

Bol. Cient. CIOH	Cartagena de Indias (Colombia)	No. 13	Enero 1993	Pág. 45 - 64	ISSN 0120 0542
---------------------	-----------------------------------	--------	---------------	--------------	----------------

CARTOGRAFIA BIOECOLOGICA DE ISLA TESORO CARIBE COLOMBIANO



**Capitán de Corbeta
Biólogo Marino.
Jefe División Técnica
CIOH.*

Por:
CC. Ricardo Quintero*
Juan A. Sánchez
Alvaro Ramirez

RESUMEN

Se estudiaron y cartografiaron los arrecifes coralinos de Isla Tesoro, mediante observaciones aéreas y sumergidas. Por medio de la realización de mapas y transectos con las características topográficas y la composición del fondo, se reconoció la zonación arrecifal en diferentes áreas de la isla. La parte infralitoral se dividió en cinco grandes zonas: La laguna arrecifal, que es un pequeño llano arenoso (1-4m prof), con algunas praderas de Syringodium, y parches de Millepora annularis. El arrecife trasero, hacia barlovento es un área somera (0.5-1.5m) con canales arenosos, acumulación de cascajo y zonas de pavimento, los cuales Porites astreoides y Porites porites dominan esta zona; en sotavento con grandes Millepora annularis y parches muertos de Acropora cervicornis en fondos arenosos. La cresta arrecifal, a lo largo de la rompiente (0.2-2m) formada por pináculos de Millepora-Palythoa. El arrecife frontal interno (2-9m), presenta antiguas áreas monoespecíficas de Acropora palmata y Acropora cervicornis con canales arenosos y sustrato de bajo relieve. El arrecife frontal externo (2-60m), con una pendiente pronunciada, muchas especies coralinas y abunda el alga Lobophora variegata. El arrecife presenta una gran influencia del oleaje y la sedimentación. La ausencia de contrafuertes en el frente arrecifal y un mayor desarrollo coralino hacia zonas de baja energía del oleaje, son características de estos arrecifes.

ABSTRACT

Tesoro island coral reefs were studied and chartographed by aerial and submerged methods. Toward different reef areas transects and maps of the bottom composition and topography were made. Five zones shows the reef. The lagoon zone, a short sand flat (1-4m depth) on leeward side, with some sea grass Syringodium, and Millepora annularis patch reefs. The back reef, at windward shows sand grooves, rubble accumulation and pavement areas in shallow waters (0.5-1.5m), with Porites astreoides and Porites porites dominance; toward leeward (4-7m) shows massive Millepora annularis and dead Acropora cervicornis areas on sand bottom. The crest, on the breaker zone (0.2-2m) with Millepora-Palythoa. The inner fore reef (2-9m), with dead monospecific stands of Acropora palmata and Acropora cervicornis, a low

gorgonian diversity, and Lobophora variegata abundance. The reefs shows wave and sedimentation influence. The buttresses absent in the fore reef, and high development toward low wave energy areas were found as Tesoro reef's characteristics.

INTRODUCCION

Es una prioridad dentro del estudio de arrecifes coralinos el cartografiar sus ambientes, ya sea para determinar el tamaño y composición del recurso para su conservación, como para sentar un precedente de utilidad en futuras investigaciones de cualquier índole en estos lugares (Van Duyl, 1985; CARICOMP, 1990).

Son pocos los trabajos en el Caribe colombiano que se refieran a cartografías arrecifales, cabe destacar a Márquez (1987) y, Robertson y Cano (1987) en las Islas de Providencia y Sta. Catalina, y para el área de las Islas del Rosario a Monsalve y Restrepo (1989) en Isla Caribarú, Penereiro et al (1990) en Isla Grande y, Serrano y Quintero (1992) en Isla Naval.

Estudios previos en los arrecifes coralinos de Isla Tesoro se limitan a revisiones generales de la composición y abundancia de las especies coralinas en todo el archipiélago del Rosario (Werding y Sánchez, 1979; Sarmiento et al, 1989).

Aunque el estado de los arrecifes de Isla Tesoro es muy similar al resto de Islas del Rosario (Sarmiento et al, 1989), su situación geográfica es la más alejada de los aportes continentales de la bahía de Barbacoas, siendo considerados la principal causa del deterioro coralino en el área y además de tener una custodia permanente por parte de las Fuerzas Armadas de Colombia, han mantenido este lugar con el mínimo de tenses ambientales provenientes de actividades turísticas y pesqueras, lo cual lo convierte en un lugar ideal para estudios a largo plazo.

Este trabajo pretende realizar un mapeo de los arrecifes coralinos de Isla Tesoro basados en observaciones aéreas y submarinas, en donde se

exponen cartográficamente las características y formas del sustrato, procurando describir las diferentes regiones y zonas arrecifales.

Esta investigación forma parte del proyecto "Oceanografía costera en la Bahía de Barbacoas, canal del Dique y cartografía bioecológica de Isla Tesoro (Islas del Rosario)", del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional, financiado por la Dirección General Marítima (DIMAR).

AREA DE ESTUDIO

Isla Tesoro hace parte del complejo de Islas de Nuestra Señora del Rosario, ubicada unas 3.5 millas al Norte de Isla Grande en el borde de la plataforma continental, hacia los $10^{\circ}14'13''N$ y $75^{\circ}44'36''W$. (figura 1a).

Su área territorial está incluida dentro del Parque Nacional Natural Corales del Rosario (PNNCR) desde 1988 (Sarmiento et al, 1989) y cuenta con la vigilancia de las Fuerzas Armadas de Colombia.

Isla Tesoro junto con las demás Islas del Rosario son producto de una progresiva colonización coralina sobre bajos de origen diapírico en la plataforma continental, ocurrida durante la transgresión marina de la última glaciación entre 2780+ - 120 años, originando arrecifes fósiles pleistocénicos, hoy en día islas, y arrecifes actuales vivientes bordeando a éstas (Vermette, 1986).

Esta Isla, una antigua plataforma coralina, tiene la forma típica de un cayo (cay reef), con un pleno

C O N V E N C I O N E S

	Roca de origen coralino	Gal = Galaxaura sp	M.ree = Mycetophyllia reesi
	Arena y cascajo	Dyc = Dyclitata sp	D.lab = Diploria labyrinthiformis
	Millepora alicornis	Am = Amphiroa sp	D.stri = D. strigosa
	Palythoa caribeorum	H.gou = Halimeda gourea	M.dec = Madracis decactis
	Porites Porites	H.mon = Halimeda monile	M.mea = Meandrina meandrites
	Porites astreoides	Hal = Halimeda sp	E.fas = Eusmilia fastigiata
	Estructuras semipavimentadas de Acropora palmata.	L.var = Lobophora variegata	S.lut = Sticophathes lutkeni
	Corales mixtos someros	Pad = Padina sp	A.aga = Agaricia agaricetes
	Montastrea annularis	Syr = Syringodium filiforme	M.alc = Millepora alicornis
	M. annularis en forma de tejado	Paly = Palythoa caribeorum	M.ang = Mussa angulosa
	Corales mixtos profundos	M.an = Montastrea annularis	Basb = Briareum asbestinum
	Estructuras semipavimentadas de A. cervicornis	M.cav = M. cavernosa	P.hom = Plexaura homomalla
	Espojas	P.por = Porites porites	P.flex = P. flexuosa
	Algas calcificadas	P.ast = Porites astreoides	P.am = Pseudopterogorgia americana
	Algas carnosas	S.rad = Siderastrea radicans	Eun = Eunicea spp
	Gorgonáceos	C.nat = Colpophyllia natans	Pseudoplex = Pseudoplexaura spp
	Antipatarios	H.cuc = Heliosera cucullata	N.sch = Nicella schmitti
	Syringodium	M.lam = Mycetophyllia lamarkiana	

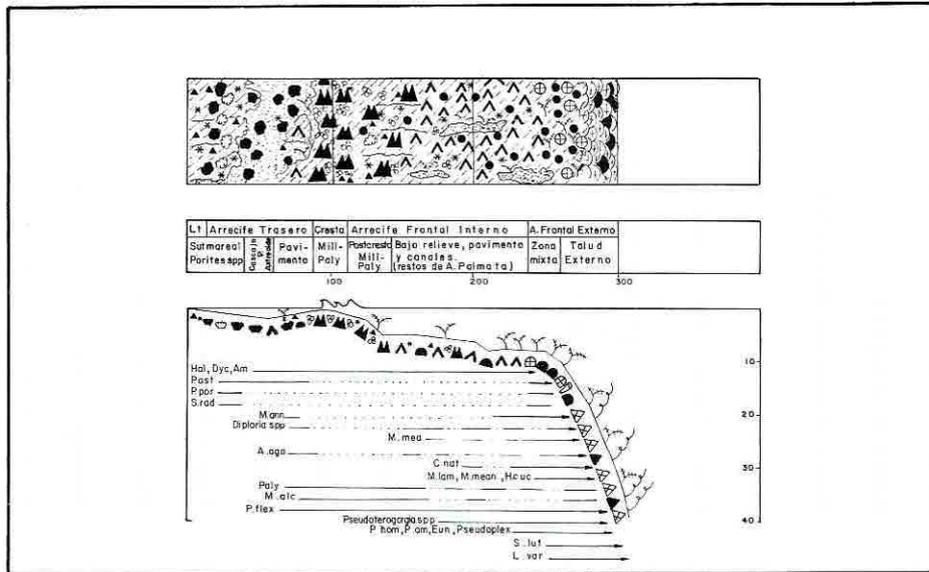


Figura 1. Mapa del fondo y perfil arrecifal con base en las estructuras y especies dominantes, de transecto No. 1 a través del arrecife del costado norte de la Isla. Las abreviaturas bajo el perfil muestran la destrucción de las especies más frecuentes en el arrecife.

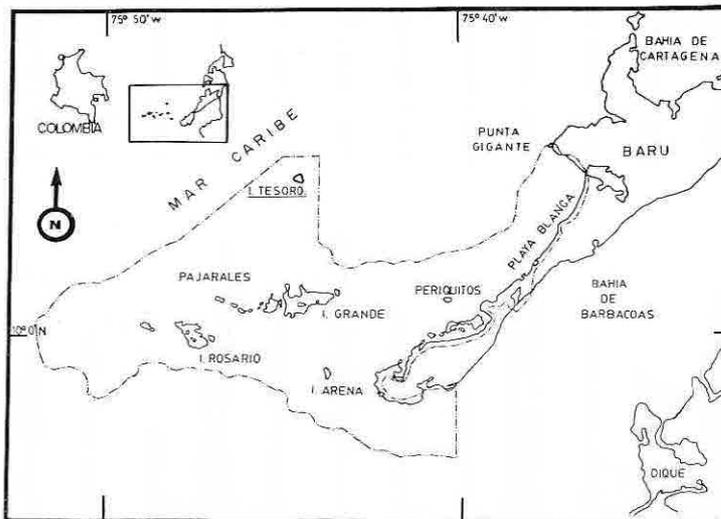


Figura 1a. Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Tomado de Sánchez, 1989)
 =..=..=..=..= Límite del PNNCR.

arrecifal subactual fácil de observar en la isla compuesto básicamente por el escleractinio Agaricia agaricetes, presenta hacia su lado sur, playas de

arena fina y gran colonización de manglares en su mayoría Rizophora mangle y Avicenia germinans, mientras la orilla norte es bordeada por un lomo de

cascajos provenientes del arrecife de barlovento. (Vernette, 1986; Alvarado et al., 1989).

La hidrodinámica de la zona está regida por la estacionalidad climática, durante la época seca (diciembre-abril) es predominante la corriente proveniente del norte influenciada por los vientos alisios, y en la época húmeda (mayo - noviembre) intermitentemente puede influir la contracorriente de Colombia sobre estas islas en dirección sur-norte (Sánchez, 1989). Sin embargo, Isla Tesoro presenta durante todo el año una rompiente del oleaje en dirección este-oeste, por olas provenientes del norte. (ob. per).

La marea como al igual que en toda la costa Caribe colombiana es de tipo semidiurna con un rango muy corto y variaciones entre 17 y 58 cm, pero en las Islas del Rosario por ser un sistema abierto lejano a la costa están más influenciadas por las mareas meteorológicas como la acción del viento sobre la superficie del mar y las corrientes (Martínez y Vernet, 1981; Sánchez, 1989).

La salinidad de las aguas superficiales del archipiélago presentan generalmente valores poco superiores a 35ppm, siendo un poco más bajas hacia el suroeste del archipiélago (figura 1a), por la llegada de aportes de aguas dulces provenientes de la bahía de Barbacoas en donde desembocan dos brazos del Canal de Dique. La temperatura del agua durante todo el año varía entre 27 y 30°C en las aguas superficiales (Martínez y Vernet, 1981)

MATERIALES Y METODOS

Cartografía arrecifal.

Se realizó una cartografía de los arrecifes coralinos de Isla Tesoro mediante aerofotografías 1:40000 del IGAC y fotografías de baja altitud oblicuas y a color tomadas en un sobrevuelo a la Isla, para finalmente levantar una carta 1:15000 aproximadamente. La morfología en dos dimensiones de los arrecifes, se

presenta en la carta basado principalmente en lo teledetectado, entre áreas de arena, arrecife denso y talud arrecifal, siendo éstos los fotopatrones más distinguibles en las fotografías a color.

La calibración y localización exacta de los fotopatrones se realizó en dos fases; (1) terrestre, con ayuda de equipo topográfico (teodolito) con el cual desde dos puntos de fácil ubicación (Faro de navegación, y un gran peñón al oeste), se midieron los ángulos horizontales de 25 puntos sobresalientes del agua, entre rocas y balizas de navegación, los cuales eran fácilmente ubicables, y (2) una fase de reconocimiento de fondo, mediante buceo simple a pulmón y SCUBA, por medio de los cuales se lanzaron transectos perpendiculares a la costa, que pasaran por algunos de los puntos sobresalientes de manera que se pudieran ubicar exactamente en los mapas.

Reconocimiento de las comunidades bénticas.

En cada transecto se tomó la batimetría del fondo hasta los 30m de profundidad, y se realizó un examen arrecifal de los componentes bénticos como tipo de sustrato (lodo, arena, cascajo y roca coralina) y los grupos funcionales (pastos marinos, algas filamentosas, macroalgas carnosas, macroalgas calcáreas, coralináceas costrosas, articuladas, esponjas, corales hermatípicos, gorgonáceos y antipatarios los cuales fueron valorados cada 2m con una observación de 5m a cada lado del cabo en el transecto, mediante una escala subjetiva de abundancia (+++= muy común o dominante, ++=común, +=poco común o acompañante, +=raro), modificada de la utilizada por Ruetzler y Macintyre (1982). Las observaciones se complementaron con buceo remolcado de superficie alrededor de todo el arrecife.

Identificación de la biota.

Algunos de los grupos funcionales importantes en su abundancia se trataron de identificar *in-situ* mediante filmaciones submarinas con una cámara SONY

Handycam 8mm con housing bajo la asistencia fotográfica del CC. Orlando Herrera y en el laboratorio si fuese necesario, como las macroalgas carnosas y calcáreas según Littler et al (1989). Los corales hermatípicos Milleporina y Scleractinia, de acuerdo con Zlatarski y Martinez (1982), y los octocorales gorgonáceos mediante las claves de Bayer (1961).

RESULTADOS

Cartografía y morfología arrecifal.

Los mapas realizados en Isla Tesoro (figuras 8 y 9) muestran como la Isla se encuentra totalmente rodeada de un arrecife de tipo frangeante, el cual se orienta de este a oeste en su parte más larga (2 km), y donde confluyen las regiones de barlovento que se desarrolla al norte y sotavento al sur, formando un óvalo arrecifal alrededor de la isla. La región de barlovento es una franja estrecha en cercanías a la isla (0.5 km), que durante todo el año recibe la acción del oleaje en dirección N o NW de acuerdo con lo observado durante 1992, y presenta una zona de rompiente bien definida que prueba lo anterior, predomina el sustrato duro con canales arenosos perpendiculares a la dirección del oleaje, sus zonas son uniformes y definidas, y hacia los costados este y oeste presenta su mayor desarrollo. El arrecife de sotavento se une a barlovento por el Oeste siendo una franja mas ancha e irregular (0.7 km), el sustrato predominante es arenoso con grandes parches y masas arrecifales aisladas, con zonas irregulares y complejas. Hacia el este se disminuye bruscamente separándose de barlovento por algunos canales arenosos (fig 8).

Sin embargo es imposible en un estudio integral del arrecife, tratar de separar las áreas de barlovento y sotavento, ya que geomorfológicamente las zonas del arrecife tienen continuidad, y no existe un límite marcado que los separe como dos formaciones diferentes, debido a que variaciones en la zonación arrecifal son causadas por la magnitud y distribución

de la energía del oleaje y la penetración de la luz (Grauss y Macintyre, 1989) y siendo el caso de los arrecifes de Isla Tesoro donde el oleaje disminuye su energía angularmente con respecto al sur, a causa de la pérdida de ésta al atravesar el arrecife de barlovento, es necesario estudiar la transformación que ocurre en cada una de las zonas y su tendencia de acuerdo al paso de un ambiente de alta energía al norte hasta las aguas calmadas de sotavento, teniendo en cuenta para una cartografía bioecológica la composición y distribución de las subzonas y comunidades.

Zonación arrecifal.

Con base en las características topográficas y la composición del fondo en los transectos realizados, así como la comparación de la zonación con otros arrecifes coralinos del Caribe estudiadas en detalle (Geister, 1977; Jordán, 1981; Burke, 1982; Ruetzler y Macintyre 1982; Jaap et al, 1989), la estructura mayor del arrecife se puede dividir en cinco grandes zonas: Laguna arrecifal, arrecife trasero, cresta arrecifal, arrecife frontal interno y arrecife frontal externo (figura 9).

Todas las zonas se extienden alrededor de la isla y contienen subzonas, a excepción de la cresta arrecifal que se limita a barlovento y en áreas de rompiente y la laguna arrecifal que se encuentra en sotavento.

Laguna arrecifal.

Este ambiente consiste de una llana extensión arenosa entre 0.5 y 3.5 m de profundidad que parte inmediatamente de la playa en sotavento, extendiéndose hacia las orillas este y oeste donde se encuentran acumulaciones de cascajo posiblemente provenientes del arrecife trasero norte, pueden encontrarse 2 subzonas, (1) cercana a la orilla y de poca profundidad donde aparecen pequeñas praderas de *Syringodium* y (2) en la parte central de la laguna con fondos arenosos colonizados

por Halimeda monile y Dyctiota spp, así como la presencia de parches monoespecíficos de Montastrea annularis en formas masivas (figs 5 y 6).

Arrecifetrasero.

La composición y morfología de esta zona difiere mucho entre la regiones de barlovento y sotavento. En barlovento se extiende inmediatamente desde la orilla luego de un lomo de acumulación de cascajo, hasta antes de la cresta arrecifal (figura 1, tabla 1), presenta poca profundidad (1-1.5m), y gran cantidad de canales arenosos y sustratos duros sin formar altos relieves.

Entre los corales hermatípicos domina Porites astreoides, seguido de P. porites quienes pueden encontrarse en grandes tapetes aislados, o una entremezcla de las dos especies en compañía de densas masas de Halimeda opuntia, Dyctiota sp y césped de algas filamentosas. En cercanías a la cresta arrecifal puede encontrarse una subzona, en donde el sustrato es pavimento arrecifal, con una gran cobertura de coralináceas costrosas y Porites astreoides sobre antiguos esqueletos de Acropora palmata y Millepora alcicornis provenientes de la cresta arrecifal, similar a la encontrada en Belize por Ruetzler y Macintyre (1982), cabe notar la aparición de grupos de gorgonáceos hacia la entrada de canales de agua en la cresta en especial Plexaura flexuosa, donde se prueba la gran preferencia de esta especie por grandes tensiones hidrodinámicas (Alcolado, 1981).

En la región de sotavento el arrecifetrasero se compone principalmente de grandes parches coralinos en su mayoría de Montastrea annularis entre profundidades de 2 a 5m con algunos bajos sobresalientes que corresponden a formaciones coralinas, el fondo es la combinación de un llano arenoso y el sustrato duro de los parches, también se observan grandes colonias de Siderastrea radians f siderea, Diploria strigosa, Diploria labyrinthiformis y Colpophillia natans (tablas 5 y 6), la presencia de algunos parches de Porites porites vivo y muerto y antiguos parches de Acropora

cervicornis colonizados por algas como Galaxaura sp, Dyctiota sp, y Amphiroa tribulus, con algunos gorgonáceos en especial Briareum asbestinum, Plexaura homomalla, y Pseudoplexaura spp. Las comunidades tienen una distribución irregular a manera de mosaicos, y las estructuras dominantes de M.annularis indican un ambiente de baja energía del oleaje y procesos de sedimentación normal del arrecife (Geister, 1977; Van Duyl, 1985).

Cresta arrecifal.

Se extiende unos 1.5 kilómetros a lo largo de toda la zona de rompiente en condiciones de alta energía del oleaje (figura 8), compuesta básicamente de una comunidad de Millepora-Palythoa que forman compactos pináculos entre 0.2 y 2 m de profundidad que pueden sobresalir del agua, los cuales reciben la carga de las olas, lo que según su composición en la escala de Geister (1977), corresponde al segundo nivel de oleaje fuerte conocido para arrecifes del Caribe. Las partes laterales de los pináculos están cubiertas por coralináceas costrosas principalmente Porolithon sp, y hacia las partes bajas de Peissonella sp, junto con Dictyopteris delicatula y Halimeda opuntia, es fácil encontrar algunos esqueletos muertos de Acropora palmata en especial hacia las zonas laterales de la cresta. Esta zona se limita sólo a la franja norte del arrecife y es la más estrecha de todas las zonas, aunque es el accidente topográfico más relevante en el arrecife (fig 1, 2, y 3).

Arrecife frontal interno.

Es la zona más grande del arrecife y abarca las zonas de barlovento y sotavento en donde sufre grandes cambios en su composición y morfología. Hacia la región de barlovento se trata de una franja uniforme con una pendiente suave entre 2 y 9m de profundidad, con gran cantidad de canales y acumulaciones arenosas de disposición perpendicular a la dirección del oleaje, con un relieve bajo entre los sustratos duros y los canales no mayor a 2m de diferencia.

TABLA 1. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 1 MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA
(+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, += POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, +- RARO).

BIOTA	ORILLA	ARRECIFE TRASERO		CRESTA	"ARRECIFE FRONTAL INTERNO"			"ARRECIFE FRONTAL EXTERNO"	
	Filamentosas Porites 0-25m 0.2-1.4m-pf Roca Arena Cascajo	Porites M. carnosas 25-60 1.5 Arena Roca Cascajo	Porites Millepora 60-95 1.1-05 Pavimento Roca	Palythoa Millepora 95-115 0.2 Pavimento Roca	Millepora 115-140 2.2 Roca Arena	Cliona 140-185 5.5-6.6 Pavim. Arena Roca	Cliona Montastrea 185-240 6.6-9.0 Pavim. Arena	Montastrea Gorgonáceos 240-270 10.0-15.0 Roca Arena	Montastrea Lobophora 270-310 16.0-33.0 Roca Arena
M. algas carnosas	++	+++	+				+-		+++
M. algas calcáreas	++		+	+					
Coralín. costrosas			+-	++	+	++	+	++	++
Coralín. articuladas							+		
Filamentosas	+++					+	+		
Espojas						+	+		
M. annularis		+				+++	+++		+++
Porites porites							+++		
P. astreoides	+++	+++	++			+-		++	
S. radians f sídereá	++								
Diploria divosa			+-				+	++	
D. strigosa									
D. labyrinthiformis					+-		+	++	
M. alcornis			+	+++	+++	+	+	++	
Agaricia agaricetes						+	+	+	
F. bifaciata						+			+
Eusmilia fastigiata									
Colpophyllia natans								+	
H. cucullata						+-		+	+
M. lamarkiana									+-
M. ressi								+	
Acropora palmata		+					+-		+-
Palythoa			+-	+++	++		+		
Gorgonáceos			+	+	+	+	+	+++	+
Antipatarios									

TABLA 2. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 2 MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA
(+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, += POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, +- RARO).

BIOTA	ORILLA	ARRECIFE TRASERO		CRESTA	"ARRECIFE FRONTAL INTERNO"			"ARRECIFE FRONTAL EXTERNO"	
	Porites 0.15 0.0-1.7 Cascajo Arena	Agaricia 15-25 2.0 Arena Cascajo	Porites 25-120 1.3 Cascajo Arena	Millepora 120-145 0.1 Roca Cascajo	Millepora Palythoa 145-305 1.5-5.5 Arena Pavimento Cascajo	Gorgonáceos 325-360 6.0 Arena Roca	Montastrea 360-480 6.5-8.2 Arena Roca Cascajo	Montastrea Gorgonáceos 480-520 11.0-21.0 Arena Pavimento Cascajo	Montastrea Lobophora 520-545 22.0-33.0 Roca Cascajo Lodo
M. algas carnosas	+		+						+++
M. algas calcáreas	+					+			
Coralín. costrosas	+								
Coralín. articuladas									
Filamentosas									
Espojas									
M. annularis		+					+++	+++	+++
Porites porites	++			++	+			+	
P. astreoides		+-	++					+	
S. radians						+	+-		
Diploria divosa									
D. strigosa					+		+-	+	
D. labyrinthiformis						+			
M. alcornis				+++	+++		+		
Agaricia agaricetes	+-	+++						+	
F. bifaciata									
A. agaricetes F. unifaciata.									
Eusmilia fastigiata									
Colpophyllia natans									
Heloseris cucullata							+-	+	+
Mycetophyllia								+	
Acropora palmata								+	
Stephanocoenia								+	
Palythoa								+	
Gorgonáceos					+++	+++	++	+++	+
Antipatarios									+-

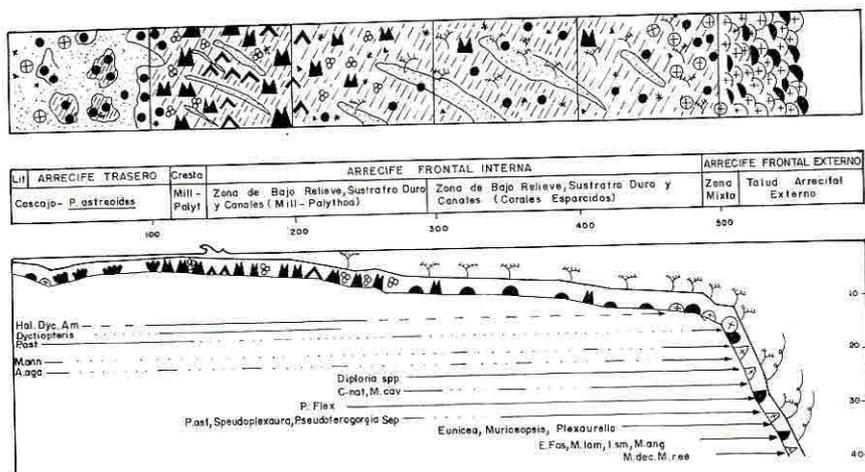


Figura 2. Mapa del fondo y perfil arrecifal No. 2 a través, del arrecife en el costado NW de Isla Tesoro.

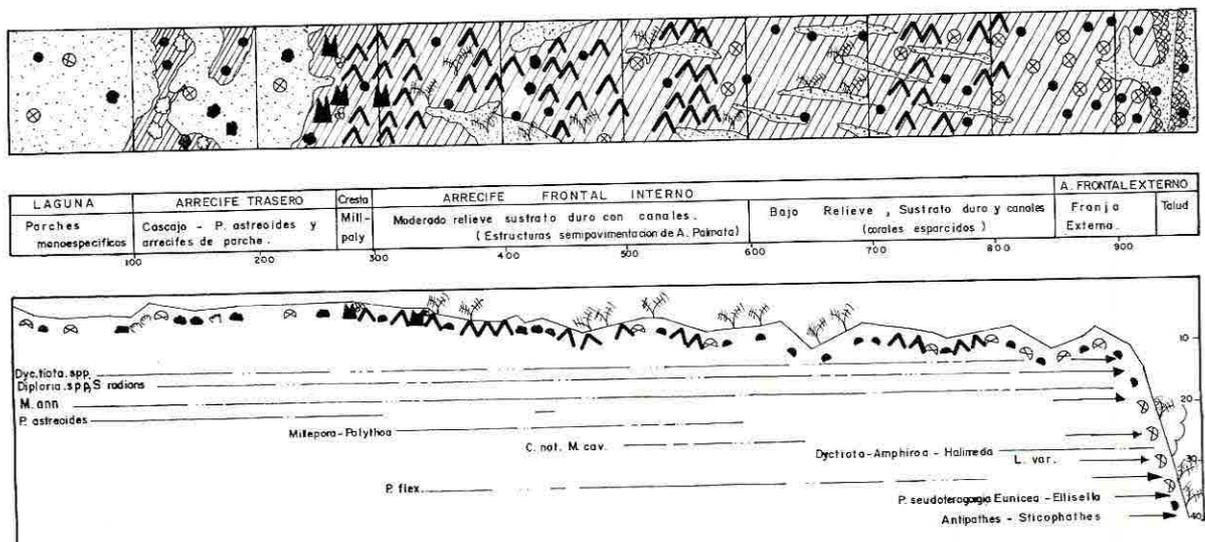


Figura 3. Mapa del fondo y perfil arrecifal con base en las estructuras y especies dominantes de la sección No. 3 a través del costado W del arrecife de Isla Tesoro.

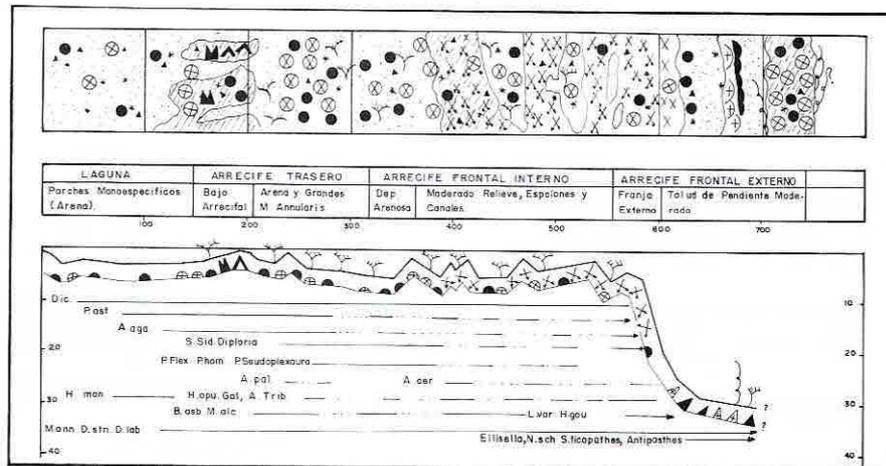


Figura 4. Mapa del fondo y perfil arrecifal con las estructuras y especies dominantes, a través del arrecife en el costado SW de Isla Tesoro.

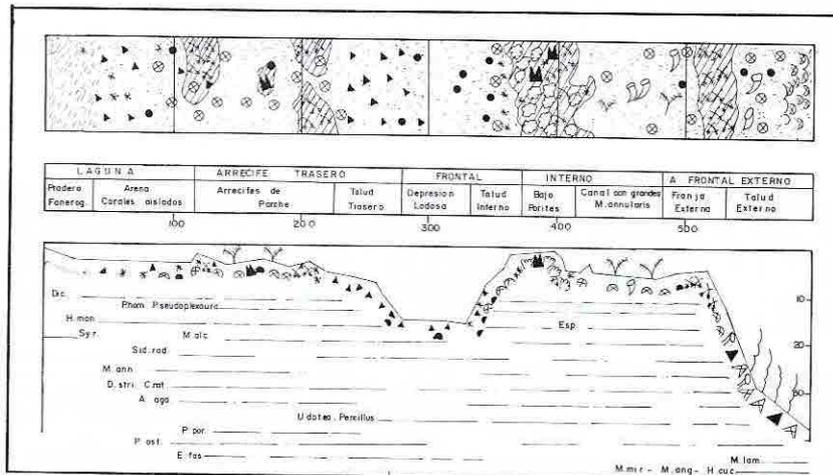


Figura 5. Mapa del fondo y perfil arrecifal con las estructuras y especies dominantes a través del costado sur de Isla Tesoro.

(Figura 1, 2 y 8), que comienza inmediatamente después de la cresta y su composición es similar a ésta (*Millepora* - *Palythoa*) pero de manera más dispersa y menos densa. Se observa una gran abundancia algal y las colonias de *Millepora alcicornis* se ven acompañadas de *Amphiroa hancokii*. Muchos de los sustratos duros son ocupados por *Dyctiota jamaicensis*, *Dyctiota spp.*, *Laurencia obtusa* y hacia la región oeste por *Styopodium zonale*, se observan

algunas colonias de *P. flexuosa*, y cabe notar la gran cantidad de esqueletos axiales de *Gorgonia ventalina* que se encuentran en esta zona debido a una mortalidad masiva informada por Garzón y Zea (1992), para esta área.

Luego de esta subzona de transición, viene una franja monoespecífica de *Acropora palmata* la cual se encuentra muerta con algunas pocas excepciones y

algunos focos de recolonización; estas estructuras esqueléticas se encuentran recubiertas en su mayoría de coralináceas costrosas, césped de algas filamentosas, una esponja recubrente café, posiblemente Cliona aprica, Palythoa caribaeorum y algunos corales en especial Agaricia agaricetes f bifaciata (= tenuifolia). Se encuentran algunas colonias esparcidas de Diploria strigosa, S. radians f siderea y M. annularis y las acumulaciones arenosas producto de la desembocadura de varios canales son aprovechadas por grandes colonias de gorgonáceos en especial Pseudoterogorgia americana, Pseudoplexaura flexuosa Pseudoplexaura spp., Plexaurella spp., Eunicea spp y Pterogorgia citrina. Hacia la región Este una zona mixta de alta diversidad de corales y octocorales proveniente del arrecife frontal externo, se adentra hasta la zona de Acropora palmata, mientras en el lado oeste donde es la mayor extensión del arrecife interno, éstas estructuras pueden desaparecer (fig 3) y pueden verse combinadas por zonas de sustratos duros con cabezas esparcidas, con mayor abundancia de gorgonáceos que de corales hermatípicos. (tabla 3).

Hacia el SW (figura 4) el arrecife frontal interno presenta una paulatina transición entre los sustratos de esqueletos de Acropora palmata por esqueletos muertos de Acropora cervicornis muy colonizados por algas especialmente Halimeda goureei que forman terrazas y espolones irregulares entrecruzados por canales de arena en donde aparecen colonias masivas de Montastrea annularis de tamaños muy grandes (3-7m de diametro, y 2-4m de altura) que pueden estar en compañía de Calpophyllia natans y Diploria spp entre otros, y algunos gorgonáceos plexauridos (tabla 4). Hacia la parte central sur (figuras 5 y 6), se presenta en esta zona una gran depresión de fondo areno-lodoso (figura 8), casi desierta con algunos parches de Siderastrea radians f siderea y algunas algas calcáreas como Udotea conglutinata y Halimeda incrassata, presentándose un pequeño talud interno con mucho cascajo rodado, algunos de los corales típicos de la zona (tablas 5 y 6) y la presencia del alga Lobophora variegata.

Finalmente el talud interno puede desembocar en algunas densas comunidades de Porites porites, y áreas de Acropora cervicornis muerto a muy poca profundidad, separándose del arrecife frontal externo por un amplio corredor arenoso entre 3-7m de profundidad.

Arrecife frontal externo.

Comienza cerca de los 9m de profundidad en el borde del talud arrecifal de barlovento, luego de la zona de esqueletos de Acropora palmata donde aparecen grandes colonias de Montastrea annularis en forma de pagoda y se da paso a una zona que llamamos mixta por la gran diversidad de scleratinios y gorgonáceos (figs 1,2,3, tablas 1,2,3), la cual es fácilmente distinguible por la gran abundancia de colonias ascendentes de gorgonáceos en especial, Pseudoterogorgia spp., Eunicea spp., Pseudoplexaura spp., Pseudoplexaura flexuosa y Gorgonia ventalina, las algas son principalmente Dyctiota spp y ocasionalmente Stipopodium zonale, esta franja hacia los costados este y oeste suele adentrarse considerablemente en el arrecife interno. Cuando se incrementa la pendiente arrecifal viene la subzona del talud externo que se puede extender hasta los 60m de profundidad y predomina M. annularis en forma de tejado junto con Agaricia agaricetes f unifasciata, Calpophyllia natans, Montastrea cavernosa y Helioseris cucullata, sin embargo muchos de los sustratos duros están ocupados por el alga Lobophora variegata, y coralináceas costrosas, son comunes las esponjas tubulares y perforantes, los gorgonáceos con zooxantelas simbiotes van desapareciendo con el aumento en la profundidad y aparecen especies azooxanteladas en especial ellisellidos, junto con la aparición de los corales negros Sticopathes lutkeni y Antipathes spp.

En la región de sotavento el arrecife frontal externo cambia gradualmente y la zona mixta se convierte en un delgado lomo externo de esqueletos muertos de Acropora cervicornis, muy colonizado por algas (Galaxaura sp y Dyctiota), la profundidad suele ser

TABLA 3. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 3 MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA (+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, += POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, += RARO).									
BIOTA	*LAGUNA*	*A. TRASERO*	CRESTA	*ARRECIFE FRONTAL INTERNO*			*ARRECIFE FRONTAL EXTERNO*		
	Montastrea 0.95m 0.1-3.6mp Arena Cascajo Roca	Porites 95-275 3.6-1.2 Cascajo Arena	Millepora Palythoa 275-300 1.2-1 Roca Pavimento	Porites 300-405 1-7.3 Pavimento Arena	Clona 405-465 7-6-7.5 Arena Pavimento	Gorgonáceos 465-480 7.9-6.6-5.3 Arena Roca	Montastrea Diploria 480-845 5.3-11.5 Arena Roca Pavimento	M. carnosas 845-925 11.5-19.5 Arena Pavimento Roca	Montastrea M. carnosas 925-945 19.5-33 Cascajo Roca Arena
M. algas carnosas		++	+	+			+	++	++
M. algas calcáreas	+	+	+	+	+		+	+	
Coralín. costrosas		+	++	++	++		+	+	++
Coralín. articuladas		+	+	+	+		+	+	
Filamentosas	+				+				
Esporngas				++	+++				
M. lamarciana							+	+	+
Porites porites	+	+++					+	+	
P. astreoides	+	+		+++	+			+	
S. radians f. siderea	+	+			+	+	+		
Diploria clavosa	+					+	+		
D. strigosa	+				+	+	++	+	
D. labyrinthiformis	+					+	+		
M. alcornis			+++	+	+		+		
Agaricia agaricetes			+				+	+	
F. biclata	+		+				+	+	
A. a. f. unificiata									++
Colpophyllia natans						+	+	+	+
Helioseris cucullata									+
M. annularis	++	+			++	+	++	++	+++
M. cavernosa							+	+	+
I. sinuosa f. rigida	+						+		
Palythoa			+++	+	+		+		
Favia fragum			+	+	+				
Madracis decactis			+	+	+				+
Acropora cervicornis	+								+
Gorgonáceos				+		+++	+		+
Antipatarios							+		+

TABLA 4. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 4 MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA
(+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, += POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, += RARO).

BIOTA	LAGUNA		ARRECIFE TRASERO			*ARRECIFE FRONTAL INTERNO*			*ARRECIFE FRONTAL EXTERNO*		
	Filament. 0-20 0.5-2.0 Arena Cascajo	Filament. Macroalgas carnosas 20-138 2.0 Arena Cascajo	Montastrea 138-160 2.9-2.0 Arena Cascajo	M. carnosas M. calcárea 160-195 2.0-1.1 R. coralina Cascajo	Montastrea 195-228 1.1-2.7 R. coralina Cascajo	Montastrea Gorgonácea 228-380 2.7-5.1 Arena Cascajo	Porites artic. 380-425 1.8 Arena Cascajo	Montastrea 425-557 Cascajo Arena	Montastrea calcárea 557-590 4.0-9.0 Cascajo	Montastrea 590-605 9.0-20.2 Arena Cascajo	C. articuladas 605-640 20-30 Roca Arena
M. algas carnosas	+	++		++		+	++	+	+	++	
M. algas calcáreas		+		++				+	+	+	
Coralín. costrosas										+	
Coralín. articuladas							+++		+++	++	
Filamentosas	+++	++									
Esporngas											
M. annularis		+	++	+	++	+++	+	+++		+++	++
M. cavernosa						+					
Porites porites							+++	+		+	
P. astreoides			+	+	+	+		+	+	+	
S. radians f. siderea			+					+	+	+	++
Diploria clavosa							+				
D. strigosa							+				
D. labyrinthiformis					+	+					
M. alcornis				+	+	+					
Mussa angulosa											
Agaricia agaricetes		+						+		+	+
F. biclata											
A. a. f. unificiata										+	
Eusmilia fastigiata											
Stephanocoenia											
Colpophyllia natans						+		+		+	
Helioseris cucullata										+	
Mycetophyllia											
Dichocoemia stokesi						+					
Acropora palmata											
Madracis decactis										+	
Acropora cervicornis											
Gorgonáceos		+			+	+++	+	+			
Antipatarios											

TABLA 5. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 5 MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA
(+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, + POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, +- RARO)

BIOTA	LAGUNA		ARRECIFE TRASERO			*ARRECIFE FRONTAL INTERNO*			*ARRECIFE FRONTAL EXTERNO*		
	Syringodium 25-38m 1.5-3.5m-pf Arena	Montastrea 38-116 3.6 Arena	Montastrea 116-191 3.8 Arena Cascajo	M. calcárea 191-222 2.5-5.0 Arena	M. carno. 222-278 5-12 Lodo	Siderastrea 278-338 15.0 Lodo	M. calcárea 338-363 15.0-0.2 Lodo	Porites 363-420 0.1-4.0 Arena Cascajo	Montastrea 420-486 4.0 Arena Cascajo	M. carnosas C. artic. 486-526 4.0-6.0 Cascajo Arena	Montastrea 526-600 6.0-18.0 Roca Arena
M. algas carnosas	+	+	+-	+++	+	+	+	+		++	+
M. algas calcáreas		+-	+		+++	+-	++			+	
Coralin. costrosas											
Coralin. articuladas			+					+	++	++	
Filamentosas	+										
Fanerógamas	+++										
Espojas				+							++
M. annularis		++	+++			+-	+-		+++	+	++
M. cavemosa											
Porites porites								+++			
P. astreoides											
S. radians f siderea		+		+	+	+++					
D. strigosa			+-								
D. labyrinthiformis			+-								
M. alicornis			+-					+			+
Mussa angulosa											
Agaricia agaricetes			+		+		+				
F. bifaciata											
A. a. f. unificiata											
Eusmilia fastigiata					+						
Stephanocoenia						+-					
Colpophyllia natans			+-			+			+		
Madracis decactis											+-
Gorgonáceos			+	+					+		
Antipatarios											+

TABLA 6. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 6 MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA
(+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, + POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, +- RARO)

BIOTA	*LAGUNA*		ARRECIFE TRASERO		*ARRECIFE FRONTAL INTERNO*		*ARRECIFE FRONTAL EXTERNO*	
	Syringodium 0-22m 3-3.5mp Arena	Montastrea 26-86 3.5-3.9 Arena	M. carnosas 86-144 3.9-7 Arena	Siderastrea 144-224 7-13 Arena	M. carnosas Montastrea 224-249 13-3.5 Arena Cascajo	Porites 249-306 3.5-0.2 Cascajo	Montastrea 306-366 4-6 Arena Cascajo	Lobophora Montastrea 366-406 6-15 Cascajo Arena
M. algas carnosas	+	+	+++	+	+++	+-		++
M. algas calcáreas	+	+-	++	+				
Coralin. costrosas		+	+		++	++	+	+
Coralin. articuladas		+				+	+	+
Filamentosas	+	+-	+-		+	+	+-	+-
Fanerógamas	+++							
M. annularis		+++		+	++	+	+++	++
Porites porites						+++		
P. astreoides			+-					+-
S. radians f siderea				+++				
Diploria divosa								
D. strigosa		+-						+
D. labyrinthiformis								+-
M. alicornis		+-						
Agaricia agaricetes		+				+		
F. bifaciata								
Eusmilia fastigiata				+-				
Colpophyllia natans				+-			+	
H. cucullata								+-
M. lamarkiana								+-
M. lamarkiana								
M. decactis f mirabilis								+
Stephanocoenia intersepta				+				+
Mussa angulosa								+-
Gorgonáceos		+	+				+	
Antipatarios								+
Espojas				+-				+

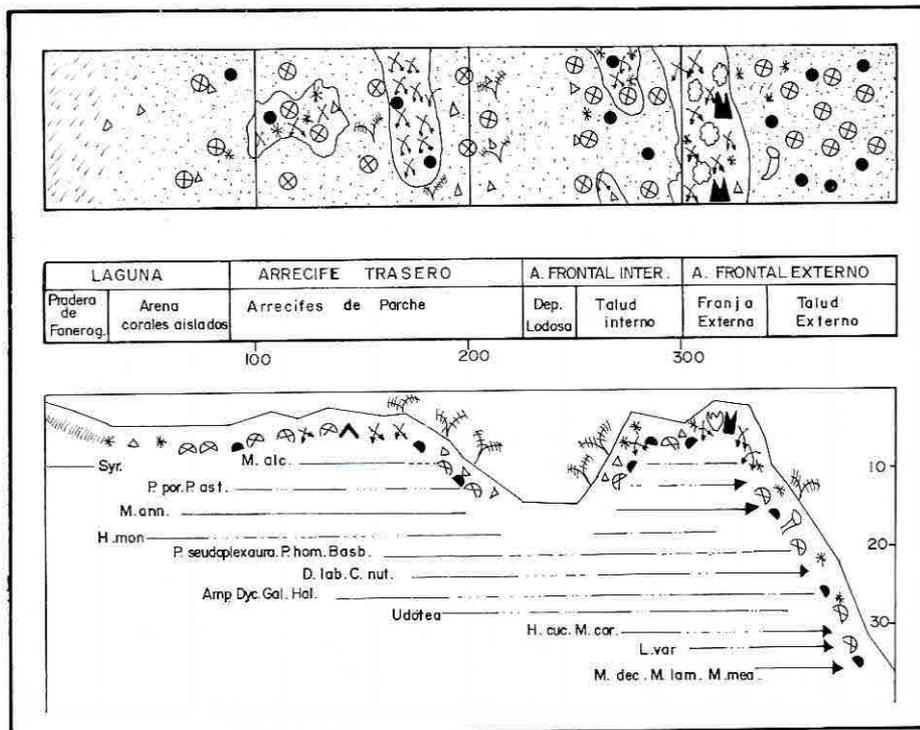


Figura 6. Mapa del fondo y perfil arrecifal con las estructuras y especies dominantes a través del costado SE de Isla Tesoro.

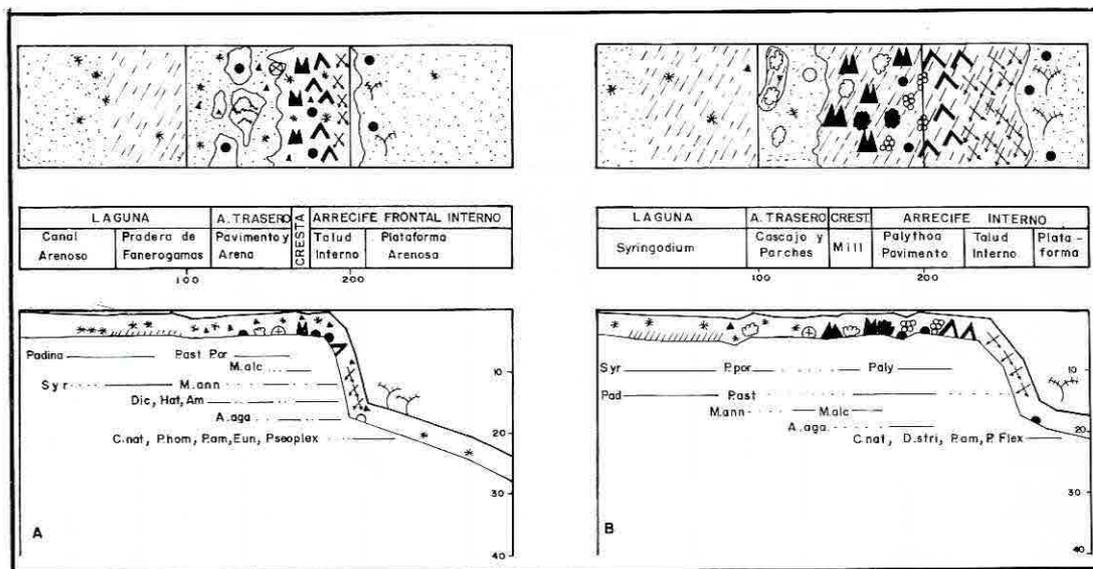


Figura 7. Mapa del fondo y perfiles arrecifales A y B con las estructuras y especies dominantes a través del costado Este de Isla Tesoro.

variable entre 2-9m y esta franja se levanta desde los corredores arenosos del arrecife interno hasta el talud (figs 4, 5 y 6).

El talud externo tiene componentes similares a la región norte, sin embargo, es fácil apreciar el cambio del grano de la comunidad, siendo las colonias de Montastrea annularis más dispersas y los fondos más arenosos, con grandes aportes de cascajo de la franja externa.

Los gorgonáceos y los antipatarios son muy escasos; se presenta cierta turbidez en el agua y la pendiente se hace más suave entre los 20-30m, para terminar las formaciones coralinas entre los 40-50m de profundidad.

Hacia el Este esta zona desaparece bruscamente y luego de una pequeña pendiente del arrecife frontal interno predomina el fondo arenoso entre 15 y 20m de profundidad. (figura 7, tabla 7)

DISCUSION

Cartografía.

La cartografía obtenida de la morfología de los arrecifes de Isla Tesoro es bastante detallada, si se compara con las imágenes que ofrecen otros tipos de técnicas como el tratamiento de imágenes SPOT, ya que diferentes problemas como la turbidez superficial del agua, los cambios en el color del fondo pueden influir notablemente en las formas finales de la imagen y no permiten reconocer entre regiones arrecifales y arenosas que son la pauta para descubrir las formas y tendencias de la estructura mayor del arrecife que aunque es aproximativa difiere ampliamente de la morfología expuesta en el presente trabajo.

Zonación y Morfología.

Los arrecifes de Isla Tesoro presentan una zonación uniforme que pasa desde barlovento en su mayor organización hasta sotavento donde es más irregular, debido a que su origen, una antigua plataforma o meseta coralina producto del diapirismo arcilloso (Vermette, 1986), luego que su emersión en la última transgresión marina, la expuso a un régimen de olas de procedencia norte, las cuales causaron un efecto considerable en la morfología arrecifal por procesos erosivos y de sedimentación, que han determinado e influido en la composición y distribución de las comunidades bénticas.

Situación actual.

Algo que se presenta dentro de la morfología arrecifal en Isla Tesoro es la ausencia de contrafuertes arrecifales o zonas de espolones de alto relieve después de la cresta arrecifal en el arrecife frontal interno, similar a lo observado en Yucatán, México (Jordán, 1981), difiriendo de otras regiones del Caribe donde son estructuras importantes para la disminución energética del oleaje, y así la creación de ambientes favorables para un fuerte desarrollo coralino (Ruetzler y Macintyre, 1982; Jaap et al, 1989).

Aunque las causas de estas zonas de bajos relieves en el arrecife frontal interno sean distintas que en regiones como México en donde las tormentas tropicales y huracanes son los culpables del bajo desarrollo coralino en el arrecife frontal interno, en Isla Tesoro las mortalidades masivas de Acropora palmata y Acropora cervicornis que ocurrieron años atrás al igual que en otras localidades caribeñas (Jordán, 1992), frena la acreción arrecifal y los sustratos de bajos relieves que se encuentran actualmente, permiten el paso abrasivo del oleaje, el cual puede demorar sustancialmente los procesos de recolonización de estos sustratos nuevos que son

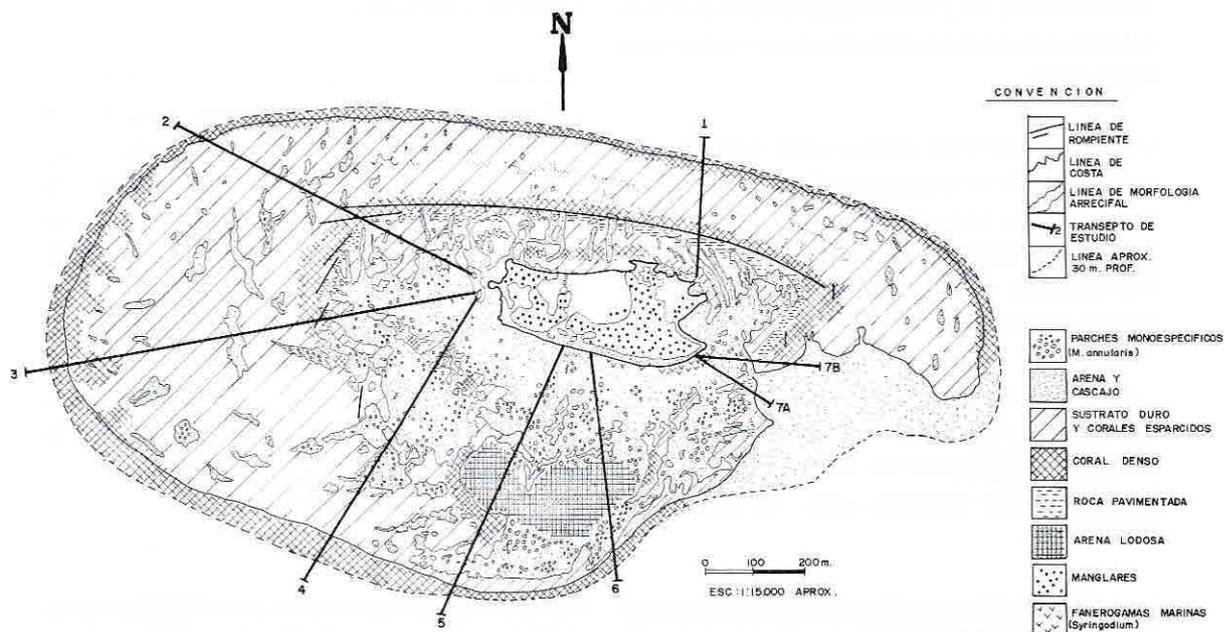


Figura 8. Mapa del fondo marino característico de los arrecifes de Isla Tesoro y localización de los transectos de estudio.

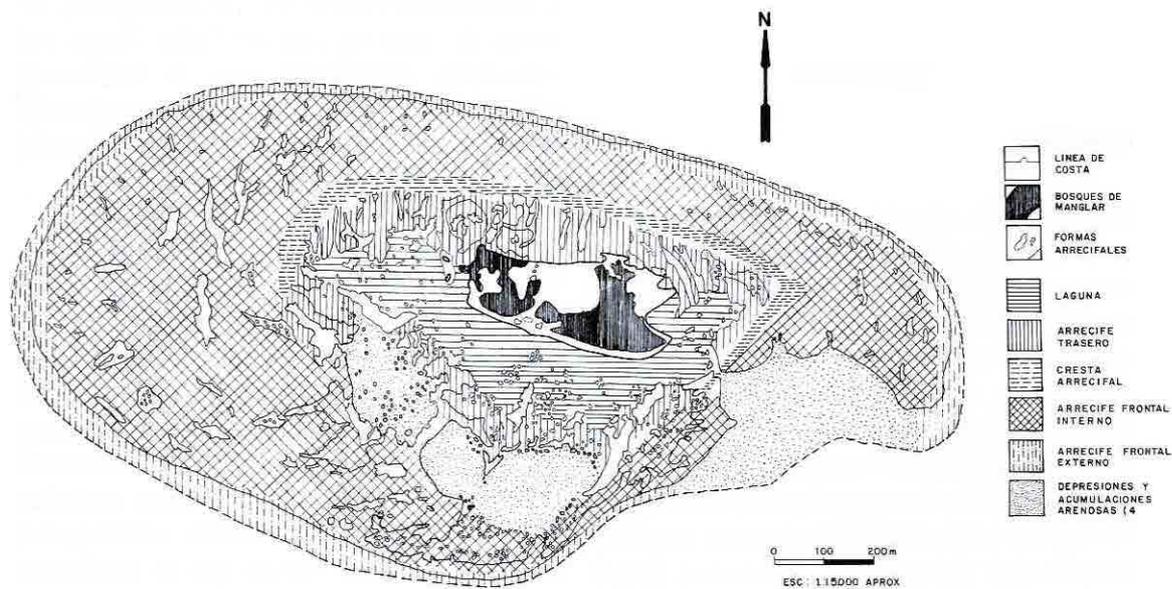


Figura 9. Zonación de la estructura mayor del arrecife coralino de Isla Tesoro.

fácilmente ocupados por organismos oportunistas como algas y esponjas. Prueba de lo anterior es la intensa competencia por el espacio en regiones de

baja energía como en la zona mixta donde ocurren un gran número de especies coralinas. Aunque el talud externo es un lugar de baja energía favorable para el

desarrollo coralino, la gran cobertura del alga Lobophora variegata a la cual se le atribuye su aparición en aguas más someras, debido a la mortalidad masiva del erizo Diadema antillarum consumidor de esta alga (Liddell y Olhorst, 1987), convirtiéndose en un fuerte competidor por el espacio contra los reclutas de corales en el arrecife (Jordán, 1989).

Otros factores como la gran sedimentación interna en el arrecife hacen que especies adaptadas a estas condiciones como es el caso de Montastrea annularis tengan gran éxito, formando grandes poblaciones hacia las regiones de baja energía del oleaje, siendo actualmente la especie más importante en los arrecifes de Isla Tesoro.

CONCLUSIONES

Isla Tesoro presenta un arrecife frangeante bien desarrollado que rodea completamente la isla, en donde el oleaje proveniente del norte es el principal responsable de su morfología y zonación actuales.

Cinco zonas bien definidas se encuentran en estos arrecifes: Laguna, cresta, arrecife trasero, arrecife frontal interno y arrecife frontal externo. Todas las zonas presentan subzonas por el tipo de composición de las comunidades bénticas allí presentes y se extienden por toda la Isla a excepción de la laguna restringida a sotavento y la cresta solamente en las áreas de rompiente del oleaje al norte.

Las zonas muestran grandes cambios en su composición y topografía desde barlovento con zonas bien definidas y uniformes, hasta sotavento con zonas irregulares e interrumpida por grandes accidentes o depresiones areno-lodosas.

La zona de mayor extensión en el arrecife es el arrecife frontal interno y presenta su mayor desarrollo hacia los costados este y oeste del arrecife, se caracteriza por presentar espolones de bajo relieve

con canales y acumulaciones arenosas, con un sustrato originado por pabellones monoespecíficos de corales muertos y semipavimentados de Acropora palmata hacia barlovento y de Acropora cervicornis en sotavento, en una región con zonas muy irregulares sobre una extensa plataforma arenosa. Esta zona muestra gran cobertura algal y los corales hermatípicos se encuentran muy esparcidos.

La ausencia de contrafuertes arrecifales (butress), luego de la cresta en el arrecife frontal interno es una característica de estos arrecifes, lo que sugiere un problema de abrasión hidrodinámica que impide un nutrido desarrollo arrecifal ya que estos contrafuertes de alto relieve en otros lugares del Caribe disminuyen sustancialmente la energía del oleaje y crean ambientes muy favorables para extensas y diversas comunidades coralinas.

El mayor desarrollo coralino se encuentra hacia áreas de baja energía del oleaje como son la zona mixta en el borde del talud arrecifal de barlovento, el arrecife trasero y algunas otras áreas de sotavento con la aparición de grandes poblaciones de Montastrea annularis. Aunque el talud externo es un ambiente de baja energía favorable para la dominancia coralina, el alga Lobophora variegata cubre muchos de los sustratos duros de esta zona.

RECOMENDACIONES

El uso de fotografías aéreas para la teledetección de ambientes coralinos da buenos resultados en las cartografías de morfología y zonación arrecifal con una mejor resolución que el uso de imágenes tomadas por el satélite SPOT.

Se recomienda al igual que en otros trabajos de cartografía arrecifal el iniciar todo estudio de un arrecife coralino con un mapeo de sus ambientes para conocer mejor su macroestructura, poder cuantificar el área del ecosistema y facilitar la descripción de su zonación, que generalmente se

TABLA 7. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ORGANISMOS EN ISLA TESORO PARA EL TRANSECTO No. 7B MEDIANTE UNA ESCALA SUBJETIVA
(+++ MUY COMUN O DOMINANTE, ++ COMUN, + POCO COMUN O ACOMPAÑANTE, - RARO).

BIOTA	"LAGUNA"			ARRECIFE TRASERO			CRESTA	"ARRECIFE FRONTAL INTERNO"	
	Padina 0-20m 0.1-0.5mp Arena Cascajo	Syringodium 20-75 0.5-1.2 Arena Cascajo	M. carnosas 75-91 1.2-1.5 Cascajo Arena	Porites M. carnosas 91-109 1.5-0.3 Pavimento Cascajo	M. carnosas 109-127 0.3-1.6 Cascajo Arena	Montastrea 127-156 1.6-1 Arena Cascajo	Millepora 156-181 0.4-0.1 Roca Pavimento	Porites 181-214 0.5-1 Roca Arena	M. carnosas M. articuladas 214-240 1.5-12 Roca Cascajo Arena
M. algas carnosas	++	+	+++	++	++	+	+	+	+++
M. algas calcáreas	+	+	+	+		+	+	+	+
Coralín. costrosas				+		+	++	+	+
Coralín. articuladas		+		+	+			+	+++
Filamentosas	+		+						
Fanerógamas		+++							
Esponjas									+
Porites porites				++			+	++	
P. astreoides							+	+++	
S. radians f. siderea						+			+
A. aganicetes bifac								+	
D. strigosa						+			+
D. labyrinthiformis						+			+
M. alcornis						+	+++		
M. cavernosa									+
Favia fragum								+	
Colpophyllia natans									+
Palythoa							+	++	
Gorgonáceos									+

realiza con observaciones muy cortas y al azar lo que puede presentar sesgos en los resultados.

Es necesario que este tipo de trabajo tenga cierta continuidad y se siga un monitoreo periódico del área con estaciones y métodos similares, para tener un seguimiento del estado del ecosistema, como es el caso de otros países que conservan satisfactoriamente estos ecosistemas y en especial en parques y áreas protegidas.

El uso de filmaciones submarinas con video es beneficioso para la identificación de corales escleractinios y milleporinos y en especial con acercamientos a sus calices y las estructuras claves para su diagnóstico.

BIBLIOGRAFIA

ALCOLADO, P. 1981. Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre organismos del bentos. Informe Científico-Técnico No. 187 Academia de Ciencias, La Habana. 43pp.

ALVARADO, E. et al. 1989. Parque Nacional Natural Corales del Rosario. Plan de manejo. Diagnostico general. Vol I. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 262 p.

BAYER, F.M. 1961. The shallow water Octocorallia of the West Indian Region. Martinus Nijhoff, The Hague. 373pp.

- BURKE.R.B.1982.Reconnaissance study of the geomorphology and benthic communities of the outer barrier reef platform, Belize.p 509-526.In.K.Ruetzler and I.Macintyre (eds)The atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize.Smithsonian Inst. Press.
- GARZON.F.J.& S.ZEA.1992.A mass mortality of Gorgonia ventalina (Cnidaria:Gorgoniidae) in the Santa Marta area, Caribbean coast of Colombia.Bull.Mar.Sci.50:522-526.
- GEISTER.J.1977.The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean reefs.p 23-29. In . D.Taylor . (ed). Proceedings of the Third International Coral Reef Symposium . Miami Univ.Press.
- GRAUS.R.R. & I.I.MACINTYRE .1989.The zonation patterns of Caribbean coral reefs as controlled by wave and light energy input , bathymetric setting and reef morphology: computer simulation experiments Coral Reefs .8.9-18.
- JAAP .W.C,W.G.LYONS,P. DUSTAN,& J.C.HALAS 1989. Stony coral(scleractinia and milleporina)community structure at bird key reef, Jefferson National Monument, Dry Tortugas, Florida Fla.Mar.Res.46.46:31p.
- JORDAN. E., M.MERINO, O.MORENO, & E.MARTIN.1981.Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean .p 303-308 In E.Gomez (Ed)Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, 2.Manila.
- _____,1989.Gorgonian community structure and reef zonation patterns on Yucatan coral reefs.Bull.Mar.Sci.45:678-696.
- _____,1992.Recolonization patterns of Acropora palmata marginal environment. Bull.Mar.Sci.51:104-117.
- LIDDELL.W.D.&S.L.OHLHORST .1987.Patterns of reef community structure, North Jamaica. Bull.Mar.Sci.40:311-329.
- LITTLE .D.S, M.M. LITTLE, K.E. BUCHER, & J.N.NORRIS.1989. Marine plants of the Caribbean.Smithsonian Institution Press. Washington D.C.263p.
- PENEREIRO. J.G, G.R. NAVAS, R.MONTOYA, F.CLEVES & L.MORENO 1990.Cartografía ecológica de los fondos submarinos adyacentes al conjunto de Islas Latifundio - Minifundio (PNNCR) Mem. VII Cien. Tec. Mar. Cali :184-194.
- ROBERTSON.K. & M.CANO . 1987.Teledección del sistema coralino de la Isla de Providencia Colombia Revista CIAF.
- RUETZLER .K.&I.G.MACINTYRE.1982.The habitat distribution and community structure of the barrier reef complex at Carrie Bow Cay .p 9-45.In.K.Ruetzler & I.Macintyre(eds).The atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize.Smithsonian Inst.Press.
- SANCHEZ .F.1989. El parque Nacional Natural Corales del Rosario (PNNCR).Bull.Inst. Bassin.d'Aquitaine Bourdeaux 45 :205-213.
- SARMIENTO .E, F.FLECHAS & G.ALVIS .1989.Evaluación cuantitativa y del estado actual de las especies coralinas del parque Nacional Natural Corales del Rosario(PNNCR) Cartagena.Colombia. Tesis de grado.Biologo Marino.Univ. Jorge Tadeo Lozano.Bogotá .143 p.
- SERRANO.R.A. & R.QUINTERO S..1992.Cartografía bioecológica de la isla Naval . Islas del Rosario -Colombia. Bol.Cient.CIOH.10:37-56.

VAN DUYL.F. 1985. Atlas of the living reefs of Bonaire and Curacao. Martinus Nijhoff. Netherlands Antilles . 37 p.

VERNETTE.G. 1986. La plateforme continentale Caraibe de Colombie. Importance de diapirism argileux sur la morphologia .et la sedimentation These doctorst. Mem. del Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine 20.387p.

WERDING.B. & F.SANCHEZ. 1979. Situación general y estructuras arrecifales. Informe faunístico y florístico de las islas del Rosario en la costa norte de Colombia. Ann. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín 11:7-20.

ZLATARSKI.V.N. & E.N.MARTINEZ. 1982. Les scleractinies de Cuba avec des domeces sur les organismes associés. Editions de L'Academie Bulgarie de Sciences. Sofie. 472p.