribe noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst. Cienc. Del Mar. y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México. 15 (1): 167-176.
- Chávez, E. A. 1997. Sampling Design for the Study of Yucatan Reefs, Northwestern Caribbean. Pp: 1465-1470. *Proc. 8<sup>th</sup> Int. Coral Reef Sym 2*. México.
- 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.
- Loya-Salinas, D.H. y Escofet, A. 1990. Aportaciones al cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*. 16(2): 97-115.
- Margalef, R. 1980. *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Jones, S. C., y R. Endean. 1976. *Biology and Geology of Coral Reef*. Vol. III. Biology 2. Academic Press. 378 pp.
- Jones, A. O. y R. Endean. 1977. *Biology and Geology of Coral Reefs*. Vol. IV. Geology 2. Academic Press. 377 pp.
- Jordán, E. 1988. Arrecifes Profundos de Isla Cozumel, México. *An. Cienc. del Mar y Limnol.* UNAM. 15(2): 195-208.
- Spurgeon, J. P. 1992. *The Economic Valuation of Coral Reefs*. *Marine Pollution Bulletin*. 24(11): 529-536.
- Statsoft. 1994. *Statistica*. Vols. I-IV. 3958 pp.

## **ANEXOS**



**Fig.1. Arrecifes del Caribe mexicano en donde se realizó el muestreo.**

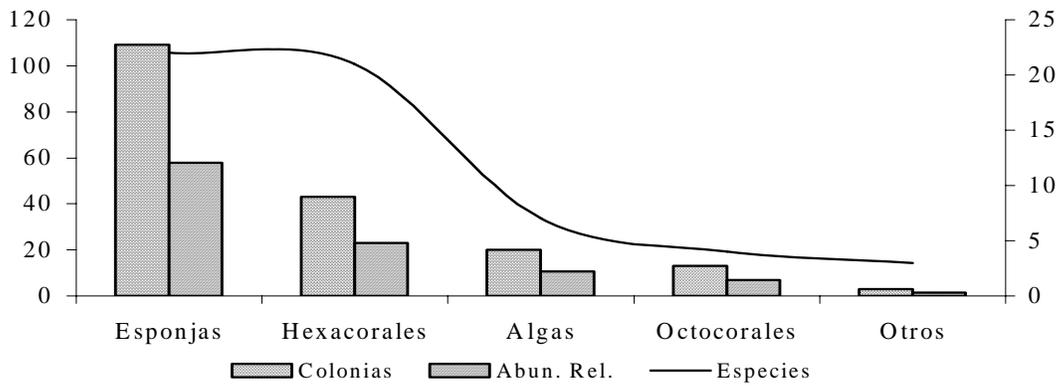


Figura 2. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Bajos de Colombia, Q. Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m.

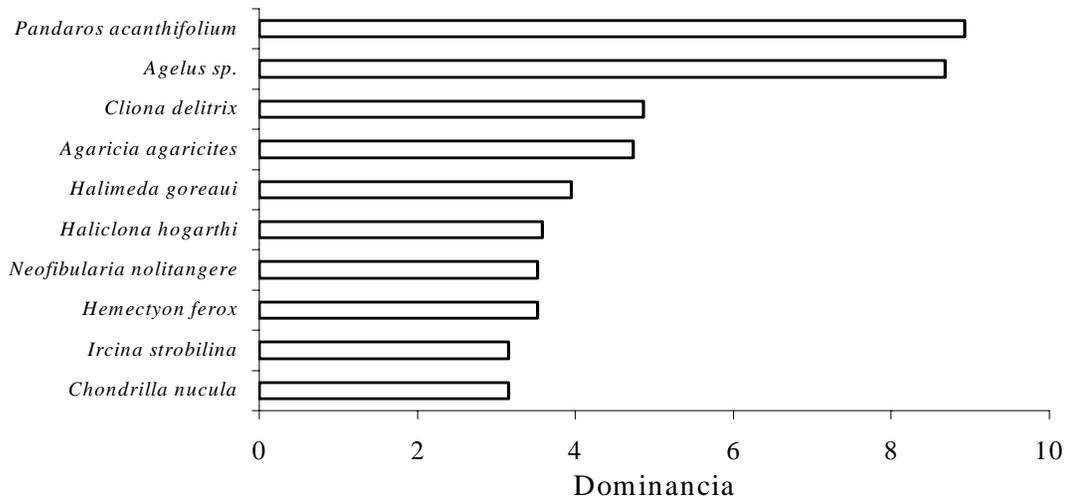


Figura 3. Dominancia específica del arrecife Bajos de Colombia, Q. Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m. Calculado con el Índice Biológico de Sanders.

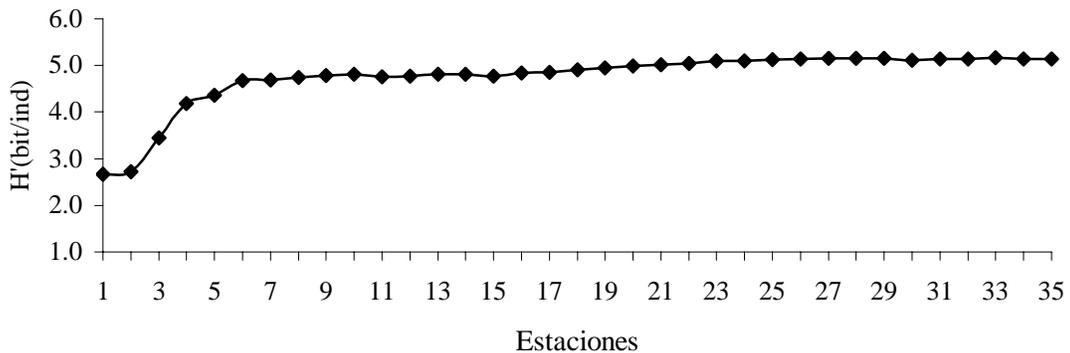


Figura 4. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Bajos de Colombia Q. Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m.  
**Arrecife Chemuyil. Profundidad 20-27m**

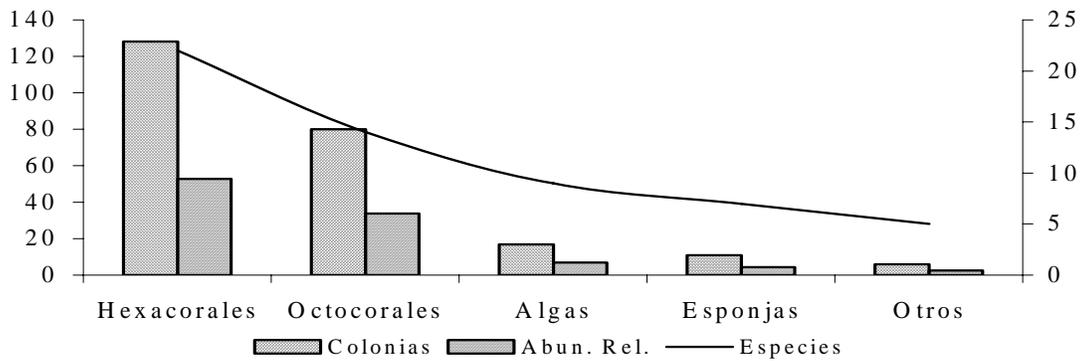


Figura 5. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 20-27m.

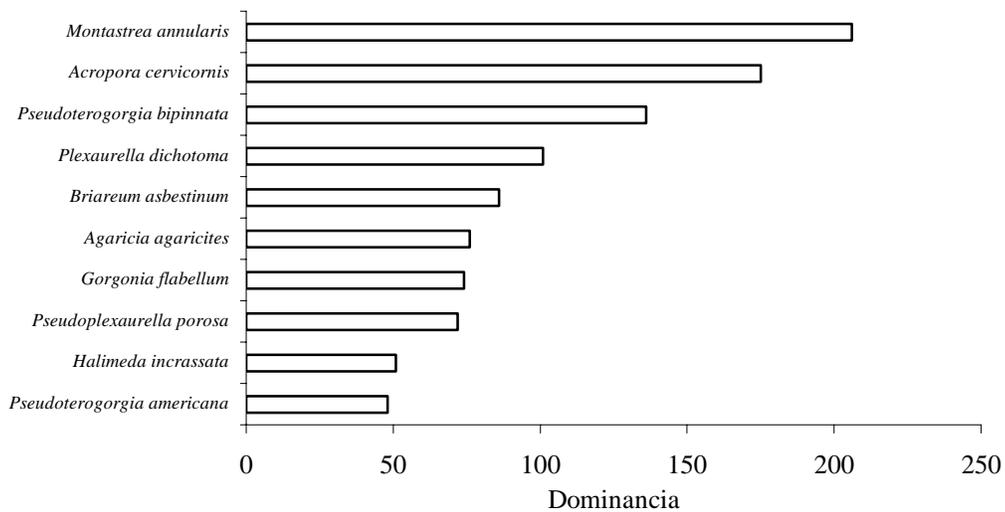


Figura 6. Dominancia específica del arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

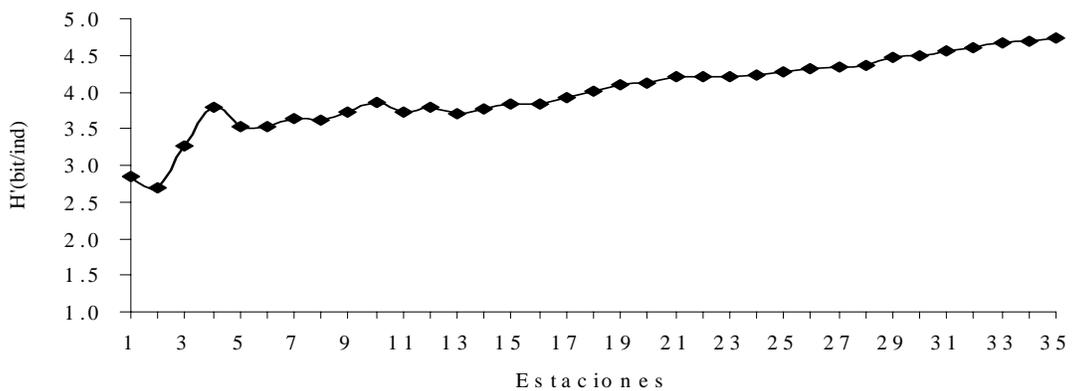


Figura 7. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Chemuyil, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 20-27m.  
**Arrecife Chankanaab. Profundidad 6 m.**

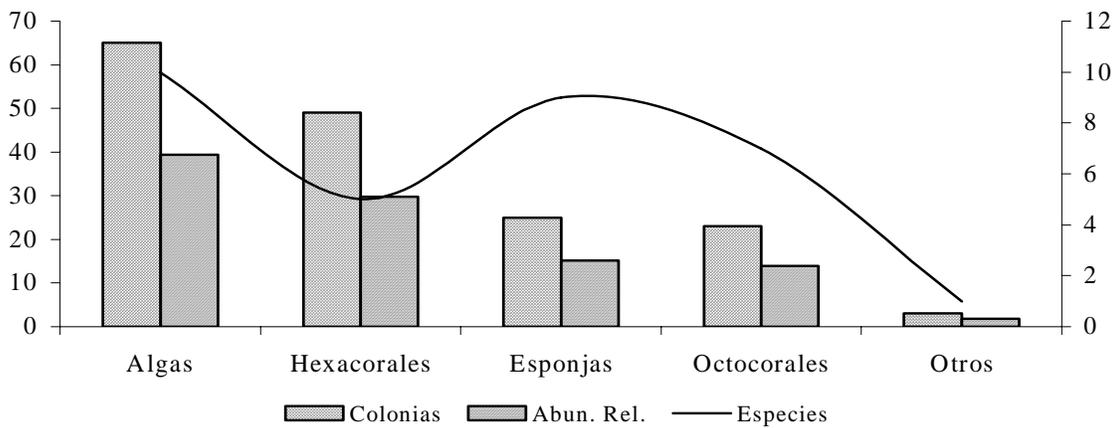


Figura 8. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6m.

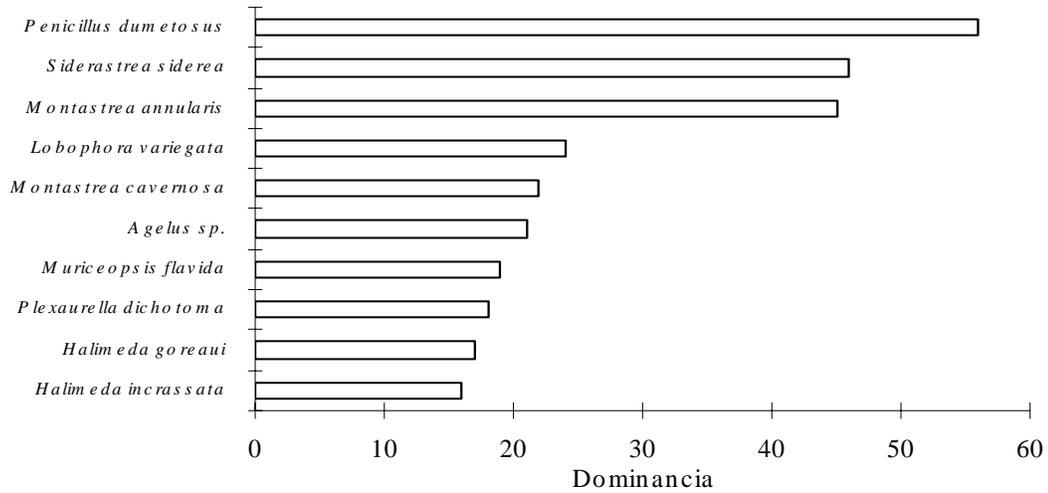


Figura 9. Dominancia específica del arrecife Chankanaab Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

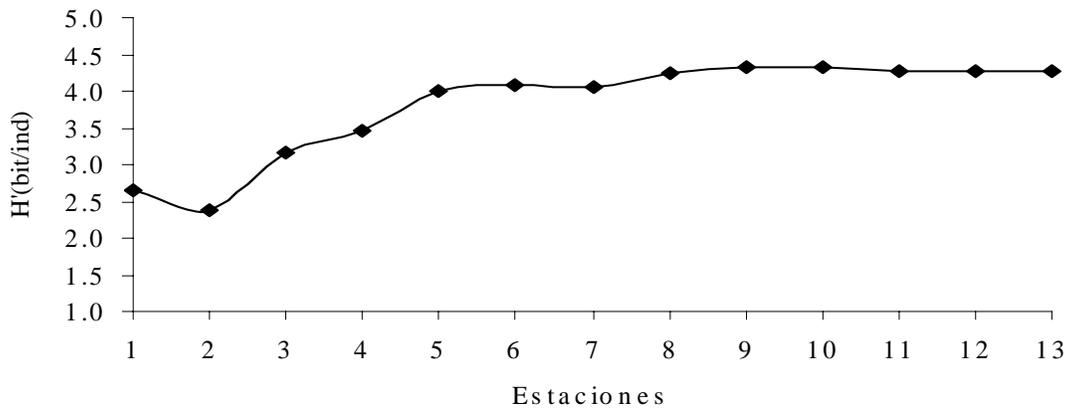


Figura 10. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Chakanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6m.

**Arrecife Chankanaab. Profundidad 30m.**

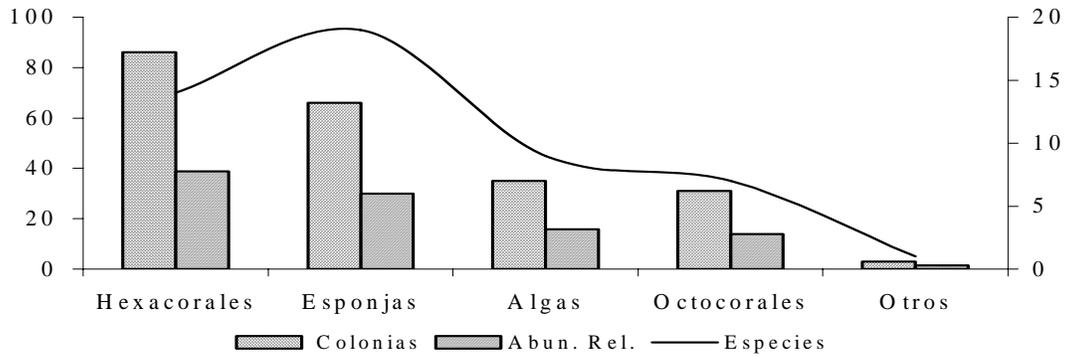


Figura 11. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 30m.

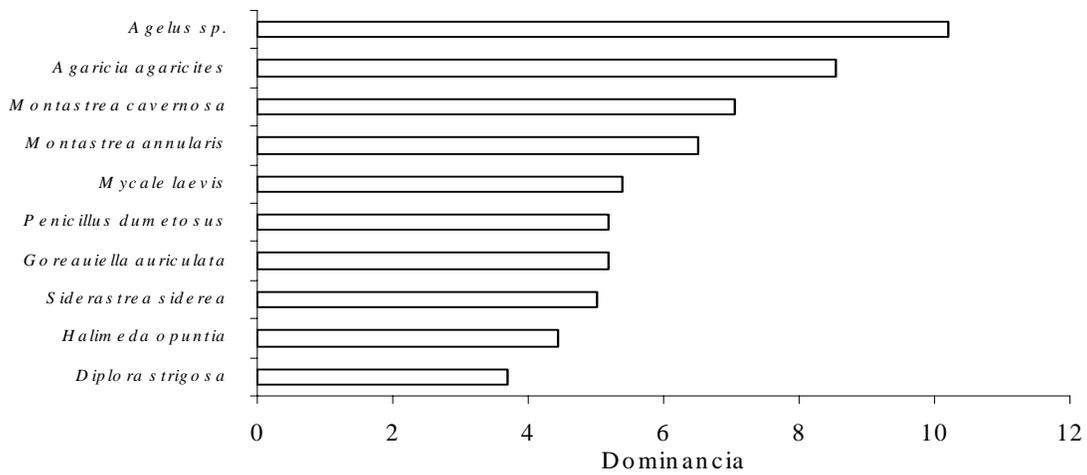


Figura 12. Dominancia específica del arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 30m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

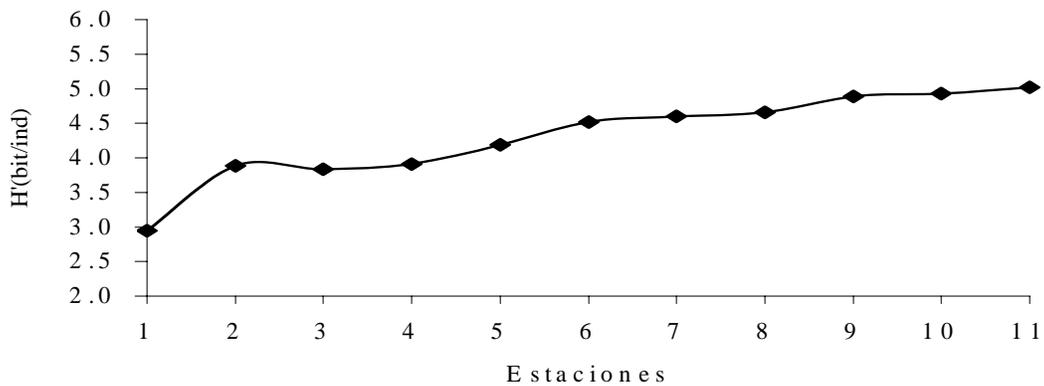


Figura 13. Espectro de Diversidad calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Chankanaab, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 30m.

### Arrecife Palancar. Profundidad 16-20m

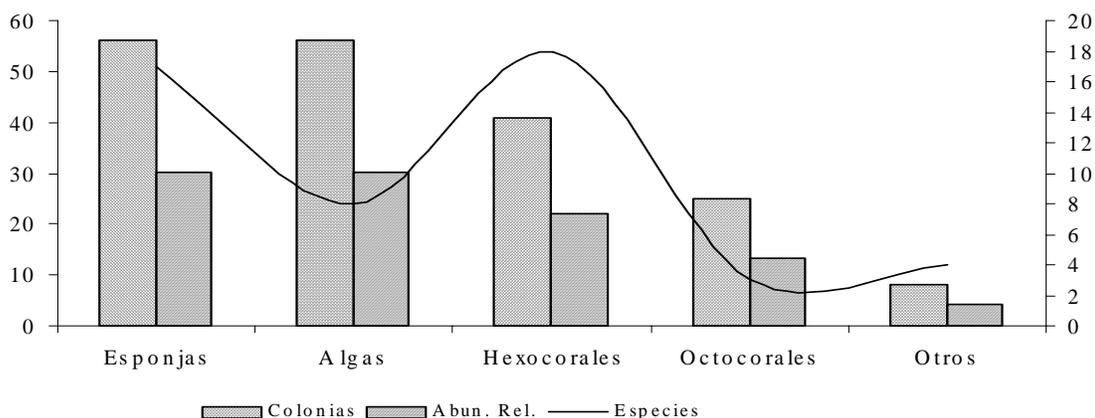


Figura 14. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 16-20m.

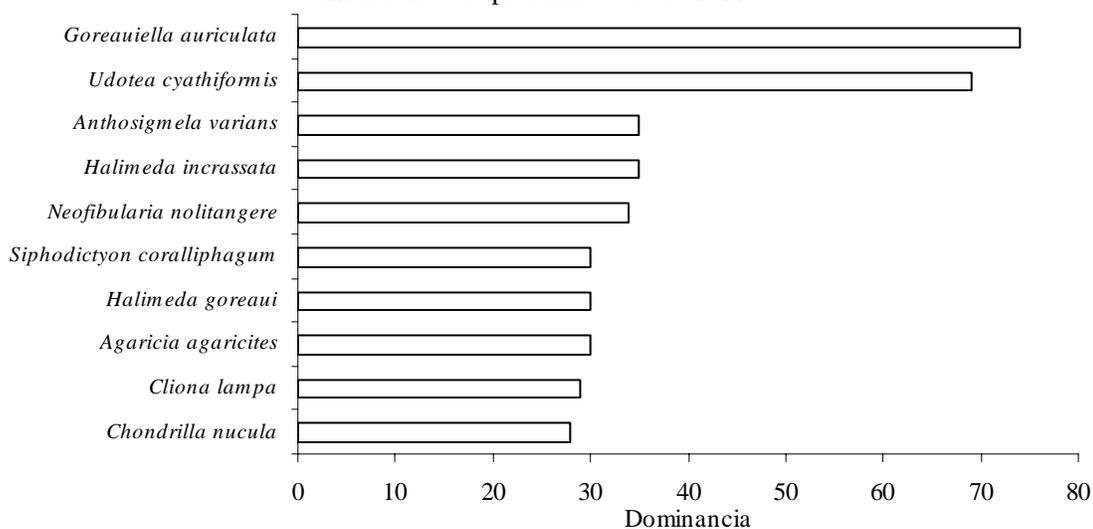


Figura 15. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 16-20m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

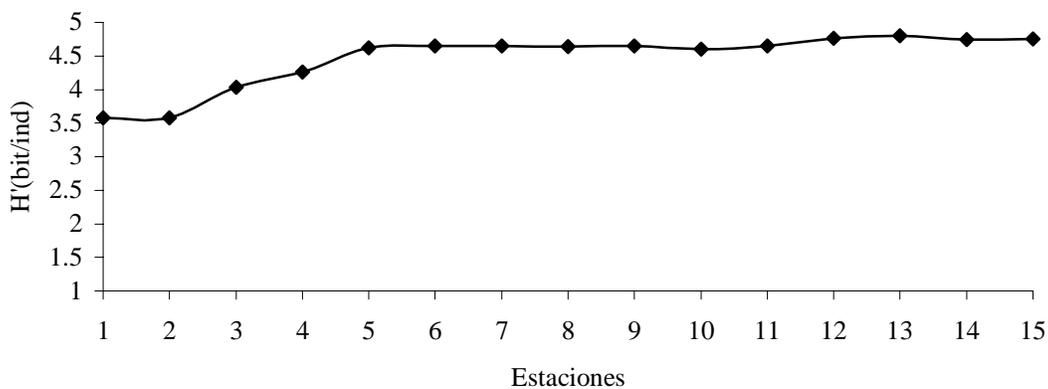


Figura 16. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 16-20m.

**Arrecife Palancar. Profundidad 17-22m.**

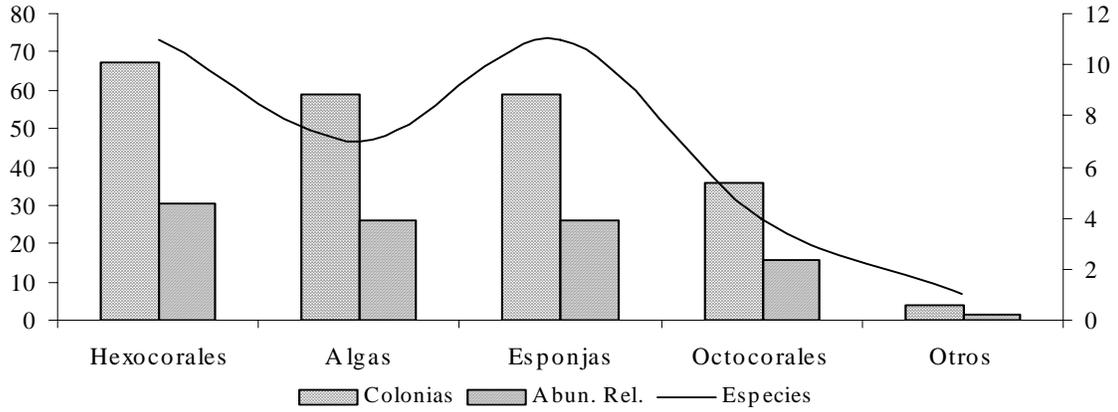


Figura 17. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 17-22m.

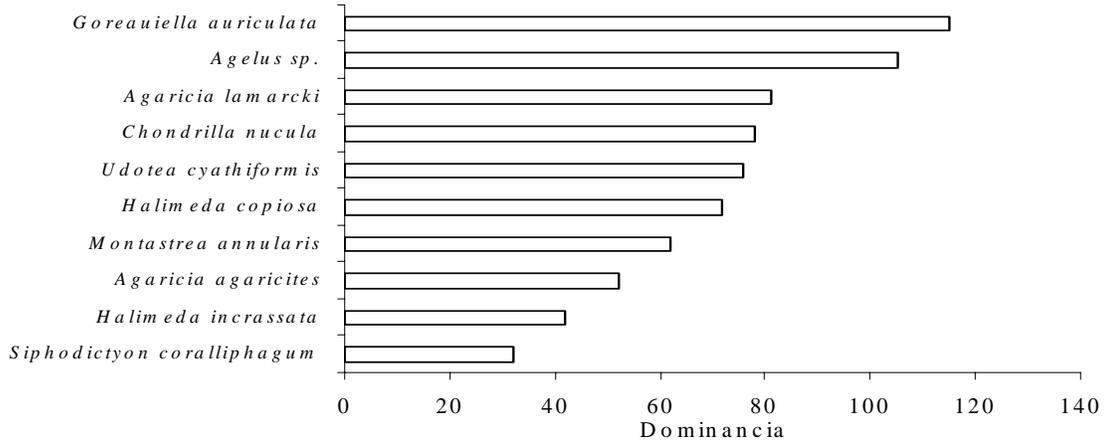


Figura 18. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 17-22m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

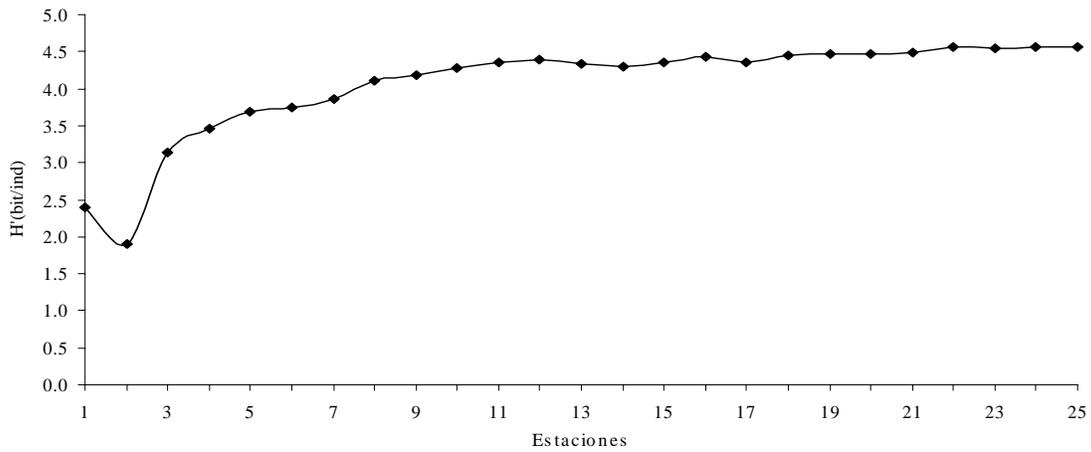


Figura 19. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 17-22m.

**Arrecife Palancar. Profundidad 27m.**

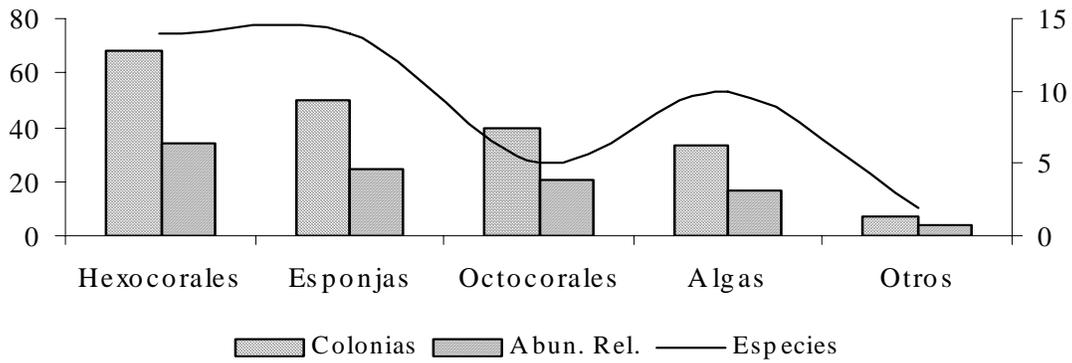


Figura 20. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 27m.

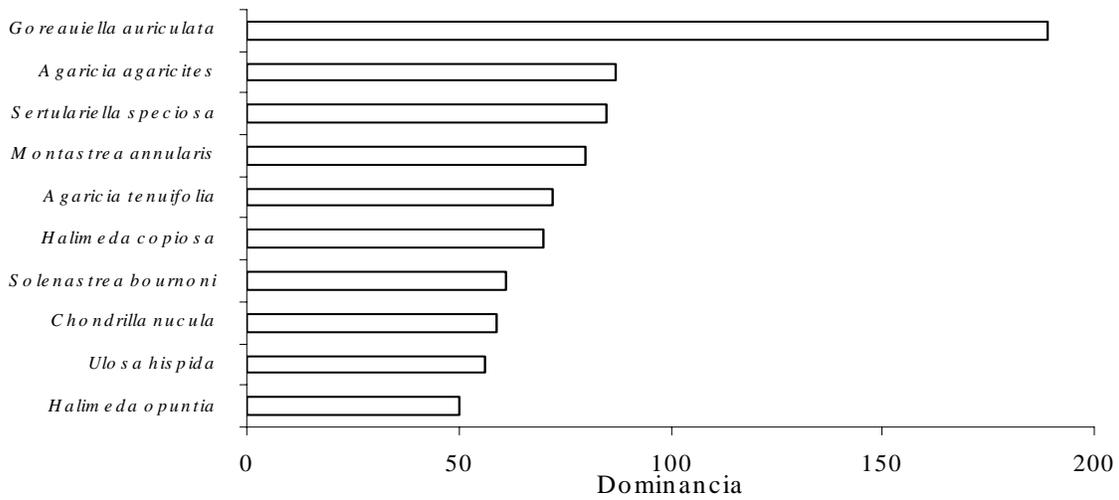


Figura 21. Dominancia específica del arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 27m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

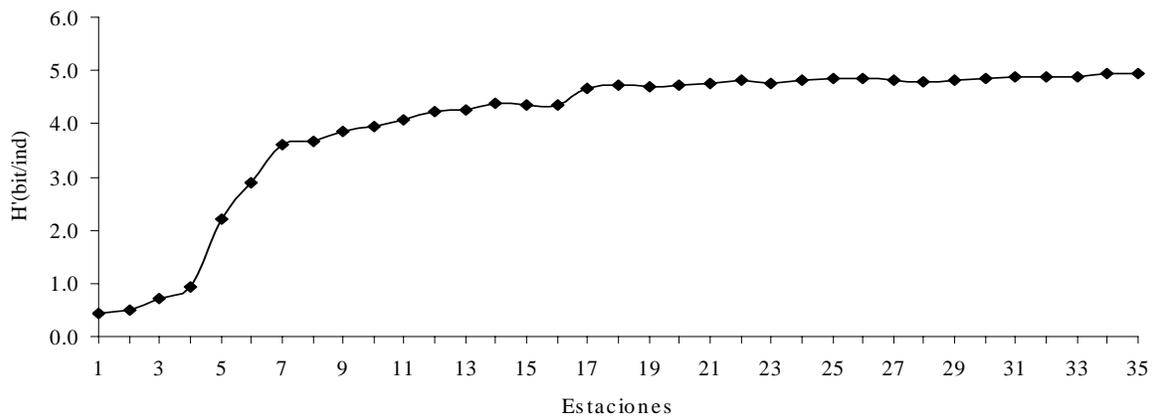


Figura 22. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Palancar, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 27m.

### Arrecife Majahual. Profundidad 1-6m.

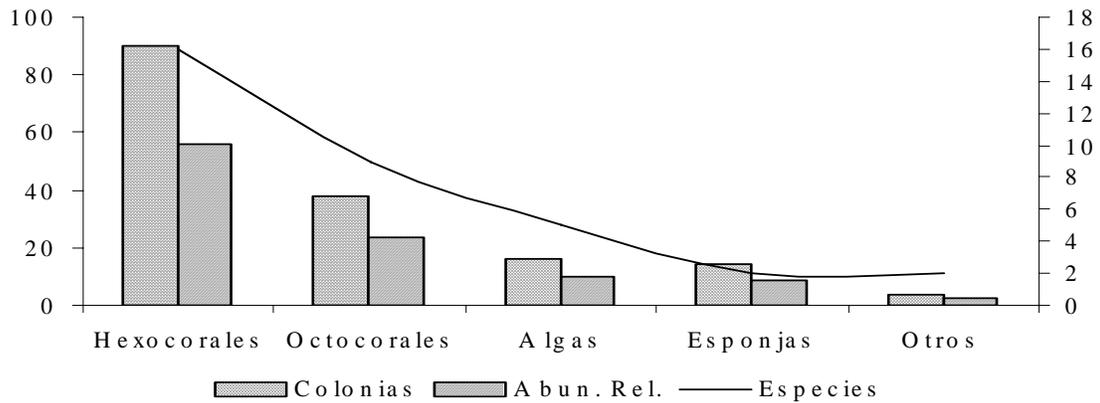


Figura 23. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 1-6m.

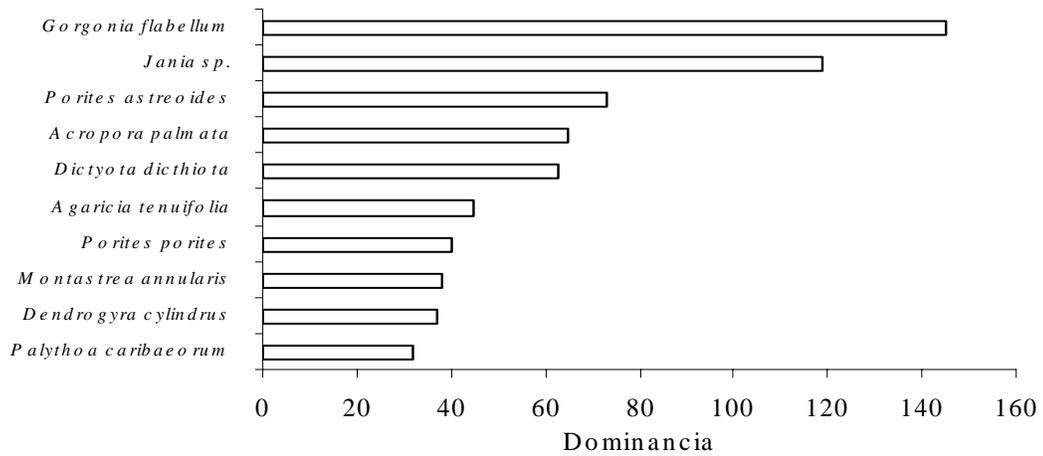


Figura 24. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 1-6m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

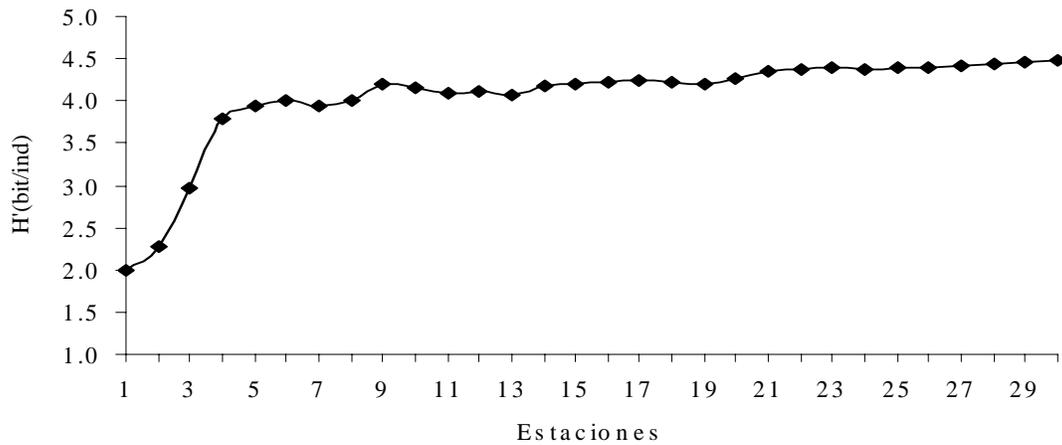


Figura 25. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 1-6m.

### Arrecife Majahual. Profundidad 6-7m

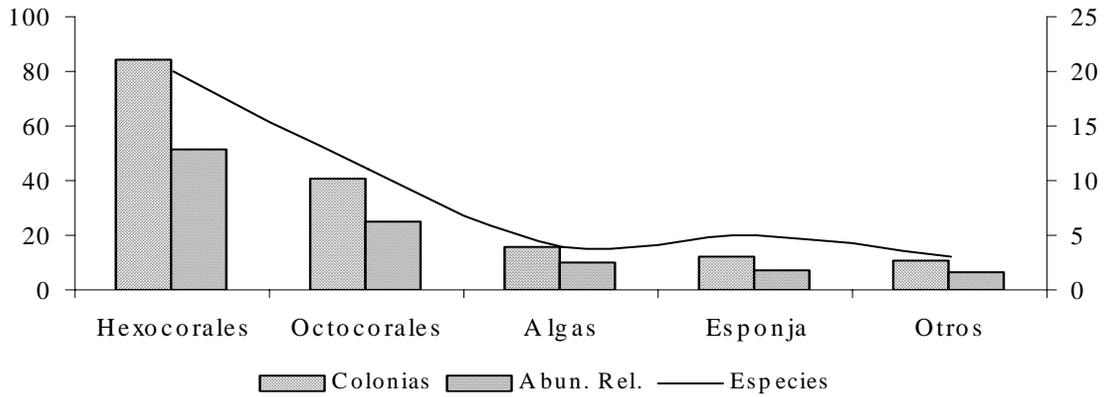


Figura 26. Riqueza específica, No. de individuos y Abundancia relativa del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m.

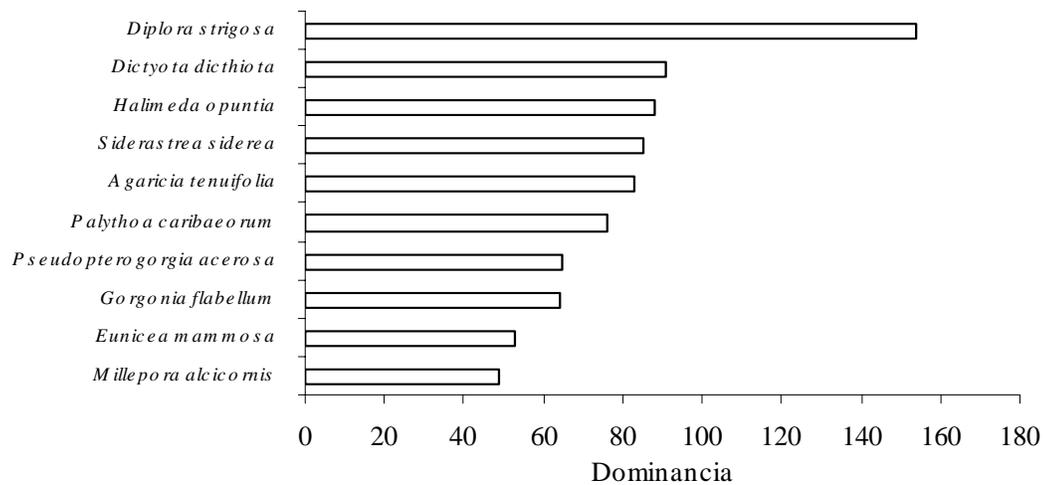


Figura 27. Dominancia específica del arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 6-7m. Calculado con el Índice biológico de Sanders.

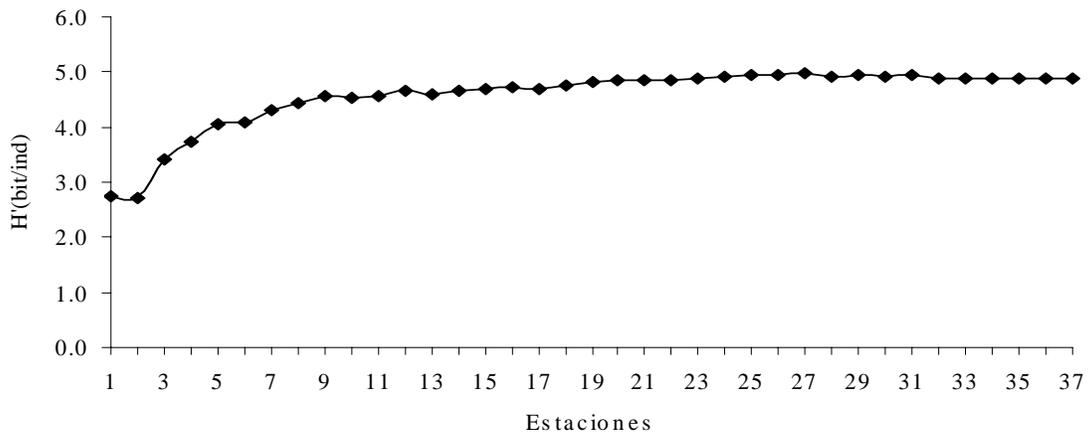


Figura 28. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Majahual, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 6-7m.

**Arrecife Akumal. Profundidad 8m.**

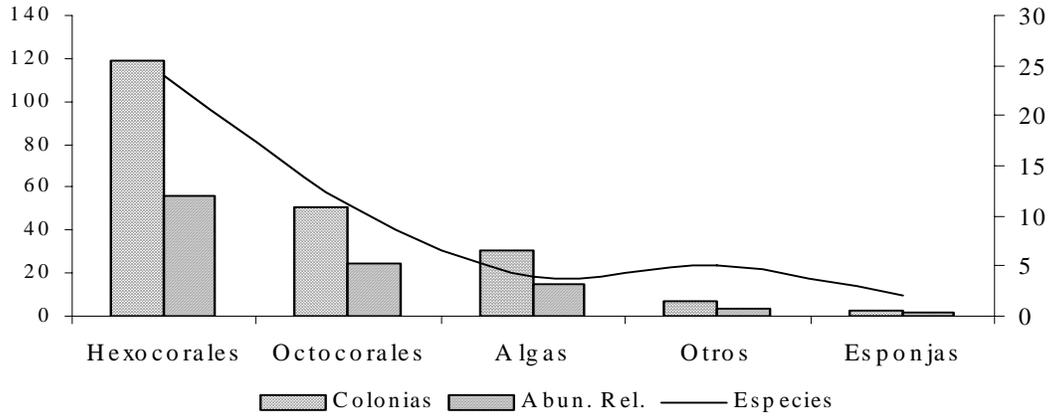


Figura 29. Riqueza específica, No. de colonias y Abundancia relativa del arrecife Akumal, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 8m.

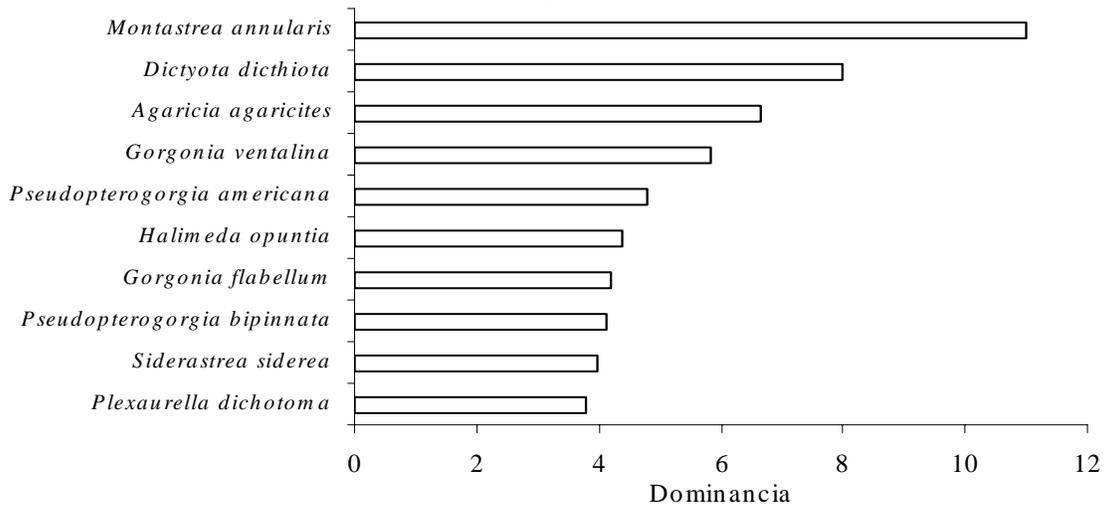


Figura 30. Dominancia específica del arrecife Akumal, Q.Roo, México. En el estrato de profundidad de 8m. Calculado con el Índice Biológico de Sanders.

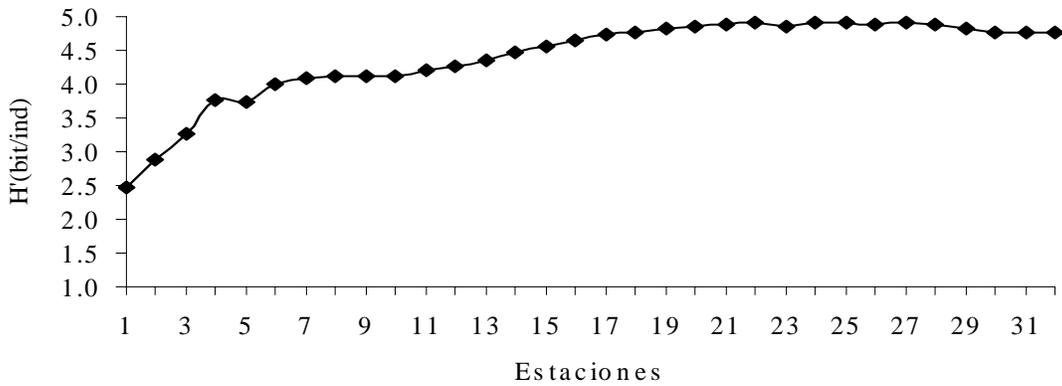


Figura 31a. Espectro de Diversidad Calculado mediante el Índice de Shannon-Weiner, del Arrecife Akumal Q.Roo, México. En el estrato de profundidad 8m.

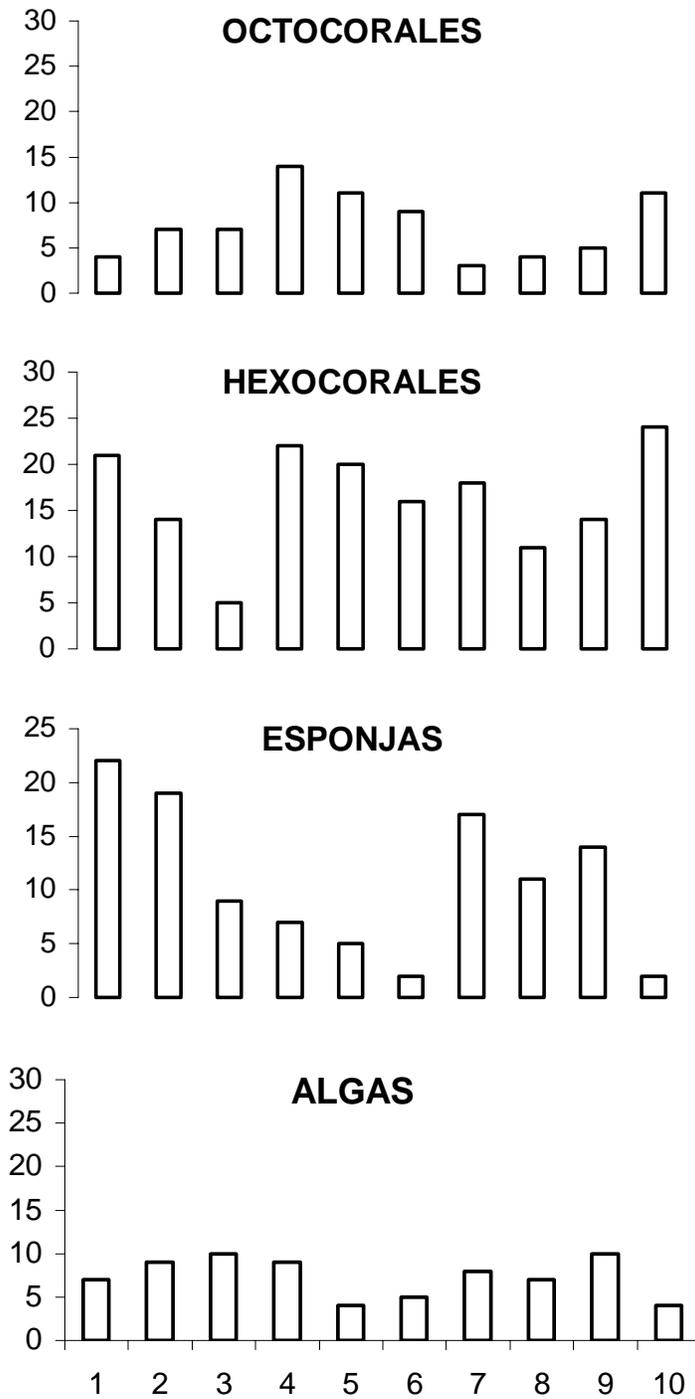


Figura 31b . Comparación de Hexacorales, Octocorales, Esponjas y Algas; entre arrecifes de Quintana Roo, México. **1.** Colombia 6-7m, **2.** Chankanaab 30m, **3.** Chankanaab 6m, **4.** Chemuyil 20-27m, **5.** Majahual 6-7m, **6.** Majahual 1-6m, **7.** Palancar 16-20m, **8.** Palancar 17-22m, **9.** Palancar 27m y **10.** Akumal 8m.

**Patrones estructurales.**

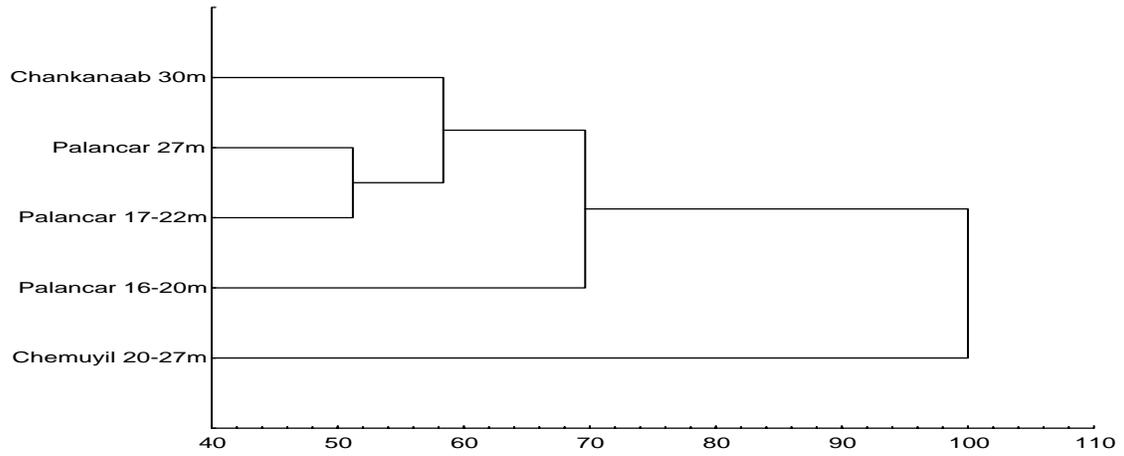


Figura 32. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 15-30m.

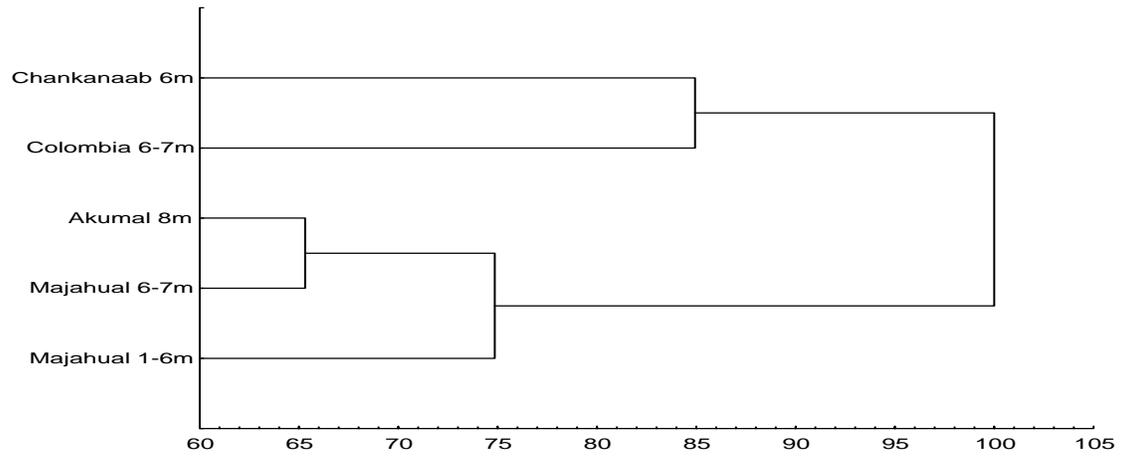


Figura 33. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 1-15m.

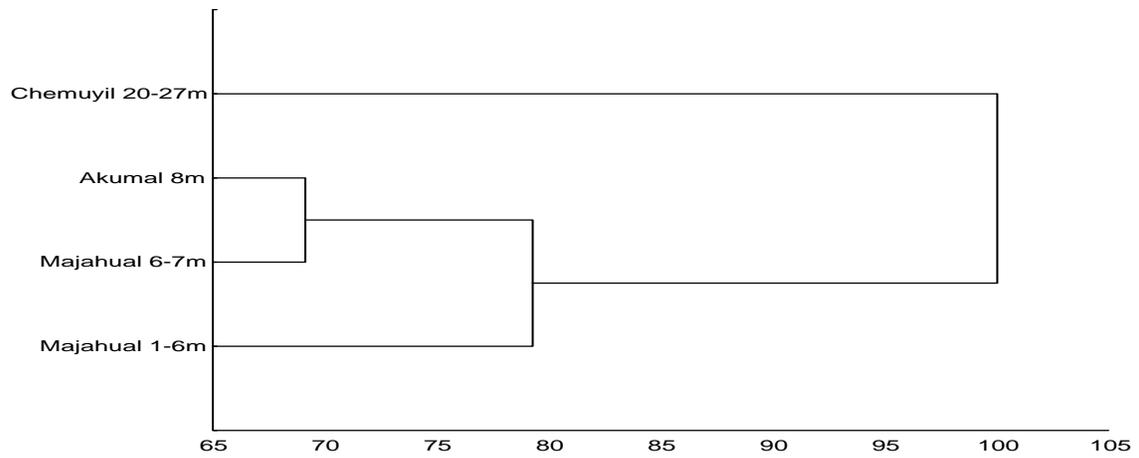


Figura 34. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Barlovento.

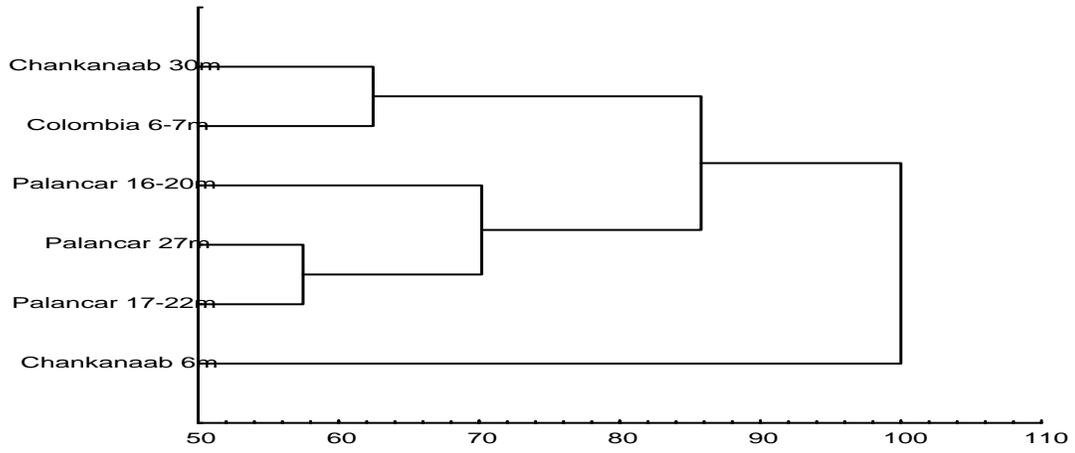


Figura 35. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato sotavento.

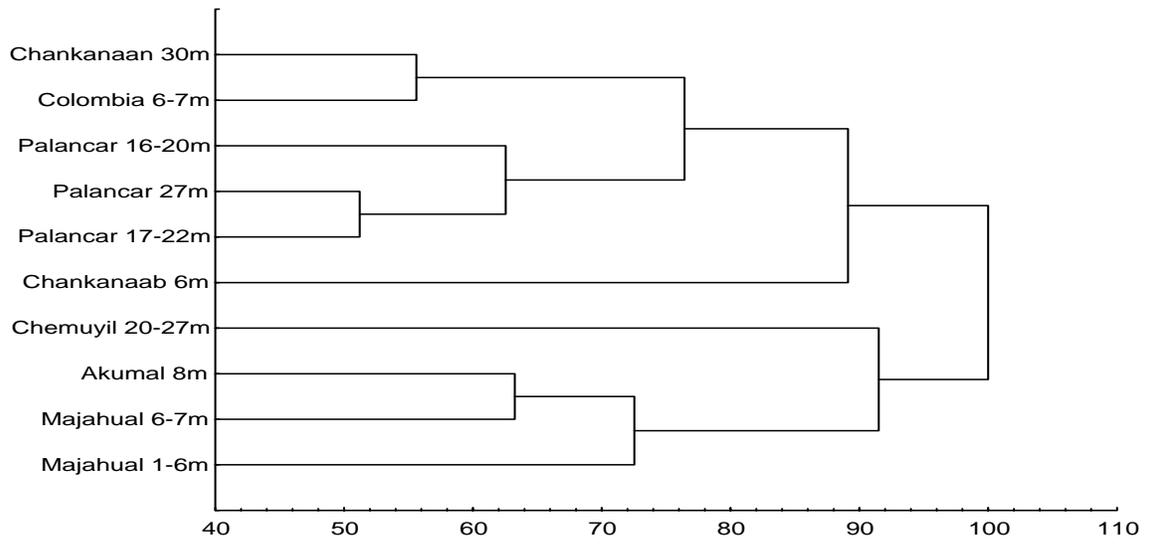


Figura 36. Dendrograma de los arrecifes de Q.Roo, México.

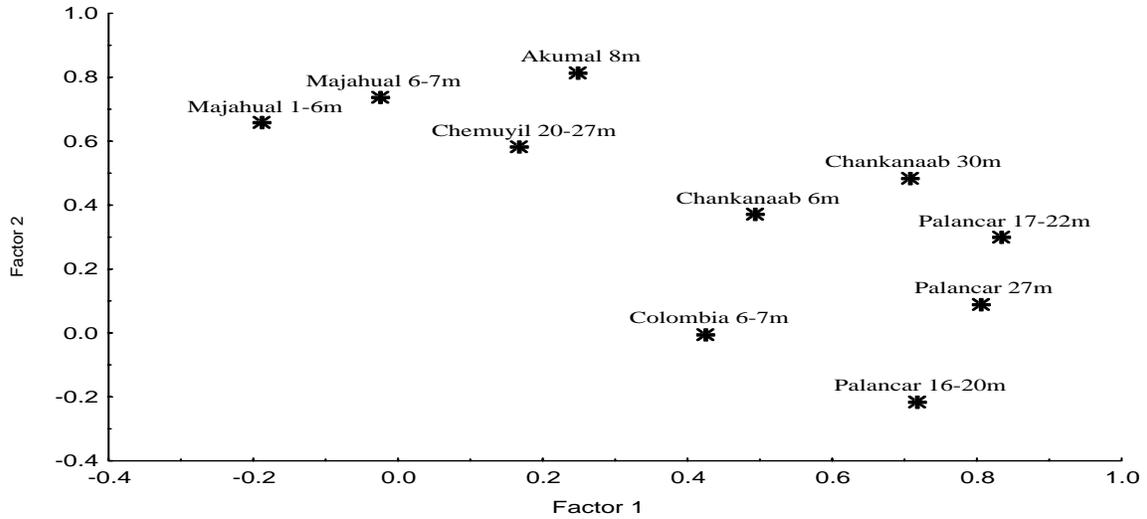


Figura 37. Diagrama de Componentes principales de los arrecifes de Q.Roo, México.

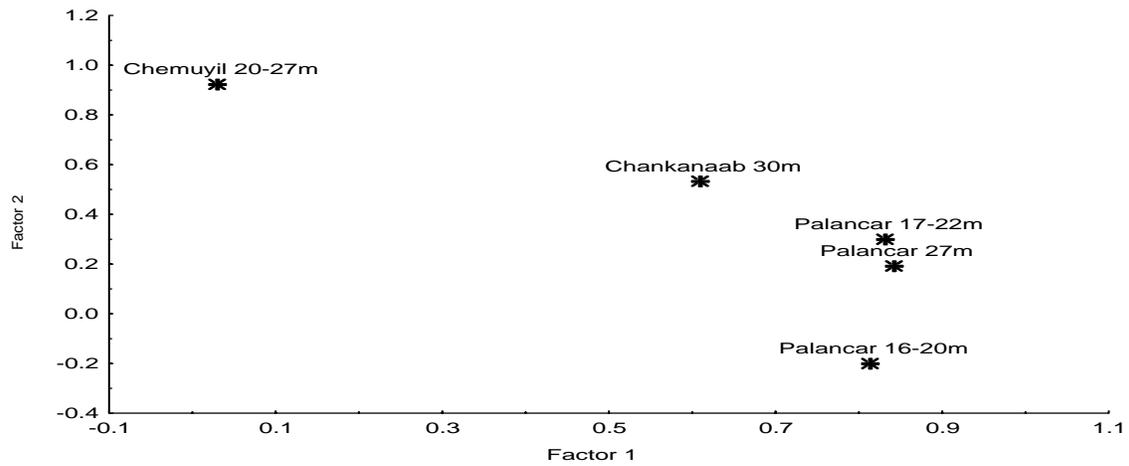


Figura 38. Diagrama de Componentes principales de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 15-30m.

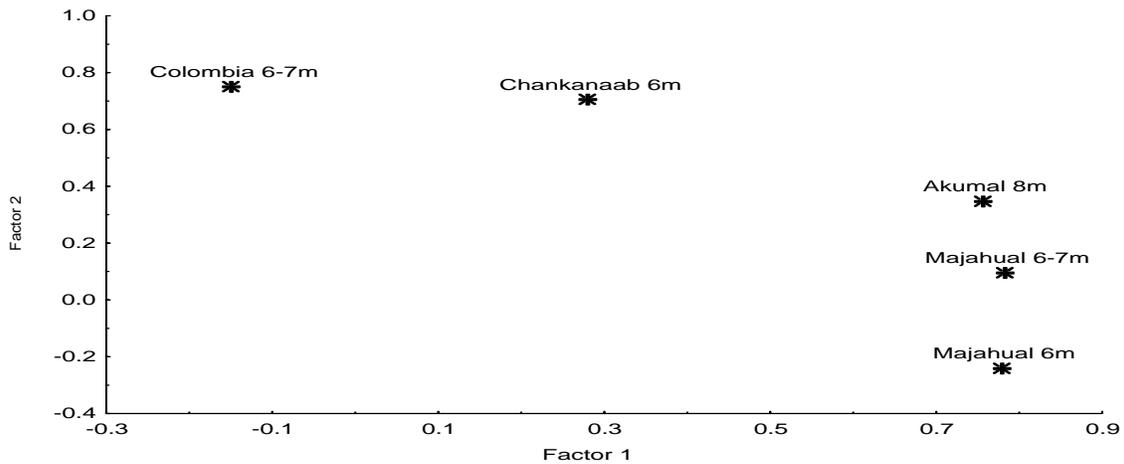


Figura 39. Diagrama de Componentes principales de los arrecifes de Q.Roo, México. Estrato 1-15m.

Tabla 1. Presencia y ausencia de las especies en los arrecifes del Caribe, Mexicano.

ESPECIES	C	C	C	C	P	P	P	M	M	A
	O	H	H	H	A	A	A	A	A	A
	L	E	A	A	L	L	L	J	J	U
	O	M	N	N	A	A	A	A	A	M
	M	U	K	K	N	N	N	H	H	A
	B	Y	A	A	C	C	C	U	U	L
	I	I	N	N	A	A	A	A	A	8
	A	L	A	A	R	R	R	L	L	m
	6	22	A	A	16	17	27	1	6	
	m	-	B	B	-	-	m	-	-	
	27	6	30	20	22		6	7		
	m	m	m	m	m		m	m		
<i>Acropora cervicornis</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+
<i>Acropora palmata</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Adocia carbonaria</i>	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+
<i>Agaricia agaricites</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Agaricia fragilis</i>	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+
<i>Agaricia lamarcki</i>	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Agaricia tenuifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Agaricia undata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Agelus sp.</i>	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Amphimedon viridis</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-
<i>Amphiroa sp.</i>	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Anthipates sp.</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Anthosigmella varians</i>	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Aplysina fistularis</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Avrainvillea nigricans</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Briareum asbestinum</i>	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
<i>Begula neritina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Callyspongia plicifera</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratoporella nicholsoni</i>	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-
<i>Cinachyra sp.</i>	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Cliona delitrix</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cliona lampa</i>	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Cliona langa</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Codium decorticatum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Colpophyllia breviserialis</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+
<i>Colpophyllia natans</i>	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Condylactis gigantea</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Chondrilla nucula</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Dasychalina cyathina</i>	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>Dendrogyra cylindrus</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Diadema antillarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Dictyota dichthota</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dichocoenia stokesi</i>	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Didiscus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Diplora strigosa</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+

Tabla 1 (Continuación)...

ESPECIES	C	C	C	C	P	P	P	M	M	A
	O	H	H	H	A	A	A	A	A	K
	L	E	A	A	L	L	L	J	J	U
	O	M	N	N	A	A	A	A	A	M
	M	U	K	K	N	N	N	H	H	A
	B	Y	A	A	C	C	C	U	U	L
	I	I	N	N	A	A	A	A	A	8
	A	L	A	A	R	R	R	L	L	m
	6	22	A	A	16	17	27	1	6	
	m	-	B	B	-	-	m	-	-	
	27	6	30	20	22		6	7		
	m	m	m	m	m		m	m		
<i>Diploria clivosa</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Eunicea mammosa</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Eusmilia fastigiata</i>	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Favia fragum</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>Golloides ramosa</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Goreauella auriculata</i>	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Gorgonia flabellum</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Gorgonia ventalina</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Haliclona hogarhi</i>	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>Haliclona rubens</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Halimeda copiosa</i>	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
<i>Halimeda discoidea</i>	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Halimeda goreau</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Halimeda incrassata</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Halimeda opuntia</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helioseris cuculata</i>	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-
<i>Hemectyon ferox</i>	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Homotrema rubrum</i>	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
<i>Iciligorgia schrammi</i>	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Iotrochota birotulata</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Ircina campana</i>	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ircina fasciculata</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ircina strobilina</i>	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Isophyllia sinuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Isophyllastrea rigida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Jania sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Leucosolenia canariensis</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Lobophora variegata</i>	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-
<i>Madracis decactis</i>	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Madracis mirabilis</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Manicina areolata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Meandrina meandrites</i>	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-
<i>Millepora alcicornis</i>	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Millepora complanata</i>	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+
<i>Montastrea annularis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 1 (Continuación)...

ESPECIES	C	C	C	C	P	P	P	M	M	A
	O	H	H	H	A	A	A	A	A	A
	L	E	A	A	L	L	L	J	J	U
	O	M	N	N	A	A	A	A	A	M
	M	U	K	K	N	N	N	H	H	A
	B	Y	A	A	C	C	C	U	U	L
	I	I	N	N	A	A	A	A	A	8
	A	L	A	A	R	R	R	L	L	m
	6	22	A	A	16	17	27	1	6	
	m	-	B	B	-	-	m	-	-	
	27	6	30	20	22		6	7		
	m	m	m	m	m		m	m		
<i>Montastrea cavernosa</i>	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-
<i>Muricea muricata</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Mussa angulosa</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Muriceopsis flavida</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
<i>Mycale laevis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Mycale sp.</i>	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Mycetophyllia aliciae</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Mycetophyllia danaana</i>	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-
<i>Mycetophyllia ferox</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Nemaster rubiginosa</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neofibularia nolitangere</i>	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Palythoa caribaeorum</i>	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+
<i>Pandaros acanthifolium</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Panulirus guttatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Penicillus capitatus</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Penicillus dumetosus</i>	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>Plexaura flexuosa</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Plexaura homomalla</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Plexaurella dichotoma</i>	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Plexaurella grisea</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Plexaurella porosa</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Porites astreoides</i>	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Porites divaricata</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+
<i>Porites furcata</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+
<i>Porites porites</i>	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+
<i>Pseudoplexaurella porosa</i>	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Pseudopterogorgia americana</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Pseudopterogorgia bipinnata</i>	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+
<i>Rhypocephalus phoenix</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Sargassum sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Scheciospongia sp.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sertulariella speciosa</i>	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Siderastrea radians</i>	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Siderastrea siderea</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+

Tabla 1 (Continuación)...

ESPECIES	C	C	C	C	P	P	P	M	M	A
	O	H	H	H	A	A	A	A	A	K
	L	E	A	A	L	L	L	J	J	U
	O	M	N	N	A	A	A	A	A	M
	M	U	K	K	N	N	N	H	H	A
	B	Y	A	A	C	C	C	U	U	L
	I	I	N	N	A	A	A	A	A	8
	A	L	A	A	R	R	R	L	L	m
	6	22	A	A	16	17	27	1	6	
	m	-	B	B	-	-	m	-	-	
	27	6	30	20	22		6	7		
	m	m	m	m	m		m	m		
<i>Siphodictyon coralliphagum</i>	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Solenastrea bournoni</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spinosella vaginalis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanocoenia michelinii</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
<i>Stromatospongia norae</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Stromatospongia vermicola</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Tedania ignis</i>	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Tethya sp.</i>	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>Turbinaria turbinata</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Udotea cyathiformis</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Udotea spinulosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Ulosa hispida</i>	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Valonia macrophysa</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Valonia ventricosa</i>	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Verongia fistularis</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Verongia longissima</i>	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Verongia sp.</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Xestospongia muta</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Xestospongia sp.</i>	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Zoanthus sociatus</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+