

# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**

## PATRONES ESTRUCTURALES DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA ARRECIFAL DE BANCO CHINCHORRO, MÉXICO.

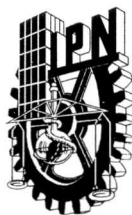
---

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

José Manuel Borges-Souza

LA PAZ, BSC ABRIL DE 2010



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 19 del mes de Mayo del 2010 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 titulada:

**“PATRONES ESTRUCTURALES DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA  
ARRECIFAL DE BANCO CHINCHORRO, MÉXICO”**

Presentada por el alumno:

**BORGES**

Apellido paterno

**SOUZA**

materno

**JOSÉ MANUEL**

nombre(s)

Con registro:

B	0	6	1	1	4	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS**

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

#### LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis

DR. ERNESTO AARÓN CHÁVEZ ORTIZ

DR. DANIEL LLUCH BELDA

DR. PABLO DEL MONTE LUNA

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ

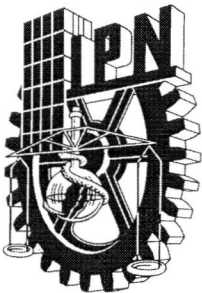
DR. HÉCTOR REYES BONILLA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN  
CICIMAR  
DIRECCION



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 31 del mes Mayo del año 2010  
el (la) que suscribe MC. JOSÉ MANUEL BORGES SOUZA alumno(a) del  
Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS  
con número de registro B061145 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:

“PATRONES ESTRUCTURALES DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA

ARRECIFAL DE BANCO CHINCHORRO, 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. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jborges@ipn.mx - echavez@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
MC. JOSÉ MANUEL BORGES SOUZA

*nombre y firma*

## Contenido

Índice de Figuras.-----	iv
Índice de tablas.-----	vii
Resumen.-----	1
Abstract.-----	4
Introducción. -----	6
Estructura de la comunidad. -----	9
Banco Chinchorro.-----	12
Características físicas.-----	13
Antecedentes. -----	16
Área de estudio.-----	19
Justificación. -----	22
Hipótesis. -----	22
Objetivo -----	23
Metas -----	23
Metodología-----	24
Transecto fotográfico-----	25
Análisis de fototransectos.-----	28
Análisis de la Comunidad. -----	29
Resultados -----	32
Caracterización general. -----	36
Riqueza específica total. -----	38
Dominancia por zonas. -----	39
Caracterización del hábitat. -----	40
Composición de especies de cada zona-----	44
Cobertura por zona-----	49
Densidad por grupo taxonómico. -----	51
Composición específica por profundidad-----	53
Cobertura por profundidad.-----	54

Composición específica sotavento y barlovento.....	55
Cobertura barlovento y sotavento.....	56
Patrones estructurales.....	57
Espectro de diversidad por zona.....	61
Diversidad taxonómica entre zonas.....	63
Discusión.....	66
Conclusiones.....	70
Bibliografía.....	72
ANEXOS.....	A

## Índice de Figuras.

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE LOS ARRECIFES DE CORAL. TOMADO DE BUDDEMEIER, ET AL, 2004 -----	8
FIGURA 2. ÁREA DE ESTUDIO. MAPA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA BANCO CHINCHORRO, TOMADO DE POSADA ET. AL., 2005-----	21
FIGURA 3. PUNTOS DE MUESTREO Y ZONAS CATEGORIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA ARRECIFAL DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA BANCO CHINCHORRO. MAPA TOMADO DE POSADA ET. AL., 2005-----	27
FIGURA 4.- CURVA ACUMULADA DE ESPECIE PARA EL TOTAL DE MUESTRAS, MODELO NO LINEAL DE CLENCH, INVENTARIO CONFIABLE 0.03, CON EL 90% DE LA VARIACIÓN DE LA ABUNDANCIA EXPLICADA AL 95% DE CONFIANZA -----	33
FIGURA 5: DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA AGRUPADO CON EL ÍNDICE DE SIMILITUD DE BRAY- CURTIS, MATRIZ TIPO Q, CON AGLOMERACIÓN SIMPLE. PARA LA ZONACIÓN DE LAS ÁREAS DE ANÁLISIS Z1 (LAGUNA BARLOVENTO SUR), Z2 (TALUD BARLOVENTO SUR), Z3 (LAGUNA BARLOVENTO NORTE), Z4 (TALUD SOTAVENTO SUR), Z5 (LAGUNA SOTAVENTO NORTE), Z6 (TALUD SOTAVENTO NORTE), Z7 (LAGUNA SOTAVENTO SUR), Z8 (PUNTA SUR), Z9 (TALUD BARLOVENTO NORTE -----	34
FIGURA 6. MAPA DE ZONAS CATEGORIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA ARRECIFAL DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA BANCO CHINCHORRO (LOS POLÍGONOS SOLO SON REFERENCIA). MAPA TOMADO DE POSADA ET. AL., 2005 -----	35
FIGURA 7. ABUNDANCIA TOTAL, LAS 24 ESPECIES PRESENTES EN LA GRAFICA APORTAN EL 66% DE LA ABUNDANCIA TOTAL DE BANCO CHINCHORRO -----	37
FIGURA 12. ABUNDANCIA POR ZONAS REPRESENTADAS POR LAS 16 ESPECIES MÁS ABUNDANTES, A) LAGUNA BARLOVENTO NORTE, B) LAGUNA SOTAVENTO NORTE, C) TALUD BARLOVENTO NORTE, D) TALUD SOTAVENTO NORTE. -----	45
FIGURA 13. ABUNDANCIA POR ZONAS REPRESENTADAS POR LAS 16 ESPECIES MÁS ABUNDANTES, E) LAGUNA BARLOVENTO SUR, F) LAGUNA SOTAVENTO SUR, G) TALUD BARLOVENTO SUR, H) TALUD SOTAVENTO SUR. -----	47
FIGURA 14. ABUNDANCIA POR ZONAS REPRESENTADAS POR LAS 16 ESPECIES MÁS ABUNDANTES, I) PUNTA SUR. -----	48

FIGURA 15. COBERTURA DE COMPONENTE VIVO Y “NO VIVO” POR ZONAS. LAGUNA BARLOVENTO NORTE (A); LAGUNA SOTAVENTO NORTE (B); TALUD SOTAVENTO NORTE (C); PUNTA SUR (D); TALUD BARLOVENTO SUR (E); LAGUNA SOTAVENTO SUR (F); LAGUNA BARLOVENTO SUR (G); TALUD SOTAVENTO SUR (H) Y TALUD BARLOVENTO NORTE (I). -----	50
FIGURA 16. DENSIDAD POR GRUPO TAXONÓMICO Y AMBIENTE DE 19M <sup>2</sup> DE ARRECIFE POR ZONA. -----	52
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA POR ESTRATO DE PROFUNDIDAD, SOMERO Y PROFUNDO. REPRESENTADAS POR LAS 16 ESPECIES MÁS ABUNDANTES. -----	54
FIGURA 18. COBERTURA DE COMPONENTE VIVO Y “NO VIVO” POR PROFUNDIDAD. -----	55
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA EN LA SECCIÓN DE BARLOVENTO Y SOTAVENTO, REPRESENTADA POR LAS 16 ESPECIES MÁS ABUNDANTES. -----	56
FIGURA 20. COBERTURA DEL COMPONENTE VIVO EN LA SECCIÓN BARLOVENTO Y SOTAVENTO. -----	57
FIGURA 21.- ANÁLISIS DE AFINIDAD POR ZONA ESTRATIFICADA. [TSSP) TALUD SOTAVENTO SUR PROFUNDO, TBNP) TALUD BARLOVENTO NORTE PROFUNDO, SURP) PUNTA SUR PROFUNDO, TBSP) TALUD BARLOVENTO SUR PROFUNDO, TSSs) TALUD SOTAVENTO SUR SOMERO, LBNS) LAGUNA BARLOVENTO NORTE SOMERO, SURs) PUNTA SUR SOMERO, TBNs) TALUD BARLOVENTO NORTE SOMERO, TSNP) TALUD SOTAVENTO NORTE PROFUNDO, TSNs) TALUD SOTAVENTO NORTE SOMERO, TBSS) TALUD BARLOVENTO SUR SOMERO, LSSs) LAGUNA SOTAVENTO SUR SOMERO, LBSs) LAGUNA BARLOVENTO SUR SOMERO, LSNs) LAGUNA SOTAVENTO NORTE SOMERO. -----	59
FIGURA 22.- COMPARACIÓN DEL ESPECTRO DE DIVERSIDAD ENTRE ZONAS. TBS (TALUD BARLOVENTO SUR), LBS (LAGUNA BARLOVENTO SUR), TSS (TALUD SOTAVENTO SUR), LSN (LAGUNA SOTAVENTO NORTE), LSS (LAGUNA SOTAVENTO SUR), SUR (PUNTA SUR), TBN (TALUD BARLOVENTO NORTE), TSN (TALUD SOTAVENTO NORTE), LBN (LAGUNA BARLOVENTO NORTE). -----	62
FIGURA 23.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TAXONÓMICA DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA ARRECIFAL CONSPICUA. PROMEDIO DE LA DIFERENCIA TAXONÓMICA ( $\Delta+$ ). GRAFICA DE FUNNEL, LA LÍNEA PUNTEADA DEL GRAFICO INDICA LA MEDIA DE $\Delta+$ Y LA LÍNEA CONTINUA EL 95% DE LOS VALORES SIMULADOS DE $\Delta+$ . [TSSP) TALUD SOTAVENTO SUR PROFUNDO, TBNP) TALUD BARLOVENTO NORTE PROFUNDO, SURP) PUNTA SUR	

PROFUNDO, TBSP) TALUD BARLOVENTO SUR PROFUNDO, TSSs) TALUD SOTAVENTO SUR SOMERO, LBNS) LAGUNA BARLOVENTO NORTE SOMERO, SURs) PUNTA SUR SOMERO, TBNS) TALUD BARLOVENTO NORTE SOMERO, TSNP) TALUD SOTAVENTO NORTE PROFUNDO, TSNS) TALUD SOTAVENTO NORTE SOMERO, TBSs) TALUD BARLOVENTO SUR SOMERO, LSSs) LAGUNA SOTAVENTO SUR SOMERO, LBSs) LAGUNA BARLOVENTO SUR SOMERO, LSNS) LAGUNA SOTAVENTO NORTE SOMERO]. -----64

FIGURA 24.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TAXONÓMICA. VARIACIÓN DE LA DIFERENCIA TAXONÓMICA ( $\Lambda^+$ ). GRAFICA DE FUNNEL, LA LÍNEA PUNTEADA DEL GRAFICO INDICA LA MEDIA DE  $\Lambda^+$  Y LA LÍNEA CONTINUA EL 95% DE LOS VALORES SIMULADOS DE  $\Lambda^+$ . [TSSP) TALUD SOTAVENTO SUR PROFUNDO, TBNP) TALUD BARLOVENTO NORTE PROFUNDO, SURP) PUNTA SUR PROFUNDO, TBSP) TALUD BARLOVENTO SUR PROFUNDO, TSSs) TALUD SOTAVENTO SUR SOMERO, LBNS) LAGUNA BARLOVENTO NORTE SOMERO, SURs) PUNTA SUR SOMERO, TBNS) TALUD BARLOVENTO NORTE SOMERO, TSNP) TALUD SOTAVENTO NORTE PROFUNDO, TSNS) TALUD SOTAVENTO NORTE SOMERO, TBSs) TALUD BARLOVENTO SUR SOMERO, LSSs) LAGUNA SOTAVENTO SUR SOMERO, LBSs) LAGUNA BARLOVENTO SUR SOMERO, LSNS) LAGUNA SOTAVENTO NORTE SOMERO].-----65



## Índice de tablas.

TABLA.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS AMBIENTES ARRECIFALES DE BANCO CHINCHORRO, ZONACIÓN (RFZW= REEF FLAT ZONE TO WINDWARD, FRW= FRONT REEF TO WINDWARD, FW= FORE REEF TO WINDWARD, DFRW= DEEP FORE REEF TO WINDWARD, WALL= PARED, RFZL= REEF FLAT ZONE TO LEEWARD, FRL= FRONT REEF TO LEEWARD, FL= FORE REEF TO LEEWARD, DFRL= DEEP FORE REEF TO LEEWARD); HÁBITATS (Pc= PARCHES COMPLEJOS, AL= ARENAL, PCL= PISO CALCÁREO, PP= PARCHES PEQUEÑOS, MC= MACIZOS Y CANALES, E= ESCOMBRO/PADECERÍA, PD= PARED, AP= ARENA PROFUNDA, PA= PARCHES DE ACROPORA Y PCO= PARCHES COMPLEJOS DE OCTOCORAL) TOMADO DE (INE-SEMARNAP, 2000).....	41
TABLA 2. MATRIZ DE SIMILITUD PARA LAS ZONAS DISPUESTAS POR ESTRATOS DE PROFUNDIDAD, USANDO LA SIMILITUD DE BRAY-CURTIS, PARA INTEGRAR EL ANÁLISIS DE AFINIDAD. ....	58
TABLA 3. ESTRUCTURA TAXONÓMICA DE BANCO CHINCHORRO, PROMEDIO DE LA DIFERENCIA TAXONÓMICA ( $\Delta+$ ) Y VARIACIÓN DE LA DIFERENCIA TAXONÓMICA ( $\Lambda+$ ).....	63

## Resumen.

La Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro tiene una superficie de 144,360ha, es un complejo arrecifal coralino clasificado como: falso atolón, atolón o arrecife de plataforma. El arrecife tiene forma elíptica irregular, el eje longitudinal es de 43.26 km y su eje transversal es de 18.03 km. Está rodeado en su totalidad por una barrera arrecifal de 115km de perímetro. La laguna arrecifal de aproximadamente 53,379ha, es somera con variaciones de profundidad que disminuye en dirección Sur-Norte. La mitad Sur se caracteriza por numerosos parches y cordilleras coralinas interiores. Se realizaron dos muestreos, en mayo y agosto del 2005, utilizando buceo autónomo, utilizando el método del transecto fotográfico. Se definieron 9 zonas representando todas las áreas importantes por su desarrollo arrecifal, siendo estas: 1) laguna a sotavento norte, 2) laguna a barlovento norte, 3) talud sotavento norte 4) talud barlovento norte, 5) laguna a sotavento sur, 6) laguna a barlovento sur, 7) talud sotavento sur, 8) talud barlovento sur y 9) sur. Se consideró la profundidad como un factor determinante en el cambio de estructura, por lo que las muestras fueron tomadas a estratos de 1 a 15m y de 15 a 35m de profundidad. Los resultados preliminares incluyen el análisis de la abundancia y cobertura relativa. Se identificaron 159 especies para el total del arrecife habiendo analizado 13,753 registros en aproximadamente 90 m<sup>2</sup> de substrato arrecifal. Las especies que dominan el arrecife son *Montastraea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Dictyota spp.* y *Halimeda spp.* La diversidad no fue mayor a 4 bit/individuo, el grupo taxonómico dominante fue hexacorales y macroalgas. La

riqueza específica por zonas nos permitió observar que el sur presenta la mayor riqueza, con máximos de 96 especies, mientras que el norte es más pobre con un mínimo de 51 especies. Se elaboro una curva de abundancia con la función de Clench, para el total de las muestras y por zonas para determinar si la muestra representaba es representativa y se determino que en todos los caso representan más del 78% de la abundancia. El espectro de diversidad para estas zonas, nos indica que la zona laguna a barlovento norte y la zona al sur son menos diversas, mientras que el resto mantiene niveles de diversidad muy similares. Los grupos que dominan la zona somera del arrecife son macroalgas con 30% y hexacorales con 29%, con alto porcentaje de arena, y coral muerto 14%. En la zona profunda encontramos el mismo patrón en la cobertura con ligeras diferencias, 25% de macroalgas, 20% de hexacorales y 19% de arena y coral muerto; cabe señalar que en esta sección las esponjas incrementaron considerablemente su cobertura con un 13%. En el análisis de componentes principales notamos claramente que el talud de barlovento y sotavento son muy diferentes estructuralmente. De manera general por zonas los grupos más importantes siguen siendo macroalgas y hexacorales con pequeñas diferencias tanto en cobertura, abundancia y diversidad. Especies representantes de los géneros *Montastraea*, *Agaricia*, *Porites*, *Dictyota*, *Halimeda* *Pseudoplaxurella*, *Gorgonia*, *Agelas* y especies *Siderastrea siderea*, *Turbinaria turbinata*, *Pseudoterogorgia bipinata* son algunas de las especies que dominan el arrecife en todos sus márgenes. Es evidente que existe un patrón diferencial en la estructura y composición del arrecife aunque en muchos casos son diferencias ligeras estas son marcadamente claras. El principal efecto en el cambio estructural

nos lo proporciona la comparación entre profundidades, aunque vemos que de sur a norte el desarrollo diferencial del arrecife nos estos cambios también son evidentes.

## Abstract.

Chinchorro Bank Reef has an area of 144.360 ha, is a complex coral reef classified as false atoll, atoll or reef platform. The reef is elliptical irregular, the longitudinal axis is 43.26 km and its transverse axis is 18.03 km. It is entirely surrounded by a barrier reef of 115 km perimeter. The reef lagoon of about 53.379 ha, shallow depth with variations decreasing south-north direction. The southern half is characterized by many coral patches and ridges inland. Two samplings were conducted in May and August 2005 using scuba diving, apply photo transects methods. Nine zones were defined to represent all important areas for its reef development, these being: 1) northern leeward lagoon, 2) north windward lagoon, 3) northern leeward slope 4) north windward slope, 5) leeward south, 6) lake windward south, 7) leeward slope south, 8) windward slope south and 9) south. Depth was considered as a factor in the change in structure, so that samples were taken in layers from 1 to 15 m and 15 to 35 m deep. The results include the analysis of relative abundance and coverage. 159 species were identified for the total of 13.753 records having analyzed reef at around 90 m<sup>2</sup> of reef substrate. The species that dominate the reef are *Montastraea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Dictyota spp.* and *Halimeda spp.* The diversity was not higher than 4 bit/individual, the dominant taxa was hexacorals and macroalgae. The zonal richness allowed us to observe that the South has the highest richness, with peaks of 96 species, while the north is poorer with a minimum of 51 species. Was elaborated abundance curve with the Clench function for the total sample and the zone to determine if the sample is

representative and represented it was determined that in all cases represent over 78% of abundance. The spectrum of diversity for these areas shows that the lagoon area to windward north and south zone are less diverse, while the rest remains very similar levels of diversity. The groups that dominate the shallow reef zone are macroalgae and hexacorals with 30% and with 29%, with high percentages of sand and dead coral 14%. In the deep zone we find the same pattern with slightly different coverage, 25% of macroalgae, 20% of hexacorals and 19% sand and dead coral, it is noted in this section sponges significantly increased its coverage by 13%. In the principal component analysis clearly noticed the windward and leeward slope are very different structurally. Generally for the most important areas remain hexacorals with macroalgae and small differences in coverage, abundance and diversity. Representatives of the genus species *Montastraea*, *Agaricia*, *Porites*, *Dictyota*, *Halimeda* *Pseudoplaxurella*, *Gorgonia*, and species *Siderastrea* *Agelas siderea*, *Turbinaria turbinata* *Pseudoterogorgia bipinata* are some species that dominate the reef in its margins. We find clearly different patterns in the structure and composition of the reef although in many cases, these slight differences are markedly clear. The main effect on structural change is provided by the comparison between depths, although we see that from south to north reef differential development of these changes we are also evident.

## Introducción.

El arrecife de coral es la expresión más avanzada de la evolución ecosistémica marina. Las formaciones que estos desarrollan son el resultado de un proceso de transformación del medio marino por corales y algas; dando como resultado desde simples estructuras discontinuas hasta inmensos complejos arrecifales formadores de islas; tienen su máximo desarrollo en condiciones relativamente estables siendo estas: temperatura superior a 20°C, salinidad marina promedio de 3.6%, poco sedimento suspendido, alta luminosidad, aguas oligotróficas, corrientes y oleajes relativamente fuertes. Estos factores físicos son determinantes para su formación (pequeños cambios en estos factores, influyen considerablemente en la estructura arrecifal) y el desarrollo de la compleja composición específica que constituye la comunidad bentónica. Considerando lo anterior encontramos que tres son los procesos físicos que pueden afectar la vida bentónica en la zona costera, siendo estos 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 biocenosis bentónica.

La acción de las olas erosiona y remueve el substrato arrecifal, como consecuencia, éstas producen cambios diversos en la biota. Moore (1958), menciona que la erosión y la remoción pueden afectar hasta 50 m de profundidad y desarrollar una presión máxima del oleaje de hasta 30 000 kg/m<sup>2</sup>. Una presión de este tipo es capaz de mover peñascos de gran tamaño y determina adaptaciones muy

específicas en los organismos que se desarrollan bajo estas condiciones (Vegas, 1980).

Las corrientes influyen en la vida bentónica transformando 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).

La entrada de energía desde otros sistemas es importante; el ecosistema coralino está adaptado a corrientes que le aportan material orgánico disuelto y particulado, originados en otros ecosistemas como: manglares, praderas de fanerógamas, sistemas pelágicos y terrestres. El arrecife actúa como un gran filtro para lo cual cuenta con diversas e ingeniosas estrategias de filtración activa y pasiva. Los productores primarios principales en los ecosistemas coralinos son las zooxantelas y las macroalgas. La productividad primaria bruta de estos sistemas está



entre las más altas del planeta, alcanzando los  $5 \text{ kg/C}\cdot\text{m}^{-2}$ , de los cuales unos  $3 \text{ kg/C}\cdot\text{m}^{-2}$  corresponden a las zooxantelas (Burke *et al*, 2005).

Evaluando la importancia de los factores que controlan la distribución de los arrecifes, podemos mencionar que los más importantes son la temperatura, la luz y la salinidad. Un factor esencial es la presencia de una buena plataforma de crecimiento. Wells en 1957 reconoce a la temperatura como el factor de mayor control ecológico en la distribución de los arrecifes de coral. Cabe notar que el desarrollo de los arrecifes coralinos está limitado al margen oriental de los continentes y latitudinalmente entre los  $35^\circ$  de latitud norte y  $35^\circ$  de latitud sur; es aquí, donde mejor se desarrollan. Figura 1. (Jones and Endean, 1977).

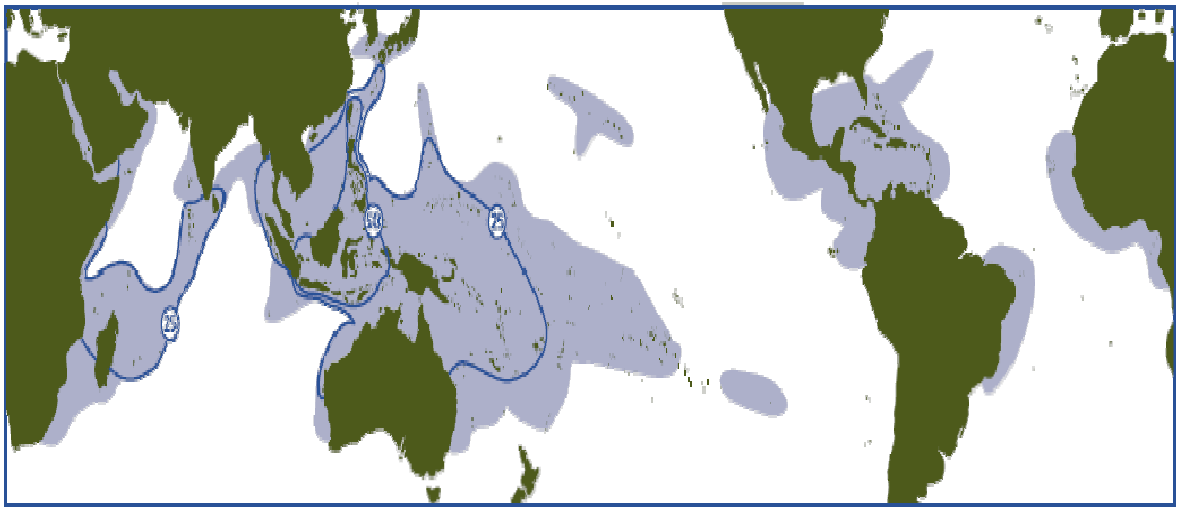


Figura 1. Distribución mundial de los arrecifes de coral. Tomado de Buddemeier, *et al*, 2004

## **Estructura de la comunidad.**

La estructura de la comunidad está determinada por la clase, número y distribución de los individuos que forman poblaciones. Esta misma está compuesta de tres atributos fundamentales: la composición de especies (abundancia, diversidad, dominancia, hábitat, nicho ecológico e indicadores ecológicos), la estratificación (vertical, horizontal) y los límites de la comunidad (ecotonos). La estructura física y biológica no es una característica estática de la comunidad, va cambiando en el tiempo y el espacio. Las fluctuaciones ambientales inciden en las tasas de mortalidad y natalidad de las especies, ocasionando variaciones en el patrón de diversidad y dominancia a lo largo del tiempo y del espacio, lo que origina cambios en la estructura comunitaria, tanto física como biológicamente.

La relación de los parámetros ecológicos -rango, abundancia, dispersión, equidad y diversidad- con la distribución geográfica, la estructura del hábitat; y la co-ocurrencia de las especies, son necesarias para determinar los patrones ecológicos. Estos patrones han sido usados en el pasado para evaluar el papel de los procesos ecológicos en las comunidades naturales. (Bell, *The interpretation of biological surveys*, 2003). Los análisis estadísticos de los inventarios biológicos, descubren a menudo fuertes y consistentes patrones, que permiten evaluar los mecanismos ecológicos en condiciones donde la experimentación no es práctica. En los últimos años, se ha demostrado que muchos de los patrones generales y documentados, son realmente generados por modelos de comunidad neutral, en que los individuos tienen las mismas propiedades demográficas (Bell, 2003; Hubbell, 2001).

La estructura de la comunidad ha sido definida como el complejo de individuos pertenecientes a diferentes especies en una comunidad biótica (Odum, 1962). La similitud generalizada en los patrones de distribución numérica de individuos y especies es una de las propiedades más importantes de los sistemas ecológicos (Odum, et al, 1960). La regularidad de la distribución de individuos por especie, ha sido descrita por diversas expresiones graficas y matemáticas, expresiones que representan el cambio entre especies e individuos en una comunidad biótica y son llamadas índices de diversidad (Odum, 1959). Por lo que la diversidad es equiparada con la cantidad de incertidumbre que existe con respecto a la especie de un individuo que es seleccionado al azar de una población (Pielou 1966).

Los registros fósiles de la histórica estructura comunitaria a gran escala en los arrecifes coralinos al final del Pleistoceno, indican que a través de los cientos de miles de años la estructura arrecifal se mantuvo muy estable, inclusive una dominancia similar a las de hoy en día. (Mesoella, 1968; Pandolfi, 1996; Goreau, 1959; Jackson, 1992). Las comunidades coralinas del pleistoceno han mostrado marcada persistencia en la estructura comunitaria y diversidad de especies, a través de decenas de miles de años. Los datos de estos registros fósiles documentan un alto grado de orden en las comunidades arrecifales en amplias escalas de tiempo y soportan la importancia de las influencias locales que determinan la estructura de la comunidad. Esta persistencia en los patrones estructurales de la comunidad, es determinada no solo por las especies más abundantes que representan una pequeña fracción de los taxa presentes (20%), sino también por las especies raras (Pandolfi, 2006).

La persistencia de los patrones generales en abundancia relativa a través del tiempo es debido a la consistente abundancia de las especies de coral que forman estructuras tridimensionales (*A. palmata*, *A. cervicornis*, *D. strigosa*, y miembros del complejo *Montastraea*), estas especies se caracterizan por altas tasas de crecimiento vertical y por la amplia cobertura que ocupan a lo largo del substrato. Desarrollándose organismos robustos en zonas someras donde prevalece alta radiación lumínica, fuerte energía del oleaje y corrientes; la importancia de estas especies para los patrones estructurales de la comunidad coralina del Caribe ha persistido por mucho tiempo (Pandolfi, 2006).

Los arrecifes coralinos del Caribe datan de hace 5,000 a 12,000 años, comenzando su desarrollo actual después de la última glaciación, 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 denominada “**Sistema Arrecifal Mesoamericano**”, que se distribuye, del 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).

## **Banco Chinchorro.**

Debido a su ubicación en el extremo sureste de la Península de Yucatán, la historia geológica del arrecife Banco Chinchorro inicia con la formación de masas rocosas constituidas de calizas que datan del Mesozoico, en particular del Cretácico, época en la que ocurrieron una serie de movimientos sucesivos de levantamiento y hundimiento, que resultaron en la formación de la Plataforma Yucateca (Cabrera, 1998. In INE-SEMARNAP, 2000). El arrecife Banco Chinchorro está apoyado sobre una cordillera submarina, en la cual se encuentran también las islas Turneffe y el arrecife Lighthouse en Belice, las cuales se originaron con la lenta subsidencia de la placa cárstica durante el Cretácico e inicios del Terciario (Dillon y Vedder, 1973; In INE-SEMARNAP, 2000).

La laguna arrecifal de Banco Chinchorro está sometida a un proceso activo de relleno por sedimentos provenientes del margen oriental. El substrato de los cayos es de rocas calizas sedimentarias que conforman suelos de tipo litoral, representados por depósitos de arena fina y gruesa, constituidos principalmente por fragmentos de coral, algas calcáreas espículas de equinodermos, moluscos ostrácodos, briozoarios y esponjas. En cayo centro los suelos son de tipo lacustre, son sedimentos de lodos finos y arena, el mismo tipo se presenta en la laguna interior de cayo norte (INE-SEMARNAP, 2000).

El cambio gradual en la morfología general y estructura arrecifal a lo largo del eje mayor de Banco Chinchorro, es la característica más interesante y parece estar relacionada al gradiente general de profundidad; el efecto de este cambio gradual y

extenso, establece la posibilidad de que la variabilidad de la estructura arrecifal esté relacionada con la morfología impuesta por el substrato subyacente, así como por la exposición al efecto del oleaje en un gradiente de profundidad. En síntesis Banco Chinchorro tiene claras diferencias en las características morfológicas y formaciones arrecifales, tanto en el margen oriental al occidental, como de norte a sur (Jordán y Martín, 1987).

### **Características físicas.**

Sobre la costa oeste de la Península de Yucatán, se localiza un importante sistema arrecifal de 600 km de largo aproximadamente, que incluye los arrecifes de barrera de la costa de Belice, los arrecifes de franja fuera de la costa de Quintana Roo, los arrecifes marginales de Isla Cozumel y Banco Arrowsmith y plataformas aisladas como Glovers Reef, Lighthouse, Islas Turneffe y Banco Chinchorro. Se presentan fluctuaciones de temperatura y salinidad a lo largo del año influenciados principalmente por la temporada de lluvias y secas ( $27^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ;  $36\text{psu} \pm 1\text{psu}$ . respectivamente); aunque esta variación es marcada a lo largo del año, no se observa estratificación significativa, esto se debe al efecto del viento sobre la superficie poco profunda que propicia una eficiente capa de mezcla principalmente en la laguna arrecifal (Navarrete, 2003). El sur de Banco Chichorro se ve afectado por la corriente del Caribe que fluye hacia el norte, siendo el vehículo principal del transporte en la región. Este flujo de agua determina la acumulación de sedimento en la laguna arrecifal, y que va de sur a norte, hacia Cayo Norte, propiciando que esta porción del arrecife sea la más somera y con menor cantidad de especies de corales

(Chávez y Hidalgo, 1984; Gischler y Lomando, 1999). Este proceso de acumulación de sedimento en zona norte representa la parte más antigua en la evolución de corales en Banco Chinchorro, mientras Cayo Lobos e Isla Che, las aéreas más nuevas, caracterizada por fondos profundos, abundantes parches de coral, aguas claras y sedimentos gruesos (Chávez y Hidalgo, 1984).

El borde de Banco Chinchorro hacia el margen orientado emerge de 0.1 a 0.4 m, mientras que en el margen occidental es de 1 a 2m de profundidad. Sobre el primero existen dos canales de acceso a la laguna, “El Quebrado” y “Boca Chica”; en el segundo se presentan algunas entradas, hechas por interrupciones de la cresta arrecifal, que permiten fácilmente la entrada. Las principales características batimétricas de la laguna son el gradiente de profundidad de norte a sur (1-10m) y diversos canales existentes entre las formaciones coralinas que en algunos casos permiten la navegación de embarcaciones de poco calado, en especial en la parte sur y noroeste de Cayo Norte (INE-SEMARNAP, 2000).

Es evidente que el piso oceánico es menos inclinado y más amplio fuera del margen oriental que del occidental, donde alcanza grandes profundidades a poca distancia de la cresta arrecifal, sin embargo en la isobata de 60m, la pendiente se hace más pronunciada, hasta formar pendientes casi verticales. En los extremos norte y sur del margen oriental, el piso oceánico se comporta de manera similar, presentando una pendiente suave a partir de la cresta arrecifal hasta la isobata de los 30m y que se extiende cerca de un kilómetro hacia mar abierto, seguida de una terraza más corta con pendiente ligeramente más inclinada hasta la isobata de los 47m y una última terraza de aproximadamente 300m de extensión hasta la isobata

de 60 m. Hacia la parte central, a la latitud de cayo Centro la terraza se extiende más de dos kilómetros con pendiente suave hasta la isobata de 30m, y un talud vertical después de los 60 m de profundidad. En el margen occidental la disposición de las terrazas es similar pero con una mayor inclinación (INE-SEMARNAP, 2000).

Actualmente los esfuerzos dirigidos al manejo y conservación de la reserva ha permitido tener un mejor conocimiento de la biodiversidad; los inventarios faunísticos y florísticos que se tenían eran parciales y cada vez estos se han ido completando o al menos incrementando. A la creación de la reserva, se tenía poco conocimiento de la composición del zooplancton, fitoplancton, microzoobentos y microfitobentos, muy escaso conocimiento de otros grupos taxonómicos de los cuales no se tienen registros; tal es el caso de los equinodermos, medusas, anémonas, arácnidos, insectos y mamíferos. Los primeros estudios datan de 1839, cuando Barnett cartografió el arrecife, aunque su trabajo fue publicado hasta 1850 (Stoddart, 1969). En 1842 Darwin lo cataloga como un falso atolón, en sus memorias menciona un arrecife ubicado entre Isla Cozumel e Islas Turneffe, posiblemente se refería a Banco Chinchorro y era llamado "*Triángulos del Norte*". Más de un siglo después, Chávez e Hidalgo en 1984 hicieron levantamiento batimétrico y caracterización de la biota en Banco Chinchorro. Jordán y Martín, lo denominaron en 1987 como un arrecife de plataforma y caracterizaron la fauna íctica y bentónica. Garduño en 1988 estudio la distribución íctio-faunística asociada a los arrecifes de Caribe Mexicano donde se incluyó Banco Chinchorro (INE-SEMARNAP, 2000).



## Antecedentes.

Los métodos de muestreo que utilizan fotografía y video submarino cada vez son más frecuentes, esto ha permitido que cada vez con más frecuencia sean evaluados y comparados estadísticamente con los métodos tradicionales, de manera que podamos establecer el nivel de variabilidad con que se trabaja (Bohnsack, 1979; Fenner, 1988) El método de fototransecto es confiable para describir los hábitat arrecifales, de manera que se han establecido diferentes esfuerzos de muestreo, una distribución de nueve puntos al azar estratificados por metro cuadrado provee de un máximo error de 1.5% de la cobertura con un 95% de confianza (Dumas et. al., 2009; McField *et al.*, 2001; Naumann et. al. 2009; Sullivan & Chiappone, 1992; Shumway et. al., 2007; Kholer et. al., 2006).

La riqueza de especies, la abundancia relativa y la heterogeneidad de su distribución espacial es el objetivo principal de la ecología de comunidades, la integración, de estos atributos permite establecer tres patrones generales relacionados con la diversidad de especies, la relación especie-área que es el patrón mas ampliamente analizado y se refiere a la aumento del numero de especies conforme se incrementa el área muestreada. La relación especie-dominancia en la cual la riqueza de especies disminuye cuando aumenta la dominancia de un área determinada. Y la relación especie-agregación, que nos indica que existirá alta riqueza de especies en un área determinada, siempre y cuando las especies se distribuyan mas regularmente en la comunidad (He &.Legendre, 2002). Lo que nos

permite establecer, las diferencias estructurales en la organización comunitaria se encuentra determinado por diferencias en la distribución de la abundancia de especies que conforman la comunidad (Loreau, 1992; Keeley, 2003).

La diversidad de especies es una función del número de especies presentes y la equidad con que los individuos se distribuyen, considerar que con solo describir la diversidad con un solo indicador es suficientemente adecuado para describir la estructura de especies es un error en el que se cae comúnmente, el uso del índice de diversidad de Shannon es sensible al esfuerzo de muestreo y a las especies raras, de ahí que sea importante considerar el uso integrado de varios indicadores de diversidad, y combinándolos se puede obtener una mejor aproximación a la diversidad de una área dada (Hurlbert, 1971).

La diversidad presenta importantes tendencias y es indicadora en forma activa de la organización de la comunidad coralina diversidad siendo más alta en los primeros 15 metros de profundidad y disminuyendo conforme aumenta la profundidad. Contrario a esta tendencia se ha registrado un aumento en la diversidad hacia bordes del acantilado arrecifal. (Porter, 1971). El uso de varios indicadores de diversidad favorece la descripción de la estructura comunitaria, muchos autores han usado los índices de diversidad taxonómicos como complemento de otros indicadores comúnmente utilizados para describir la estructura de las comunidades, examinando la relación de la riqueza de especies y la diferencia taxonómica, ha podido establecer una mejor perspectiva de la distribución y variación de la diversidad biológica (Allen et. al., 2009; Mouillot et. al., 2005; Heino et. al., 2005; Bak

& Nieuwland, 1995; Bertrand et. al., 2006; Webb, 2000; Crame, 2001; Ricotta & Avena, 2003; Somerfield et. al., 2008 ).

En el arrecife banco Chinchorro, existen claras diferencias morfológicas en el desarrollo arrecifal de norte a sur, tanto en el margen de barlovento y sotavento como en la laguna. En el margen a barlovento la comunidad está caracterizada por la presencia valles (arena) y crestas (pequeñas cordilleras) con desarrollo arrecifal pobre. La mayor densidad de peces se encuentra relacionada con las zonas profundas y someras que tienen el mejor desarrollo arrecifal, las familias Haemulidae y Labridae son las más abundantes. (Jordán & Martin, 1987; Chávez et. al., 1985; Loreto et. al. 2003)

Glynn (1976), estudiando los factores físicos y biológicos ha establecido que la estructura de la comunidad coralina en el Pacífico de Panamá, esta fuertemente controlado por 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. Los patrones estructurales de la comunidad coralina son muy variados y dependen de las condiciones a la que cada comunidad arrecifal esta sometida, baja riqueza y abundancia es comúnmente encontrada en los frentes arrecifales del Caribe, la luz, la sedimentación y el régimen de olas, están fuertemente influenciados por la profundidad y afectan la zonación arrecifal (Jordán et. al., 1981; Liddell et. al., 1987; Jordán & Martin, 1987; Jordán, 1988; Wells, 1957; Odum, 1959; Chávez & Hidalgo 1988; Jordán, 1989; Horta-Puga & Carricart-Ganivet, 1993; Muñoz-Chagín *et al.*, 1993; Varona et. al., 2005; Pandolfi, 2006).

## 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. 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 semidiurno 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 3.56% a 3.67% (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 la costa 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. A lo largo de la costa podemos observar franjas arrecifales que la recorren intermitentemente y se encuentran en algunas ocasiones muy 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).

La Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro tiene una superficie de 144,360ha; que incluyen formaciones arrecifales, laguna arrecifal, Cayos Lobos, Centro y Norte y aguas oceánicas adyacentes. Es un complejo arrecifal coralino clasificado como: falso atolón (Darwin, 1842. *In* INE-SEMARNAP, 2000), atolón (Jordán y Martín, 1987) o arrecife de plataforma (Chávez, *et al.*, 1985). Se localiza al este de la costa del municipio Othón Pompeyo Blanco, en el estado de Quintana Roo, a 100km al norte de las Islas Turneffe y del arrecife Lighthouse en Belice. La Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro se encuentra en mar abierto, a 30.8 km del poblado costero de Mahahual, que es el punto continental más cercano y está separada de la costa por un canal de 1,000m de profundidad (UNEP/IUCN, 1988. *In* INE-SEMARNAP, 2000). Las coordenadas geográficas que la delimitan son: 18°48'44.24" N, 87°28'28.27" W; 18°48'46.03" N, 87°12'01.85" W; 18°21'39.10" N, 87°11'59.95" W; 18°21'37.36" N, 87°28'23.77" W.

El arrecife tiene forma elíptica irregular, el eje longitudinal es de 43.26km y su eje transversal es de 18.03km; en su parte más ancha. Está rodeado en su totalidad por una barrera arrecifal de 115km de perímetro (Jordán y Martín, 1987). El eje mayor está orientado de norte a sur en forma paralela a la costa de Quintana Roo. La laguna arrecifal de aproximadamente 53,379ha; es somera con variaciones de profundidad que disminuye en dirección sur-norte. La mitad sur se caracteriza por numerosos parches y cordilleras coralinas interiores. Algunas cordilleras alcanzan

3km de longitud y son paralelas al margen oriental del Banco. En la mitad norte no hay cordilleras y los parches se localizan principalmente al centro de la laguna (Jordán y Martín, 1987). Figura 2.

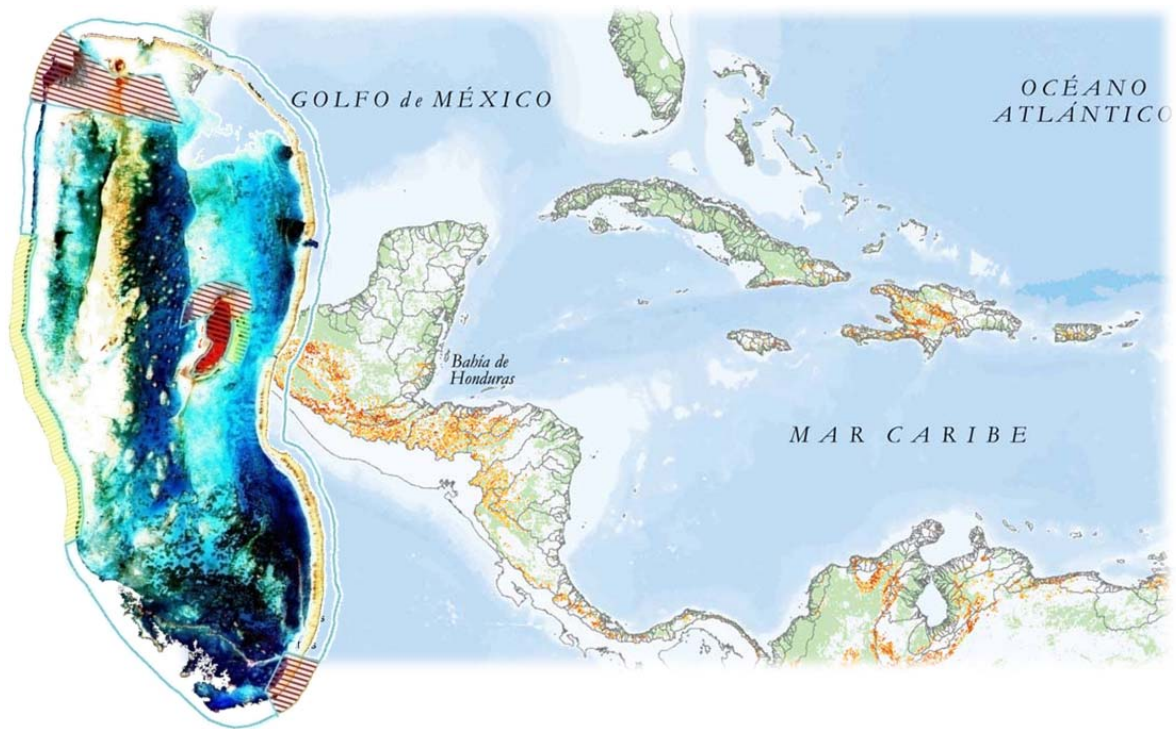


Figura 2. Área de estudio. Mapa de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, tomado de Posada et. al., 2005

## **Justificación.**

Teniendo en cuenta las consideraciones antes expuestas, la abundancia, densidad y cobertura de los componentes de la comunidad bentónica de banco Chinchorro nos permitirá obtener información de la composición específica, estructura arrecifal, cobertura por grupo taxonómico y por zona. Esto es importante para poder caracterizar el estado en que se encuentra la comunidad bentónica de Banco Chinchorro y poder comparar la información generada con otros estudios hechos en el área y en arrecifes similares.

## **Hipótesis.**

Los cambios en los patrones estructurales de la comunidad bentónica del arrecife Banco Chinchorro, están definidos por factores como la profundidad, corrientes y heterogeneidad de sus hábitats. Los cambios en la estructura de la comunidad coralina, en caso de ser detectados, no son significativos entre los hábitats ni entre las profundidades.

## Objetivo

Evaluar la estructura y composición específica de la comunidad bentónica del arrecife coralino Banco Chinchorro y determinar el estado actual de la diversidad biológica que lo conforma.

## Metas

1. Determinar cuantitativamente la composición y distribución de los principales componentes bentónicos, basándose en gradientes de profundidad y detectar patrones estructurales predominantes.
2. Evaluar la cobertura y densidad arrecifal por taxa (Hexacorales, Octocorales, Esponjas y Macroalgas) en la comunidad bentónica.
3. Comparación de las diferencias estructurales entre los hábitats situados a sotavento y barlovento y entre los intervalos de profundidad de 1-15m y de 15 a 35m.
4. Detectar los niveles de complejidad ecológica por zonas, como una herramienta para determinar las áreas de mayor importancia ecológica.



## Metodología

Básicamente los estudios concernientes a los sistemas arrecifales, son definidos por el análisis de su geometría interna y externa. Los arrecifes son topográficamente muy irregulares, con pináculos, crestas, túneles, valles y cavidades cerradas. Los organismos viven y se desarrollan en estas superficies y dentro de ellas, lo que permite una amplia diversidad de formas y tamaños en diferentes órdenes de magnitud. Los métodos usados son determinados por la naturaleza de los ambientes arrecifales principalmente por la energía del oleaje y las variaciones de la marea y todos han sido adaptaciones de técnicas estándar para el mapeo, granulometría, y determinación de parámetros físicos, entre otros. La distribución biótica puede estudiarse a diferentes escalas espaciales y taxonómicas, muchos de los problemas técnicos están referidos a la obtención y análisis de los datos recolectados (Stoddart, 1978).

Los métodos estándar de cuadrantes a lo largo de un transecto es ampliamente usado, el tamaño del cuadrante dependerá del tamaño y abundancia de los organismos a estudiar (Taylor, 1978). Los muestreos generales se definen dependiendo de los objetivos del estudio, siendo estos objetivos los que definen las estrategias y costos del muestreo. Dos tipos son los más reconocidos “los censos” los cuales nos ayudan a estimar atributos poblacionales, y “las evaluaciones generales” donde se reportan las condiciones generales del arrecife. Ambas estrategias pueden ser utilizadas simultáneamente, los altos niveles de abundancia, presentan un problema para el observador, dificultando el conteo de todos los

individuos en el área a muestrear, el presente trabajo utiliza los transectos fotográficos de manera que con el uso de la tecnología actual nos permita combinadamente ampliar la aproximación a un conteo más exacto de individuos y a su vez optimizar el tiempo y costo de los muestreos.

### **Transecto fotográfico**

El uso del transecto ha sido especialmente enfocado a la determinación de la estructura de la comunidad arrecifal, en términos de la composición específica, zonación y patrones de diversidad en diferentes áreas del arrecife. Desde la década de los 70s, el uso de fototransectos ha venido desarrollándose como un método eficiente y rápido para la obtención de datos (Ott, 1975; Laxton y Stablum, 1974), los cuales se han usado para la determinación de la cobertura y estructura arrecifal. El análisis de métodos de muestreo para comparar la eficiencia de los mismos ha podido establecer ventajas y desventajas, y el uso dependerá de los objetivos del muestro (Ohlhorst, 1988). Se ha demostrado que el uso del transecto fotográfico es un método más convincente para el estudio de comunidades bentónicas. Las ventajas del transecto fotográfico son: 1). menos tiempo de muestreo, 2). mayor número de muestras, 3). tener un registro permanente, 4). analizar los datos a detalle sin tener la restricción del limitado tiempo con que se cuenta bajo el agua y 5). Permite un estudio repetitivo (re muestreo).

En 2005 se tomaron transectos fotográficos a lo largo de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, perpendicularmente al sustrato, a una distancia de 1.20 m y aproximadamente 1 m entre cada fotografía, la distancia del sustrato a la cámara fue controlada con ayuda de un bastón fijado a la misma. A profundidades de 1 a 15m y de 15 a 35m, y en zonas situadas a barlovento y sotavento, utilizando buceo autónomo. Se obtuvieron 37 transectos fotográficos de 50 m de largo y con 30 fotografías cada uno. Datos de abundancia para cada localidad y datos de densidad y cobertura por grupo taxonómico (hexacorales, octocorales, esponjas y macroalgas) fueron considerados en cada fototransecto. Para facilitar su análisis los transectos fueron agrupados en nueve zonas, usando el siguiente criterio, longitudinalmente dos zonas, la sección norte y sur del arrecife. En cada sección se dividió la de la siguiente manera sección norte: Talud a barlovento, Talud a sotavento, con dos estratos de profundidad de 1 a 15m y de 16 a 35m -Z3 (Laguna barlovento norte), Z5 (Laguna sotavento norte), Z6 (Talud sotavento norte), Z9 (Talud barlovento norte)- La sección sur fue dividida de la misma manera -Z7 (Laguna sotavento sur, Z1 (Laguna barlovento sur), Z2 (Talud barlovento sur), Z4 (Talud sotavento sur), La punta sur del arrecife presenta mayor complejidad ambiental, debido a esto se considero importante separar la punta sur como una localidad independiente, al estar expuesta a fuerte oleaje y corrientes tendría diferencias en las condiciones de desarrollo arrecifal Z8 (Punta sur). Figura 3.

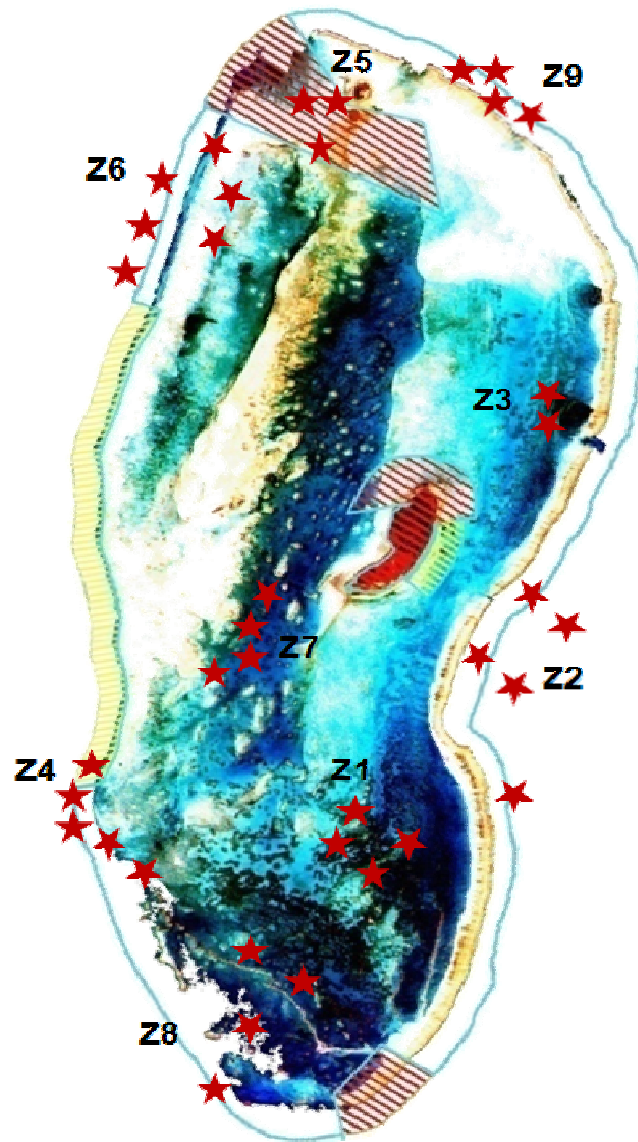


Figura 3. Puntos de muestreo y zonas categorizadas para el análisis de la comunidad bentónica arrecifal de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Mapa tomado de Posada et. al., 2005

## **Análisis de fototransectos.**

La fotografía y el video submarino han sido usados para incrementar la eficiencia en el análisis y monitoreo de la comunidad coralina. El método de conteo de puntos al azar es comúnmente usado en fotos y cuadros extraídos de video para estimar los atributos de la comunidad bentónica. Una matriz de puntos distribuidos al azar se sobreponen en la imagen y en las especies o tipo de substrato, cada punto es identificado visualmente. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe), es un programa basado en Visual Basic, que facilita y da rapidez al proceso analítico de puntos al azar. CPCe incluye una gama amplia de aplicaciones que facilitan el tratamiento y análisis de las fotografías. (Kolher, et. al., 2006). Con el uso de esta herramienta se determino la abundancia de las zonas antes mencionadas. Usando 31 puntos distribuidos al azar sobre la fotografía; con el apoyo de guías de identificación (Humann, 1993), se identificaron las especies conspicuas de cuatro grupos taxonómicos (hexacorales, octocorales, esponjas y algas). Posteriormente se calculo la cobertura por grupo taxonómico, y tomando en cuenta las características generales del hábitat para establecer la complejidad estructural de cada zona.

## Análisis de la Comunidad.

La descripción de la comunidad se realizó por medio del análisis del espectro de la diversidad evaluado mediante una curva acumulada basada en el índice de diversidad de Shannon y Weaver  $\mathcal{H} = -\sum \rho_i (\log_2 \rho_i)$  (Margalef, 1974). Y usando la diversidad taxonómica y diferencia taxonómica con ayuda del programa *SGBiodiv. V.1.2.1 2002. Desarrollado por: Sylvain Gaillard en el Laboratorio de Ecología de la Universidad de Montpellier, Francia* (Clarke y Warwick, 1995). Se calcula la equidad con el método de  $J'$  de Pielou  $J' = (\mathcal{H}' / \mathcal{H}'_{max})$ ; Pielou, 1966). Y la dominancia, a través de la análisis "simper" del programa Primer v 6.1., el cual determina el valor que aporta cada especie a la abundancia. Usando el promedio del índice de similitud o disimilitud de Bray-Curtis, entre grupo de muestras.

Con la finalidad de detectar los patrones predominantes de la comunidad bentónica para los arrecifes estudiados, se utilizarán procedimientos exploratorios de estadística multifactorial -principalmente análisis de clasificación numérica- en particular el análisis de dendrogramas y el análisis de componentes principales (Margalef, 1974); se hará uso del programa Primer V.6.1, y Past (Palaeontological Statistics) V.1.38, desarrollado por Hammer *et al.* 2001, que permite la aplicación de una amplia variedad de técnicas de análisis ecológico.

Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) es un método que permite estudiar la asociación entre dos o más variables cualitativas. ACM es usado para variables cualitativas, así como el análisis de Componentes principales se usa para variables cuantitativas. Se pueden obtener gráficos donde se observan visualmente

las distancias entre categorías de las variables cualitativas y las observaciones. El Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), también puede entenderse como una generalización del Análisis de Correspondencias (CA) para el caso en que hay más de dos variables. Si bien es posible resumir una tabla con  $n$  observaciones y  $p$  ( $p > 2$ ), las variables cualitativas en una tabla de contingencia es mucho más común en los ACM a partir de una matriz de observaciones/variables.

La generación de la tabla disyuntiva es, en todo caso, un paso preliminar de los cálculos de ACM. Las  $p$  variables cualitativas se desglosan en las tablas  $p$  disyuntiva  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ , integrado por todas las columnas de categorías en cada una de las variables. Cada vez que una contingencia  $C$  de la variable  $j$  se corresponde con una observación  $i$ , uno establece el valor de  $Z, (i,c)$  a 1. Los demás valores de  $Z$ , son iguales a cero. El  $p$  tablas de disyuntiva se concatenan en una tabla disyuntiva completa.

Una serie de transformaciones permite el cálculo de las coordenadas que categorizan las variables cualitativas, así como las coordenadas de las observaciones en un espacio de representación que es óptimo para un criterio basado en la inercia. En el caso de los ACM se puede demostrar que la inercia total es igual a la media de las categorías menos uno. La inercia no depende únicamente del grado de asociación entre las categorías. Greenacre (1993) propuso una versión modificada de la inercia, basado en el Análisis de Correspondencias (CA). Este ajuste nos permite tener mayor porcentaje significativo de los gráficos.

El análisis de subconjuntos de categorías es un método que ha sido recientemente desarrollado por Greenacre & Pardo (2006). Nos permite concentrar el análisis de algunas categorías solamente, mientras que aún teniendo en cuenta toda la información disponible en la tabla de entrada. Nos permita seleccionar las categorías que pertenecen al subgrupo.



## Resultados

De los 37 fototransectos que se tomaron durante las dos campañas de muestreo solo 28 fueron elegidos para el análisis de la comunidad bentónica, esto con el fin de mantener el mismo esfuerzo de muestreo en las 9 zonas en las que se dividió el arrecife, esto permite estadísticamente hacer comparables cada una de las zonas. En la laguna arrecifal ocho fototransectos se analizaron, cuatro al norte (dos a sotavento y dos a barlovento) y bajo el mismo criterio, cuatro fototransectos en el sur. Debido a la poca profundidad que existe en la laguna no se estratificaron los muestreos. En el talud se analizaron dieciséis fototransectos ocho a profundidades de 1 a 15 metros y ocho de 16 a 35 metros, usando el mismo criterio que en la laguna (8 al sur, 8 al norte y 8 a barlovento, 8 a sotavento).

Se analizaron previamente los 15 fotos de cada fototransecto para analizar la abundancia usando las curvas de acumulación con el modelo no lineal de Clench, este modelo nos permite conocer el nivel de confianza de nuestro inventario biológico (menor a 0.1= alta confiabilidad) y el porcentaje de la variación de la abundancia explicada (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Se elaboro una curva de abundancia acumulada de especies general, obteniendo un alto nivel de confianza (0.03), y teniendo un nivel de abundancia explicada del 90% (figura 4), esto nos ayudo a determinar el número de fotografías que se analizó en cada fototransecto.

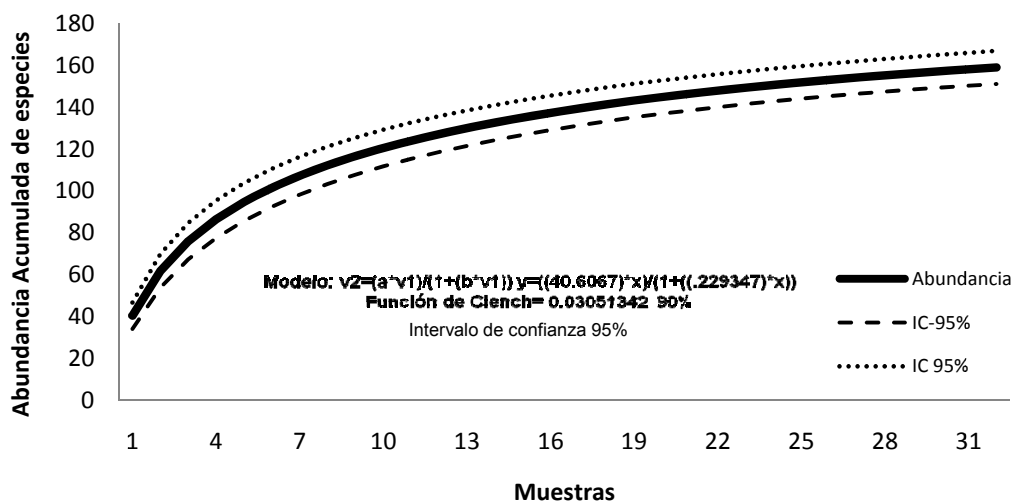


Figura 4.- Curva acumulada de especie para el total de muestras, modelo no lineal de Clench, inventario confiable 0.03, con el 90% de la variación de la abundancia explicada al 95% de confianza

Debido a la complejidad estructural y el tamaño del arrecife, fue necesario establecer estadísticamente si la división previa de la distribución del muestreo y las zonas asignadas para el análisis tenían sentido estadísticamente hablando. Para ello, se analizaron todos los fototransectos como un solo conjunto, usando el análisis de dendrogramas en un matriz general tipo Q, transformando los datos a una matriz similitud de Bray-Curtis, con aglomeración simple. El resultado obtenido de el análisis de dendrogramas nos permite observar que existe una clara agrupación que concuerda con la división previa de las zonas de muestreo, solo algunos transectos no se agrupan y esto es debido a la naturaleza estructural del arrecife, en la cual todas las localidades comparten especies que se distribuyen por todo el arrecife y en ambos estratos de profundidad. Figura 5. De manera que las zonas se distribuyeron como lo muestra la figura 6.

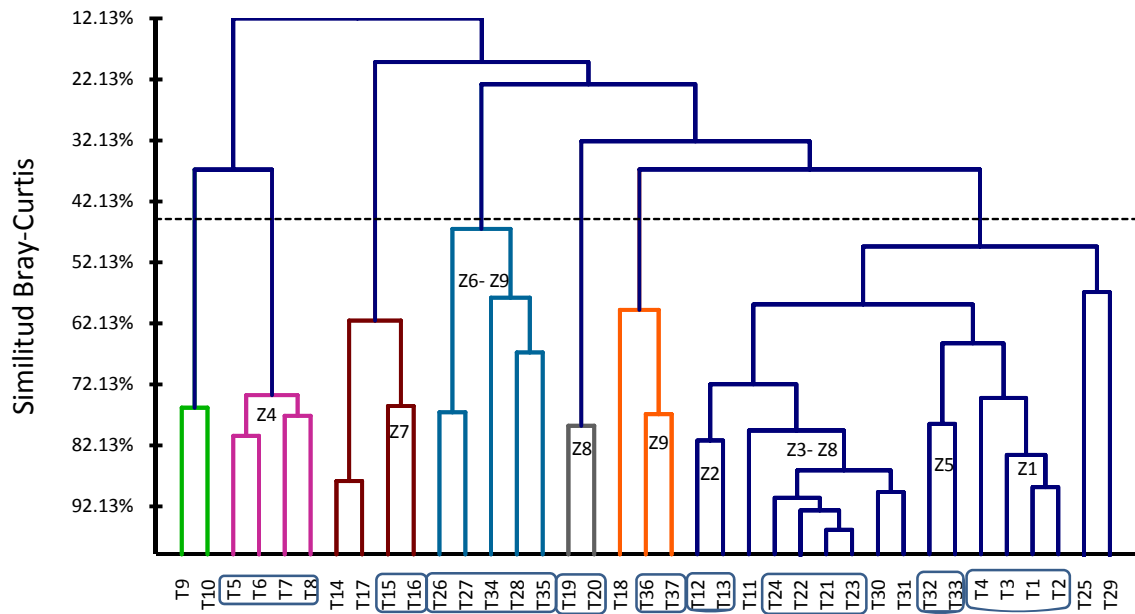


Figura 5: Distribución de la abundancia agrupada con el índice de similitud de Bray- Curtis, matriz tipo Q, con aglomeración simple. Para la zonación de las áreas de análisis Z1 (Laguna barlovento sur), Z2 (Talud barlovento sur), Z3 (Laguna barlovento norte), Z4 (Talud sotavento sur), Z5 (Laguna sotavento norte), Z6 (Talud sotavento norte), Z7 (Laguna sotavento sur), Z8 (Punta sur), Z9 (Talud barlovento norte)

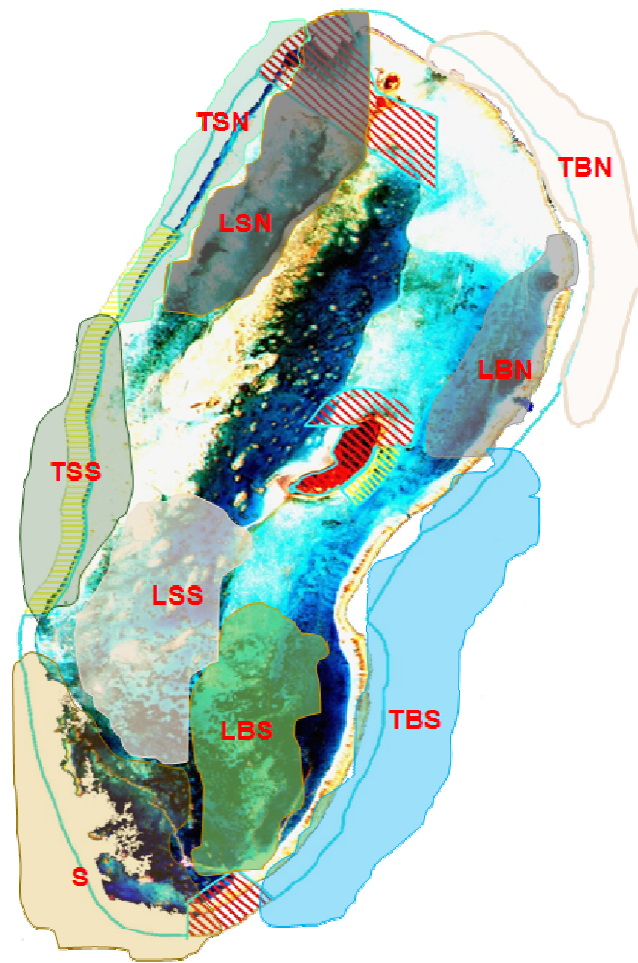


Figura 6. Mapa de zonas categorizadas para el análisis de la comunidad bentónica arrecifal de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (Los polígonos solo son referencia). Mapa tomado de Posada et. al., 2005

## Caracterización general.

Se analizó la composición específica y la abundancia de todas las zonas, se observó que las especies *Agaricia agaricite*, *Montastraea annularis*, *Siderastrea sidérea*, *Porites porites*, presentan una distribución generalizada, encontrándolos en la mayor parte del arrecife, aportan el 20% de la abundancia total. Siendo las principales formadoras de arrecife y la base estructural de los hábitats presentes en Banco Chinchorro. El género *Montastraea* y *Agaricia*, se desarrollan a lo largo del arrecife y sus variadas formas de crecimiento las hacen particularmente exitosas, pudiendo colonizar y aprovechar sustrato disponible, por lo menos en los primeros 30 metros de profundidad. Por ser relativamente somero, los géneros de algas *Halimeda* y *Turbinaria*, son de suma importancia en la competencia directa con los hexacorales, por el espacio disponible, por lo que su amplia distribución es indicador del cambio a dinámico que propicia el éxito de este grupo. Las veinticuatro especies presentes en la figura 7, componen el 66% de la abundancia total del arrecife Banco Chinchorro.

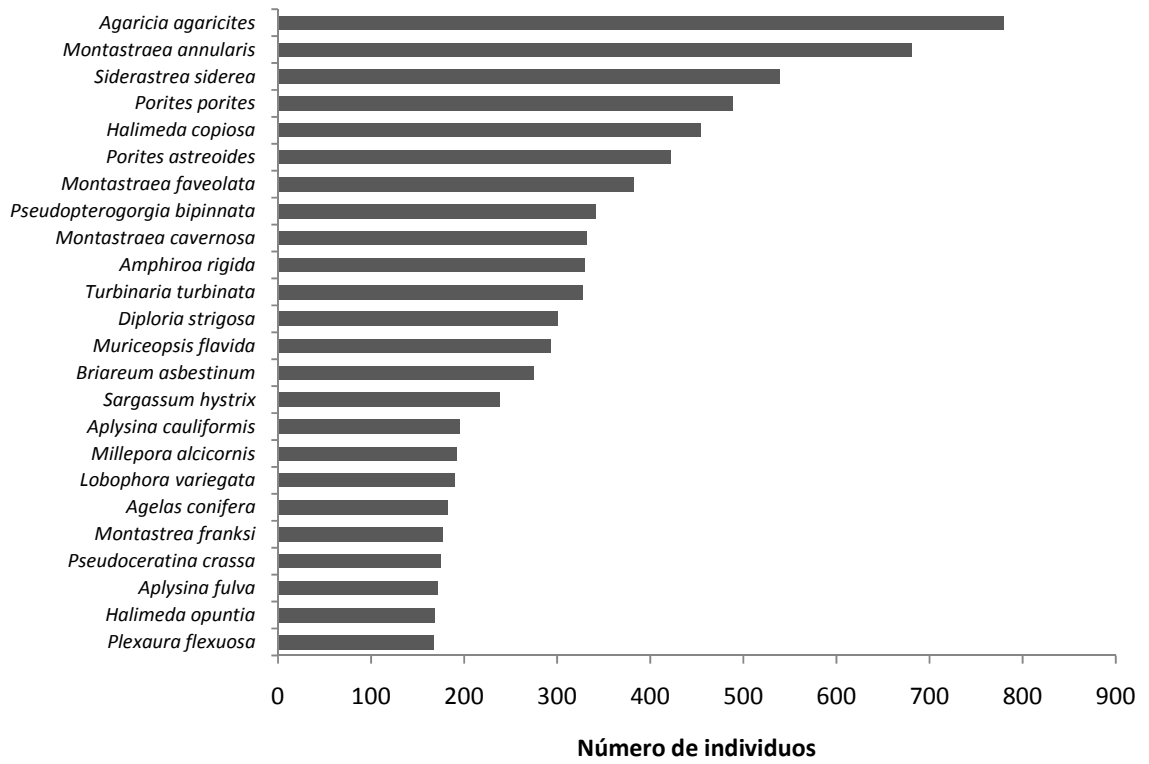
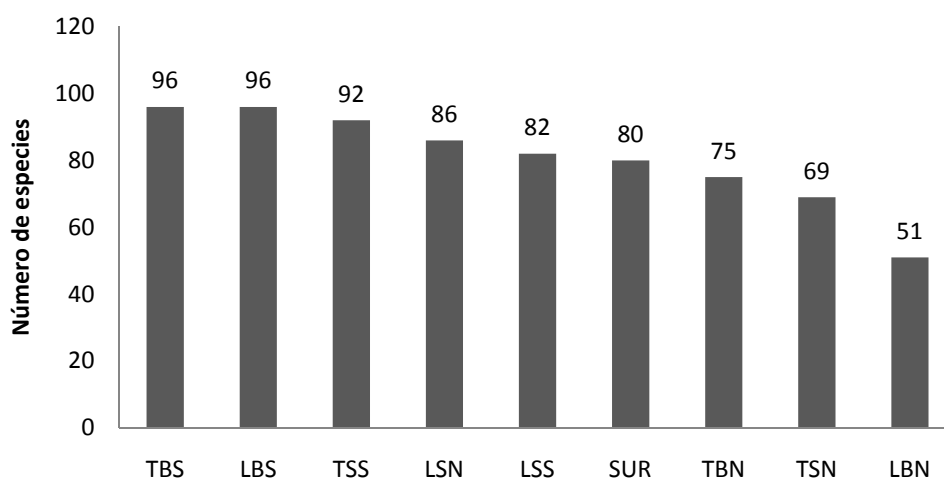


Figura 7. Abundancia total, las 24 especies presentes en la grafica aportan el 66% de la abundancia total de Banco Chinchorro

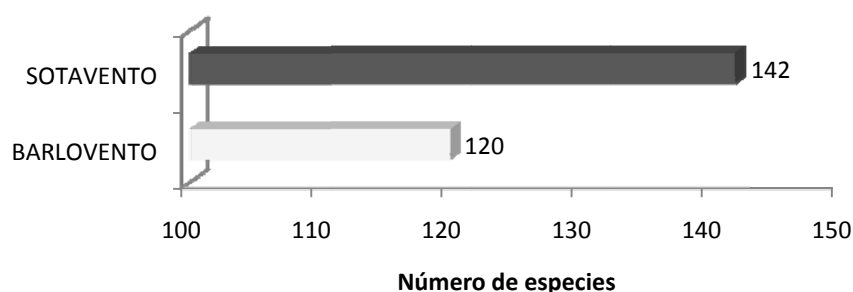
## Riqueza específica total.

El número de especies encontradas en cada zona de estudio es muy similar, lo que hace difícil apreciar diferencias significativamente importantes, en general la zona sur presenta la mayor riqueza; en el talud y la laguna ubicados a barlovento se registraron con 96 especies y la zona más pobre es la laguna barlovento norte con 53 especies (figura 8).



**Figura 8.- Comparación de la riqueza específica por zona. TBS (Talud barlovento sur), LBS (Laguna barlovento sur), TSS (Talud sotavento sur), LSN (Laguna sotavento norte), LSS (Laguna sotavento sur), SUR (Punta sur), TBN (Talud barlovento norte), TSN (Talud sotavento norte), LBN (Laguna barlovento norte)**

Es importante considerar que es de esperarse esta distribución de la riqueza, ya que la topografía del arrecife propicia una mayor complejidad y profundidad en la zona sur. Las condiciones de alta energía que caracterizan en frente arrecifal, limitan el desarrollo de ambientes muy heterogéneos lo que propicia una reducción en la riqueza, esto se observa en la figura 9, en la cual se analizó la riqueza de especies de barlovento contra los ambientes a sotavento, habiendo una marca diferencia 120 especies contra 142 respectivamente.



**Figura 9.- Comparación de la Riqueza específica de la zona expuesta (barlovento) y la protegida (sotavento)**

### **Dominancia por zonas.**

Se utilizó el índice de Simpson que nos indica la diversidad tomando en consideración la distribución de la abundancia, el talud sotavento sur (Z4) presento el valor de dominancia más alto, aunque cabe mencionar que la mayoría de las zonas de la sección sur del arrecife es la que presenta los valores más altos. La laguna barlovento norte fue la que tiene el valor más bajo. Debido a la baja cobertura arrecifal en esta zona y al ser unas de las localidades más someras tanto la



diversidad como la dominancia son muy bajas en comparación al resto de las localidades. Figura 10.

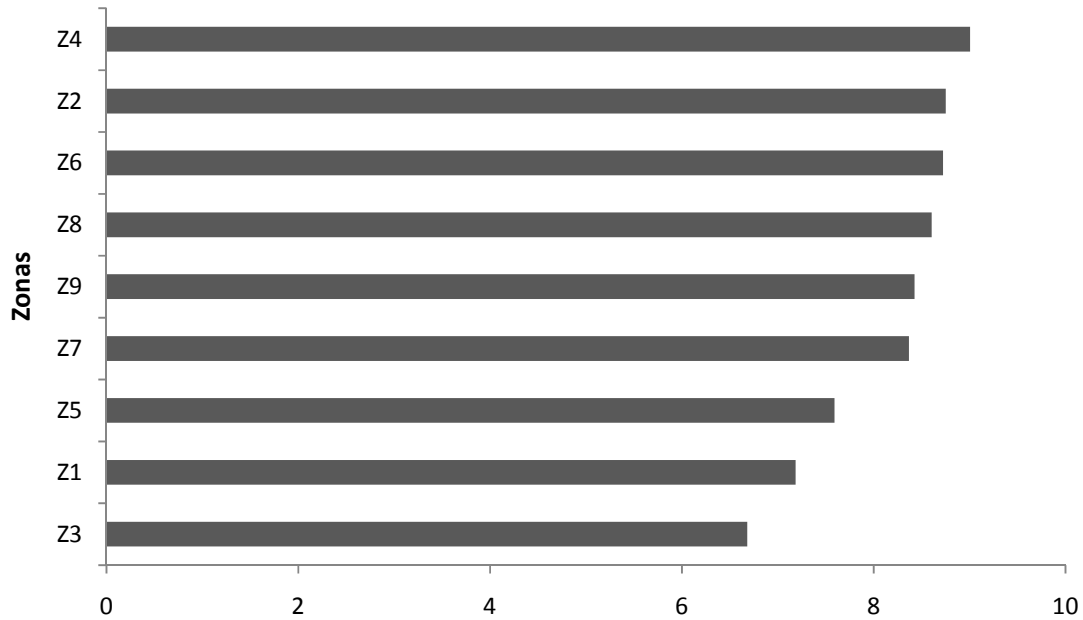


Figura 10.- Dominancia de Simpson ( $1-\lambda= 1-\sum (pi)^2$ ) por zonas

### Caracterización del hábitat.

El arrecife Banco Chinchorro presenta un frente arrecifal somero, con una cresta arrecifal a menos de un metro de profundidad con canales de acceso a la laguna arrecifal, la sección norte del arrecife es muy somera con profundidades que varían de 1 a 2 metros, y la sección sur más profunda no mayor a 10m de profundidad, caracterizada por parches someros que en algunos casos alcanzan los tres kilómetros de largo y que se desarrollan paralelos al margen de barlovento (Jordan, 1987). En el plan de manejo de la Reserva de la Biosfera banco Chinchorro,

se realizó una caracterización de arrecifal usando 17 regiones arrecifales definidas por sus características bióticas (Tabla 1).

*Tabla.1 Características de los ambientes arrecifales de Banco Chinchorro, Zonación (RFZW= reef flat zone to windward, FRW= front reef to windward, FW= fore reef to windward, DFRW= deep fore reef to windward, WALL= pared, RFZL= reef flat zone to leeward, FRL= front reef to leeward, FL= fore reef to leeward, DFRL= deep fore reef to leeward); Hábitats (Pc= parches complejos, Al= arenal, Pcl= piso calcáreo, Pp= parches pequeños, MC= macizos y canales, E= escombros/padecería, Pd= pared, Ap= arena profunda, Pa= parches de Acropora y PcO= parches complejos de octocoral) tomado de (INE-SEMARNAP, 2000).*

<b>Zonas estratificadas</b>	<b>Olas</b>	<b>Corrientes</b>	<b>Zonación</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Longitudinal</b>
<b>LBS</b>	bajo	débil	RFZW*	PcAl	S
<b>TBS</b>	alto	fuerte	FRW*	PclPp	S
<b>TBS</b>	alto	fuerte	FW*	MC	S
<b>TBS</b>	alto	fuerte	DFRW*	MC	S
<b>LBN</b>	bajo	débil	RFZW*	PpE	N
<b>TSS</b>	mediano	media	FRL*	Pc	S
<b>TSS</b>	mediano	media	DFRL*	PdPc	S
<b>TSS</b>	mediano	débil	WALL*	PdPc	S
<b>LSN</b>	bajo	débil	RFZL*	PpAl	N
<b>TSN</b>	bajo	débil	FRL*	PcAp	N
<b>TSN</b>	bajo	débil	FRL	PpAl	N
<b>TSN</b>	mediano	media	FL	PcApPcO	N
<b>TSN</b>	mediano	media	DFRL	PcApPcO	N
<b>LSS</b>	bajo	media	RFZL	AlPpPa	S
<b>SUR</b>	mediano	media	FRW	PcAl	S
<b>SUR</b>	alto	fuerte	FRW	PclApPd	S
<b>SUR</b>	alto	fuerte	DFRW	PclApPd	S
<b>TBN</b>	alto	media	FRW	PpPcl	N
<b>TBN</b>	alto	débil	FW	ApEpp	N

Parte de esta clasificación se usó para el análisis de correspondencia múltiple, que asocia variables discretas y las transforma a variables cuantitativas. El factor 1 que explica el 37% de la varianza, clasifica claramente la sección norte de la sur y las características de alta y baja energía, mientras que el factor dos corresponde al

gradiente de profundidad con 22.30% de la variación explicada, sumando 59.35% de la varianza. El cuadrante **A**, se caracteriza por parches complejos, parches pequeños, escombros, arenales someros y parches de *Acropora*, mayormente las zonas asociadas a esta característica biótica es la laguna y talud a sotavento, en la cual las condiciones de oleaje y corrientes son relativamente débiles. El cuadrante **B**, asocia parches complejos, arenales profundos, macizos y canales y parches pequeños, los cuales están presentes en zonas de alta energía, particularmente en barlovento. El cuadrante **C** establece como característica biótica, parches complejos arenal profundo y parches de octocorales, en las zonas a lo largo del margen a sotavento, en condiciones de energía moderada. El cuadrante **D** representa la zona con menor heterogeneidad ambiental, menor diversidad y dominancia baja. Caracterizado por estar rodeado de grandes extensiones de arenales poco profundos (Figura 11).

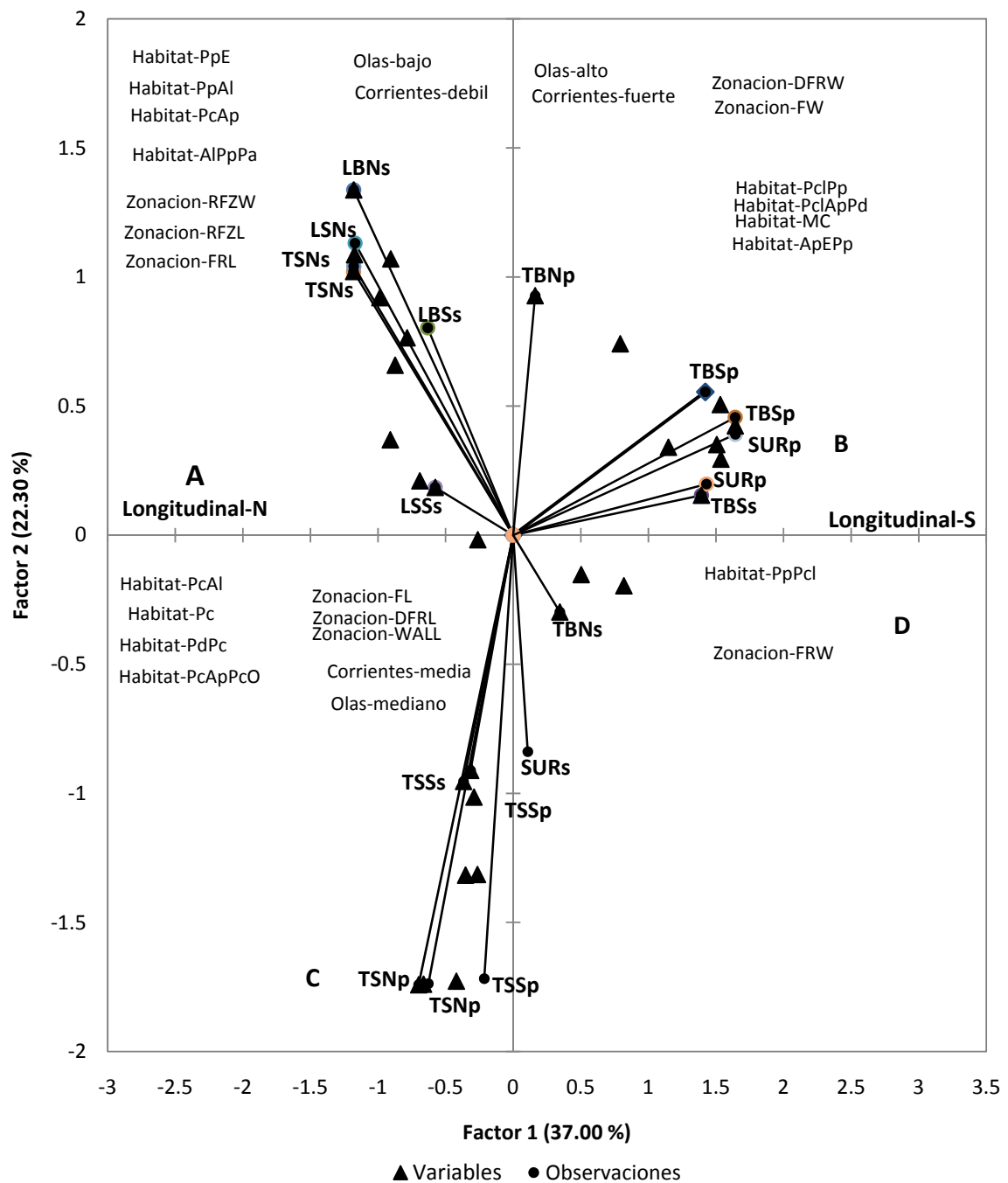


Figura 11. Caracterización de hábitats relacionadas a las zonas de estudio de Banco Chinchorro, los ejes F1 y F2: representan el 59.30 % de la varianza. (s= somero, p= profundo).

## Composición de especies de cada zona.

La zona norte en ambos márgenes (barlovento y sotavento) y su sección lagunar están compuestas principalmente por hexacorales, especies como *Montastraea annularis*, *Porites porites*, *Montastraea faveolata*, *Diploria labyrinthiformis*, *Porites astreoides*, *Agaricia agaricites* y *Siderastrea siderea*, son la base de la estructura arrecifal que predomina en la localidad. Se observa al comparar las graficas de la figura 12, un cambio en la composición de especies en cada zona. La zona A y B localizados en la laguna en su porción norte mantiene principalmente la misma composición específica, estas especies en Banco Chinchorro son particularmente las que componen la mayoría de los parches arrecifales y que se distribuyen a lo largo de la laguna arrecifal, creciendo en zonas de poco profundas y rodeadas de grandes extensiones de arena y pastos marino. Muchas de estas especies están bajo proceso de estrés por depositario de sedimento que la misma actividad oceánica deposita sobre su cobertura, y es muy evidente la cobertura macroalgal que compite por espacio disponible. Se observa una marcada diferencia entre las zonas ubicadas a los márgenes de la sección norte (Figura C y D), las especies *Siderastrea radians*, *Siderastrea siderea*, *Lobophora variegata* y *Briareum asbestinum*, indican cambios en la composición y estructura de la comunidad arrecifal.

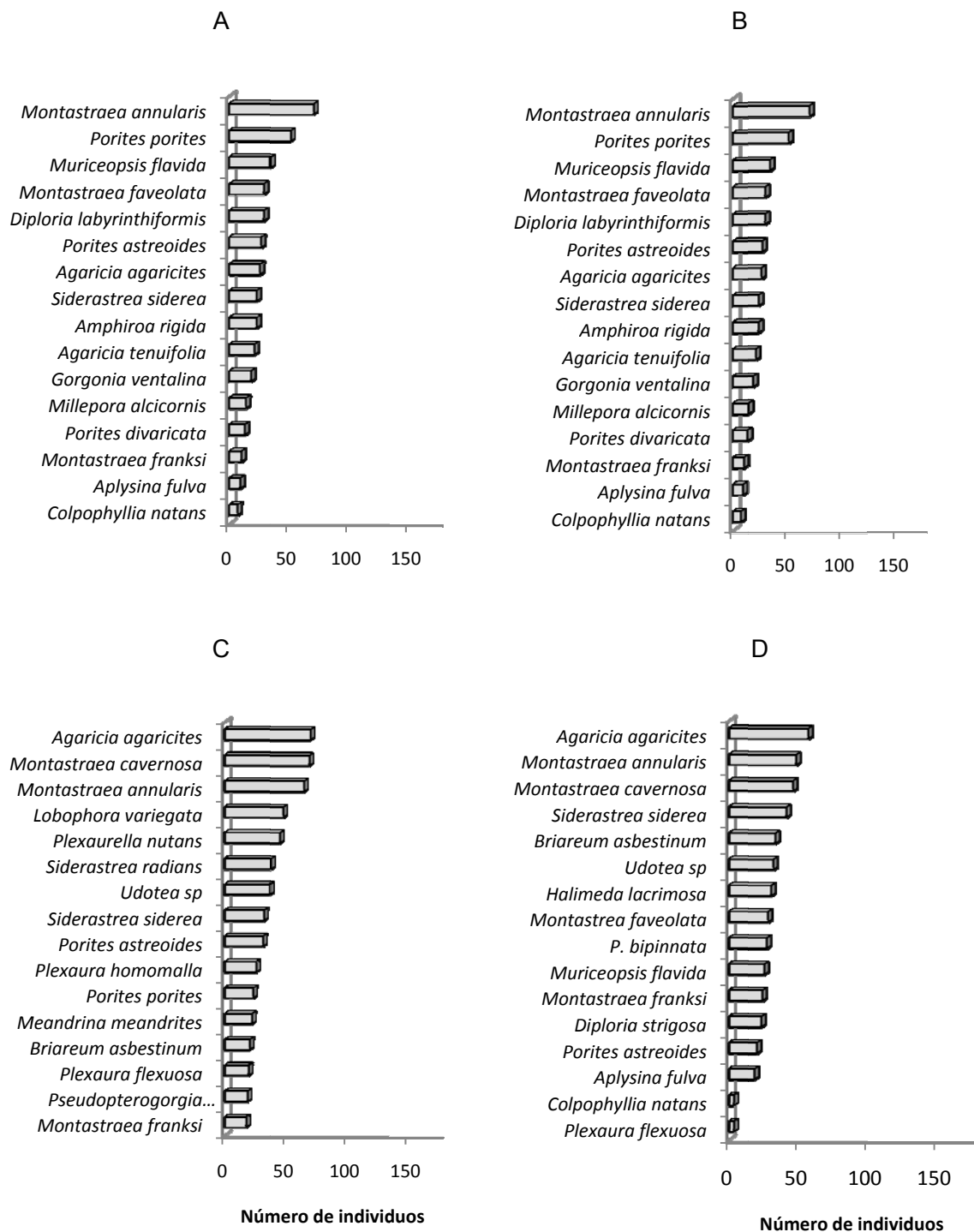


Figura 12. Abundancia por zonas representadas por las 16 especies más abundantes, A) laguna barlovento norte, B) laguna sotavento norte, C) talud barlovento norte, D) talud sotavento norte.

La zona sur está caracterizada principalmente por hexacorales, especies como *Montastraea annularis*, *Montastraea cavernosa*, *Porites porites*, *Diploria labyrinthiformis*, *Diploria strigosa*, *Porites astreoides*, *Agaricia agaricites* y *Siderastrea siderea*, son las especies dominantes. En la figura 13 E y F observamos cambios claros de una zona a otra presentando especies masivas y de lento crecimiento en la zona de la laguna a sotavento, mientras que en la sección a barlovento son especies más ramificadas y aptas de ambientes con mayor energía.

Cambios en la fauna por zona es evidente siendo el talud a sotavento (figura 13 H) el que más diferencias presenta, especies de esponjas como *Ectyoplasia ferox*, *Pseudoceratina crassa* y *Agelas conífera*. La presencia y abundancia de estas especies, son un claro indicio de ambientes protegidos característicos de los ambientes arrecifales localizados a sotavento. En esta zona encontramos paredes profundas que protegen del oleaje y corrientes a la comunidad que en ella se desarrollan.

En la zona a barlovento (figura 13 G) son escasa las esponjas, en la composición de especies y comparándolas con sotavento, son sustituidas por octocorales como *Pseudopterogorgia bipinnata*, *Briareum asbestinum*, *Plexaura homomalla* y *Plexaura flexuosa*, características de ambientes de alta energía, es importante observar que la abundancia de las especies de esta zona es casi del doble de su contraparte en el talud a sotavento.

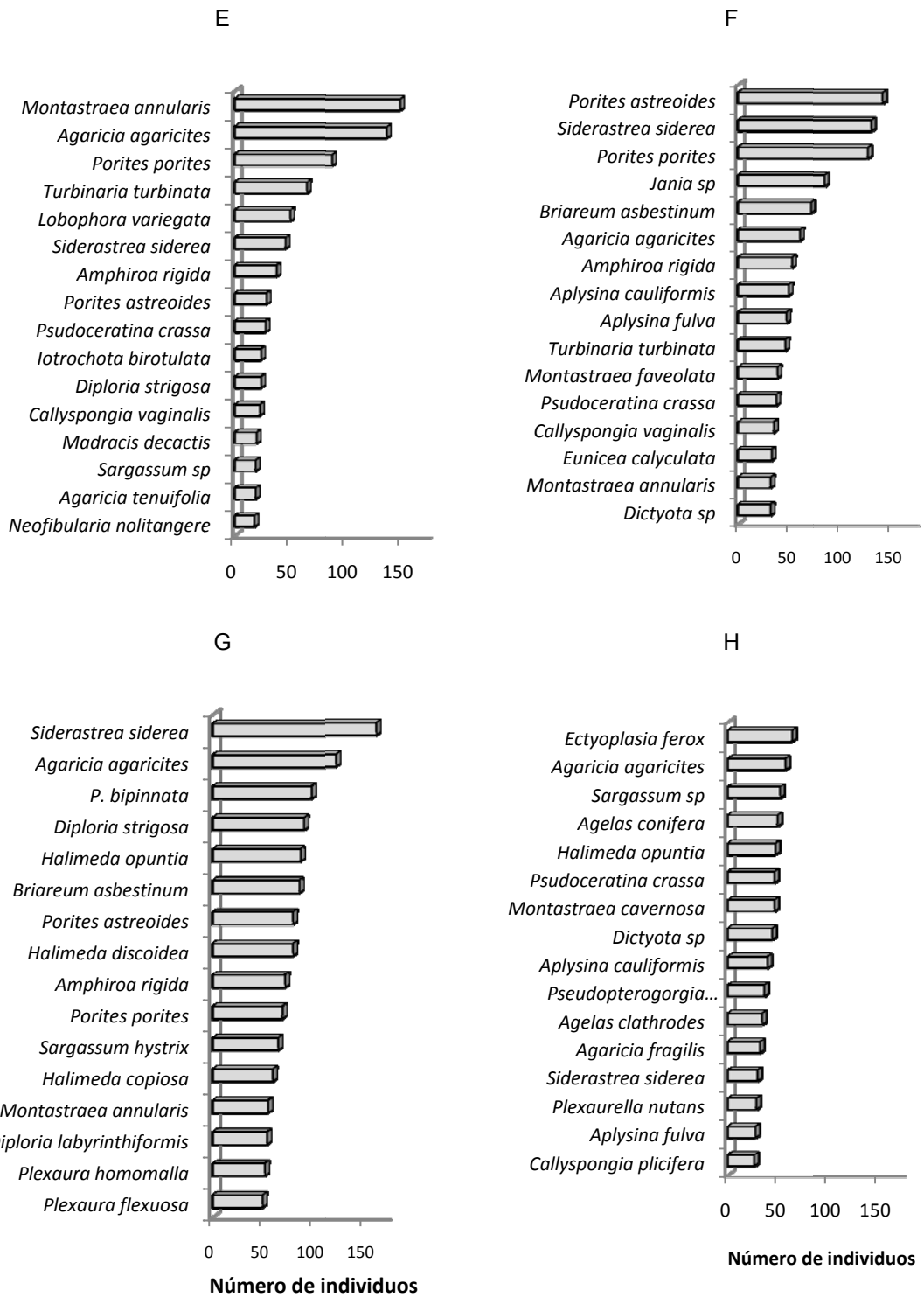


Figura 13. Abundancia por zonas representadas por las 16 especies más abundantes, E) laguna barlovento sur, F) laguna sotavento sur, G) talud barlovento sur, H) talud sotavento sur.



La zona sur está caracterizada por especies de octocorales muy abundantes como *Pseudopterogorgia bipinnata*, *muriceopsis flavida*, *Pelaxura homomalla* y *Eunicea calyculata*, pero una característica importante de señalar es la presencia de hidrocorales muy abundantes en esta parte del arrecife *Millepora alcicornis* y *Millepora complanata*. Ambientes con parches profundos y complejos y grandes planicies profundas dominadas por octocorles y especies con crecimiento planar y incrustante de hexocorales. Hacia la parte somera de esta zona el ambiente cambia, encontrando parches grandes con especies masivas de corales (*Montastraea annularis*, *M. faveolata*, *Porites astreoides* y *M. cavernosa*) y octocorales.

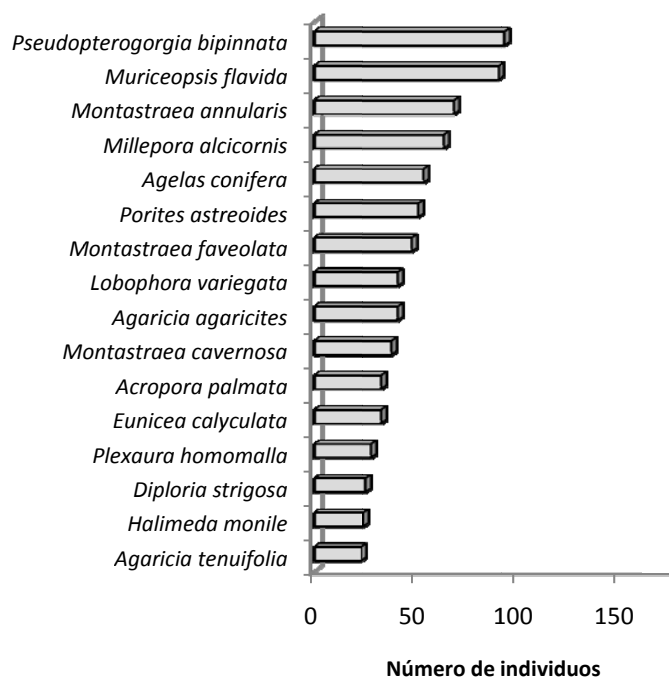


Figura 14. Abundancia por zonas representadas por las 16 especies más abundantes, l) punta sur.

## Cobertura por zona

En la Figura 15 Se observa que la distribución de la cobertura del componente vivo por zona estuvo representada por las macroalgas y los hexacorales como grupos dominantes, donde las especies *Dictyota* sp. y *Halimeda discoidea*, *Montastraea annularis*, *Porites porites* y *Agaricia agaricites*, respectivamente, fueron las especies más representativas. En menor proporción los grupos octocorales y las esponjas, es importante hacer énfasis en la zona del talud sur a sotavento (Figura 15 H) las esponjas superaron en cobertura en una pequeña proporción a los hexacorales con 18% y 15% respectivamente. Con respecto a los hidrocorales como componente vivo se encontró que la cobertura fue notablemente baja con porcentajes menores al 4% y en algunos casos su presencia fue casi nula, como se puede observar en la laguna a barlovento al sur del arrecife (G). El total de la superficie analizada fue de 175.98 m<sup>2</sup>.

Comparando la cobertura del componente no vivo entre las zonas, el cual esta caracterizado por coral muerto, arena, basamento y escombros, la zona con mayor cobertura es el talud sotavento sur (Figura 15 H), con 35% de la cobertura total, seguida por el 33% de la cobertura del mismo componente en la laguna barlovento sur (Figura 15 F).

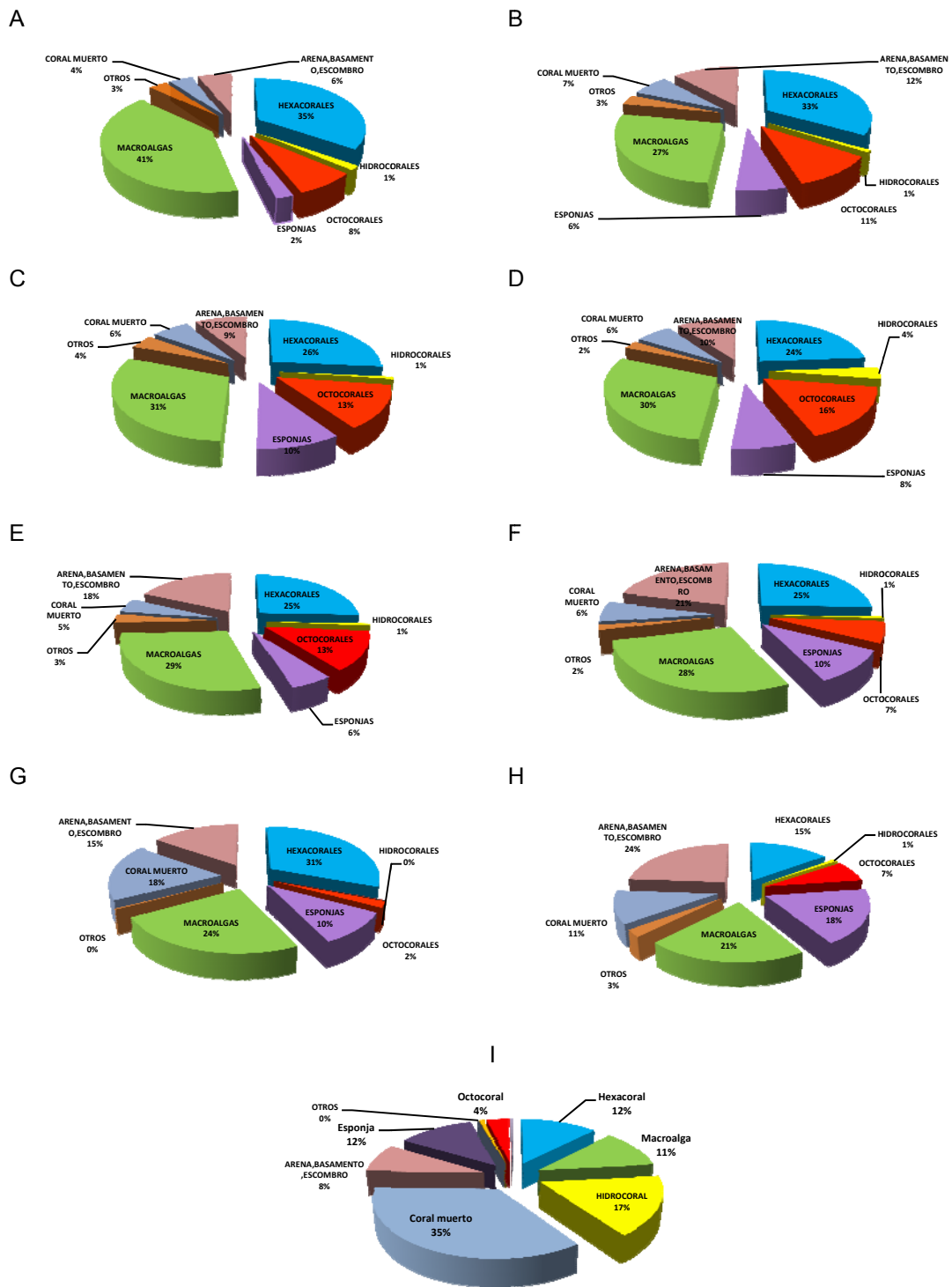


Figura 15. Cobertura de componente vivo y “no vivo” por zonas. Laguna barlovento norte (A); Laguna sotavento norte (B); Talud sotavento norte (C); Punta sur (D); Talud barlovento sur (E); Laguna sotavento sur (F); Laguna barlovento sur (G); Talud sotavento sur (H) y Talud barlovento norte (I).

### Densidad por grupo taxonómico.

Se analizaron 19m<sup>2</sup> para el talud norte, talud sur, laguna norte y laguna sur en su conjunto 79m<sup>2</sup> en total, la densidad de hexacorales fue similar en el talud norte y la laguna norte y sur, pero menor en el talud sur. Las macroalgas son claramente abundantes en las zonas de la laguna, encontrando valor bajos en el talud al sur. Es evidente que hay diferencia en la composición y densidad de especies entre zonas lo cual nos indica diferentes patrones estructurales. Se observan valores altos de octocorales y algas coralinas en la zona del talud sur.

Las esponjas presentan una mayor densidad por metro cuadrado en la zona de la laguna sur y en el talud norte. La composición de hábitat presenta menor complejidad en el talud norte donde la cual se caracteriza por terrazas profundas y poco complejas dominadas por corales y octocorales y grandes extensiones de sustrato sin ser ocupado. Se observa claramente que existen cambios estructurales entre zonas que permiten caracterizar hábitat con mayor complejidad que otros. Algo importante que se debe tomar en cuenta es el grupo de las esponjas, aunque sus valores de densidad son bajos en el talud a barlovento con relación a otras zonas, las especies que se localizan en la zona, son especies de gran tamaño dominada principalmente por *Xetospongia muta* y *Verongula gigantea*, mientras que en el resto de las zonas analizadas, encontramos especies de tallas medianas y pequeñas pero muy abundantes las cuales están representadas por los géneros *Aplysina*, *Itrochota*, *Pseudoceratina* y *Callyspongia*.

Hay una marcada diferencia en la densidad del grupo gorgonias las cuales son más exitosas en la parte norte de la laguna, en condiciones de corriente moderada poca profundidad, y un ambiente ciertamente semi-protégido. Figura 16.

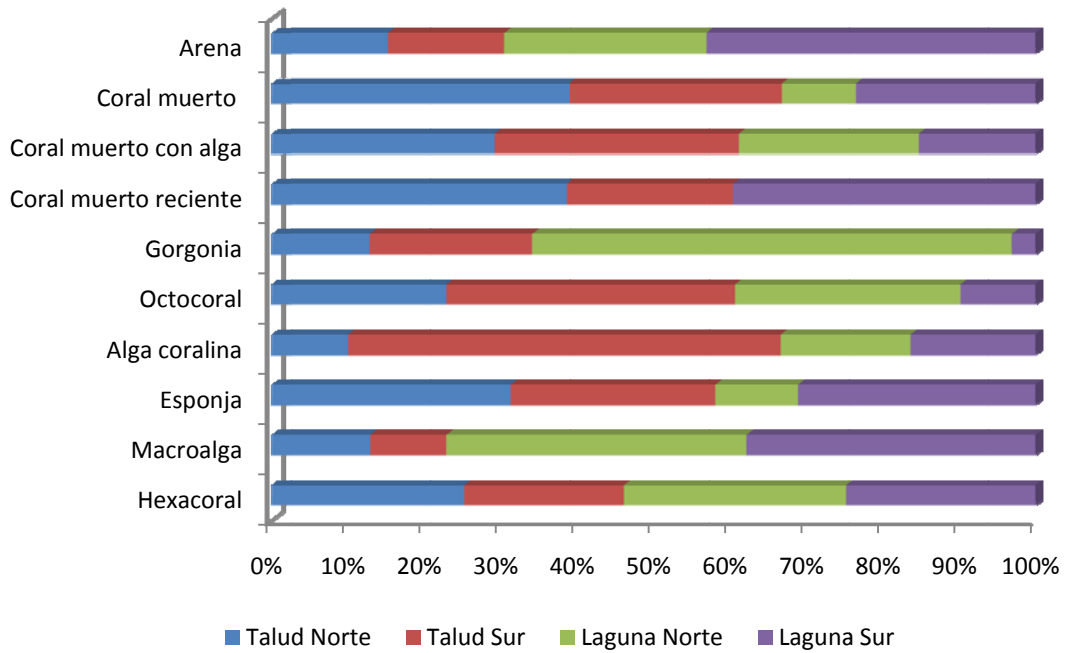
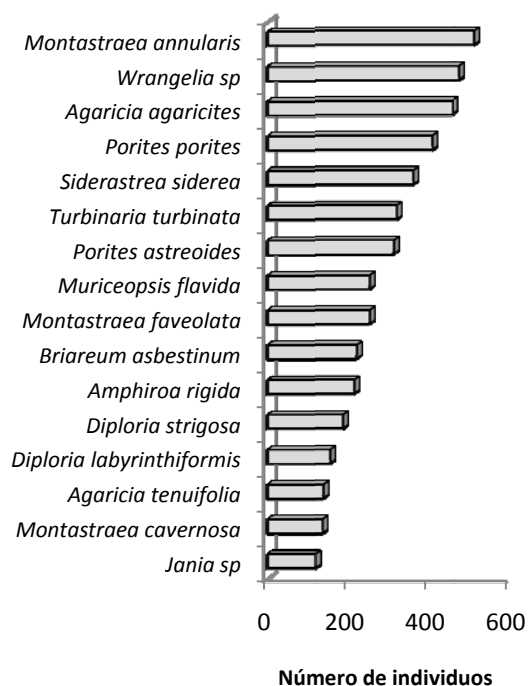


Figura 16. Densidad por grupo taxonómico y ambiente de 19m<sup>2</sup> de arrecife por zona.

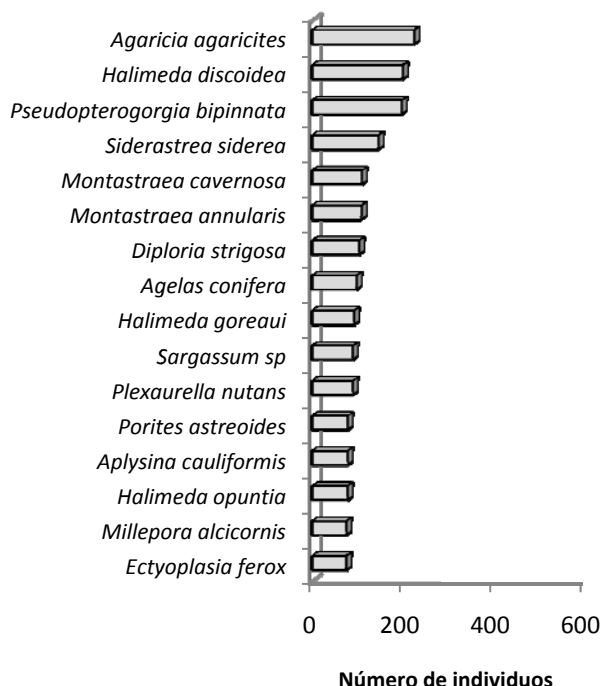
### Composición específica por profundidad.

En la figura 17 se observa cambios estructurales entre los sitios, el estrato somero dominado especies de hexacorales como *Montastraea annularis*, *Agaricia agaricites*, *Porites porites*, *Siderastrea siderea* y *Porites astreoides*, y macroalgas abundantes en este estrato como *Wranglia sp.* y *Turbinaria turbinata*. El estrato somero caracterizado en su mayoría por hexacorales, *Agaricia agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Montastraea annularis* y *Montastraea cavernosa*. Y cabe mencionar que octocorales y esponjas como *Pseudopterogorgia bipinnata*, *Agelas conféra* respectivamente, permiten establecer que es evidente que los ambientes profundo y someros se componen muy abundantes y que se comparten entre sitios, pero que muchas de las especies con abundancias moderadas son particularmente las que establecen los patrones diferenciales entre estratos. La figura 17 permite observar que las poblaciones de las especies dominantes son más numerosas en ambientes someros.

### Estrato Somero



### Estrato Profundo

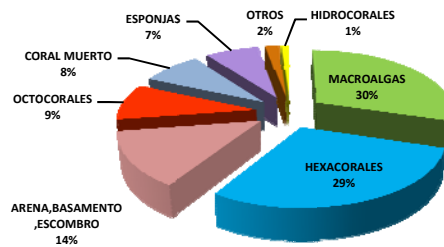


**Figura 17. Distribución de la abundancia por estrato de profundidad, somero y profundo. Representadas por las 16 especies más abundantes.**

### Cobertura por profundidad.

Se observa que la distribución de la cobertura del componente vivo por intervalo de profundidad es dominada por el grupo macroalgas y hexacorales, que presentan las mas alta cobertura en el estrato somero comparado con el estrato profundo, en segundo nivel de importancia están presentes los octocorales y las esponjas, estas últimas incrementan su cobertura en el estrato profundo. Cabe mencionar que el sustrato con mayor porcentaje encontrado es la categoría arena, basamento y escombros, que resultado ligeramente mayor en el estrato profundo que en el estrato somero 19% y 14% respectivamente (Figura 18).

### Estrato Somero



### Estrato Profundo

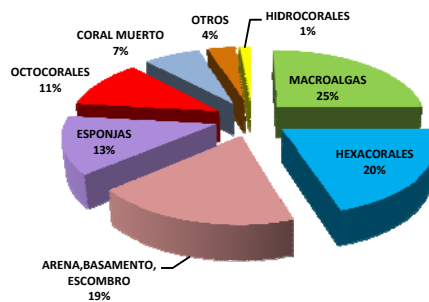


Figura 18. Cobertura de componente vivo y “no vivo” por profundidad.

### Composición específica sotavento y barlovento.

En la figura 19 se cambios estructurales son menos evidente que en los estratos de profundidad, barlovento esta constituido por especies como *Siderastrea sidérea*, *Agaricia agaricites* y *Montastraea annularis*. Sotavento se constituye por especies como *Agaricia agaricites*, *Montastraea cavernosa* y *Montastraea annularis*. Cabe mencionar que las especies más abundantes se comparten entre ambos sitios, con la particularidad de que sus abundancias varían de un sitio a otro, lo que hace que estructuralmente sean diferentes. La amplitud de la abundancia general es también muy similar en magnitud.



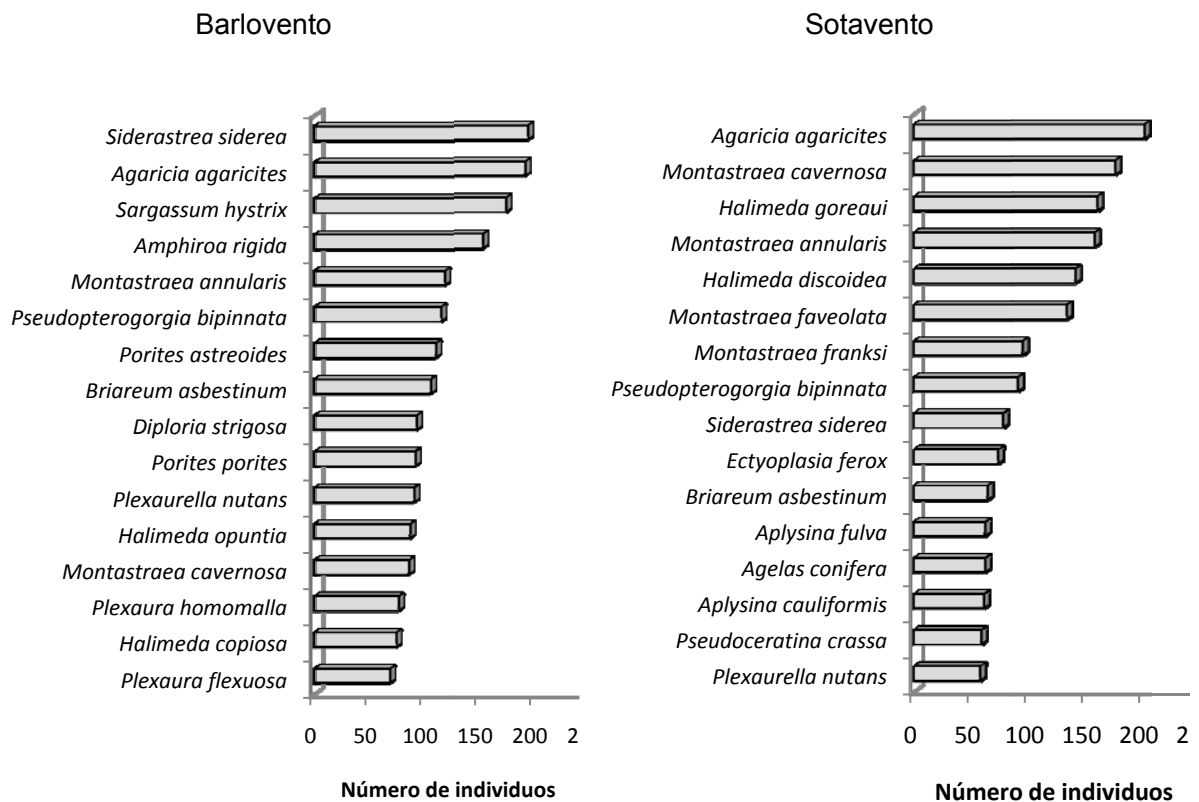


Figura 19. Distribución de la abundancia en la sección de barlovento y sotavento, representada por las 16 especies más abundantes.

### Cobertura barlovento y sotavento.

El análisis de la cobertura del componente vivo entre barlovento y sotavento, nos indica consistentemente que las macroalgas y los hexacorales conformaron la mayor cobertura, seguidos por las esponjas y los octocorales. Las algas que dominan estos sitios pertenecen a los géneros *Halimeda*, *Dyctiota*, *Amphiroa*, *Turbinella* y *Lobophora*. Los hexacorales dominantes pertenecen a los géneros *Montastraea*, *Siderastrea*, *Porites*, *Agaricia* y *Diploria*. En la zona de sotavento fue notoria la mayor cobertura que presentaron las algas coralinas comparado con la

zona de barlovento, 9% y 1% respectivamente y *Millepora alcicornis* es la especie causante de esta diferencia. Figura 20.

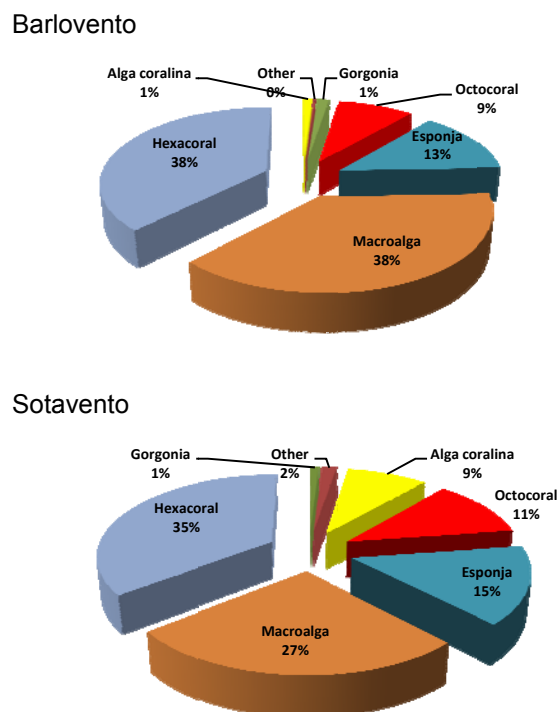


Figura 20. Cobertura del componente vivo en la sección barlovento y sotavento.

## Patrones estructurales

La composición y distribución de la abundancia y cobertura observada anteriormente, permite describir claramente la diferencia entre zonas. En la figura 21 las zonas fueron divididas por estratos debido a que la zona somera y profunda presentan composición de especies diferentes, quedando así 14 zonas estratificadas por profundidad. En el programa Primer V. 6.1 se creó una matriz de similitud usando el índice de Bray-Curtis (Tabla 2), la cual fue usada para el análisis de afinidad por zonas estratificadas.

Tabla 2. Matriz de similitud para las zonas dispuestas por estratos de profundidad, usando la similitud de Bray-Curtis, para integrar el análisis de afinidad.

	LBSs	TBSp	TBSs	LBNs	TSSp	TSSs	LSNs	TSNp	TSNs	LSSs	SURp	SURs	TBNp	TBNs
LBSs														
TBSp	44.01													
TBSs	35.65	46.03												
LBNs	44.21	35.57	39.14											
TSSp	20.69	29.40	19.98	14.46										
TSSs	29.11	47.59	29.25	29.39	38.16									
LSNs	49.62	43.82	37.85	38.70	17.71	22.67								
TSNp	34.88	35.94	35.84	40.98	32.67	41.97	33.56							
TSNs	44.76	46.64	40.84	44.06	31.97	31.26	49.81	57.76						
LSSs	43.79	39.08	61.54	31.51	23.51	25.49	42.50	37.42	41.30					
SURp	28.27	41.25	29.85	30.67	33.99	34.70	26.01	42.18	41.03	26.02				
SURs	31.46	26.49	25.31	62.80	11.85	30.34	36.04	46.20	33.78	23.58	26.93			
TBNp	25.27	32.29	24.63	23.85	22.40	22.97	17.82	39.75	29.80	25.51	32.87	23.75		
TBNs	35.51	43.36	36.38	46.78	25.79	34.41	32.36	51.21	45.75	28.97	35.56	41.13	38.75	

Es claro que la afinidad de algunos ambientes puede ser comprendida a través de las características del hábitat formado principalmente por las especies de corales hermatípicos dominantes, considero que existen cinco grupos muy afines y que derivan de variables analizadas anteriormente como son la riqueza, abundancia y cobertura, de manera que la primera zona con afinidad, está constituida por dos zonas en el estrato somero la laguna barlovento sur y la punta sur. La cercanía de estas dos permite que muchas de las especies sean compartidas entre ellas.

El segundo grupo está formado también en el estrato somero por el talud barlovento sur y la laguna a sotavento sur, en esta la diversidad y número de especies es muy similar. El tercer grupo está integrado por en el estrato somero por la laguna barlovento sur y la laguna sotavento norte, especies de gorgonias, y

corales son muy similares en abundancia, distribución de las especies dominantes y en las condiciones de profundidad, oleaje y corrientes. El cuarto grupo, esta caracterizado por desarrollarse en un ambiente de profundidad similar e inclinación de terreno parecidos, el margen del talud al norte es muy estrecho, poco profundo y con abundancia de octocorales, cabe señalar que las tres zonas afines en este grupo se localizan al norte (Talud barlovento norte somero, Talud sotavento norte profundo y somero). Y finalmente el quinto grupo se constituye por ser profundo, en el talud sur con condiciones ambientales muy similares, y cercanas entre ellos. Caracterizados por especies similares de esponjas y corales.

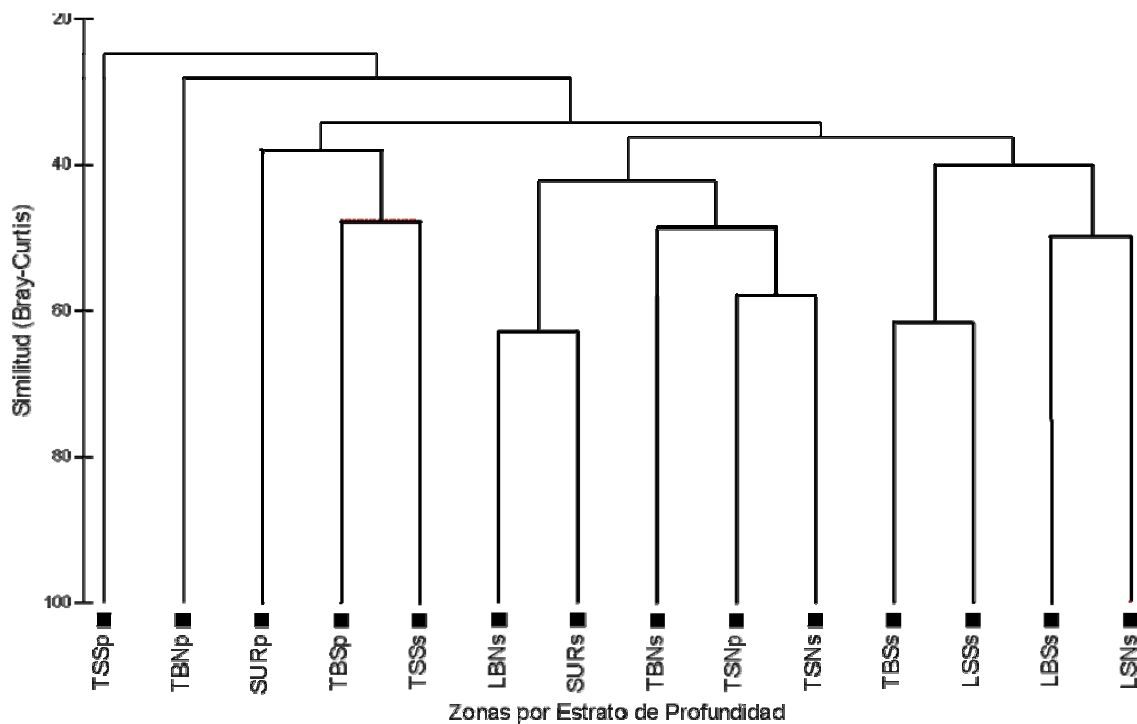


Figura 21.- Análisis de afinidad por zona estratificada. [TSSp) Talud sotavento sur profundo, TBNp) Talud barlovento norte profundo, SURp) Punta sur profundo, TBSp) Talud barlovento sur profundo, TSSs) Talud sotavento sur somero, LBNs) Laguna barlovento norte somero, SURs) Punta sur somero, TBNs) Talud barlovento norte somero, TSNp) Talud sotavento norte profundo, TSNs) Talud sotavento norte somero, TBSs) Talud barlovento sur somero, LSSs) Laguna sotavento sur somero, LBSs) Laguna Barlovento sur somero, LSNs) Laguna sotavento norte somero.

Dos zonas no presentan afinidad con el resto. Estas son el talud a sotavento sur profundo y el talud a barlovento sur profundo. El primero se desarrolla en la pared profunda del talud con especies que no se encuentran en las otras zonas y en condiciones de mucha estabilidad ambiental. Mientras que la segunda presenta una característica única, la formación de valles y canales de poca altura y bajo condiciones de oleaje y corrientes fuertes. Es una zona profunda que caracteriza casi todo el margen a barlovento.

## Espectro de diversidad por zona

La diversidad es característica importante en Banco Chinchorro, se ha mencionado que es un reservorio de especies para la región del Caribe, ya que es el arrecife en las costas caribeñas de México en la que se encuentra la mayor cantidad de especies de hexacorales y octocorales, y lo más importante aún, al ser una zona protegida y estar alejado 30km de la costa es el arrecife mejor conservado de la región. Las nueve zonas en las que se dividió nuestro esfuerzo de muestreo fu analizado usando el espectro de diversidad basado en el índice de diversidad de Shannon-Weiver. Este análisis nos presenta no un valor de diversidad como tal sino la variación de la diversidad acumulada a lo largo del cada transecto analizado, esto nos da la posibilidad de comparar gráficamente las tendencias de diversidad por zonas a lo largo del esfuerzo de muestreo. Observamos que las zonas del talud y laguna en el margen norte de barlovento son las que presentan la más baja diversidad comparadas con el resto de las zonas. La punta sur es una zona con valores de diversidad intermedia y las demás zonas son casi similares en su diversidad biológica. Cabe mencionar que todas las zonas no excedieron 3.75 bits/Individuo, y a pesar que ese valor de diversidad es alto, este comportamiento es debido a que unas pocas especies son dominantes en la mayoría de las zonas lo que propicia valores bajos de diversidad si se comparan con sitios similares donde se han obtenido más altos valores. Aun así las zonas estudiadas en el arrecife Banco Chinchorro son muy parecidas en diversidad biológica. En particular la zona sur en los márgenes sotavento y barlovento, son las de mayor importancia debido a sus

ambientes heterogéneos y que propician características únicas de desarrollo a arrecifal a Banco Chinchorro (Figura 22).

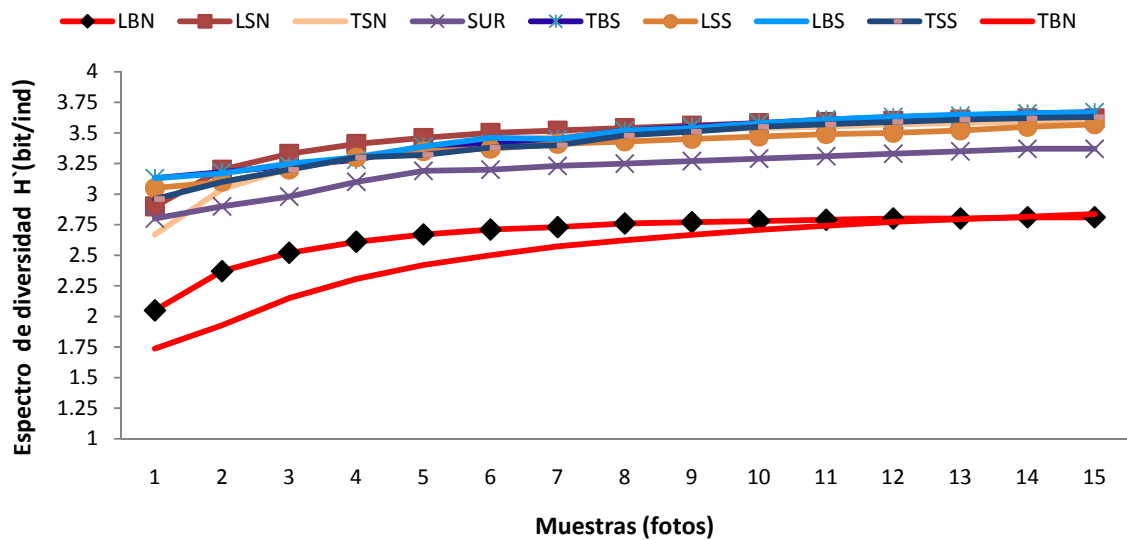


Figura 22.- Comparación del espectro de diversidad entre zonas. TBS (Talud barlovento sur), LBS (Laguna barlovento sur), TSS (Talud sotavento sur), LSN (Laguna sotavento norte), LSS (Laguna sotavento sur), SUR (Punta sur), TBN (Talud barlovento norte), TSN (Talud sotavento norte), LBN (Laguna barlovento norte).

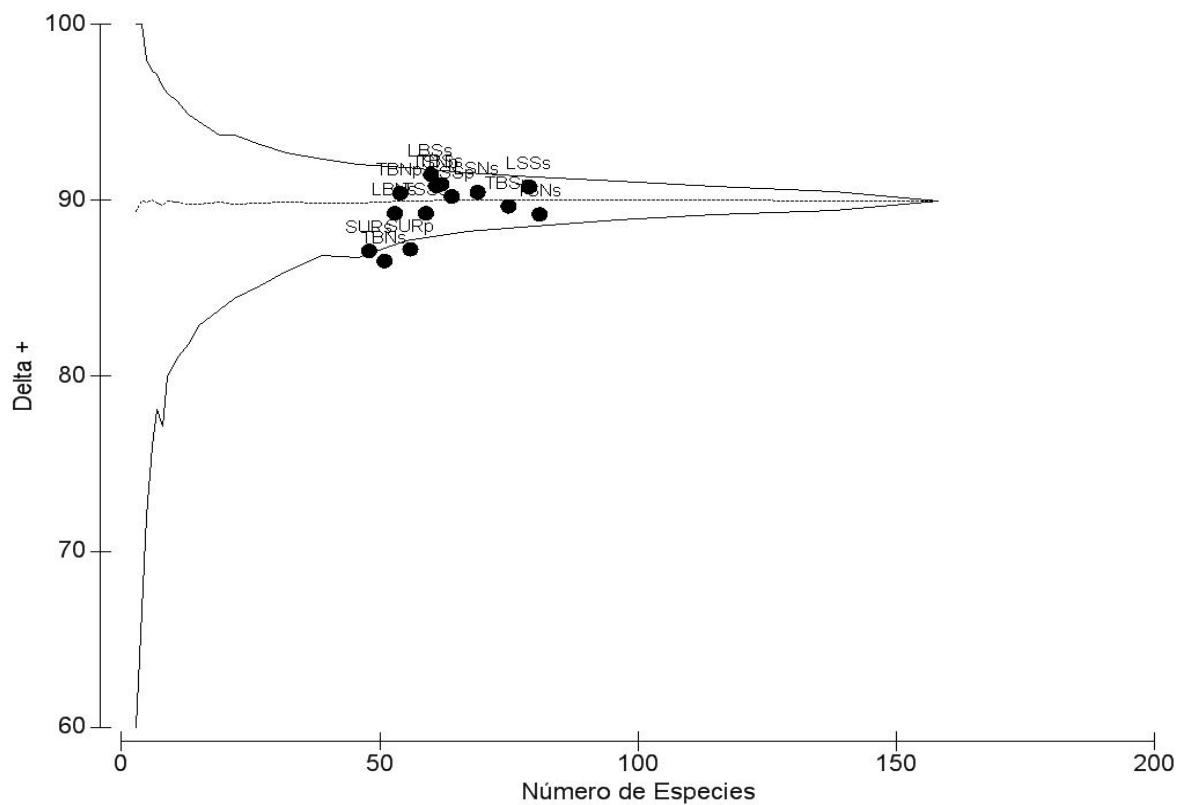
## Diversidad taxonómica entre zonas

El análisis de la estructura filogenética de las zonas nos permiten establecer diferencias entre ellas. En la tabla 3. Describimos los resultados del análisis estadístico de la estructura taxonómica por zonas en la tercera columna ( $\Delta+$ ) podemos mencionar que las zonas de la punta sur profunda y somero y la laguna al norte presentan las menor complejidad taxonómica y es evidente las diferencia en su estructura filogenética, estando por debajo de la media de ( $\Delta+$ ), el porcentaje significativo es menor al 10% (Tabla 3, columna 4), (Figura 23). Por otra parte la variación de la diferencia taxonómica, evidencia la baja estructura filogenética de la punta sur y laguna barlovento norte y algo que es importante notar es que los valores más significativos (tabla 3, columna 6) nos dejan percibir que el talud profundo a barlovento y sotavento son estructuralmente más complejos en sus arreglos taxonómicos que el resto de las zonas (Figura 24).

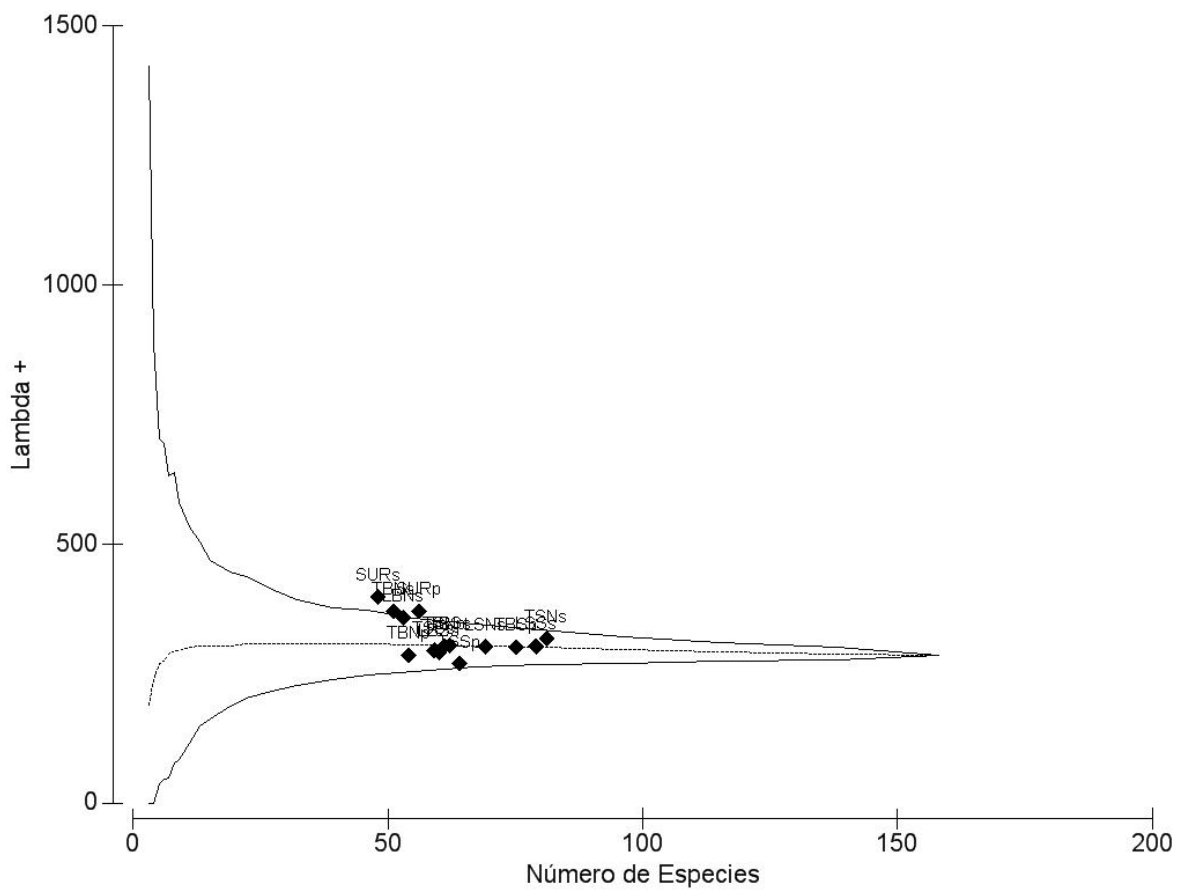
Tabla 3. Estructura taxonómica de Banco Chinchorro, promedio de la diferencia taxonómica ( $\Delta+$ ) y variación de la diferencia taxonómica ( $\Lambda+$ ).

Zonas	S	Delta+	Porcentaje significativo de $\Delta+$	Lambda+	Porcentaje significativo de $\Lambda+$
LBSs	60	91.46	9.6	291.32	62.5
TBSp	75	89.65	66.1	301.10	99.1
TBSs	62	90.90	35.0	303.94	99.5
LBNs	53	89.26	53.9	357.80	7.0
TSSp	64	90.22	81.9	269.40	12.0
TSSs	59	89.26	48.0	294.89	69.9
LSNs	69	90.45	64.1	301.67	97.7
TSNp	61	90.82	37.4	303.04	92.3
TSNs	81	89.19	27.0	317.37	30.0
LSSs	79	90.76	30.4	302.99	89.5
SURp	56	87.21	2.0	370.65	1.0
SURs	48	87.11	4.0	398.03	0.6
TBNp	54	90.40	71.5	285.45	53.9
TBNs	51	86.54	2.0	371.02	2.6





**Figura 23.- Análisis de la estructura taxonómica de la comunidad bentónica arrecifal conspicua. Promedio de la diferencia taxonómica ( $\Delta+$ ). Grafica de Funnel, la línea punteada del grafico indica la media de  $\Delta+$  y la línea continua el 95% de los valores simulados de  $\Delta+$ . [TSSp) Talud sotavento sur profundo, TBNp) Talud barlovento norte profundo, SURp) Punta sur profundo, TBSp) Talud barlovento sur profundo, TSSs) Talud sotavento sur somero, LBNs) Laguna barlovento norte somero, SURs) Punta sur somero, TBNs) Talud barlovento norte somero, TSNp) Talud sotavento norte profundo, TSNs) Talud sotavento norte somero, TBSs) Talud barlovento sur somero, LSSs) Laguna sotavento sur somero, LBSs) Laguna Barlovento sur somero, LSNs) Laguna sotavento norte somero].**



**Figura 24.- Análisis de la estructura taxonómica. Variación de la diferencia taxonómica ( $\Lambda+$ ). Grafica de Funnel, la línea punteada del grafico indica la media de  $\Lambda+$  y la línea continua el 95% de los valores simulados de  $\Lambda+$ . [TSSp) Talud sotavento sur profundo, TBNp) Talud barlovento norte profundo, SURp) Punta sur profundo, TBSp) Talud barlovento sur profundo, TSSs) Talud sotavento sur somero, LBNs) Laguna barlovento norte somero, SURs) Punta sur somero, TBNs) Talud barlovento norte somero, TSNp) Talud sotavento norte profundo, TSNs) Talud sotavento norte somero, TBSs) Talud barlovento sur somero, LSSs) Laguna sotavento sur somero, LBSs) Laguna Barlovento sur somero, LSNs) Laguna sotavento norte somero].**

## Discusión

La necesidad de tener una buena representación estadística en un muestreo depende del área a muestrear, la logística misma del muestreo y los recursos con que se cuentan para realizarlos, un aspecto que en muchas ocasiones se deja a un lado son las necesidades tecnológicas que implica alcanzar el objetivo deseado. En el estudio de los sistemas arrecifales en el mundo las técnicas usadas para la obtención de información varían significativamente. Pero un aspecto al que todos debemos someternos es al corto tiempo bajo el agua con que contamos para obtener las muestras, (Bohnsack, 1979), (Bell, 2003) (Dumas, Bertaud, Peignon, Léopold, & Pelletier, 2009). Un método que lleva ya un largo tiempo entre los ecólogos de sistemas arrecifales son el uso de fotografías, esta técnica ha ido evolucionando con el desarrollo tecnológico y las mejoras en el equipo tanto SCUBA como fotográfico.

Es ya sabido de las ventajas adicionales del método de registro fotográfico para el estudio de las comunidades bentónicas, y aun más la enorme capacidad de almacenar registros permanentes en relativamente poco tiempo. De ahí la importancia del uso de métodos fotográficos para el presente trabajo. Banco Chinchorro representa un ecosistema muy valioso para México, por lo que el presente trabajo tuvo la intención de tener una cantidad representativa de información para caracterizar estadísticamente la comunidad bentónica conspicua. El uso del fototransecto nos permitió en el corto tiempo de muestreo tener muestras a lo largo y ancho del arrecife. El análisis de las fotografías fue hecho con la ayuda del

programa Coral Point Count. Este nos permitió extraer la mayor cantidad de información de cada foto. (Bohnsack, 1979; Done, 1981; Shumway et.al., 2007)

El uso de este programa recientemente se inicio a principios de la década, (Shumway et. al., 2007), y ha sido de gran ayuda para estimar rápida y eficazmente la información recolectada. Para ello se establecieron criterios de análisis, que fueron cuidadosamente y sistemáticamente usados para minimizar el error de muestreo. Dichos criterios fueron los siguientes: se utilizaron 15 fotografías por cada uno de los 37 transectos, en cada fotografía se disponían 31 puntos dispersos al azar, posteriormente se identificaban visualmente las especies que coincidían con los puntos. De esa manera y al hacerlo sistemáticamente para cada transecto. (Ramírez et. al., 2002).

La abundancia es el atributo comunitario más usado en los estudios de patrones estructurales, (Díaz-Francés & Soberón, 2005) la distribución de la misma nos permite entender los cambios de diversidad de una zona a otra y como la composición de las especies fluctúa de un lugar a otro y en el tiempo. (James & Rathbun, 1981), Banco Chinchorro representa un sistema altamente complejo. Podría decirse que las especies de la comunidad bentónica en Banco Chinchorro están organizadas en unas especies muy abundantes, la gran mayoría de las especies con abundancias medias y muy pocas especies raras. Es claro que especies como *Agaricia agaricites*, *Montastraea annularis*, *M. faveolata*, *M. cavernosa*, *Diploria strigosa*, *Siderastrea sidera*, *Porites porites*, *aplisina fistularis*, *A fulva*, *Agelas conífera*, *Psuedoterogorgia bipinnata*, *halimeda copiosa* y *H. opuntia*, con los principales entes que dan forma y complejidad al arrecife (Dahi, 1974; Grigg,

1983; Heck et. al., 1975). La dominancia y la equidad varían muy poco entre las zonas estudiadas lo que indica que en estas zonas la abundancia está repartida de manera similar.

Otro atributo de importancia sustancial en la determinación de patrones estructurales es la riqueza de especies, esta represento una clara separación de las zonas de estudio, mas evidentemente la zona norte se caracterizo por tener menor riqueza que la zona sur, mientras que la zona de barlovento y sotavento fueron muy similares en este rubro. Algunos estudios en la región establecen valores similares en la riqueza de especies (Keeley, 2003; Loreau, 1992). Por estratificación la riqueza varia levemente siendo mayor en la zona somera, un máximo de 70 especies a un mínimo de 51. Por lo que respecta a la zona profunda la riqueza se mantiene casi estable variando de 47 a 58 especies. Muchos autores consideran a la zona profunda como la región con mayor estabilidad ambiental y compuesta de especies de lento crecimiento (Zlatarski, 2007).

La mayor cobertura encontrada fue de macroalgas y hexacorales, los cuales se mantienen proporcionalmente similar en todas las zonas, los grupos que nos indican los cambios estructurales son lo menos dominantes, por lo que esponjas y octocorales estableces las marcadas diferencias entre las zonas indicándonos el tipo de ambiente predominante en cada zona. Como característica inerte del hábitat arrecifal podemos mencionar que los arenales y sustrato disponible como es el basamento y escombros son los de mayor importancia (Hernández F. & Alcolado, 2007). Entre la zona profunda y somera las condiciones del sustrato son similares en

proporción, una marcada diferencia es la presencia en el estrato profundo de *Millepora alcicornis*, que es muy abundante en este estrato.

La diversidad es importante para establecer las zonas de mayor importancia biológica, por sus características y heterogeneidad la zona sur es la de mayor importancia, la laguna al sur y el talud a sotavento norte son las aéreas de mayor diversidad biológica. Oscilando los valores de diversidad por debajo de los 4 bits/ind. (Connell, 1978; Wootton, 2001). Muchos estudios establecen que una integración de atributos de la comunidad deben ser considerados para establecer patrones estructurales, (Wilson, et al., 2003). Además de técnicas que evalúen no solo la diversidad, riqueza y abundancia, sino también la estructura filogenética que así vez podrá establecer diferencias estructurales y de complejidad en ambientes donde la misma madurez del sistema oculta las diferencias que muchas veces se notan a simple vista. De ahí la importancia de usar la diversidad taxonómica como otro atributo que nos permita establecer que zonas a pesar de su similitud es taxonómicamente diferente. La zona sur en ambos estratos profundo y somero y la laguna a barlovento norte son las zonas que taxonómicamente difieren del resto, (Allen, et al., 2009; Crame, 2001; Mouillot, et al., 2004).

## Conclusiones.

Las macroalgas y hexacorales son los grupos más abundantes en el arrecife.

Géneros como *Dictyota*, *Halimeda*, *Agaricia*, *Montastraea*, *Siderastrea* y *Porites*, son los más representativos de la comunidad.

La zona sur en general es la más diversa y abundante, en contraste con la zona norte donde se encontró la menor diversidad y riqueza.

En la zona somera dominaron macroalgas y Hexacorales, mientras que en la zona profunda, esponjas y los grupos mencionados anteriormente, caracterizan esta zona.

Comparando sotavento y barlovento no encontramos patrones evidentes que indiquen diferencias en la comunidad, principalmente debido a la distribución y abundancia de los taxa de esponjas y octocorales.

En los estratos somero y profundo se nota un patrón estructural que indica las diferencias que existen en las zonas someras con respecto a las profundas, la topografía submarina, la estabilidad que por miles de años han prevalecido en el arrecife, permite observar las claras diferencias estructurales que en él se desarrollan.

En el norte de la laguna arrecifal presenta la mayor cantidad de sustrato inerte (arena, coral muerto y escombros), seguido del talud sur y la laguna arrecifal sur.

El talud sur presento la mayor cobertura de flora y fauna arrecifal, siendo esta la zona con la mayor diversidad y riqueza. Es la zona del arrecife con mayor valor biológico para el arrecife Banco Chinchorro.

En general las zonas definidas en el arrecife para su estudio, mantienen niveles de diversidad muy similares, como lo observamos en el espectro de diversidad. Taxonómicamente la comunidad es mas diferente de lo que aparenta siendo más heterogénea en las zonas norte y sur de la laguna arrecifal, mientras que en las zonas del talud, es más homogénea, aunque más diversa.



## Bibliografía.

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

Allen, B., Kon, M., & Bar-Yam, Y. (2009). A new phylogenetic diversity measure generalizing the Shannon index and its application to phyllostomid bats. *The American Naturalist*, 174 (2).

Bak, R. P. M. & G. Nieuwland. 1995. Long-term change in coral communities a long depth gradient over leeward reefs in the Netherlands Antilles. *Bulletin of Marine Science*. 56(2): 609-619.pp.

Bell, G. (2001). Neutral macroecology. *Science* , 293, 2413-2418.

Bell, G. (2000). The distribution of abundance in neutral communities. *The American Naturalist* , 115 (5), 606-617.

Bell, G. (2003). The interpretation of biological surveys. *The Royal Society* , 270, 2531-2542 p.

Bertrand, Y., Pleijel, F., & Rouse, G. W. (2006). Taxonomic surrogacy in biodiversity assessments, and the meaning of Linnaean ranks. *Systematics and Biodiversity* , 4 (2), 149-159.

Bohnsack, J. A. 1979. Photographic Quantitative Sampling of Hard-Bottom Benthic Communities. *Bulletin of Marine Science*. 29(2): 242-252. 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. 1997. Sampling Design for the Study of Yucatan Reefs, Northwestern Caribbean. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp* 2. México. pp 1465-1470.

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

Chávez, E. A. & 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.

Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* , 199, 1302-1310.

Crame, J. A. (2001). Taxonomic diversity gradients through geological time. *Diversity and Distributions* , 7, 175-189.

Dahi, A. L. (1974). The structure and dynamics of benthic algae in the coral reef ecosystem. *Procc. 2th international Coral Reef Symposium* , 21-25.

Díaz-Francés, E., & Soberón, J. (2005). Statistical estimation and model selection of species-accumulation function. *Conservation Biology* , 19 (2), 569-573.

Done, T. J. (1981). Photogrammetry in coral ecology: a technique for the study of change in coral communities. *Procc. 4th International Coral Reefs Symposium* , 2, 315-320.

Dumas, P., Bertaud, A., Peignon, C., Léopold, M., & Pelletier, D. (2009). A "quick and clean" photographic method for the description of coral reef habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* , 368, 161-168.

Edmunds, P. J., & Bruno, J. F. (1996). The importance of sampling scale in ecology: kilometer-wide variation in coral reef communities. *Marine Ecology Progress Series* , 143, 165-171.

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.
- Geister, J. (1977). The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean coral reefs. *Procc. 3th International Coral Reef Symposium* , 23-29.
- Glynn, P. 1976. Some Physical and Biological Determinats 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.
- Grigg, R. W. (1983). Community structure, sucesion and development of coral reefs in Hawaii. *Marine Ecology Progress Series* , 11, 1-14.
- He, F., & Hu, X.-S. (2005). Hubell's fundamental biodiversity parameter and the Simpson diversity index. *Ecology Letters* , 8, 386-390.
- He, F., & Legendre, P. (2002). Species diversity patterns derived from species-area models. *Ecology* , 83 (5), 1185-1198.
- He, F., Gaston, K. J., & Wu, J. (2002). On species occupancy-abundance models. *Écosciense* , 9 (1), 119-126.
- Heck, K. L., Belle, G. V., & Simberloff, D. (1975). Explicit calculation of the rerefaction diversity measurement and the determination of sufficient sample size. *Ecology* , 56 (6), 1459-1461.
- Heino, J. (2005). The relationship between species richness and taxonomic distinctness in freshwater organisms. *Limnol. Oceanogr.* , 50 (3), 978-986.
- Hernández F., L., & Alcolado, P. M. (2007). Estructura de la comunidad de octocorales de una zona propuesta como área protegida en Cayo Coco, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* , 28 (3), 209-216.

Hill, M. O. (1972). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology* , 54 (2), 427-432.

Horta-Puga, G. & 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.

Humman P. & Deloach, N. (2002), Reef Creature Identification. Florida Caribbean Bahamas. Paramount Miller Graphics, Inc. p.320.

Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* , 52 (4), 577-586.

James, F. C., & Rathbun, S. (1981). Rarefaction, relative abundance, and diversity of avian communities. *The Auk* , 98, 785-800.

Jones, A. O. & 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.

Jordan, E., Merino, M., Moreno, O., & Martin, E. (1981). Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. *Procc. 4th International Coral Reef Symposium* , 2, 303-308.

Jordan, E., & Martin, E. (1987). Chinchorro: Morphology and composition of a Caribbean Atoll . *Atoll Research Bulletin* (310), p 34 .

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.

Keeley, J. E. (2003). Relating species abundance distributions to species-area curves in two Mediterranean-type shrublands. *Diversity and Distributions* (9), 253-259.

Kohler, K.E. & S.M. Gill 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, Vol. 32, No. 9, pp. 1259-1269.

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

Loreau, M. (1992). Species abundance patterns and the structure of ground-beetle communities. *Ann. Zool. Fennici* , 28, 49-56.

Loreto, R. M., Lara, M., & Schmitter-Soto, J. J. (2003). Coral reef fish assemblages at Banco Chinchorro, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* , 73 (1), 153-170.

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

Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. 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.

May, R. M. (1988). How many species are there on Earth? *Science* , 241, 1441-1449.

Mcfield M.D., P Hallock & 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.

Mouillot, D., Gaillard, S., Aliaume, C., Verlaque, M., Belsher, T., Troussellier, M., et al. (2004). Ability of taxonomic diversity indices to discriminate coastal lagoon environments based on macrophyte communities. *Ecological Indicators* , 5 (1), 1-17.

Muñoz-Chagín , R.F. & 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. Nat. Biodiversidad y CIQRO, México*, 865 pp.

Naumann, M. S., Niggli, W., Laforsch, C., Glaser, C., & Wild, C. (2009). Coral surface area quantification-evaluation of established techniques by comparison with computer tomography. *Coral Reefs* , 28, 109-117.

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

Pandolfi, J. M., & Jeremy, J. B. (2006). Ecological persistence interrupted in Caribbean coral reefs. *Ecology Letters* , 9, 818-826.

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.

Ramírez, D. C., Pérez, D. H., Sánchez, E. I., & Arellano C., G. (2002). Esfuerzo de muestreo para la evaluación de la diversidad colectada en Pit-Fall en la reserva nacional de Lachay- Perú. *Ecología Aplicada* , 1 (1), 37-42.

Ricotta, C., & Avena, G. C. (2003). An information-theoretical measure of taxonomic diversity. *Acta Biotheoretica* , 51, 35-41.

Ricotta, C., & Avena, G. C. (2002). On the information-theoretical meaning of Hill's parametric evenness. *Acta Biotheoretica* (50), 63-71.

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

Shumway, C. A., Hofmann, H. A., & Dobberfuhl, A. P. (2007). Quantifying habitat complexity in aquatic ecosystem. *Freshwater Biology* , 52, 1065-1076.

Somerfield, P. J., Clarke, R. K., Warwick, R. M., & Dulvy, N. K. (2008). Average functional distinctness as a measure of the composition of assemblages. *ICES Journal of Marine Science* , 62, 1462-1468.

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

Sullivan, K M. & 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.

Varona, G., Caballero, H., & de la Guardia, E. (2005). Estructura ecológica de la comunidad de gorgonáceos en la costa norte oriental de la Habana. *Rev. Invest. Mar.*, 26 (1), 27-36.

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

Webb, C. O. (2000). Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: An example for rain forest trees. *The American Naturalist* , 156 (2), 145-155.

Wilson, W. G., Lundberg, P., Vázquez, D. P., Shurin, J. B., Smith, M. D., Langford, W., et al. (2003). Biodiversity and species interactions: extending Lotka-Volterra community theory. *Ecology Letters* , 6, 944-952.

Wootton, J. T. (2001). Causes of species diversity differences: a comparative analysis of Markov models. *Ecology Letters* , 4, 46-56.

Zlatarski, V. N. (2007). Scleractinians of Yucatan Peninsula, México: Results of 1983-1984 investigation. *CICIMAR Océánides* , 22 (1,2), 45-116.

## **ANEXOS**



**Tabla A.1.** Lista taxonómica de macroalgas, esponjas, hidrocorales, octocorales y hexacorales. Se consultaron las obras de Human & Deloach (2002), AlgaBase (www.algaebase.org), Verón (2000), ITIS y WWW (World Wide Web).

## **Grupo Macroalgas**

Division Chlorophyceae

Clase Chlorophyceae

Orden Bryopsidales

### **Familia Caulerpaceae**

*Caulerpa cupressoides* (Lamouroux, 1809).

*Caulerpa racemosa* (Lamouroux, 1809).

*Caulerpa sertularioides* (Lamouroux, 1809).

### **Familia Halimedaceae**

*Halimeda discoidea* (Lamouroux, 1812).

*Halimeda opuntia* (Lamouroux, 1812).

### **Familia Udoteaceae**

*Avrainvillea asarifolia* (Decaisne, 1842).

*Halimeda copiosa* (Goreau & Graham).

*Halimeda goreau* (Lamouroux, 1812).

*Halimeda incrassata* (Ellis & Lamour).

*Halimeda lacrimosa* (Howe, 1909).

*Halimeda monile* (Lamouroux, 1812).

*Penicillus dumetosus* (Lamarck, 1813).

*Penicillus pyriformis* (Lamarck, 1813).

*Ripocephalus phoenix* (Kützing, 1843).

*Udotea* sp. (Lamouroux, 1812).

#### Orden Cladophorales

##### Familia **Anadyomenaceae**

*Anadyomede stellata* (Lamouroux, 1812).

##### Familia **Siphonocladaceae**

*Dictyosphaeria cavernosa* (Decaisne & Endlicher, 1843).

##### Familia **Valoniaceae**

*Valonia macrophysa* (Agardh, 1823).

*Valonia ventricosa* (Agardh, 1823).

#### Orden Dasycladales

##### Familia **Dasycladaceae**

*Dasycladus vermicularis* (Agardh, 1828).

#### Clase Fucophyceae

#### Orden Dictyotales

##### Familia **Dictyotaceae**

*Dictyota* sp (Lamouroux, 1809).

*Lobophora variegata* (Agardh, 1894).

*Padina boergesenii* (Adanson, 1763).

Orden Fucales

Familia **Cystoseiraceae**

*Turbinaria turbinata* (Linnaeus-kuntze).

Familia Sargassaceae

*Sargassum hystrix* (Agardh, 1820).

*Sargassum sp* (Agardh, 1820).

Clase Phaeophyceae

Orden Dyctiotaales

Familia **Dyctiotaceae**

*Padina jamaicensis* (Collins)

Clase Rhodophyceae

Orden Ceramiales

Familia **Ceramiaceae**

*Wrangelia sp* (Agardh, 1828).

Orden Gigartinales

Familia **Peyssoneliaceae**

*Peyssonnelia sp* (Decaisne).

Orden Nemaliales

Familia **Galaxauraceae**

*Galaxaura sp* (Lamouroux, 1812).

Division Rhodophyta

Clase Rhodophyceae

Orden Corallinales

Familia **Corallinaceae**

*Amphiroa rigida* (Lamouroux, 1812).

*Amphiroa tribulus* (Ellis & Solander) Lamouroux

*Jania* sp (Lamouroux, 1812).

## **Grupo Esponjas**

Phylum Porifera

Clase Demospongiae

Orden Agelasida

Familia **Agelasidae**

*Agelas clathrodes* (Schmidt, 1869).

*Agelas conífera* (Schmidt, 1870).

*Agelas dispar* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

*Agelas tubulata* (Lehnert & Van Soest, 1996).

*Agelas wiedenmyeri* (Alcolado, 1984).

Orden Astrophorida

Familia **Geodiidae**

*Geodia neptuni* (Sollas)

Orden Dictyoceratida

Familia **Irciniidae**

*Ircinia felix* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

*Ircinia strobilina* (Lamarck, 1816).

Orden Hadromerida

Familia **Clionidae**

*Anthosigmella varians* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

*Cliona aprica* (Pang, 1973).

*Cliona caribbaea* (Carter, 1882).

*Cliona delitrix* (Pang, 1974).

*Cliona langae* (Pang, 1973).

*Cliona tenuis* (Zea & Weil, 2003).

*Spheciospongia vesparium* (Lamarck, 1815).

Familia **Spirastrellidae**

*Diplastrella* sp (Topsent, 1918).

*Spirastrella coccínea* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

Orden Halisarcida

Familia **Halisarcidae**

*Halisarca* sp (Johnston, 1842).

Orden Haplosclerida

Familia **Callyspongiidae**

*Callyspongia plicifera* (Lamarck, 1814).

*Callyspongia vaginalis* (Lamarck, 1814).

Familia **Haplosclerina**

*Cribrochalina vasculum* (Schmidt, 1870).

Familia **Niphatidae**

*Niphates digitalis* (Lamarck, 1814).

*Niphates erecta* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

*Amphimedon compressa* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

Familia **Petrosiidae**

*Xetospongia muta* (Schmidt, 1870).

Familia **Phloeodictyidae**

*Calyx podatypa* (De Laubenfels, 1934).

*Oceanapia bartschi* (De Laubenfels, 1934).

Orden Poecilosclerida

Familia **Crambeidae**

*Monanchora barbadensis* (Hechtel, 1969).

Familia **Desmacellidae**

*Neofibularia nolitangere* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

*Ulosa ruetzleri* (Wiedenmayer, 1977).

Familia **Hymedesmiidae**

*Phorbas amaranthus* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

Familia **Iotrochotidae**

*Iotrochota birotulata* (Higgin, 1876).

Familia **Microcionidae**

*Holopsamma helwigi* (De Laubenfels, 1936).

*Rhaphidophlus juniperinus* (Lamarck, 1814).

Familia **Mycalidae**

*Mycale laevis* (Carter, 1882).

*Mycale laxissima* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

Familia **Raspailiidae**

*Ectyoplasia ferox* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

Familia **Tedaniidae**

*Tedania ignis* (Duchassaing & Michelotti, 1864)

Orden Spirophorida

Familia **Tetillidae**

*Cinachyrella sp* (Willson, 1925).

Orden Verongida

Familia **Aplysinidae**

*Aplysina cauliformis* (Carter, 1882).

*Aplysina fistularis* (Pallas, 1766).

*Aplysina fulva* (Pallas, 1776).

*Aplysina lacunosa* (Pallas, 1776).

*Pseudoceratina crassa* (Hyatt, 1875).

*Verongula gigantea* (Hyatt, 1975).

*Verongula rigida* (Esper, 1794).

## **Grupo Hidrozoarios**

Phylum Cnidaria

Clase Hydrozoa

Orden Anthoathecatae

Familia **Milleporidae**

*Millepora alcicornis* (Linneus, 1758).

*Millepora complanata* (Lamarck, 1816).

*Millepora squarrosa* (Lamarck, 1816).

*Stylaster roseus* (Pallas, 1766).

## **Grupo Octocorales**

Clase Anthozoa

Orden Alcyonacea

Familia **Anthothelidae**

*Diodogorgia nodulifera* (Hargitt & Rogers, 1901).

*Erythropodium caribaeorum* (Duchassaing & Michelotti, 1860).



Familia **Briaridae**

*Briareum asbestinum* (Pallas, 1766).

Familia **Clavulariidae**

*Carijoa riisei* (Duchassaing & Michelotti, 1860).

Familia **Ellisidae**

*Ellisella barbadensis* (Duchassaing & Michelotti, 1864).

*Ellisella elongata* (Pallas, 1766).

Familia **Gorgoniidae**

*Gorgonia flabellum* (Linnaeus, 1758).

*Gorgonia mariae* (Bayer, 1961).

*Gorgonia ventalina* (Linnaeus, 1758).

*Iciligorgia schrammi* (Duchassaing, 1870).

*Leptogorgia hebes* (Verrill, 1869).

*Leptogorgia miniata* (Milne-Edwards & Haime, 1857).

*Pseudopterogorgia americana* (Gmelin, 1791).

*Pseudopterogorgia bipinnata* (Verrill, 1864).

*Pseudopterogorgia sp* (Kükenthal, 1919)

*Pterogorgia anceps* (Pallas, 1766).

*Pterogorgia citrina* (Esper, 1792).

*Pterogorgia guadalupensis* (Duchassaing and Michelin, 1846).

Familia **Plexauridae**

*Eunicea calyculata* (Ellis & Solander, 1786).

*Eunicea mammosa* (Lamouroux, 1816).

*Eunicea palmeri* (Bayer, 1961).

*Eunicea succinea* (Pallas, 1766).

*Muricea laxa* (Verrill, 1864).

*Muricea pendula* (Verrill, 1864).

*Muricea pinnata* (Bayer, 1961).

*Muriceopsis flavida* (Lamarck, 1815).

*Plexaura flexuosa* (Esper, 1792).

*Plexaura homomalla* (Esper, 1792).

*Plexaurella nutans* (Duchassaing & Michelotti, 1860).

*Plexaurella sp* (Valenciennes, 1855).

*Pseudoplexaurella sp*

**Grupo Hexacorales**

Orden Scleractinia

Familia **Acroporidae**

*Acropora cervicornis* (Lamarck, 1816).

*Acropora palmata* (Lamarck, 1816).

Familia **Agariciidae**

*Agaricia agaricites* (Linnaeus, 1758).

*Agaricia fragilis* (Dana, 1846).

*Agaricia humilis* (Verrill, 1902).

*Agaricia lamarcki* (Milne-Edwards & Haime, 1851).

*Agaricia tenuifolia* (Dana, 1846).

*Agaricia undata* (Ellis & Solander, 1786).

*Leptoseris cucullata* (Ellis and Solander, 1786).

Familia **Astrocoeniidae**

*Stephanocoenia intersepta* (Lamarck, 1816).

*Stephanocoenia michelinii* (Milne-Edwards & Haime, 1848).

Familia **Caryophylliidae**

*Eusmilia fastigiata* (Pallas, 1766).

*Phyllangia americana americana* (Milne-Edwards & Haime, 1849).

Familia **Faviidae**

*Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772).

*Diploria clivosa* (Ellis & Solander, 1786).

*Diploria labyrinthiformis* (Linnaeus, 1758).

*Diploria strigosa* (Dana, 1846).

*Favia fragum* (Esper, 1795).

*Montastraea annularis* (Ellis & Solander, 1786).

*Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767).

*Montastraea faveolata* (Ellis & Solander, 1786).

*Montastrea franksi* (Gregory, 1895).

*Solenastrea bournoni* (Milne-Edwards & Haime, 1850).

Familia **Meandrinidae**

*Dichocoenia stellaris* (Milne-Edwards & Haime, 1848).

*Dichocoenia stokes* (Milne-Edwards & Haime, 1848).

*Meandrina meandrites* (Linnaeus, 1758).

Familia **Mussidae**

*Isophyllastrea rigida* (Dana, 1846)

*Mycetophyllia aliciae* (Wells, 1973)

*Mycetophyllia danaana* (Milne-Edwards & Haime, 1849).

*Mycetophyllia ferox* (Wells, 1973).

*Mycetophyllia lamarckiana* (Milne-Edwards & Haime, 1848).

Familia **Pocilloporidae**

*Madracis decactis* (Lyman, 1859).

*Madracis mirabilis* (Lyman, 1859).

*Madracis pharensis* (Lyman, 1859).

*Madracis senaria* (Lyman, 1859).

Familia **Poritidae**

*Porites astreoides* (Lamarck, 1816).

*Porites branneri* (Rathbun, 1888).

*Porites colonensis* (Zlatarski, 1990).

*Porites divaricata* (Lesueur, 1821).

*Porites furcata* (Lamarck, 1816).

*Porites porites* (Pallas, 1766).

Familia **Siderastreidae**

*Siderastrea radians* (Pallas, 1766).

*Siderastrea siderea* (Ellis & Solander, 1786).

*Siderastrea stellata* (Verrill, 1868).

**Tabla A.2.** Abundancia absoluta por zona [LBS) Laguna barlovento sur, TBS) Talud barlovento sur, LBN) Laguna barlovento norte, TSS) Talud sotavento sur, LSN) Laguna sotavento norte, TSN) Talud sotavento norte, LSS) Laguna sotavento sur, SUR) Punta sur, TBN) Talud barlovento norte] del arrecife Banco Chinchorro.

Especies	LBS	TBS	LBN	TSS	LSN	TSN	LSS	SUR	TBN
<b>MACROALGAS</b>									
<i>Amphiroa rigida</i>	37	71	23	3	19	29	52	13	82
<i>Amphiroa tribulus</i>	2	18	1	0	5	2	16	0	0
<i>Anadyomede stellata</i>	0	6	3	0	6	2	0	0	0
<i>Avrainvillea asarifolia</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Caulerpa cupressoides</i>	0	0	0	2	0	0	5	4	0
<i>Caulerpa racemosa</i>	1	0	0	5	0	0	1	3	0
<i>Caulerpa sertularioides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dasycladus vermicularis</i>	0	1	0	0	2	0	0	0	0
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	3	2	0	0	7	0	0	0	0
<i>Dictyota sp.</i>	234	299	246	44	487	208	31	280	98
<i>Galaxaura sp.</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Halimeda copiosa</i>	5	59	3	341	0	14	11	6	15
<i>Halimeda discoidea</i>	2	79	87	0	112	141	180	156	132
<i>Halimeda goreau</i>	0	1	0	21	0	140	0	1	0
<i>Halimeda incrassata</i>	2	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Halimeda lacrimosa</i>	0	8	16	0	1	10	19	13	0
<i>Halimeda monile</i>	2	1	1	2	0	1	4	24	2
<i>Halimeda opuntia</i>	11	86	1	47	3	5	15	0	0
<i>Jania sp.</i>	2	2	5	2	3	14	85	14	7
<i>Lobophora variegata</i>	50	17	0	9	5	8	13	41	47
<i>Padina boergesenii</i>	2	1	0	0	0	0	0	2	0
<i>Padina jamaicensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Penicillus dumetosus</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Penicillus pyriformis</i>	0	1	0	0	6	0	1	0	0
<i>Peyssonnelia sp.</i>	0	26	0	2	4	3	0	1	10
<i>Ripocephalus phoenix</i>	1	0	0	5	31	0	0	0	0
<i>Sargassum hystrix</i>	0	64	1	0	10	28	25	0	110
<i>Sargassum sp.</i>	18	36	0	52	0	0	9	1	0
<i>Turbinaria turbinata</i>	65	8	6	0	191	2	46	1	8
<i>Udotea sp.</i>	0	4	1	3	15	35	25	4	36
<i>Valonia macrophysa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Valonia ventricosa</i>	0	1	0	0	0	0	2	0	0
<i>Wrangelia sp.</i>	0	237	3	0	19	4	216	0	2
<b>ESPONJAS</b>									
<i>Agelas clathrodes</i>	14	8	0	34	10	11	6	12	2
<i>Agelas conifera</i>	0	27	3	49	8	13	19	54	9

<i>Agelas dispar</i>	0	34	0	18	0	6	0	0	5
<i>Agelas tubulata</i>	0	7	1	0	2	4	7	0	0
<i>Agelas wiedenmyeri</i>	17	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Amphimedon compressa</i>	0	0	1	1	0	8	0	0	0
<i>Anthosigmella varians</i>	0	9	0	12	0	0	0	0	1
<i>Aplysina cauliformis</i>	8	40	1	39	20	22	49	14	2
<i>Aplysina fistularis</i>	8	11	7	6	1	6	0	2	0
<i>Aplysina fulva</i>	15	18	2	27	3	35	47	20	5
<i>Aplysina lacunosa</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Callyspongia plicifera</i>	0	0	2	26	0	8	0	2	0
<i>Callyspongia vaginalis</i>	22	12	0	13	33	14	34	0	3
<i>Calyx podatypa</i>	4	2	0	10	0	25	0	0	0
<i>Cinachyrella</i> sp	0	2	0	1	0	5	0	0	0
<i>Cliona aprica</i>	0	2	1	0	0	6	4	0	0
<i>Cliona caribbaea</i>	0	0	0	7	0	26	0	0	14
<i>Cliona delitrix</i>	1	0	0	11	2	23	15	5	1
<i>Cliona langae</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	2
<i>Cliona tenuis</i>	0	0	6	0	0	1	0	1	0
<i>Cribrorchalina vasculum</i>	0	1	0	4	0	0	0	0	0
<i>Diplastrella</i> sp	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Ectyoplasia ferox</i>	5	1	0	64	0	10	11	5	3
<i>Geodia neptuni</i>	0	0	0	6	0	0	0	0	0
<i>Halisarca</i> sp	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Holopsamma helwigi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Iotrochota birotulata</i>	23	8	0	0	12	0	0	0	0
<i>Ircinia felix</i>	0	1	0	5	8	2	6	0	3
<i>Ircinia strobilina</i>	7	10	0	8	10	11	13	6	6
<i>Monanchora barbadensis</i>	3	0	0	3	0	6	5	0	0
<i>Mycale laevis</i>	0	2	0	0	0	2	0	0	0
<i>Mycale laxissima</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Neofibularia nolitangere</i>	17	0	0	8	0	11	2	0	1
<i>Niphates digitalis</i>	2	3	0	8	0	7	0	2	1
<i>Niphates erecta</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	2
<i>Oceanapia bartschi</i>	0	0	0	3	0	0	1	0	0
<i>Phorbis amaranthus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pseudoceratina crassa</i>	27	20	1	46	7	13	37	12	12
<i>Rhaphidophlus juniperinus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spheciospongia vesparium</i>	3	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Spirastrella coccinea</i>	0	1	0	0	0	0	0	2	0
<i>Tedania ignis</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Ulosa ruetzleri</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Verongula gigantea</i>	6	0	0	22	0	1	9	0	0

<i>Verongula rigida</i>	0	7	0	0	5	0	9	0	2
<i>Xetospongia muta</i>	0	0	0	23	15	21	5	6	2
<b>HIDROCORALES</b>									
<i>Millepora alcicornis</i>	1	25	14	21	18	27	7	64	15
<i>Millepora complanata</i>	1	0	0	0	1	0	8	3	0
<i>Millepora squarrosa</i>	0	0	0	0	0	3	0	2	2
<i>Stylaster roseus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>OCTOCORALES</b>									
<i>Briareum asbestinum</i>	10	85	5	4	10	60	71	10	20
<i>Carijoa riisei</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>Diodogorgia nodulifera</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ellisella barbadensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ellisella elongata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erythropodium caribaeorum</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	0
<i>Eunicea calyculata</i>	0	9	1	12	28	33	32	33	5
<i>Eunicea mammosa</i>	0	34	1	11	0	7	0	7	5
<i>Eunicea palmeri</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Eunicea succinea</i>	0	8	0	0	0	19	1	0	8
<i>Gorgonia flabellum</i>	0	5	0	2	15	0	12	2	0
<i>Gorgonia mariae</i>	1	0	1	0	16	0	0	1	0
<i>Gorgonia ventalina</i>	7	49	18	6	23	18	10	3	5
<i>Iciligorgia schrammi</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Leptogorgia hebes</i>	0	4	1	0	0	0	0	1	0
<i>Leptogorgia miniata</i>	0	2	0	0	75	14	5	13	4
<i>Muricea laxa</i>	0	0	0	18	11	0	3	1	1
<i>Muricea pendula</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Muricea pinnata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Muriceopsis flavida</i>	4	5	34	8	106	33	2	91	10
<i>Plexaura flexuosa</i>	0	49	0	14	27	44	12	2	19
<i>Plexaura homomalla</i>	4	51	3	1	11	13	6	28	25
<i>Plexaurella nutans</i>	0	46	0	28	1	30	10	2	44
<i>Plexaurella sp.</i>	0	5	0	0	0	2	2	6	0
<i>Pseudoplaxaurella sp.</i>	0	0	0	0	17	16	1	0	0
<i>Pseudopterogorgia americana</i>	3	0	0	23	0	0	6	1	0
<i>Pseudopterogorgia bipinnata</i>	5	97	7	36	23	55	6	94	18
<i>Pseudopterogorgia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<i>Pterogorgia anceps</i>	0	0	0	4	0	0	0	17	0
<i>Pterogorgia citrina</i>	1	0	0	0	0	3	0	1	0
<i>Pterogorgia guadalupensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>HEXACORALES</b>									
<i>Acropora cervicornis</i>	0	0	0	0	33	0	0	0	0
<i>Acropora palmata</i>	0	0	0	0	0	0	0	33	0



<i>Agaricia agaricites</i>	137	122	26	57	122	145	60	41	69
<i>Agaricia fragilis</i>	0	1	0	32	0	9	0	0	0
<i>Agaricia humilis</i>	0	0	6	8	0	18	0	6	3
<i>Agaricia lamarcki</i>	0	0	0	0	0	0	5	2	0
<i>Agaricia tenuifolia</i>	18	38	21	0	65	0	0	23	0
<i>Agaricia undata</i>	0	0	1	0	0	0	0	2	2
<i>Colpophyllia natans</i>	0	21	7	7	24	37	4	13	6
<i>Dichocoenia stellaris</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Dichocoenia stokesi</i>	0	8	0	0	5	0	13	0	0
<i>Diploria clivosa</i>	0	0	0	0	0	0	17	0	0
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	15	53	29	1	0	30	31	0	3
<i>Diploria strigosa</i>	23	90	5	12	79	43	21	25	2
<i>Eusmilia fastigiata</i>	4	2	0	8	0	14	2	10	4
<i>Favia fragum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Isophyllastrea rigida</i>	0	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Leptoseris cucullata</i>	0	0	0	0	0	1	0	2	0
<i>Madracis decactis</i>	19	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Madracis mirabilis</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	1
<i>Madracis pharensis</i>	0	16	0	7	0	1	2	0	2
<i>Madracis senaria</i>	0	0	0	1	0	0	5	0	0
<i>Meandrina meandrites</i>	0	38	0	7	7	11	0	7	22
<i>Montastraea annularis</i>	149	54	70	20	86	138	31	69	64
<i>Montastraea cavernosa</i>	9	17	4	46	5	130	15	38	68
<i>Montastraea faveolata</i>	9	39	29	15	80	119	38	48	5
<i>Montastraea franksi</i>	0	0	10	11	16	84	22	17	17
<i>Mycetophyllia aliciae</i>	0	0	0	0	0	1	0	2	0
<i>Mycetophyllia danaana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Mycetophyllia ferox</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Mycetophyllia lamarckiana</i>	2	0	0	0	0	3	0	4	2
<i>Phyllangia americana americana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	4
<i>Porites astreoides</i>	28	79	27	2	18	44	142	51	31
<i>Porites branneri</i>	2	4	0	0	3	0	0	0	0
<i>Porites colonensis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porites divaricata</i>	9	19	13	6	13	16	11	12	3
<i>Porites furcata</i>	0	0	0	0	19	0	0	1	0
<i>Porites porites</i>	88	68	51	5	82	36	127	8	23
<i>Siderastrea radians</i>	0	10	0	0	3	5	1	2	37
<i>Siderastrea siderea</i>	45	162	9	29	60	49	131	22	32
<i>Siderastrea stellata</i>	0	3	0	1	0	0	0	0	0
<i>Solenastrea bournoni</i>	0	11	0	0	0	5	0	0	2
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Stephanocoenia michelinii</i>	0	5	0	15	0	0	0	3	11

