

UNIVERSIDAD DEL MAR



ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE CORALES Y CARACTERÍSTICAS
GEOMORFOLÓGICAS DE LOS ARRECIFES CORALINOS DE BAHÍAS DE
HUATULCO, OAXACA, MÉXICO.

TESIS PRESENTADA A LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA
UNIVERSIDAD DEL MAR, COMO REQUISITO NECESARIO PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS, CON ESPECIALIDAD EN BIOLOGÍA
MARINA.

Gerardo Esteban Leyte Morales
Junio del 2001.

RESUMEN

De junio de 1997 a agosto de 1998 se visitaron siete arrecifes ubicados en Bahías de Huatulco. Se obtuvieron datos de las características geomorfológicas, estructura comunitaria, variables fisicoquímicas y el valor de conservación para cada uno de los arrecifes. Se registró la presencia de seis géneros y catorce especies de corales hermatípicos. Lo que ubicó a los arrecifes de Bahías de Huatulco como los de mayor riqueza específica en comparación con otras localidades del Pacífico Mexicano. El tamaño de los arrecifes de Huatulco varió entre una y diez hectáreas. Todos los arrecifes se desarrollan en pequeñas bahías y por su estructura son de tipo bordeante presentando tres facies principales: una plataforma, un talud y la base arrecifal. El género *Pocillopora* fue el que presentó el mayor número de especies con siete, seguido de *Pavona* con tres especies. *Psammocora*, *Leptoseris*, *Fungia* y *Porites* presentaron una sola especie. Tres especies sólo se encontraron como fragmentos muertos (*Psammocora stellata*, *Leptoseris papyracea* y *Fungia distorta*). El desarrollo coralino en Bahías de Huatulco alcanza poca profundidad, siendo el límite máximo de desarrollo arrecifal a los 13.7 m. A esa profundidad, la cantidad de luz disminuye a menos del 10 % de la intensidad en superficie, debido a la considerable turbidez del agua, y ello representa un límite fisiológico para los corales y sus dinoflagelados simbiotes. Los arrecifes de La Entrega y San Agustín obtuvieron los menores valores de diversidad, los mayores de dominancia y los mas bajos de uniformidad debido a la elevada cobertura de *Pocillopora damicornis*. Durante el periodo de muestreo los valores promedio anual de temperatura (28.7°C) y salinidad (34.5 PSU) no variaron de los promedios históricos a pesar de que durante el periodo de muestreo el Pacífico oriental tropical estuvo bajo la influencia de un evento El Niño. La importancia de los arrecifes de Huatulco fue debida a su valor como atractivo y en segundo lugar por su valor de pesca. El valor de conservación por biodiversidad fue bajo debido a que los arrecifes están integrados principalmente por especies de amplia distribución en el Pacífico oriental tropical. Las localidades en las que coincidieron los valores más elevados por biodiversidad, pesca y atractivo son La Entrega, Isla Cacaluta y San Agustín, lo cual destacó a esas comunidades como importantes para su conservación.

DEDICATORIA

A la memoria de Eufrosina Leyte Pacheco

Herederas y transmisoras de la toltecayotl

AGRADECIMIENTOS

Se supone que en los agradecimientos se debe hacer una lista lo más grande posible de personas e instituciones que aportaron su granito de arena a que se concluyera satisfactoriamente el trabajo de tesis. Sin embargo, en esta ocasión, deseo hacer un tributo a la madre natura que, a través de una serie de casualidades, ha logrado que en nuestra especie coincida un cerebro lo suficientemente grande, un pulgar oponible y un huesito en la garganta. Todo lo cual nos permite pensar, comunicar nuestro pensamiento y desarrollar las herramientas que permiten llevar a cabo nuestro trabajo. Sin estos elementos nuestra historia estaría reducida al registro fósil.

A Heladio Spindola lo conocí como el lobo de mar al que hay que aprenderle a aullar. Me enseñó que al mar hay que tenerle respeto pero no miedo. Sin su empuje, a la primera que el mar nos trató mal (realmente mal) me hubiera dedicado a ocupaciones más pacíficas. A Hector Reyes-Bonilla un amigo común lo invitó por esta tierra temblorina a darse una vuelta. En ese tiempo estaba mi interés profesional oscilando entre los peces y los corales él fue el factor que terminó por inclinar el fiel de la balanza hacia los corales. De veras que su amor por México y su apoyo decidido a que la investigación científica se haga seriamente va a hacer que nuestro País tome el lugar que merece en la investigación. En el transcurso de nuestra vida muchas veces nuestro camino corre paralelo al de otras personas. Hay quien opina que es casualidad, yo creo que atrás de las cosas hay hilos invisibles que inducen, pero no obligan. Andrés López-Pérez hemos caminado juntos un buen tiempo, ahora tu camino te lleva

lejos. Sin embargo ten la certeza de que, en el lugar en que me encuentre, siempre serás mi Amigo.

A mi Familia, mi Gran Familia.

Finalmente también debo reconocer la aportación de muchas personas que contribuyeron a que esta tesis no fuera posible; a todos ellos, gracias, ya que un espíritu solo se temple al fuego y sin conocer el sabor de la tristeza no puedes paladear las alegrías de la vida. Después de todo, sin Judas la historia sería otra ¿no?.

RECONOCIMIENTOS

Al Sistema de Investigación Benito Juárez (SIBEJ-CONACyT) por el apoyo económico otorgado mediante el proyecto OAX-RNMA-004/96. A la Universidad del Mar por el apoyo con personal, infraestructura y equipo.

CONTENIDO

	Página
I. Introducción	1
I.1 Objetivo general	5
I.2 Objetivos específicos	6
I.3 Hipótesis de trabajo	6
I.4 Área de estudio	7
II. Metodología	9
II.1 Geomorfología	9
II.2 Variables físicas y químicas	12
II.3 Estructura comunitaria	14
II.4 Valor de conservación de los arrecifes	15
III. Resultados	17
III.1 Geomorfología	17
III.1.1 Tamaño, profundidad y perfil batimétrico	17
III.1.1.1 Isla Montosa	19
III.1.1.2 La Entrega	20
III.1.1.3 Violín	22
III.1.1.4 Isla Cacaluta	23
III.1.1.5 Las Dos Hermanas	24
III.1.1.6 Chachacual	26
III.1.1.7 San Agustín	27
III.2 Estructura de la comunidad	28
III.2.1 Riqueza específica	28
III.2.2 Cobertura y distribución	30
III.1.2.1 Isla Montosa	30
III.1.2.2 La Entrega	31
III.1.2.3 Violín	32
III.1.2.4 Isla Cacaluta	33
III.1.2.5 Las Dos Hermanas	34
III.1.2.6 Chachacual	35
III.1.2.7 San Agustín	36
III.2.3 Distribución batimétrica y cobertura	37
III.2.4 Índices ecológicos por localidad.	42
III.2.4.1 Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')	42
III.2.4.2 Índice de Dominancia de Simpson D	43
III.2.4.3 Índice de Uniformidad de Pielou (J')	44
III.2.5 Cobertura por genero y grupo funcional	45

	Página
III.3 Variables físicas y químicas	48
III.3.1 Temperatura	48
III.3.2 Salinidad	49
III.3.3 Disco de Secchi	49
III.3.4 Coeficiente de atenuación de la luz	49
III.3.5 Intensidad lumínica	51
III.4 Valor de conservación de los arrecifes	53
III.4.1 Biodiversidad	54
III.4.2 Atractivo	55
III.4.3 Pesca	55
IV. Discusión	56
IV.1 Geomorfología	56
IV.2 Estructura comunitaria	62
IV.3 Variables físicas y químicas	70
IV.4 Valor de conservación de los arrecifes.	72
V. Conclusiones	77
VI. Literatura citada	79

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
I	Temperatura y salinidad promedio para la zona de Bahías de Huatulco. (Datos obtenidos por la Secretaría de Marina en el periodo 1961 a 1974 en la estación Puerto Ángel, Oaxaca).	9
II	Dimensión y profundidad máxima alcanzada por las comunidades coralinas de Bahías de Huatulco.	18
III	Ocurrencia de especies de coral en siete arrecifes de Bahías de Huatulco	29
IV	Valores de importancia por biodiversidad, pesca y atractivo asignados a las especies localizadas en Bahías de Huatulco.	53

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Área de estudio y arrecifes coralinos analizados en 1997.	7
2	Heterogeneidad de un arrecife. A = aumento de profundidad, B = disminución de la profundidad, C = profundidad sin cambios. a = cambio en profundidad, b = distancia que avanza el transecto en línea recta y c = distancia que avanza el transecto sobre el arrecife (1 m).	11
3	Perfil batimétrico del arrecife en la Isla Montosa.	19
4	Perfil batimétrico del arrecife en La Entrega.	21
5	Perfil batimétrico del arrecife en Violín.	22
6	Perfil batimétrico del arrecife en la Isla Cacaluta.	23
7	Perfil batimétrico del arrecife en Las Dos Hermanas.	25
8	Perfil batimétrico del arrecife en Chachacual.	26
9	Perfil batimétrico del arrecife en San Agustín.	27
10	Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en la Isla Montosa. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	30
11	Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en La Entrega. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	31
12	Cobertura de coral vivo y sustrato libre del fondo marino en Violín. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	32
13	Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en la Isla Cacaluta. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	33

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
14	Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en Las Dos Hermanas. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	34
15	Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en Chachacual. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	35
16	Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en San Agustín. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	36
17	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Isla Montosa.	38
18	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en La Entrega.	38
19	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Violín.	39
20	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Isla Cacaluta.	39
21	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Las Dos Hermanas.	40
22	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Chachacual.	40
23	Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en San Agustín.	41
24	Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') para las localidades de estudio en Bahías de Huatulco. Las líneas indican la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	42
25	Índice de Dominancia de Simpson (D) para las localidades de estudio en Bahías de Huatulco. Las líneas indican la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	43

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
26	Índice de Uniformidad de Pielou (J'), para las localidades de estudio en Bahías de Huatulco. Las líneas indican la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	44
27	Cobertura por género de corales pétreos en los arrecifes de Bahías de Huatulco. Las columnas indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	46
28	Cobertura por grupo funcional de corales pétreos en los arrecifes de Bahías de Huatulco. Las columnas indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.	47
29	Variación de la salinidad (PSU) y temperatura (°C) a lo largo del ciclo anual 1997-1998 en el arrecife de Chachacual. Los puntos indican la media mensual, las líneas la desviación típica y los números indican el tamaño de muestra para cada mes.	48
30	Variación de la profundidad promedio mensual a la que se dejó de observar el disco de Secchi y del coeficiente de atenuación (K'Ds) en 1998. Los puntos indican la media, las líneas la desviación típica y los números indican el tamaño de muestra para cada mes.	50
31	Curvas de atenuación de la luz correspondientes a los meses con mayor y menor turbidez, así como de turbidez promedio anual. Las líneas indican el 30 y 10 % de la intensidad lumínica incidente en superficie, por lo que el punto donde intersectan la curva de absorción, corresponde a la profundidad donde se encuentra ese remanente.	52
32	Valor de conservación por biodiversidad, pesca y atractivo para los arrecifes de Bahías de Huatulco. Tamaño de muestra = 3 transectos.	54
33	Sección transversal esquematizada de un arrecife. Se muestran las facies principales identificadas en los arrecifes coralinos estudiados en Bahías de Huatulco.	58

Figura
34

Comparación del valor de conservación por biodiversidad para arrecifes de Bahías de Huatulco y Baja California Sur. El valor de conservación por biodiversidad para *P. damicornis* = 3. Datos de localidades de Baja California obtenidos de Reyes-Bonilla y Beltrán Ramírez (1999). Para las localidades de Huatulco tamaño de muestra = 3 transectos.

Página
74

I. Introducción

El estudio de los arrecifes coralinos en el Pacífico oriental tropical inició con menciones aisladas en el siglo XIX por parte de Grewingk (1838; cit. Squires, 1959) y Darwin (1842; cit. Glynn y Wellington, 1983), quienes recolectaron ejemplares de corales pétreos en el Golfo de California y en Galápagos, respectivamente. Aún así apenas a finales de ese siglo Verrill hizo la descripción de algunas especies presentes en la región (Verrill, 1864, 1866, 1868-1870, 1869a, 1869b, 1870). Nuevas expediciones hacia la región, a cargo de instituciones estadounidenses, fueron realizadas a mediados del siglo XX, visitando amplias zonas y logrando colecciones importantes de organismos arrecifales (Durham, 1947; Durham y Barnard, 1952; Squires, 1959). Como resultado de estos primeros trabajos, se formó la imagen de que la región estaba empobrecida tanto en formaciones arrecifales, como en especies de corales constructores de arrecifes. Esta idea se conserva actualmente, ya que se considera al Pacífico oriental tropical como una zona de desarrollo marginal para las comunidades arrecifales (Veron, 1995).

Adicionalmente, los estudios de la fauna coralina se concentraron en la parte sur del Pacífico oriental; incluso en fechas tan recientes como 1996, los estudios de biogeografía de corales incluían a toda la costa del Pacífico mexicano como una sola unidad, comparándola inclusive con lugares de mucha menor extensión de costa, como la Isla Malpelo, Colombia (Glynn, 1996).

En México, los aportes al conocimiento de las comunidades coralinas del Pacífico iniciaron en 1960 con un trabajo de la Isla Socorro (Villalobos, 1960; López-Pérez y Reyes-Bonilla, 2000). En la década de los 90's se publicaron los

primeros trabajos donde se analizó la información existente sobre paleontología, origen y ecología de las comunidades coralinas desde una perspectiva biogeográfica y, a pesar de que estaban enfocados al Golfo de California y las Islas Revillagigedo, se incluyeron menciones a las comunidades de Oaxaca (Reyes-Bonilla, 1990, 1992, 1993a, 1993b, 1993c). Posteriormente Reyes-Bonilla y López-Pérez (1998) realizaron un listado más detallado de las especies de corales hermatípicos del Pacífico de México, observaron los niveles de riqueza de especies además de describir los patrones generales de distribución geográfica del grupo y destacaron la importancia de Oaxaca como puerta de entrada para especies provenientes de Centroamérica. Cruz-Piñón y Reyes-Bonilla (1999), presentaron una revisión de los nombres válidos y sinonimias, diagnosis, clave de identificación y localidad tipo de los corales ahermatípicos de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Finalmente Glynn y Ault (2000) analizaron numéricamente la biogeografía de los corales hermatípicos en la región del Pacífico oriental tropical. En general, estos trabajos coinciden en mostrar que el Pacífico mexicano presenta formaciones coralinas de mayor complejidad y riqueza de especies que lo considerado con anterioridad.

En Oaxaca, la primer mención sobre corales pétreos la realiza Palmer (1928) quien describió a las especies *Pocillopora palmata* (*Pocillopora eydouxi*, Milne, Edwards y Haime, 1860), *Astrangia brownii*, Palmer, 1928 y *A. oaxacensis* (*A. dentata*, Verrill, 1866), además de la fisiografía de algunas comunidades coralinas de Puerto Ángel y Puerto Escondido. Por su parte Geister (1977) visitó Puerto Ángel y mencionó la existencia de especies de *Pocillopora* Lamarck, 1816 semejantes a las que existieron hasta el Pleistoceno en el Caribe. FONATUR

(1986) hizo un estudio de las áreas naturales con posibilidad de ser protegidas y mencionó la existencia de bancos de coral formados por el género *Pocillopora*, sin identificar ninguna especie. Rodríguez-Palacios *et al.* (1988) se enfocaron al estudio de los moluscos de Puerto Ángel y Bahías de Huatulco mencionando que en Maguey y La Entrega, se encontró gran biomasa de los corales *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) y *P. verrucosa* (Ellis y Solander, 1786), mientras que en Puerto Ángel estas especies son más escasas. Comas-Rodríguez y Pérez-Rojas (1991) describieron la forma del arrecife La Entrega. Mitchell-Arana (1994) y Mitchell-Arana y Gómez (1990) estudiaron la infauna asociada a coral en La Entrega, obtuvieron perfiles y la forma del arrecife, mencionando, además la existencia de *Pocillopora damicornis* y *P. verrucosa* como las especies de coral predominantes. A pesar de que los objetivos de los estudios fueron muy diferentes entre sí, y no hubo continuidad en ellos, un resultado común fue reconocer que, debido a sus características oceanográficas, la zona de las Bahías de Huatulco ha favorecido el desarrollo coralino.

Glynn y Leyte-Morales (1997) describieron los arrecifes coralinos de Huatulco e identificaron 12 especies de corales zooxantelados, adicionalmente analizaron las características de los arrecifes en el marco de su entorno oceánico con énfasis en corrientes, condiciones de surgencias y eventos de El Niño. Leyte-Morales (1997) por su parte describió la colección de corales de la Universidad del Mar y resumió los estudios existentes para el grupo realizados en la zona de Puerto Escondido – Huatulco, hasta esa fecha. Reyes-Bonilla y Leyte-Morales (1998) presentaron la riqueza de especies y las características de tres arrecifes cercanos a Puerto Ángel, considerando que están entre los mejor desarrollados en la costa

del Pacífico de México. Glynn *et al.*, (1999) describieron los impactos de los huracanes Olaf, Paulina y Rick de 1997 en los arrecifes de Oaxaca indicando que solo se observaron daños menores.

Los arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical, comúnmente no sobrepasan unas decenas de hectáreas por lo que han sido considerados comunidades pequeñas en comparación con sus contrapartes del Atlántico y del Indo-Pacífico (Glynn y Wellington, 1983). Los arrecifes que se encuentran en la costa continental, se desarrollan en agua somera y a profundidades no mayores de 15 metros (Glynn y Colgan, 1992; Glynn y Maté, 1996). Lo cual ha sido atribuido a la atenuación de la luz por la relativamente alta turbidez de las aguas costeras (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997). Adicionalmente, las comunidades presentan poca diversidad ya que están dominadas por una o pocas especies, siendo las principales *Pocillopora damicornis* y *Porites lobata* (Guzmán y Cortés, 1993). A pesar de la reducida extensión de las comunidades, se ha indicado la existencia de zonación, en la cual las especies de *Pocillopora* dominan la parte somera de los arrecifes (< 5 m) mientras que *Pavona* lo hace en la parte profunda (Guzmán y Cortés, 1993). Las comunidades coralinas del Pacífico oriental tropical frecuentemente se encuentran sometidas a perturbaciones naturales y antropogénicas, entre las que destacan, El Niño, surgencias, mareas rojas, desarrollo urbano y actividades pesqueras, entre otras (Glynn, 1990, 1994). Por lo que se han observado fenómenos de blanqueamiento masivo y aún la extirpación de especies (Glynn, 1990; Glynn y de Weerd, 1991).

En general, los arrecifes coralinos de Bahías de Huatulco, han sido descritos de manera cualitativa. Sin embargo, las metodologías cuantitativas permiten una descripción más adecuada de la comunidad arrecifal. Parámetros ecológicos como riqueza de especies, abundancia, diversidad, cobertura, densidad y zonación, son herramientas comunes y poderosas de comparación (Dodge *et al.* 1982). Adicionalmente, se debe considerar que se están operando cambios importantes en las Bahías de Huatulco, ya que en 1980 se concluyeron los accesos terrestres de Oaxaca, Acapulco y Salina Cruz. Luego, en 1984, iniciaron los trabajos para crear un megaproyecto turístico en la zona (FONATUR, 1986) y en 1998 se decretó una zona de 11 000 has como Parque Nacional (Diario Oficial de la Federación, 1998). Por lo que el presente trabajo pretende describir cuantitativamente la estructura de las principales comunidades coralinas de Huatulco.

I.1 Objetivo

Describir la estructura comunitaria y algunas características geomorfológicas importantes de los arrecifes coralinos de Bahías de Huatulco.

I.2 Objetivos específicos

Realizar un listado de las especies de corales pétreos presentes en las comunidades coralinas de Bahías de Huatulco.

Reconocer los principales aspectos geomorfológicos de las comunidades coralinas de Bahías de Huatulco, tales como localización, tamaño y perfil de las construcciones arrecifales.

Caracterizar la estructura de la comunidad de corales hermatípicos de Bahías de Huatulco utilizando descriptores comunitarios tales como diversidad, dominancia y equitatividad.

Describir las condiciones de temperatura, salinidad y turbidez en la que se desarrollan los arrecifes coralinos de Bahías de Huatulco.

I.3 Hipótesis de trabajo:

Debido a sus relaciones biogeográficas, los arrecifes de Bahías de Huatulco tienen una riqueza específica mayor que otras localidades del Pacífico Mexicano. Sin embargo, deben conservar características comunes a otros arrecifes del Pacífico Americano como lo son un tamaño pequeño y una baja diversidad debido a la elevada dominancia de *Pocillopora* spp.

I.4 Área de estudio

Las Bahías de Huatulco se localizan entre la desembocadura del Río Copalita ($15^{\circ}45'48''$ latitud Norte y $96^{\circ}04'56''$ longitud Oeste) y la Bahía de San Agustín ($15^{\circ}41'09''$ latitud Norte y $96^{\circ}14'05''$ longitud Oeste). Consisten de aproximadamente 35 km de costa, donde se alternan bahías, playas abiertas y acantilados (Fig. 1).

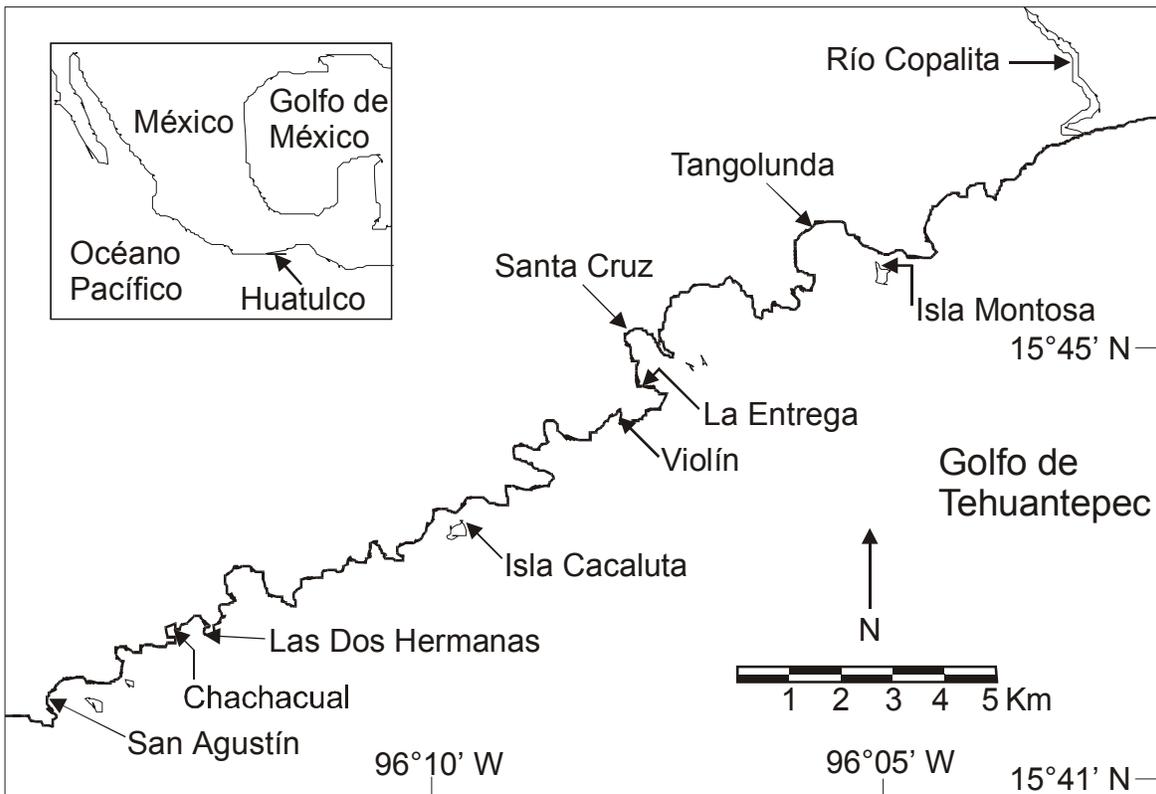


Figura 1. Área de estudio y arrecifes coralinos analizados en 1997.

El clima de la región es de tipo $A(W''o)(w)ig$; el cual es el más seco de los cálidos subhúmedos, con precipitación anual de 800 a 1200 mm, y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5% (García, 1973). Según Carranza-Edwards *et al.* (1975), la costa se ubica dentro de la unidad morfotectónica VIII (Puerto Vallarta-

Tehuantepec) y en la provincia fisiográfica de la zona montañosa de Guerrero y Oaxaca (Batolito de Oaxaca), formada por sierra baja compleja desde Puerto Ángel a Huatulco. Presenta plataforma continental angosta y línea de costa paralela a la Trinchera Mesoamericana. Siguiendo la clasificación geomorfológica de Shepard (1973), se encuentra un predominio de costas primarias formadas por movimientos de fallas, y costas de escarpes de falla.

Debido a que la precipitación en la región se concentra en los meses de junio a octubre, y a que existe escasa retención de humedad en el suelo, la zona carece de corrientes permanentes, excepto el Río Copalita (De la Lanza-Espino, 1991).

En relación con las características oceanográficas de mesoescala, la zona está dominada de enero a junio por la Corriente Norecuatorial Superficial con temperatura alta (mayor de 25°C) y baja salinidad (menor de 35‰). De julio a diciembre domina la Corriente Costera de Costa Rica, también con características tropicales y dirección al Oeste (Wyrcki, 1965; De la Lanza-Espino, 1991; Umatani y Yamagata, 1991; Fiedler, 1992). La temperatura superficial anual del agua fluctúa entre los 26° y 28°C, con una oscilación térmica de 3° a 4°C (Secretaría de Marina, 1978; Weare *et al.*, 1981) (Tabla I). La particularidad regional es que de noviembre a abril se presentan los vientos tehuanos que, al soplar sobre el Golfo de Tehuantepec, inducen el desplazamiento y mezcla de masas de agua a mesoescala que permiten el ascenso de agua fría y rica en nutrientes que disminuyen la temperatura superficial del océano (Lavín *et al.*, 1992).

Tabla I. Temperatura y salinidad promedio para la zona de Bahías de Huatulco. (Datos obtenidos por la Secretaría de Marina en el periodo 1961 a 1974 en la estación Puerto Ángel, Oaxaca).

TEMPERATURA		SALINIDAD	
MEDIA	28.2°C	MEDIA	34.6‰
MÁXIMA	34.4°C	MÁXIMA	40.1‰
MÍNIMA	20.5°C	MÍNIMA	17.3‰

II. Metodología

II.1 Geomorfología

De las comunidades coralinas descritas por Glynn y Leyte-Morales (1997), para las Bahías de Huatulco, se eligieron siete por ser las mayores y mejor conservadas. Cada una recibe el nombre de la bahía o playa a la que se encuentra adyacente y son: Isla Montosa, La Entrega, Violín, Isla Cacaluta, Las Dos Hermanas, Chachacual (Jicaral) y San Agustín. Las áreas coralinas fueron objeto de una visita y análisis prospectivo por buceo libre y autónomo, durante mayo y junio de 1997. Durante dichas visitas se registró el ancho y largo del arrecife mediante una cinta métrica graduada.

Para describir las características geomorfológicas, los siete arrecifes seleccionados fueron visitados de julio a septiembre de 1997. El perfil del arrecife se obtuvo colocando un transecto perpendicular a la costa desde la parte más somera (generalmente entre 0 y 1 m bajo el Nivel Medio del Mar) hasta la profunda (zona donde ya no se encuentran colonias coralinas). Durante este

recorrido se registró la profundidad para cada metro usando las lecturas de un profundímetro de aceite. El error del instrumento se obtuvo mediante la inmersión de una cuerda marcada cada metro y midiendo la profundidad indicada por el aparato para cotejarla con el valor de la cuerda. En todos los casos se registró la hora de inicio del trabajo y a intervalos hasta finalizar la inmersión. En gabinete se utilizaron tablas de marea (FONATUR, 1997, 1998) para ajustar las medidas de profundidad con respecto al Nivel Medio del Mar para las fechas y horas de trabajo de campo.

La heterogeneidad arrecifal se consideró como la diferencia en distancia que existe entre una línea recta ubicada entre el inicio y el final del arrecife y la línea que sigue el perfil del arrecife. Por lo cual, a mayor complejidad topográfica del sustrato mayor será la diferencia entre ambas líneas. Para cuantificar la heterogeneidad arrecifal se utilizó la trigonometría considerando que entre la distancia recorrida por la línea del transecto, y la profundidad, se forma parte de un triángulo rectángulo. Como se tiene el registro de la profundidad a cada metro, la diferencia de profundidad entre uno y otro metro es un cateto (a); y la hipotenusa (c) es igual a 1 ya que siempre se avanza un metro en el transecto. Entonces, mediante la fórmula $c^2 = a^2 + b^2$ se despejó el otro cateto (b), obteniendo la distancia en línea recta que se recorría cada vez que se avanzaba un metro en el transecto. Así, a lo largo de un transecto sólo se pueden encontrar tres opciones: que la profundidad aumente, que disminuya o permanezca igual. Al disminuir la profundidad, el cambio de profundidad indicaría un valor negativo, por lo que se tomó el valor absoluto de la profundidad. En el caso de que la profundidad no cambie ($a = 0$) el valor del cateto " b " es igual a 1. En el caso de

paredes con pendientes de 90°, el valor del cateto “a” es igual a 1 y el valor del cateto “b” es cero, lo que nos indica que a pesar de que el transecto avanza un metro, al estar en posición vertical, se permanece en el mismo lugar sin avanzar en distancia. Al sumar los resultados de la línea recta se pueden comparar con la distancia recorrida en el transecto, y así, obtener el número de metros adicionales producidos por la heterogeneidad del arrecife, lo que puede ser transformado luego a porcentajes (Fig. 2).

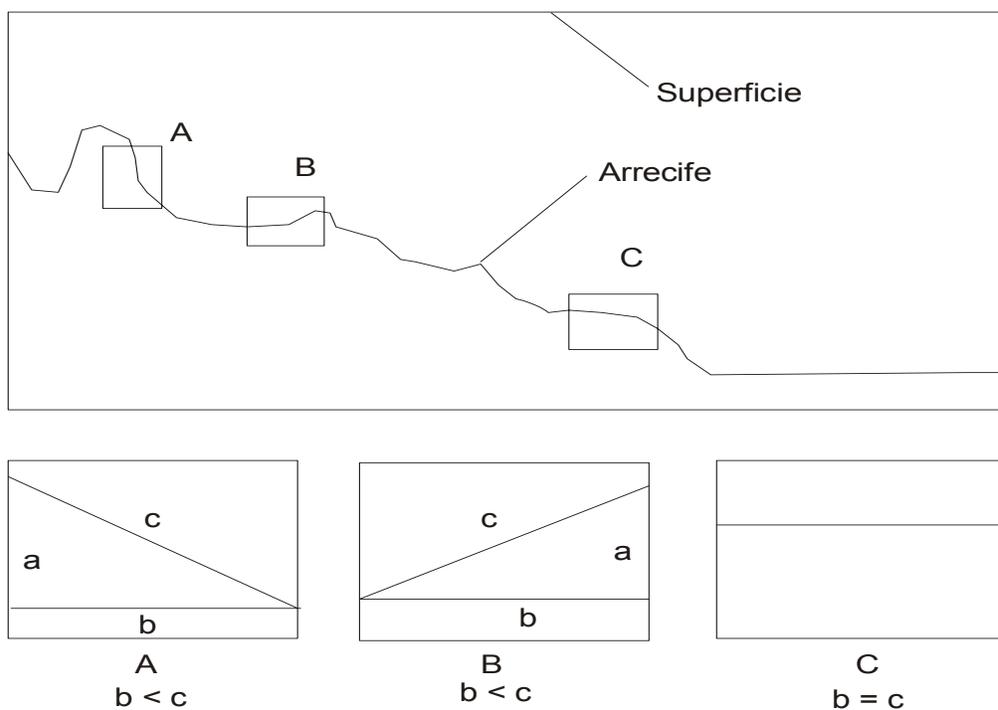


Figura 2. Heterogeneidad de un arrecife. A = aumento de profundidad, B = disminución de la profundidad, C = profundidad sin cambios. a = cambio en profundidad, b = distancia que avanza el transecto en línea recta y c = distancia que avanza el transecto sobre el arrecife (1 m).

II.2 Variables físicas y químicas.

Para describir las características del agua en que se desarrollan las comunidades locales, se determinaron algunas variables físicas y químicas del agua superficial. La temperatura, en °C y salinidad, en PSU, fueron cuantificadas utilizando un Hidrolab surveyor. Mientras que para la turbidez, se usó un disco de Secchi de 20 cm de diámetro realizando la lectura a medio día en el sitio de trabajo. De junio de 1997 a agosto de 1998, se registraron las variables a intervalos quincenales en la localidad de Chachacual, y de manera mensual, en el resto de los sitios. Adicionalmente, para determinar el coeficiente de atenuación promedio de la luz se optó por deducirlo indirectamente usando las lecturas obtenidas con el disco de Secchi y utilizando la fórmula de Poole y Atkins (1929), con la corrección de Walker (1980)

$$K'D_s = 1.45$$

Siendo

$K'D_s$ = Coeficiente de extinción de la luz.

D_s = Profundidad a la cual el disco de Secchi desaparece de la vista de un observador (m^{-1}).

1.45 = Constante

Asimismo, se determinó la profundidad a la cual la intensidad lumínica se reduce al 30 y 10% de la intensidad superficial en diferentes condiciones de turbidez. Estos valores poseen un importante significado biológico debido a que la simbiosis coral-alga enfrenta un límite fisiológico relacionado con la intensidad luminosa, mismo que puede ayudar a explicar la zonación vertical (Done, 1983; Titlyanov y Latypov, 1991). Para poder relacionar los valores del coeficiente de

atenuación de la luz, con la intensidad lumínica a distintas profundidades, se usó el modelo exponencial negativo de atenuación de la luz en el mar, basado en la ley de Lambert (Dietrich, 1980)

$$I_z = I_s * e^{-K'Ds z}$$

Donde:

I_z = Intensidad lumínica a una profundidad determinada (z)

I_s = Intensidad lumínica en superficie

e = Base de los logaritmos naturales

$K'Ds$ = Coeficiente de atenuación de la luz

z = Profundidad en metros

Como se conoce el valor del coeficiente de atenuación promedio K para cada uno de los muestreos y el valor de la base e , el único valor desconocido es la intensidad lumínica en superficie para Huatulco. Para deducirlo se utilizaron los datos de intensidad lumínica de 1958 y 1959 para una localidad frente a Huatulco, publicados por Blackburn *et al.* (1962). Mediante el modelo exponencial negativo se calculó la intensidad lumínica remanente conforme se aumenta la profundidad a intervalos de 1 metro. Este procedimiento se realizó utilizando los valores del coeficiente de extinción de la luz obtenidos en este trabajo. Al comparar los valores obtenidos a distintas profundidades, con la intensidad lumínica en superficie, se determinó a que profundidad se encuentra el 30 y 10% de luz remanente.

II.3 Estructura comunitaria

Para obtener datos de la cobertura de corales pétreos, se utilizó el método de transecto de banda, el cual se recorre transportando un cuadrante de PVC de 1 m² dividido en 100 cuadros de 10 cm por lado cada uno, e identificando las especies presentes y el número de cuadros cubiertos por cada una (Reyes-Bonilla, 1993a). Se realizaron tres transectos de 20 m de largo en cada uno de los arrecifes. Adicionalmente se recolectaron muestras de los corales para su posterior identificación taxonómica; siguiendo los criterios de Verrill (1864, 1866, 1868-70, 1869a, 1869b, 1870), Durham (1947) Durham y Barnard (1952), Squires (1959), Veron y Pichon (1976, 1980, 1982), Brusca (1980), Glynn y Wellington (1983), Veron (1993), Reyes-Bonilla, (1990) y Cortés y Guzmán, (1998).

Con los valores estimados de cobertura coralina, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') calculados en base e, uniformidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (Magurran, 1988). Adicionalmente se realizaron comparaciones de abundancia por género y grupo funcional (masivo vs. ramificado). Para determinar la existencia o no de diferencias significativas se utilizó un análisis de varianza de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homoscedasticidad inclusive después de aplicarles una transformación arcoseno (Zar, 1996). Para todas las pruebas se estableció como límite de significancia un error tipo I = 0.05. En caso de encontrar diferencias significativas se aplicó la prueba a posteriori de comparaciones múltiples no paramétricas de Nemenyi (Zar, 1996)

II.4 Valor de conservación de los arrecifes

El valor de conservación de los arrecifes se estimó mediante la fórmula de Done (1997) y Done y Reichelt (1998), modificada por Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez (1999). La fórmula base es:

$$\text{Valor de conservación} = \sum (C_j * 10^j)$$

Donde:

C_j = cobertura del coral (en porcentaje sobre el sustrato) de cada una de las j especies encontradas.

10^j = Constante arbitraria con el valor de 10, la cual es elevada a la potencia j de 1, 2 ó 3 según las características distintivas de cada especie.

El procedimiento usa tres criterios claves para cada arrecife: valor de conservación de biodiversidad, valor de conservación de pesca y valor de conservación de buceo. En este último caso se eligió cambiar la denominación a atractivo, en vez de buceo, debido a que en Huatulco las actividades turísticas más importantes en las zonas arrecifales son la natación y el snorkel.

Para asignar el valor de ponderación j a las especies encontradas en la zona de Huatulco se procedió de la siguiente manera:

Para asignar el valor j de biodiversidad, se consideró como referencia el trabajo de Glynn y Ault (2000) donde se menciona la distribución y abundancia relativa de las especies de corales del Pacífico oriental tropical. De acuerdo a dicho trabajo, se asignaron valores bajo los siguientes criterios:

- a) Si la especie es endémica de México, o de distribución en México limitada a Huatulco = 3
- b) Si la especie es americana, de amplia distribución = 2

- c) Si la especie es de amplia distribución en el Indo Pacífico y en el Pacífico Americano = 1

Para asignar el valor de conservación por pesca se consideró cuales especies de coral se exhiben para su venta tanto en la localidad, como en otros estados del país, y se asignó el valor de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Si la especie es objeto de extracción en Huatulco = 3
- b) Si la especie es objeto de extracción en otros lugares, pero no en Huatulco = 2
- c) Si la especie no es objeto de extracción = 1

Para el valor de conservación por atractivo, se preguntó a los visitantes de la colección de corales de la Universidad del Mar, respecto a las especies más llamativas y las menos llamativas asignando valores de acuerdo a

- a) Si la especie es llamativa, presenta formas vistosas = 3
- b) Si la especie es relativamente llamativa = 2
- c) Si la especie es poco atractiva o inconspicua = 1

III. Resultados:

III.1 Geomorfología

III.1.1 Tamaño, profundidad y perfil batimétrico

El orden del análisis de las localidades seguirá la dirección Este- Oeste, iniciando en la Isla Montosa y terminando en San Agustín.

Los arrecifes coralinos de Bahías de Huatulco se desarrollan en bahías independientes por lo que todos están físicamente aislados entre sí. Se desarrollan en sitios someros, adyacentes a la costa y no forman una laguna entre la cresta del arrecife y la tierra.

El tamaño de los arrecifes fue de unas pocas hectáreas. La comunidad más grande fue Las Dos Hermanas con 355 m de largo y 283 m de ancho, lo cual equivale a un poco más de 10 hectáreas. La profundidad máxima de los arrecifes se encontró entre 5.9 y 8.5 m excepto, Las Dos Hermanas que alcanza 13.7 m (Tabla II). La profundidad promedio (\pm desviación típica) fue de 7.95 ± 2.73 m ($n=7$).

Tabla II. Dimensión y profundidad máxima alcanzada por las comunidades coralinas de Bahías de Huatulco.

LOCALIDAD	LARGO MÁXIMO (m)	ANCHO MÁXIMO (m)	PROFUNDIDAD (m)
San Agustín	201	131	6.10
Las Dos Hermanas	355	283	13.7
Chachacual	85	58	5.9
Isla Cacaluta	160	86	8.3
Violín	150	92	6.9
La Entrega	324	233	8.46
Isla Montosa	236	50	6.3
MEDIA (Desv. Típica)	215.85(96.83)	133.28(90.28)	7.95(2.73)

II.1.1.1 Isla Montosa

En la parte norte de la Isla Montosa, entre el continente y la isla, se ubicó un arrecife de tamaño ligeramente mayor a una hectárea. Se encontró protegido del oleaje de tormenta debido a la presencia de grandes rocas en el fondo lo que hace que el oleaje incidente pierda fuerza al acercarse. Entre la costa y el inicio del arrecife, se encontró una zona de anchura variable compuesta de cantos rodados y rocas angulosas producidas por derrumbes, seguida de una pequeña plataforma arrecifal de 4 m de ancho, en promedio, la cual inició a 2-3 m de la costa. En ocasión de mareas bajas extremas, la parte superior queda expuesta al aire en forma de una cresta arrecifal. El talud inició a 1 m de profundidad, donde la pendiente se incrementa, y se extiende rápidamente hacia el fondo a 7 m donde termina en una planicie de arena (Fig. 3).

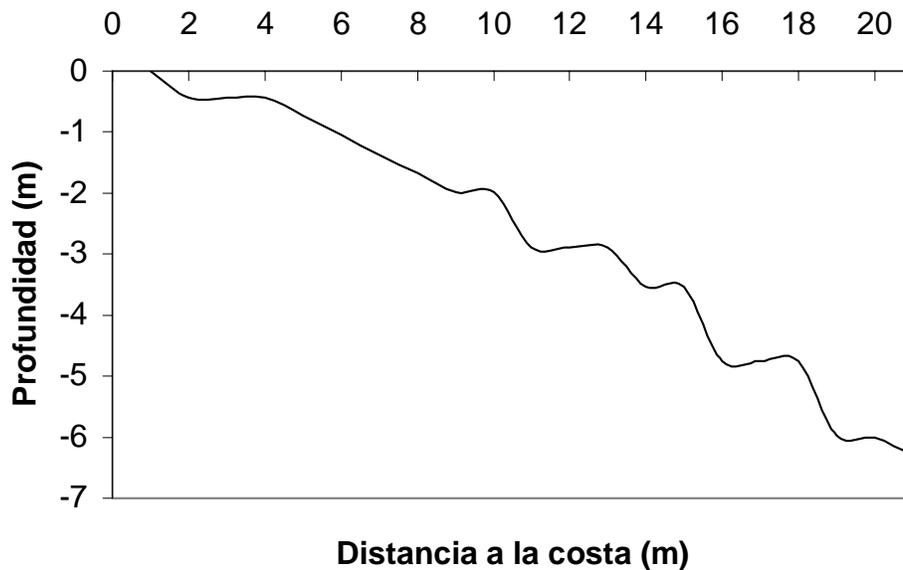


Figura 3. Perfil batimétrico del arrecife en la Isla Montosa.

III.1.1.2 La Entrega

El arrecife de La Entrega es uno de los más grandes en la región, ya que midió poco más de 7 hectáreas. Partiendo de la orilla, se encontró una zona arenosa cuya anchura varió entre 20 y 40 m y de 2 a 3 m de profundidad, dicha zona además presentó un manto de “rodolitos”. El arrecife inició con grandes colonias de coral que se levantan sobre el fondo arenoso disminuyendo la profundidad hasta 1 m. Luego se continuó en una plataforma ininterrumpida que gradualmente se hizo más profunda estabilizándose a los 3 m durante 100 m. A partir de ahí, se inició un aumento en la profundidad hasta un poco más de 8 metros, donde el arrecife terminó frente a una plataforma de arena. Esta última parte presentó un marcado incremento en la tridimensionalidad del arrecife ya que ocurren una mayor cantidad de surcos y depresiones que cruzan la plataforma (Fig. 4).

En la zona de contacto entre el arrecife y la arena, se pudieron encontrar gran cantidad de fragmentos de coral tanto vivos como muertos procedentes de la estructura principal. Los fragmentos son de *Pocillopora damicornis* (Linnaeus 1758), sin embargo, también se encontraron fragmentos muertos de *Psammocora stellata* (Verrill, 1866), *Fungia distorta* Michelin, 1842 y *Leptoseris papyracea* (Dana, 1846).

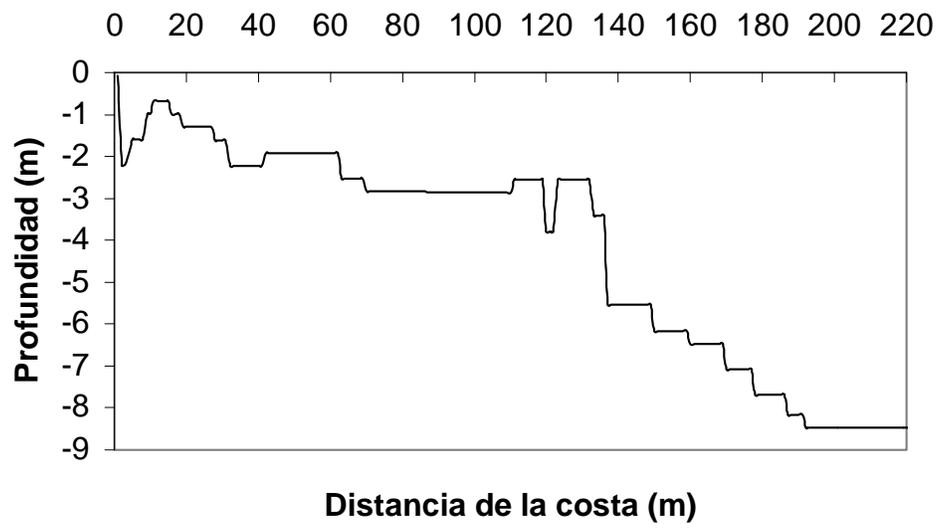


Figura 4. Perfil batimétrico del arrecife en La Entrega.

III.1.1.3 Violín

El Arrecife de Violín se localizó adyacente a la costa y a ambos lados de la bahía del mismo nombre, siendo interrumpido por un canal intermedio de arena. Sin embargo, el lado este de la bahía presentó la comunidad más grande, con tamaño superior a 1 hectárea. El arrecife de Violín se desarrolla sobre estructuras rocosas que sobresalen entre las colonias del coral. El arrecife alcanza la orilla iniciando su desarrollo a 2-3 m de distancia de la rompiente y a medio metro de profundidad, por lo cual en mareas bajas extraordinarias quedan algunas partes expuestas. Luego de esta zona, el arrecife inició un descenso gradual pero sostenido durante 90 m al final de los cuales, alcanza la profundidad máxima de 7 m en una plataforma de arena (Fig. 5). El arrecife presentó dos crestas rocosas que lo atraviesan lateralmente, donde hay colonias de *Pavona gigantea* (Verrill, 1869) y del coral ahermatípico *Tubastrea coccinea* (Lesson, 1829).

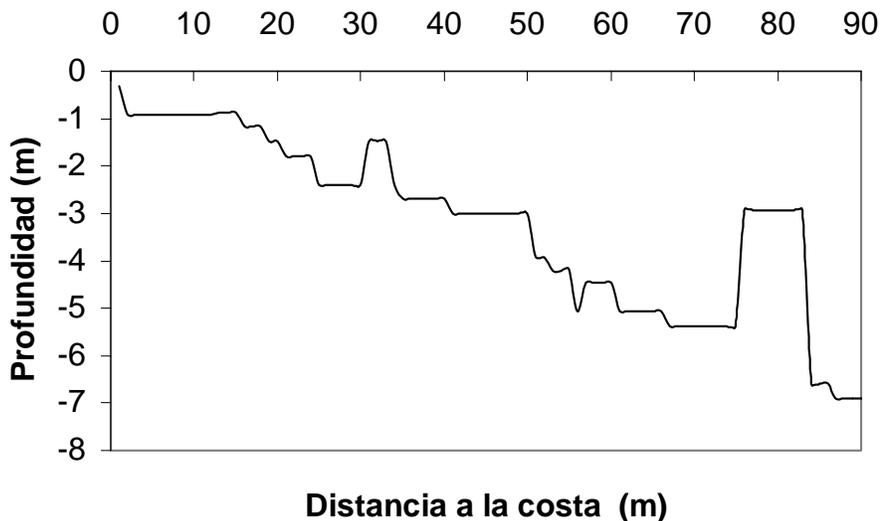


Figura 5. Perfil batimétrico del arrecife en Violín.

III.1.1.4 Isla Cacaluta

El arrecife de la Isla Cacaluta se localizó en la costa norte de la Isla del mismo nombre, zona en la cual, el oleaje disminuye de manera considerable. La costa es rocosa, con gran cantidad de cantos rodados y sin áreas de arena. El arrecife midió poco más de una hectárea e inicio su crecimiento a 3-5 m de la costa, con una profundidad mínima de 1.5 m. Esta zona posee una cresta arrecifal la cual se extiende por 8 metros y cuya profundidad aumenta lentamente. De manera eventual, se observaron grandes cantos rodados que sobresalían de entre el crecimiento coralino. A partir de los 10 metros de distancia, la profundidad aumentó en forma abrupta hasta los 4 m donde formó una plataforma al final de la cual se forma un nuevo talud. El arrecife terminó a los 8.3 m de profundidad al entrar en contacto con una plataforma arenosa (Fig. 6).

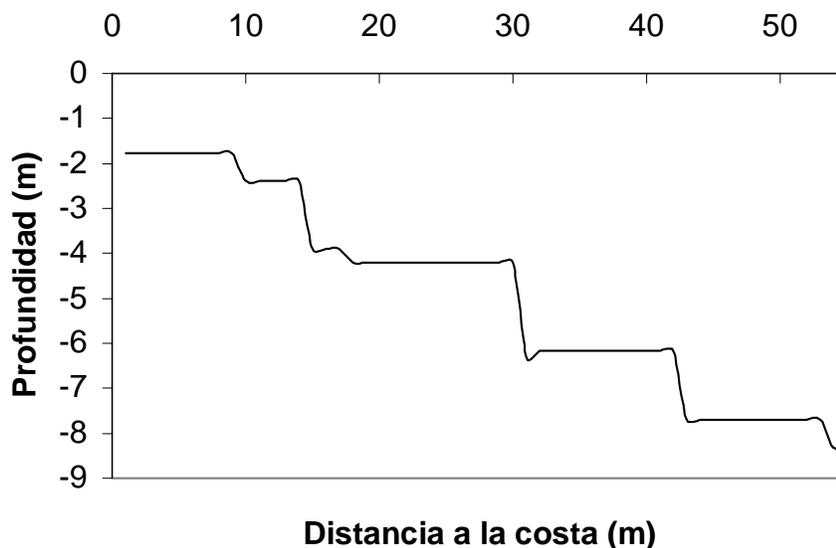


Figura 6. Perfil batimétrico del arrecife en la Isla Cacaluta.

III.1.1.5 Las Dos Hermanas

El arrecife de Las Dos Hermanas es el más grande y mejor conservado de toda la región. Su tamaño rebasó las 10 hectáreas y alcanzó profundidades de 13.7 m. En este arrecife se observó una zonación clara, siendo las especies del género *Pocillopora* dominantes en la parte somera y las especies de *Pavona* Lamarck, 1816 y *Porites* Link, 1807 en la profunda. La cresta arrecifal fue la de mayor extensión en la zona, su profundidad mínima fue de 20 cm por lo cual la mayor parte del coral está muerto y sólo se presentaron algunas colonias de tamaño pequeño y forma redondeada. Esta parte terminó en un talud abrupto que lleva rápidamente a los 4 m de profundidad. A partir de ahí, se inició una zona de colonias dispersas mezcladas con cantos rodados. Posteriormente aparecieron rocas fijas y de nuevo se incrementó la cobertura coralina. Si bien se observó la formación de plataformas y taludes, éstos fueron atravesados por surcos y crestas, lo cual le confirió mayor tridimensionalidad que al resto de los arrecifes de la zona. Cerca de los 200 metros de distancia de la costa, se observó la presencia de crestas rocosas que se elevan desde el fondo a 13 m alcanzando una profundidad de 10 metros (Fig. 7).

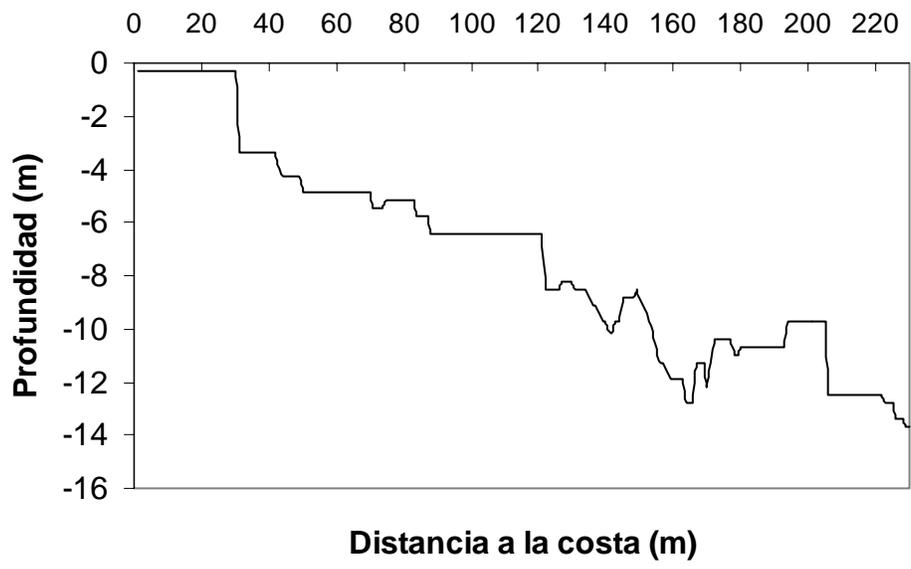


Figura 7. Perfil batimétrico del arrecife en Las Dos Hermanas.

III.1.1.6 Chachacual

El arrecife de Chachacual se encontró ubicado en una ensenada frente a la playa de Jicaral. Se trata de una comunidad pequeña, menor a 0.5 hectáreas y presentó signos de mortalidad masiva ya que el coral de las partes profundas está muerto e inclusive ya no se pudo discernir las colonias individuales por estar cubiertas de algas coralinas, semejando una estructura continua. En esta localidad, el arrecife se inició a 1 m de profundidad y se extendió en dirección Oeste hasta la profundidad de 7 m donde terminó en una zona arenosa. (Fig. 8).

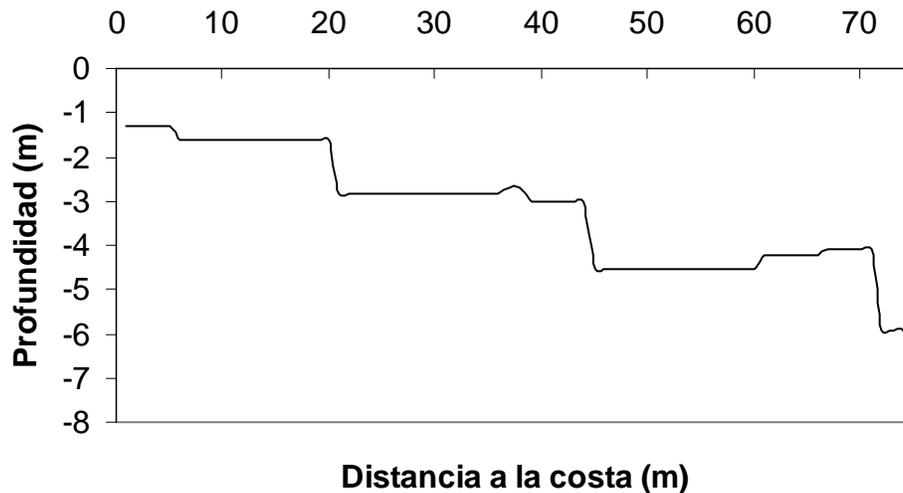


Figura 8. Perfil batimétrico del arrecife en Chachacual.

III.1.1.7 San Agustín

El arrecife de San Agustín sobrepasó las 2.5 hectáreas de tamaño. Se localizó en la parte Oeste de la Bahía de San Agustín e inicia a 3-5 m de la orilla. A partir de ahí, se inició una plataforma que gradualmente incrementó su profundidad, continuándose con un talud de pendiente pronunciada que terminó abruptamente en la zona arenosa. La presencia de una sola gran plataforma y un sólo talud, hace que su estructura parezca masiva con respecto a los otros arrecifes (Fig. 9). Aquí el coral muerto se encontró en la zona cercana a la superficie y no se observaron afloramientos rocosos en su estructura arrecifal, aunque en las inmediaciones existen crestas rocosas.

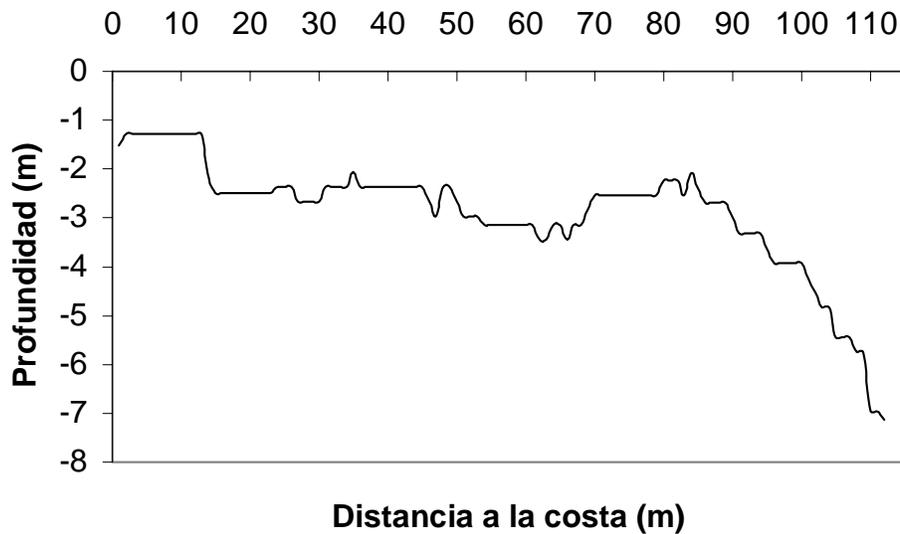


Figura 9. Perfil batimétrico del arrecife en San Agustín.

III.2 Estructura de la comunidad:

III.2.1 Riqueza específica

Se documentó la existencia de seis géneros y 14 especies de corales zooxantelados en la zona de Huatulco (Tabla III). El género *Pocillopora* es el que presentó el mayor número de especies con siete, seguido de *Pavona* con tres especies, mientras que los géneros restantes (*Psammocora*, Dana, 1846, *Leptoseris*, Milne Edwards y Haime 1846, *Fungia* y *Porites*) poseen una sola especie representándolos (Tabla III). Destaca la presencia de *Pocillopora inflata* Glynn, 1999 y *Pocillopora effusus* Veron, 2000 por ser especies cuya distribución en México está limitada a Huatulco. Adicionalmente tres especies sólo se encontraron como fragmentos muertos (*Psammocora stellata*, *Leptoseris papyracea* y *Fungia distorta*).

La Entrega fue la localidad con la mayor riqueza de especies (10) mientras que San Agustín posee la menor riqueza (5). El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis no indicó diferencias significativas en la riqueza de especies entre las comunidades ($H_{(6,7)}=6.00$; $p = 0.4232$).

Tres especies de corales zooxantelados (*Pocillopora damicornis*, *P. verrucosa* y *Porites panamensis*) fueron comunes a todos los arrecifes. La especie con mayor cobertura en todas las localidades fue *P. damicornis* con valores máximos en San Agustín y La Entrega. En contraste *Porites panamensis* presentó cobertura muy baja con un máximo de \bar{X} 1.81% \pm 1.59; $n = 3$, en Isla Montosa. Por lo que se le consideró un elemento importante por su presencia, pero con poca contribución a la cobertura coralina (Tabla III).

Tabla III. Ocurrencia de especies de coral en siete arrecifes de Bahías de Huatulco

	Isla Montosa	La Entrega	Violín	Isla Cacaluta	Las Dos Hermanas	Chachacual	San Agustín
<i>Pocillopora capitata</i>	X	X		X	X	X	X
<i>P. damicornis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>P. eydouxi</i>	X		X	X		X	
<i>P. inflata</i>		X					
<i>P. meandrina</i>	X		X	X	X	X	
<i>P. verrucosa</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>P. effusus</i>	X				X		
<i>Psammocora stellata</i>		X				X	
<i>Pavona clavus</i>					X		
<i>P. gigantea</i>	X	X	X		X	X	X
<i>P. varians</i>		X					
<i>Leptoseris papyracea</i>		X					
<i>Porites panamensis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fungia distorta</i>		X					
Total de especies	8	10	6	6	8	8	5
Especies en transectos	6	3	3	4	8	4	2

III.2.2 Cobertura y distribución.

III.2.2.1. Isla Montosa.

En la Isla Montosa se detectaron seis especies de coral en los transectos y dos más durante los recorridos. La cobertura coralina total promedio fue de 60.14%. La isla se caracterizó por poseer la mayor cobertura de *P. eydouxi* en la región ($\bar{X} = 42\% \pm 31.5$; $n = 3$). La roca fue el segundo elemento en importancia seguido por la arena. Las cinco especies restantes constituyeron el 18% de cobertura. El coral muerto ocupó solo el 2.3% del fondo por lo que fue un componente menor en este arrecife (Fig.10).

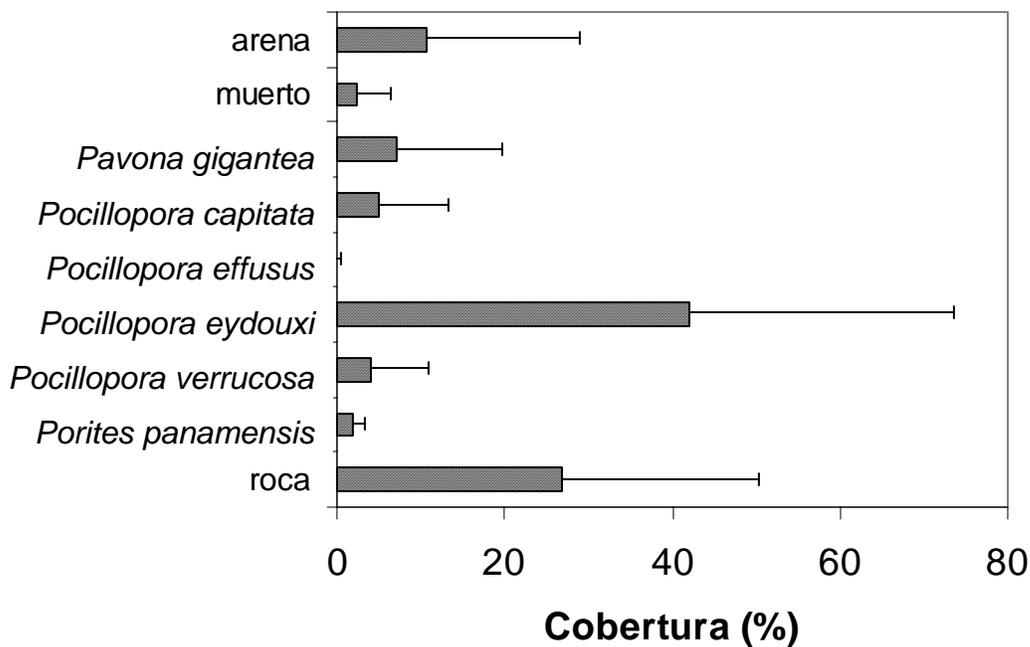


Figura 10. Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en la Isla Montosa. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.2.2. La Entrega.

En el arrecife de La Entrega se encontraron tres especies de coral en los transectos, *Pocillopora damicornis*, *P. capitata* y *P. verrucosa*; mientras que las siete restantes se encontraron durante los recorridos. La especie de mayor cobertura fue *P. damicornis* ($\bar{X} = 66 \pm 24.13\%$; $n = 3$), seguida del coral muerto y *P. capitata* quien ocupó el tercer lugar en importancia (Fig.11). El coral muerto correspondió a la especie *P. damicornis*, mismo que permanecía unido al fondo pero cubierto por algas verdes y coralinas.

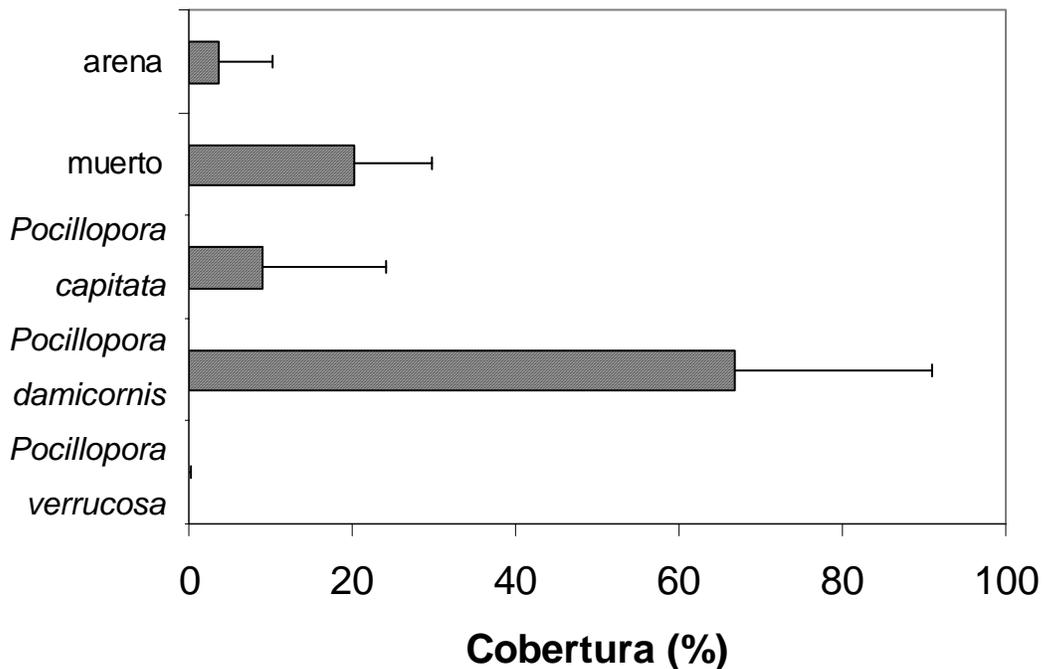


Figura 11. Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en La Entrega. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.2.3 Violín.

En el arrecife Violín, se registraron tres especies de coral en los transectos y tres más en los recorridos preliminares. El componente roca fue el constituyente principal del fondo ($\bar{X} = 71.87 \pm 29.11\%$; $n = 3$). La especie de coral más abundante fue *P. verrucosa*, seguida por *P. damicornis*. En este arrecife no se detectó la presencia de coral muerto ni algas (Fig. 12).

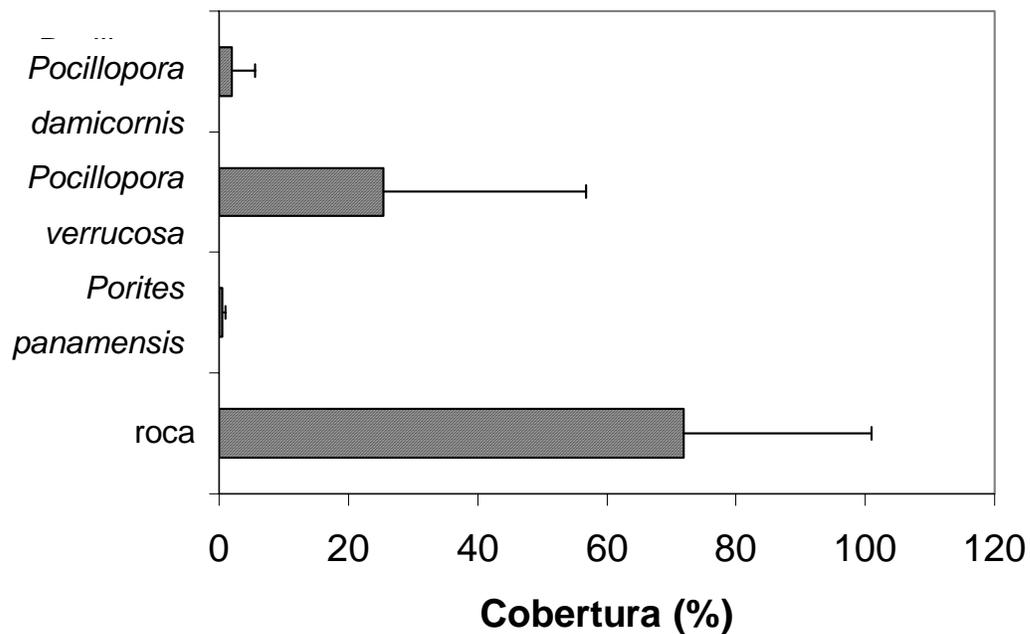


Figura 12. Cobertura de coral vivo y sustrato libre del fondo marino en Violín. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.2.4 Isla Cacaluta.

En el arrecife de Isla Cacaluta se registraron cuatro especies de coral en los transectos y dos más en los recorridos preliminares. La especie con mayor cobertura fue *P. damicornis* ($\bar{X} = 36.26 \pm 38.24\%$; $n = 3$), seguida por *P. capitata* y *P. verrucosa*. La arena, roca y rodolitos fueron componentes menores del arrecife. En esta comunidad no se encontró la presencia de coral muerto, fragmentos ni algas en cantidades apreciables (Fig.13).

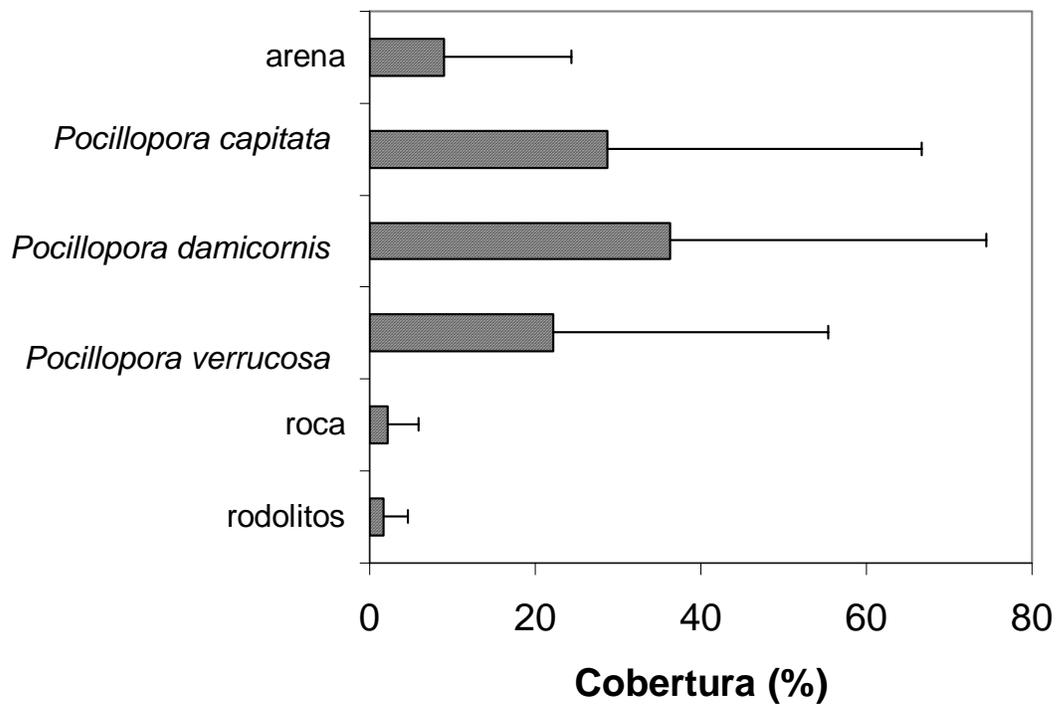


Figura 13. Cobertura de coral vivo y sustrato libre del fondo marino en la Isla Cacaluta. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.2.5 Las Dos Hermanas.

En el arrecife de Las Dos Hermanas, la roca y la arena fueron los elementos que cubrieron la mayor parte del fondo ($\bar{X} = 26.31\% \pm 31.17$ y $\bar{X} = 19.04\% \pm 29.99$; $n = 3$, respectivamente). En este arrecife, las ocho especies de coral presentes fueron registradas en los transectos. La especie que presentó mayor cobertura fue *P. verrucosa*, seguida de *P. damicornis* y *Pavona gigantea*. El porcentaje de cobertura de *Pavona gigantea* fue notable ya que en otros arrecifes sólo se encontró en forma de colonias aisladas. Se localizaron cantidades apreciables de coral muerto, pero no algas ni fragmentos (Fig.14).

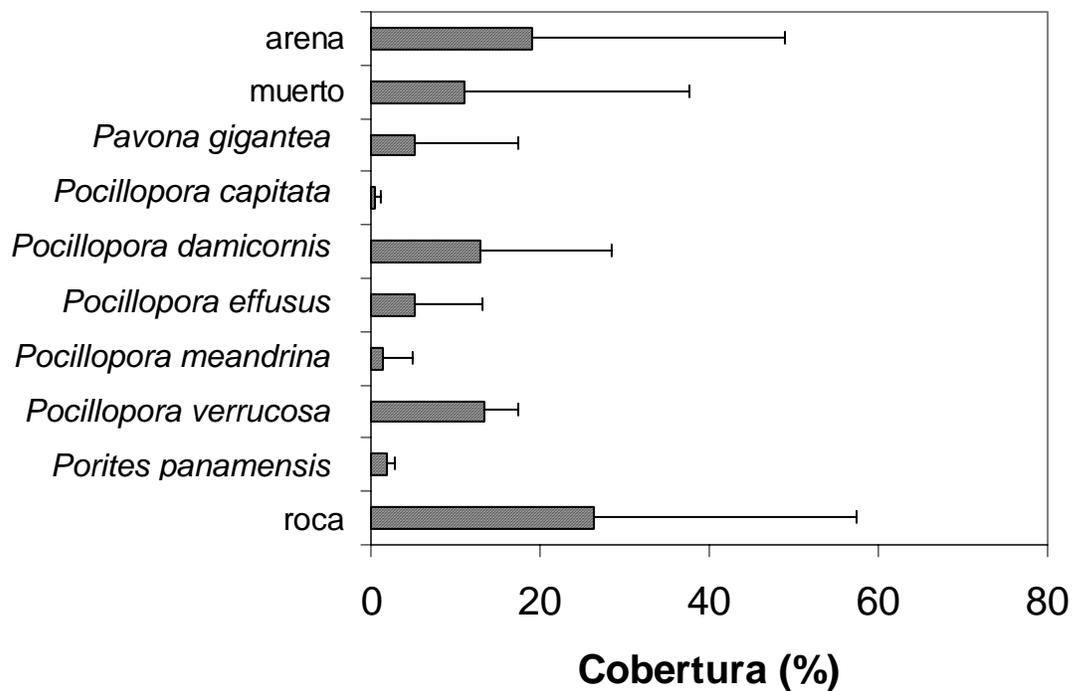


Figura 14. Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en Las Dos Hermanas. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.2.6 Chachacual.

En el arrecife de Chachacual se encontraron cuatro especies en los transectos y, cuatro más en los recorridos preliminares. La especie con mayor cobertura fue *P. damicornis* ($\bar{X} = 32.28 \pm 25.14\%$; $n = 3$) seguida de *P. verrucosa*, mientras que el coral muerto ocupó el tercer lugar. En este arrecife se localizó un área considerable de coral muerto que estaba cubierto completamente por algas coralinas. Debido a que no se apreciaba el esqueleto coralino y las algas coralinas constituyeron la forma más visible, se decidió cuantificar por separado esta zona (Fig. 15).

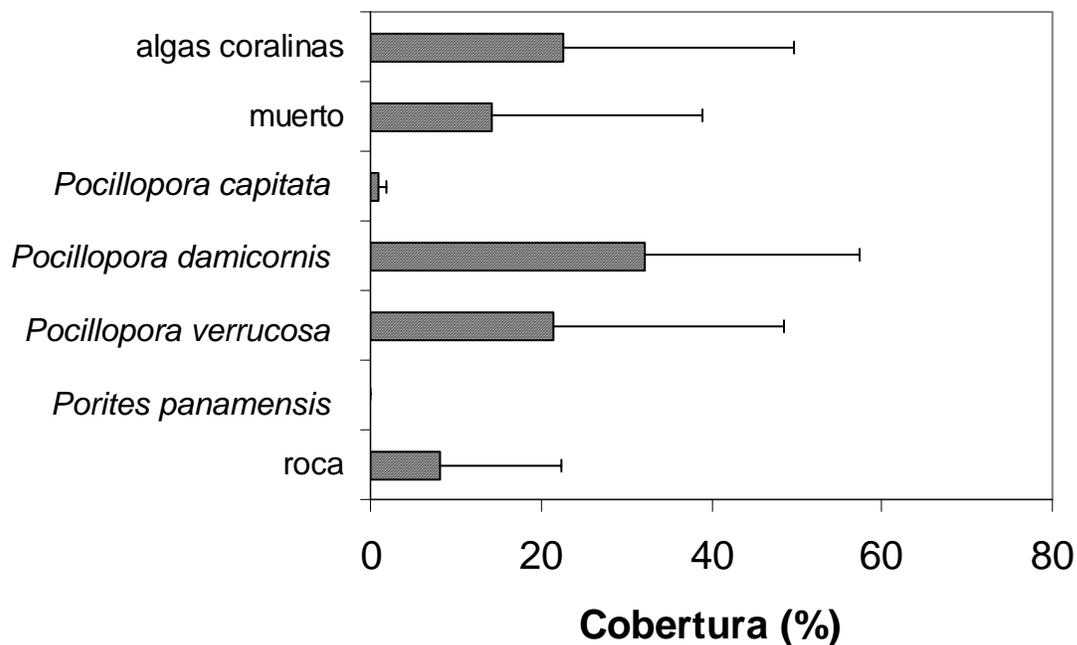


Figura 15. Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en Chachacual. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.2.7 San Agustín.

En el arrecife de San Agustín se localizaron dos especies de coral en los transectos. La especie que dominó el arrecife fue *P. damicornis* ($\bar{X}=71.29 \pm 33.08\%$; $n = 3$) y el segundo elemento del fondo fue el coral muerto. Tanto *Pocillopora capitata* como la arena fueron constituyentes menores del arrecife, con una cobertura coralina media menor al 1% (Fig. 16). No se encontraron cantidades apreciables de fragmentos ni de algas.

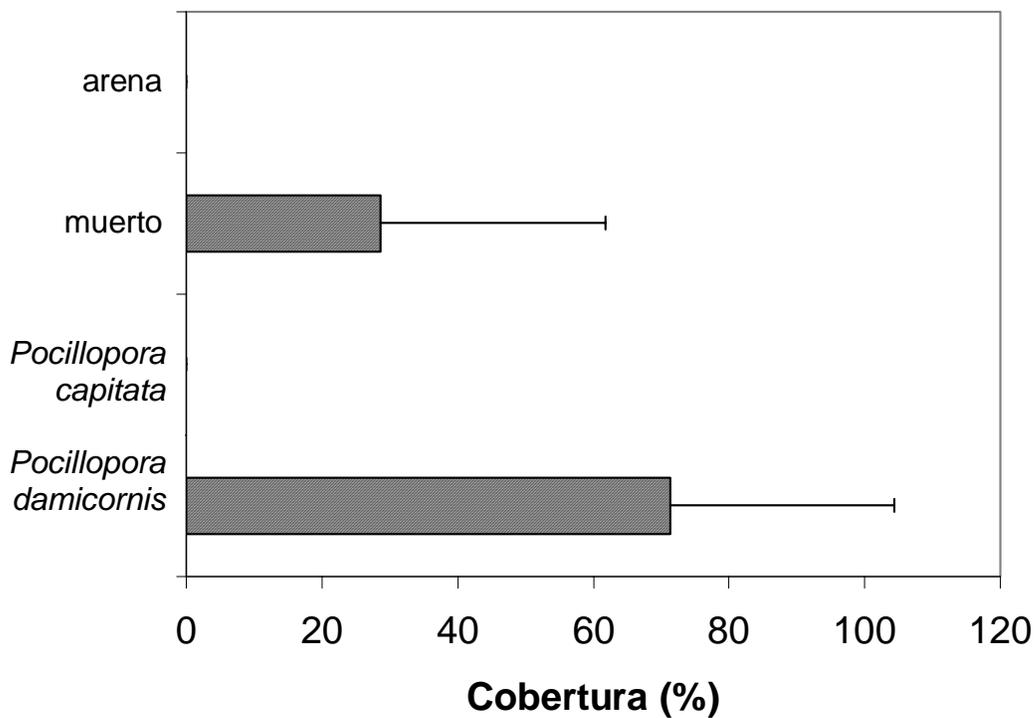


Figura 16. Cobertura de coral vivo, coral muerto y sustrato libre del fondo marino en San Agustín. Las barras indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.3 Distribución batimétrica y cobertura

El análisis de la variación de la cobertura de acuerdo a la profundidad indicó que, de los siete arrecifes, sólo Las Dos Hermanas presentó una zonación incipiente con las especies de *Pocillopora* ubicadas en la zona somera y las de *Pavona* en la parte profunda (Fig. 21). En el resto de los arrecifes, *Pavona* no se encuentra, o su distribución no siguió ningún patrón apreciable. En el caso de las especies de *Pocillopora*, tampoco se observó ninguna preferencia por profundidades particulares (Fig. 17-23).

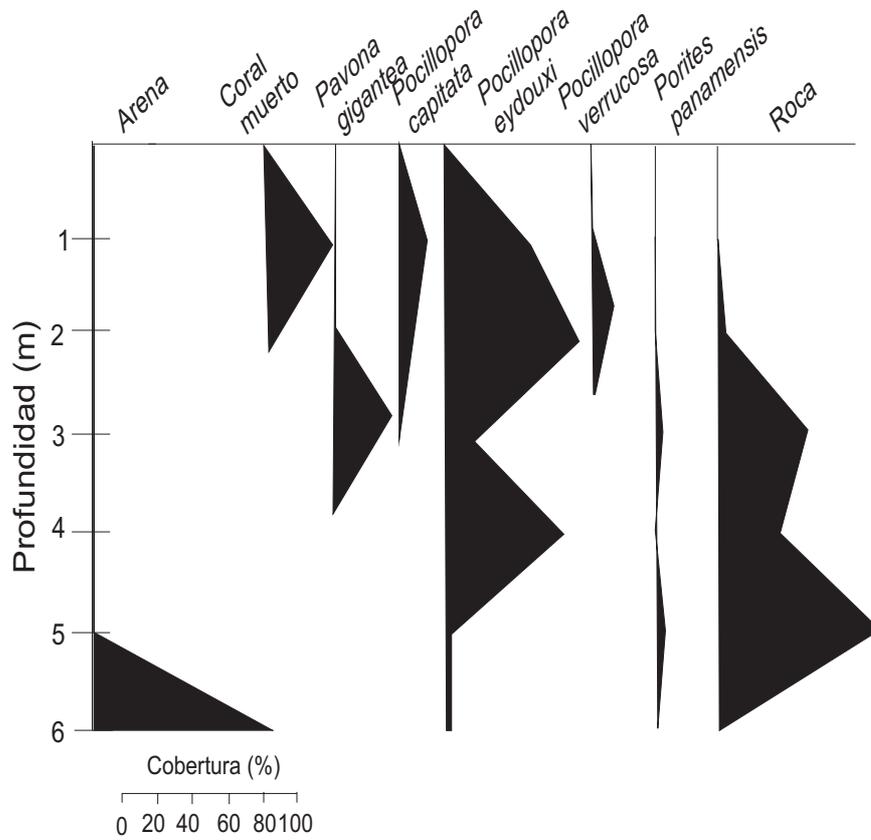


Figura 17. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Isla Montosa.

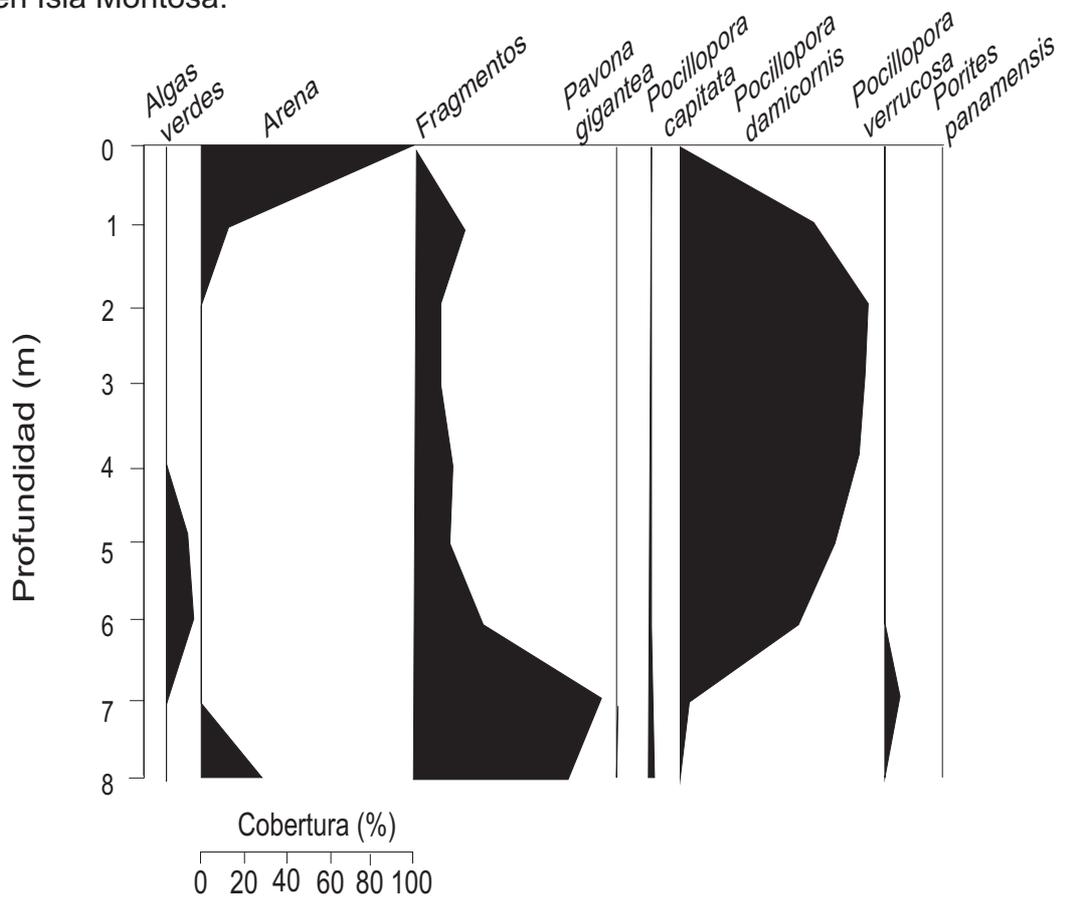


Figura 18. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en La Entrega.

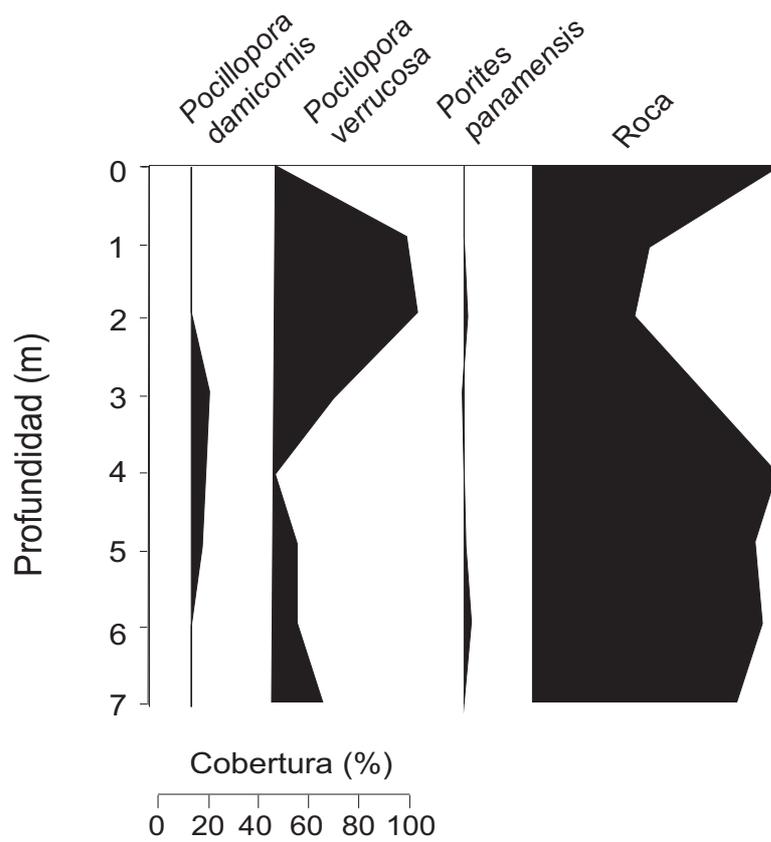


Figura 19. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Violín.

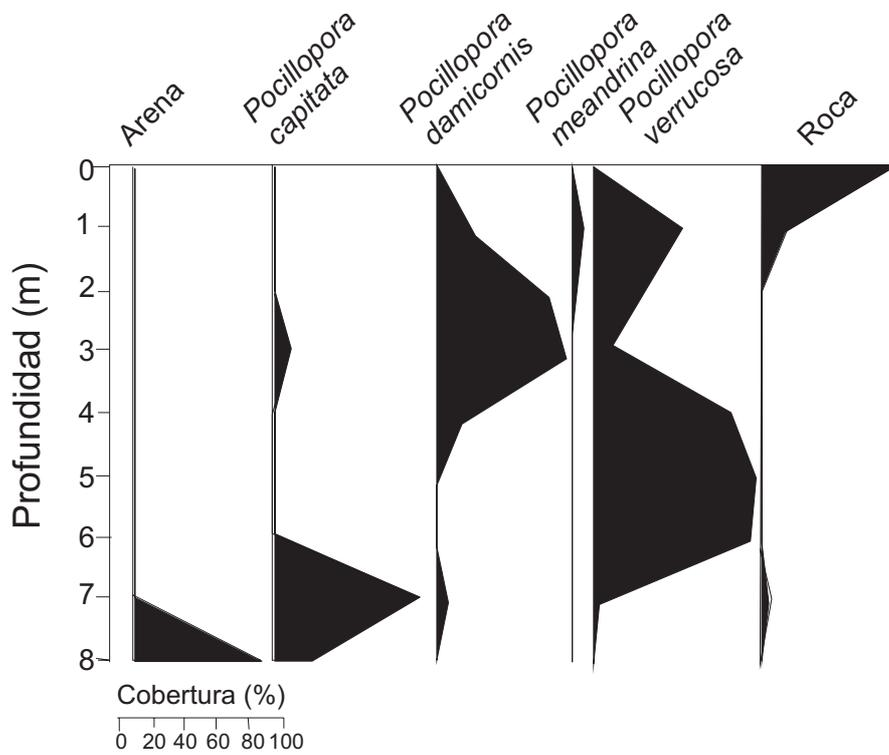


Figura 20. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Isla Cacaluta

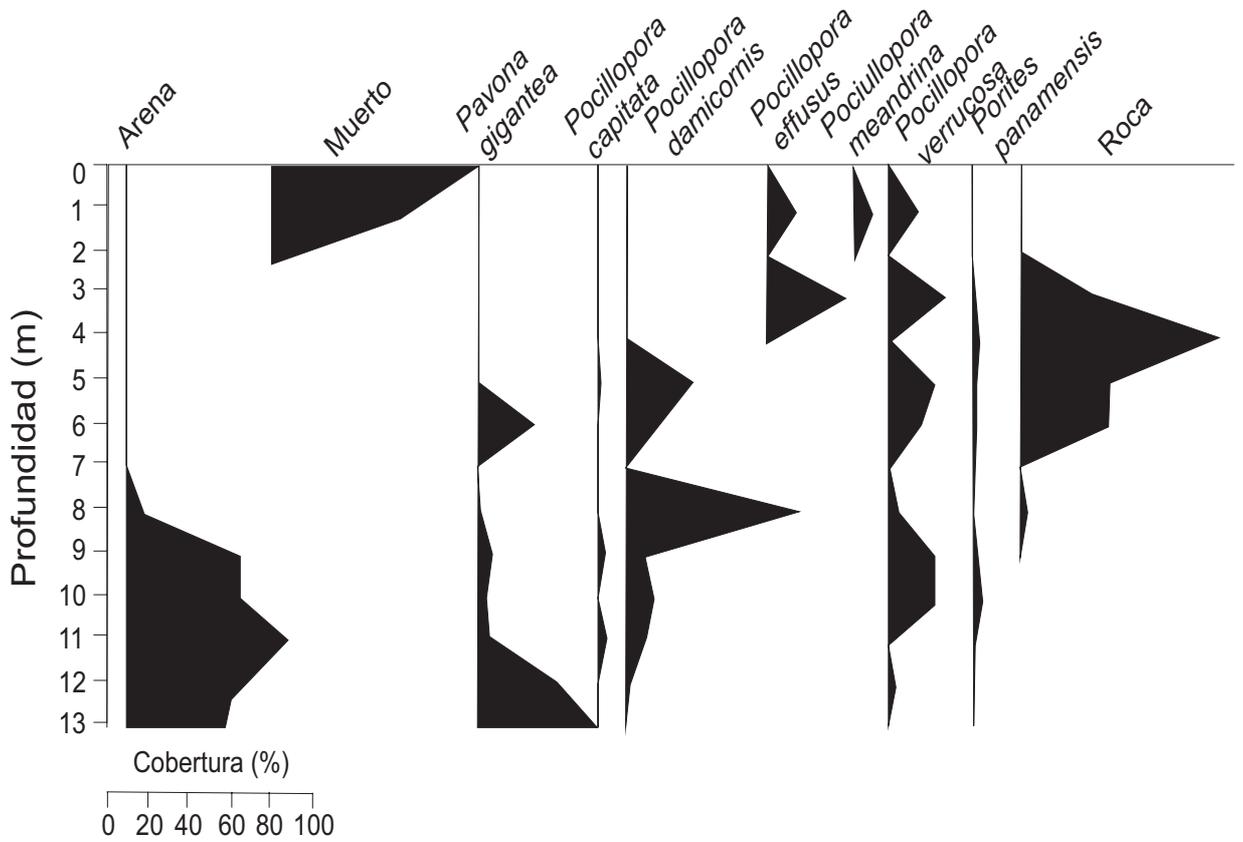


Figura 21. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Las Dos Hermanas.

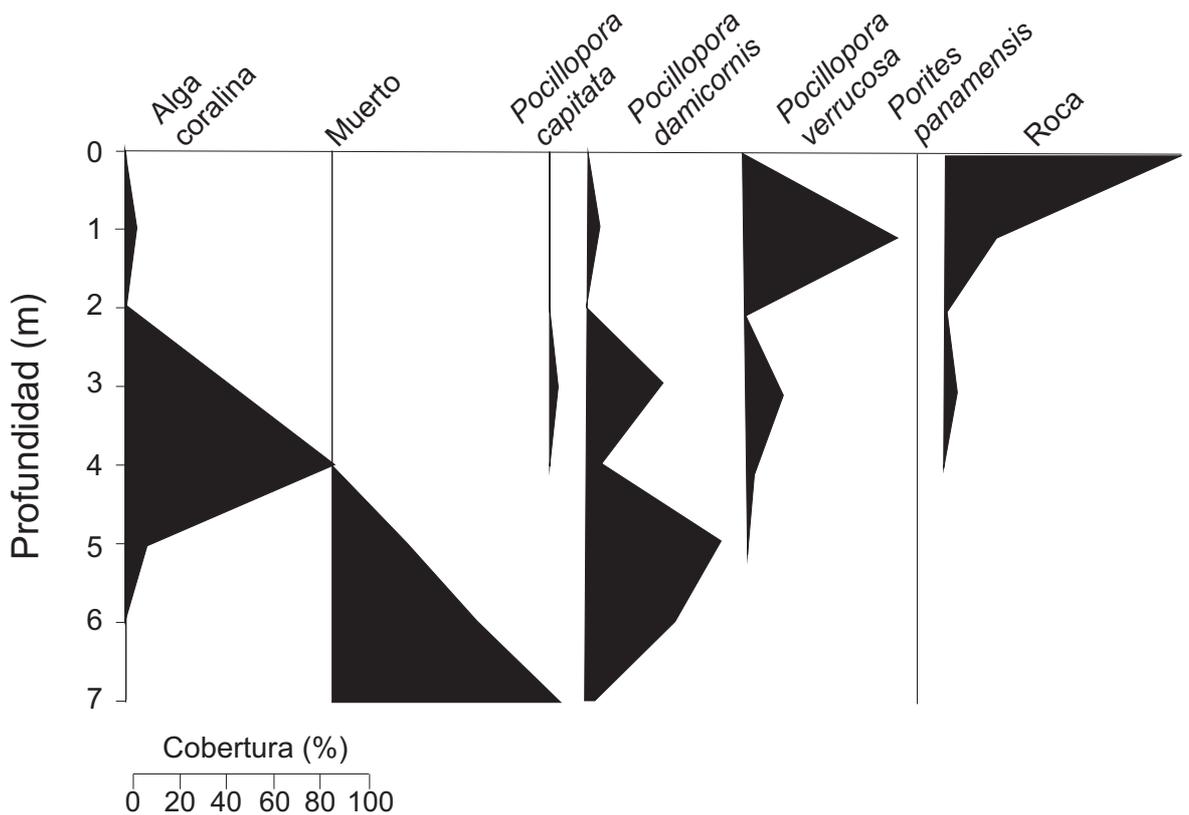


Figura 22. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en Chachacual.

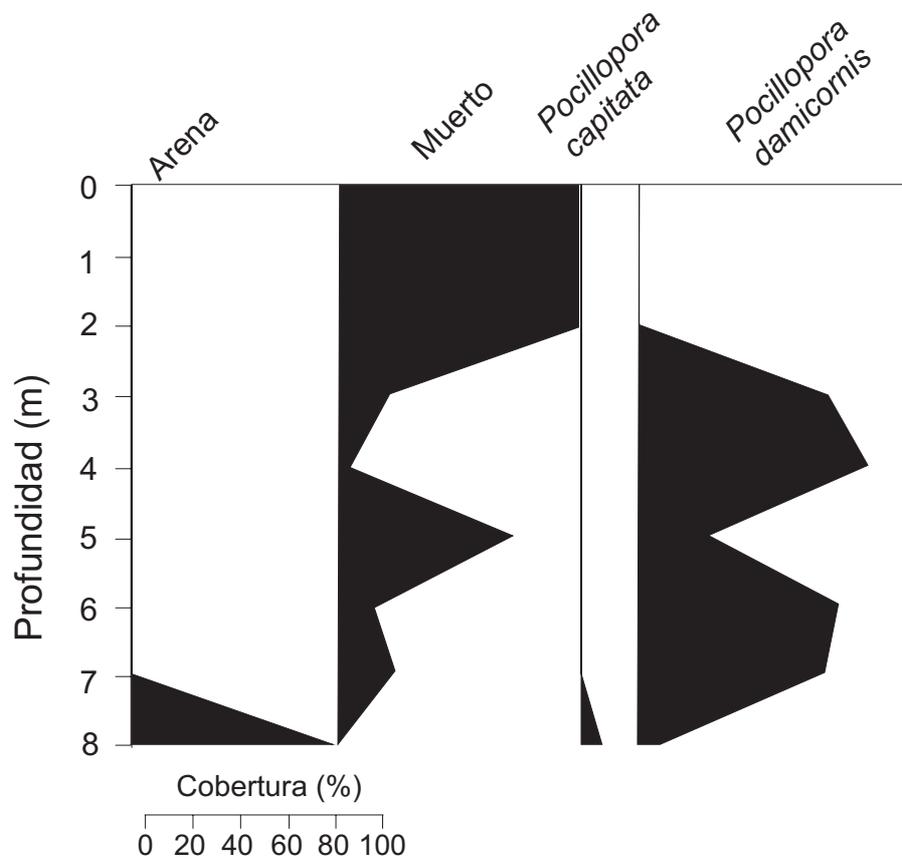


Figura 23. Distribución batimétrica y cobertura de las especies coralinas en San Agustín.

II.2.4 Índices ecológicos por localidad.

III.2.4.1 Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H').

Los valores obtenidos fluctuaron entre $H'=0.001$ para San Agustín, siendo la localidad menos diversa, y $H'= 0.757$ para Chachacual como la localidad más diversa (Fig. 24). El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis indicó que las comunidades fueron diferentes entre sí ($H_{(6,21)} = 15.173$; $p = 0.019$). La prueba a posteriori de Nemenyi indicó que la diferencia significativa ocurre entre Las Dos Hermanas y San Agustín (Nemenyi = 4.373; $p<0.05$).

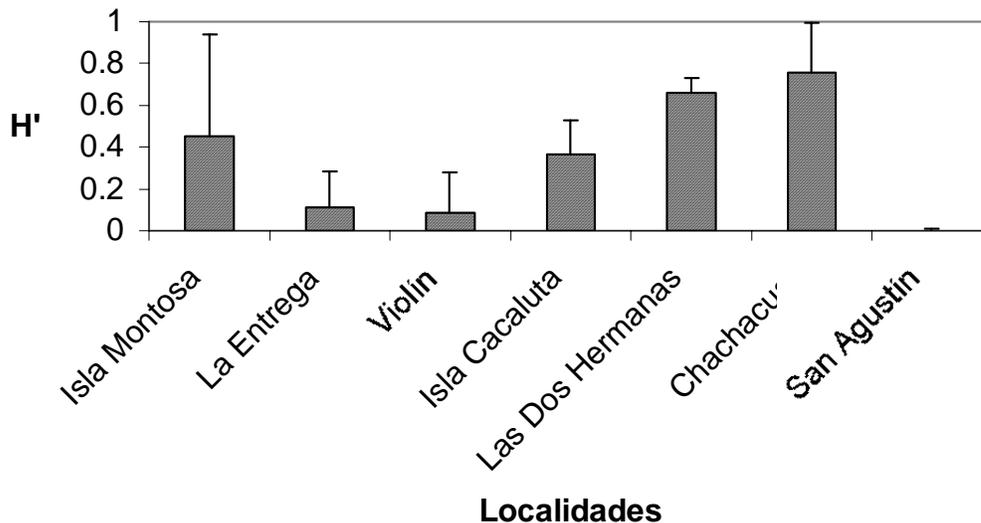


Figura 24. Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), para las localidades de estudio en Bahías de Huatulco. Las líneas indican la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.4.2 Índice de Dominancia de Simpson. D

Este índice varió de manera inversa a la diversidad, por lo que San Agustín, al ser la comunidad menos diversa, fue la que tuvo el mayor valor de dominancia con $D = 0.998$. Por el contrario, el valor de dominancia menor, fue obtenido por la comunidad de Las Dos Hermanas (0.247; Fig. 25). El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis indicó que no hubo diferencias significativas en la dominancia entre las localidades ($H_{(6, 21)} = 11.909$; $p = 0.064$).

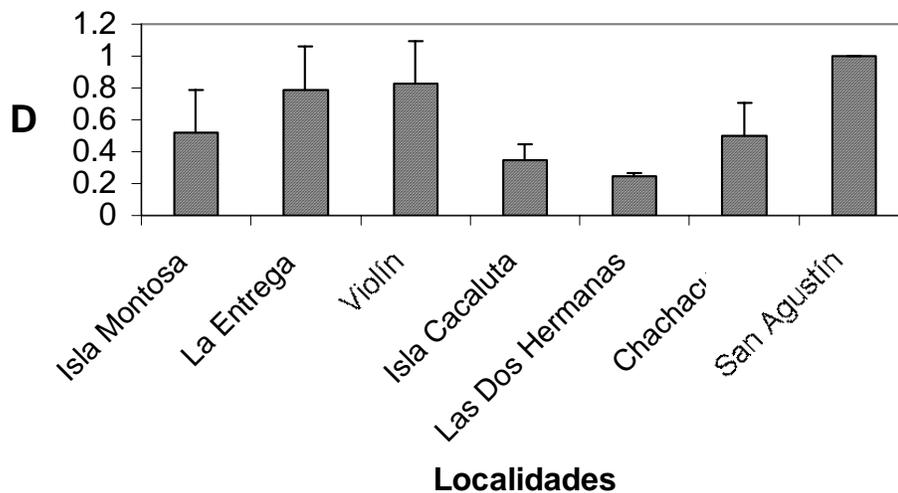


Figura 25. Índice de Dominancia de Simpson (D) para las localidades de estudio en Bahías de Huatulco. Las líneas indican la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.4.3 Índice de Uniformidad de Pielou (J')

El índice de Uniformidad de Pielou osciló entre $J' = 0.001$ como el valor más bajo en la localidad de San Agustín y el de $J' = 0.690$ para Chachacual como el más alto (Fig. 26). El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis indicó que sí hubo diferencias significativas en la uniformidad entre las localidades ($H_{(6, 21)} = 15.76$; $p = 0.015$). La prueba a posteriori de Nemenyi indicó que la diferencia significativa ocurre entre Las Dos Hermanas y San Agustín (Nemenyi = 4.466; $p < 0.05$).

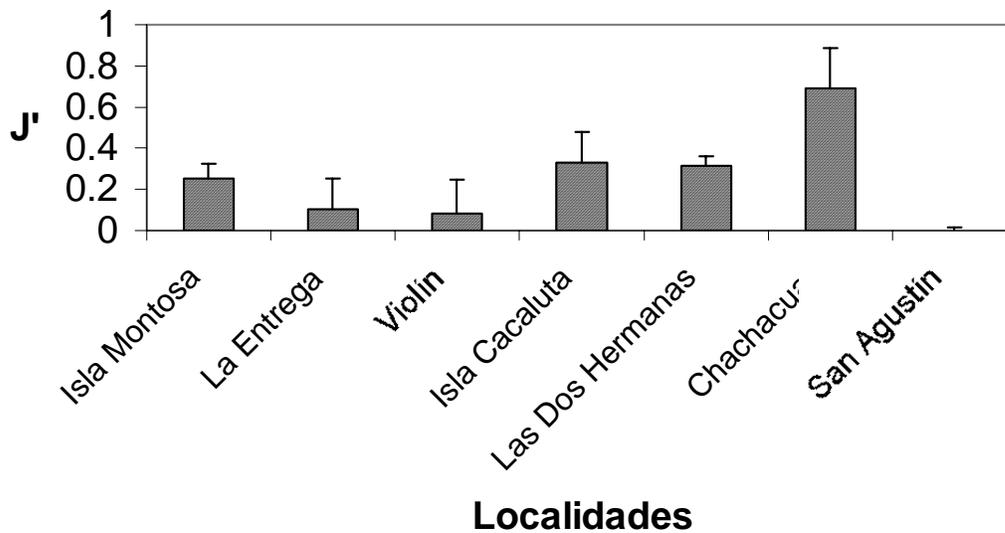


Figura 26. Índice de Uniformidad de Pielou (J'), para las localidades de estudio en Bahías de Huatulco. Las líneas indican la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.2.5 Cobertura por género y grupo funcional

Los arrecifes de Bahías de Huatulco presentaron una estructura similar entre si ya que en las siete localidades bajo estudio, el género *Pocillopora* fue el constituyente principal, y sólo en dos de ellas (la Isla Montosa y Las Dos Hermanas) se presentaron valores apreciables de *Pavona* o *Porites* (Fig. 27). El análisis de varianza no paramétrico confirmó lo anterior, ya que indicó que sí hubo diferencias significativas en la cobertura de los géneros dentro de las localidades ($H_{(2, 63)} = 49.153$; $p = 0.0000$) debido a que *Pocillopora* dominó sobre *Pavona* y *Porites*. Sin embargo, no detectó diferencias significativas en la cobertura coralina total por género entre las siete localidades ($H_{(6, 63)} = 0.979$; $p = 0.986$).

Respecto a los grupos funcionales que integraron las comunidades (Fig. 28) se observó que los corales ramificados dominan sobre los masivos en todas las localidades. En cada localidad se encontraron diferencias significativas en la cobertura de cada grupo funcional ($H_{(1, 42)} = 30.845$; $p = 0.0000$). Empero, al comparar las localidades entre si, no se detectaron diferencias significativas en la cobertura coralina total por grupos funcionales ($H_{(6, 42)} = 0.394$; $p = 0.998$).

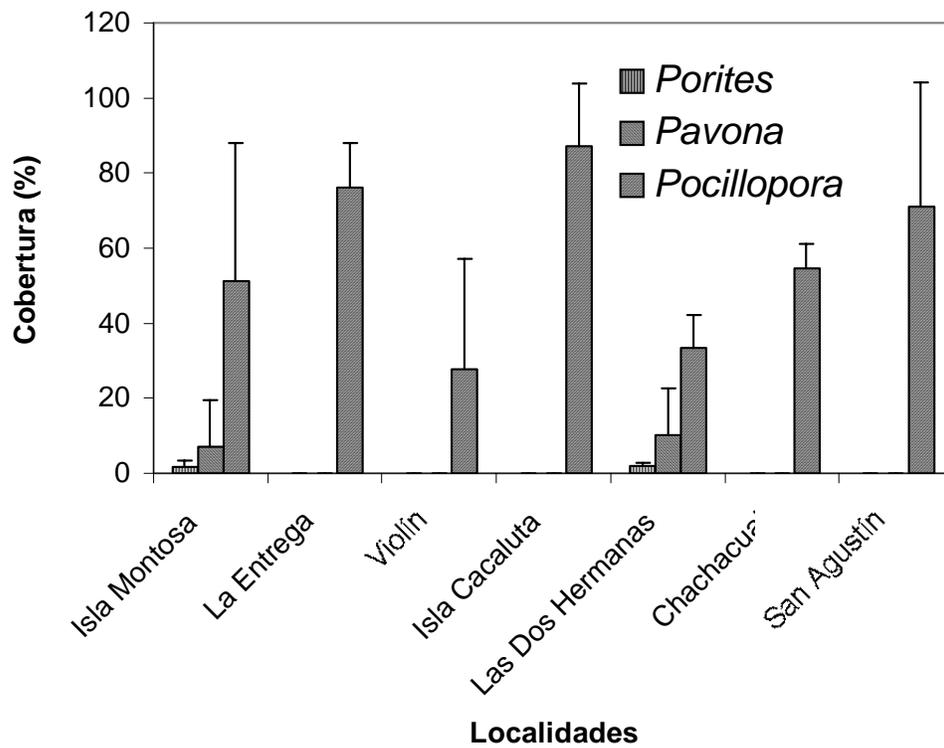


Figura 27. Cobertura por género de corales pétreos en los arrecifes de Bahías de Huatulco. Las columnas indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

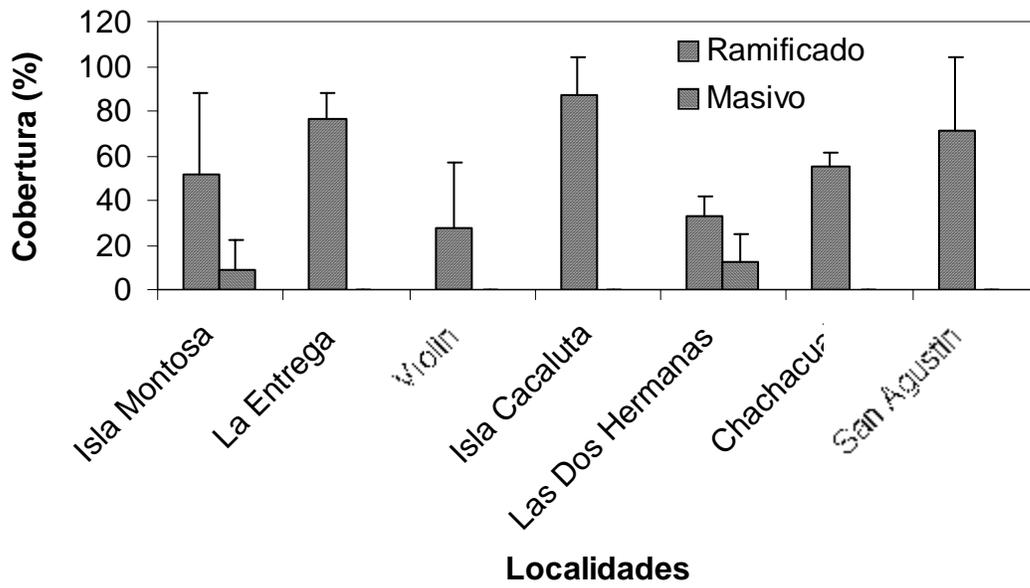


Figura 28. Cobertura por grupo funcional de corales pétreos en los arrecifes de Bahías de Huatulco. Las columnas indican la media y las líneas la desviación típica; tamaño de muestra = 3 transectos.

III.3 Variables físicas y químicas.

III.3.1 Temperatura.

Las temperaturas medias mensuales de julio y agosto de 1997 fueron las más altas de la temporada de estudio ($\bar{X} = 29.9 \pm 0.37^\circ\text{C}$; $n = 4$ y $30.25 \pm 0.29^\circ\text{C}$). La interrupción en la serie de datos entre octubre y diciembre de 1997 fue originada por el paso de los huracanes Paulina y Rick. Entre enero y abril de 1998 se registraron las temperaturas más bajas, alcanzando un mínimo en febrero de 1998. Entre junio y agosto de 1998 constantemente hubo temperaturas por arriba de los 29°C (Fig. 29). El valor promedio de temperatura para 1997-1998 fue de $28.73 \pm 1.44^\circ\text{C}$; $n = 47$.

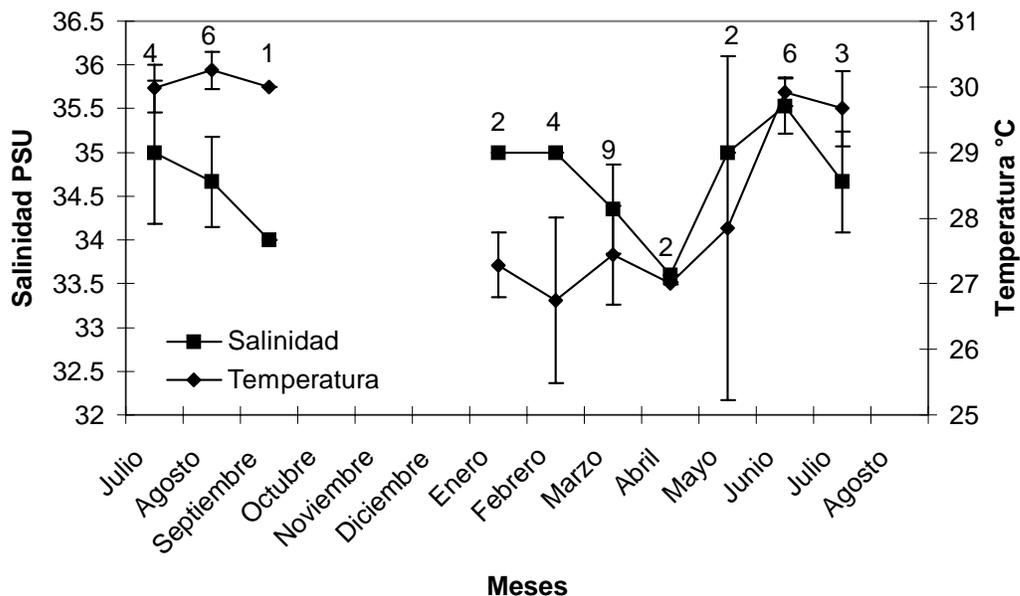


Figura 29. Variación de la salinidad (PSU) y temperatura ($^\circ\text{C}$) a lo largo del ciclo anual 1997-1998 en el arrecife de Chachacual. Los puntos indican la media mensual, las líneas la desviación típica y los números indican el tamaño de muestra para cada mes.

III.3.2 Salinidad

La salinidad osciló entre un máximo de 35.3 ± 0.32 PSU en junio de 1998 y un mínimo de 33.6 ± 0.01 PSU en abril del mismo año, con una media anual de 34.58 ± 0.81 PSU ($n = 39$). La mayor salinidad se presentó en los meses de mayo y junio que corresponden al inicio de la temporada de lluvias local. La salinidad disminuyó ligeramente durante la época de lluvias (julio-septiembre) (Fig. 29).

III.3.3 Disco de Secchi.

La profundidad promedio mensual máxima a la que se dejó de observar el disco de Secchi fue de 9.33 ± 3.51 m en marzo de 1998, mientras que la profundidad promedio mensual mínima fue de 4.73 ± 0.353 m en abril de 1998 (Fig. 30). La profundidad promedio anual fue de $8.81 \text{ m} \pm 2.67$; $n = 29$.

III.3.4 Coeficiente de atenuación de la luz

El coeficiente de atenuación de la luz (K'Ds) varió de un mínimo de 0.16 en marzo de 1998, a un máximo de 0.31 en abril de 1998 (Fig. 30), con una media anual de 0.23 ± 0.04 ; $n = 29$.

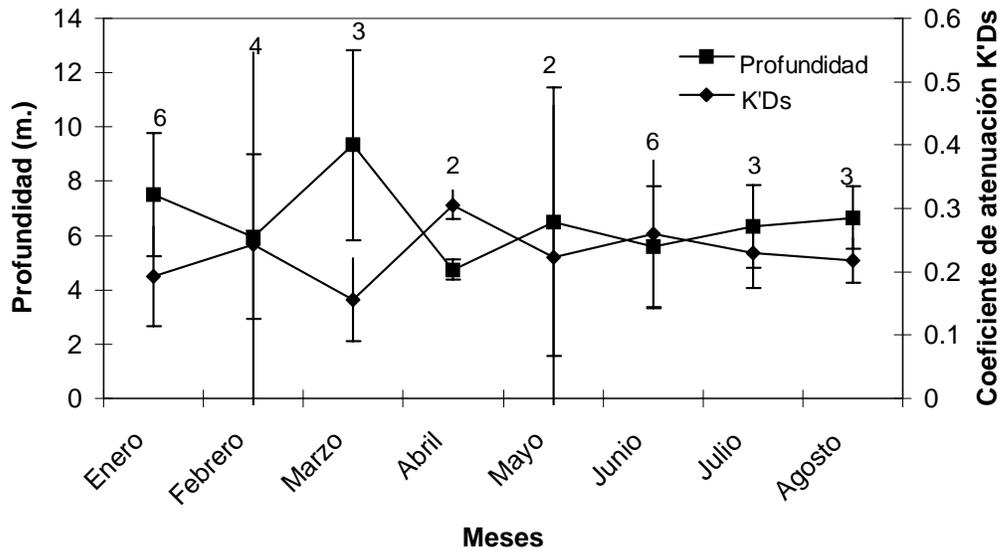


Figura 30. Variación de la profundidad promedio mensual a la que se dejó de observar el disco de Secchi y del coeficiente de atenuación de la luz (K'Ds) en 1998. Los puntos indican la media, las líneas la desviación típica y los números indican el tamaño de muestra para cada mes.

III.3.5 Intensidad lumínica

Para determinar el comportamiento de la luz en condiciones de agua turbia se consideró como agua turbia el mayor valor promedio mensual de $K'Ds$ (0.305, en abril de 1998) y se sustituyó en la fórmula base usando el valor de intensidad lumínica promedio para ese mes ($I_s = ly*día^{-1}$). Se observó que el patrón de absorción de la luz mostró un rápido decaimiento de la intensidad (Fig. 31). Por ello, la profundidad a la que se encontró el 30 % y el 10 % de la intensidad lumínica en superficie fue de 4 y 8 metros, respectivamente.

En contraste, en el mes con condiciones de agua clara, que correspondió al menor valor promedio mensual de absorción lumínica ($K'Ds = 0.155$, en marzo de 1998; $I_s = 500.0 ly*día^{-1}$) hubo mayor penetración de la luz y el remanente del 30% y 10% de la intensidad en superficie se desplazó a mayor profundidad encontrándose a 8 y 15 m, respectivamente (Fig. 31).

Al utilizar en la fórmula el valor promedio anual de absorción ($K'Ds = 0.228$) y el promedio anual de intensidad lumínica en superficie ($I_s = 501.67 ly*día^{-1}$) se observó que la profundidad a la que se encontró un remanente del 30% y 10 % de la intensidad lumínica en superficie, correspondió a un poco más de 6 y 10 m, respectivamente (Fig. 31).

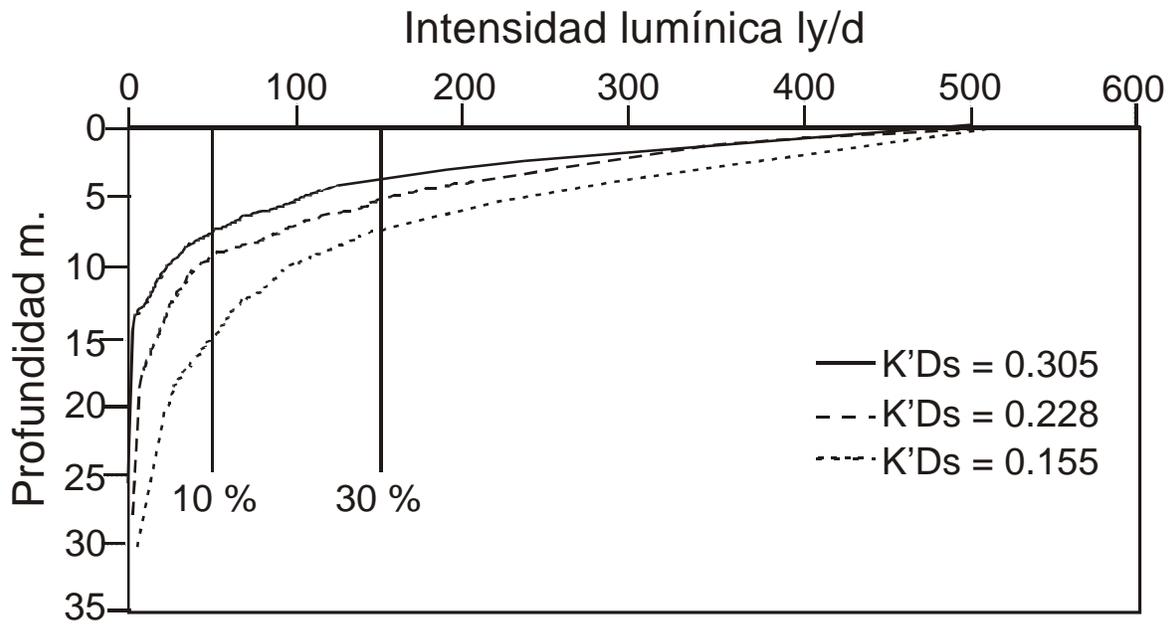


Fig. 31. Curvas de atenuación de la luz correspondientes a los meses con mayor y menor turbidez, así como de turbidez promedio anual. Las líneas verticales indican el 30 y 10 % de la intensidad lumínica incidente en superficie, por lo que el punto donde intersectan a la curva de absorción, corresponde a la profundidad donde se encuentra ese remanente.

III.4 Valor de conservación de los arrecifes

Los valores de importancia “j” asignados a cada especie se muestran en la tabla IV.

Tabla IV. Valores de importancia por biodiversidad, pesca y atractivo asignados a las especies localizadas en Bahías de Huatulco.

Especie	Biodiversidad	Pesca	Atractivo
<i>Pocillopora capitata</i>	2	3	2
<i>P. damicornis</i>	1	3	3
<i>P. eydouxi</i>	1	2	3
<i>P. inflata</i>	3	1	2
<i>P. meandrina</i>	1	2	3
<i>P. verrucosa</i>	1	3	3
<i>P. effusus</i>	3	1	2
<i>Pavona clavus</i>	1	1	2
<i>P. gigantea</i>	1	2	3
<i>P. varians</i>	1	1	1
<i>Porites panamensis</i>	2	1	2

III.4.1 Biodiversidad

Las localidades con el mayor valor de conservación por biodiversidad fueron Las Dos Hermanas y Cacaluta, mientras que el mínimo se presentó en Violín. El resto de las localidades presentaron valores de conservación por biodiversidad menores a 15 puntos (Fig. 32). El valor de conservación promedio fue de 18.10 puntos. El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis no detectó diferencias significativas entre los arrecifes ($H_{(6,21)} = 10.164$; $p = 0.118$).

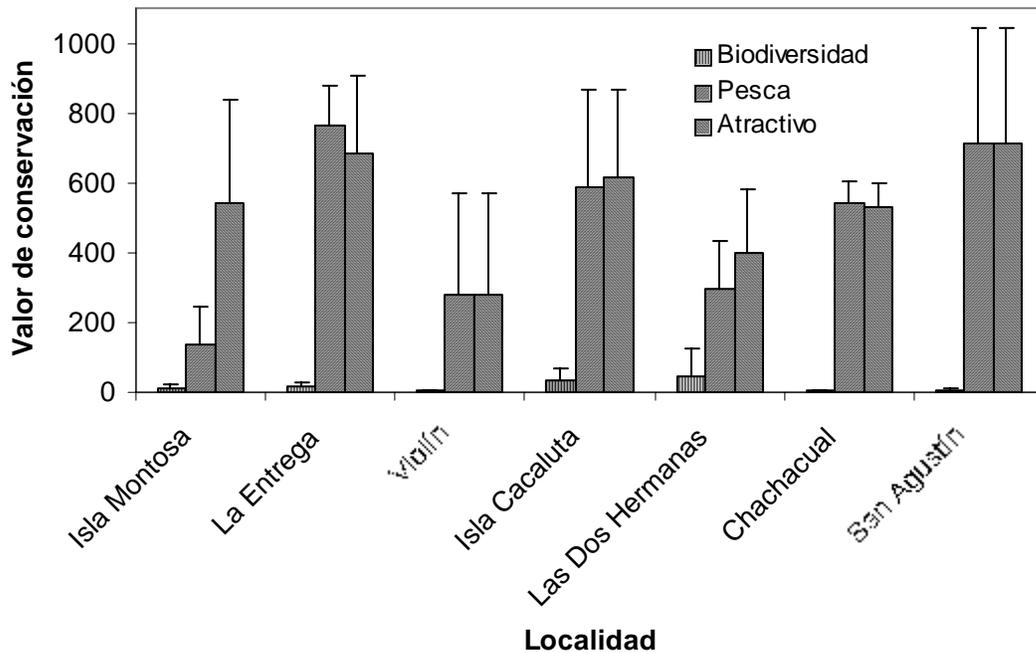


Figura 32. Valor de conservación por biodiversidad, pesca y atractivo para los arrecifes de Bahías de Huatulco. Tamaño de muestra = 3 transectos.

III.4.2 Atractivo

De manera general, el atractivo fue el principal parámetro que contribuyó al valor de conservación en Bahías de Huatulco debido a que la mayoría de las especies presentes fueron ramificadas, con formas visibles y llamativas al visitante. Los valores fluctuaron entre 709.1 y 277.9 puntos con un promedio de 535.85 puntos. Las localidades con mayor atractivo fueron San Agustín, La Entrega y Cacaluta. La localidad de menor atractivo fue Violín (Fig. 32). El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis no detectó diferencias significativas entre los arrecifes ($H_{(6,21)} = 8.225$; $p = 0.222$).

III.4.3 Pesca.

Los valores de conservación por pesca fluctuaron entre 138 y 761 puntos con un promedio de 473.0 puntos. El mayor valor de conservación por pesca lo obtuvieron La Entrega y San Agustín y la localidad con el menor valor de conservación por pesca fue la Isla Montosa (Fig. 32). El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis detectó diferencias significativas entre los arrecifes ($H_{(6,21)} = 12.831$; $p = 0.046$). La prueba a posteriori de Nemenyi no detectó a qué localidades se pueden atribuir las diferencias. Sin embargo, la comparación entre la Isla Montosa y La Entrega produjo un valor cercano al límite de decisión (Nemenyi = 3.629; $p > 0.05$).

IV. DISCUSIÓN

IV.1 Geomorfología

Un arrecife coralino es una construcción biológica formada por la acreción de restos de las colonias de pólipos (Goreau *et al.*, 1979). Se distingue de la comunidad coralina en que, en el arrecife, el sustrato en el cual crecen las poblaciones de coral ha sido producido por ellas mismas (Wainwright, 1965). En Huatulco, el crecimiento coralino ha sido suficiente para ocultar el fondo y actualmente crece sobre esqueletos de corales, además de que hay estructuras tridimensionales tales como surcos y crestas, por lo que todos pueden ser considerados verdaderos arrecifes coralinos.

Los arrecifes coralinos de Huatulco se encuentran concentrados en una pequeña franja costera de aproximadamente 35 Km de extensión. No forman un sistema continuo frente a la costa, sino que se desarrollan en pequeñas bahías protegidas del oleaje formando unidades discretas separadas entre sí. Esta característica puede ser resultado de las condiciones geológicas de la región. La costa de Oaxaca se encuentra en la confluencia de tres placas tectónicas (Norteamericana, Pacífico y Rivera), por lo que la plataforma continental es estrecha y la costa presenta pendiente elevada (Shepard, 1973; Carranza-Edwards *et al.*, 1975). El que a corta distancia de la costa se alcancen profundidades mayores a 50 m ha sido mencionado como factor determinante del desarrollo coralino en Nayarit (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997). Adicionalmente, entre Puerto Ángel y Huatulco, la sierra compleja de lomeríos bajos se acerca a la costa, por lo que predominan las áreas rocosas y escarpes de fallas que al formar bahías protegidas permiten el desarrollo coralino.

El crecimiento y morfología de un arrecife cambia de acuerdo a interacciones dinámicas de procesos biológicos, geológicos y oceánicos, tales como su posición con relación al continente, cambios en el nivel del mar, subsidencia o emersión de los continentes, substrato y variables oceanográficas (Goreau *et al.*, 1979; Davies, 1983; Geister, 1983; Sánchez, 1995). Existen tres tipos principales de arrecifes; bordeante, barrera y atolón (Goreau *et al.*, 1979). El arrecife de tipo bordeante (que sigue el contorno de la costa y no forma laguna arrecifal) es el predominante en los arrecifes del Pacífico americano en general (Squires, 1959; Glynn y Wellington, 1983; Macintyre *et al.*, 1992). Todos los arrecifes de Huatulco también correspondieron al tipo bordeante por lo que son similares a otras localidades del Pacífico oriental tropical

En los arrecifes de Oaxaca se pudieron distinguir tres facies principales plataforma, talud y la base (Fig. 37). Estas tres zonas se diferenciaron por la inclinación del sustrato. En el caso de la plataforma, la inclinación fue mínima y la anchura varió entre 8 m (Cacaluta) hasta 100 m (La Entrega y San Agustín). El talud se consideró como la zona en la que la profundidad aumentó rápidamente debido a que la inclinación del sustrato es mayor. Dicha zona, estuvo claramente definida en San Agustín y La Entrega donde llegó a medir hasta 60 m Finalmente, la base arrecifal se consideró como la zona donde nuevamente la inclinación disminuye y se encuentra la interfase entre el arrecife y otro tipo de fondo (rocoso, arenoso). Esta fue la parte más pequeña en todos los arrecifes de Huatulco ya que comúnmente el cambio no fue gradual sino claramente definido. En la Isla del Caño, Costa Rica y en el Golfo de Chiriquí, Panamá, los arrecifes presentan tres zonas del mismo tipo que las de Huatulco (Glynn, 1976; Guzmán y Cortés, 1989).

Facies similares han sido localizadas en arrecifes de la península de Huón, Nueva Guinea y en el Atolón Clípperton (Chappell, 1983; Glynn *et al.*, 1996).

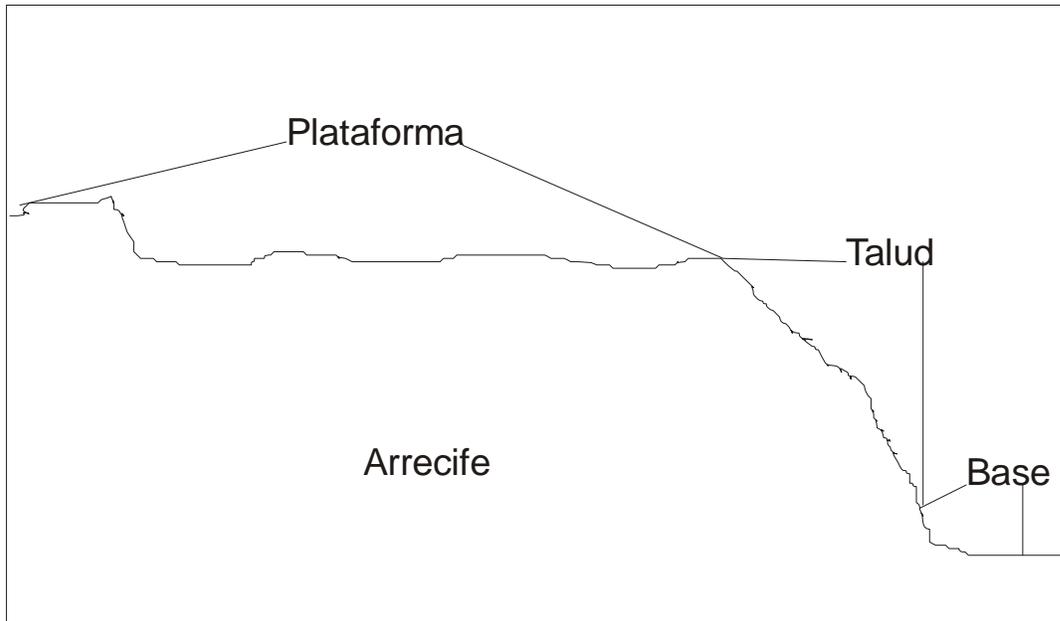


Figura 33. Sección transversal esquematizada de un arrecife. Se muestran las facies principales identificadas en los arrecifes coralinos estudiados en Bahías de Huatulco.

A escala de ecosistema, se considera a los arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical como pequeños y de distribución discontinua (Glynn *et al.*, 1972; Porter, 1972; Glynn y Wellington, 1983; Colgan, 1990; Guzmán y Cortés, 1993; Glynn y Maté, 1996; Cortés, 1996-1997; Glynn y Ault, 2000). Su tamaño es de pocas hectáreas, variando entre 1.5 a 10.5 has en la Ensenada de Utria, Colombia; de 0.8-4.2 has en Isla del Caño, Costa Rica; 0.5- 15 has en Panamá (Guzmán y Cortés, 1989; Guzmán *et al.*, 1991; Vargas-Angel, 1996; Glynn y Maté, 1996). De igual manera, el tamaño de los arrecifes de Huatulco varía entre una y

diez hectáreas por lo que no son distintos a otras localidades del Pacífico Americano.

Una característica de los arrecifes de Huatulco es la poca profundidad a la que se desarrollan (hasta 13.7m; tabla II; Fig. 7). Lo que puede ser consecuencia de la relativamente alta turbidez de las aguas costeras. En el Pacífico oriental tropical, los sitios continentales son considerados relativamente turbios (Dana, 1975; Glynn, 1976; Guzmán y Cortés, 1989; Glynn y Maté, 1996; Glynn y Ault, 2000). De los factores asociados a la turbidez, la sedimentación ha sido considerada como el principal agente de perturbación capaz de afectar la estructura y función del ecosistema arrecifal, alterando procesos físicos y biológicos (Rogers, 1990). Otro elemento de perturbación asociado a la turbidez es la disminución de la penetración de la luz, empero se ha considerado como un efecto secundario (Rogers, 1990; Kleypas, 1996) importante principalmente para las algas simbiotes del coral (Done, 1983; Hallock y Schlager, 1986). Notablemente el entorno hidrodinámico puede cambiar la importancia relativa de estos factores. En regiones de baja energía hidrodinámica, la sedimentación de partículas suspendidas es un problema mayor que la atenuación de la luz, mientras que en regiones de alta energía hidrodinámica ocurre lo contrario (Kleypas, 1996).

En Bahías de Huatulco, la turbidez tiene dos fuentes principales; el arrastre de sedimentos en temporada de lluvias y la productividad en la época de secas. El volumen medio anual de sedimentos aportados por los ríos de la región ha sido estimado en 250 toneladas por Km² de cuenca (Anónimo, 1990). Adicionalmente, el 90% de la lluvia anual se concentra en un intervalo de 6 meses (Secretaría de

Marina, 1978) provocando variaciones importantes en el caudal del Río Copalita de $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$ en secas, a $1208 \text{ m}^3/\text{s}$ en lluvias (FONATUR, 1986). Por ello, los sedimentos aportados al mar se concentran en la temporada de lluvias. En el mar, durante esta temporada, domina la corriente costera de Costa Rica cuya velocidad es de alrededor de 1.2 Km/hr (Fiedler, 1992). Además, al estar la Bahías de Huatulco en una zona de mar abierto, el oleaje es de gran energía por lo que los sedimentos aportados por los ríos pueden ser arrastrados lentamente por la corriente costera, a la vez que se mantienen en suspensión por el oleaje lo que incrementa la turbidez en la zona costera.

Durante la temporada de secas, la turbidez es de origen biológico debido a que las surgencias provocadas por los vientos Tehuanos favorecen el ascenso de aguas profundas ricas en nutrientes (Lavín *et al.*, 1992). La productividad del Golfo de Tehuantepec se incrementa y alcanza valores de concentración de pigmentos fotosintéticos mayores a 0.3 mg/m^3 (Lluch-Cota *et al.*, 1997). Por lo que es posible considerar que en Huatulco existe relativamente alta turbidez todo el año y que debido a la dinámica del agua, el principal efecto puede ser la disminución de la penetración de la luz.

En arrecifes de Australia, se han relacionado valores de turbidez elevados (Secchi 1-3 m) con una compresión vertical extrema de la zona fótica (Done, 1983). Al aumentar la turbidez, el coeficiente de extinción de la luz (K'Ds) aumenta, disminuye la zona fótica, cada una de las zonas coralinas se comprime y la profundidad máxima de desarrollo coralino disminuye (Hallock y Schlager, 1986; Kleypas, 1996). También se ha indicado que los corales no están fisiológicamente limitados por la luz hasta aproximadamente el 90% de atenuación de la radiación

visible incidente en superficie (Done, 1983). En Huatulco, para el mes de marzo se presentó la mayor transparencia del agua (Secchi = 9.3 m; $K'Ds = 0.155$) y el límite de 90 % de atenuación se encontró a los 15 metros de profundidad mientras que para abril se tuvieron los valores mínimos de transparencia (Secchi = 4.75 m; $K'Ds = 0.3052$) por lo que el límite de 90% de atenuación disminuyó para encontrarse a 8 m. Variaciones similares en las lecturas del disco de Secchi (3.5-14 m) han sido encontradas en Panamá durante la época lluviosa y la seca (Dana, 1975; Glynn y Maté, 1996). En Huatulco, las condiciones de turbidez promedio anual (Secchi = 6 m; $K'Ds = 0.2283$) provocan que el 90% de absorción se encuentre a los 10 m. Valores similares han sido encontrados en el Golfo de Panamá, (14.1 m) y en las Islas Galápagos (11 –20 m) (Glynn y Wellington, 1983; Glynn y Maté, 1996). Siendo dichos valores cercanos a la profundidad máxima de desarrollo arrecifal en Huatulco (13.7 m), Costa Rica (Jiménez, 1997) y, en general, para el Pacífico oriental tropical donde el desarrollo coralino se encuentra en aguas someras de menos de 10 m de profundidad (Glynn y Colgan, 1992; Glynn y Maté, 1996).

En el Pacífico oriental tropical la existencia de corales hermatípicos a profundidades mayores (30-70 m) ocurre en sitios con aguas claras como las islas oceánicas de Malpelo (Birkeland *et al.*, 1976), Clipperton (Glynn *et al.*, 1996) y las Revillagigedo (Ketchum-Mejía y Reyes-Bonilla, 1997). Por lo que se puede concluir que en Huatulco, debido a la relativamente alta turbidez de las aguas costeras, el remanente de 10 % de luz incidente en superficie se encuentra a profundidades menores de 15 metros, lo que representa un límite para el desarrollo arrecifal.

IV.2 Estructura comunitaria

De manera general en los arrecifes del Pacífico oriental tropical se ha observado una zonación en la que las especies de *Pocillopora* se encuentran en la parte somera mientras que *Pavona* lo hace en la parte profunda (Wellington, 1982; Guzmán y Cortés, 1993). En Huatulco, una condición similar solo se observó en el arrecife de Las Dos Hermanas (Fig. 21), siendo inexistente en los demás arrecifes. La zonación ha sido explicada por varias hipótesis. Una de ellas implica los efectos de *Stegastes acapulcoensis* (Fowler) sobre las especies de coral (Wellington, 1982). Este pez puede provocar daños a las colonias coralinas para crear espacios adecuados donde “cultivar” algas de las que se alimenta. En aguas someras, el pez reduce la presencia de corales masivos (*Pavona*) debido a que les provoca amplios daños sobre la mayor parte del tejido vivo. En contraste, a los corales ramificados (*Pocillopora*) sólo les puede dañar las puntas de las ramas, quedando el resto de la colonia fuera de su alcance. El resultado final, es que los corales pocilloporidos se ven favorecidos en la monopolización del espacio (Wellington, 1982). En todos los arrecifes de Huatulco se presentan poblaciones importantes de *Stegastes acapulcoensis* (Barrientos-Villalobos, 2000); por lo que el proceso de facilitación de la monopolización del espacio mediada por este pez también puede ocurrir localmente. Otra hipótesis considera las habilidades competitivas de los corales. En este sentido *Pocillopora* es capaz de excluir a *Pavona* mediante el conflicto directo (Wellington, 1980). Adicionalmente los pocilloporidos, al ser ramificados, poseen mayor propensión a la formación de fragmentos que los corales masivos, lo que les confiere la capacidad de

incrementar el número de colonias en el área, sin la dependencia fundamental del reclutamiento larval (Highsmith, 1982).

Por otra parte, debido al alto grado de integración de la simbiosis invertebrado-dinoflagelado, la zonación (estratificación) también ha sido explicada como el resultado de adaptaciones de simbiontes específicos (dinoflagelados) a entornos de luz particulares (Iglesias-Prieto y Trench, 1994, 1997). Sin embargo, se ha indicado que, en los corales del Pacífico oriental tropical, sólo se encuentra el dinoflagelado *Symbiodinium* clade C (Baker y Rowan, 1997) por lo que no es posible explicar la zonación sobre la base de que distintos simbiontes tienen requerimientos diferentes de luz. El coral, al ser parte de la simbiosis, también puede incidir en la zonación, ya que aquellas especies que dependan más fuertemente de la energía que les proporcionan los dinoflagelados necesitarán más luz para las algas simbiontes. Esto se ha comprobado en *Pocillopora damicornis* que necesita al menos el 30% de la intensidad luminosa que llega a la superficie para sobrevivir (Spencer Davies, 1991; Titlyanov y Latypov, 1991). Un caso similar se detectó en *Pocillopora capitata* en el cual, la mayoría de la lipogénesis del coral ocurre en las zooxantelas simbiontes (Patton *et al.*, 1977) por lo que estos corales están asociados a aguas someras con abundante iluminación. Finalmente el que dos o más fenómenos de este tipo ocurran en el mismo espacio y tiempo ha sido previamente documentado para los arrecifes de la Isla Gorgona en Colombia (Prahl *et al.*, 1988), por lo que la explicación a la zonación del arrecife Las Dos Hermanas y su ausencia en los demás arrecifes, requiere un enfoque multifactorial que no puede ser abordado con los datos disponibles.

En Bahías de Huatulco, el género *Pocillopora* es el que presentó el mayor número de especies con siete, seguido de *Pavona* con tres. En contraste, los cuatro géneros restantes (*Psammocora*, *Leptoseris*, *Fungia* y *Porites*) estuvieron representados por una sola especie. Tres especies sólo se encontraron como fragmentos muertos y no se localizaron ejemplares vivos (*Psammocora stellata*, *Leptoseris papyracea* y *Fungia distorta*). Al analizar la distribución geográfica de las especies de corales hermatípicos del Pacífico mexicano, Leyte-Morales (1997) y Reyes-Bonilla y López-Pérez (1998) mostraron que Oaxaca es una de las regiones con mayor riqueza específica, aún considerando que en ese momento sólo se había publicado la presencia de 10 especies. Así, las 14 especies de corales zooxantelados identificadas en este trabajo (Tabla III) confirman a Bahías de Huatulco como la zona continental de mayor riqueza específica del Pacífico Mexicano. Este número de especies también es una cifra alta si consideramos que la poza total de especies para el Pacífico tropical americano es de 41 (Glynn y Ault, 2000) o 37 si omitimos a las cuatro especies de *Millepora* (hidrocorales) incluidas en ese trabajo. Al considerar a las localidades del Pacífico oriental tropical se observa que hay en promedio 8.8 especies por localidad (López-Pérez, 1996).

La alta riqueza específica de la zona puede deberse a las relaciones biogeográficas de Oaxaca, para con otras zonas de América. Oaxaca se localiza en el límite sur de la provincia biogeográfica Mexicana, siendo la Bahía de Tangolunda la frontera reconocida con la Provincia Panámica (Briggs, 1955; Springer, 1958; Briggs, 1974; Glynn y Wellington, 1983). Como Huatulco está bajo la influencia de la Corriente Costera de Costa Rica (Blackburn, 1962; De la Lanza-

Espino, 1991), representa la puerta de entrada a México de especies procedentes del sur (López-Pérez, 1996; Ketchum Mejía y Reyes-Bonilla, 1997; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998) por lo que posee una fauna coralina cualitativamente más afín a las de Centroamérica (Glynn y Leyte-Morales, 1997; Leyte-Morales, 1997; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998). Por otra parte, se ha indicado que al Golfo de Tehuantepec llega una rama débil de la Corriente de California procedente del Noroeste principalmente en los meses de febrero a abril (Cromwell y Bennet, 1959; Blackburn, 1962; Fiedler, 1992). Esta corriente también puede transportar especies procedentes de la parte norte del Pacífico mexicano. Finalmente se une a la Corriente Costera de Costa Rica para producir la “Zona de Transición del Pacífico oriental tropical” donde ambas confluyen y se alejan mar adentro para integrarse a la Corriente Norecuatorial (Barberán *et al.*, 1986; Gallegos *et al.*, 1988). La ubicación de la zona de transición varía estacionalmente; en invierno se encuentra frente a la costa de Oaxaca y en verano frente a la costa de Nayarit (Cromwell y Bennet, 1959; Blackburn, 1962; Fiedler, 1992).

En este sentido las comunidades coralinas ubicadas “corriente arriba” aportan propágulos a las localidades ubicadas “corriente abajo” donde las especies sobreviven o no de acuerdo a factores ecológicos y ambientales (Veron, 1995). La confluencia de corrientes en la zona de Oaxaca y Nayarit puede provocar un efecto vórtice (sensu Jokiel y Martinelli, 1992), que tiende a acumular especies en el área vía la dispersión a larga distancia y el arrastre de los propágulos en la dirección de las corrientes (Jokiel y Martinelli, 1992). Coincidentemente las áreas de mayor riqueza específica en México y Centroamérica se ubican en zonas de confluencia de corrientes. Reyes-Bonilla y

López-Pérez (1998) indicaron que las áreas continentales con mayor riqueza de especies se ubican en Baja California Sur (11 especies), Nayarit (12 especies) y Oaxaca (10 especies). En relación con Centroamérica, Glynn y Maté (1996) hicieron notar que la Contracorriente Ecuatorial alcanza el continente justo en los sitios de mayor diversidad coralina (Panamá y Costa Rica). Por lo que es posible que la alta riqueza específica de Huatulco sea producida por un efecto vórtice que acumula especies tanto de Centroamérica como del centro y norte de México.

Las especies *Psammocora stellata*, *Fungia distorta* y *Leptoseris papyracea* se encuentran sólo como fragmentos muertos, lo que indica que la especie habitó en Huatulco y por alguna causa fue eliminada. Con la información disponible no es posible señalar una causa, sin embargo, hay fenómenos que pudieron haber influido. Las comunidades coralinas del Pacífico oriental tropical se encuentran bajo la influencia esporádica del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur el cual tiene probada capacidad de influir en ellas provocando extinciones, extirpaciones, inmigraciones y ampliaciones de ámbitos (Prahl y Mejía, 1985; Guzmán *et al.*, 1987; Colgan, 1990; Glynn, 1990; Richmond, 1990; Glynn y de Weerd, 1991). A nivel local también pueden ocurrir fenómenos capaces de afectar a especies sensibles; entre ellos podrían encontrarse factores físicos como las surgencias, mareas bajas extremas, mareas rojas, oleaje extremo, turbidez, salinidad, sedimentación y factores biológicos como la depredación, herbivorismo y la competencia interespecífica, entre otros (Glynn y Stewart, 1973; Dana, 1975; Glynn, 1976, 1977; Glynn y Wellington, 1983; Guzmán, 1986, 1988; Guzmán y Cortés, 1989; Cortés, 1990; Guzmán *et al.*, 1990; Macintyre *et al.*, 1992; Glynn y Leyte-Morales, 1997). Por lo que se deben realizar estudios de largo plazo, que

consideren muchos más elementos físicos y biológicos que los estudiados en este trabajo, para determinar qué factores causan la mortalidad selectiva de algunas especies.

Los valores de diversidad obtenidos para los arrecifes de Huatulco fluctuaron entre $H' = 0.001$ nits por individuo (San Agustín) y $H' = 0.757$ nits por individuo (Chachacual). Glynn (1976) encontró en el Golfo de Chiriquí, Panamá una correlación inversa entre la cobertura de *P. damicornis* y H' fenómeno observado también en Colombia (Vargas-Angel, 1996). En Huatulco ocurre un comportamiento similar ya que arrecifes como la Entrega y San Agustín, obtienen el menor valor de H' debido a que una especie (*P. damicornis*) es muy abundante (Fig. 11 y 16). El índice de Dominancia de Simpson coincidió en señalar a San Agustín como la comunidad con el mayor valor de dominancia debido al predominio de una especie. La mediana calculada para este conjunto de valores es de $H' = 0.365$ nits el cual es muy similar al mencionado por Guzmán *et al.*, (1987) para Isla del Caño, Costa Rica ($H' = 0.37$ estandarizado a base e). En México valores de diversidad $H' = 0.0$ y $H' = 1.1$ nits han sido encontrados para dos arrecifes de Nayarit (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997) y $H' = 0.43$ (estandarizado a base e) para cabo Pulmo (Reyes-Bonilla, 1993a). Esta comparación debe ser considerada bajo la observación de que el valor de H' es adimensional y por ello no es comparable directamente ya que las comunidades no tienen la misma riqueza de especies (Hutcheson, 1970). Sin embargo, en el caso de Nayarit y Cabo Pulmo la riqueza de especies (3-5 y 11 especies respectivamente) es similar a la de las comunidades de Bahías de Huatulco, y se puede observar una

tendencia común a encontrar valores bajos de diversidad debido al predominio de una especie.

La observación anterior se corrobora mediante los resultados del índice de uniformidad de Pielou que señalan a San Agustín con el valor más bajo de uniformidad debido a la elevada cobertura de *P. damicornis*. Debido a que J' es un índice ponderado, ya que también toma en consideración el número de especies de cada localidad, se pueden realizar las comparaciones directamente y extraer conclusiones generales (Krebs, 1989). Valores similares de uniformidad se han encontrado en localidades dominadas por *Pocillopora damicornis* como Ensenada de Utría, Colombia ($J'=0.0$ y $J'= 0.8$; Vargas-Ángel, 1996) o Nayarit, México ($J'= 0.0$ a $J'= 0.8$; Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997). Además de Golfo Dulce, Costa Rica, donde domina *Porites lobata* ($J'= 0.67$; Cortés, 1990).

Como indican los resultados, los arrecifes de Huatulco presentan poca diversidad y uniformidad, así como elevada dominancia debido a la mayor cobertura de *Pocillopora* en relación con *Pavona* y *Porites*. La tendencia hacia la formación de parches monoespecíficos ha sido observada a lo largo del Pacífico oriental tropical. Por ejemplo, *Pocillopora damicornis* es el principal constructor en Panamá, Colombia, y en algunas localidades de México (Glynn, 1976; Vargas-Angel, 1996; Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997; Glynn y Leyte-Morales, 1997). Debido al rápido crecimiento y agresividad de la especie (Wellington, 1980, 1982, Glynn y Wellington, 1983). Mientras que *Porites lobata* es la especie más abundante y el principal constructor arrecifal en algunos arrecifes de Costa Rica, Clipperton e Islas Revillagigedo. (Guzmán y Cortés, 1989; Cortés, 1990; Glynn *et al.*, 1996; Ketchum-Mejía, 1998). Sin embargo, esta especie no se ha encontrado

en los arrecifes de Huatulco a pesar de su presencia en localidades ubicadas al norte y al sur de esta localidad (Glynn y Wellington, 1983; Macintyre *et al.*, 1992; Glynn y Maté, 1996; Ketchum-Mejía, 1998; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998). Eventualmente otras especies pueden dominar la estructura arrecifal como *Leptoseris papyracea* en un arrecife de Costa Rica (Jiménez, 1997) y *Pocillopora verrucosa* en Cabo Pulmo (Reyes-Bonilla, 1993a).

Se puede concluir que, en los arrecifes de Huatulco, la especie de coral dominante fue *Pocillopora damicornis* debido a que presentó la mayor abundancia. La Entrega y San Agustín fueron los arrecifes que presentan la mayor tendencia a la formación de parches monoespecíficos de *P. damicornis* por lo que los valores de diversidad, uniformidad y dominancia fueron influidos por la abundancia de esa especie.

El método por el que se estimó la heterogeneidad del arrecife merece un comentario adicional. El relieve topográfico del fondo ha sido estimado usando la relación entre la distancia medida mediante una cinta tensa sobre el arrecife y la distancia medida mediante la colocación de una cadena, directamente bajo la línea seguida por la cinta, y que sigue el contorno del sustrato (Wellington, 1982; Cintrón *et al.*, 1994). Usualmente es aplicado de manera paralela a la obtención de transectos y el tamaño común es de 10 m Sin embargo, no existe un método que permita estimar la heterogeneidad de áreas mayores. El método de estimación del relieve usado en Bahías de Huatulco aprovecha la geometría y el instrumental de buceo para obtener una información similar. Sin embargo, por el momento no hay pruebas comparativas que permitan establecer la bondad y los sesgos que tiene el mismo.

IV.3 Variables físicas y químicas

Durante 1997-98 se registró uno de los eventos El Niño Oscilación del Sur más intensos del Siglo XX. El calentamiento del agua superficial desencadenó episodios de blanqueamiento intenso en varios lugares del mundo (Wilkinson 1998). En Australia el blanqueamiento fue a gran escala aunque con distintos grados de intensidad, afectándose un área de 600 000 km² (Berkelmans y Oliver, 1999). De manera similar, en la costa del Pacífico americano se alcanzaron anomalías positivas de hasta 5 °C (NOAA, 1998) y en México se presentaron blanqueamientos masivos en Baja California y Bahía de Banderas (Cupul-Magaña y Medina Rosas, 2000; Reyes-Bonilla *et al.* sometido). En contraste, en la costa de Oaxaca no se observaron blanqueamientos masivos y los datos de parámetros fisicoquímicos del agua marina superficial no se alejaron del promedio histórico 1961- 1974 (Secretaría de Marina, 1978); así como tampoco se apreciaron meses en los que la temperatura rebasara los 31 °C. Esto último es importante debido a que los blanqueamientos masivos han sido relacionados con temperaturas mayores a esa (Glynn, 1990; Reyes-Bonilla, 1993b; Cohen *et al.*, 1997; Wilkinson, 1998; Berkelmans y Oliver, 1999). Lo anterior es debido a que existe una reducción de las tasas de fotosíntesis de los dinoflagelados simbiotes a partir de los 30°C, y a la pérdida de la asociación simbiótica coral-dinoflagelado (Iglesias-Prieto *et al.*, 1992).

Entre las posibles causas de que no se observaran blanqueamientos masivos en la costa de Oaxaca, destacan eventos locales como la intensa actividad ciclónica de esa temporada (Glynn *et al.*, 1999). También es posible que

influyera la aclimatación, ya que las curvas de tolerancia a una variable ambiental pueden ser modificadas durante el periodo de vida de un individuo si este es expuesto a diferentes condiciones ambientales (Iglesias-Prieto y Trench, 1997). Oaxaca se localiza en el ecuador térmico del Pacífico oriental tropical, el cual se extiende entre los 10°N a 20°N (Blackburn, 1962) por lo que las especies locales están aclimatadas a temperaturas altas en todo el año. La aclimatación del genero *Pocillopora* spp. a las temperaturas predominantes en cada localidad ya ha sido mostrado con anterioridad. En Hawai, es sensible a temperaturas mayores de 28 y 29°C mientras que en el atolón Johnston el limite superior es de alrededor de 30°C (Cohen *et al.*,1997). La aclimatación no sólo es a la temperatura, sino también a los elevados niveles de radiación Ultra Violeta y Radiación Fotosintéticamente Activa mediante el incremento de pigmentos fluorescentes, la protección con aminoácidos parecidos a micosporina y el autosombreado (Dunlap y Shick, 1998; Shick *et al.*, 1999; Salih *et al.*, 2000). En Huatulco, la acción de varios factores locales, combinados con la aclimatación, pudo haber dado a las especies locales el margen necesario para sobrevivir en un entorno regional caracterizado por los blanqueamientos masivos.

IV.4 Valor de conservación de los arrecifes.

El índice de Done (1997) toma en consideración la cobertura del coral y un valor asignado a cada especie de acuerdo a su valor de conservación, por lo que cada localidad obtiene valores distintos en función de su composición específica y la abundancia coralina. La comparación es directa y permite establecer de manera cuantitativa un criterio de prioridad para la conservación entre comunidades. Esto resulta de especial importancia cuando se aplica al manejo de áreas naturales protegidas ya que permite determinar de manera rápida sitios a los que se debe prestar atención especial.

Se realizaron dos cambios con respecto a la metodología usada por Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez (1999). El primero es la denominación del valor de conservación de buceo, por la de valor de conservación por atractivo. Esto se debe a que en Huatulco la principal actividad en los arrecifes es la de recorridos con equipo básico de buceo y en menor medida el buceo con aparatos. Así, en el concepto de atractivo se incluyen tanto las actividades con equipo básico como las de buceo con aparatos. El segundo cambio es en el uso de criterios fuente para la asignación de valores de conservación de biodiversidad a cada especie presente en Huatulco. Jiménez (1997) y Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez (1999) y no indican la fuente con la que determinaron la distribución de la especie. Por lo anterior, para asignar valor de conservación por biodiversidad a cada especie, se utilizó el trabajo de Glynn y Ault (2000) donde resume las localidades y los abundancias relativas de corales zooxantelados en el Pacífico oriental tropical.

Los valores de conservación por biodiversidad, para todas las localidades de Huatulco, fueron inferiores a 100 puntos (Fig. 32). Esto se atribuye a que las especies presentes en Huatulco son de distribución amplia tanto en el Indo Pacífico como en el Pacífico oriental tropical, lo que hace que tengan valores bajos de conservación por biodiversidad. También en el caso de las especies con distribución restringida, la escasa cobertura local influye en su poca aportación al resultado final. Los valores obtenidos en Huatulco estuvieron muy por debajo de comunidades similares en el Golfo de California en donde los valores fluctuaron entre 180 a 420 puntos (Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez, 1999).

El origen de esta discrepancia se debe la falta de criterios homogéneos para la asignación de valores a las especies, lo que origina diferencias entre los distintos trabajos. Por ejemplo, a *Pocillopora damicornis* en Huatulco se le asignó un valor de biodiversidad de 1 punto debido a que es una especie ampliamente distribuida por el Pacífico oriental tropical y el Indo Pacífico (Veron y Pichon, 1976; Glynn y Ault, 2000). En el caso del Baja California, se consideró como una especie colonizadora y le asignaron un valor de 3 puntos (Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez, 1999). Si se estandarizan los datos a un mismo valor base (3 puntos) se observa que los valores de biodiversidad son similares e, incluso en las localidades de mayor cobertura de *P. damicornis* como La Entrega y San Agustín, los valores de Huatulco sobrepasan a los de Baja California (Fig. 34).

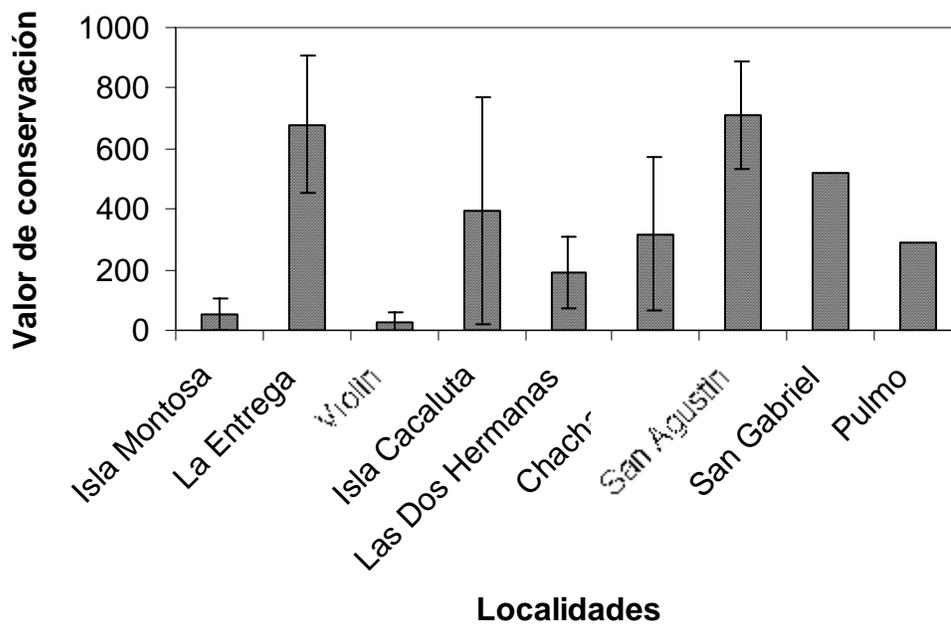


Figura 34. Comparación del valor de conservación por biodiversidad para arrecifes de Bahías de Huatulco y Baja California Sur. El valor de conservación por biodiversidad para *P. damicornis* = 3. Datos de localidades de Baja California obtenidos de Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez (1999). Para las localidades de Huatulco tamaño de muestra = 3 transectos.

Los valores de conservación por pesca fluctuaron entre 138 y 761 puntos (Fig. 32). Esta diferencia se debió a que la comunidad con el menor valor de conservación por pesca está integrada básicamente por *Pocillopora eydouxi*, que es una especie no sujeta a extracción regional. En el caso de La Entrega y San Agustín obtuvieron el mayor valor de conservación debido a la mayor cobertura de *Pocillopora damicornis* aunado a que esta especie es la más utilizada para su venta.

Los mayores valores de conservación se obtuvieron para el atractivo con 535 puntos en promedio (Fig. 35), debido a que las especies con mayor cobertura son también especies muy atractivas. Es necesario hacer notar que se detectó un cambio en la característica de atractivo de acuerdo a la cantidad de ejemplares presentes. Cuando se les mostró a las personas una colonia de coral (por ejemplo, *P. damicornis*) en general indicaron que es atractiva pero cuando un arrecife esta compuesto casi exclusivamente de esa especie, como es el caso de San Agustín y La Entrega, las mismas personas indicaron que no es tan atractivo debido a la falta de variedad. Una observación similar se realizó en Costa Rica donde sitios homogéneos y de bajo relieve no son considerados buenos sitios de buceo (Jiménez, 1997). Esta característica debe ser tomada en cuenta al usar la fórmula de Done (1997) ya que en ella se multiplica el valor de atractivo de la especie por la cobertura de la misma en un arrecife y no toma en consideración este tipo de casos.

Valores de conservación por biodiversidad mayores a 300 puntos se consideran importantes (Done, 1997; Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez, 1999). En Huatulco, se obtuvieron valores superiores a esa cifra para el valor de conservación de pesca y atractivo pero inferiores en el caso de biodiversidad. Sin embargo, se destacó la gran influencia que presenta la cobertura de *P. damicornis*. Si la especie presenta un valor bajo o alto en algún parámetro de conservación, la elevada cobertura local de la especie determinó de manera importante el valor final de conservación para todo el arrecife. La diferente abundancia de esta especie en dos localidades de Baja California también influyó en que San Gabriel obtuviera mayores valores en comparación con Cabo Pulmo

(Reyes-Bonilla y Beltrán-Ramírez, 1999). Un efecto similar se notó en un arrecife de Costa Rica, pero producido por la abundancia de *Leptoseris papyracea* (Jiménez, 1997). Así se puede concluir que el índice de Done (1997) es sensible a los valores de conservación de la especie más abundante.

Las localidades en las que coincidieron los valores más elevados por Biodiversidad, Pesca y Atractivo fueron La Entrega, Isla Cacaluta y San Agustín, lo que las destacó como importantes para su conservación. De ellas, Isla Cacaluta y San Agustín están incluidas dentro del Parque Nacional Huatulco (Diario Oficial de la Federación, 1998). La Entrega, por su parte, no tiene protección oficial y está sujeta a la mayor utilización por parte del turismo debido a la facilidad de acceso y la infraestructura turística existente. Por ello, es necesario apoyar los esfuerzos de los propios prestadores de servicios turísticos quienes reconocen su importancia llamándola “Acuario Marino” y han tomado medidas para impedir la extracción de organismos y regularmente limpian el fondo de basura. Es notable que las localidades que son reconocidas localmente como importantes fueron señaladas por el índice de Done como las de mayor valor de conservación. Por lo que se puede considerar una buena herramienta cuantitativa para determinar qué localidades son más importantes dentro de un conjunto y, así orientar esfuerzos de protección hacia ellas.

V. CONCLUSIONES

En Bahías de Huatulco se registró la presencia de seis géneros y catorce especies de corales hermatípicos. El género *Pocillopora* fue el que presentó el mayor número de especies con siete, seguido de *Pavona* con tres. *Psammocora*, *Leptoseris*, *Fungia* y *Porites* presentaron una sola especie cada género. Tres especies solo se encontraron como fragmentos muertos (*Psammocora stellata*, *Leptoseris papyracea* y *Fungia distorta*). Las especies del género *Pocillopora* presentaron mayor cobertura que las especies de *Pavona* y *Porites*.

En Bahías de Huatulco los arrecifes se desarrollan en pequeñas bahías, y el tamaño de los mismos varió entre una y diez hectáreas. Todos correspondieron al tipo “arrecife bordeante” y presentaron tres facies principales: plataforma, talud y la base arrecifal.

El desarrollo coralino alcanzó poca profundidad, siendo el límite máximo de desarrollo arrecifal a los 13.7 m debido a que a esa profundidad la cantidad de luz disminuye a menos del 10 % de la intensidad en superficie.

Los arrecifes de La Entrega y San Agustín obtuvieron los menores valores de diversidad, los mayores de dominancia y los mas bajos de uniformidad debido a la elevada cobertura de una especie (*Pocillopora damicornis*).

La elevada riqueza específica de la zona, puede deberse a las relaciones biogeográficas de Oaxaca para con otras zonas de América, así como a la confluencia de corrientes en la zona de Huatulco que puede provocar un efecto vórtice, mismo que tiende a acumular especies en el área vía la dispersión a larga distancia y el arrastre de los propágulos en la dirección de las corrientes.

Durante el periodo de muestreo los valores promedio anual de temperatura (28.7°C) y salinidad (34.5 PSU) no variaron de los promedios históricos a pesar de que el entorno oceánico, fue dominado por un evento El Niño Oscilación del Sur. Por lo que no se observó el blanqueamiento masivo de las especies de coral.

Las importancia de los arrecifes de Huatulco fue debida a su valor como atractivo y en segundo lugar por su valor de pesca. El valor de conservación por biodiversidad fue bajo debido a que los arrecifes están integrados principalmente por especies de amplia distribución en el Pacífico oriental tropical. Las localidades en las que coincidieron los valores más elevados por biodiversidad, pesca y atractivo fueron La Entrega, Isla Cacaluta y San Agustín; lo cual destacó a esas comunidades como importantes para su conservación.

VI. Literatura citada

- Anónimo. 1990. Atlas Nacional de México. UNAM. México Vol. I-III.
- Baker, A. W. y R. Rowan. 1997. Diversity of symbiotic dinoflagellates (zooxanthellae) in scleractinian corals of the Caribbean and eastern Pacific. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. Panamá, Panamá. 2:1301-1306.
- Barberán, J., A. Gallegos, A. Fernández, F. Ruiz, A. Padilla, S. Czitrom y M. Alatorre. 1986. Observaciones oceanográficas en el Golfo de California y áreas adyacentes, Enero-Febrero 1984. ICMYL- UNAM, México.
- Barrientos-Villalobos, J. 2000. Diversidad y abundancia de la ictiofauna de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca. Tesis de licenciatura BUAP. Puebla, México. 54p.
- Berkelmans, R. y J. K. Oliver. 1999. Large scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef. Coral Reefs. 18:55-60
- Birkeland, C., D. L. Meyer, J. P. Stames y C. L. Buford. 1976. Subtidal communities of Malpelo Island. Smithsonian Contribs. to Knowl. Zool. 176:55-68.
- Blackburn, M. 1962. An oceanographic study of the Gulf of Tehuantepec. US Fish and Wild. Ser. Spec. Sci. Rep. 404. Washington. 28p.
- Blackburn, M., R. C. Griffiths, R. W. Holmes y W. H. Thomas. 1962. Physical, Chemical and Biological observations in the eastern Tropical Pacific Ocean: Three cruises to the Gulf of Tehuantepec 1958-1959. US Fish and Wild. Serv. Spec. Sci. Rep. 420. Washington. 170p.

- Briggs, J. C. 1955. A monograph of the clingfishes (Order Xenopterygii). Stanford Ichtiol. Bull. 6:1-224.
- Briggs, J. C. 1974. Marine Zoogeography. McGraw-Hill. New York. 475p.
- Brusca, R. C. 1980. Common intertidal invertebrates of the gulf of California. The University of Arizona press. Arizona. 513p.
- Carranza-Edwards, E., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez-Torres. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Ann. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México. 2(1):81-88.
- Carriquiry, J. D. y H. Reyes-Bonilla. 1997. Estructura de la comunidad y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit. Pacífico de México. Cienc. Mar. 23 (2):227-248.
- Chappell, J. 1983. Sea level changes and coral reef growth. pp. 46-55. *in* Barnes D. J. (Ed.).1983. Perspectives on coral reefs. AIMS Australia. 277p.
- Cintrón, G., J. R. García y F. Geraldés. 1994. Manual de métodos para la caracterización y monitoreo de arrecifes de coral. WWF. Washington. 65p.
- Cohen, A. L., P. S. Lobel y G. L. Tomasky. 1997. Coral bleaching on Johnston Atoll, central Pacific ocean. Biol. Bull. 193:276-279.
- Colgan, M. W. 1990. El Niño and the history of eastern Pacific reef building. pp. 182-232. *in* Glynn, P. W. (ed). 1990. Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño Southern oscillation. Elsevier Oceanography Ser. 52, Elsevier Amsterdam.
- Comas-Rodríguez, O. y A. Pérez-Rojas, 1991. Geoestructura y fisiografía en el desarrollo de las comunidades coralinas de Bahías de Huatulco, Oaxaca,

- México. Res. IV Cong. Latinoam. Cienc. del Mar. Fac. de Ciencias del Mar, Univ. Católica del Norte, Chile. p. 127.
- Cortés, J. 1990. The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure. Atoll. Res. Bull. 334:2-31.
- Cortés, J. 1996-1997. Biodiversidad Marina de Costa Rica: Filo Cnidaria. Rev. Biol. Trop., 44(3)/45(1):323-334.
- Cortés, J. y H. Guzmán. 1998. Organismos de los arrecifes coralinos de Costa Rica: Descripción, distribución geográfica e historia natural de los corales zooxatelados (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico. Rev. Biol. Trop. 46(1):55-92.
- Cromwell, T. y E. B. Bennet. 1959. Surface drift charts for the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Tuna Com. Bull. 3(3):135-164.
- Cruz-Piñon, G. y H. Reyes-Bonilla. 1999. Corales ahermatípicos del Pacífico tropical mexicano (Guerrero, Oaxaca y Chiapas). Ciencia y Mar. 3(7):39-45
- Cupul-Magaña, A. y P. Medina Rosas. 2000. Estado Actual de los arrecifes coralinos de Jalisco y Nayarit, México. Res. 1er Congr. Nal. Arrecifes de coral. Veracruz, Ver. México. p.59.
- Dana, T. F. 1975. Development of contemporary eastern Pacific coral reefs. Mar. Biol. 33:355-374.
- Davies, P. J. 1983. Reef Growth p. 69-106. *in* Barnes D. J. (Ed.). 1983. Perspectives on coral reefs. AIMS Australia. 277p.
- De la Lanza-Espino, G. (comp.) 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT. México. 518 p.

- Diario Oficial de la Federación. 1998. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de Parque Nacional la región conocida como Huatulco. Diario Oficial de la Federación. México 24 Julio 1998.
- Dietrich, G. 1980. General Oceanography. 2nd ed. Wiley Interscience. New York. 588p.
- Dodge, R. E., A. Logan y A. Antonius. 1982. Quantitative reef assessment studies in Bermuda: A comparison of methods and preliminary results. Bull. Mar. Sci. 32(3):745-760.
- Done, T. J. 1983. Coral Zonation: its Nature and Significance p. 107-147 *in* Barnes D. J. (Ed.). 1983. Perspectives on coral reefs. AIMS Australia. 277p.
- Done, T. J. 1997. Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers. Coral Reefs. 14:183-192.
- Done, T. J. y R. E. Reichelt. 1998. Integrated coastal zone and fisheries ecosystem management: generic goals and performance indices. Ecol. Appl. 8:S110-S118.
- Dunlap, W. C. y J. M. Shick. 1998. Ultraviolet radiation-absorbing mycosporine-like amino acids in coral reef organisms: a biochemical and environmental perspective. J. Phycol. 34:418-430.
- Durham, J. W. 1947. Corals from the Gulf of California and the North Pacific coast of America. Geol. Soc. Am. Mem., 20. 68p.
- Durham, J. W. y J. L. Barnard. 1952. Stony corals of the Eastern Pacific. Collected by the Velero III and the Velero IV. Allan Hancock Found. Publ., 16(1): 110p.
- Fiedler, P. C. 1992. Seasonal climatologies and variability of eastern tropical Pacific surface waters. NOAA Tech. Rep. NMFS. 109:1-65.

- FONATUR, 1986. Delimitación, planeación y diseño de áreas protegidas y recreativas en las Bahías de Huatulco, Oaxaca. FONATUR, México. 132p.
- FONATUR, 1997. Tablas de marea 1997. FONATUR, México. 24 p.
- FONATUR, 1998. Tablas de marea 1998. FONATUR, México. 24 p.
- Gallegos, A., J. Barberán y A. Fernández. 1988. Condiciones oceanográficas de Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo en julio de 1981. Rev. Geofísica. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 28(1):41-58.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Inst. Geogr. UNAM. México. 246p.
- Geister, J. 1977. Occurrence of *Pocillopora* in late Pleistocene Caribbean coral reefs. Mem. Bur. Rech. Geol. Min., 89, 378-388.
- Geister, J. 1983. Holozäne westindische korallenriffe: Geomorphologie, Oekologie und fazies. Facies. 9:173-284.
- Glynn, P. W. 1976. Some physical and biological determinants of coral community structure in the eastern Pacific. Ecol. Mon. 46:431-456.
- Glynn, P. W. 1977. Coral growth in upwelling and non upwelling areas off the pacific coast of Panama. J. Mar. Res. 35:567-587.
- Glynn, P. W. 1990. Coral mortality and disturbances to coral reefs in the tropical eastern pacific. p. 55-126 in P. W. Glynn (Ed). 1990. Global Ecological consequences of the El Niño Southern Oscillation. Elsevier Oceanogr. Ser. 52, Amsterdam. 563p.
- Glynn, P. W. 1994. State of coral reefs in the Galapagos Islands: natural vs. anthropogenic impacts. Mar. Poll. Bull. 29(1-3):131-140.

- Glynn, P. W. 1996. Eastern Pacific reef coral biogeography and faunal flux: Durham's dilemma revisited. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panamá, Panamá. 1:371-378.
- Glynn, P. W. y R. H. Stewart, 1973. Distribution of coral reefs in the Pearl Islands, (Gulf of Panama) in relation to thermal conditions. Limnol. Oceanogr 18:367-379.
- Glynn, P. W. y G. M. Wellington. 1983. Corals and coral reefs of the Galapagos Islands. Univ. of Calif. Press. Berkeley. 330p.
- Glynn, P. W. y W. H. de Weerd. 1991. Elimination of two reef building hydrocorals following the 1982-83 El Niño warming event. Science. 253:69-71.
- Glynn, P. W. y M. W. Colgan. 1992. Sporadic disturbances in fluctuating coral reef environments: El Niño and coral reef development in the eastern pacific. Amer. Zool. 32:707-718.
- Glynn, P. W. y G. E. Leyte-Morales. 1997. Coral reefs of Huatulco, west Mexico: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. Rev. Biol. Trop. 45: 1033-1048.
- Glynn, P. W. y J. L. Maté. 1996. Field guide to the Pacific coral reefs of Panama. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. Panamá, Panamá. 1:145-167.
- Glynn, P. W. y J. S. Ault. 2000. A biogeographic analysis of the far eastern Pacific Coral Reef region. Coral Reefs. 19:1-23.
- Glynn, P. W., R. H. Stewart y J. E. McCoster. 1972. Pacific coral reefs of Panama: structure, distribution and predators. Geol. Rundsch., 61:483-519.

- Glynn, P. W., J. E. N. Veron y G. E. Wellington. 1996. Clipperton Atoll (eastern Pacific): oceanography, geomorphology, reef building, coral ecology and biogeography. Coral Reefs. 15:71-99.
- Glynn, P. W., D. Lirman, A. C. Baker y G. E. Leyte-Morales. 1999. First documented hurricane strikes on eastern pacific coral reefs reveals only slight damage. Coral Reefs. 17:368.
- Goreau, T. F., N. I. Goreau y T. J. Goreau. 1979. Corales y arrecifes coralinos Investigación y Ciencia. 37:48-61.
- Guzmán, H. M. 1986. Estructura de la comunidad arrecifal de Isla del Caño, Costa Rica y el efecto de perturbaciones naturales severas. Tesis de maestría Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 179p.
- Guzmán, H. M. 1988. Distribución y abundancia de los organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 36:191-207.
- Guzmán, H. M. y J. Cortés. 1989. Coral reef community structure at Caño Island, Pacific Costa Rica. Mar. Ecol. 10(1):23-41.
- Guzmán, H. M. y J. Cortés. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical: revisión y perspectivas. Rev. Biol. Trop. 41:535-557.
- Guzmán, H. M., D. Ross Robertson y M. Díaz. 1991. Distribución y abundancia de corales en el arrecife del Refugio de Isla Iguana, Pacífico de Panamá. Rev. Biol. Trop. 39(2):225-231.
- Guzmán, H. M., J. Cortés, R. H. Richmond y P. W. Glynn. 1987. Efectos del fenómeno de “El Niño Oscilación Sureña” 1982/83 en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 35:325-332.

- Guzmán H. M., J. Cortés, P. W. Glynn y R. H. Richmond. 1990. Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama). Mar. Ecol. Progr. Ser. 60:299-303.
- Hallock, P. y W. Schlager. 1986. Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. Palaios. 1:389-398
- Highsmith, R. C. 1982. Reproduction by fragmentation in corals. Mar. Ecol. Progr. Ser. 71: 207-226.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. J. Theoret. Biol. 29:151-154.
- Iglesias-Prieto, R. y R. K. Trench. 1994. Acclimation and adaptation to irradiance in symbiotic dinoflagellates. I Responses of the photosynthetic unit to changes in photon flux density. Mar. Ecol. Progr. Ser. 113: 163-175
- Iglesias-Prieto, R. y R. K. Trench. 1997. Photoadaptation, photoacclimation and niche diversification in invertebrate-dinoflagellate symbiosis. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. Panamá, Panamá. 2:1319-1324.
- Iglesias-Prieto, R., J. L. Matta, W. A. Robins y R. K. Trench. 1992. Photosynthetic response to elevated temperature in the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum* in culture. Proc. Natl. Acad. Sci. 89:10302-10305.
- Jiménez, C. E. 1997. Corals and coral reefs of Culebra Bay, Pacific coast of Costa Rica: anarchy in the reef. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. Panamá, Panamá. 1:329-334.
- Jokiel, P. y F. J. Martinelli. 1992. The vortex model of coral reef biogeography. J. Biogeogr. 19:449-458.

- Ketchum-Mejía, J. T. 1998. Comunidades coralinas del archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis de licenciatura. UABCS. 136p.
- Ketchum-Mejía, J. T. y Reyes-Bonilla, 1997. Biogeography of hermatypic corals of the archipelago Revillagigedo, Mexico. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. Panamá, Panamá. 1:471-476.
- Kleypas, J. A. 1996. Coral reef development under naturally turbid conditions: fringing reefs near Broad Sound, Australia. Coral Reefs. 15:153-167.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper Collins, New York. 654p.
- Lavín, M. F., J. M. Robles, M. L. Argote, E. D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Trasviña, H. S. Vélez y J. García. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. Ciencia y Desarrollo. 12(103):97-108.
- Leyte-Morales, G. E. 1997. La colección de corales de la Universidad del Mar. Ciencia y Mar. 1: 3-16
- Lluch-Cota, S. E., S. Álvarez-Borrego, E. M. Santamaría-del Ángel, F. E. Müller-Karger y S. Hernández-Vázquez. 1997. El Golfo de Tehuantepec y áreas adyacentes: Variación espaciotemporal de pigmentos fotosintéticos derivados de satélite. Cienc. Mar. 23(3):329-340.
- López-Pérez, R. A., 1996. Biogeografía histórica de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico oriental tropical. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, México. 144p.

- López-Pérez, R. A. y H. Reyes-Bonilla. 2000. Los corales constructores de arrecifes en el Pacífico mexicano. Una historia de 65 millones de años. Ciencia. 51(2):4-12
- Macintyre, I. G., P. W. Glynn y J. Cortés. 1992. Holocene reef history in the eastern Pacific: mainland Costa Rica, Caño Island, Cocos Island and Galapagos Island. Proc. 7th Int. Coral Reef Symp. Guam 2:1174-1184.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 179p.
- Mitchell-Arana, 1994. Perfil del coral y especies asociadas en La Entrega, Bahías de Huatulco. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. México. 74p.
- Mitchell-Arana, L. M. y P. Gómez, 1990. Perfil del coral y especies asociadas en La Entrega, Bahías de Huatulco. Res. VIII Cong. Nac. Oceanog. Esc. Cienc. Mar. UAS. Mazatlán. p. 103.
- NOAA. 1998. Current "Daily" SST Anomaly Charts. <http://psbsgi1.nesdis.noaa.gov:8080/PSB/EPS/SST7SST.html>
- Palmer, R.H. 1928. Fossil and recent corals and coral reefs of western Mexico. Three new species. Proc. Am. Phil. Soc. 67(1): 21-31.
- Patton, J. S., S. Abraham y A. A. Benson. 1977. Lipogenesis in the intact coral *Pocillopora capitata* and its isolated zooxanthellae: Evidence for a light-driven Carbon cycle between symbiont and host. Mar. Biol. 44:235-247.
- Poole, H. H. y W. R. G. Atkins. 1929. Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 16:297-324.
- Porter, J. W. 1972. Ecology and species diversity of coral reefs on opposite sides of the Isthmus of Panama. Bull. Biol. Soc. Wash. 2: 89-116.

- Prahl, H. Von y A. Mejía. 1985. Primer informe de un coral acroporido *Acropora valida* (Dana, 1846)(Scleractinia: Astrocoeniida: Acroporidae) para el Pacífico Americano. Rev. Biol. Trop. 33:39-43.
- Prahl, H. Von, J. C. Escobar y E. J. Peña. 1988. Diversidad de especies de un arrecife de coral en la Isla de Gorgona, Pacífico Colombiano. Mem. VI Sem. Nal. Ciencias del Mar. Bogotá. 571-577.
- Reyes-Bonilla, H. 1990. Distribución, riqueza específica, aspectos biogeográficos y taxonómicos de los corales hermatípicos del Golfo de California. Tesis de licenciatura. Depto. de Biol. Mar. UABCS. 128p.
- Reyes-Bonilla, H. 1992. New records for hermatipic corals (Anthozoa: Scleractinia) in the Gulf of California, Mexico, with an historical and biogeographical discussion. J. Nat. Hist. 26:1163-1175.
- Reyes-Bonilla, H. 1993a. Estructura de la comunidad, influencia de la depredación y biología poblacional de corales hermatípicos en el arrecife de Cabo Pulmo, Baja California Sur. Tesis de maestría. CICESE. México. 169p.
- Reyes-Bonilla, H. 1993b. 1987 coral bleaching at Cabo Pulmo reef, Gulf of California, Mexico. Bull. Mar. Sci. 52:832-837.
- Reyes-Bonilla, H. 1993c. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. pp 207-222. *in* Salazar-Vallejo S. I. y N. E. González (Eds) 1993. Biodiversidad Marina y costera de México. CONABIO y CIQRO, México. 865p.
- Reyes-Bonilla, H. y G. E. Leyte-Morales. 1998. Corals and coral reefs of the Puerto Angel region, west coast of Mexico. Rev. Biol. Trop. 46(3):679-681.

- Reyes-Bonilla, H. y A. López-Pérez. 1998. Biogeografía de los corales pétreos (Scleractinia) del Pacífico de México. Cienc. Mar. 24(2):211-224.
- Reyes-Bonilla, H. y V. H. Beltrán-Ramírez. 1999. Valor de conservación de dos arrecifes del Golfo de California. Parte 1. Comunidades coralinas. Insulario. 8: 2-7.
- Reyes-Bonilla, H., J. D. Carriquiry B., G. E. Leyte Morales y A. L. Cupul-Magaña, Sometido 2001. Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the Anti-El Niño event (1997-1998) on coral reefs of the western coast of Mexico. Sometido Coral Reefs.
- Richmond, R. H. 1990. The effects of the El Niño/Southern oscillation on the dispersal of corals and other marine organisms *in* Glynn P. W. (Ed). 1990. Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño southern oscillation. Elsevier, Amsterdam. 563p.
- Rodríguez-Palacios, C. A., L. M. Mitchell-Arana, G. Sandoval Díaz, P. Gómez y G. Green. 1988. Los moluscos de las Bahías de Huatulco y Puerto Ángel, Oaxaca. Distribución, diversidad y abundancia. Universidad y Ciencia. 5: 85-94.
- Rogers, C. S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. Mar. Ecol. Progr. Ser. 62:185-202.
- Salih, A. A. Larkum, G. Cox, M. Kühl y O. Hoegh-Guldberg. 2000. Fluorescent pigments in corals are photoprotective. Nature 408(6814):850-853.
- Sánchez, M. J. A. 1995. Benthic communities and geomorphology of the Tesoro Island coral reef, Colombian Caribbean. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín 24:55-77.

- Secretaría de Marina. 1978. Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Océano Pacífico. Secretaría de marina/Dirección General de Oceanografía. México, D.F. 45p.
- Shepard, P. F. 1973. Submarine geology. Harper y Row. Nueva York. 517p.
- Shick, J. M., S. Romaine-Lioud, C. Ferrier-Pagés y J. P. Gattuso. 1999. Ultraviolet-B radiation stimulates shikimate pathway-dependent accumulation of mycosporine like amino acids in the coral *Stylophora pistillata* despite decreases in its population of symbiotic dinoflagellates. Limnol. Oceanogr. 44(7):1667-1682.
- Spencer Davies, P. 1991. Effects of daylight variations on the energy budget of shallow water corals. Mar. Biol. 108:137-144
- Springer, V. G. 1958. Systematics and zoogeography of the clinid fishes of the subtribe Labrisomini Hubbs. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Tex. 5:417-492.
- Squires, D.F. 1959. Results of the Puritan-American museum of natural history expedition to western Mexico. No. 7. Corals and coral reefs of the Gulf of California. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 118, Art.7: 367-432.
- Titlyanov, E. A. y Y. V. Latypov. 1991. Light-dependence in scleractinian distribution in the sublittoral zone of south China Sea Islands. Coral Reefs 10:133-138.
- Umatani, S. y T. Yamagata. 1991. Response of the eastern tropical Pacific to meridional migration of the ITCZ: The generation of the Costa Rica Dome. J. Phys. Ocean. 21:346-363.
- Vargas-Angel, B. 1996. Distribution and community structure of the reef corals of Ensenada de Utría, Pacific coast of Colombia. Rev. Biol. Trop. 44(29): 643-651.

- Veron, J. E. N. 1993. Corals of Australia and the Indopacific. University of Hawaii Press. 644p.
- Veron, J. E. N. 1995. Corals in space and time. Comstock/Cornell, Ithaca, New York. 321p.
- Veron, J. E. N. y M. Pichon. 1976. Scleractinia of eastern Australia, part 1 Families Thamnasteriidae, Astrocoeniidae, Pocilloporidae, Aust. Inst. Mar. Sci. Monog. Ser. Vol. 1:56p.
- Veron, J. E. N. y M. Pichon. 1980. Scleractinia of eastern Australia, part III Families Agariciidae, Siderastreidae, Fungiidae, Oculinidae, Merlunidae, Mussidae, Pectiniidae, Caryophyllidae, Dendrophyllidae. Aust. Inst. Mar. Sci. Monog. Ser. Vol. 4:459p.
- Veron, J. E. N. y M. Pichon 1982. Scleractinia of eastern Australia, part IV Family Poritidae, Aust. Inst. Mar. Sci. Monog. Ser. Vol. 5:159p.
- Verrill, A. E. 1864. List of polyps and corals sent by the museum of comparative zoology to others institutions in exchange with annotations. Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. 1:29-60.
- Verrill, A. E. 1866. On the polyps and corals of Panama with descriptions of new species. Proc. Boston Soc. Nat Hist., 10. 323-333.
- Verrill, A. E. 1868-1870. Notes on the radiata in the Museum of Yale College. with descriptions of the genera and species. Review of the corals and polyps of the West Coast of America. Trans. Conn. Acad. Arts. Sci., 1(2) Art V, No 6: 377-546; Addenda 546-558; No 7: 558-567.
- Verrill, A. E. 1869a. On new and imperfectly known echinoderms and corals. Proc. Boston Soc. Nat. Hist. 12: 381-396.

- Verrill, A. E. 1869b. Synopsis of polyps and corals on the North Pacific exploring expedition... with descriptions of some additional species from the West Coast of North America. Essex. Inst. Commun. 6:75-104.
- Verrill, A. E. 1870. Descriptions of echinoderms and corals from the Gulf of California. Am. J. Sci. Arts. 49(13): 93-100 (Ser. 2).
- Villalobos, A. 1960. Notas acerca del aspecto hidrobiológico de la isla. *in* Adem, J., E. Cobo, L. Blázquez, A. Villalobos, E. Miranda, T. Herrera, B. Villa y L. Vásquez (comps.). La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. Mon. Inst. Geofís. UNAM. 2:154-180.
- Wainwright, S. A. 1965. Reef communities visited by the Israel South Red Sea Expedition. 1962. Rep. No 9. Bull. Sea Fish. Res. Sta. Haifa. 38:40-53.
- Walker, T. A. 1980. A correction to the Poole and Atkins Secchi disc/light-attenuation formula. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 60:769-771.
- Weare, B. C., P.T. Strub y M. D. Samuel. 1981. Annual mean surface heat fluxes in the Tropical Pacific Ocean. Ocean. Journal Physics Oceanography. 11(5): 705-717.
- Wellington, G. M. 1980. Reversal of digestive interactions between Pacific reef corals: mediation by sweeper tentacles. Oecologia (Berlin)47:340-343.
- Wellington, G. M. 1982. Depth zonation of corals in the Gulf of Panama: control and facilitation by resident reef fishes. Ecol. Monogr. 52:223-241.
- Wilkinson, C. 1998. Status of coral reefs of the world. GCRMN-AIMS, Australia. 184p.
- Wyrski, K. 1965. The annual and semiannual variation of sea surface temperature in the North Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr. 10(3):307-313.

Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis, 3th. ed. Prentice Hall, New Jersey. 662p.