



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



40
24.

IMPACTO ECOLOGICO EN LOS ARRECIFES CORALINOS DE
LA ISLA COZUMEL, QUINTANA ROO. Y CONSIDERACIONES
GENERALES RELATIVAS A SU MANEJO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

PRESENTA

MARIA TERESA PERDIGON CASTAÑEDA

Asesor de tesis: Dr. Carlos Melo Gallegos



259999

MÉXICO, D.F.
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

1998.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

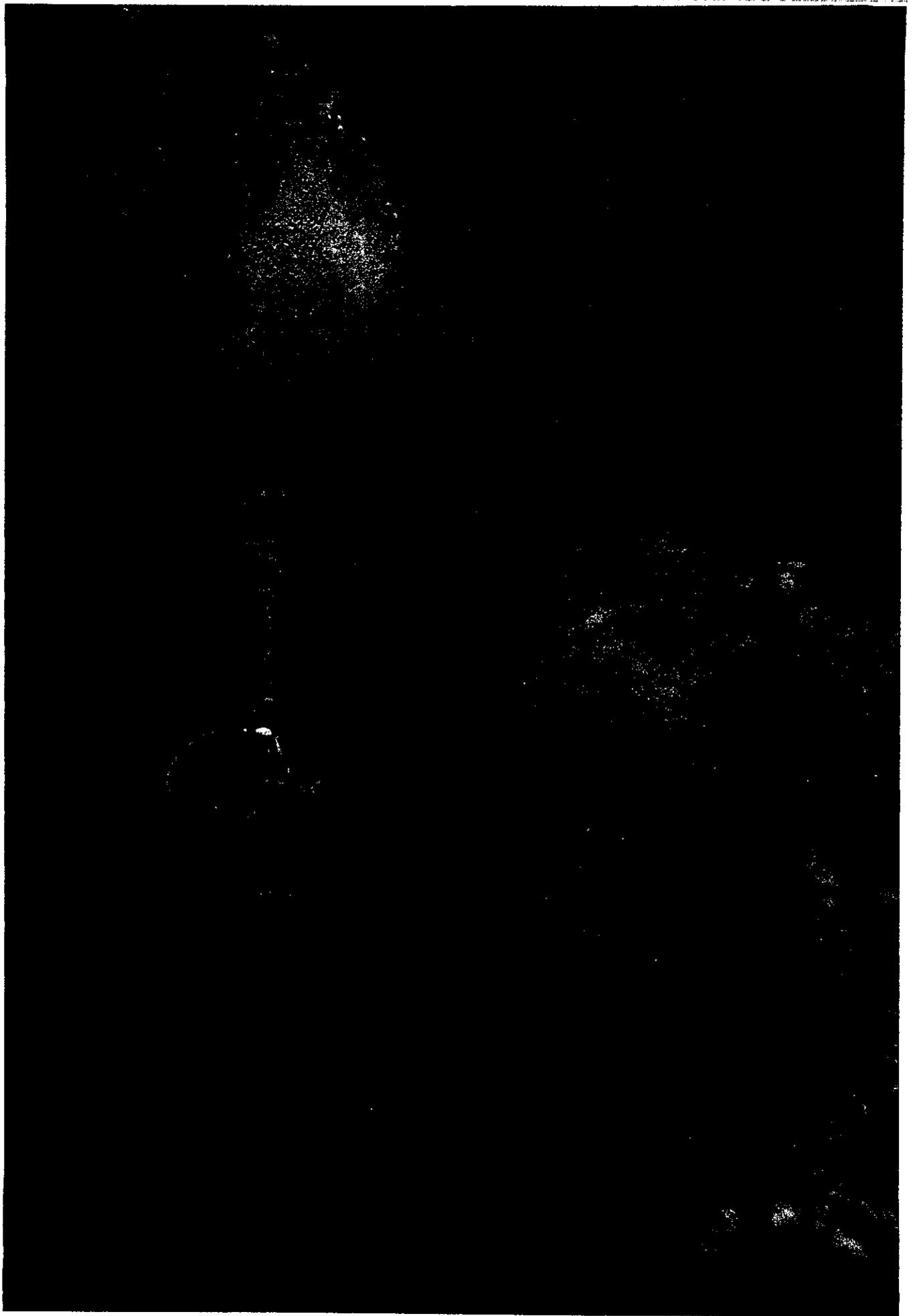


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



El coral

*Flor de piedra, agua de fuego,
luz y alabastro, el coral
es arbusto, es un espliego,
un jazmín de arena y sal.*

La medusa

*Agua sobre agua vertida,
agua vítrea, agua espectral,
la medusa es sombra vida,
un fantasma de cristal.*

La anémona

*Llamas de vivos colores
se estremecen dentro de ella,
crisantema de espesores
y transparencias de estrella.*

Coral Bracho.

*a Julia
con amor*

*a mis padres y hermanos
por su apoyo y comprensión.*

Agradecimientos

De manera especial, quisiera agradecer al Dr. Carlos Melo Gallegos por su paciencia y orientación brindada a lo largo del desarrollo de esta tesis.

Al Arq. Manuel Perdigón Catañeda, por su apoyo y colaboración en el diseño cartográfico.

Al Ocean. Luis treviño, al Lic. Hilario Sandoval y al Biol. José Pico Costello.

Al Biol. Ponciano Huerta Y Biol. Verónica Arellano por su apoyo y orientación.

*A mis compañeras y amigas, que me alentaron a seguir siempre adelante:
Anita, Vero, Gaby y Roberta.*

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. MARCO REFERENCIAL DE LOS ECOSISTEMAS ARRECIFALES CORALINOS	
1.1. Estructura	3
1.2. Formación de un arrecife	6
1.3. Distribución de las principales barreras coralinas a nivel mundial	7
1.4. Tipos de arrecifes coralinos	11
1.5. Importancia ecológica y socioeconómica de los arrecifes coralinos	11
CAPITULO 2. VISION GENERAL DE LOS ARRECIFES CORALINOS DE COZUMEL.	
2.1 Proceso degradativo del ecosistema marino arrecifal	15
2.2 Movilización ciudadana pro-defensa del patrimonio biológico coralino	17
2.3 Intervención gubernamental entorno al rescate salvaguarda y protección del recurso arrecifal	21
2.3.1. Etapa pionera hacia la protección de la zona arrecifal	22
2.3.2. Concreción de planes y programas de carácter oficial	23
2.3.3. Declaratoria definitiva del arrecife con carácter de parque nacional	26
CAPITULO 3. OBJETIVO CENTRAL Y COLATERALES DEL ESTUDIO.	
3.1. Objetivo central	31
3.2. Objetivos colaterales	31
CAPITULO 4. METODO Y MATERIALES DE TRABAJO.	
4.1. Fase preliminar de acopio informativo	32
4.2. Fase de aplicación y desarrollo meteorológico	33
4.2.1. Banco de datos y selección informativa	33
4.2.2. Investigación exploratoria subacuática y su ámbito costero	33
4.2.2.2. Manejo informativo y obtención de resultados	34

CAPITULO 5. CARACTERIZACION DE LA ISLA.

5.1. Caracterización natural de la isla Cozumel	37
5.1.2. Geología	37
5.1.2.1. Geología submarina adyacente a la península	39
5.1.2.2. Geología histórica	40
5.1.2.3. Hidrografía	41
5.1.3. Geomorfología	41
5.1.4. Condiciones climáticas	43
5.1.4.1. Temperatura	43
5.1.4.2. Precipitación	45
5.1.4.3. Insolación	45
5.1.4.4. Presión	46
5.1.4.5. Vientos	46
5.1.5. Formaciones vegetales	49
5.1.6. Dinámica marina en el ámbito costero del ecosistema arrecifal	50
5.2. Aspectos socioeconómicos de la isla Cozumel	52
5.2.1. Medio socioeconómico	52
5.2.2. Características de las aguas residuales de isla Cozumel, Quintana Roo	55
5.3. El ambiente marino arrecifal	56
5.3.1. Principales tipos de arrecifes	56
5.3.1.1. Arrecifes de Barrera	56
5.3.1.2. Arrecifes de Borde o de Franja	58
5.3.1.2. Arrecifes de Parche	58
5.3.2. Riqueza biológica de la comunidad arrecifal	63

CAPITULO 6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LOS ARRECIFES CORALINOS DE LA ISLA COZUMEL.

6.1. Método de identificación y evaluación	71
6.1.1. Impacto ocasionado por construcción de muelles	75
6.1.2. Impacto generado por anclaje de cruceros marítimos	77
6.1.3. Impacto producido por actividades buceo deportivo	79
6.1.4. Impacto causado por recolección de especímenes arrecifales vivos con fines comerciales y científicos	84
6.1.5. Impacto inducido por la pesca comercial y deportiva	86
6.1.6. Impacto producido por descargas de aguas residuales	88
6.1.7. Impacto procedente de desechos sólidos	91
6.1.8. Impacto por combustión motora de embarcaciones	92
6.1.9. Impacto originado por el propeleo de embarcaciones	92
6.1.10. Impacto producido por efecto de ciclones	94
6.1.11. Impacto producido por fauna	95
6.2. Grado de deterioro en los arrecifes coralinos de Cozumel	96

CAPITULO 7. PROPUESTA DE ZONIFICACION PARA MANEJAR Y PROTEGER EL ECOSISTEMA ARRECIFAL CORALINO

7.1 Zona de proteccion y preservacion del ecosistema arrecifal profundo. (Parque Marino Nacional)	103
7.2. Zona de protecci3n y preservaci3n del ecosistema Lagunar	103
7.3. Zona de uso ecoturistico marino controlado y de baja densidad.	104
7.4. Zona de uso ecoturistico marino regulado y de moderada densidad	105
7.5. Areas puntuales correspondientes al parque.Chankanaab, laguna del Aerolito, arrecifes Para3so y la Ceiba.	105
7.6 Zona de amortiguamiento	106
7.6.1 Subzona de uso controlado y regulado.	106
7.6.2. Subzona transicional de resguardo ecol3gico.	107
7.7.Medidas para mitigar los impactos antropog3nicos en la isla Cozumel.	108
7.8. Programas b3sicos a desarrollar para mitigar los impactos ocasionados por las actividades humanas	109
7.8.1 Programa de informaci3n y divulgaci3n cient3fica acerca de "la naturaleza de los corales e importancia ecol3gica y econ3mica para la sociedad".	110
7.8.2 Programas educativos.	110
7.8.2.1 Buceando en los arrecifes de coral.	110
7.8.2.2 Actuaci3n de los gu3as de buceo en los arrecifes coralinos	111
7.8.2.3. El Protector del arrecife de coral	112
7.9. Posibles fuentes de financiamiento como apoyo a la administraci3n del plan de manejo del Parque Marino Nacional	112
CONCLUSIONES	114
GLOSARIO	116
REFERENCIAS	118
APENDICE CARTOGRAFICO	122

INDICE DE FIGURAS.

	5
Figura I.1. Anatomía de un pólipos de coral.	
Figura I.2. Distribución de los arrecifes coralinos.	9
Figura I.3. Distribución de los arrecifes coralinos en la república mexicana.	10
Figura I.4. Zonificación de un arrecife barrera de Quintana Roo.	12
Figura II.1. Zonificación de uso de suelo Isla Cozumel.	27
Figura V.1. Isla Cozumel.	38
Figura V.2. Diagrama ombrotérmico.	44
Figura V.3 Vientos dominantes anuales.	47
Figura V.4. Trayectoria de los principales huracanes que afectaron la costa de Quintana Roo.	48
Figura V.5. Perfiles arrecifales de Cozumel.	57
Figura V.6. Organismos que habitan en el arrecife coralino.	64

INDICE DE TABLAS.

Tabla II.1 Tortugas que arrivarón durante el período mayo-septiembre de 1991 a 1993.	21
Tabla V.1 Temperaturas en la estación de Cozumel, Qro.	43
Tabla V.2 Precipitaciones en la estación climatológica de Cozumel, Qro..	45
Tabla V.3 Nubosidad e insolación mensual y anual (número de días).	45
Tabla V.4 Total de horas de insolación mensual y anual.	45
Tabla V.5 Porcentaje de humedad relativa media mensual y anual.	45
Tabla V.6 Presión media en la estación de Cozumel.	46
Tabla V.7 Frecuencia de elementos y fenómenos especiales.	46
Tabla V.8 Viento dominante y su velocidad media, Cozumel, Quintana Roo.	49
Tabla V.9. Promedios mensuales del nivel de mareas, Temperatura y Salinidad superficial del agua de mar. Isla Cozumel, Qro.	51
Tabla V.10. Promedios anuales de pleamares superiores Isla Cozumel, Qro.	51
Tabla V.11 Número de especies hermatípicas coralinas.	62
Tabla VI.1 Matriz de Identificación de Impactos	73
Tabla VI.2 Parámetros físicos y químicos del agua de mar.	91
Tabla VI.3 Embarcaciones que salieron a flote reportadas por la Capitanía de Puerto en Isla Cozumel en 1992.	92
Tabla VI.4 Características generales de los arrecifes coralinos.	97
Tabla VII.1 Propuesta de zonificación para manejar y proteger el ecosistema arrecifal coralino y su ambito de influencia insular..	102

INDICE DE FOTOS.

Foto I.1 Los corales.	4
Foto I.2 Desarrollo turístico (tiendas de buceo).	14
Foto I.3 Desarrollo turístico (clubes de pesca).	14
Foto II.1 Movilización ciudadana.	18
Foto II.2 Movilización ciudadana.	18
Foto V.1 Desarrollo turístico (hotelería).	54
Foto V.2 Desarrollo turístico (hotelería)	54
Foto V.3 Colonia coralina de <i>Meandrina meandrites</i> .	59
Foto V.4 Colonia coralina de <i>Agarcia agaricities</i> .	59
Foto V.5 Colonia coralina de <i>Porites porites</i> .	60
Foto V.6 Colonia coralina de <i>Diploria strigosa</i>	60
Foto V.7 Colonia coralina de <i>Milepora alcicornis</i>	61
Foto V.8 La colonia coralina presenta mosaicos coloridos.	61
Foto V.9 Delfín común, <i>Delphinus delphis</i> .	68
Foto V.10 Pez sapo, <i>Sanapus splendidus</i>	68
Foto V.11 Morena moteada, <i>Muraena miliaris</i>	69
Foto V.12 Pez ángel, <i>Holocanthus ciliaris</i> .	70
Foto VI.1 Impacto ambiental (desarrollo portuario).	76
Foto VI.2 Impacto ambiental (anclaje de cruceros).	78
Foto VI.3 Impacto ambiental (anclaje de cruceros).	78
Foto VI.4 Impacto ambiental (por buceo).	81
Foto VI.5 Impacto ambiental (por buceo).	83
Foto VI.6 Impacto ambiental (por buceo).	85
Foto VI.7 Impacto ambiental (extracción de coral).	85

Foto VI.8 Impacto ambiental (acuarios)..	87
Foto VI.9 Impacto ambiental (pesca furtiva).	89
Foto VI.10 Impacto ambiental (combustión motora).	93
Foto VI.11 Impacto ambiental (muerte de colonias coralinas).	99

INTRODUCCION

Los núcleos coralinos de Cozumel son un ecosistema arrecifal único, rico en biodiversidad y de gran importancia cosmopolita ya que pertenecen a la segunda barrera arrecifal mas grande del planeta, distribuyéndose a lo largo de 250 000 km² Esta provincia caribeña, como se le conoce a la sección de corales hermatípicos del Atlántico tropical occidental, comprende la Costa de la Florida hasta Centroamérica.

Pese a su excepcional belleza escénica y valores científico, educativo, recreativo y ecológico, estos ecosistemas han sufrido un grave daño a causa del equivoco manejo dado por el hombre a dicho recurso natural. El deterioro al que se han sometido y la fuerte presión ejercida por diversas actividades económicas que aumentan año tras año, exige que el gobierno adopte medidas capaces de frenar tal deterioro

En 1980 al declararse la zona como Refugio Ecológico para la Flora y Fauna Marina, se restringieron algunas actividades económicas como la pesca comercial la deportiva y la colecta y extracción de especímenes arrecifales de flora y fauna marina. Sin embargo, no se crearon programas de conservación y protección debido al raquítico presupuesto asignado para este fin

Esta "zona protegida", no se había considerado a nivel Federal en el registro del Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas (SINAP), provocando serias confusiones en cuanto a su manejo y abandono al carecer de la instrumentación jurídica que permitiera llevar a cabo los propósitos protectivos

Hasta 1996, el Gobierno Mexicano decide declarar a los Arrecifes Coralinos de Cozumel como área natural protegida a nivel federal, confiriéndole categoría de Parque Nacional Marino, dándose así un gran avance en materia de conservación y un mejor nivel de protección mediante la obligatoriedad de realizar el correspondiente Plan de Manejo y Zonificación para el área

Pese a la expedición de decretos, programas y documentos aislados, actualmente el Gobierno mexicano no ha traducido en algo concreto el manejo de este sistema natural, por lo que la presente investigación contribuye a respaldar el actual decreto del Parque Nacional Marino, al aportar algunos elementos para su manejo, identificar y analizar los impactos que afectan al sistema arrecifal, así como proponer medidas obligatorias que mitiguen, compensen o eviten los daños ambientales.

Para la población cozumeleña, el descuido de los recursos naturales se traduce en afectación de sus propios intereses económicos, ya que el 90% depende de las actividades terciarias, siendo su principal fuente de ingresos el turismo.

Los turistas arriban a la isla atraídos por la belleza escénica del paisaje terrestre y marino. Si estos recursos vivos merman el turismo prácticamente se extinguiría,

disminuyendo fuertemente la economía local basada en la industria del buceo, el cual depende directamente del estado saludable del arrecife coralino

Por tanto, es necesario conocer y analizar los mandatos, capacidades y procedimientos de las instituciones gubernamentales y de otros organismos y con ello determinar si las leyes e instancias relacionadas con la conservación, son lo suficientemente idóneas para aplicar las medidas que se requieran para el caso.

Por lo tanto, deberá estudiarse cuidadosamente la situación de los ecosistemas más importantes, y las estrategias tendrán que ajustarse a la luz de toda mejora, deterioro o ausencia de cambio. Las estrategias son medios y no fines, pero el proceso que la pone en vigor es generalmente muy valioso, debido a que informa, educa, desarrolla la participación y el apoyo en las decisiones, cambia actitudes y fomenta una ética de la conservación (P.N.U.M.A, 1982).

CAPITULO 1. MARCO REFERENCIAL DE LOS ECOSITEMAS ARRECIFALES CORALINOS.

Los corales son organismos pertenecientes al reino animal, en su estructura muy primitivos pero funcionalmente de alta eficiencia pues actúan como formadores de arrecifes, siendo capaces de transformar el medio y crear condiciones apropiadas para el desarrollo de la comunidad coralina. Son muy ricos en especies y también estables, lo que ha permitido la formación de arrecifes que llegan a crear verdaderas cordilleras submarinas de 1000 metros de altura y varios kilómetros de espesor, con distancias de 3000 kilómetros en el caso de la Gran Barrera Australiana, los Atolones en el Pacífico y los bellos arrecifes de Cozumel que constituyen auténticas montañas de origen biológico. **Foto.I.1.**

1. 1 Estructura

Los corales son invertebrados marinos pertenecientes a la clase Antozooa que incluye a las anémonas y los corales duros y blandos. Estos organismos tienen consistencia suave y su cuerpo tubular con solo una abertura que funciona como boca y ano y por la cual, libera también elementos reproductores. Este orificio está rodeado por tentáculos que en números múltiples de seis son móviles y sirven para atrapar alimentos diversos como bacterias, materia en partículas o disueltas en suspensión y algas simbióticas llamadas zooxantelas. **Figura I.1.**

Se reproducen sexual y asexualmente. Su primera etapa de vida es planctónica, ya que producen larvas nadadoras que posteriormente se fijan en el fondo donde vivirán el resto de su vida en forma de pólipo. Ya arraigado, el pólipo comienza a producir una placa de carbonato de calcio por debajo y alrededor de su cuerpo, al tiempo que va formando nuevos pólipos; así, construye una nueva colonia, la típica para su desarrollo. El crecimiento de una colonia de coral obedece al constante incremento en el número de pólipos que la constituyen y no por el aumento de su talla, ya que al nacer ésta es igual a la de un adulto. La deposición y el crecimiento del cáliz es otro elemento importante para el desarrollo de las colonias. Estos procesos de crecimiento repetidos indefinidamente forman colonias que llegan a medir varios metros de diámetro.

Construir colonias de varios cientos de metros toma largo tiempo, las especies ramificadas de esqueleto poco denso crecen mucho más rápido que las masivas, así una colonia del género *Acropora* tiene crecimiento promedio de 4 a 6 cm anuales; a este ritmo, tarda alrededor de 30 años en alcanzar talla promedio de 1.5 m, en contraste con una masiva que requiere de 350 años para alcanzar la misma talla (Jordán, 1987).

Para su crecimiento y desarrollo óptimo, los corales requieren favorables condiciones ambientales durante largos períodos de tiempo, en especial: la temperatura del agua, iluminación solar, ausencia de sedimentos terrígenos y movimiento constante del agua marina en la que viven inmersos.

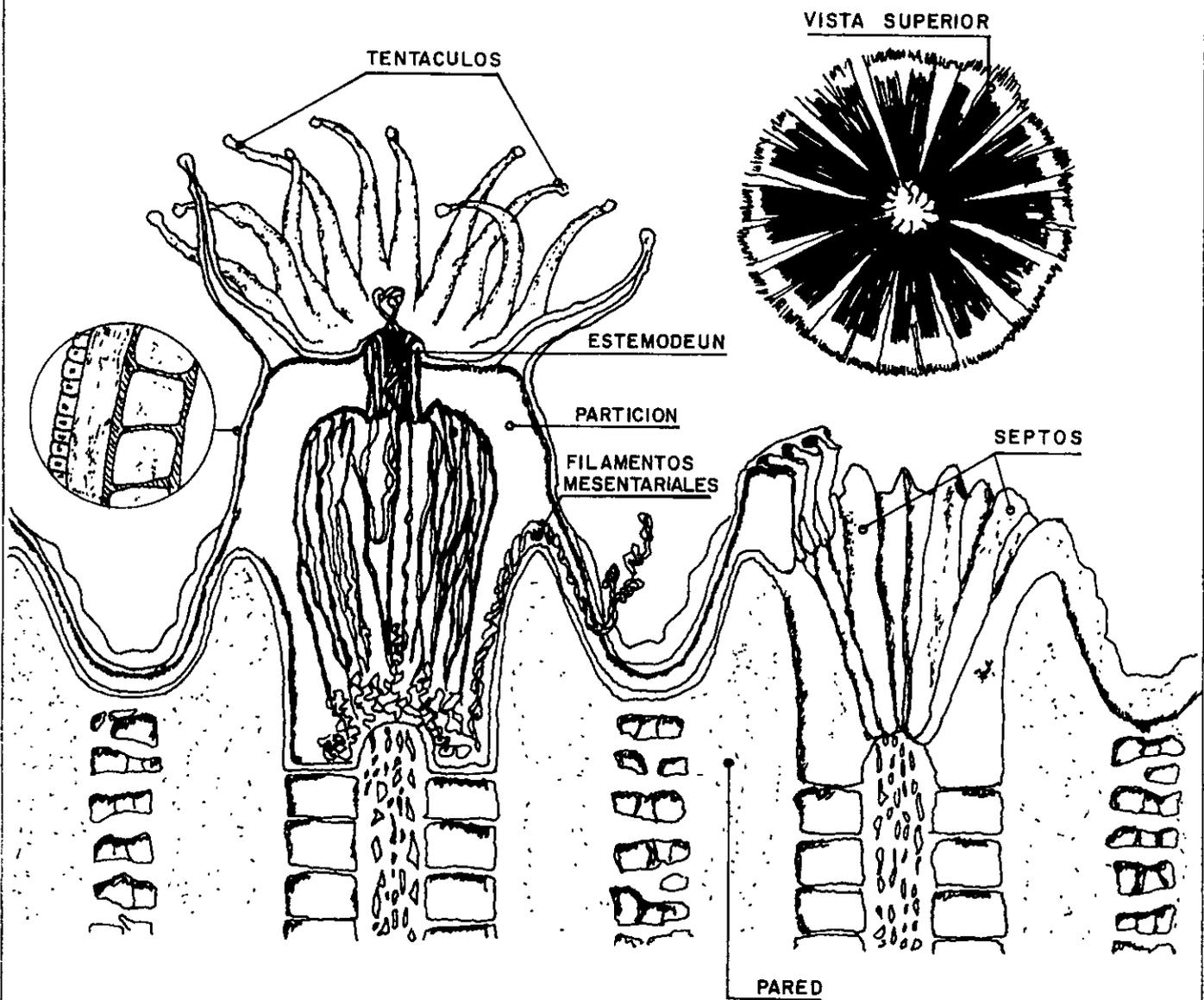


FIGURA No. 1.1. ANATOMÍA DE UN PÓLIPO CORAL.

LA ESTRUCTURA DE UN PÓLIPO DE CORAL, ES BASTANTE SIMPLE. EL ANIMAL ESTÁ HECHO DE UN SACO CONTRACTIL POR TRES CAPAS DE TEJIDO. EL CUERPO CILÍNDRICO ESTÁ CORONADO POR UNA BOCA CENTRAL, RODEADA DE TENTÁCULOS, DESDE LA BOCA DESCIENDE UN ESÓFAGO MUSCULAR, HASTA LA CAVIDAD DIGESTIVA CENTRAL, LA CUAL ESTÁ CONECTADA AL CUERPO POR UNA SERIE DE PARTICIONES VERTICALES. LAS ORILLAS LIBRES DE LAS PARTICIONES O LAMINAS, SE EXTIENDEN DENTRO DE LOS FILAMENTOS MESENTERIALES. CÉLULAS EN LA CAVIDAD DIGESTIVA ALOJAN ALGAS SIMBIÓTICAS QUE HACEN LA FOTOSÍNTESIS. LOS PÓLIPOS SE ASIENTAN EN CÁLCES PROTECTORES DE CALCIO, LOS CUALES TIENEN UN ARREGLO RADIAL EN PLACAS VERTICALES, QUE INTERCALAN CON LAS PARTICIONES DEL PÓLIPO. CADA PÓLIPO DEPOSITA NUEVAS PLACAS DE SI MISMO, AL CRECER VERTICALMENTE. (GOREU, 1979).

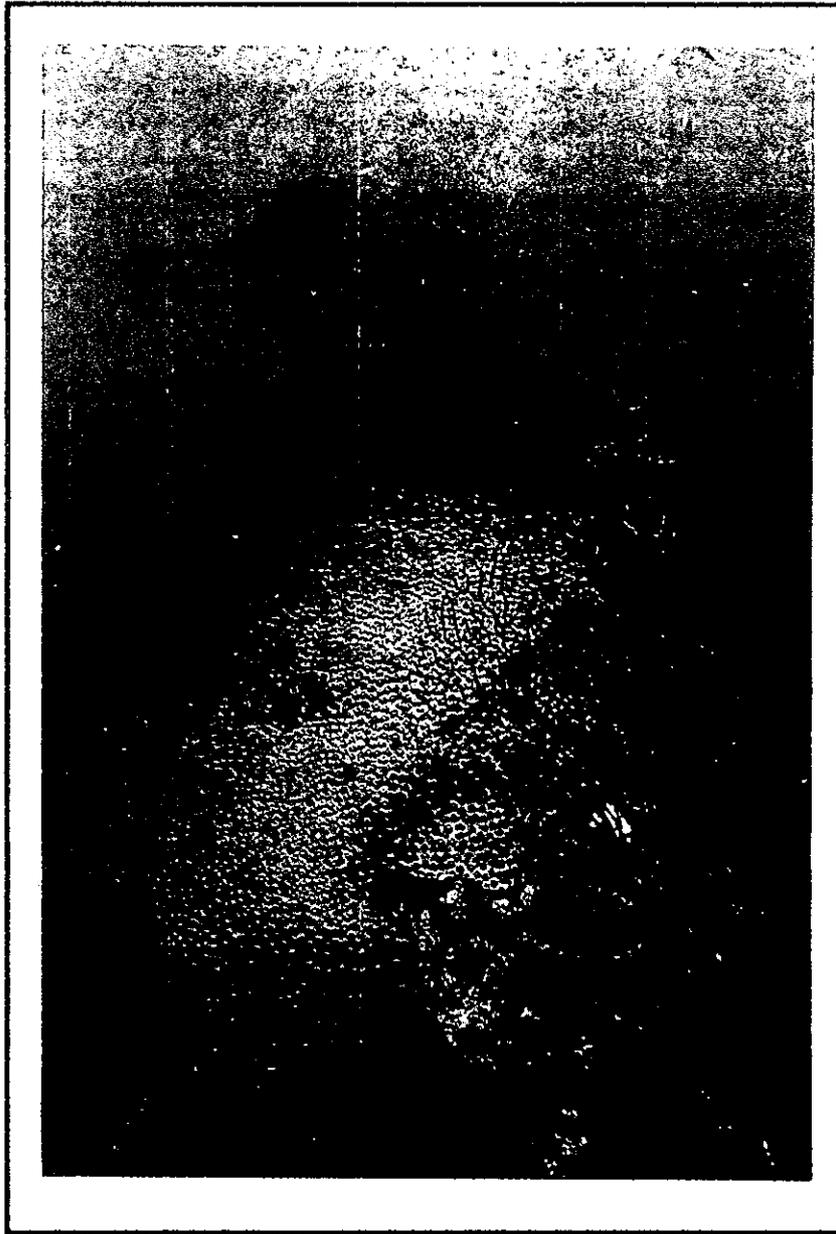


Foto. I.1.

LOS ARRECIFES CORALINOS DE COZUMEL FORMAN AUTENTICAS
MONTAÑAS DE ORIGEN BIOLÓGICO

La temperatura óptima oscila entre los 25° C y los 30° C, con variación entre la temperatura media invernal y la veraniega, no mayor a 3° o 4° C.

La iluminación solar es básica para su desarrollo, e influye en la forma de colonias de la misma especie. Así, los corales próximos a la superficie tienden a formar colonias redondas o alargadas, mientras que los de zonas más profundas forman colonias aplanadas.

El agua debe ser transparente y baja en concentración de sedimentos suspendibles; lo contrario, afecta su crecimiento e incluso causa su muerte. El pólipos del coral tiene una mucosa protectora que atrapa cualquier partícula (sea o no alimenticia) pero cuando el sedimento es abundante se acumula en la superficie del coral afectando sus funciones biológicas. Si esta carga se torna excesiva, el coral queda sepultado y muere por asfixia. Un factor que evita la acumulación de sedimento es el movimiento circundante que ayuda a eliminarlo, a la vez que mueve multitud de organismos platónicos flotadores que son fuente importante de alimento y nutrientes para los corales (Goreu, 1979).

1. 2 Formación de un arrecife

Un arrecife se forma principalmente a base de corales duros o escleractinios que construyen estructuras masivas donde habitan gran número de organismos. Los corales actúan modificando su medio ambiente propiciando condiciones adecuadas para el desarrollo de otros organismos. Su estructura sólida les permite resistir el embate del oleaje, desarrollando barreras muy sólidas y duraderas.

Conforme aumenta el tamaño de la colonia coralina se van formando huecos, hoyos y pequeñas cavernas, donde peces, crustáceos, moluscos y otra ictiofauna encuentra refugio. Simultáneamente, la creación de nuevos sustratos favorecen la proliferación de algas y fanerógamas marinas. Empero, los arrecifes de coral no existirían al margen de muchos otros organismos que contribuyen a formar estructuras arrecifales, así la comunidad coralina, plantas, animales y otros corales habitan la misma zona llegando a desarrollar colonias con más de 2000 especies.

El arrecife coralino es una estructura geológica que tarda miles de millones de años en formarse acorde a las condiciones ambientales del sitio. Estas condiciones dependen de la dinámica vital de la comunidad, que involucra el proceso de crecimiento y muerte de organismos que lo conforman. El mecanismo fundamental de este proceso es el aprovechamiento de esqueletos y materiales duros de diferentes organismos arrecifales que operan como material de relleno y consolidación.

Las estructuras como antes se mencionó, están conformadas por el esqueleto calcáreo de los corales cuya dureza adquiere apariencia de roca.

El material de relleno y consolidación que aporta el sedimento de origen biológico es muy elevada en la comunidad coralina; y no solo el coral contribuye a formar estructuras duras de carbonato de calcio, también lo hacen otros organismos como son las algas calcáreas, esponjas, foraminíferos (protozoarios con concha), erizos, estrellas de mar, moluscos, cangrejos, langostas y peces.

La mayoría de los organismos que viven en el arrecife poseen estructuras de materiales duros y, al morir, independientemente de que sean animales o plantas, por procesos de abrasión y erosión se convierten en pequeñas partículas de arena, las cuales constituyen del 60% al 70% del material sedimentario del arrecife (Jordán, 1987).

La misma acción de los organismos sobre la roca, al socavar y romper la roca para construir sus casas también es fuente importante del sedimento.

Además del sedimento de origen biológico, también se forma sedimento por precipitación química del carbonato de calcio al elevarse la temperatura del mar, y la concentración de carbonato.

Los sedimentos se van depositando entre las cavidades del esqueleto coralino, a manera de una red que atrapa todo este material. Después de un largo período de tiempo, los huecos rellenos y consolidados por el proceso de cementación del carbonato de calcio y ya compactado el material, se forma una roca firme que contribuye a solidificar la estructura del arrecife (Goreu, 1979).

Así, podemos resumir que la formación de un arrecife es producto del balance entre crecimiento, erosión y litificación submarina de los organismos que habitan este ecosistema.

1.3 Distribución de las principales barreras coralinas a nivel mundial y nacional.

Los corales que forman arrecife crecen a menos de 100m de profundidad en aguas tibias superiores a 20°C, no toleran las bajas concentraciones de sal (normal entre 32-35%), ni las aguas con sedimentos o turbias.

Las colonias profundas maximizan su capacidad de atrapar luz por lo cual crecen ramificaciones formando ramas o árboles. En aguas bajas donde las olas producen estrés, las colonias forman ramificaciones robustas y en aguas con escasa luz, forman estructuras horizontales como placas.

La luz es una limitante en el desarrollo de corales, por lo que se restringen a bajas profundidades. Los corales viven en simbiosis con algas que aumentan la productividad biológica del ecosistema arrecifal.

Los arrecifes de coral se distribuyen en el Indo-Pacífico y el oeste Atlántico. El primer caso incluye a Filipinas, el Archipiélago indonesio, Nueva Guinea y el norte de Australia; esta gran región engloba un total de 80 géneros y 700 especies de corales duros hermatípicos, que contrasta con la zona atlántica en la que se reportan 36 géneros y 62 especies.

Los arrecifes del atlántico, el Caribe y del Indo-Pacífico, no difieren fundamentalmente en sus formas estructurales, hábitos e interacciones de sus especies, aunque los organismos sí ocupan nichos ecológicos variables de un océano a otro, e incluso, entre un arrecife y otro. Sin embargo entre el Pacífico y el Caribe hay una diferencia fundamental pues en el Pacífico el crecimiento activo del coral se realiza hasta los 60m de profundidad y en el Caribe hasta los 100m.

La fauna de corales escleractinios hermatípicos del Atlántico tropical occidental se distribuye a lo largo de 250, 000 km² de arrecifes, entre latitudes de los 27° 30' N y 11° 30' W, que corresponden a la provincia caribeña: la costa de la Florida, costas orientales de México y centroamérica, las islas Bahamas y las Antillas Menores y Mayores. Wells (1956), indica que las especies de corales escleractinios hermatípicos abundan en islas distantes a los continentes y que fuera de la región caribeña, pueden presentarse en las Bermudas, en la costa de Brasil y el Golfo de Guinea en el oeste de África . **Figura I.2.**

La composición faunística coralina en la región del Caribe, es relativamente homogénea no existiendo marcadas diferencias regionales ni condiciones endémicas entre las poblaciones de corales.

En la mayoría de los arrecifes del Atlántico tropical occidental, los géneros mas comunes son: *Acropora*, *Montastrea*, *Porite*, *Diplora* y *Agaricia*, mientras que las especies predominantes son: *M. cavemosa*, *P. porites*, *A. agaricites*, *S. Siderea* y *M. Anularis* (Goreau, 1979).

Su distribución en la República Mexicana se restringe a dos zonas con diferentes características geográficas ecológicas: el Litoral del Caribe (Quintana Roo), alberga extensos y muy desarrollados arrecifes tipo Barrera, abarcando cerca de 200 kilómetros de largo, mientras que en el Golfo de México existen formaciones arrecifales con escasa magnitud siendo las mas importantes, la Blanquilla y Veracruz, (Ver.) Cayo Arcas, (Camp.) y Arrecifes Alacranes, (Yuc.) .

En el Océano Pacífico se localizan los arrecifes Cabo Pulmo, (B.C.S.) y Huatulco, (Oax.). En el resto del país se encuentran escasamente desarrollados, formando comunidades coralinas que no constituyen arrecifes (INE-Conabio,1995. **Figura I.3.**

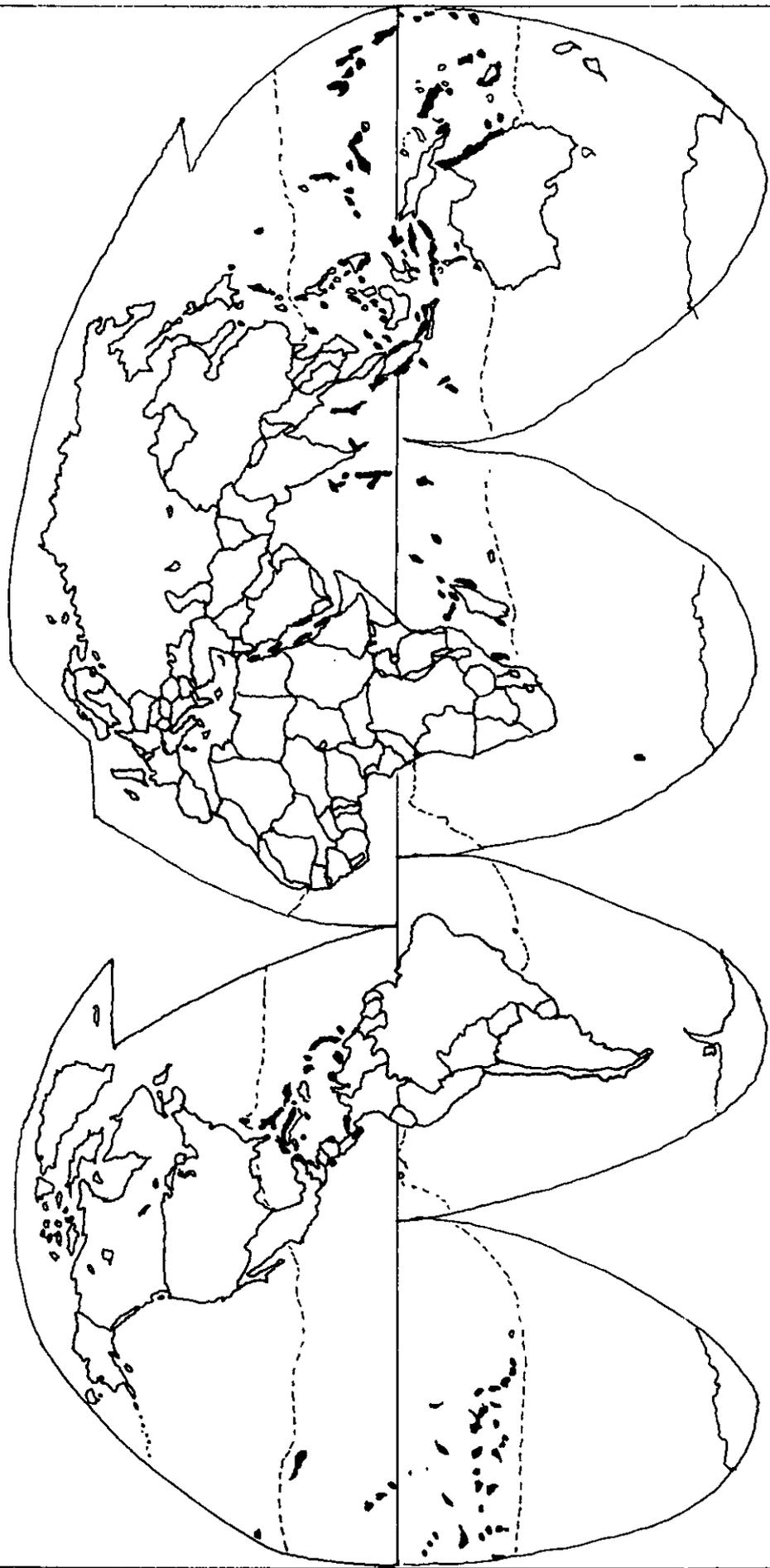


FIGURA No. 12. DISTRIBUCIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS.
LOS CORALES QUE FORMAN ARRECIFE SE ENCUENTRAN SOLAMENTE EN AGUAS TROPICALES, POR
QUE SU HABILIDAD PARA ACUMULAR ESQUELETOS CORALINOS DEPENDE DE SU SIMBIOSIS CON LA
ZOOXANTELAS. (LAS AGUAS TROPICALES SE ESPECIFICAN CON LINEAS PUNTEADAS, GOREU, 1979).

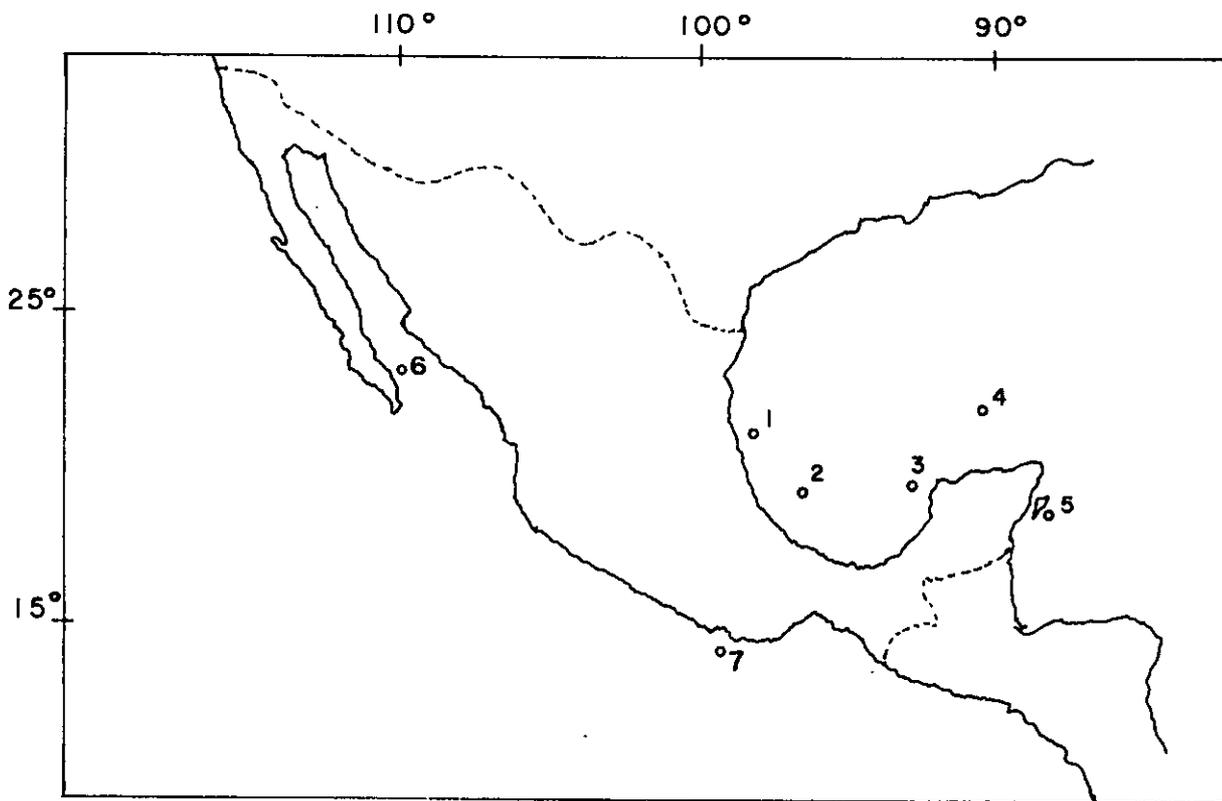


FIGURA No. 1.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS ARRECIFES CORALINOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA.

- 1. LA BLANQUILLA.
- 2. VERACRUZ.
- 3. CAYO ARCAS.
- 4. ARRECIFE ALACRÁN.
- 5. ARRECIFE DEL CARIBE.

- 6. CABO PULMO B.C.S.
- 7. HUATULCO, OAXACA.

FUENTE: INE-CONABIO, 1995.

Cabe subrayar que el estado de Quintana Roo posee un litoral costero cuyas características geomorfológicas y biológicas son únicas en todo el país. El rasgo más importante de esta zona costera es el desarrollo de un arrecife coralino que se prolonga a todo lo largo del litoral frente al Mar Caribe, y que hacia el norte, es la parte terminal de lo que se considera la segunda Barrera arrecifal más larga del mundo.

Este hecho, determina que las condiciones de los litorales en la región caribeña sean marcadamente distintas a las que prevalecen en el Golfo de México, Océano Pacífico y Mar de Cortés (Jordán, 1979). **Figura 1.4.**

1. 4. Tipos de arrecifes coralinos

Arrecifes Bordeantes

Estos arrecifes prosperan en aguas someras circundando marginalmente la costa, o bien, están separados de ella por un estrecho canal de agua.

Arrecifes Barrera

Este tipo de arrecifes son paralelos y distantes a la costa, tienen mayor amplitud y longitud. el más conocido es el arrecife barrera de la costa noreste de Australia que forma una cordillera superior a 2000 km de largo, 145 km de ancho y 120 m de altura.

Atolones

Los atolones, son anillos de islas de coral que en el centro encierran una laguna. Este tipo de arrecife abunda en el Pacífico sur y tienen diámetro de varios miles de metros. comúnmente formados sobre antiguos conos volcánicos que se han hundido acorde a la evolución del coral (Goreau, 1979).

1.5 Importancia ecológica y socioeconómica de los arrecifes coralinos.

Los arrecifes coralinos desempeñan importante papel ecológico para la comunidad en que habitan, ya que transforman las condiciones ambientales costeras, permitiendo la colonización de diferentes organismos a través de construir grandes estructuras calcáreas que favorecen el poblamiento de nichos ecológicos, lo cual se manifiesta en gran variedad de especies marinas que superan las 2000 (Salvat, 1981).

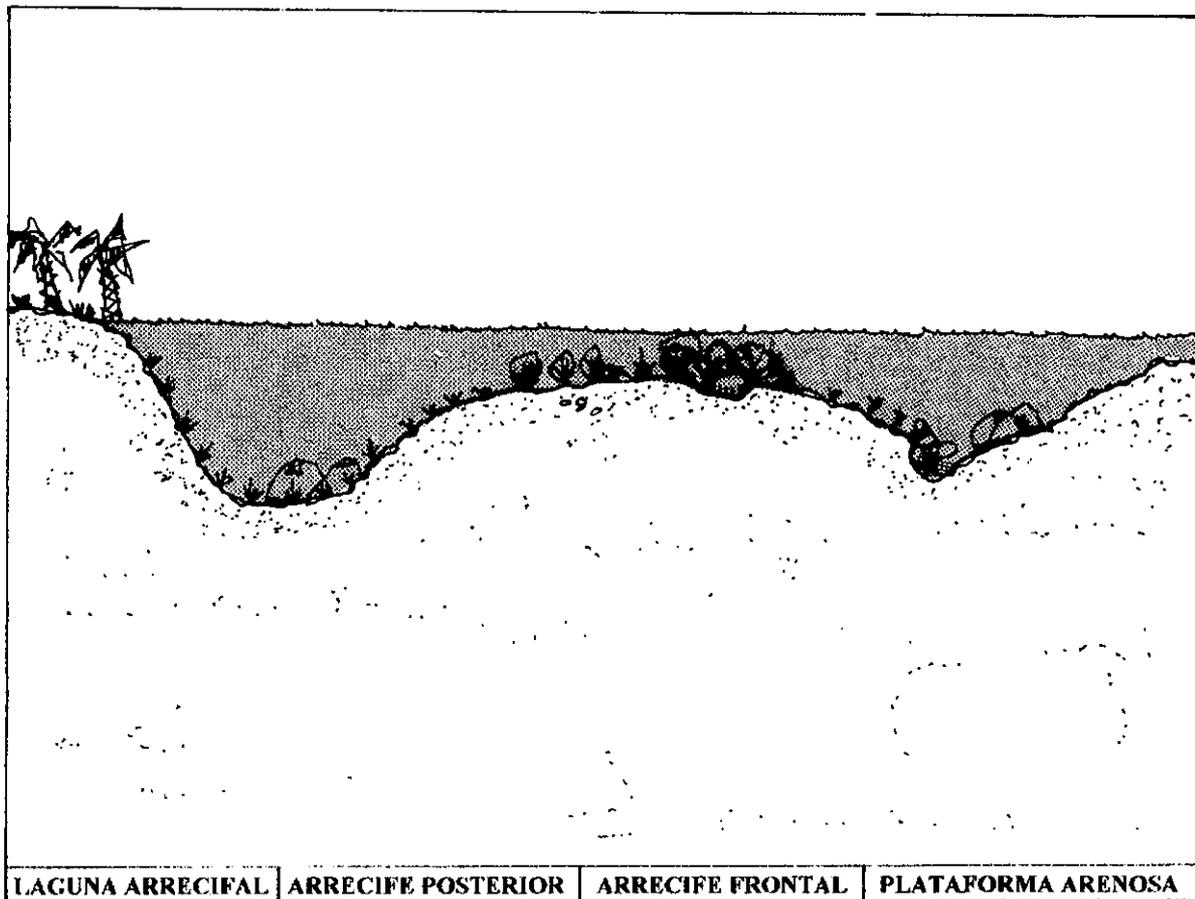


FIGURA No. 1.4. ZONIFICACIÓN DE UN ARRECIFE BARRERA DE QUINTANA ROO.

ESTA FORMACIÓN ES LA MAS COMÚN EN LA REGIÓN . LA DIVISIÓN ESTA BASADA EN RASGOS FISIOGRAFICOS Y BIOTICOS MAS APARENTES, SIENDO ESTA UNA ZONIFICACIÓN RELATIVAMENTE VARIABLE. (JORDÁN ,1979)

La estabilización del arrecife permite formar cordilleras submarinas de varios metros de altura y espesor; ejemplo de ello es la Gran Barrera Australiana, que influye en la dinámica costera, atenuando la acción de los huracanes sobre la costa.

La infraestructura natural de los arrecifes coralinos ofrece condiciones muy favorables para el desarrollo de actividades relacionadas con el recreo turístico y el comercio.

La gran belleza de los corales y la claridad de sus aguas, han propiciado que algunos países como Tahití, Hawai y Filipinas aprovechen tal belleza escénica natural del paisaje como base para su desarrollo turístico.

En México, el ejemplo equivalente es Cozumel, que vive básicamente del desarrollo turístico asociado al arrecife (hoteles, restaurantes, tiendas de buceo, "tours", pesca deportiva y recreo), teniendo una ocupación de cuartos aproximada a 3,435 comparable a la de Cancún (INEGI, 1995). **Fotos 1.2 y 1.3.**

"En Cancún, el turismo también depende del desarrollo arrecifal y como las playas; cuyas arenas dan especial tonalidad al agua. Los arrecifes determinan la sedimentación de las playas, su formación y estabilidad así como la calidad de la arena. La destrucción de estos arrecifes pondría fin a las playas de Cancún eliminando súbitamente los atractivos que sustentan su existencia" (Solís, 1990).

Es evidente que el arrecife y la comunidad coralina son un recurso potencial de carácter múltiple, que se usa de varias formas:

- Extracción de especies con alto valor gastronómico y/o comercial (langosta, cangrejo, caracol y diversos peces de consumo).
- Las conchas de colección también muy cotizadas y de alto valor.
- El coral, de alto valor comercial, es base para la joyería teniendo actualmente precio de venta al público de 35 dólares por kg. El kilo de langosta alcanza 30 dólares. El precio de las conchas varía según el tamaño y la especie, cotizándose desde 6 hasta más de 70 dólares (cotización en el mercado en 1994-1995).
- Como fuentes naturales de fármacos, las prostaglandinas son usadas para regular la presión sanguínea, en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, como antiabortivos y antiasmáticos. Las prostaglandinas llegan a cotizarse entre 31 y 107 dólares/mg. (Ladislao, 1984).

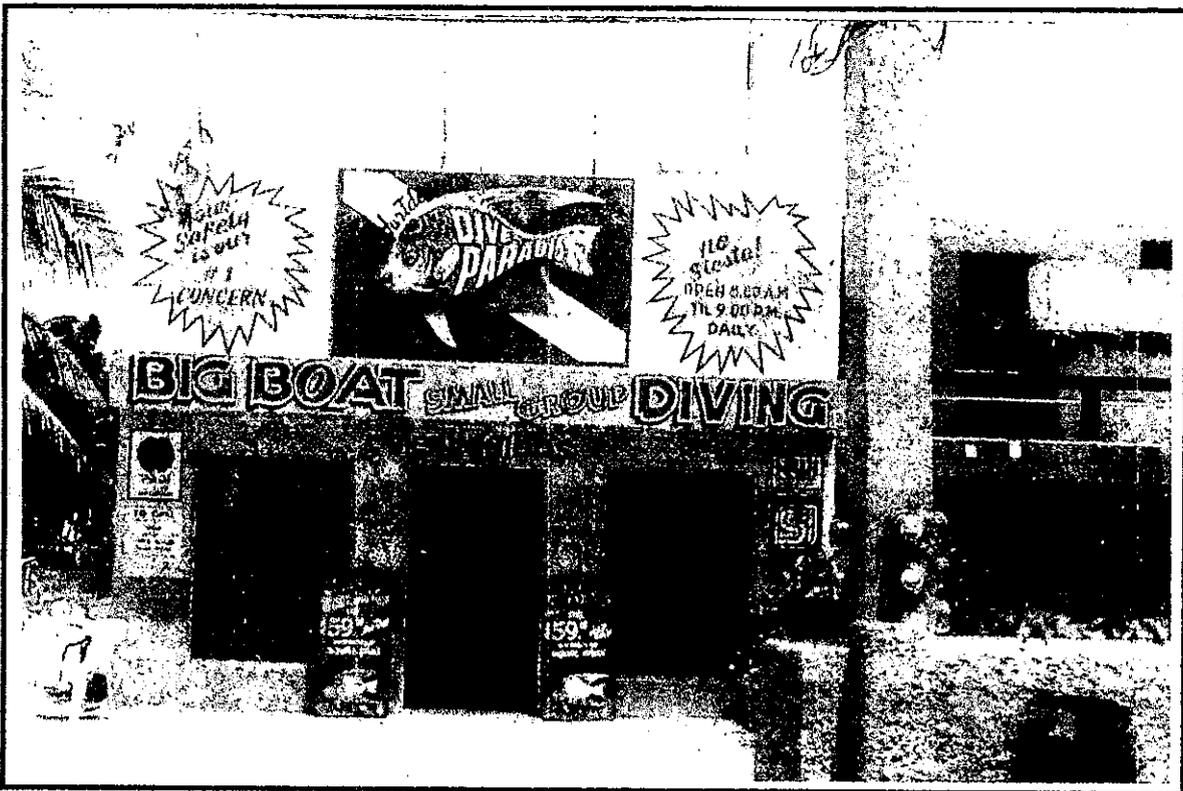


Foto. 1.2



Foto 1.3.

EL DESARROLLO TURÍSTICO ESTA INTIMAMENTE ASOCIADO AL ARRECIFE CORALINO, DEPENDIENDO DE ESTE LA OPERACION DE TIENDAS DE BUCEO Y CLUBES DE PESCA DEPORTIVA.

CAPÍTULO 2. VISIÓN GENERAL DE LOS ARRECIFES CORALINOS DE COZUMEL.

2.1. Proceso degradativo del ecosistema marino arrecifal

La isla Cozumel está bordeada por manchones y franjas de arrecifes coralinos. Sus principales formaciones se localizan en sotavento al suroeste de la isla, donde se levantan grandes montañas coralinas de cientos de kilómetros. Estas formaciones arrecifales son parte importante de la ecología costera del estado de Quintana Roo, ya que operan como refugio y sustrato favorable para la existencia de abundante flora y fauna.

Por ser un macizo, la estructura arrecifal amortigua el embate del oleaje actuando como barrera de protección natural que permite el desarrollo de arrecifes bajos con comunidades de pastos marinos, los cuales, además de ser biológicamente productivos, son el refugio y fuente alimenticia para muchos organismos durante las etapas iniciales de su vida.

La zona costera de la isla es también parte importante del ciclo ecológico, ya que las tortugas marinas carey (*Eremochiles imbrincata*) y la cahuama (*Carella carella*) desovan en las playas arenosas.

No solo los arrecifes ostentan gran relevancia para la vida marina, también su riqueza natural se vincula estrechamente con los habitantes de la isla cuya base económica, depende en gran medida de estos recursos naturales. Son las características físicas de sus aguas y su diversidad biológica las que hacen de este macizo coralino un atractivo turístico de gran relevancia a nivel nacional e internacional.

Sin embargo, este recurso natural tan importante para la comunidad isleña ha sufrido grave deterioro, habiéndose sobreexplotado muchas especies que hoy día están extintas como ocurre con el manatí (*Manatus*), el pato espátula (*Ajaja ajaja*) y la foca caribeña (*Monactus tropicalis*).

Algunas otras especies como el coral negro (*Anthipathes pennacea*), han sido confinadas a ciertas zonas encontrándose en regiones muy profundas y de difícil acceso (50 metros o más). El caracol burro (*Strombus Gigas*), antaño cubría toda la zona baja de la costa pero la sobrepesca mermó sus poblaciones actualmente confinándose a zonas muy profundas y difícilmente observables.

La isla de Cozumel inició su desarrollo económico a partir de 1970 mediante el impulso turístico de Cancún, cuya proximidad a Cozumel dio a conocer el ilimitado número de increíbles bellezas naturales, terrestres y marinas, despertando el interés de inversionistas y turistas nacionales y extranjeros.

A partir de 1986, Cozumel es el destino turístico con mayor arribo de de crucero en el país. Debido a su ubicación geográfica y sus amplios atractivos naturales, hoy en día es el puerto turístico mas importate en México, pues recibe aproximadamente el 30% del total de embarcaciones que atracan en el territorio en itinerarios regulares.

La tendencia observada en los últimos años, indica que Cozumel recibe un número constante de embarcaciones, y que los pasajeros por barco se incrementan debido a la intensa comercialización de este tipo de turismo que realizan principalmente los norteamericanos.

Durante el período comprendido entre 1986 y 1991, el arribo de cruceros aumentó considerablemente pasando de 416 a 510 cruceros con el consiguiente incremento en pasajeros de 337,000 a 440,000 respectivamente.

La derrama económica de cada jefe de familia es en promedio de 105 dólares, destinando el 60% a compras diversas y un 25% para alimentos y bebidas. Hacia 1991 la derrama en divisas fue alrededor de 50 millones de dólares (Servicios Portuarios, 1991).

Este crecimiento turístico ha obligado el ampliar zonas de recreo y servicios en la isla (restaurantes en playas, áreas de recreación, caminos, hoteles etc.), lo cual está presionando con construcciones mal planeadas a la zona de reserva .

Debido a la insuficiente infraestructura portuaria para recibir numerosas embarcaciones en tan poco tiempo, los cruceros que arrojan sus anclas en las inmediaciones del arrecife Paraíso han ocasionado graves daños al coral, destruyéndolo por arrastre de las mismas anclas, sin que autoridad alguna vigile tales fondeos.

Además, muchos barcos arrojan basura en zonas de atraque, y sus propelas remueven o socavan la arena que mas tarde se deposita sobre los pequeños manchones coralinos de la Ceiba.

La afluencia de visitantes a los arrecifes aumenta constantemente y también la presión por parte de buzos que establecen contacto directo con el coral. En 1989 el Fondo Nacional para el Turismo (FONATUR) estimó un total de 300 000 buzos visitantes.

Una de las zonas muy afectadas por el turismo es la laguna de Chankaanab, en donde la falta de conciencia ecológica del visitante se traduce en contaminación y depredación, a grado tal, que el cuerpo lagunar ha sido azolvado y perdido enorme variedad de fauna marina, tanto en el medio lacustre como en las inmediaciones del pequeño arrecife costero, muriendo varias especies de coral por sepultamiento arenícola o depredación. A pesar de los intentos por desasolver la laguna, ésta no se ha podido rehabilitar.

La Laguna del Aerolito, también se encuentra contaminada por residuos de materiales de construcción y basura proveniente de un hotel cercano.

Los daños de la zona costera no están al margen del manglar o el arrecife, ya que los tres elementos, integran un solo sistema ecológico, por lo que cualquier daño en la zona terrestre, repercute de alguna manera en el ecosistema marino.

El uso continuo e irracional de los recursos naturales y la falta de concientización, tecnología y reglamentación apropiada, han propiciado un grave desequilibrio ecológico, degradando y perturbando el ecosistema.

2.1. Movilización ciudadana pro-defensa del patrimonio biológico coralino

La población cozumeleña interesada en proteger sus recursos naturales ha hecho aportaciones interesantes que incluyen desde campañas de limpieza, hasta cursos educativo ecológicos para la población en general, así como programas de protección a las tortugas marinas.

Algunas de las principales organizaciones son:

La Fundación de Parques y Museos, que a través del museo de Cozumel se ha dado a la tarea de informar y concientizar a la población nativa y extranjeros que visitan la isla, acerca de su formación natural, flora y fauna en particular de especies endémicas y extintas.

El museo cuenta con un departamento de ecología, el cual realiza una serie de programas educativos de carácter permanente en los niveles, preescolar hasta el medio superior. Estos programas comprenden: limpieza de playas, protección a la tortuga marina, el conocimiento y protección de los arrecifes coralinos, las aves de Cozumel, las vedas de algunas especies en peligro de extinción, y la información sobre el reciclaje de basura.

La población civil se ha organizado en comités ecológicos, que tienen como fin preservar y proteger los recursos naturales de la isla mediante la participación activa en campañas de limpieza, manifestaciones y protestas en defensa de los arrecifes coralinos, así como informar y difundir lo que acontece en el ámbito natural. Dentro de estos grupos se encuentran: Corales Vivos, A.C., Niños Como Tú y el Comité de Protección de los Recursos Naturales A.C. **Foto II.1 y II.2.**

Corales Vivos, A.C., Esta asociación nace a raíz de la preocupación por conservar los arrecifes de coral, siendo sus principales objetivos: La conservación del arrecife de coral, su flora y fauna asociada, y la divulgación de técnicas e intercambio de experiencias para incrementar la seguridad del buceo deportivo.



Foto II.1



Foto II.2.

DEFENSA DEL PATRIMONIO BIOLOGICO CORALINO.

Entre sus principales actividades se encuentran: Organizar la presentación de investigadores nacionales y extranjeros, con objeto de difundir sus conocimientos acerca del arrecife de coral. Colaboración con tesis y estudiantes para la realización del servicio social y estudios. En general esta asociación se ha dedicado a la tarea de informar y concientizar principalmente a los buzos que visitan el arrecife.

Niños como Tú, La organización surge en 1990 debido a la inquietud de la infancia cozumleña por conocer lo relativo a su entorno natural, flora y fauna que habitan en los diferentes ecosistemas y la protección de las especies nativas. Dentro de sus programas principales figuran: limpieza de playas, reforestación, prevención de la caza y captura de especies nativas como la iguana, ranas, aves entre otras. Su principal objetivo radica en integrar al niño con la naturaleza actuando como protector y vigilante del medio ambiente y de los seres que lo habitan. Esta organización se realimenta con el museo y otras instituciones culturales.

Comité de Protección de los Recursos Naturales A.C., Como organización inicia sus actividades partir de 1992, siendo su principal objetivo: Proteger, conservar y preservar los recursos naturales, en especial los de la isla.

Entre sus principales actividades destacan: la publicación de folletos informativos acerca de la naturaleza de los corales, el área protegida y la forma adecuada de cómo el buzo debe manejarse dentro del agua para evitar daños al coral. El cuidado de la legislación ambiental de manera que sea cumplida satisfactoriamente por las autoridades y la población en general, el reciclaje de basura y la retroalimentación informativa con diferentes asociaciones y organizaciones ecológicas nacionales e internacionales como son: el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (P.N.U.M.A), la Fundación Reefkeeper, La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y Green Peace, entre otros.

Sus preocupaciones básicas radican en mantener informada a la población cozumleña sobre los daños que puede ocasionar al arrecife la construcción del muelle para cruceros. Su labor informativa ha trascendido a nivel nacional e internacional, buscando impedir esta construcción, auxiliándose de bases científicas.

La movilización mas importante realizada por grupos ecologistas y la sociedad civil de Cozumel busca revocar el permiso de construcción para el muelle turístico sobre el arrecife Paraíso.

Desde 1980, la Secretaría de Transportes y Comunicaciones convocó la construcción de una infraestructura portuaria: En 1990 ésta misma Secretaría junto con La Secretaría de Turismo, el Gobierno del estado de Quintana Roo y la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), emitieron su voto y apoyo favorable a la empresa Consorcio "H", para la construcción del complejo.

Este permiso de construcción sobre la última sección del arrecife Paraíso, llevó a las diferentes asociaciones ecologistas, operadores y guías de buceo, buzos nacionales y extranjeros, hoteleros, operadores de agencias turísticas y población en general, a manifestarse en contra de tal proyecto portuario.

Tal conflicto se ha difundido a nivel mundial y nacional e hizo que las organizaciones presentaran una denuncia formal contra dicha obra, ante la Procuraduría Federal del Medio Ambiente, en la que se indican las causas negativas que hacen improcedente tal construcción

Como resultado de este movimiento ecologista, el gobierno decide mover la construcción del muelle 50 metros de distancia ubicándose en el límite del arrecife Paraíso y a una distancia de 350 metros del actual muelle turístico.

Además, se especifican 80 condicionantes para la obra por parte del Instituto Nacional de Ecología (Diario de Quintana Roo, 1994). Sin embargo, estas medidas no nulifican del todo el impacto negativo sobre el área coralina pues se soslayan las operaciones y maniobras de los barcos (entradas, salidas, movimiento de propelas y el arrojado de basura).

Sin duda, una de las acciones ecologistas con mayor éxito por parte de las instituciones oficiales, clubes y población cozumeleña, ha sido la formación del Comité para la Protección de la Tortuga Marina, ya que la isla por sus características costeras es hábitat importante para el arribo de tortugas marinas que año con año desovan y se reproducen en sus playas.

En Cozumel el consumo de tortuga marina fue antaño parte de la tradición alimenticia debido en parte, a la falta de vías de comunicación y al difícil acceso y abasto inseguro de comestibles, por lo cual, la tortuga y sus huevos fueron esenciales en la subsistencia familiar.

Con el crecimiento demográfico motivado por el desarrollo turístico regional, la captura de tortugas aumentó pasando de ser un alimento de subsistencia a un producto de carácter comercial. La tortuga marina se sobreexplotó, peligrando actualmente su reproducción y desarrollo ante lo cual, el 31 de mayo de 1990, la entonces Secretaría de Pesca establece veda permanente de la tortuga marina, siendo los principales custodios la también entonces Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la propia Secretaría de Pesca, ambas actualmente fusionadas en La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP (SEDESOL, 1990).

Al momento, el Centro de Investigaciones de Quintana Roo continúa con el proyecto de investigación denominado " Biología y Conservación de las Tortugas Marinas en Quintana Roo ", implementado desde 1987. En cada temporada de anidación se establecen campamentos tortugueros en las playas de mayor afluencia, con el fin de proteger a las hembras y sus nidos contra los diferentes enemigos que las afectan. El ayuntamiento de Cozumel, la Base Area Militar, el Sector Naval, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, El Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), la entonces Secretaría de Desarrollo

Social (SEDESOL), La Secretaría de Pesca y el Museo de la Isla de Cozumel, integran el Comité de Protección de la Tortuga Marina.

El principal objetivo del Comité radica en preservar y proteger la tortuga marina, realizandolas siguientes actividades: vigilancia permanente, construcción de campamentos tortugueros y corrales artificiales, concientización en la población sobre la necesidad de cuidar y preservar la especie, educar a los niños a través de programas ecológicos relacionados con el cuidado de la fauna isleña.

Durante el período comprendido de mayo a septiembre de 1991 a 1993, se lograron obtener los siguientes datos en el arribo de la tortuga marina (ver cuadro II.1). En Cozumel se detectaron dos especies; la caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga blanca (*Chelonia mydas*). Los nidos transportados que se recogen en las diferentes playas de anidación son llevados al corral que se encuentra en el Hotel de Fidecaribe. Actualmente la población de Cozumel se ha percatado de la importancia de conservar y vigilar que no se depreden los huevos y la tortuga.

Tabla II.1 Tortugas que arrivaron durante el período mayo - septiembre de 1991 a 1993.

Especies	Nidos Transportados	Huevos Protegidos	Gras liberadas	Tortugas marcadas	Nidos Naturales
Caguama	215	25 075	17 605	96	108
Tortuga blanca	55	5 985	4 395	40	22
Total	270	31 060	22 000	136	130

Fuente: Sedesol, 1993.

2.3. Intervención gubernamental en torno al rescate, salvaguarda y protección del recurso arrecifal

La utilización continúa e irracional de los recursos naturales aunado a la falta de concientización, tecnología y reglamentación inadecuada, han propiciado el desequilibrio ecológico del ecosistema arrecifal coralino.

Ante este crítico panorama autoridades y habitantes de Cozumel han sumado esfuerzos y tomado la iniciativa de proteger y conservar la zona arrecifal no solo por el valor económico que representa, sino también por la importancia biológica que tiene a nivel mundial.

Al efecto se han realizado algunos estudios de evaluación ambiental y diversos proyectos de investigación, los cuales condujeron a establecer adecuaciones reglamentarias y a una zonificación del área protegida así como de sus diferentes aprovechamientos.

En 1972, La Secretaría del Patrimonio Nacional elaboró el primer estudio donde se esquematizaron los usos del suelo, señalando al área de las lagunas de Colombia como un " Parque Natural".

En 1975, la misma Secretaría formula el Plan de Desarrollo para la isla de Cozumel, considerando una zona como "Parque Natural Recreativo", el cual incluía a las zonas arrecifales.

En ese mismo año, la Comisión Nacional de Obras Públicas, elaboró el proyecto de "Parque Nacional Submarino de Cozumel ", marcando áreas de protección para la flora y fauna marina. En base a un estudio de monitoreo se determinó que la parte occidental de la isla requería de urgente protección.

En 1977, el Gobierno del Estado elabora un Plan Director de la Isla de Cozumel, el cual hace un señalamiento de preservación ecológica desde el muelle fiscal hasta Palancar.

En 1980, el Instituto Nacional de Pesca realizó un estudio para implementar el decreto de creación de un refugio para la flora y fauna marina, tomándose en cuenta parámetros biológicos y ecológicos de la costa occidental de la isla, la cual ha sido afectada por algunas actividades económicas, poniéndose en peligro la estabilidad de los organismos que forman parte de la comunidad arrecifal.

El 11 de junio de 1980 por decreto del ejecutivo federal (Diario Oficial, 1980) se establece el "Refugio Ecológico para la Protección de la Flora y Fauna Marinas de la Costa Occidental de Cozumel". Este documento establece las siguientes medidas: queda protegida la zona comprendida entre la línea de alta marea y la isóbata de 50 metros de profundidad; mar afuera, a lo largo de la isla iniciándose en el muelle fiscal y terminando en el vértice sur denominado Punta Celaraín.

Se prohíbe la pesca comercial a gran o pequeña escala, la pesca deportiva submarina o, cualquier otro tipo de colecta de flora y fauna marinas que no tengan fines de investigación científica. Las infracciones al siguiente mandato se sancionarán de acuerdo a la Ley Federal de Fomento de la Pesca.

El cumplimiento de este mandato queda bajo la responsabilidad de la Secretarías de Pesca, Marina, Comunicaciones y Transportes, Asentamientos Humanos y Obras Públicas, así como la Secretaría de Turismo.

2.3.1. Etapa pionera hacia la protección de la zona arrecifal

Pese a la expedición del anterior decreto, las restricciones para con el área no fueron respetadas por toda la población, quizás por desconocerlo, simple inadvertencia o, la falta de vigilancia por parte de las autoridades responsables del cuidado y protección de este mandato.

Es a raíz de la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), que se retoma el cuidado y protección del área. Así, en 1984 la administración del refugio queda a cargo de dicha dependencia, siendo sus principales funciones: la de normar, controlar y vigilar las actividades que se realicen dentro de la zona.

A fin de proteger el arrecife coralino, la SEDUE ajustó el reglamento al decreto y propuso una serie de programas conservacionistas así como la formación de un organismo que apoyara la administración de la zona protegida, ya que los fondos monetarios para llevar a cabo labores protectivas y de vigilancia eran insuficientes (SEDUE, 1985).

En 1985, la SEDUE elabora a nivel municipal un reglamento para el Refugio Ecológico, el cual menciona que tanto el visitante nacional o extranjero deberá acatar las siguientes disposiciones: No podrán pescar, capturar o extraer organismos de la flora y fauna marina. Se prohíbe verter desechos sólidos o cualquier sustancia contaminante, anclarse dentro de la zona arrecifal y navegar a altas velocidades.

Para obtener un mejor control de los visitantes subacuáticos, se exigió que todos los grupos tuviesen un guía, quien sería responsable de informar a los turistas sobre el reglamento y vigilar que se cumplieran las normas establecidas. Este fue un gran avance ya que se logró primeramente, concientizar a los prestadores de servicios la importancia que significa cuidar su fuente de trabajo e informar a los turistas cómo manejarse en el arrecife, y segundo, compensar la carencia de vigilancia debido al paupérrimo presupuesto. De este modo se involucró en el cumplimiento reglamentario a todos los prestadores de servicios subacuáticos incluyendo a operadores, instructores, capitanes, guías y marineros. Además, se estipuló que cualquier infracción al reglamento establecido se sancionaría según la falta cometida (SEDUE, 1985).

Se realizaron campañas de limpieza en playas y mares, apoyados por la población cozumeleña. Así como programas educativos de conservación arrecifal en las escuelas primarias.

Cuando la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), es reemplazada por la entonces Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), esta se avoca principalmente al sector social, y desaparece en Cozumel el departamento de Ecología, que fuera encargado de la protección de la flora, fauna marina y terrestre, descuidándose esta área.

Es hasta 1996, con la creación de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), que se retoma la protección y conservación del área natural.

2.3.2. Concreción de planes y programas de carácter oficial

A nivel gubernamental el Plan Director de Desarrollo Urbano y Ecología de Cozumel, elaborado en 1991 por la SEDUE, contempla dentro de sus objetivos

generales, el de conservar la calidad del paisaje natural de la isla de modo que se mantenga como principal atractivo turístico, el fomentar el ecoturismo pasivo y activo sin inducir riesgos que alteren los ecosistemas frágiles de la isla y zona arrecifal. En cuanto a los lineamientos de conservación el Plan Director específica:

- Conservar las zonas de vegetación natural con valor ecológico, como son las áreas de las lagunas de Colombia, Celaraín y la Pasión.
- Proteger los arrecifes del entorno, definiendo una zonificación de uso e intensidad en las actividades recreativas, de navegación y pesqueras.
- Prevenir y controlar el vertimiento de residuos sólidos y líquidos al mar y al sistema lagunar.
- Proteger la costa oriente como área para reproducción de tortugas.
- Proteger los arrecifes del entorno marino, ampliando la cobertura de la zona protegida y proponer su asignación como Parque Nacional Marino.

El Plan divide a la isla en 13 zonas con uso recomendable y su correspondiente política ecológica. La zona de arrecifes definida como zona 6, comprende la llamada "Zona de Reserva Ecológica Arrecifes de Cozumel", con la alternativa de Parque Nacional Marino. Su política ecológica es de protección e integración al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) y propone su ordenamiento ecológico, control y vigilancia. El Plan Director considera los siguientes programas para la protección del medio:

Programa de Difusión Educativa y Ambiental, enfocado a la población civil y turística, con carácter permanente, y apoyo de manuales educativos dirigidos a ambos grupos.

Programas de Impacto Ambiental, implementando la legislación y mecanismos para su realización, como son proyectos de infraestructura turística y portuaria.

Programas de Conservación de los Recursos Naturales; involucrando a diversas Secretarías de Estado.

El uso del suelo y zonificación contemplados por el Plan Director, (1991) de Cozumel es el siguiente:

- Zona 1. Área de protección de la flora y fauna silvestres y acuáticas (Sistema lagunares; Colombia, Ciega, Celaraín y manglares).

Actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, refugio e investigación. El aprovechamiento de la zona se podrá llevar a cabo con estudios de impacto ambiental y sujetos a normas ecológicas.

Política: Protección.

- Zona 2. Zona sujeta a conservación, acciones relacionadas con la conservación, reproducción y propagación de especies, investigación y educación.
Política: Conservación.
- Zona 3. Area de Conservación. Laguna de Chankanaab .
Política: Restauración.
- Zona 4. Area de Protección de los Recursos Naturales, protección de los mantos acuíferos.
Política: Protección.
- Zona 5. Parque Estatal ChanKanaab, zona recreativa y cultural.
Política: Protección.
- Zona 6. Reserva Ecológica Arrecifes de Cozumel, alternativa de Parque Nacional Marino, integrándolo al SINAP por su carácter único y excepcional.
Política: Protección.
- Zona 7. Area Turística Cultural (zonas arqueológicas).
Política: Protección.
- Zona 8. Area Agrícola.
Política: Conservación.
- Zona 9. Area de Recreación. Zonas de playa y restaurantes.
Política: Aprovechamiento.
- Zona 10. Area Urbana de Costos Extraordinario.
Política: Aprovechamiento.
- Zona 11. Area Urbana de Costos Ordinarios. (hoteles, restaurantes,comercios y vida silvestre) .
Política: Aprovechamiento.
- Zona 12. Turística con Costos Ordinarios(hoteles, restaurantes,comercios y vida silvestre) .
Política: Aprovechamiento.

- Zona 13. Turístico con Costos Extraordinarios (vida silvestre).

Política: Aprovechamiento.

Los encargados de operar el Plan Director de Cozumel a nivel municipal fueron: La Dirección Municipal de Obras Públicas y el Departamento de Planeación, y la entonces SEDESOL (SEDESOL, 1991). En la figura del modelo de ordenamiento ecológico del Plan Director, solo está contemplada la información referente al área de estudio. **Figura II.1.**

2.3.3. Declaratoria definitiva del arrecife con carácter de Parque Marino Nacional.

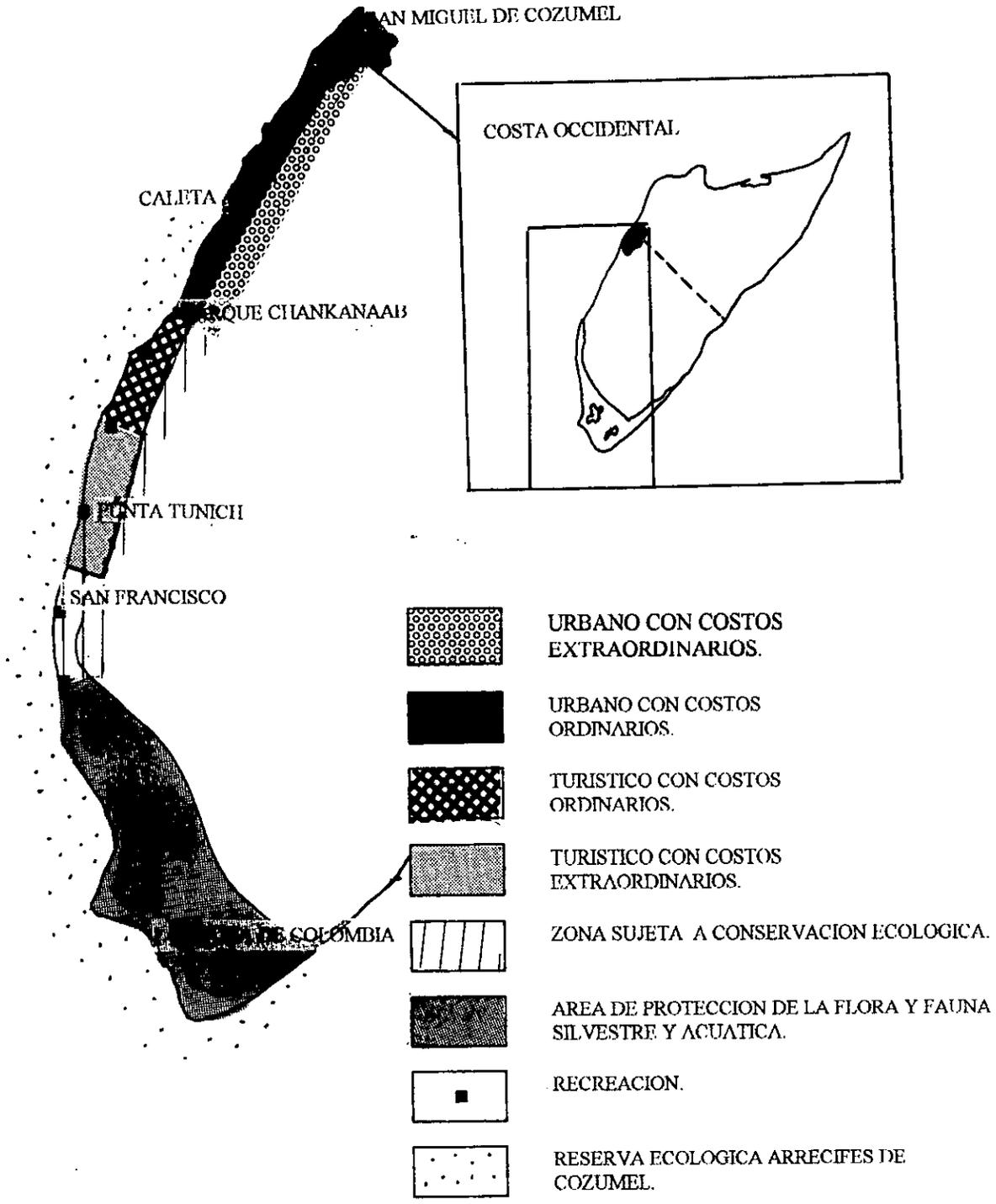
A propuesta de las Secretarías de Marina; de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y de Comunicaciones y Transportes, el Ejecutivo Federal decidió en julio de 1996, incorporar la zona conocida como "Arrecifes de Cozumel", al Sistema de Areas Naturales Protegidas, bajo la categoría de Parque Marino Nacional, con base en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, fracciones II, XI y XIII; la Ley Federal del Mar artículos 6, 18, 21; La Ley de Aguas Nacionales fracciones III y IV; La Ley de Pesca, fracciones V y VI; a la Ley de Planeación artículos 33 y 37; y con fundamentos en los siguientes considerandos:

Que esta región forma parte del Gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental, catalogándose como la segunda barrera coralina más grande del mundo, de una gran riqueza y diversidad de organismos y que es actualmente el destino de buceo mas importante del continente americano.

Que estos arrecifes son comunidades biológicas en donde habitan miles de especies, por lo que han sido considerados como los ambientes más diversos y complejos del medio marino comparados por su gran diversidad solamente con selvas perenifolias.

Que en la comunidad arrecifal podemos encontrar organismos representantes de casi todos los grupos del reino animal; corales, anélidos, poliquetos, anémonas, cangrejos, camarones, moluscos y equinodermos, mas de 500 especies de peces, esponjas y algas.

FIGURA No.II.1. MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLOGICO ISLA COZUMEL.



FUENTE: SEDESOL, 1991. PLANO E-1.

Que entre los arrecifes más importantes se encuentran: Paraíso, Chankanab, Tormentos, Yucab, Cardona, San Francisco, Santa Rosa, Palancar, Chunchacab y Maracaibo.

Que previenen la erosión, disminuyendo la fuerza del oleaje , además de que una función importante de las franjas arrecifales es la de prevenir a las costas del daño causado por las tormentas y huracanes.

Que los "Arrecifes de Cozumel" se sitúan cerca de la costa por lo que se exponen directamente a la influencia de las actividades humanas y al vertido de desechos nocivos, que alteran el delicado equilibrio ecológico que presentan estos complejos ecosistemas, donde la mínima variación puede llevar quizá cientos de años para su restauración.

Que los "Arrecifes de Cozumel" constituyen un recurso natural de gran importancia para la economía regional, por lo que prioritariamente, se debe proteger como una estrategia para la conservación de la biodiversidad y su aprovechamiento sustentable.

Que de los estudios evaluados y realizados, se demostró que se requiere conservar el ambiente natural arrecifal a fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos ecológicos, salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes y asegurar el aprovechamiento racional de los recursos, así como proporcionar un campo propicio para la realización de actividades educativas y recreativas, la investigación científica y el estudio del ecosistema y su equilibrio, por lo que se expide el siguiente decreto.

Por ser de interés público y de la Federación se declara área natural protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como "Arrecifes de Cozumel", ubicada frente a las costas del municipio de Cozumel, Quintana Roo, con una superficie de 11, 987 Ha. iniciándose en la punta norte del Arrecife Paraíso, a los 20° 28' 22" LAT. N; 86° 58' 31" LONG. W comprendiendo la Zona Federal Marino Terrestre pasando por Punta Celaráin y Punta Sur, finalizando en el vértice a los 20° 20' 54" LAT. N; 86° 54' 03" LONG. W.

La administración , organización y manejo del área natural protegida queda a cargo de las Secretarías de Marina y de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, las que formularán el Programa de Manejo del área invitando a participar en su elaboración y ejecución a las dependencias de la Administración Pública Federal competentes, al Gobierno del estado de Quintana Roo, al Municipio de Cozumel, a Instituciones de Educación Superior y de Investigación, a los agentes productivos, así como a grupos ambientalistas y otros interesados.

Para la conservación y protección del Parque Nacional Marino, se ha contemplado un Plan de Manejo y una Zonificación del área, que contendrá por lo menos las siguientes consideraciones:

- La descripción de las características físicas, biológicas y económicas del área, en el contexto nacional, regional y local.
- El catálogo de especies de la flora y fauna de la zona.
- Las actividades de protección de los ecosistemas y sus elementos de investigación científica y educación ecológica.
- Las restricciones a la construcción, ocupación y funcionamiento de instalaciones marítimas o de otra clase de obras.
- Las modalidades, descripción y limitaciones a las que se sujetarán las actividades pesqueras, comerciales y deportivas, así como su regulación y normatividad.
- Las áreas y canales de navegación .
- Posibles fuentes de financiamiento para su administración.

La zonificación para el manejo dentro del "Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel", contemplará los siguientes aspectos: Solo se permitirán actividades relacionadas con la preservación de los ecosistemas acuáticos y sus elementos.

Todo proyecto de obra pública o privada que se pretenda realizar dentro del área, deberá estar en congruencia con los lineamientos que establezca el Programa de Manejo y deberá contar además con la autorización ambiental correspondiente, en los términos generales de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Impacto Ambiental.

Queda prohibido verter o descargar contaminantes, desechos o cualquier otro tipo de material, usar explosivos, tirar o abandonar desperdicios en playas cercanas; realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza que originen la suspensión de sedimentos, así como la introducción de especies vivas ajenas a la flora y fauna ahí existentes. Asimismo queda prohibida la extracción de coral y sus elementos biogénicos.

La inspección y vigilancia del Parque Nacional Marino quedarán a cargo de la Secretaría de Marina, de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y de Comunicaciones y transportes. Las infracciones que se cometan se sancionarán conforme a lo señalado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Ley de Pesca, Ley de Aguas Nacionales, Ley de Navegación, Ley del Mar y demás disposiciones jurídicas aplicables (SEMARNAP, 1996).

De acuerdo con la vigente Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, reformada en diciembre de 1996, (SEMARNAP, 1996) en la antigua categoría de Parque Nacional define en su artículo 50 como "Los Parques Nacionales se constituirán tratándose de representaciones biogeográficas a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y

fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones analógicas de interés general. En los Parques Nacionales sólo podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y, en general, con la preservación de los ecosistemas y sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos”.

Mientras que el artículo 51, vincula a los Parques Nacionales con el ámbito marino expresando, que para los fines señalados; “Se establecerán Parques Nacionales en las zonas marinas mexicanas, que podrán incluir la zona federal marítimo terrestre contigua. En estas áreas sólo se permitirán actividades compatibles con la preservación de los ecosistemas acuáticos y sus elementos, las de investigación, repoblación, recreación y educación ecológica, así como los aprovechamientos de recursos naturales que procedan de la conformidad con la que disponen esta Ley, la Ley de Pesca, la Ley Federal del Mar, las convenciones internacionales de las que México sea parte y los demás ordenamientos aplicables”.

“Las autorizaciones, concesiones o permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales en estas áreas, así como el tránsito de embarcaciones en la zona o la construcción o utilización de infraestructura dentro de la misma, quedarán sujetas a lo que dispongan las declaratorias correspondientes”.

“Para el establecimiento, administración y vigilancia de los Parques Nacionales establecidos en las zonas marinas mexicanas, así como para la elaboración de su programas de manejo, se deberán coordinar, atendiendo a sus respectivas competencias, la SEMARNAP y la Secretaría de Pesca”.

CAPITULO 3. OBJETIVO CENTRAL Y COLATERALES DEL ESTUDIO

3.1 Objetivo Central

Identificar y evaluar los diferentes factores causantes de impacto ambiental que afectan la estabilidad ecológica de los arrecifes coralinos desarrollados en la costa occidental de isla Cozumel, y a título de propuesta, aportar un esquema de zonificación que coadyuve a conservar y manejar racionalmente, tanto el medio arrecifal como los recursos insulares próximos a la costa.

3.2. Objetivos Colaterales

Sugerir programas educativos que enfocados a la conservación de los arrecifes coralinos, inculquen valores de aprecio a la naturaleza.

En apoyo a la futura elaboración del Plan de Manejo para el Parque Marino, se propone una zonificación como elemento normativo al que deberán sujetarse las actividades turísticas y otras autorizadas por la declaratoria del Parque.

Incentivar a la población y autoridades locales a reconocer y valorar a los arrecifes coralinos como el principal atractivo en la isla, a través del cual puede fomentarse el ecoturismo como elemento de recreación asociado al conocimiento y aprecio de la naturaleza.

Alentar posibles fuentes de financiamiento para la administración del Parque Marino Nacional, como apoyo a su funcionamiento y operatividad.

CAPITULO 4. MÉTODO Y MATERIALES DE TRABAJO

El proceso metodológico comprende la ejecución de dos grandes fases. La primera de carácter preliminar, radica en el acopio de datos e información documental expofeso vinculada con diferentes aspectos inherentes a la temática general del estudio, enfatizando lo relativo a cuestiones y problemas que inciden sobre el ecosistema marino arrecifal de la isla.

La segunda fase corresponde a la aplicación y desarrollo metodológico que involucra la consulta y selección informativa; el trabajo exploratorio subacuático marino y costero terrestre; el manejo informativo y obtención de resultados; interpretación, análisis integrado y evaluación diagnóstica de resultados; y finalmente la síntesis expresada a través de la zonificación, con fines de ordenamiento ecológico y aprovechamiento de los recursos naturales en los ámbitos insular y marino; así como el esbozo de programas y acciones.

4.1. Fase preliminar de acopio informativo.

El estudio está particularmente enfocado a los arrecifes de la zona suroeste de la isla Cozumel, ya que son los mas representativos e importantes, y a la vez, sometidos a la mayor presión auspiciada por su cercanía a las zonas turísticas y a su fácil acceso. .

El desarrollo de esta fase entraña una exhaustiva búsqueda bibliográfica, durante la cual se recopiló información general vinculada con el tema, incluyendo resultados de información científica, conceptos teóricos, datos estadísticos, materiales cartográficos, documentales filmicos submarinos, reportes periodísticos, revistas ecológicas y censos.

La información científica y conceptos teóricos sobre aspectos temáticos generales incluyen geología de la isla (López, 1981), geomorfología (Bloom, 1978), clima (García 1981), vegetación (Ezcurra y Chávez, 1985), biología de los corales, habitat y comuninad (Jordán, 1978,1979,1991), (Goreu,1979), (Fenner,1991), manejo de los Arrecifes de coral, (Grigg ,1981), (Costeu ,1980), (Kelleher ,1981) y legislación,(Gacetas Ecológicas ,1984, 1991) y (Diarios Oficiales ,1980, 1996).

Los datos estadísticos comprenden variables climatológicas, (Servicio Meteorológico Nacional ,1951-1980), mareas, (Gómez, 1996), especies coralinas, (Fenner, 1980), registros anuales de veda de tortuga marina, (SEDESOL,1995), información socioeconómica, (INEGI ,1995) y el Censo General de Población y Vivienda (INEGI,1990).

Los materiales gráficos representados por mapas, permitieron la obtención de la información cartográfica especialmente referida al área de estudio e incluye: Carta batimétrica escala 1:60 000 (Secretaría de Marina, 1982); Carta de uso de Suelo

escala 1:40 000 (Plan Director, 1991); Carta Histórica escala 1:45 000 (Zwick, 1983) y las cartas temáticas escala 1: 250 000 de Clima, Uso de Suelo, Geología y Topografía del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI,s/f).

4.2 Fase de aplicación y desarrollo metodológico

Esta fase se refiere a los medios y mecanismos para evaluar impactos ambientales específicos, analizando e integrando la información del medio ambiente y sus componentes, los sistemas ecológicos naturales y las acciones tecnológicas del hombre.

El proceso analítico se obtuvo identificando los impactos que afectan al arrecife coralino, describiendo primero el sistema natural existente para después, definir las alteraciones del medio causadas por acciones antropogénicas y revisar el cambio espacial que experimenta el medio analizado, logrando finalmente así estimar el carácter (significativo o no) y la duración del impacto (temporal o permanente).

4.2.1. Banco de datos y selección informativa

Un mapa histórico(Zwick, 1983), el plano de Uso de suelo (Plan Director,1991), una carta batimétrica Secretaría de Marina, (1977-1982) y una guía de buceo de Cozumel (Lewbel y Martín, 1984) fueron utilizadas para obtener un Mapa Base de la zona de estudio, ampliando la escala y detallando solo la porción suroeste de la isla ubicando las zonas arrecifales y elementos requeridos (batimetría , rasgos culturales, vías de acceso etc.).

La identificación de impactos y su afectación sobre los arrecifes coralinos, se obtuvo a través de combinar la observación cualitativa y la verificación de información reportada en los estudios de Jordán, 1978, 1979, 1987, 1991, Fenner, 1980, 1991, Ezcurra y Chávez, 1985, La Manifestación de Impacto Ambiental de la Terminal para Cruceros Punta Langosta, 1996 y la Guía de identificación de especies marinas de Humman, 1993; documentos que abordan aspectos específicos del sistema arrecifal coralino de Cozumel referentes a: Desarrollo, estructura del coral y disminución en su cobertura; predominancia, número e identificación de especies marinas y acciones negativas y procesos destructivos que afectan al sistema coralino.

4.2.2. Investigación exploratoria submarina y su ámbito costero

Para establecer un diagnóstico lo más exacto posible en cuanto a los efectos del impacto ecológico, se llevó a cabo intenso trabajo de exploración marina y terrestre, con estricto apego al enfoque práctico-aplicativo del estudio.

Al efecto, realicé inmersiones diarias con equipo autónomo de respiración subacuática (SCUBA), y aplicando mi experiencia laboral como Guía de buceo en aguas arrecifales, en el transcurso de 2 años logré detectar y registrar acciones y elementos generadores de impactos a lo largo de la zona de estudio, como son: presencia de algas cianofíceas, estructuras muertas (corales y esponjas), colonias cubiertas por arena, trozos de coral, turbidez, sedimentación y acciones negativas como ruptura de coral, contactos de buzos sobre la colonia (manoseo, pisoteo, aleteo, levantamiento de arena, apoyos, etc.), captura, pesca con anzuelo, extracción de organismos marinos, desagües al mar, vertimiento de sólidos y algunas otras observaciones interesantes para el estudio como: tipos de arrecife, profundidad, formaciones arrecifales, especies dominantes, fauna nociva y tipo de corrientes.

Como apoyo al muestreo se utilizó una cámara fotográfica submarina nikon 28mm modelo R-UWAF, equipo SCUBA (regulador, tanque, chaleco o compensador, manómetro y un profundímetro para registrar la profundidad), y una embarcación tipo ballenera.

El reconocimiento del ámbito costero se efectuó mediante recorridos a lo largo de la zona, la carretera principal y la zona de litoral o playa; y con apoyo de la carta base, se hizo la localización puntual de hoteles, restaurantes, zonas de playa, desagües al mar, muelles, actividades turístico-recreativas y acciones negativas como el vertimiento de sólidos y sustancias contaminantes, la pesca clandestina, el lavado de embarcaciones y el propeleo.

Los recorridos por carretera se efectuaron en vehículo y los de playa caminando, como apoyo al muestreo se usó cámara fotográfica cannon. La información obtenida en los muestreos submarino y costero se integró a una matriz de impacto, con el fin de jerarquizar las acciones negativas respecto a los factores ambientales y obtener así una ponderación de los efectos.

Como complemento a este análisis, se efectuó una serie de entrevistas y encuestas con operadores de tiendas de buceo, instructores, guías de buceo y turistas cuestionando sobre el anterior y actual estado de los arrecifes coralinos, los daños y acciones más severas que provoca el buceo, obteniéndose un cuadro comparativo de los arrecifes más o menos afectados por esta actividad humana, así como la identificación de los daños por anclaje y extracción de organismos difícilmente detectables, a menos que se observen directamente y capten por una cámara submarina.

4.2.3. Manejo informativo y obtención de resultados

Se entiende por impacto ambiental la acción o actividad que produce una alteración favorable o adverso sobre el ambiente o, en alguno de sus componentes. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.

Cabe aclarar que el término "impacto", no implica necesariamente negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo (Conesa, 1993).

En este sentido, los estudios de impacto ambiental tratan de evaluar las consecuencias de una acción, para saber qué calidad tendría el ambiente con o sin dicha acción, buscando identificar, interpretar y prevenir los efectos que acciones o proyectos determinados pueden causar al bienestar humano y su entorno; es decir, los ecosistemas en que el hombre vive y de los que depende.

La evaluación de impacto ambiental, fundamenta el ulterior esquema de zonificación propuesto por el estudio.

Las manifestaciones de impacto ambiental están contempladas desde 1988 en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que establece el procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales que un proyecto o actividad puedan producir en caso de ejecutarse, así como la prevención, corrección y valorización de lo mismos; todo ello a fin de aceptarse, modificarse o rechazarse por dictámen de las distintas instancias públicas competentes.

Los métodos para la evaluación del impacto ambiental son muy variables dependiendo del tipo de las acciones, estudios o proyectos, que pueden generar grandes o pequeños impactos. La magnitud del impacto puede inferirse con un estudio genérico y breve, esta evaluación preliminar así obtenida es válida para fines ulteriores.

A groso modo, se trata de analizar bajo un mismo contexto, los sistemas ecológicos naturales y las acciones tecnológicas humanas. Para ello, se aplica un modelo que da una idea real sobre el comportamiento del sistema aunque a escala reducida.

Así, un modelo es la representación física o matemática que reproduce las características y condiciones de un ecosistema real, de modo que analizando la información y las interacciones existentes, podamos llegar a la percepción y comprensión del comportamiento de tal sistema (Esteban, 1980).

Por conveniencia para el estudio, se aplicó la matriz de Leopold, primer método empleado para evaluaciones de impacto ambiental. Esta matriz es un sistema de información más que de evaluación; es decir, es un método de identificación elaborado para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos, como elemento guía de los informes y las evaluaciones de impacto ambiental. Este método es especialmente útil como evaluación preliminar de proyectos que tienen gran impacto ambiental.

La base del sistema es una matriz donde las entradas, según columnas, son acciones humanas que pueden alterar el medio ambiente, y las entradas según filas, son características del medio (factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y columnas se pueden definir las interacciones existentes.

Entre los aspectos positivos de la matriz de Leopold está la utilidad en la identificación de efectos, pues contempla en forma bastante completa los factores físicos, biológicos y socioeconómicos involucrados (Esteban, 1980).

En el capítulo 6, se explica con mayor detalle el manejo de la información obtenida, la aplicación de la matriz de Leopold al estudio , los resultados, el análisis integrado y la evaluación diagnóstica.

CAPITULO 5. CARACTERIZACION DE LA ISLA

5.1 Caracterización natural de la Isla Cozumel

Con objeto de diferenciar los impactos ambientales que ocasionan las actividades humanas sobre el arrecife coralino de la zona occidental de la isla de Cozumel, y a la vez, poder identificarlos en sus ámbitos local y regional, a continuación se describe el área que influye sobre el espacio geográfico de interés para el estudio.

La isla Cozumel se localiza entre los 20° 28' de latitud norte y a los 86° 55' de latitud oeste, frente a la costa oriental de la Península de Yucatán. **Figura V.I.**

Esta isla es la de mayor amplitud en aguas mexicanas. Se encuentra influida por un ambiente netamente marino, caracterizado por el movimiento constante de masas de agua que tienen bajo contenido de nutrientes, temperaturas superiores a los 23°C y una elevada transparencia. Este ambiente es influido por el flujo constante de la corriente de Yucatán, que a lo largo de la margen de sotavento alcanza en verano velocidades mayores a tres o cuatro nudos (Wust, 1963).

La isla mide 54 km de largo por 14.7 km de ancho, con superficie total de 461.3 km² de relieve casi plano. La isla esta bordeada por arrecifes coralinos, los más importantes y desarrollados se localizan en la zona sur de sotavento, mismos que constituyen el objeto básico de nuestro estudio, y quedan comprendidos entre el kilómetro 1.5 de la calle principal (Rafael Melgar) y el vértice sur de la isla denominado Punta Celaraín, entre la línea de alta marea a la isobara de 50m de profundidad, entre las coordenadas 20° 18' LAT.N y 86° 55' LONG.W. **Mapa No. 1.**

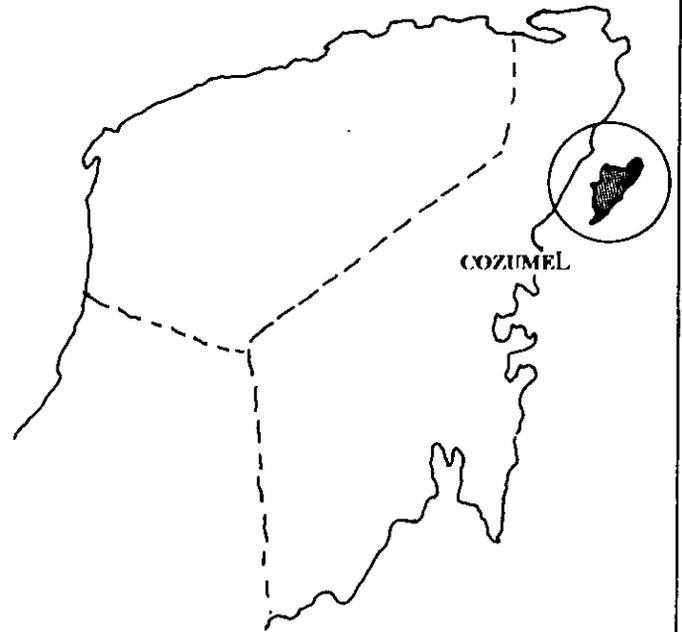
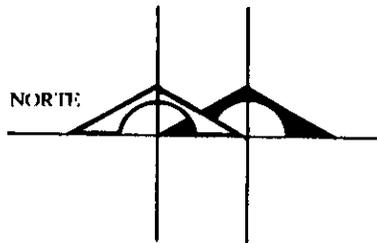
5.1.2 Geología

La isla Cozumel al igual que el resto de la península yucateca, está formada por sedimentos calcáreos de origen marino depositados durante la era Cenozoica. La composición geológica de la península consiste de carbonatos autigénicos y anhídritas precipitados desde el Cretácico medio hasta el Mioceno, siendo de acuerdo con Wilhelm y Ewing (1972), muy semejante a la plataforma de Florida.

Los espesores de los sedimentos cretácicos de la Península de Yucatán varían de 1,300 a más de 3,150m, lo cual indica el hundimiento continuo del piso marino del Cretácico hasta parte del Eoceno en el que también prevalecieron condiciones evaporíticas y de hundimiento.



UBICACIÓN NACIONAL.



UBICACIÓN REGIONAL.



FIGURA No. V.1. ISLA COZUMEL.

La isla, está constituida por sedimentos del Plioceno-Mioceno (Spingal y Espinosa, 1972) que forman parte del grupo estatigráfico definido por Bonet y Buterlin, (1960) como formación Carrillo Puerto, caracterizada por calizas blandas (coquinas o sascab) cubiertas por calizas duras ricas en foraminíferos fósiles del grupo *Peneroplidae*, moluscos y madreporas.

El Mioceno-Plioceno, cubre la mayor parte del área estudiada en algunas partes en discordancia. En ciertos lugares se presenta en forma de caliza blanca recristalizada con microfauna; en otras se presenta como caliza coquinoide mas o menos bien cementada con carbonato de calcio con restos de bivalvos; también se presenta en forma conglomerática, pero en ninguna se aprecia estratificación definida y su aspecto estructural aparentemente es horizontal.

La fauna encontrada por Buterlin, (1960) para esta formación, consiste de : *Archais sp*, *Amphistegina sp*. *Peneoplis proteus* y *Sorites sp*.

El Mioceno.- formación bacalar, denominación adoptada por Buterlin en 1958, tipifica la localidad del centro sur del estado de Quintana Roo. Corresponde a calizas cretosas, de un blanco generalmente vivo, tiernas pero con nódulos duros, amarillentas, que pueden formar verdaderos niveles; pasan a margas blancas en los niveles inferiores.

Se encuentran allí, a veces, finas capas de yeso. Localmente este tipo de rocas recibe el nombre de "sascab". La fauna comprende *Peneroplidae: Peneoplis Proteus*, *Archais compresus* y *Sorites sp*.

Las rocas formadas por restos de macrofósiles que constituyen coquinas muy compactas, cuyo espesor varía de 80 cm a varios metros, presentando una coloración amarilla. También se tienen afloramientos de rocas calizas masivas con un contenido faunístico abundante de moluscos, madreporas y *Peneroplaide*.

5.1.2.1 Geología submarina adyacente a la península.

De acuerdo con la información de Lynch (1954) publicada en New Orleans Geológicoal Society (1962), así como por estudios de Bonet y otros autores, la secuencia de afloramientos submarinos es muy irregular, estando formada básicamente por calizas autogénicas y porciones arrecifales muy limitadas como la isla del Alacrán.

Las edades de estas rocas fluctúan del Plioceno al Pleistoceno hasta la profundidad de 100 brazas (172m) donde, de acuerdo con Wilhelm y Ewing (1972), sobreyace la discordancia a una franja de sedimentos del Eoceno, los que a su vez descansan sobre rocas cretácicas que aparecen en el fondo marino rodeando el Banco de Campeche al norte y noreste, apareciendo también en la porción más profunda del Canal de Yucatán a unos 60 km. al oriente de la isla de Cozumel.

Los sondeos submarinos en el Canal de Yucatán y a unos 100 km. del extremo EN de la Península, indican la existencia de dos localidades con esquistos y mármoles que presentan un alineamiento casi Norte-Sur. De confirmarse la presencia de esquistos francos en esta área, podrían correlacionarse con los encontrados en el Pozo Basil Jones No.1 al EN de Belice.

Lo anterior indica la ausencia de plataforma continental en el Caribe de la Península de Yucatán, que dejó expuestas en el fondo del mar rocas tan antiguas como los esquistos que pudieron ser el basamento paleozoico(López Ramos, 1981).

5.1.2.2 Geología histórica

Es indudable que ya en el Paleozoico, gran parte de la península tuvo carácter platafórmico, estando emergida hasta el Triásico Jurásico, según lo indica la presencia de capas rojas, aún en Guatemala. Es a partir del Cretácico Inferior cuando se inicia el depósito masivo de evaporitas, registrándose en ocasiones una evaporación total, lo que dió lugar a la formación de masas salinas que aparecen en el subsuelo, tanto al norte de Petén como en el pozo la Pita.

Sin embargo, en el resto de la península que corresponde a México y Belice, no se ha encontrado sal y tal parece que la sedimentación de las evaporitas (calizas, dolomía y anhídritas) se inicia a partir del Comancheano, prevaleciendo estas condiciones de depósito durante el Cretácico Superior en la parte media y sur de la península y casi todo el Terciario.

Cabe subrayar que el Cretácico Superior y parte del Terciario es muy margoso al norte de la Península, lo que indica una profundización de los mares en ese sentido. La secuencia geológica aparece desde el Pleistoceno hasta el Cretácico Superior, en cambio, a la altura del paralelo 20° 30' desaparecen los sedimentos de la formación Carrillo Puerto (Plioceno-Mioceno) sobre rocas del Eoceno y Oligoceno.

La península de Yucatán aparece durante el Terciario Medio y Superior como una plataforma sumergida con oscilaciones a poca profundidad, y en la que predominantemente se han depositado calizas litorales y neríticas.

Al final del Plioceno y Cuaternario la península adquiere su forma actual, no obstante que siguen desarrollándose grandes alineamientos arrecifales de tipo biostromal al norte del Banco de Campeche, el cual está formado esencialmente de material calcáreo, ya que la carencia de ríos en la península limita al máximo la presencia de material terrígeno.

Inmediata a la costa actual se formó una franja paralela de varios kilómetros de ancho donde aparecen grandes conjuntos de moluscos como *Arca* y *Chiones* (López Ramos, 1981).

5.1.2.3. Hidrografía

En la porción central y norte de la Península de Yucatán, no existen ríos, percolándose en los suelos superficiales, el agua de lluvia y de condensación formándose un manto freático muy cerca de la superficie. Estas corrientes subterráneas ocasionalmente disuelven calizas superficiales, dando lugar a los "cenotes".

La naturaleza cárstica de la isla impide la formación de ríos en su superficie, ya que toda el agua de lluvia percola a través de fracturas y fisuras del terreno hasta el nivel freático; por lo que los escurrimientos hacia el mar prácticamente no acarrear material sólido en solución.

5.1.3 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos característicos de la isla son similares a los que prevalecen en el resto de la península yucateca y que derivan del carácter calcáreo del sustrato. La isla presenta fisiografía cárstica con estado erosivo incipiente dentro del ciclo geomorfológico. La acción erosiva del agua en sustratos calcáreos produce conductos de disolución de diferente forma y tamaño, siendo los principales responsables del paisaje cárstico típico.

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

El origen de esta terraza que constituye una plataforma insular no ha sido determinado, pero es muy probable que corresponda a una terraza de erosión, muy comunes en todo el Caribe y que se formaron por exposición alternada de ambientes submarinos y subaéreos durante las transgresiones marinas del Pleistoceno.

Hace 125, 000 años, el nivel del mar era ligeramente mas elevado que el actual, tiempo a partir del cual desciende durante la última época glacial, teniendo varios ascensos no mayores a 20m.

Se estima que hace 20,000 años el nivel del mar se encontraba aproximadamente a 135m por debajo del nivel actual; a partir de entonces la transgresión es ininterrumpida hasta alcanzar el nivel actual del mar. Entre 11,000 y 10, 000 años antes de la época presente, el nivel marino alcanzó el borde de la plataforma insular, por lo que el período formativo de los arrecifes profundos de Cozumel debe haberse iniciado poco tiempo después (Bloom, 1974).

Este proceso formativo, sin embargo, debió ser al principio relativamente lento, como sugieren observaciones hechas en el interior de cavernas y huecos arrecifales del borde, donde se apreció que la estructura interna de los arrecifes la constituyen calizas cementadas y restos de coral masivo; no encontrando evidencia de una trama de

estructuras ramificadas que indique la presencia de corales de rápido crecimiento, específicamente *Acropora palmata*.

La importancia de este hecho, estriba en que la ausencia (o reducida densidad de esta especie en la trama estructural) implicaría lentas tasas de acreción en la formación de arrecifes Holocénicos (Stoddart, 1969).

Sobre el borde de esta terraza submarina, en la porción sur y a sotavento de la isla, se localiza una serie de formaciones arrecifales que siguiendo el contorno del borde, forman un parapeto arrecifal sobre el talud insular, misma que corresponde a los arrecifes más profundos de Cozumel.

Estas formaciones arrecifales son discontinuas y están integradas por numerosas estructuras mas o menos aisladas entre sí, de dimensión variable y que en conjunto se extienden por más de 9 km, siempre sobre el borde de la plataforma insular en la porción suroeste de la isla.

Hacia la región central y norte de la plataforma insular en la porción suroeste de la isla, estas formaciones arrecifales desaparecen y el substrato calcáreo está colonizado por rica y diversa comunidad coralina, sin presentar una acreción significativa (Logan, 1969).

Localmente, se denomina "arrecife" a grandes macizos constituidos por numerosas formaciones como es el caso arrecifes de Palancar, Colombia, Maracaibo, etc. El término "arrecife" se emplea para indicar una zona donde hubo acreción arrecifal coralina y puede referirse según el sentido del texto, a una sola estructura o al conjunto de estructuras de un área arrecifal dada, cuyo nombre corresponde con la toponimia local.

En Cozumel, tanto los cenotes como las dolinas son de pequeño tamaño, debido a que el paisaje cárstico de la isla aún no alcanza el desarrollo de la península. En el área cercana a Punta Sur, existen varios cenotes y dolinas incrustados en la selva contigua al norte de la laguna de Colombia así como en la pequeña meseta calcárea de Punta Celaraín.

Estas dos áreas junto con las rocas de Punta Sur forman los únicos ambientes construccionales del área de estudio; el resto esta formado por áreas de acumulación de sedimentos, es decir geoformas erosionales de origen estuarino, aluvial o costero.

Siguiendo los criterios utilizados por Bloom (1978), las geoformas del área en estudio se pueden clasificar en las siguientes clases :

Geoformas construccionales, que han sido originadas por procesos tectónicos que generan cambios estructurales en la corteza terrestre.

Geoformas erosionales, originadas por procesos de clastismo, erosión y acarreo del material construccional, los residuos erosionales se acumulan en cuencas bajas produciendo topografías particulares.

Pantanos y planicies lodosas, son formas originadas por acarreo hídrico y la actividad estuarina que caracterizan a la mayor superficie del área en estudio. El material de estas geofomas son calizas intemperizadas y sedimentos orgánicos descompuestos (turbas).

Lagunas Costeras, se ubican en partes mas bajas de las planicies lodosas y están ocupadas por espejos de agua cuya dinámica hídrica obedece a variaciones del nivel de mareas (poco menos de 20cm en Cozumel). El sistema costero de Punta Sur está formado por cuatro lagunas: Colombia, el Chiquero, Chunchacan e Istacún. Todas tienen profundidad somera (menos de 1.50 m de profundidad), aunque las de el Chiquero y Chunchacan ya se han azolvado totalmente.

5.1.4 Condiciones climáticas

La isla Cozumel queda según García (1981), a nivel générico esta comprendida en el Grupo de los climas cálidos húmedos **Am (f) i** ; localmente corresponde al Subgrupo cálido con temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes mas frío mayor a 18°C .

La (i), significa, oscilación térmica anual menor a 5°C, régimen de lluvias entre verano e intermedio (entre verano e invierno).

5.1.4.1 Temperatura

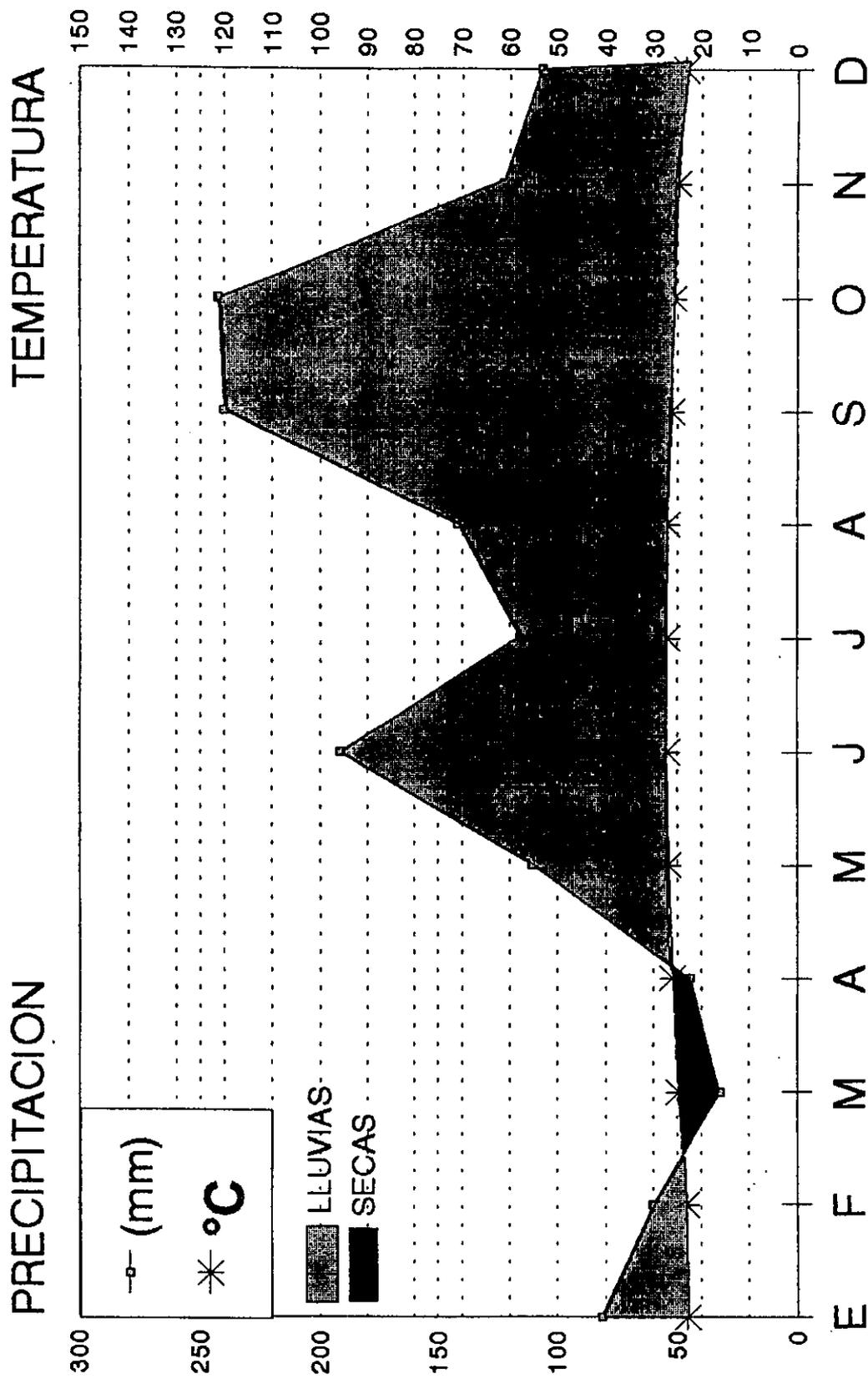
Tabla V.1 Temperaturas en la estación Cozumel, Q. Roo.

Temperatura	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Máxima extrema	36.4	36.0	34.7	39.0	36.6	36.4	39.2	36.8	36.6	36.1	35.2	32.6	39.2
Máxima media	22.9	23.2	24.7	26.0	26.9	27.2	27.2	27.2	25.9	24.8	23.4	23.4	25.5
Mínima extrema	9.2	9.7	11.4	14.6	15.2	18.8	17.0	20.8	20.8	17.0	11.2	12.7	9.2

fuelle: S.M.N, Normales climatológicas (período 1951-1980).

En la **Tabla V.1** se puede observar que la temperatura media anual es de 25°C, temperatura del mes más frío enero de 22.9°C, temperatura del mes más cálido 27°C presente en varios meses: junio, julio y agosto. **Figura V.2**

ESTACION COZUMEL, ESTADO DE QUINTANA ROO. PRECIPITACION Y TEMPERATURA MEDIA



Altitud: 3 m.s.n.m. FIGURA NoV.2. DIAGRAMA OMBROTERMICO

5.1.4.2 Precipitación

Tabla V.2 Precipitaciones en la estación Cozumel,Q. Roo.

Precipitación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Máxima	248.0	358.3	118.0	261.0	560.0	429.3	262.0	384.6	539.0	792.4	399.9	243.0	792.4
Media	81.4	60.0	32.2	44.8	110.6	191.7	115.5	141.7	240.2	242.5	122.5	106.8	1489.9
Mínima	4.7	3.0	1.0	0.40	5.0	13.4	11.0	31.0	78.0	74.2	16.0	2.7	4.0

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980).

De acuerdo con la **Tabla V.2**, durante los meses de octubre y septiembre se experimenta la mayor precipitación media mensual, siendo el volumen medio anual de 1489.9 mm, y marzo el mes menos lluvioso.

5.1.4.3 Insolación y nubosidad

Tabla V.3 Nubosidad e insolación mensual y anual (número de días).

Precipitación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Máxima	248.0	358.3	118.0	261.0	560.0	429.3	262.0	384.6	539.0	792.4	399.9	243.0	792.4
Media	81.4	60.0	32.2	44.8	110.6	191.7	115.5	141.7	240.2	242.5	122.5	106.8	1489.9
Mínima	4.7	3.0	1.0	0.4	5.0	13.4	11.0	31.0	78.0	74.2	16.0	2.7	4.0

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980).

En general las condiciones de nubosidad e insolación para el área en estudio, indican que durante gran parte del año, prevalece un horizonte medio nublado a nublado, como se aprecia en las **Tablas V.3 Y V.4**.

Tabla V.4 Total de horas de insolación mensual y anual.

HORIZONTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Insolación	198.0	192.3	232.0	257.0	231.9	206.5	220.1	221.7	181.5	193.7	183.9	192.2	2510.8

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980).

5.1.4.4. Tabla V.5 Porcentaje de humedad relativa media mensual y anual.

HORIZONTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Humedad	82	81	79	79	80	84	84	84	87	85	83	83	83

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980).

El mayor porcentaje de humedad se manifiesta en los meses de septiembre y octubre, alcanzando valores de hasta 83%, según se aprecia en la tabla sinóptica correspondiente.

5.1.4.5. Presión

Tabla V.6 Presión media en la estación Cozumel, Q.Roo.

PRESIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	NOV	DIC
Media	1016	1014	1014	1013	1012.5	1013	1014	1013	1011	1016	1014	1015	1013.5

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980).

Según la tabla anterior la presión media mas alta del año alcanza 1016 milibares para el mes de enero y octubre en temporada de "nortes", tormentas tropicales y vientos huracanados

5.1.4.5 Vientos

De acuerdo a la **tabla V.7 y la Figura V.3** predominan los vientos alisios, que de febrero a septiembre fluyen del este, con velocidad de 10 km/h. Durante algunas perturbaciones atmosféricas los vientos alcanzan velocidades de hasta 160 a 300km/h, en presencia de huracanes. De octubre a enero los vientos dominantes son los llamados "nortes", que aunque frecuentes no llegan a ser tan intensos como en el Golfo de México.

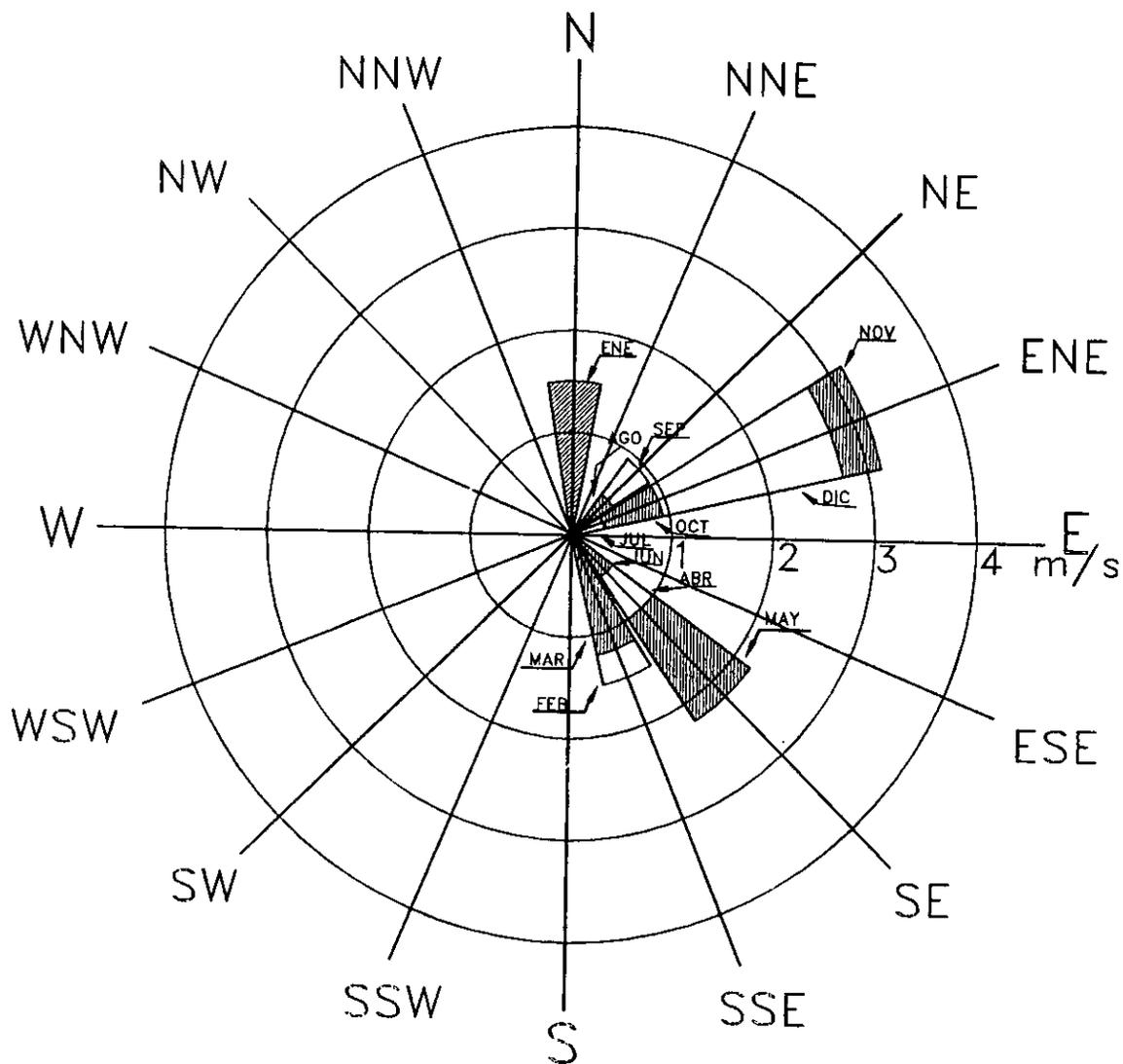
Tabla V.7 Viento dominante y su velocidad media, Cozumel Q.Roo.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1981	N(2.4)	NE(3.1)	N(2.4)	ENE(3.0)	ESE(2.8)	ESE(3.6)	NE(2.4)	NE(.8)	NE(1.8)	ENE(1.6)	NNW(2.9)	NE(3.7)
1982	NE(2.6)	E(0.4)	NNE(.8)	SE(0.6)	SE(0.6)	SE(.8)	ENE(0.4)	NE(.8)	NE(.3)	NE(.4)	NE(.4)	ESE(0.3)
1983	N(0.4)	NNE(.6)	SSE(.6)	SE(0.5)	SE(0.8)	ESE(.5)	NE(.3)		SE(.4)	NE(.3)	SE(.4)	N(.6)
1984	N(5.0)	NE(.3)	SE(.7)	SSE(0.8)	SSE(.7)	SE(.5)	ENE(.4)	NE(.3)	ENE(.3)	ENE(.5)	ENE(.6)	N(0.6)
1985	N(0.7)	ENE(.7)	SE(.7)	ENE(0.5)	ESE(.5)	ENE(.3)	ENE(.5)	NE(.4)	NE(.3)	ENE(.5)	ENE(.2.3)	N(2.3)

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980)

La costa de Quintana Roo se ubica en la trayectoria de los huracanes o ciclones tropicales que se forman en el Atlántico y luego penetran al mar Caribe durante la temporada que va de junio a octubre, siendo septiembre el mes con mayor ocurrencia de ciclones en el área. En 100 años, quince son los huracanes que han golpeado a la isla. En la **Figura V.4** se muestra la trayectoria de los ciclones mas intensos que han entrado a tierra firme, siendo el mas desbastador "Gilberto", el cual alcanzo velocidad de 320 km/h (Secretaría de Marina, 1978).

ROSA DE VIENTOS ANUAL COZUMEL, QUINTANA ROO

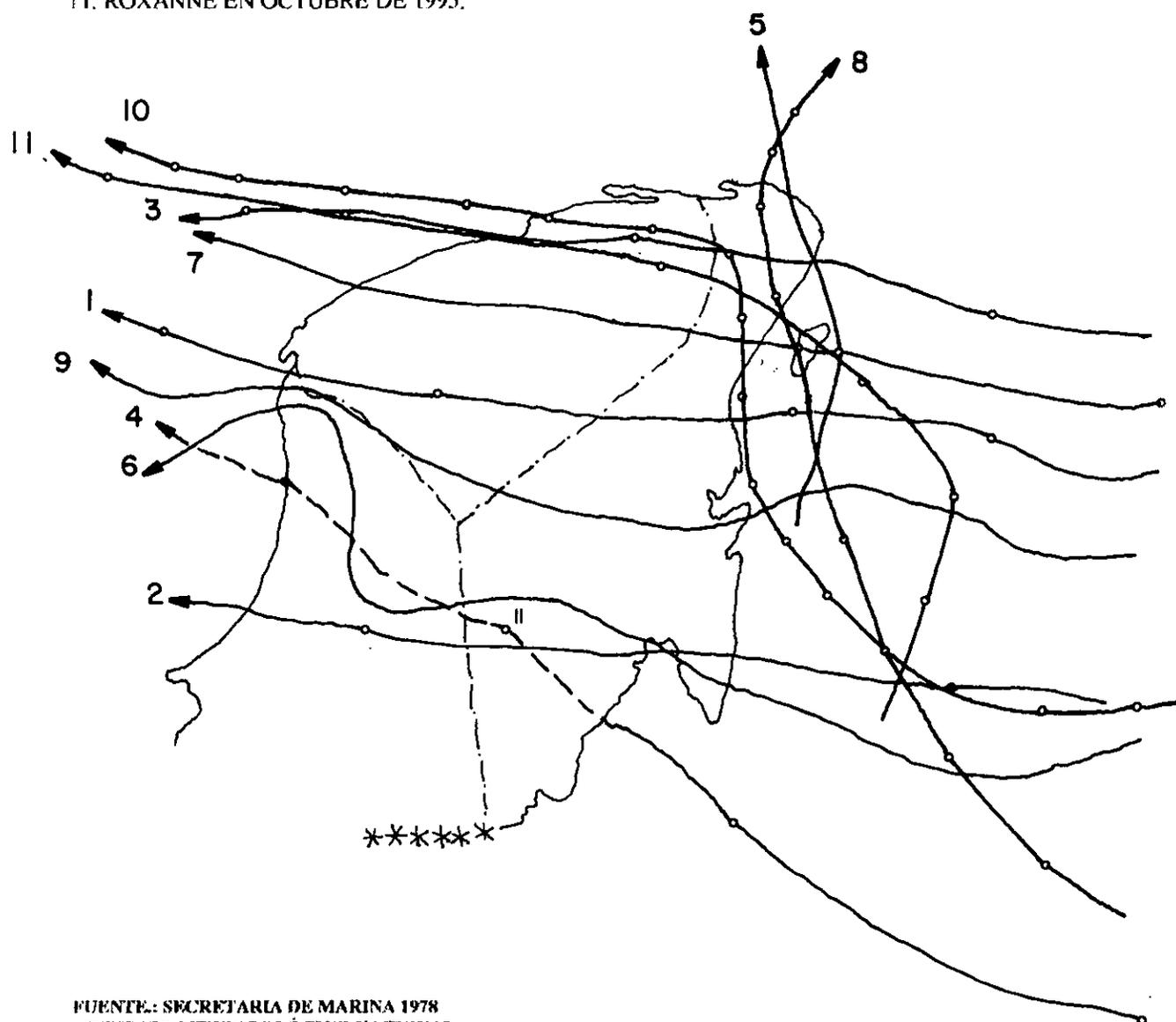


FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL (PERIODO 1981-1987)

FIGURA **V.3** VIENTOS DOMINANTES ANUALES

FIGURA N.O: V.4. TRAYECTORIA DE LOS PRINCIPALES HURACANES QUE AFECTARON LA COSTA DE QUINTANA ROO.

1. HILDA EN SEPTIEMBRE DE 1955.
2. JANET EN SEPTIEMBRE DE 1955.
3. BEAULAH EN SEPTIEMBRE DE 1967.
4. EDITH EN SEPTIEMBRE DE 1971.
5. DELIA EN SEPTIEMBRE DE 1973.
6. CARMEN EN AGOSTO DE 1974
7. GILBERTO EN SEPTIEMBRE DE 1988.
8. KEIHT EN NOVIEMBRE DE 1988.
9. DIANA EN AGOSTO DE 1990.
10. OPAL EN SEPTIEMBRE DE 1995.
11. ROXANNE EN OCTUBRE DE 1995.



FUENTE.: SECRETARIA DE MARINA 1978
*SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.

Tabla V.7 Frecuencia de elementos y fenómenos especiales.

INTEMPERISMOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Lluvia apreciable	8.66	6.46	4.03	3.73	7.20	12.63	11.83	13.37	15.43	15.70	11.06	9.76	119.86
Lluvia inapreciable	2.10	1.40	1.06	1.36	1.63	1.76	2.50	2.51	1.60	2.03	1.76	1.96	21.67
Días con tormenta eléctrica.	0.56	0.30	0.46	0.86	1.62	2.26	3.33	4.55	3.26	1.56	0.36	0.46	19.58

Fuente: S.M.N., Normales Climatológicas (Período 1951-1980).

5.1.5 Formaciones vegetales

Cozumel resalta por ser la isla más rica y diversa en toda la península Yucateca. Según Ezcurra y Chávez (1985), entre sus principales comunidades vegetales figuran las siguientes:

Vegetación de mesetas calcáreas (calcófila)

Es el tipo vegetal más extendido en la isla, está formado por selva subperennifolia similar a la que cubre grandes extensiones en la parte continental. Los suelos típicos de esta vegetación son litosoles sobre rocas calizas. Los árboles dominantes de la selva son *Bursera simaruba* (chacaah), *Metopium brownei* (chehen), *Psidium sartorianum* (pichiche). Dentro de las plantas trepadoras están la *Pisonia aculeata*, mientras que en el estrato arbustivo y herbáceo, son comunes *Cocoloba sp.*, *Croton sp.*, *Mimosa sp.* y otras más. En áreas mas próximas a la costa se encuentra *Solanum sp.*

Vegetación de planicies inundables (hidrófila)

La componen tasitales correspondientes a vegetación que se desarrolla sobre suelos inundables y no salinos. La unidad de suelos dominantes en este medio, es el gleysol eútrico y mólico. La especie más característica de este tipo vegetal son la palma, el tasiste, *Acoelorrhapne wrightii* y *Crysobalanus icaco*, varias trepadoras y un helecho, *Acrostichun danaefolium*.

En los suelos inundables del área próxima a la costa oriente, los vientos y el vaciado salino del mar, determinan el reemplazo del tasistal típico por un palmar mas bajo donde domina el " chit " (*Thrinax radiata*). Las epífitas son abundantes, dominando varias *Bromeliaceas* del género *Tillandsia* y dos orquídeas; *Schomburgkia tibicinis* y *Brassavola nodosa*

Manglares

Estas comunidades se desarrollan sobre suelos inundables salinos y dominados por especies arbóreas de hoja coriácea y mecanismos adaptativos que les permiten tolerar la salinidad del sustrato y la falta de oxígeno de las raíces. Los bordes de las

lagunas con aguas más profundas y de mayor oxigenación; presentan bosque de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), como ocurre en la laguna de Colombia y la Istacún. Las planicies lodosas que siguen la franja de *Rhizophora* presentan suelos más salinos (Solonchaks mólicos) y están colonizados por bosque bajo de *Avicennia germinas* (mangle negro) con altura entre 2 y 3m.

Más distante de la costa, la salinidad disminuye y permite el crecimiento de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), siendo éste el bosque más abundante de las comunidades de manglar, teniendo altura media de 6 a 8m y mostrando una gran diversidad de epífitas (bromeliáceas y orquídeas) así como cactáceas.

Matorrales costeros

Se desarrollan en suelos arenosos sueltos y dunas fijas (regosoles). La vegetación se encuentra parcialmente alterada debido a la antigua plantación de coco (*Cocos nucifera*). Las especies pioneras de esta zona de Barra son, *Cakile Lancelota*, *Canavalia rosea* y otras más.

La Barra de Celaraín es la más rica en especies arbustivas e inducidas posiblemente por el intenso rociado salino de la brisa marina.

5.1.6 Dinámica marina en el ámbito costero del ecosistema arrecifal

En el muelle Fiscal de la isla Cozumel, y el espacio de ultramar, el comportamiento de los diferentes niveles de marea ha sido el siguiente: El nivel pleamar medio superior, alcanza en diciembre ascensos de 0.27m, y el registro menor 0.17m en mayo, siendo la variación anual de 0.10 m.

El nivel pleamar medio, tiene el mayor ascenso en septiembre con registro de 0.12m, y el menor de 0.06m, durante marzo; la variación anual es 0.06m.

El nivel medio del mar en octubre alcanza 1.24m y en marzo ocurre el registro menor de 1.10m; siendo la variación de -0.11m.

El nivel de bajamar medio inferior durante diciembre se abate hasta -0.27m y en octubre a -0.18m; existiendo la variación anual de -0.09m.

La amplitud media de la marea anual es de 0.17m; la máxima amplitud promedio anual, de 0.45m (**Tablas V.9 y V.10**).

El tipo de marea para la isla Cozumel, es una mezcla de marea diurna y semidiurna con rango de 0.45 cm. En la marea mixta, por lo general se producen dos pleamares y dos bajamares cada día. En ocasiones resulta diurna. En este tipo de marea, las aguas marinas ascienden y descienden dos veces al día pero con desigualdad corta en la fase de alturas; las rachas máximas son la declinación de la luna. La marea se

considera mixta semidiurna cuando tiene un rango entre los 0.25m 1.50m de amplitud.

Tabla V.9. Promedios anuales de pleamares superiores Isla Cozumel, Q. Roo.

Pleamares superiores	Pleamares	Nivel medio	Media marea	Bajamares	Bajamares inferiores	C	S %	Amplitud media
4.51	4.08	3.79	3.80	3.53	3.03	27.56	35.63	0.17
1.37	1.24	1.15	1.16	1.08	0.92			
0.22	0.09	0.00	0.01	-0.08	-0.23			

Tabla V.10. Promedios mensuales del nivel de mareas, Temperatura y Salinidad superficial del agua de mar. Isla Cozumel, Q. ROO.

COORDENADAS												
LATITUD 20° 30' 05" N												
LONGITUD 86° 48' 04" W												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PLEAMARES SUPERIORES												
4.37	4.51	4.44	4.49	4.36	4.44	4.32	4.48	4.64	4.76	4.66	4.66	
1.33	1.37	1.35	1.37	1.33	1.35	1.32	1.37	1.41	1.45	1.42	1.41	
0.22	0.25	0.25	0.25	0.17	0.20	0.21	0.18	0.25	0.21	0.21	0.27	
PLEAMARES												
3.96	4.02	3.81	4.08	4.05	4.02	3.95	4.17	4.22	4.38	4.25	4.03	
1.21	1.23	1.16	1.24	1.23	1.23	1.20	1.27	1.29	1.34	1.30	1.23	
0.10	0.10	0.06	0.09	0.08	0.07	0.09	0.08	0.12	0.10	0.09	0.09	
NIVEL MEDIO DEL MAR												
3.64	3.69	3.62	3.77	3.79	3.79	3.65	3.91	3.82	4.07	3.96	3.74	
1.11	1.12	1.10	1.15	1.16	1.15	1.11	1.19	1.16	1.24	1.21	1.14	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
BAJAMARES												
3.34	3.67	3.49	3.39	3.46	3.46	3.36	3.65	3.61	3.79	3.66	3.45	
1.02	1.12	1.06	1.03	1.06	1.05	1.02	1.11	1.10	1.16	1.12	1.05	
-0.09	0.00	-0.04	-0.11	-0.10	-0.10	-0.09	-0.08	-0.07	-0.08	-0.08	-0.09	
BAJAMARES INFERIORES												
2.88	2.93	2.92	2.96	3.08	3.00	2.78	3.25	3.04	3.47	3.21	2.85	
0.88	0.89	0.89	0.90	0.94	0.91	0.85	0.99	0.93	1.06	0.98	0.87	
-0.23	-0.23	-0.21	-0.25	-0.22	-0.24	-0.26	-0.20	-0.24	-0.18	-0.23	-0.27	
TEMPERATURAS												
26.20	25.53	26.18	26.45	28.23	28.73	28.85	29.03	28.85	28.68	27.53	26.45	
SALINIDAD EN %												
35.63	35.67	35.73	36.00	35.57	35.58	35.73	35.27	35.87	35.53	35.58	35.40	
AMPLITUD MEDIA (m)												
0.19	0.10	0.10	0.20	0.18	0.17	0.18	0.16	0.19	0.18	0.18	0.18	

A: Los niveles de marea del primer renglón están en pies, el segundo en m y el tercero está referido al nivel del mar en m.

FUENTE : ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM.
ELABORO: MARIO GOMEZ RAMIREZ, 1996.

5.2 Aspectos socioeconómicos de la isla Cozumel

5.2.1 Medio socioeconómico

Una clara visión sobre las actividades económicas y la forma como se aprovecha el entorno natural, se obtuvo del análisis informativo contenido en el Anuario Estadístico del Estado de Quintana Roo (1994), así como de datos del XI Censo General de Población y Vivienda (INEGI, 1990.)

Según la consulta y resultados del Censo, el municipio de Cozumel alberga una población total de 44,903 habitantes, que a nivel estatal representa el 9% de la población absoluta.

De esta población, 16,614 personas tienen ocupación laborando en los siguientes rubros: 1,472 en el sector primario (agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca), 2,564 en el sector secundario (minería, industria manufacturera, generación de energía eléctrica y construcción), 11,545 en el sector terciario (comercio y servicios), y 1033 no especificada. Esto indica que un 70% de la población ocupada se emplea en actividades comerciales y de servicios .

Como ya se mencionó en el capítulo 2, los atractivos naturales que privilegian a Cozumel (playas, mar , flora y fauna) y caracterizan a la región, lo hacen un destino turístico y centro de desarrollo, que atrae a inversionistas mexicanos y extranjeros.

En los últimos 10 años, la hotelería ha experimentado un gran incremento. Así, en 1994 los establecimientos de hospedaje temporal en el municipio de Cozumel fueron 37, de los cuales 8 establecimientos se reportaron de cinco estrellas, 9 de cuatro estrellas, 8 de tres estrellas, 3 de dos estrellas, 5 de una estrella y 4 para la clase económica. Los cuartos de hotel en el municipio de Cozumel se elevaron a 3, 435 , de los cuales 1, 812 son para hospedaje de cinco estrellas, 483 para cuatro estrellas, 690 para tres estrellas, 188 para dos estrellas, 194 para una estrella y 68 para la clase económica baja.

Estos datos indican que un 67.6 % de la infraestructura turística esta enfoca al gran turismo, que puede gastar fuertes cantidades de dinero, como es el caso del turista extranjero.

Hacia 1994 se reportaron 157, 691 turistas extranjeros contra 26, 806 turistas nacionales. De 184, 497 turistas que arribaron a Cozumel en ese año, el 85% fueron extranjeros.

Dentro del sector terciario, la población ocupada laboró principalmente en servicios de restaurantes y hoteles, alcanzando una cifra de 3,545 empleados. Asimismo, la demanda para el emplazamiento de hoteles utilizó en 1990 un total de 1, 534 obreros de la construcción.

Con el incremento de los desarrollos turísticos, también aumentaron las actividades comerciales, empleándose en este sector cerca de 2,674 personas. Con el desarrollo portuario y la construcción de muelles turísticos para embarcaciones de gran tamaño como son los cruceros se espera mayor número de arribos y con ello, un incremento de turistas y mayor demanda comercial y de servicios. **Ver fotos V.1 y V.2.** En 1994 la extensión de las obras portuarias de atraque fue de 1, 665 metros lineales(INEGI, Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1995).

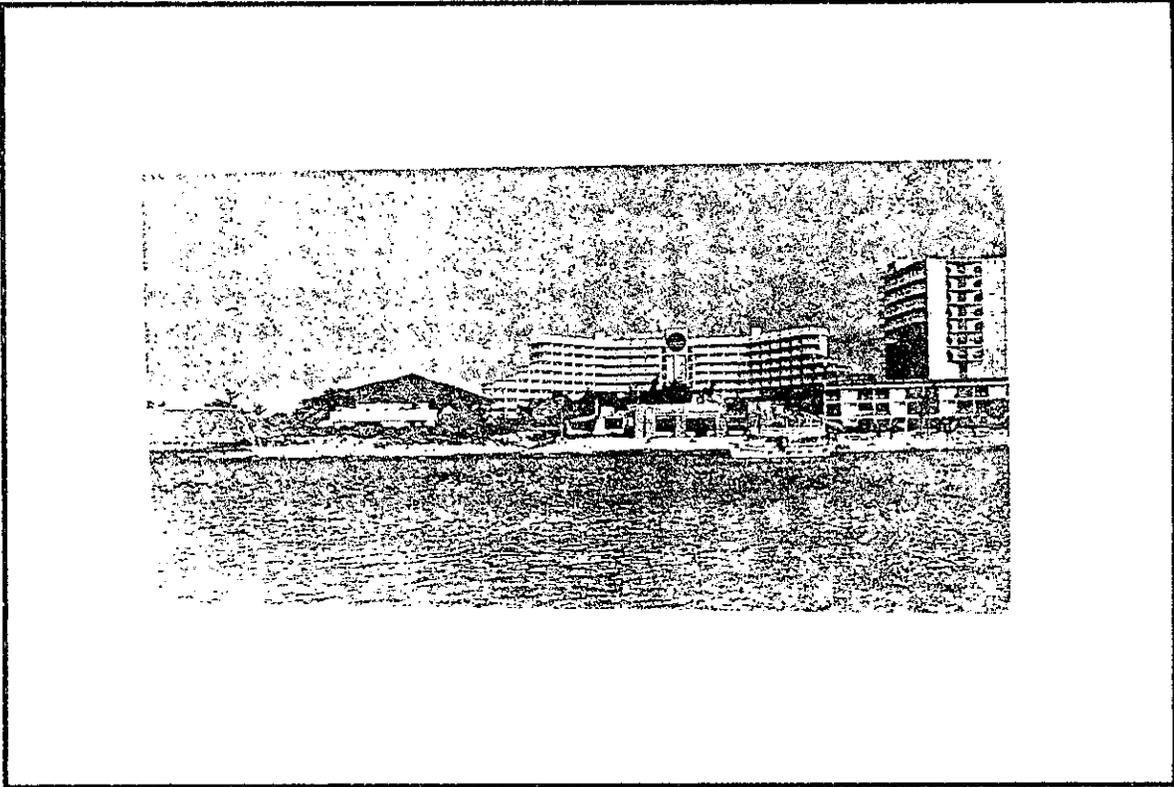


Foto.V.1.

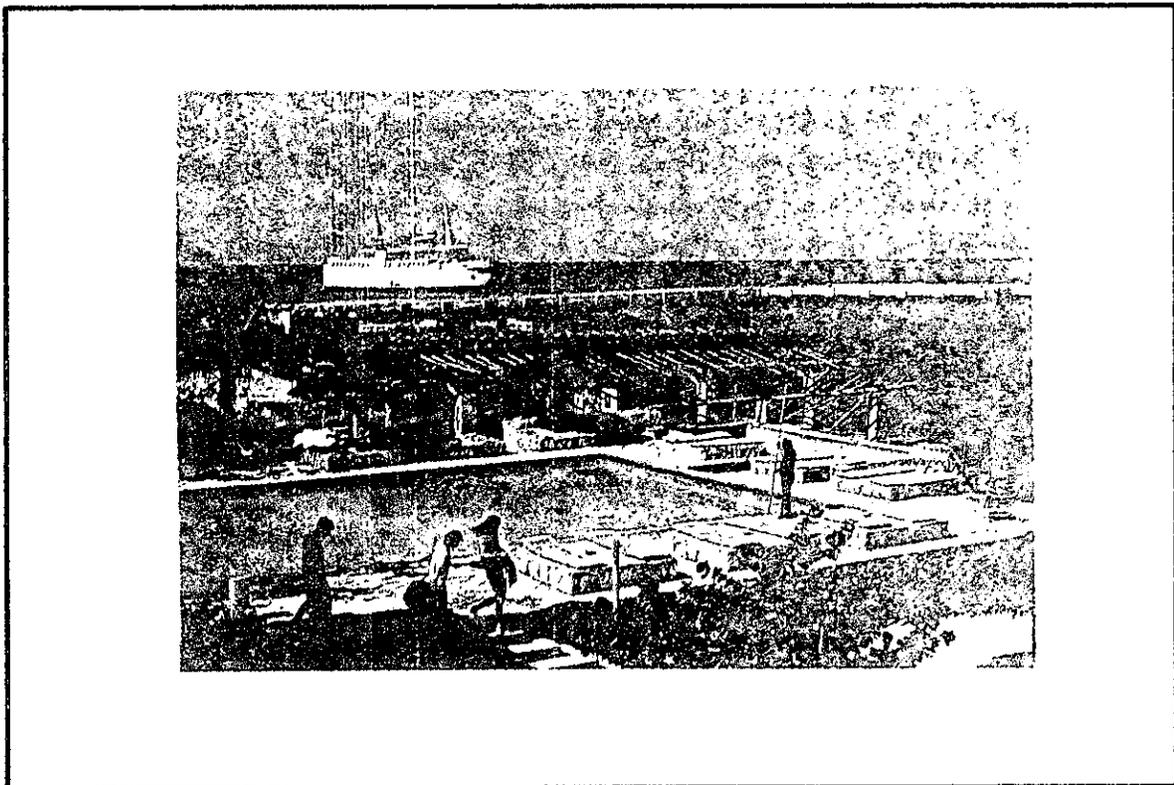


Foto V.2.

GRANDES COMPLEJOS TURISTICOS SE HAN DESARROLLADO EN COZUMEL
AL FONDO SE OBSERVA EL MUELLE TURISTICO PARA CRUCEROS.

5.2.2 Características de las aguas residuales de isla Cozumel.

Según datos aportados por la Secretaria de Marina (1978), para conocer los aportes de aguas residuales provenientes de la Isla Cozumel, dividieron la costa occidental en 3 secciones; la zona sur, comprendida entre el estero de Palancar y el límite sur de la ciudad; la zona centro que engloba la parte urbana y comercial; y la zona norte, que incluye los hoteles de esa porción isleña, obteniendo los siguientes resultados:

Temperatura. En los drenes comprendidos en las tres zonas, se detectaron temperaturas entre 28.2° C y los 28.6C° .

Potencial hidrógeno (ph), el valor promedio de los 3 sectores fue de 8.1 y las pequeñas variaciones se deben a la composición del líquido en el punto de salida.

Oxígeno Disuelto, los valores en los 3 sectores son altos, con un promedio de 6.4 mg/l presentándose 4.5 mg/l como valor promedio menor en la zona centro, debido al fenómeno de descargas de aguas residuales provenientes de la zona urbana.

Grasas y aceites, los valores más altos corresponden a la zona centro y son causados por la mezcla de descargas de la zona urbana, y los vertimientos de aceites y combustibles de embarcaciones turísticas y pesqueras que fondean en esa zona. El promedio de la zona centro fue de 50 mg/l, y gracias a la fuerte corriente costera, dicho valor rápidamente disminuye. Y en la zona norte se encontraron valores de 10 mg/l, o menores.

Nitrógeno (nitratos N03), el valor máximo se encontró en la zona centro, debido a los factores antes mencionados.

Fosfatos, el valor máximo se tuvo en la zona centro y presumiblemente es debido al aporte de aguas residuales no tratadas y con fuertes cantidades de detergentes.

Transparencia, además de su atractivo estético, la transparencia de las aguas es un claro indicador de la escasa degradación del medio acuático, ello ocurre en las 3 zonas.

Análisis bacteriológico, la estimación de el NMP(número mas probable) /100ml. de coliformes y totales fecales de los afluentes que descargan en las aguas marinas, es bajo con promedio de 750 NMP/ml, el cual rápidamente disminuye por la acción corriente costera.

Sólidos sedimentables, los valores fueron relativamente bajos en las tres zonas, esto quizás debido a la existencia de fosas sépticas en la zona hotelera y parte de la urbana. Los valores máximos de 6.8 mg/l se obtuvieron en la zona centro.

Índice de calidad del agua, el I.C.A, para el área de Cozumel, fue de 0.95, esto significa que las aguas frente a la isla ostentan condiciones más que excelentes para su uso turístico. El aumento o disminución en el valor de un parámetro, afecta en forma inversa el resultado de la fórmula, de ahí que a valores de 0.90 se considere

como buena, de 0.1, mala y de 0.01, pésima o inaceptable para el uso humano, el valor 1 se le asigna a las aguas que teóricamente mantienen equilibrio estable y natural de esos parámetros.

5.3. El ambiente marino arrecifal

La isla Cozumel ostenta una gran riqueza marina, representada por los arrecifes de coral que la bordean, situándose los mas desarrollados, abundantes, exhuberantes y con formaciones colosales en la costa occidental. **Ver mapa No.2.**

Según Fenner (1988), el ámbito marino de sotavento en la isla Cozumel alberga tres tipos morfológicos o estructurales importantes: arrecifes barrera, arrecifes parche y arrecifes de franja o de borde. **Figura V.5.**

Dado que la región se ubica en la zona maya, algunos arrecifes han retomado en lengua maya sus toponimias, dentro de ellas tenemos; Chankanaab (pequeño mar), Dzul-Ha (el gran señor o el mas importante) y Tunich (piedra). La diversidad de especies y cobertura se incrementa con la profundidad y a partir de los 10 m hasta los 25 m su apariencia es exhuberante.

5.3.1. Principales tipos de Arrecife

5.3.1.1. Arrecifes de Barrera

Estos arrecifes son estructuras lineales, y distantes a la costa, que se extienden paralelamente al litoral y surgen de plataformas salientes sumergidas; el agua aprisionada entre la costa y el arrecife se denomina laguna.

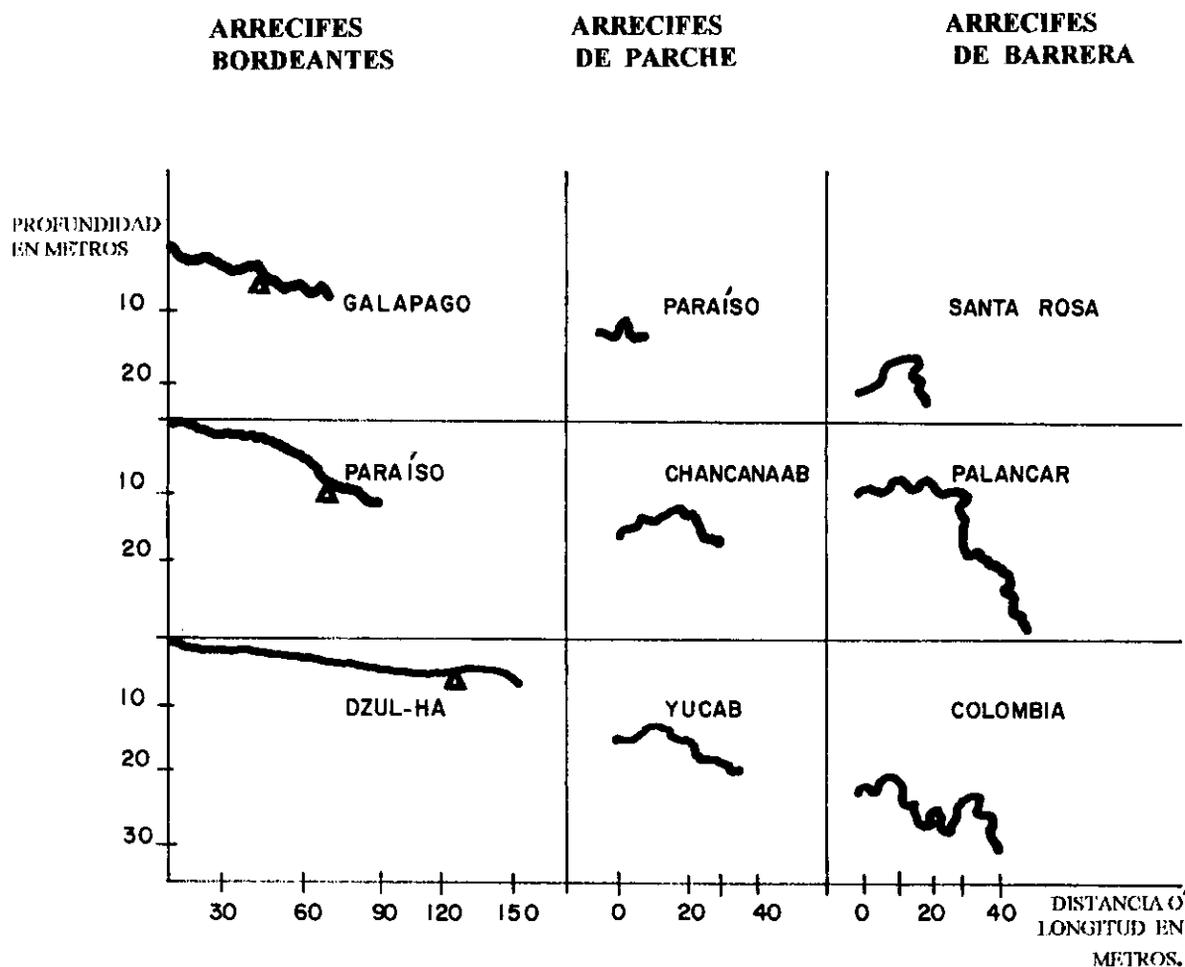
Se localizan en la plataforma extendida a lo ancho de un kilómetro de la costa en la parte suroeste, entre los 20° 15' y 87° 2' W, y los 20° y 23' N y 87° 2' W. Estos arrecifes son los mas profundos y largos, se ubican en la orilla del cantil que tiene inclinación de 45 grados. Los arrecifes son casi continuos, e inician desde 3 a 5 metros de profundidad, alcanzando fondos mayores a 100 metros.

Se observan cavernas, salientes y túneles; y algunas veces, las formaciones coralinas se interrumpen por canales de arena que atraviezan el arrecife desde el arenal hasta el cantil. En Santa Rosa los arrecifes forman paredes verticales. Dentro de los principales arrecifes barrera tenemos a : Santa Rosa, Palancar, Colombia, Punta Sur, Maracaibo, Yucab, Punta Tunich, Chunchacab y Villa Blanca.

FIGURA N.º.V.5. PERFILES ARRECIFALES DE COZUMEL.

LOS PERFILES ESTAN ORDENADOS POR CATEGORÍA Y DE NORTE A SUR, ASÍ COMO DE LOS BAJOS A LOS MAS PROFUNDOS. LOS PEQUEÑOS TRIÁNGULOS INDICAN PRESENCIA DE ROCA .LOS ARRECIFES DE ORILLA O BORDEANTES, TIENEN LA DISTANCIA DESDE LA LÍNEA DE COSTA.

FUENTE : DOUGLAS FENNER, 1988.



Dentro de este tipo de arrecife se distinguen 4 zonas:

1) De tope, que albergan principalmente esponjas y especies coralinas como *Porites porites*, *A. agaricities*, *Montrastea anularis*, *Meandrina meandrites*. **Ver fotos V.3, V.4 y V.5.**

2) De pendientes, con especies como: *A. agaricities*, *Montrastea cavernosa* y *Helosris cucullata* y *Diploria strigosa*. **Foto V.6.**

3) De pendientes profundas (20 a 30 m), con especies como *Porites*, algas y esponjas .

4) De salientes o de techo, con especies como: *Porites porites*, algas y esponjas.

5.3.1.2. Arrecifes de Borde o de Franja.

Este tipo de arrecifes ocupan ambientes cercanos a la costa y su óptimo desarrollo es a lo largo de la costa isleña con roca caliza expuesta, en la que existe un sustrato firme. Su distribución hacia la orilla los hace susceptibles a las actividades propias de las costa, resistiendo mayor presión respecto a los otros tipos estructurales de arrecife. Estos arrecifes de borde frecuentemente son enchapados, compuestos de organismos que cubren materiales duros no pertenecientes al arrecife .

El arrecife de borde se localiza al sur del pueblo San Miguel hasta punta Tunich, entre los 20° 26' N, 87° 00' W a los 20° 30' N, 86° 59' W. En esta área la orilla consiste de roca coralina intemperizada, y sumergida verticalmente a profundidad de 0.5 a 3m. El ángulo es menos inclinado, la superficie es lisa y cubierta por arena. Entre los 5 y los 9m la roca desaparece bajo una capa de arena que se extiende hasta la orilla del cantil. Al sur de la ciudad, la roca coralina se sumerge bruscamente a 2 y 3m de fondo escasos corales se adhieren a la roca lisa.

El arrecife Paraíso lo forman corales duros y abanicos de mar a menos de 1.5m de profundidad. Las colonias de coral son comunes en la orilla, encontrándose principalmente las siguientes especies: *Acropora palmata*, *Montrastea. anularis*, *Agaricia agaricities* y *Millepora. alcicornis* . **Foto V.7 y V.8.**

5.3.1.3. Arrecifes Parche.

Estos arrecifes se asocian con aguas someras y consisten en parches aislados o discontinuos de corales de borde.

Se localizan en la plataforma entre los 20° 26' N, 87° W y los 20° 20' N, 86° 59' W. Son paralelos a la playa y se alzan de 2 a 3 m en la superficie arenosa. Miden de 4 a

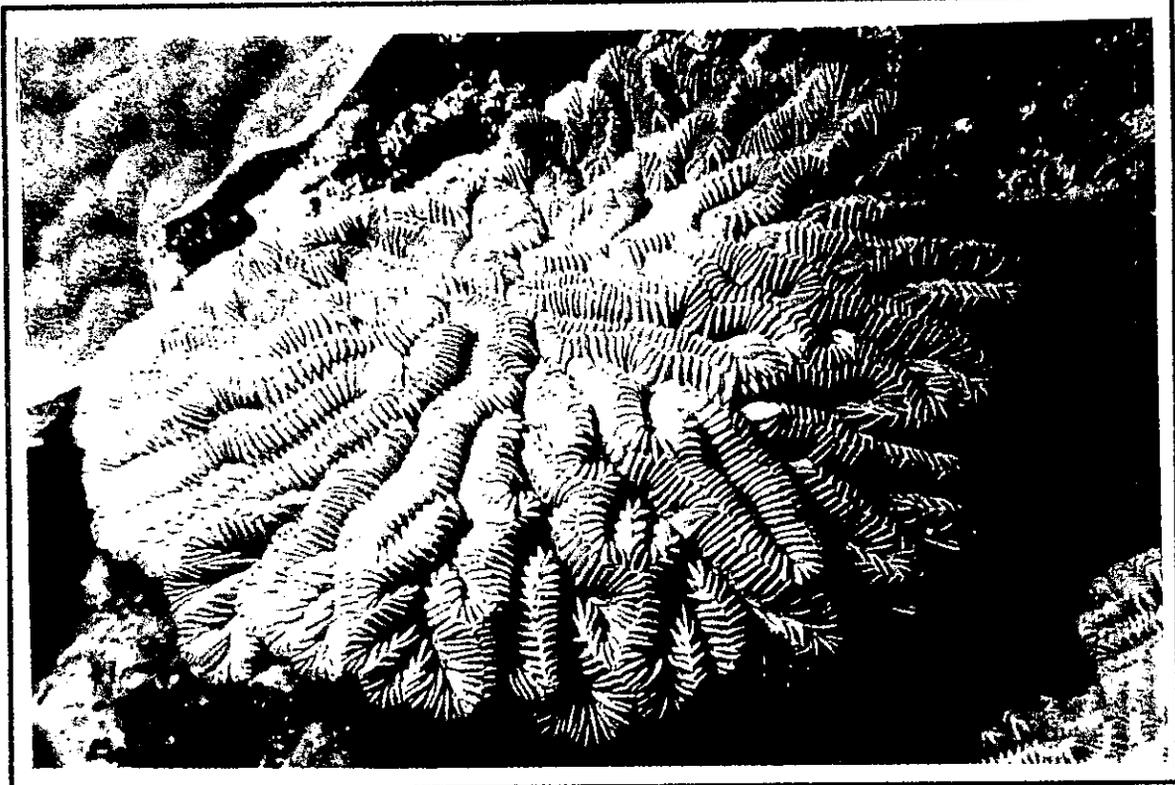


Foto. V.3
COLONIA CORALINA DE *Meandrina meandrites*.

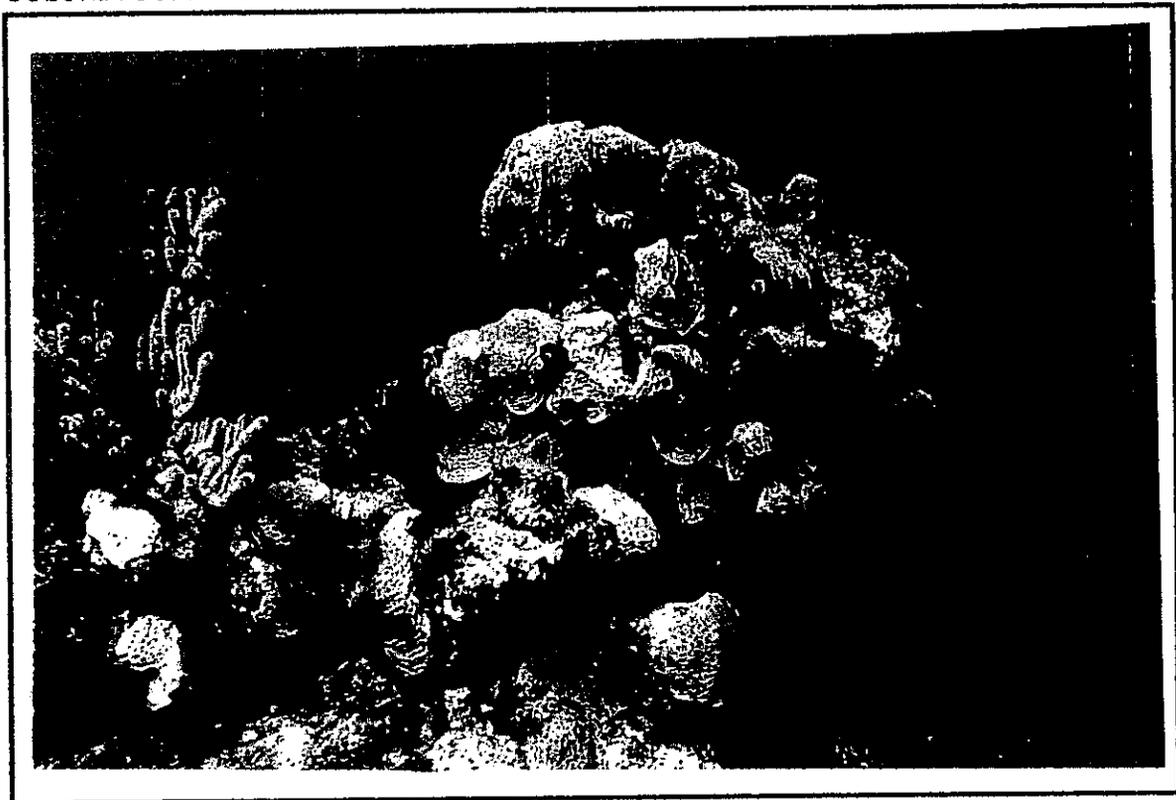


Foto V.4.
COLONIA CORALINA DE *Agarcia agaricities*.

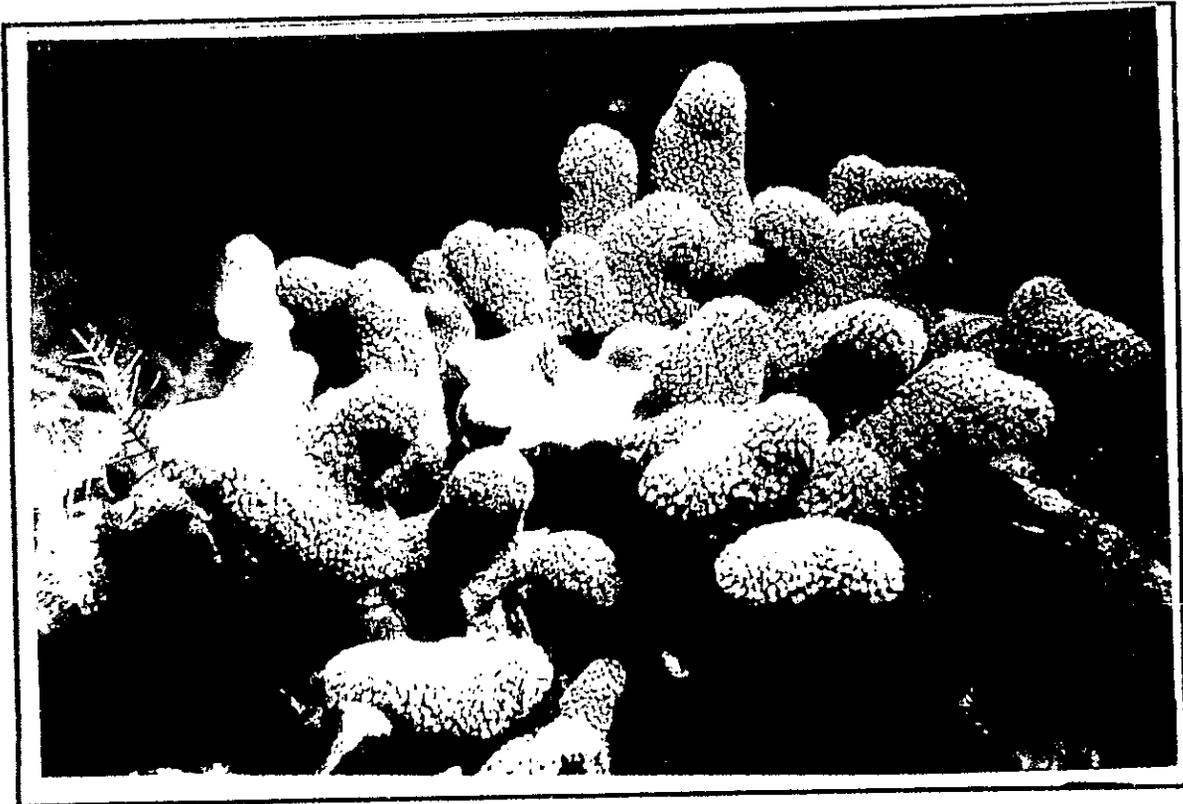


Foto.V.5
COLONIA CORALINA DE *Porites porites*.



Foto V 6
COLONIA CORALINA DE *Diploria strigosa*

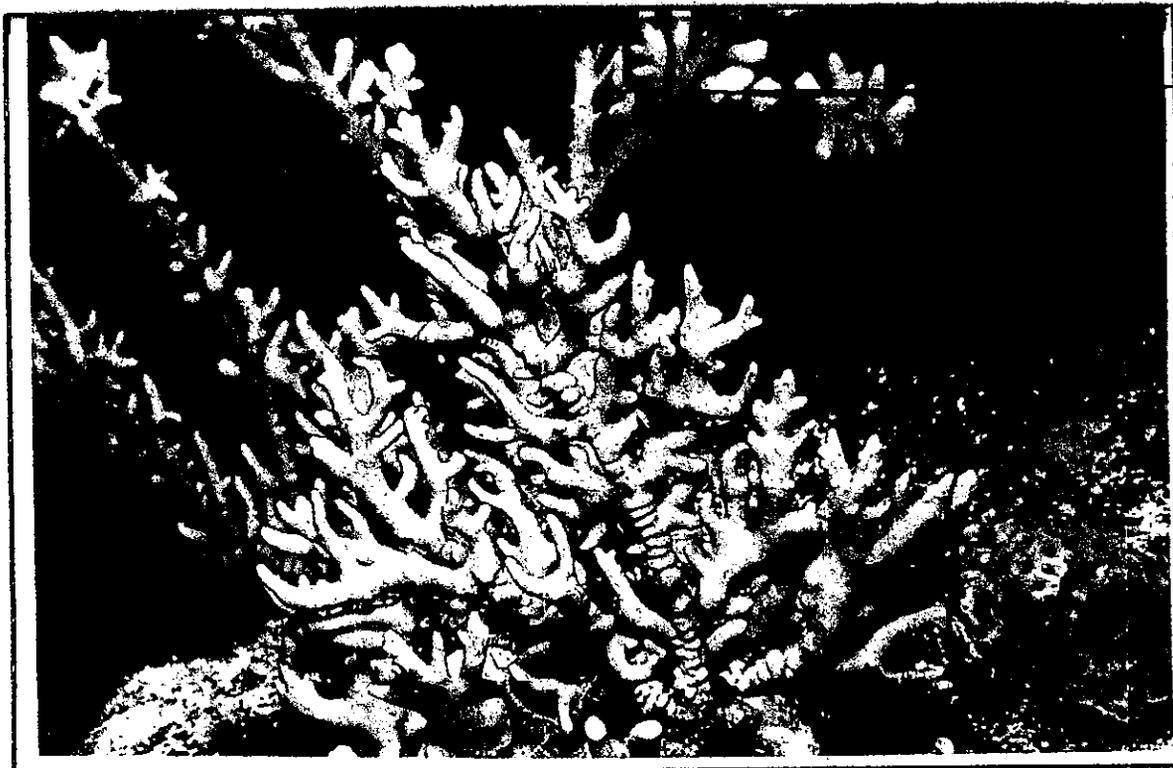


Foto.V.7
COLONIA CORALINA DE *Miipora alcicornis*



Foto V.8
LA COLONIA CORALINA PRESENTA MOSAICOS COLORIDOS

30m de ancho. Algunos como Chankanaab consisten en líneas de parches ovalados separados por arena. En el lado oeste de estos arrecifes se observan salientes de 1m. Las corrientes son similares a la del cantil (dominan al norte). La especie más común es *Agaricia agaricites*.

A este tipo de arrecifes pertenecen; Chankanaab, Yucab, Tunich, Paraíso, San Francisco y Colombia bajo. En total el sistema arrecifal reúne 36 especies y 11 formas de corales duros o escleractinios, así como 2 formas de hidrocorales. **Tabla V.11.**

Tabla V.11 Número de especies hermatípicas coralinas.

ESPECIES	FRECUENCIA	ESPECIES	FRECUENCIA
<i>Stephanocoenia intercepta</i>	4	<i>Rhizosmilia maculata</i>	4+
<i>Madracis decatis forma típica</i>	3	<i>Meandrina meandrites</i>	3
<i>forma mirabilis</i>	3	<i>Dichoenia stokesi</i>	3
<i>Madracis pharensis forma paharencis</i>	5	<i>Dendrogyra cylindrus</i>	3
<i>Acropora palmata</i>	2	<i>Mussa angulosa</i>	5
<i>Acropora cervicornis</i>	4	<i>Scolymia lacera lacera forma típica</i>	4
<i>Agaricia agaricities forma masiva</i>	2	<i>forma cubensis</i>	5
<i>forma bifaciata</i>	1	<i>Isophyllia sinuosa forma típica</i>	3
<i>forma unifaciata</i>	2	<i>forma rígida</i>	2
<i>Helioseria cucullata</i>	2	<i>Mycetohyllia lamarckiana forma típica</i>	3
<i>Siderastrea radians forma radians</i>	3	<i>forma ferox</i>	4
<i>forma seiderea</i>	1	<i>forma alicia</i>	4
<i>Pontes potites forma típica</i>	2	<i>forma danaana</i>	2
<i>forma furcata</i>	2	<i>Thalamophyllia riisei</i>	4+
<i>forma divaricata</i>	3	<i>Eusmilia fastigiata forma típica</i>	2
<i>Pontes astreoides</i>	2	<i>Balanophyllia sp.1</i>	4+
<i>Pontes branneri</i>	4	<i>Balanophyllia sp.2</i>	5+
<i>Favia fragum</i>	3	<i>Leptopsammia sp.</i>	5+
<i>Diploria strigosa</i>	3	<i>Phaceloyathus flos</i>	5+
<i>Diploria clivosa</i>	3	<i>Paracyathus pulcheilus</i>	5+
<i>Diploria labyrinthiformis</i>	3	<i>Millepora alcicornis forma alcicornis</i>	2#
<i>Manicina aerolata</i>	3	<i>forma coplanata</i>	1#
<i>Colpohyllia natans</i>	3	<i>forma squarro</i>	3#
<i>Montrastea annularis</i>	1	<i>Stylaster roseus</i>	3#+
<i>Montrastea cavemosa</i>	2		
<i>Colagnia immersa</i>	4+		
<i>Colagnia sp.</i>	5+		

+ hermatípicos

hidrocorales (Fenner, 1988).

5.3.2 Riqueza biológica de la comunidad arrecifal

Además de corales, la comunidad arrecifal de Cozumel agrupa organismos estrechamente asociados, identificándose el siguientes número de especies, según Fenner, (1988).

- 20 especies planctónicas (copépodos, decápodos, clorophytas, etc..)
- 221 especies de ictiofauna
- 3 especies de quelonios
- Mamíferos (delfines).
- Invertebrados:
- Esponjas (Porífera)
- Medusa y anémonas (Cnidarios y Ctenóforos)
- Gusanos planos (Platelmintos) y segmentados (anélidos)
- Crustáceos (Artrópodos)
- Moluscos
- Equinodermos
- Tunicados

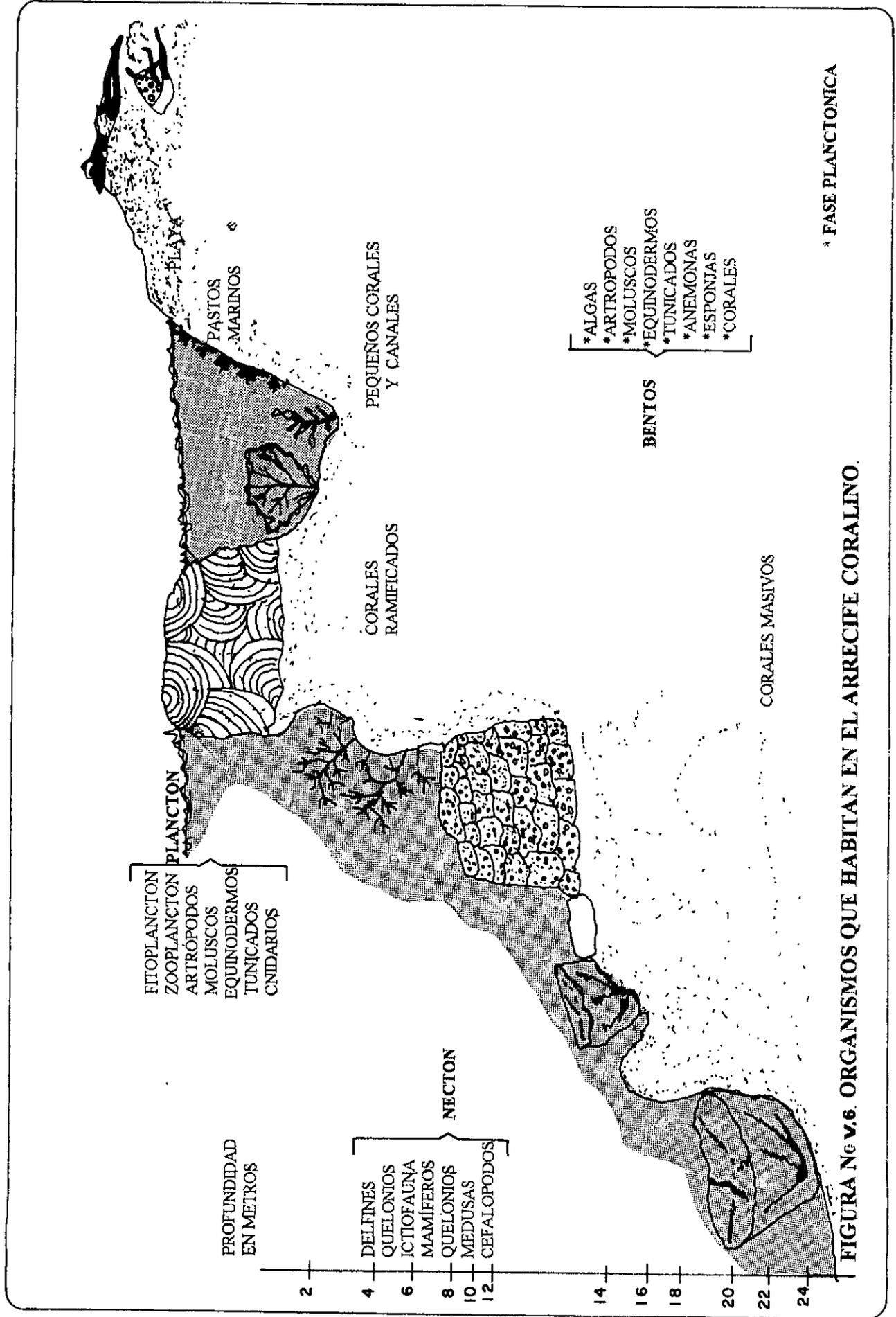
Plancton.

El plancton lo conforman organismos microscópicos que nadan libremente en el agua y son de tipo vegetal (fitoplancton) y animal (zooplancton). El fitoplancton está compuesto por enorme cantidades de diatomeas y algas microscópicas.

El zooplancton virtualmente incluye representantes de todos los grupos de animales, tanto adultos como etapas diversas del desarrollo **Figura V.6**. Algunas especies pasan toda la vida en el plancton, mientras que larvas de otras especies entran y salen del plancton en diversos momentos durante el curso de su desarrollo. El plancton ostenta importancia básica para el ecosistema arrecifal, ya que es el factor iniciador de la cadena trófica.

Esponjas (Porifera)

Es fauna acuática sésil y por lo común habita los sustratos duros. Son organismos primitivos, su cuerpo está constituido por un saco tapizado de células flageladas que tienen función digestiva. Son organismos filtradores que provocan corrientes de agua



* FASE PLANCTONICA

FIGURA N° 6. ORGANISMOS QUE HABITAN EN EL ARRECIFE CORALINO.

de las que toman el alimento y el oxígeno. Son el hábitat de algunas especies como los cangrejos, pulpos, ofiuroideos, etc. Entre las especies, representativas de las esponjas figuran: *Agelas schmidti*, *Spinoseella plícifera*, *Mycale horridus* y *Tedania ignis* entre otras muchas (SEDUE, 1985 y Lexis 22, 1976).

Cnidarios y ctenóforos

Su cuerpo en forma de saco con una sola abertura rodeada de tentáculos que hace la función de ano y boca. Carecen de aparato circulatorio y secretor. Su sistema nervioso es muy sencillo. Como característica exclusiva, presentan en los tentáculos células urticantes, llamadas cnidoblastos.

Pueden tener forma pólipo o medusa, o ambos. Son marinos y depredadores. El tipo se subdivide en tres clases: hidrozoos, escifozoos y antozoos.

Gusanos planos

Son metazoarios aplanados con simetría bilateral, con dimensiones desde menos de un milímetro hasta muchos metros. Entre las especies de gusanos del mar Caribe destacan: *Sabela sp*, *Hydroides elegans*, *Hydroides crucigena*, *Loimia medusa*, *Chlocia viridis*, *Hermenia verruculosa* y *Eunice Schemacephala* entre otras.

Moluscos

Constituye uno de los más grandes grupos de animales. Se caracterizan por la presencia de un pie muscular, una concha calcárea secretada por el integumento subyacente llamado manto, y un órgano de alimentación o rádula. La rádula es una tira de dientes quitinosos recurvados que se encuentran sobre una base del cartílago, funciona como raspador que ayuda a la alimentación, por evolución proceden de los anélidos.

Este tipo incluye las siguientes clases: aplacóforos, polioplacóforos, monoplacóforos, gasterópodos, escafópodos, bivalvos y cefalópodos; con las siguientes especies: *Chiton tuberculatos*, *Arca imbricata*, *Modiolus americanus*, *Atrina serrata*, *Rossia antillensis*, *Spirula spirula*, *Diodora listeri*, *Astraea tecta*, *Nerita peloronta*, *Testarius muricatus*, *Cyprae*, *Macoma sp*, *Oliva*, *Dentalium dentalis*, *Nautilus sp*, *Octopus sp.* y *Iuligo vulgaris Strombus gigas*, entre otros muchos. (SEDUE, 1985).

Equinodermos

El filo *Echinodermata* se caracteriza por tener simetría radial pentámera, un endoesqueleto calcáreo, osículos espinosos en todo el cuerpo y en la parte posterior del mismo un sistema llamado ambulacrales que asemeja pies que terminan en forma de una ventosa al animal le sirven para adherirse o trasladarse.

Están representados por las siguientes clases:

- Crinoideos: llamados lirios de mar por su parecido a tales las flores, como ejemplo tenemos: *Analcidometra armata*, *Nemaster discoidea*.
- Holotúridos (cohombros o pepinos de mar), animales de forma cilíndrica ejemplo, *Holoturia mexicana*, *H. grisea*, *H. impatientis* entre otras.
- Asteroideos (estrellas de mar) pentagonales o en forma de estrella con cinco o más brazos, ejemplo, *Asterina folium*, *A. articulatis*, *A. duplicatus* y *Echinaster spinulosus*.
- Ofiuroideos: estrellas serpientes con cinco brazos delgados y flexibles, que coinciden en un disco central, como ejemplo esta la *Ophiura sp*, *Ophiothrix sp*.
- Equinoideos (erizos de mar) tienen forma variada, muy a menudo semiesferoidal y una sólida coraza dotada de numerosas espículas, ejemplos: *Echinometra oblonga*, *Encope emarginata*, *Moira atropos* y *Clypeaster rosaceus*, (Lexis 22, 1976 y SEDUE, 1985).

Tunicados

Son organismos cordados revestidos de celulosa llamada túnica, donde se presentan todas sus células. Se dividen en 4 clases: Sorberáceos, Taliáceos y larváceos. *Eura albicans*, *Pyrosoma atlanticum*, *Holocynthia papillosa* y *Sobera unigonas* entre otras.

Crustáceos

Son artrópodos con dos pares de antenas, un par de mandíbulas y con respiración branquial en formas mayores, cutánea en menores. Tienen el cuerpo dividido en dos partes, cefalotórax y abdomen, recubiertos por un caparazón quitinoso que sufre mudas. Su tamaño varía desde microscópico hasta 0,5m. Conforman este grupo las siguientes clases: Braquiópodos, Cefalocáridos, Ostrácodos, Copépodos, Branquiuros, Cirrípedos, Filocáridos, Hoplocáridos. En Cozumel encontramos las siguientes especies: *Percebes sp*, *Anilocra sp*, *Mysidium sp*, *Alpheus armatus*, *Synalpheus minus*, *S. brevicarpus*, *S. longicarpus*, *Paniluris argus* y *Scyllarides nodifer* entre otros muchos (SEDUE, 1985).

Quelonios

Son los reptiles actuales más primitivos, se caracterizan por tener cuerpo corto y ancho. Las extremidades pentadáctilas de algunas formas se han transformado en aletas de otras. La boca tiene aspecto de pico y carece de dientes, sustituido por espinas córneas masticatorias. Lo más sobresaliente de estos animales es el caparazón que rodea su cuerpo; tiene un peto y un espaldar. Son organismos longevos que llegan a vivir más de 200 años. A este orden pertenecen mas de 250 especies conocidas como tortugas y galápagos. En la Isla de Cozumel predominan la tortuga cahuama (*Carreta, carreta*) y la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), (SEDESOL, 1993).

Mamíferos

El arrecife coralino de Cozumel es transitado por manadas de delfines pertenecientes al grupo de los cetáceos odontocetos. Miden de 2 a 2.5m de longitud y pesan aproximadamente 115 Kg. Su parte dorsal es oscura y la ventral blanca. Tienen cabeza pequeña y hocico prominente en forma de pico. Es excelente nadador alcanzando velocidades de hasta 50 km/h. Viven en grupos. Ejemplo: delfín común (*Delphinus, delphis*). **Foto V.9.**

Ictiofauna

En la isla los peces son el grupo faunísticos mas rico, diverso y atractivo en especies marinas. Es sorprendente la fauna multicolor y gran variedad de organismos en tamaño y forma. Aquí no solo se aprecian especies caribeñas, sino también endémicas como es el *Diodon holocanthus*, mejor conocido como pez sapo.

Por citar algunas especies mencionamos a los mas comunes: el lora (*Sparisoma viride*), mero (*Epinephelus fulvus*), morena verde (*Gymnothorax funebris*), raya eléctrica (*Harcine brasiliensis*), barracuda (*Sphyraena barracuda*), cherna (*Ephinephelus nigritus*), pez trompeta (*Aulostomus maculatus*), pez ángel (*Holocentrus ciliaris*), pez ardilla (*Holocentrus rufus*), besador azul (*Chromis Cyaneus*), pez gallito (*Balistes capriscus*) damicela (*Eupomacentrus partitus*) y el pez cofre (*Lactophrys triqueter*) y otros muchos (HUMAN, 1993). **Fotos V.10, V.11 y V.12..**

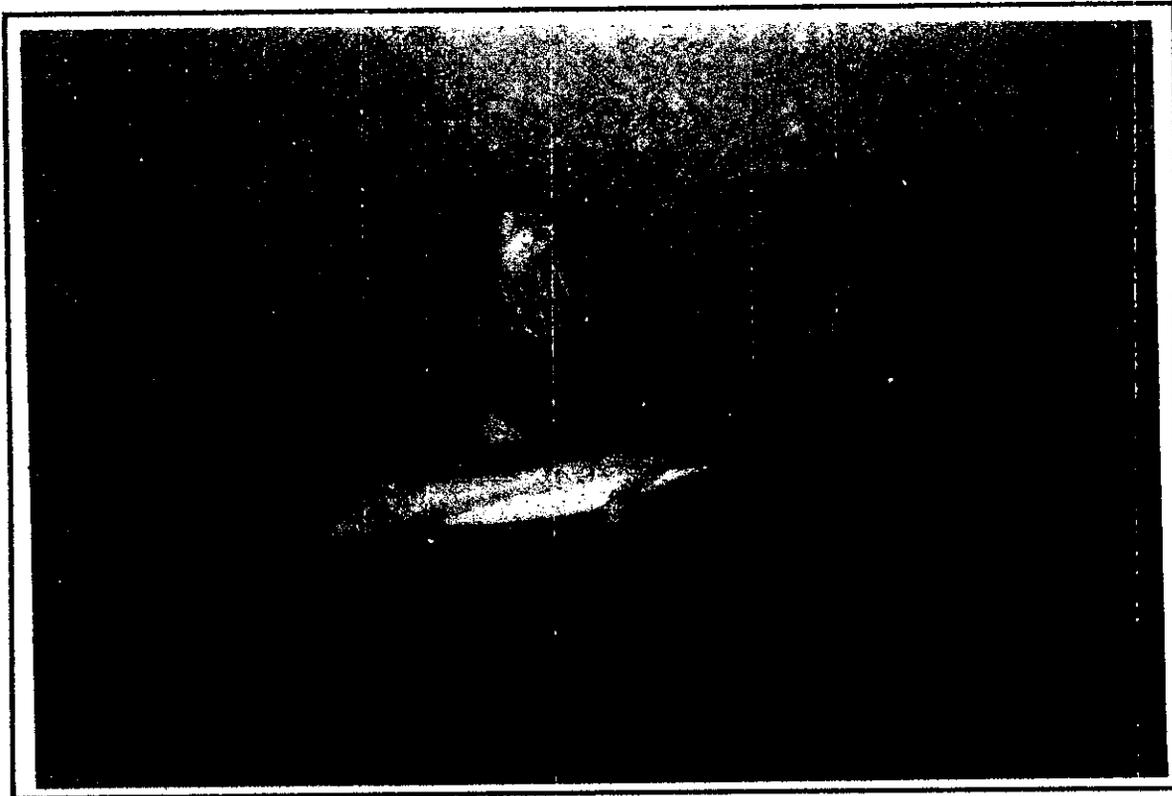


Foto. V.9
DELFIN COMUN, *Delphinus delphis*. EN LOS MESES DE DICIEMBRE A FEBRERO SE OBSERVAN MANADAS QUE CRUZAN LOS ARRECIFES.

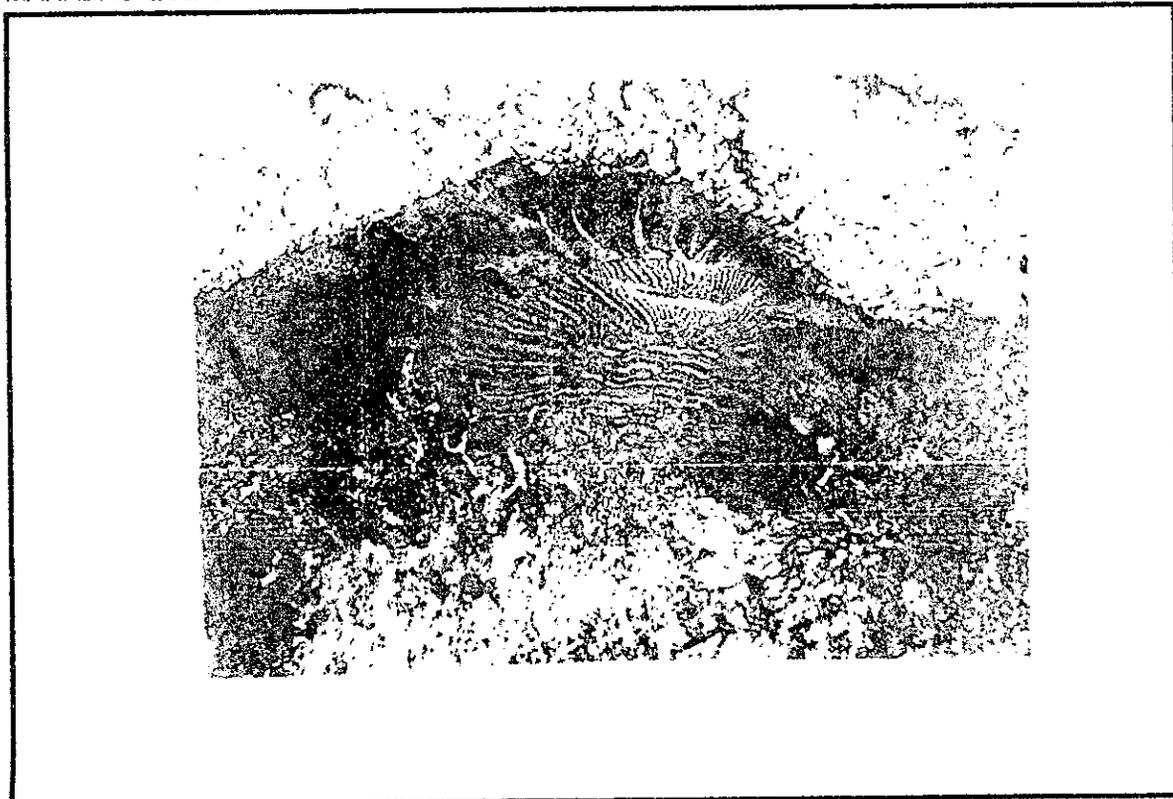


Foto V.10.
PEZ SAPO, *Sanapus splendidus* ESPECIE ENDEMICA QUE HABITA EN LOS ARRECIFES DE COZUMEL.



Foto.V 11
MORENA MOTEADA, *Muraena miliaris* , ESPECIE TIPICA DE COZUMEL.

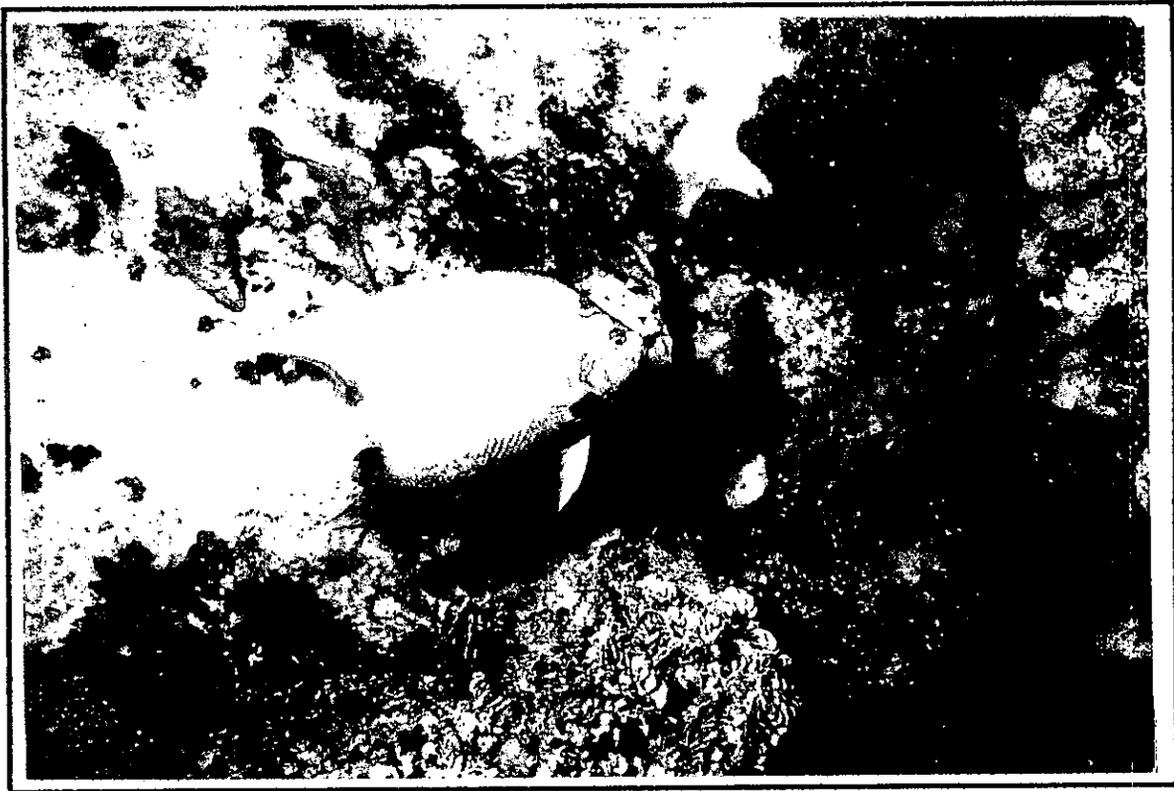


Foto.V.12
PEZ ANGEL, *holocanthus ciliaris*. LOS PECES ARRECIFALES SE CARACTERIZAN POR SU GRAN
COLORIDO.

CAPITULO 6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LOS ARRECIFES CORALINOS

6.1 Método de identificación y evaluación

En este trabajo el método elegido para la identificación y evaluación de impactos ecológicos es el establecido por Leopold, el cual frecuentemente se conoce como Matriz de Leopold (Estevan, 1980). Este es un método versátil que puede adaptarse a proyectos de diferente tipo.

La matriz está formada por dos componentes, uno corresponde a las acciones que causan efecto; y el otro, a los factores ambientales. Ambos factores al correlacionarse, permiten identificar cualquier caso en el que exista impacto. Para estructurar la matriz, es necesario determinar cuáles factores ambientales pueden o no afectar el área de estudio.

En el cuerpo matricial, las acciones identificadas como impactos ecológicos se describen en las columnas, mientras que los factores ambientales están referidos en los renglones. Cada columna (acción) se confronta con cada renglón (factor), para así analizar la relación acción-factor que puede desencadenarse.

Al efecto junto a las acciones contempladas también de manera implícita se consideraron los riesgos por accidentes y contingencias. Para el caso de elementos biológicos se tomó en cuenta a las especies de interés comercial y en estado crítico, los patrones de comportamiento, ciclos reproductivos, desplazamientos locales y dinámica de las poblaciones.

La construcción de la matriz corresponde a dos fases, en la primera se determina en qué casos existe un impacto al relacionarse las acciones con los factores; en casos para los que se prevé la ocurrencia de algún impacto, la casilla correspondiente a la relación en cuestión, se marca con una diagonal.

Una vez marcadas todas las casillas, se procede a completar la segunda fase de matriz, que consiste en calificar los impactos de acuerdo a dos factores numéricos.

El primer factor, colocado en el vértice superior izquierdo de cada casilla, alude tanto a la magnitud del impacto como a su importancia ecológica. Este factor numérico puede oscilar en escala del 1 al 10 y tener signo negativo (-) ó positivo (+), según la naturaleza del impacto.

El segundo factor numérico, colocado en la esquina inferior derecha de cada casilla, corresponde a la acción antropogénica, es decir, el significado que dicho impacto tendrá para el hombre. La importancia antropogénica al igual que la magnitud-importancia ecológica osciló en una escala del 1 al 10, aunque en este

caso no se otorga un signo, ya que se toma como valor absoluto. De esta manera, se procedió a evaluar los impactos recibidos que han afectado al sistema arrecifal coralino de Isla Cozumel.

Además de los valores numéricos asignados a los impactos, la matriz de identificación y evaluación, también caracteriza los siguientes rubros: Tipo de Impacto (Benéfico o Adverso), Modo de acción del impacto (Directo o Indirecto), Temporalidad del Impacto (Temporal o Permanente), Espacialidad del impacto (Local o Generalizado), Carácter del impacto (Mitigable o no Mitigable) y Valor de significancia (Bajo, Medio, Alto y Muy Alto).

Tipo de impacto, refiere a si el impacto ocasionado por actividades humanas se traducirá en beneficios o perjuicios a los elementos del ambiente, y qué relación guarda con los valores positivo y negativo de la matriz evaluativa. Así, el valor numérico global positivo, indicará un impacto benéfico y un valor numérico global negativo indica impacto de tipo adverso.

Modo de acción del impacto, revela cuándo una actividad dada, por sí misma impacta en forma primaria a un determinado elemento o elementos del ambiente, siendo en este caso un impacto directo; o bien, si el impacto sobre el ambiente se provoca secundariamente a consecuencia de un impacto primario, entonces el impacto es indirecto.

Temporalidad del impacto, concierne al espacio de tiempo en el cual se presenta el impacto. Se considera temporal cuando el impacto desaparece en cierto tiempo, por lo que es reversible, mientras un impacto es permanente al tornarse irreversible y por ende definitivo.

Espacialidad del impacto, consiste en la extensividad del impacto, mismo que es cuando la afectación se restringe al sitio o sitios en donde se ubica la fuente del impacto, así como en sus alrededores; y el impacto es generalizado cuando el sitio impactado se extiende sobre toda el área de influencia.

Carácter del impacto, se aplica únicamente a impactos de tipo adverso, y alude a que un impacto que puede reducirse con medidas de mitigación, catalogándose entonces como impacto mitigable; y cuando los daños no pueden disminuirse debido a la inexistencia de medidas aplicables, el impacto no es mitigable.

Valor de significancia, Es la valorización global del impacto, incluyendo su magnitud, repercusión ecológica y antropogénica. Este valor se dividió en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. Cada impacto se ubica en alguno de ellos acorde al análisis minucioso de la situación planteada.

Con base en los resultados que arroja la matriz de evaluación, enseguida se describen los impactos y explican sus características sobre cada bloque de factores ambientales, atendiendo al orden de importancia y magnitud (**Tabla VI.1**).

6.1.1. Impacto ocasionado por construcción de muelles

Las repercusiones negativas que puede ocasionar la construcción de muelles son muy variables, implicando desde daños reversibles y temporales, hasta irreversibles y totales. Por ello, debe planearse cuidadosamente la ubicación y dimensión exacta de muelles con respecto al arrecife (los arrecifes se sitúan aproximadamente a distancias de medio a cinco km. de longitud en la isla).

En el caso particular del muelle turístico para cruceros que actualmente se construye en inmediaciones del arrecife Paraíso, la presión a que estará sometida el área de los pequeños bolones será muy intensa afectando la diversidad de especies faunísticas que ahí habitan. Foto VI.1. Desde su inicio, la obra ha ocasionado procesos de sedimentación, turbidez, dragado, perforación y derrames de cemento, que están provocando el sepultamiento del fondo marino vivo.

Asimismo, al impacto sobre el área en construcción, se añadirá el impacto generado por maniobras y operación de embarcaciones que se manifiesta en el efecto de sombreado, derrame de sustancias, accionar de hélices, anclas y arrastre de cadenas. La severidad de este tipo de impactos en la comunidad coralina, está determinada por la intensidad de la deposición en el tiempo, y dada la duración de la obra, puede ser muy prolongado con altos efectos y a grandes distancias aún con cargas de sedimento relativamente pequeñas. El grado del efecto depende de varios factores y seguramente disminuye conforme la distancia sea mayor, pero cuando alcance un nivel crítico (que a su vez puede ser multifactorial), la mayor parte de la biota sésil morirá irremediablemente.

En cuanto a los impactos que causan la operación de buques, destaca el acelerado desplazamiento del agua por el empuje de hélices que remueven y levantan sedimentos del fondo, erosionando y cubriendo el sustrato en su área de influencia. En grandes embarcaciones como son los cruceros turísticos, incluso la potencia de los propulsores laterales es considerable (Jordán, 1994).

Para llevar a cabo la construcción del muelle turístico en inmediaciones del arrecife Paraíso, el Instituto Nacional de Ecología (INE) estableció como condicionante, el transplante de los organismos asentados en el fondo marino, por lo que buzos del Centro de Investigaciones Avanzadas del Politécnico Nacional (CINVESTAV/PN), procedieron a su extracción. El 3 de abril de 1995, videógrafos submarinos captaron la extirpación de estas colonias coralinas y esponjas, que fue realizada de manera poco ortodoxa, material después colocado en recipientes (cubetas) sin que hubiera separación de especies.

Cabe mencionar que como mecanismo de protección, los corales secretan una sustancia urticante, por lo cual el haberse depositado en un mismo recipiente sin las condiciones ambientales adecuadas para esta operación, provocó daños mutuos de especies.



FOTO VI.1.

EL NUEVO MUELLE PARA CRUCEROS TURISTICOS SE CONSTRUYE (1997) A UNA DISTANCIA DE 350 m DEL MUELLE ACTUAL Y A 150 M DE LA PRIMERA SECCION DE PARAISO. OBSERVESE LOS TRES BOLONES DE CORAL EN MEDIO DE LOS DOS MUELLES. LA FLORA Y FAUNA DE ESTE SITIO TENDRA POCAS ESPECTATIVAS DE SOBREVIVENCIA.

Este tipo de prácticas son de dudosa efectividad, independientemente del deterioro que causa a la zona de la cual se extraen las colonias

La construcción y operación de muelles es una actividad que genera fuerte impacto sobre el sistema coralino, ya que al levantar o vertir bastantes materiales en suspensión provoca aumento en la turbidez del agua, la cual causa graves daños a los productores primarios al inhibir su función fotosintética; este hecho también reduce la concentración de oxígeno disuelto, abate el crecimiento de corales, ocasiona la muerte de colonias madreporicas por enterramiento o sofocamiento, abate el potencial de crecimiento e inhibe el desarrollo larvario y la modificación de formas de crecimiento coralino (Johanes y Betzer, 1977).

Con base en los resultados de la matriz evaluativa de impactos. **Tabla VI.1**, se obtuvo la siguiente caracterización: Para el medio socioeconómico la construcción de muelles es un impacto benéfico, directo, permanente, generalizado con valor de alta significancia.

Respecto al medio natural, los valores negativos más altos se obtuvieron a causa de la construcción de muelles, en particular debido a procesos de sedimentación, derrame de cemento y sepultamiento. Este impacto se considera adverso, directo, permanente, puntual, no mitigable y de significancia muy alta.

6.1 2 . Impacto generado por el anclaje de cruceros marítimos

Por decreto federal, promulgado en junio 11 de 1980, quedó prohibido el anclaje de cualquier tipo de embarcación en el Refugio Ecológico Para la Flora y la Fauna Marina de Cozumel; particularmente, en las áreas coralinas (Secretaría de Pesca, 1980). Sin embargo, esta disposición no ha sido acatada por los cruceros marítimos que tiran sus anclas en las inmediaciones del arrecife. **Foto VI.2**.

El 28 de enero de 1994 se obtuvo una filmación submarina que evidencia claramente el daño causado por el arrastre del ancla perteneciente al crucero "Crown Jewel" sobre el área arrecifal denominada La Pared del Villa Blanca, resultando afectada una gran franja de 3 metros de ancho y aproximadamente 500 metros de longitud. Este arrastre por ancla destruyó todo el material vivo que encontró a su paso, observándose innumerables esponjas arrancadas desde su base, así como trozos de coral. (Tate, 1994).

El 20 de Abril de 1994, se reportó el daño que por arrastre, el ancla de un crucero ocasionó en la tercera sección del arrecife Paraíso, destruyendo más de 4m de altura del arrecife (Diario de Quintana Roo, 1994). **Ver foto VI.3**.

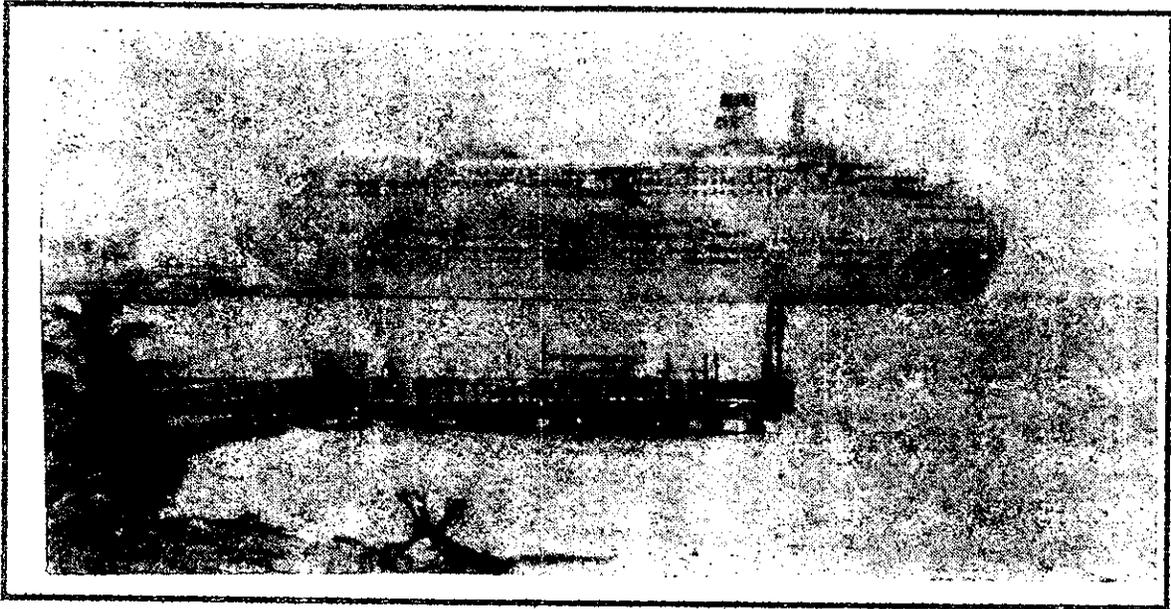


Foto.VI.2.
IMAGEN CAPTADA POR EL PERIODICO "TIEMPO DE COZUMEL" EL 17 DE MARZO DE 1994, DONDE SE OBSERVA COMO ALGUNOS CRUCEROS AL ACERCARSE AL MUELLE INTERNACIONAL DE LA ISLA, ARROJAN SUS ANCLAS EN LAS INMEDIACIONES DEL ARRECIFE "PARAISO".



Foto. VI.3.
DAÑO IRREVERSIBLE, OCASIONADO POR UNA PESADA ANCLA DE UN CRUCERO QUE DESTRUYO UNA COLONIA DE MAS DE 4 m DE ALTURA EN EL ARRECIFE PARAISO, TERCERA SECCION ("TIEMPO DE COZUMEL" 20 DE ABRIL DE 1994).

Este tipo de impacto causa la muerte inmediata a cualquier organismo, en especial, a los que se adhieren al fondo marino (poliquetos, anémonas, esponjas etc.) La destrucción se torna cuantiosa y de gran magnitud cuando repercute en drástica baja poblacional de especies que habitan el arrecife.

Dahl (1977), menciona que el ataque a los arrecifes por medio de anclas es más destructivo que el oleaje producido por huracanes. y es un hecho que el daño a la estructura del coral merma su tiempo de vida mientras que el efecto de sedimentación degrada la calidad de aguas adyacentes.

Si bien el anclaje de cruceros se considera actividad benéfica para mejorar el nivel socioeconómico de la población isleña, ya que su impacto es directo, temporal, puntual y con valor de alta significancia; resulta sin embargo para el medio ambiente natural, un agente de impacto negativo, al propiciar acciones perjudiciales como la suspensión y sedimentación de sólidos y el arrasamiento de la fauna. Por tanto, este impacto se considera adverso, directo, permanente, puntual, mitigable y de alta significancia . **Tabla VI.1.**

6. 1.3. Impacto producido por actividades de buceo deportivo

Sin duda, el impacto más frecuente y constante al cual está sometido el arrecife coralino, es la práctica del buceo, tanto a pulmón como mediante equipo autónomo de respiración (SCUBA).

Este ecosistema marino, principal atractivo de la isla, es la base económica sustentada en las actividades turísticas, siendo las subacuáticas una de las más rentables.

De acuerdo con la opinión de autoridades locales, los arrecifes son visitados aproximadamente por 4,000 buzos al mes, lo cual significa un impacto considerable por los efectos que generan más de 130 buzos por día (Ezcurra.Y Chávez, 1985).

El simple contacto de los buzos sobre el arrecife parece ser imperceptible; sin embargo, depende del tipo de contacto que efectúen al bucear. Atraídos tocan todo lo que observan a su paso, algunos otros sin experiencia y debido a falta de control en el agua, lastran su regulador y manómetro sobre el coral, o bien manotean llegando a romperlo, lo que provoca infección por algas verde-azules (Keller, 1981).

Infinidad de ocasiones, los buzos al transitar por cuevas o zonas arenosas con sus aletas , levantan arena cubriendo a los corales. El pólipo de coral a través de su mucosa protectora atrapa cualquier partícula que establece contacto con su superficie alimenticia, y cuando el sedimento es abundante, éste afecta sus funciones biológicas (Jordán, 1987).

Otro grave impacto lo causan fotógrafos submarinos quienes al tomar sus impresiones se sujetan en los corales y esponjas; inclusive, llegan a posarse sobre las formaciones. Cabe mencionar al buceo nocturno como la práctica más dañina para los corales cuando está se realiza inadecuadamente, ya que debido a la carencia luminica se hace mucho más difícil mantener una flotabilidad neutra, es decir a media agua, teniéndose un mayor contacto sobre el coral. **Ver fotos VI.4 y VI.5.**

Ezcurra, y Chávez (1985), en un estudio de impacto ambiental hacen el análisis comparativo entre dos arrecifes; uno de ellos, Paraíso, que por su cercanía y fácil acceso es muy visitado y sometido a la acción intensa de los buzos, mostró elevado deterioro, en comparación con el arrecife Palancar.

En Paraíso se observó la notable reducción del 25% en el número de especies coralinas, registrándose 7 contra 16 de Palancar. Se encontró también un reducido tamaño (27cm de diámetro medio) de las colonias escleractíneas o duras en Paraíso, contra 44 en promedio total del arrecife Palancar.

Se puso de manifiesto la salud entre uno y otro arrecife en función de la densidad total de especies, obteniéndose en Palancar 7,790 colonias por 100m² de superficie, contra 173 colonias de Paraíso.

Una característica sobresaliente que contribuye como factor significativo en la fragilidad de los ecosistemas de arrecife, es la tasa lenta de crecimiento que experimentan los corales escleractinios. Resultados de algunos estudios efectuados en Belice y La Florida sobre una de las especies más abundantes, también calificada como la más importante entre los formadores de arrecife (*Montastrea annularis*), indican que estos animales crecen a razón de 10 a 13 cm/año, ello infiere que a ciertas colonias de 7 m de alto, comunes en los arrecifes situados al extremo sur de la isla, les ha tomado cerca de 7 siglos para establecerse en dicha área.

La investigación concluye que los impactos del buceo ocasionados sobre el arrecife Paraíso, pueden extrapolarse similarmente y considerando un período de 10 años a los arrecifes de Chunchacaab, Palancar y Colombia.

Los corales son organismos muy sensibles y cualquier cambio en las condiciones ambientales afectará de manera directa su crecimiento. Es necesario aceptar el hecho de que un coral con estas características, es fácilmente destruible con la simple acción de pararse o apoyarse sobre el. Actualmente existen las siguientes dos especies de coral amenazadas con la extinción, *Acropora cervicornis* y *Acropora palmata* (SEMARNAP, 1991)

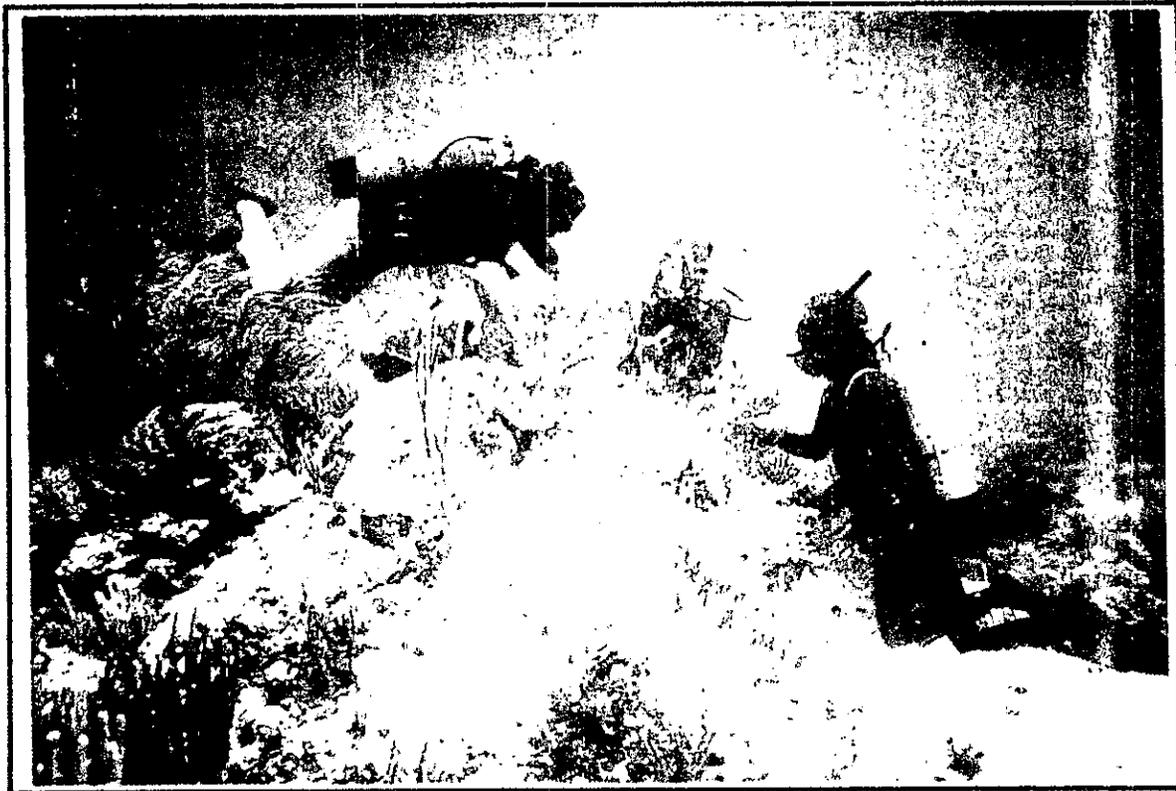


Foto. VI.4

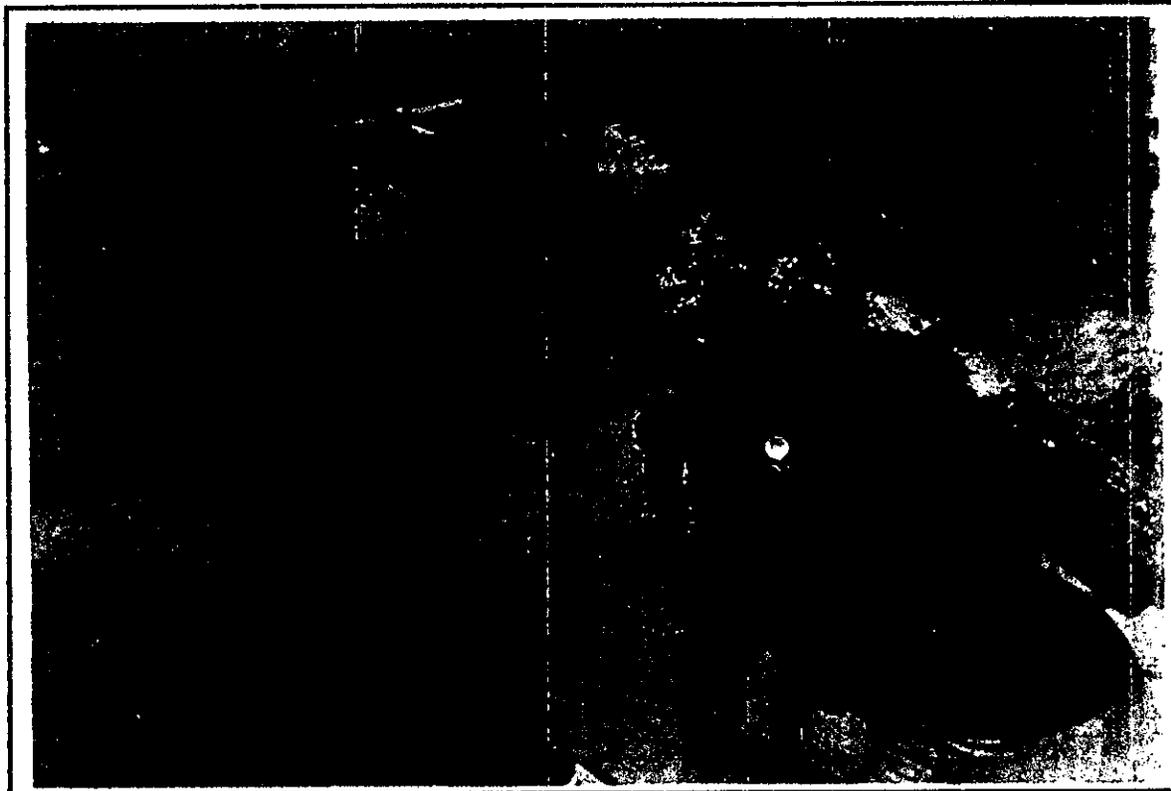


Foto VI.5.
DIARIAMENTE LOS ARRECIFES CORALINOS SUFREN DAÑO POR CONTACTO Y PISOTEO DE
LOS BUZOS QUE LOS VISITAN.

La Asociación de Prestadores de Servicios Subacuáticos, reportó en 1987 el deterioro sobre los corales de la Herradura en el arrecife Palancar, inducido por la gran afluencia de buzos que hasta hace poco visitaban dicha zona atraídos por un cristo sumergido. La prolongada estancia de visitantes también ocasionó el levantamiento de arena, que más tarde por acción de corrientes fue arrastrada hasta cubrir a los corales circundantes en un tramo aproximado a un kilómetro de longitud, provocando la muerte de algunos corales. Frente a este problema, dos años más tarde la entonces Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, debido al grave deterioro del área, transfirió la estatua a otro sitio (SEDUE, 1987).

Con base en el análisis del material fotográfico submarino, videos, recorridos efectuados por la zona, así como encuestas y entrevistas: se concluye que la actual apariencia de los arrecifes coralinos de Cozumel es muy diferente a la que ostentaba hace 10 ó 20 años, pues ahora, el paisaje submarino muestra huellas degradativas en los corales, opacamiento en sus colores naturales por otros de tono grisáceo y blancuzco, así como áreas de coral muerto o roto.

Si bien las técnicas de buceo han mejorado y la actividad económica va creciendo, el respeto y protección del medio donde se practican estas actividades han quedado relegados.

En los últimos años, la destrucción del arrecife se ha intensificado debido al fácil acceso del hombre a las profundidades, olvidando que la industria del buceo depende directamente de la buena salud y estado del arrecife. El turista visita este lugar, buscando apreciar las bellezas naturales, en especial el arrecife de coral, los organismos que ahí habitan y por supuesto, la claridad de sus aguas; por ello, cualquier alteración de estos recursos amenazará los negocios locales y la economía de la isla. **Ver foto VI. 6.**

De los prestadores de servicios subacuáticos, instructores, capitanes, marineros, productores de equipo y todos los beneficiarios de éste negocio, depende de que el arrecife coralino mantenga su belleza; de lo contrario, sus ingresos se verán seriamente afectados. La prosperidad de los negocios estará garantizado en la medida que se proteja al arrecife de coral.

El buceo deportivo en términos económicos causa un impacto benéfico, siendo de acción directa, permanente, generalizado y significativamente muy alto.

Sin embargo, para el ambiente natural resulta un impacto adverso, en especial por las acciones de sedimentación, turbidez, sepultamiento del coral, efecto de contactos directos y continuos sobre el coral. Es un impacto permanente, generalizado, significativamente alto y puede ser mitigable. **Tabla VI.1.**



Foto. VI.6
CONTACTO DIRECTO SOBRE LOS ARRECIFES.
"QUE MAS DA EN DONDE APOYARSE, LO IMPORTANTE ES
TOMARSE LA FOTO"

6.1.4.. Impacto causado por recolección de especímenes arrecifales vivos con fines comerciales y científicos.

A partir del decreto federal promulgado en junio 11 de 1980, quedó prohibida la extracción de especímenes florísticos y faunísticos del Refugio Ecológico de Cozumel; particularmente, en las áreas coralinas (Diario Oficial,1980). Sin embargo, la colecta de estos organismos continúa realizándose de manera clandestina e ilícitamente.

Los coleccionistas atraídos por la belleza de conchas, caracoles y corales, seleccionan los especímenes menos alterados y que desafortunadamente son por lo común organismos vivos. Además se insiste en obtener especies poco abundantes, lo cual repercute negativamente en la diversidad del arrecife. En ocasiones los coleccionistas rompen el coral para hurtarlo. **Foto V.7.**

Actualmente, se ha restringido la libre extracción del coral negro (*Antipathes pennacea*), actividad que puede realizarse a profundidades mayores de 50 metros, debiendo tener un determinado volumen y grosor que establecen los permisionarios y la Unión de Artesanos de Coral Negro de Cozumel. Esta disposición cuando no se acata, obliga a sanciones, multas y vedas que imponen las autoridades del sector Pesca

Hacia 1970 el coral negro aún podía encontrarse desde profundidades aproximadas a 27 metros, especialmente en la zona de Palancar donde se apreciaban numerosas colonias. Debido al inadecuado manejo del recurso y elevado volumen de extracción, éste ha mermado notablemente, encontrándose hoy día en profundidades mayores a 70 metros, siendo muy peligrosa su extracción, también el grosor de las ramas ha disminuido obteniéndose trozos menores a dos cm de espesor.

Como dato histórico y valioso para la biología, en 1975 un buzo extrajo frente al hotel Presidente una rama de coral negro de 3m de alto, con diámetro de 10cm, y de gran valor monetario. Actualmente el coral negro se extrae de zonas profundas y continentales introduciéndose a la isla para proceso artesanal. Según datos de la antigua Secretaría de Pesca, en 1985 se extrajeron mensualmente alrededor de 300 a 400 kilogramos de coral negro; sin embargo, hacia 1991 la extracción se redujo entre 150 a 175 kilogramos mensuales.

Otra actividad que causa impacto sobre la comunidad arrecifal, es la colecta de organismos vivos tanto con fines comerciales para el acuarismo, como para colecciones científicas. El impacto puede ser severo ya que básicamente capturan organismos juveniles y de especies restringidas.

De este modo, se modifica la composición natural de las poblaciones que cumplen funciones importantes en la dinámica ecológica del sistema. Por lo común, las especies colectadas son fuertemente territoriales y esto afecta a la



Foto. VI.7.

TROZOS DE COLONIAS CORALINAS ARRANCADAS DEL FONDO MARINO PARA SER VENDIDAS COMO RECUERDOS Y PIEZAS DE ORNATO.

población ya que deberá reacomodarse a nivel territorial y en sus relaciones de dominancia (Robinson, 1976).

Las especies capturadas se venden para acuarios caseros, comerciales y municipales. Tal es el caso del área denominada " El Acuario", en la isla Cozumel, cuyos propietarios se dedican a la recolección de tiburones gata (*Ginglymostoma cirratum*), tortugas blanca y cahuama (*Chelonia mydas* y *Caretta caretta*), anémonas gigantes (*Condylactis gigantea*), morena verde (*Gymnothorax funebris*) , así como diversas especies de peces, los cuales viven en pequeños estanques y bajo condiciones desfavorables para su desarrollo. **Foto VI.8.**

Está de sobra recordar que estos organismos se extraen de la zona arrecifal y que las tortugas se encuentran en inminente peligro de extinción, según el listado de especies amenazadas (Gaceta Ecológica, 1991) .Estos organismos están sujetos a veda de acuerdo al artículo segundo del Diario Oficial en donde especifica; "Queda estrictamente prohibido extraer, capturar, perseguir y molestar o perjudicar en cualquier forma a todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción federal del Mar Caribe, Golfo de México, Océano Pacifico y Golfo de California, así como en todas las playas del territorio nacional donde arriban para desovar, al igual que recolectar y comerciar sus huevos (Secretaría de Pesca, 1990).

Este impacto en términos económicos es beneficioso, directo, permanente, generalizado y significativamente alto, ya que implica una atracción turística y rentable para los acuarios. Sin embargo, para el medio natural, resulta una acción adversa, de carácter directo, permanente, generalizado, mitigable y de significancia alta. **Tabla VI.1.**

6. 1.5. Impacto inducido por la pesca comercial y deportiva

Un diagnóstico mas completo y preciso acerca de la situación actual en la que se encuentran los arrecifes de la zona suroeste de la isla Cozumel, exige conocer los daños sufridos por el área antes del decreto de 1980. Si bien estas actividades ya no se llevan a cabo en la reserva, sí dejaron huellas que afectaron las poblaciones arrecifales.

Antes de 1980, cuando aún no se declaraba la Zona del Refugio Ecológico para la Flora y Fauna Marina de Cozumel, se permitía todo tipo de pesca y captura, no existía regulación de métodos pesqueros, estando dentro de los más usados el arponear con tanque, lo que hacía más segura y redituable la actividad, causando obviamente depredación de especímenes marinos.



Foto. VI.8.

TIBURONES GATA *Ginkgmostona cirratus*, EN EL "ACUARIO" SE PUEDE OBSERVAR DIVERSOS ORGANISMOS MARINOS EN CONDICIONES ADVERSAS PARA SU DESARROLLO.

Con el uso del tanque la pesca se hizo más eficiente y altamente selectiva. Las especies capturadas por este medio, además de las de escama, fueron la langosta (*Panulirus*), el caracol burro (*Strombus gigas*) y el cangrejo rey (*Mitharax spinosissimus*). Estas tres especies fueron y aún son las más cotizadas en el mercado nacional e internacional, teniendo como principal comprador a la compañía americana Ocean Garden, por lo cual, dado el alto valor comercial cotizado en el mercado los pescadores se volcaron a su captura.

El caracol burro, especie gastronómica de consumo local y regional, debido a su alta demanda obligó al establecimiento de vedas para su conservación; sin embargo, aún cuando el producto se encuentra en veda definitiva éstas no se han respetado y siguen capturándose hasta la actualidad.

Los viejos habitantes de la isla mencionan que antaño los caracoles cubrían las partes bajas de los arenales, y hoy día, difícilmente se encuentran en zonas más profundas en relación a las que normalmente habitaban, y debido a su escasez, los pescadores se trasladan hacia rumbos más lejanos en busca del producto.

Durante los recorridos efectuados en buceo libre dentro del área de los arrecifes bordeantes del Villa Blanca, se observaron numerosas líneas de anzuelos enredadas sobre las cabezas de coral, aprisionándolas y tallando su superficie con el cordel al hacer contacto con el movimiento del agua. Es importante resaltar que las colonias de estos corales están gravemente dañadas.

Se detectaron pescadores furtivos a lo largo de esta franja de reserva, así como capitanes y marineros que en el trayecto al área arrecifal tiraban sus anzuelos en la zona restringida. **Foto VI.9.**

También se observaron mediante inmersiones con tanque, peces con anzuelos en el interior de su boca.

La pesca constituye un impacto benéfico para la economía, siendo de acción directa, permanente, generalizado, mitigable y de significancia media. Sin embargo, para el ambiente natural representa un impacto adverso, permanente, generalizado, mitigable y actualmente poco significativo debido a la prohibición total en la zona de protección. **Tabla VI.1.**

6. 1.6. Impacto producido por descargas de aguas residuales

La contaminación generada por descargas de efluentes y sus efectos sobre la vida marina, está en función de la densidad de la población humana y del grado de industrialización extractiva existente. Asimismo el impacto de los contaminantes depende en gran medida del potencial que el ambiente marino tenga para su disolución y dispersión, así como de su hidrodinámica.



Foto.VI.9.

PESCA FURTIVA QUE SE PRESENTA CONSTANTEMENTE A LO LARGA DEL AREA PROTEGIDA.

La contaminación marina tiene consecuencias globales sobre la composición, el funcionamiento y la evolución biocenética y de los ecosistemas (Costeu, 1980).

La isla Cozumel, ha experimentado un importante crecimiento económico debido al gran turismo, el cual está desarrollando múltiple infraestructura a lo largo de su zona costera occidental. Asentados en esta franja muy cercana al mar, la mayoría de hoteles y restaurantes de la parte sur descargan sus aguas residuales debido tanto a la carencia de drenaje, (el cual solo llega al área conocida como la Ceiba), como al inexistente tratamiento de aguas negras.

Los datos más recientes acerca de la calidad del agua marina se obtuvieron de la manifestación de Impacto Ambiental de la Terminal de Cruceros Punta Langosta, (1996), estudio que indica condiciones casi normales en calidad, a excepción de las demandas biológica y química del oxígeno y fosfatos, cuyos valores se consideran elevados, lo cual indica concentración de descargas orgánicas de biodegradación prolongada o no degradables por bacterias. **Tabla VI.2.**

Debido a que la corriente marina se desplaza en dirección norte, pudo determinarse que las fuentes de contaminación se originan en la zona sur. Durante los recorridos se observaron desagües al mar provenientes de restaurantes ubicados en el área conocida como la Ceiba. Cabe mencionar que el muestreo se realizó frente al pueblo de San Miguel de Cozumel, aunque sería importante hacer un análisis actualizado en toda la franja occidental de la isla, para así determinar claramente los focos de contaminación.

La Secretaría de Marina y Oceanografía Naval (1978), efectuó un estudio bastante serio y confiable, habiéndose tomado y analizado muestras de varias zonas entorno a la Isla; en el estudio, se concluye que el área más afectada es la denominada "Caleta", debido al vertimiento de grasas y aceites de embarcaciones turísticas y pesqueras que ahí fondean. Hasta el momento, se puede asegurar que la calidad del agua en Cozumel es buena; sin embargo, habría que establecer un control estricto de los drenajes que desaguan al mar, de lo contrario, los efectos negativos comenzarán a sentirse en poco tiempo.

Este impacto es adverso para el ambiente económico, pues cualquier alteración en la calidad del agua será en detrimento propio de la actividad turística, ya que las aguas de Cozumel se aprecian por su transparencia y calidad natural. Asimismo, cualquier cambio físico y químico afectará en el desarrollo de las comunidades marinas. Es un impacto indirecto, permanente, generalizado, mitigable y de significancia baja. **Tabla VI.1.**

Tabla VI.2 Parámetros Físicos y Químicos del agua de Mar

Parámetro	M1	M2	M3
Salinidad	36.24%	36.71%	36.69%
Oxígeno disuelto	6.7 mg/l	7.1mg/l	7.0 mg/l
DBO5	8.5 mg/l	10.4 mg/l	9.4 mg/l
DQO	21.76 mg/l	21.76 mg/l	21.76mg/l
Nitrógeno orgánico	8.9 ug.at	35.4 ug.at	53.28ug.at
N. amoniacal	11.96 ug.at	35.48 ug.at	5.55 ug.at
Nitritos	0.81 ug.al	0.88 ug.al	0.74 ug.al
Fosfatos	0.8 ug.at	0.88 ug.at	0.74 ug.at
Sólidos sedimentables	0.0 mgl	4.03 mgl	4.35 mgl
Coliformes totales	0.0	0.0	0.0
Temperatura	26.9 °C	26.6 °C	26.8 °C
PH	8.53	8.65	8.65

fuelle: Terminal de Cruceros Punta Langosta, Cozumel, 1996

6. 1.7. Impacto procedente de desechos de sólidos

Aunque no fue posible cuantificar rigurosamente este impacto, ello se ha realizado mediante observación directa a través de inmersiones submarinas, habiéndose encontrado rastros de basura inorgánica (bolsas de plástico, neumáticos, latas de refresco, papeles, cartones, botellas, etc.) en toda el área protegida, siendo este fenómeno más agudo en la zona de anclaje o atraque de cruceros, abajo de los muelles y en las caletas, lugares donde se efectúa la limpieza de embarcaciones.

Otro aspecto a considerar, son los desechos sólidos en playas y en la zona costera cuyas características geológicas hacen que los suelos de la isla sean de fácil lixiviación y alta infiltración, lo cual puede ocasionar contaminación del manto freático y marino. Este impacto se considera adverso, directo, generalizado, mitigable y de significancia baja. **Tabla VI.1.**

6. 1.8. Impacto por combustión motora de embarcaciones

En la zona, casi todas las embarcaciones tienen motor fuera de borda y de dos ciclos, por lo cual simultáneamente consumen gasolina y aceite para su operación, embarcaciones que navegan a lo largo del sistema arrecifal y en ocasiones vierten estos hidrocarburos al mar. El impacto de los hidrocarburos en la vida marina es muy complejo y los organismos pueden morir a bajos niveles de concentración. En el caso de la langosta, su estadio larval dura entre cuatro y seis meses en el plancton y en presencia de hidrocarburos flotando en superficie, la mortalidad de larvas se incrementa, reduciendo la densidad poblacional de las especies (Robinson, 1976).

Debido al gran auge que han adquirido las actividades subacuáticas y a la creciente demanda de turistas que visitan la zona arrecifal, el tráfico de embarcaciones ha aumentado en los últimos 10 años, reportándose afluencia de 260 embarcaciones que diariamente transitan ésta área (Capitanía de Puerto, 1992). **Tabla VI.3 y foto VI.10.**

Cuadro VI.3 Embarcaciones que salieron a flote reportadas por la Capitanía de Puerto en la Isla Cozumel en 1992.

Años	Número de embarcaciones
1960 a 1970	5
1970 a 1980	20
1980 a 1990	19
1990 a 1992	77

Fuente: Capitanía de Puerto, 1992

Este impacto es de carácter adverso, directo, permanente, generalizado, mitigable y de significancia baja. **Tabla VI.1.**

6. 1.9. Impacto originado por el propeleo de embarcaciones

El intenso tránsito de embarcaciones con motor fuera de borda presenta variados efectos sobre los recursos marinos, entre ellos resalta el disturbio del fondo que afecta fundamentalmente a los pastos marinos que al recibir el impacto de la

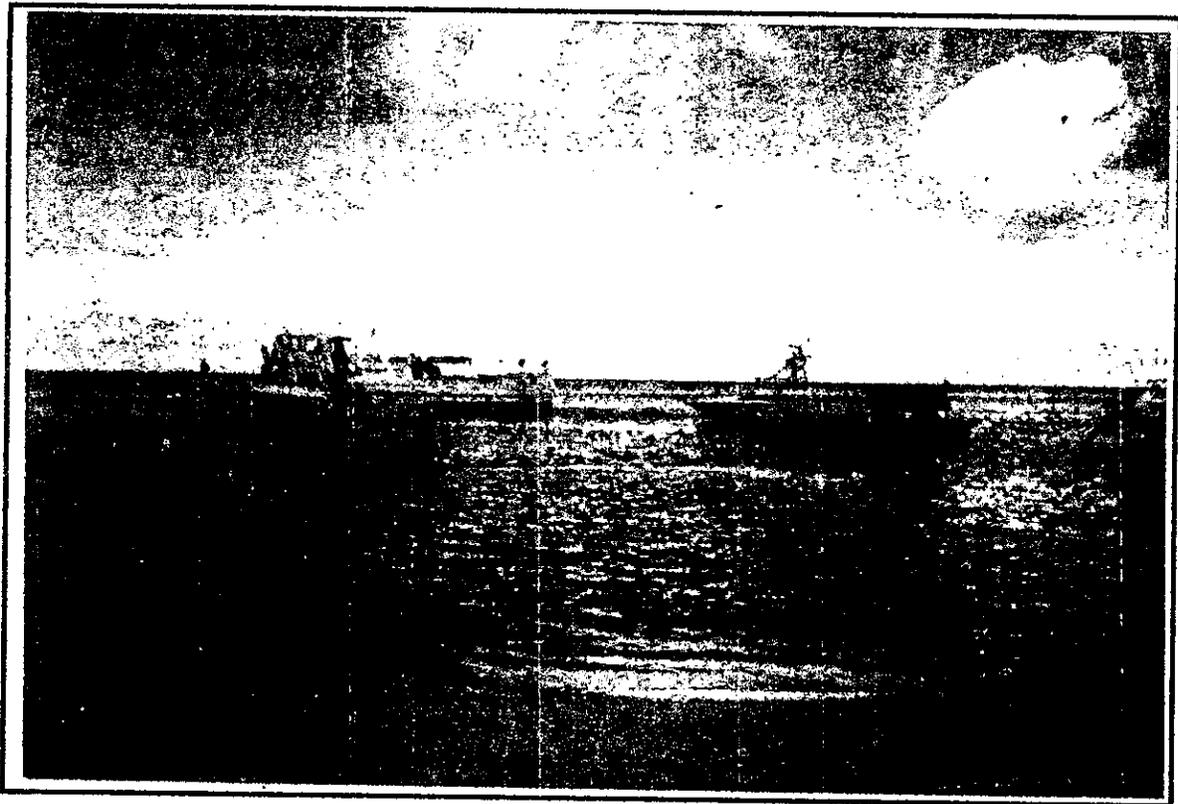


Foto.VI.10

NUMEROSAS EMBARCACIONES TRANSITAN DIARIAMENTE A LO LARGO DE LA ZONA ARRECIFAL PARA DAR SERVICIO A LOS BUZOS..

propelas fragmenta y acelera la tasa de sedimentación de las partículas de fondo (Robinson, 1976).

Para ejercer mejor control de navegación en la zona protegida y mayor seguridad al visitante, la Capitanía de Puerto reglamentariamente exige que la navegación se efectúe en la zona de cantil; fuera del arrecife coralino; y en caso de incursionar al área, deben transitar a velocidades muy lentas, evitando así posibles daños y accidentes. Lamentablemente en muchas ocasiones estas reglas se violan llegando incluso a propelear a buzos que salen a flote después de visitar el arrecife.

Este impacto se caracteriza por ser adverso tanto para el ambiente natural como para el aspecto económico, ya que los accidentes por propeleo hacen insegura la actividad del buceo. A su vez, el impacto es de acción directa, permanente, generalizado, mitigable y de baja significancia. **Tabla VI.1.**

6. 1.10. Impacto producido por efectos de ciclones

El proceso de destrucción biológica se asocia íntimamente con el daño físico causado por ciclones y tormentas de gran magnitud e intensidad, fenómeno ante el cual, colonias previamente debilitadas o fragmentadas por procesos bioerosivos, son rápidamente destruidas por el fuerte oleaje que producen tales eventos meteorológicos.

Se ha reportado que incluso en arrecifes de óptimo desarrollo, los ciclones invariablemente tienen efecto devastador sobre la comunidad coralina desde la superficie hasta 20m de profundidad o más, según los rasgos topográficos arrecifales; mientras que la amplitud de un daño catastrófico puede influir hasta más de 50 km, a la redonda dependiendo del ángulo de incidencia y la trayectoria del ciclón, con respecto a la dimensión y disposición de la formación arrecifal afectada (Dollar, 1982).

La devastación que causa un ciclón es resultante de varios procesos, pareciendo ser el más importante la erosión por sedimento, grava y pedazos de coral, que son desplazados violentamente por el oleaje de largo período y que en general, pueden soportar colonias muy robustas de corales masivos.

La probabilidad de que en su trayectoria un ciclón cruce por la costa de Quintana Roo, es del orden de 50% por año, basado en un análisis de 100 años (Jaúregui, 1980). Puede considerarse que la frecuencia de impactos que generan los ciclones en el área de estudio, es relativamente elevada.

En septiembre 14 de 1988, el huracán Gilberto que atravesó la isla Cozumel, ha sido el ciclón más fuerte que al momento registra la historia, habiendo alcanzado velocidad de 260 km/h. Sin embargo, gracias a que la zona de estudio se encuentra muy bien protegida en sotavento, y a que los arrecifes coralinos de esta área están optimamente desarrollados y poseen estructura masiva, los daños fueron menores.

Fenner (1991), estudió el efecto de este huracán sobre el arrecife coralino determinando lo siguiente: los daños más severos se detectaron en las áreas

bajas de 1m a 5m de profundidad, en los arrecifes bordeantes y en las partes altas de los arrecifes barrera.

Los arrecifes bordeantes más afectados fueron Dzul-ha, Paraíso Bajo y la Ceiba, observándose restos de corales rotos y muertos, las especies más dañadas fueron *Millepora coplanata* y *A. palmata*.

En arrecifes de barrera las partes más lesionadas fueron los techos y el daño fue decreciente conforme a la profundidad. Las especies más afectadas fueron: *Porites porites*, *Agaricia tenuifolia* y *Madracis mirabilis*. Los arrecifes más perjudicados fueron Palancar, Jardines, La Francesa y Santa Rosa, observándose corales rotos, muertos y cubiertos por arena. Los arrecifes a salvo de daños graves fueron: Punta Sur, Cuevas, Chunchacab y Colombia profundo.

Los arrecifes parche como Yucab, Paraíso, Tormentos y Colombia bajo sufrieron daños menores.

Aunque muchas esponjas fueron arrancadas desde su base, fragmentándose y muriendo el daño causado a estos organismos fue menor al que resintió el coral.

En cuanto a la ictiofauna, ésta decreció en las zonas bajas y aumentó en los arrecifes parche. Al efecto, las especies no resultaron afectadas a excepción de las que habitan en zonas muy bajas y donde el coral fue también destruido por el ciclón.

Este impacto se considera adverso, directo, temporal, generalizado, no mitigable y de significancia media.

6. 1.11. Impacto producido por fauna

La importancia de los corales escleractíneos en la construcción, consolidación y mantenimiento de la estructura arrecifal es bien conocida, por lo que su escasa densidad poblacional indica limitada capacidad para balancear los procesos naturales de degradación y horadación que se verifican en el seno de la estructura arrecifal, tanto por agentes biológicos como físicos (Stoddart, 1969).

Jordán (1988) en su estudio realizado, en los arrecifes profundos de la isla Cozumel, observó que además de la dominancia de organismos no simbióticos en superficies poco iluminadas, existen muchos otros biohoradores de hábitos crípticos, lo cual permite inferir que la continua expansión poblacional de tales organismos debilita internamente la estructura arrecifal, a la vez que contribuye a formar mayor cantidad de ambientes de penumbra, generando un circuito cerrado en el que los procesos destructores tienen mayor importancia relativa que los procesos constructores. Esta situación, preponderante en los procesos destructores, ha perdurado por largo tiempo como lo indica la abundante pedacería arrecifal, la superficie desgarrada y altamente horadada de los arrecifes, así como la presencia de múltiples cavernas y huecos en la estructura arrecifal.

El presente estudio concluye que se ha iniciado un lento proceso degenerativo, que en áreas muy iluminadas podría localmente ser balanceado mediante procesos constructivos, pero no revertido en toda la formación arrecifal.

Estos organismos llamados biohoradadores, socavan y perforan la estructura coralina produciendo sedimento excesivo que puede perjudicar al crecimiento y desarrollo del coral, debilitando su estructura. Durante la exploración submarina se observó en los arrecifes Parche y Profundos, "peces lora" mordisqueando el coral. Este impacto se considera en términos económicos como una acción benéfica, directa, permanente, generalizada y de significancia alta. Mientras que para el ambiente natural, es un impacto adverso, directo, permanente, generalizado, no mitigable y significativamente bajo.

6.2 Grado de deterioro en los arrecifes coralinos de Cozumel.-

El análisis de la matriz de impacto, identifica a los arrecifes Borde y Parche como los ambientes más deteriorados a causa de impactos naturales y humanos, la **tabla VI.4** muestra el grado de deterioro en que se encuentran los arrecifes de la zona sur. Este análisis es producto de la información obtenida por trabajos y resultados de muestreos previamente realizados en el área, tales como los de Esequiel Ezcurra (1985) y Douglas Fenner (1988), así como de las exploraciones personales efectuadas en la zona protegida. Para tener un índice comparativo en esta investigación se manejaron 5 niveles obteniéndose los siguientes resultados:

Deterioro mínimo o incipiente, cuando siendo el grado de impacto imperceptible, se considera que este existe por el solo hecho de que los buzos visitan el coral y pueden establecer contactos directos con él. A este rango pertenecen los arrecifes más alejados de la población, y que también son los mas profundos dificultando su acceso, circunstancia por la cual solo los visitan buzos expertos o avanzados, ello infiere que tales visitantes tienen escaso contacto con los corales debido a un adecuado manejo en el agua. A este grupo de arrecifes pertenecen: Punta Sur, Maracaibo, Chunchacab y Colombia.

Deterioro bajo, se aplica cuando son daños por pisoteo y manoseo de los buzos, lo cual ocurre en corales de fácil accesibilidad, por ende, son los que reciben la afluencia de visitantes. A este grupo pertenecen: Santa Rosa, Palancar, Villa Blanca y La Francesa.

Deterioro medio, cuando el coral muestra daños por pisoteo y manoseo, sepultamiento de arena causado por aleteo de los buzos, así como la presencia de algas no simbióticas sobre las colonias coralinas. Estas reciben mayor afluencia turística durante el día y también se practica el buceo nocturno. A este grupo pertenecen; Yucab, Tormentos, Tunich, Chancanaab, Dzul-Ha y Paso del Cedral.

TABLA VI.4 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ARRECIFES

NOMBRE	PROFUNDIDAD EN METROS	FORMACIONES	ESPECIE DE CORALES DOMINANTES	TIPOS DE CORRIENTES	GRADO DE DETERIORO
ARRECIFES BARRERA					
SANTA ROSA	15 A MÁS	PARED PROFUNDA DE CORAL, CON SALIENTES Y CUEVAS	<i>Agaricia agaracites</i>	MODERADA A FUERTE	BAJO
VILLA BLANCA	12 A MÁS	POCAS CABEZAS DE CORAL GRANDES	ESPONJAS	MODERADA	BAJO
PALANCAR	10 A MÁS	MASIVAS CON SALIENTES Y TÚNELES	<i>A. agaracites</i> <i>P. porites</i>	MODERADA A FUERTE	BAJO
COLOMBIA	15 A MÁS	MASIVAS CON SALIENTES Y TÚNELES	<i>A. agaracites.</i>	MODERADA A FUERTE	BAJO
SAN FRANCISCO	12 A MÁS	CONTINUAS DE TAMAÑO MEDIO SALIENTES	<i>Porites porites</i>	MODERADA A FUERTE	BAJO
PUNTA SUR	20 A MÁS	MASIVAS, TÚNELES Y SALIENTES	<i>Montrastrea Caverosa</i>	FUERTE	MÍNIMO
PUNTA TUNICH *	16 A MÁS	POCAS CABEZAS GRANDES, SALIENTES	ESPONJAS	FUERTE	BAJO
LA FRANCESA	12 A MÁS	FORMACIONES MASIVAS	<i>A. Agaracites</i>	MODERADA	BAJO
CHUNCHACAB	20 A MÁS	MASIVAS	MONASTREA CAVERNOSA ESPONJAS	MODERADA A FUERTE	MÍNIMO
MARACAIBO	25 A MÁS	POCAS CABEZAS GRANDES	ABUNDAN LAS GRANDES ESPONJAS	MODERADA A FUERTE	MÍNIMO
ARRECIFES DE PARCHÉ					
PARAISO	10 A 15	FORMACIONES MEDIANAS CON SALIENTES	<i>A. Agaracites</i>	MODERADA	ALTO
CHANKANAAB*	10 A 15	FORMACIONES MEDIANAS CON SALIENTES	<i>A. Agaracites</i>	DOMINAN AL SUR	MEDIO
TORMENTOS	13 A 20	FORMACIONES MEDIAS A GRANDES SALIENTES	<i>Porites porites</i>	FUERTE	MEDIO
YUCAB	13 A 20	FORMACIONES MEDIAS A GRANDES SALIENTES	<i>Agaricia a. Porites p.</i>	FUERTE	MEDIO
PASO DEL CEDRAL	12 A 20	FORMACIONES MEDIAS A GRANDES SALIENTES	<i>Acropora palmata</i>	FUERTE	MEDIO
COLOMBIA BAJO	5 A 10	FORMACIONES MEDIAS A GRANDES SALIENTES	<i>gorgonaceas o corales blandos</i>	LIGERA	ALTO
CARDONA	8 A 10	FORMACIONES MEDIANAS CON SALIENTES	<i>A. Agaracites</i>	MEDIA	MEDIO
ARRECIFES BORDEANTES					
VILLA BLANCA	1 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	<i>gorgonaceas o corales blandos</i>	MODERADA	ALTA
LA CEIBA	1 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	<i>gorgonaceas o corales blandos</i>	SON FRECUENTES LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN DE LAS CORRIENTES DE N a S Y DE S a N	ALTA
P. CHANKANAAB	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	<i>Milipora alaicornis</i>	LIGERA	ALTA
DZUL-HA *	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	<i>Acropora cervicornis</i>	LIGERA	MEDIA
PARAISO BAJO	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	ESPONJAS Y CABEZAS DE CORAL	SON FRECUENTES LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN DE LAS CORRIENTES DE N a S Y DE S a N	MUY ALTA
PLAYA CORONA	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	<i>gorgonaceas o corales blandos</i>	LIGERA	ALTA

* TOPONIMIAS MAYAS.

Deterioro alto, corresponde a colonias de coral gravemente dañados y muertos. De acuerdo a Ezcurra y Chavez, (1985), la presencia de una gran cantidad de algas cianofíceas indica la degradación del medio ambiente, en especial del arrecife la Ceiba, en el cual los alicionarios y las gorgonias muestran daños, teniendo las colonias tienen menos del 50% de su estructura viva. **Foto VI.11.**

Para el arrecife Palancar se estima una densidad total de 7, 790 colonias/ 100 m², mientras que en Paraiso esta densidad es solo de 173 colonias/100m². Tales cifras indican claramente el impacto tan profundo que han sufrido algunos arrecifes como el de Paraiso que en breve lapso (10 años) muestra grave deterioro estando a punto de extinguirse lo que a la naturaleza le ha llevado cerca de 3 000 años en construir.

Estos arrecifes reciben gran volumen de buzos, en especial novatos; tienen gran demanda en buceo nocturno ya que algunos no requieren de embarcaciones y también existen hoteles en sus alrededores. Es la zona sujeta a mayor presión derivada de acciones turístico-urbanas. En este rango se incluyen los arrecifes; Paraiso, La Ceiba, Villa blanca bajo y Colombia Bajo entre otros. **Tabla VI.4**

Deterioro muy alto, Se vincula directamente al grave deterioro de tipo irreversible ocasionado por el extirpamiento y transporte inadecuado de colonias coralinas pertenecientes a los bolones de Paraiso Bajo, labor realizada por buzos del CINVESTAV, como respaldo a la construcción del nuevo muelle turístico para cruceros (Tate, 1995).

A este rango también pertenecen algunas secciones del arrecife bordeante del Villa Blanca Bajo, en donde se observarán numerosas colonias muertas de corales blandos.



Foto.VI.11

CORAL MUERTO. SE PUEDE OBSERVAR LA ESTRUCTURA CALCAREA DE UNA COLONIA DE CORAL CEREBRO

CAPITULO 7. PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN PARA MANEJAR Y PROTEGER EL ECOSISTEMA ARRECIFAL CORALINO Y SU AMBITO DE INFLUENCIA INSULAR.

Como propuesta emergente para mitigar los impactos de las actividades humanas sobre el área arrecifal coralina, está la regulación de actividades mediante una zonificación de usos del suelo costero y el ámbito submarino. La expansión urbana es un proceso inminente por lo que deberán jerarquizar las áreas sujetas a conservación.

Lo anterior se representa a través de lo que denominamos mapa "piloto", ello obedece a que el trabajo no pretende hacer un detallado levantamiento cartográfico de la zona en estudio, sino más bien, analizar los factores que indirecta o directamente inciden sobre los arrecifes coralinos, causando daños a corto, mediano y largo plazo.

El cuidado de la zona costera es y debe ser acción prioritaria de la tarea conservacionista hacia los arrecifes coralinos y su comunidad que la habita y no puede alcanzarse éxito sin involucrar a la administración terrestre, pues cualquier deterioro en tierra firme, tendrá repercusión sobre el sistema arrecifal marino.

La construcción de grandes complejos turísticos próximos a la costa y frente al sistema natural, representa un factor negativo, tanto por la descarga de efluentes y sedimentos por operaciones terrestres (construcción de muelles), como por la contaminación y percolación de suelos que más tarde se depositan en el mar generando graves trastornos. A estos factores se añade la accesibilidad del arrecife y la extracción de ictiofauna; todo lo cual pone en peligro la supervivencia de esta zona.

Las islas exigen medidas de conservación inmediata, antes de que planes de desarrollo mal concebidos contribuyan irremediablemente y sin provecho a destruir los últimos vestigios de vida silvestre. La creación de reservas terrestres debe prolongarse con las reservas marinas a fin de equilibrar el conjunto de estos ecosistemas interdependientes que es imposible preservar por separado. A la larga, sólo la protección de los "hábitats" asegura su supervivencia (Dorst, 1972).

Es a través de un ordenamiento del territorio nacional se podrá preservarse y restaurarse el equilibrio ecológico y la protección al ambiente. El ordenamiento ecológico permite orientar el emplazamiento geográfico de las actividades productivas, así como las modalidades de uso de los recursos naturales y servicios ambientales, constituyendo el cimiento de la política ecológica. El ordenamiento debe ser la base para determinar la densidad y formas de uso del suelo, las áreas a conservar y a restaurar.

Planear el uso de los recursos naturales mediante el ordenamiento ecológico implica determinar el potencial de los terrenos, en función de su uso. El uso potencial tal como se considera en la planeación, consiste en determinar, desde el punto de vista humano, la capacidad de usar el territorio y sus ecosistemas sin riesgo de degradación.

De igual manera, la potencialidad de uso debe fundamentarse en una ponderación en cuanto a la vocación del territorio a partir del interés público frente a los legítimos derechos de propiedad y la dinámica del mercado inmobiliario.

El ordenamiento ecológico es también un instrumento normativo básico, sobre el cual, descansan otros instrumentos que no toman en cuenta impactos o efectos acumulativos. Se sabe que cada actividad o proyecto, puede en lo individual no tener implicaciones ambientales que impidan su aprobación, sin embargo, cuando su número e incidencia sobre una misma región rebasa ciertos límites, los impactos agregados o acumulativos pueden comprometer seriamente el equilibrio e integridad regional.

De acuerdo al manual de Ordenamiento Ecológico, (SEDESOL, 1988) usado en México, el estudio aplica las siguientes cuatro políticas ambientales.

- Aprovechamiento. Considera la apertura de una o más actividades económicas dentro de la unidad de paisaje de manera parcial o total, aunque supeditada a ciertos criterios y normas ecológicas específicas para el área de interés. El aprovechamiento para ciertos sectores el sistema arrecifal coralino será de tipo turístico, ecológico y acuático deportivo, que más adelante se explican.
- Restauración. Esta política se implementa para áreas cuya evaluación reporta una problemática ambiental relevante, como deforestación masiva, contaminación y pérdida de suelos, entre otros, lo que ha provocado cambios estructurales o funcionales en la unidad de paisaje, siendo necesaria la aplicación de medidas técnicas encaminadas a aminorar o suprimir los problemas del área y limitando o prohibiendo la acción de actividades productivas en la zona.
- Conservación. Esta política sugiere que la unidad de paisaje mantenga su funcionamiento actual, restringiendo al máximo las actividades humanas a gran escala. En algunas ocasiones, sirve como franja de amortiguamiento entorno a una zona protegida.
- Protección. Se propone para aquellas unidades de paisaje que poseen un alto valor desde el punto de vista biológico o paisajista (estético), lo cual implica su protección mediante un decreto; y evitando totalmente las actividades humanas salvo aquéllas que permitan mantener al ambiente sin causar alteración.

Considerando al Plan Director de Cozumel (1991) y con base en el análisis de la información generada y los resultados obtenidos durante la investigación, a manera concluyente del trabajo se propone la siguiente zonificación. **Tabla VII.1 y Mapa No.3.**

TABLA VII.1 PROPUESTA DE ZONIFICACION PARA MANEJAR Y PROTEGER EL ECOSISTEMA ARRECIFAL CORALINO Y SU AMBITO DE INFLUENCIA INSULAR.

ZONIFICACION	MANEJO	AMBITO DE INFLUENCIA
ZONA DE PROTECCION Y PRESERVACION DEL ECOSISTEMA ARRECIFAL PROFUNDO.	PROTECCION	MARITIMO ARRECIFAL (PARQUE MARINO NACIONAL)
ZONA DE PROTECCION Y PRESERVACION DEL SISTEMA LAGUNAR.	PROTECCION	INSULAR COSTERO (PARQUE MARINO NACIONAL)
ZONA DE USO ECOTURISTICO MARINO CONTROLADO Y DE BAJA DENSIDAD.	CONSERVACION	MARITIMO ARRECIFAL (PARQUE MARINO NACIONAL)
ZONA DE USO ECOTURISTICO MARINO REGULADO Y DE MODERADA DENSIDAD.	CONSERVACION	MARITIMO ARRECIFAL (PARQUE MARINO NACIONAL)
AREAS PUNTUALES CORRESPONDIENTES AL P.CHANKANAAB, LAGUNA DEL AEROLITO, ARRECIFES PARAISO Y LA CEIBA.	RESTAURACION	INSULAR COSTERO Y MARITIMO ARRECIFAL
<p>ZONA DE AMORTIGUAMIENTO</p> <p>SUBZONA DE USO CONTROLADO Y REGULADO UNIDADES DE MANEJO:</p> <p>DESARROLLO TURISTICO-URBANO INTENSIVO.</p> <p>DESARROLLO TURISTICO DE BAJO IMPACTO.</p> <p>SUBZONA TRANSICIONAL DE RESGUARDO ECOLOGICO</p> <p>UNIDAD DE MANEJO: DESARROLLO TURISTICO-RECREATIVO RESTRINGIDO.</p>	APROVECHAMIENTO.	INSULAR COSTERO Y MARITIMO ARRECIFAL.

7.1 Zona de protección y preservación del ecosistema arrecifal profundo.

(Parque Marino Nacional)

Límite: Inicia a la altura del kilómetro 26, (donde finaliza el arrecife Palancar) y termina en la línea de costa a la altura del kilómetro 34. Incluye los arrecifes mejor cuidados, conservados y más profundos del Parque Nacional Marino, Arrecifes Punta Sur, Chunchucab, Colombia y Maracaibo). En esta zona es factible observar tiburones y rayas moteadas, además de las estructuras o formaciones arrecifales coralinas más grandes y profundas de la isla.

Objetivo: Reserva estricta para la protección del hábitat y biodiversidad marina. Proteger y conservar sus recursos naturales en condiciones lo más estables posibles, así como restaurar los ambientes mas dañados.

Uso: Debido a que la población cozumeleña en gran medida depende directamente del arrecife como medio de subsistencia, se permitirá el buceo siempre y cuando se respeten los reglamentos y normas que el parque imponga, así como el respeto a zonas restringidas para su recuperación. Se recomienda que esta zona la visiten solo buzos expertos y con adecuado manejo en el agua, lo cual permitirá reducir los impactos sobre el arrecife; además de que es una área de corrientes fuertes e inesperadas impropias para buzos o novatos. Se permitirá a velocidad mínima, el tránsito de embarcaciones.

Política: Protección y preservación absoluta y estricta.

Ambito de Acción: marítimo arrecifal correspondiente al territorio del recién decretado "Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel".

7.2. Zona de protección y preservación del ecosistema Lagunar

Está conformada por áreas naturales que constituyen el sector mejor conservado en la costa occidental de la isla. Esta área comprende aproximadamente 18 km² de ecosistemas terrestres, concentrando una de las mayores riquezas ambientales de la isla (área de mangles, dunas, palmares y playas). La mayoría de especies florísticas nativas de la isla crecen en esta área que alberga importante parte vegetal de la riqueza biológica insular de la península yucateca (Ezcurra y Chávez, 1985).

El medio lacustre dá sustento a diversas especies de mamíferos terrestres como el tejón (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*), jaball de collar (*Tayasu tajacu*) numerosos reptiles como la iguana (*Ctenosaura similis*), el cocodrilo de pantano (*Cocodrilus acutus*) y la boa (*Boa constrictor*) entre otros. De todas las poblaciones faunísticas que constituyen este ecosistema, las aves acuáticas ocupan un papel muy relevante en la fauna del área, identificándose las siguientes

especies: fragata (*Fragata magnificens*), espátula rosa (*Ajaja ajaja*), pelicano café (*Pelecanus occidentalis*), entre otras.

La zona comprende el área de arrecifes profundos y mejor conservados del sistema marino, como Punta Sur, Chunchacab y Maracaibo. Desde el punto de vista ecológico, las unidades de manejo son totalmente incompatibles con cualquier tipo de desarrollo urbano ya que es un medio frágil y muy susceptible a ser degradado(El sistema lacustre en su entrada tiene escasa profundidad y en ocasiones la gran acumulación de arena bloquea la entrada impidiendo el intercambio normal de aguas y la comunicación laguna-mar, afectando drásticamente la dinámica lacustre), además, de contener gran riqueza y diversidad en flora y fauna (SEDUE, 1985).

Límite: Queda delimitada al norte por la carretera perimetral desde el kilómetro 26, hasta el kilómetro 34 (Playa Bosh). Esta zona se ubica en el extremo sur de la isla e incluye a Punta Sur, Barra de Colombia, Punta Celaraín, Punta de Chunchacán y, el complejo Lagunar del sur de la isla, integrado por las Lagunas Colombia, El Chiquero, Chunchacán y Tztacún.

Objetivo: Proteger y conservar sus recursos naturales, así como restaurar su equilibrio ecológico. Reserva estricta para la protección de biodiversidad acuática y terrestre de la flora y fauna.

Uso: Prohibición absoluta a todo desarrollo urbano o actividad antropogénica salvo aquellas con fines de investigación científica a priori acreditadas por las autoridades competentes. Se prohibirá la construcción de caminos y el ingreso de embarcaciones a las lagunas. El área quedará bajo estricto control y vigilancia.

Política: Protección y preservación absoluta.

Ambito de acción: insular costero.

7.3 Zona de uso ecoturístico marino, controlado y de baja densidad.

Límites: Inicia en la línea de alta marea a la altura del kilómetro 5 y finaliza en el Parque Chankanaab. Esta franja incluye la zona de arrecifes de parche, como son: Paraíso bajos y Paraíso, Parque de Chankanaab, Dzul-ha y Playa Corona. Estos arrecifes albergan mayor riqueza de ictiofauna en relación a los profundos y bordeantes. En estos sitios pueden observarse especialmente las morenas verdes, los meros o chernas y las langostas.

Objetivo: Proteger y conservar sus recursos naturales en condiciones lo más estables posibles, así como la restauración de ambientes o áreas dañadas.

Uso: Se permitirán actividades recreativas de playa y acuáticas. Conviene regular las actividades de buceo, en especial el nocturno; ya que ésta franja por su

escasa profundidad es el sitio óptimo para ello. Se prohíbe la construcción de muelles.

Política : de Conservación

Ambito de acción: marino arrecifal.

7.4 Zona de uso ecoturístico marino regulado y de moderada densidad

Límite: Inicia en la línea de alta marea a la altura del Km. 9 costero, hasta donde finaliza el arrecife Palancar. Incluye los Arrecifes de Chankanaab, Tormentos, Yucab, Paso del Cedral, Colombia Bajo, Palancar, La Francesa, Punta Tunich, Santa Rosa, San Francisco y Cardona, que son los mas populares y visitados por buzos. Estos arrecifes tienen grandes y profundas paredes coralinas y cuevas, además de gran biodiversidad de ictiofauna e invertebrados.

Objetivo: Proteger y conservar sus recursos naturales en condiciones lo más naturales posibles, así como la restauración de los ambientes dañados.

Uso: Se administrarán actividades de playa y acuáticas, erradicando las actuales actividades recreativas (como buceo a pulmón y la natación) por ser incompatibles con el tránsito rápido de embarcaciones que pueden ocasionar graves accidentes como el propeleo o arroyamiento de buzos a flote o nadadores. Habría que especificar claramente cuales sitios de playa deberán vetarse al tránsito de embarcaciones y motocicletas acuáticas. En esta unidad deberá prohibirse la construcción de muelles.

Política: Conservación.

Ambito de acción: marino arrecifal.

7.5 Areas puntuales correspondientes al parque.Chankanaab, laguna del Aerolito, Arrecifes Paraíso y la Ceiba.

Existen algunas zonas que soportan mayor carga de visitantes que otras, y por ende resienten un mayor grado de deterioro. Son áreas donde el paisaje natural, la flora y la fauna han sido notablemente deteriorados, por lo cual, deberán permanecer cerradas durante algún tiempo a cualquier actividad a fin de lograr paulatinamente su recuperación: Laguna y arrecife bordeante de Chankanaab, Laguna del Aerolito y Arrecife Paraíso.

Objetivo: Rehabilitar las áreas dañadas a condiciones lo más naturales posibles.

Política: Restauración y mejoramiento del ecosistema.

Ambito de acción: insular costero y marítimo arrecifal.

7.6 Zona de Amortiguamiento

7.6.1 Subzona de uso controlado y regulado

Unidad de manejo: Desarrollo turístico-urbano intensivo.

Comprende desde el kilómetro y medio de la Ciudad de San Miguel de Cozumel hasta el nuevo muelle turístico para cruceros. Esta área se extiende a lo largo de una ancha franja de 500 metros, comprende dos grandes muelles y está caracterizada por centros turístico-comerciales y de servicios, por lo cual, se considera una área severamente dañada por efecto de procesos urbanísticos y el impacto de actividades humanas. Estos ecosistemas deteriorados quedan fuera del área protegida (Parque Marino).

Esta unidad de manejo incluye áreas de arrecifes bordeantes desde el inicio hasta el final de su límite. Son los arrecifes más negativamente impactados de este sistema, debido a su fácil accesibilidad en la costa. No requieren de embarcaciones para ser visitados, por lo que la actividad del buceo (con tanque y a pulmón) es mas intensa y severa. Además, en estas unidades se localizan los sitios ideales para el adiestramiento de buzos principiantes y buzos novatos, cuya inexperiencia en el agua y desconocimiento del medio coralino contribuyen a que los impactos por buceo sean mas críticos. La unidad incluye el único arrecife profundo de ésta zona, La Pared del Villa Blanca.

Objetivo: A través de programas educativos y ecológicos mitigar los impactos causados por la urbanización y las actividades económicas

Uso: Está permitida cualquier actividad turística-comercial y de servicios, (hoteles, restaurantes, tiendas comerciales, rentadoras etc.) portuaria, de playa, (natación, motos acuáticas, paracaídas y veleo), las actividades acuáticas como el buceo libre y con tanque así como el tránsito lento de embarcaciones.

Unidad de Manejo: Desarrollo Turístico de Bajo Impacto

Límite: La unidad inicia en el kilómetro 5 (donde termina el nuevo muelle para cruceros) y finaliza en el kilómetro 9, longitud que define una franja con ancho de 1 km, en la cual queda insertada la laguna de Chankanaab.

La unidad es una área conflictiva debido a los múltiples problemas de urbanización que enfrenta, tales como la densidad de turistas, el gran desarrollo en infraestructura urbana (hoteles y restaurantes) y la práctica del buceo a pulmón y con tanque. Los impactos que recibe la zona arrecifal son intensos debido a su contigüedad a la costa y también porque los arrecifes bajos son preferidos para el buceo nocturno. Asimismo reciben descargas de drenajes, impactos de buzos a

toda hora, (buceo nocturno y diurno), y contaminación por hidrocarburos de embarcaciones (en esta zona se localiza la caleta o fondeadero de embarcaciones) .

Objetivo: habilitar medidas de mitigación en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Tendrán que rehabilitarse ecológicamente los ambientes dañados, como son las Lagunas de Chankanaab y la del Aerolito.

Uso: No deberá permitirse la construcción de ningún muelle, ya que en el área contigua a la costa inicia el Parque Marino Nacional. Las actividades turísticas-comerciales, deberán ser controladas y reguladas previamente por las autoridades a cargo. Podrán autorizarse actividades recreativas de playa y subacuáticas.

Política: Aprovechamiento.

Ambito de acción: Insular costero y marítimo arrecifal.

7.6.2. Subzona transicional de resguardo ecológico

Unidad de manejo: Desarrollo turístico-recreativo restringido.

Esta zona comprende medios naturales que han sufrido alteración o desequilibrio ecológico debido a las actividades humanas y que brindan protección a las porciones más frágiles.

Límites: Al norte limita con el kilómetro 9 (sur de la laguna Chankanaab), y al sur con el kilómetro 26 (donde finaliza el arrecife Palancar) Es una franja continua y de un kilómetro partiendo de la línea de alta marea. Esta franja bordea los arrecifes más atractivos de la isla e incluye una extensa superficie de selva perennifolia.

Objetivos: Amortiguar los efectos de impacto ambiental sobre el sistema lagunar y los arrecifes profundos. Regular el área a través de monitoreo constante y permanente y restaurar los ambientes deteriorados.

Uso: Se permitirá la construcción de hoteles aunque se restringe la densidad turística del área, el nivel y la capacidad de cuartos; de manera que en esta unidad se eviten los grandes complejos turísticos que puedan deteriorar el paisaje natural. Se prohibirá construir hoteles con más de 2 niveles. Se restringirá la apertura de caminos, restaurantes y zonas de playa, debiendo los que ya existen sujetarse a control. Se permitirán actividades de playa (paracaidismo, asoleaderos, juegos recreativos, etc.), acuáticas (nado y motos acuáticas) y subacuáticas (buceo) controladas. Las actividades recreativas como son el nado, motos acuáticas y paracaídas, deberán concentrarse y practicarse únicamente en

la zona de playa, para evitar accidentes de propeleo que generan las embarcaciones de buceo al transitar a lo largo de esta unidad.

Se pondrá énfasis en el control del sistema de drenaje, recolección de basura, fosas sépticas y crecimiento urbano. Queda estrictamente prohibido construir muelles de cualquier tipo.

Política: Aprovechamiento.

Ambito de acción: Insular costero y marítimo arrecifal.

7.7. Medidas para mitigar los impactos antropogénicos en la isla Cozumel.

Que la actual administración del Parque Nacional Marino, elabore a la brevedad el plan de manejo y ordenamiento ambiental, el cual con base en el conocimiento íntegro y adecuado manejo de los recursos naturales ofrezca resultados satisfactorios. Al efecto es recomendable aplicar un enfoque inter y multidisciplinario que garantice el éxito en el área socio-económica y físico-biológica, conservacionista deseado.

Como producto de esta investigación y tomando en cuenta que el turismo es el principal factor que sustenta la economía de la isla, se recomienda aplicar la zonificación, aquí propuesta, con el fin de regular y evitar graves impactos sobre la integridad de los frágiles y vulnerables ecosistemas cozumeleños.

Incluir al territorio del Parque Nacional, la zona denominada Area de las Lagunas, (Colombia, Chunchucab y el Chiquero) con el propósito de garantizar el equilibrio ecológico a éste importante ambiente natural.

Evitar estrictamente desarrollos turísticos en la porción sur de la isla Zona de Conservación y Preservación del Ecosistema Lagunar. De esta forma se garantizará un equilibrio ecológico y un ambiente natural.

Establecer un sistema calendarizado y rotativo de visitas a los arrecifes, a fin de permitir la recuperación de zonas deterioradas. Esto implica evitar el acceso temporal a unas zonas mientras se permita en otras. Ello deberá realizarse con base en pertinentes estudios especializados. Tal medida relacionada con la zonificación, corresponde a las áreas de restauración.

Preservar la vegetación natural especialmente el mangle, ya que los arrecifes coralinos y su comunidad biológica, dependen tanto de los manglares como de las lagunas, que son parte importante de la cadena trófica marina.

Reglamentar estrictamente el uso de pesticidas en lo general.

Colocar señalización, anuncios, letreros, cuyas leyendas expresen claramente los mensajes que pretendan dirigir a la población como pueden ser: "No tocar ni poner objetos encima de los corales y fauna asociadas", "No coleccionar", "No verter desechos en el área.", etc.

Establecer con carácter obligatorio cursos enfocados a la protección y conservación de los arrecifes coralinos de Cozumel, diseñados especialmente para los guías de buceo, boteros y quienes estén directamente relacionados con la actividad del buceo, (Ezcurra y Chávez, 1985).

Implementar monitoreos constantes y permanentes, que permita conocer el estado en que se encuentran los recursos y los cambios que sufren con el tiempo. Dahl (1977), menciona que es indispensable establecer una red de monitoreo para el control de las zonas arrecifales, la cual deberá implicar aspectos como rapidez, simplicidad y respetabilidad del muestreo. Tomando en cuenta estas características se pueden monitorear parámetros biológicos, estructurales, geológicos, físicos y químicos. Esto permitirá obtener un conocimiento adecuado para el manejo del sistema, incluyendo su estabilidad, diversidad, productividad, especies y los aspectos estéticos.

7.8. Programas básicos a desarrollar para mitigar los impactos ocasionados por las actividades humanas.

Como apoyo a la salvaguarda de los arrecifes coralinos de la isla Cozumel, es de vital importancia implementar programas tanto en el aspecto físico (calidad del agua, aspectos geomorfológicos, geológicos etc.), biológico (inventarios de especies, regeneración de áreas, especies en extinción etc.) y humano (manejo adecuado de los recursos naturales, programas educativos, informativos, administrativos, etc.).

Estos programas pueden ser tan numerosos y variados, dependiendo de las necesidades de lo que se quiera conservar. En este caso se sugieren programas de información y educación dirigidos especialmente a la población local y visitantes de la isla . Es importante resaltar que una población bien informada acerca de sus riquezas naturales y el valor que representan, tenderá a un manejo adecuado de tales recursos y adquirirá mayor sentido participativo en las decisiones relacionadas con la protección del ecosistema arrecifal. Es un hecho que la participación y el apoyo ciudadano en las decisiones cambia actitudes y fomenta una ética hacia la conservación.

7.8.1 Programa de información y divulgación científica acerca de "la naturaleza de los corales e importancia ecológica y económica para la sociedad".

Objetivo: Proporcionar información exacta, acerca de la naturaleza de los corales, que la comunidad entienda el valor ecológico y económico de los arrecifes coralinos.

Contenido:

- a) Origen y desarrollo de los corales.
- b) Formación de un arrecife coralino y su importancia biológica.
- c) La comunidad coralina, su hábitat y especies predominantes.
- d) Importancia económica de los arrecifes coralinos.

Receptores de la información:

- a) Usufructuarios del recurso arrecifal
- b) Comunidad Cozumeleña
- c) Turistas nacionales e internacionales.

Medio de información: Video en español e inglés con duración de 45 a 60 minutos muy bien estructurado con los puntos mas importantes.

Lugares de Proyección: Museo de la isla Cozumel, Casa de la Cultura Ixchel, Aereopuerto, Tiendas de buceo y Hoteles.

7.8.2 Programas educativos.

7.8.2.1 Buceando en los arrecifes de coral.

Objetivo: Motivar e inculcar en los buzos el cuidado y manejo que deben asumir en los arrecifes de coral, y de esta forma, evitar todo contacto directo (pisoteo, manoteo, levantamiento de arena etc.), sobre el mismo.

Contenido:

- a) Bucear con flotabilidad neutra (no ir lastrando sobre el coral).
- b) Manejarse adecuadamente en el agua (no patalear, manotear, o levantar arena, etc.).

c) Los contactos directos por buzos y su afectación al coral.

c) Los buceos nocturnos y sus impactos sobre el arrecife de coral.

Receptores: Cualquier visitante que se sumerga en áreas coralinas, sujetas o no a protección legal. Esta información deberá canalizarse especialmente a videógrafos y camarógrafos submarinos que por el afán de ostentar una excelente toma, se posan o apoyan sobre el coral.

Medio de Información: Carteles situados en puntos estratégicos (Parque Chankanaab, Museo de la isla, alrededor de los arrecifes bordeantes y playas importantes) y folletos divulgativo-promocionales que las tiendas de buceo distribuyan gratuitamente a sus clientes

Videos con duración entre 18 y 20 minutos.

7.8.2.2 Actuación de los guías de buceo en los arrecifes coralinos.

Objetivos: Motivar e inculcar en los guías de buceo acerca del cuidado y manejo que deben aplicar en el arrecife coralino, teniendo como fin básico su vigilancia y protección.

Que el guía de buceo simultáneamente actúe como guarda-arrecife, promueva la protección de las especies que ahí habitan.

Que el guía de buceo proporcione información directa al turismo acerca del manejo que debe adoptarse en el agua (flotabilidad neutra), a fin de aminorar los impactos y roces que provocan.

Contenido:

a) Origen y desarrollo de los corales.

b) Formación de un arrecife coralino y su importancia biológica.

c) La comunidad coralina, su hábitat y especies predominantes.

d) Importancia económica de los arrecifes coralinos.

e) Manejo adecuado de un buzo dentro del agua.

f) Los contactos directos por buzos y su afectación al coral.

g) Los buceos nocturnos y sus impactos sobre el arrecife de coral.

h) Importancia del guía de buceo como protector del sistema arrecifal coralino.

Receptores: Curso de carácter obligatorio para guías de buceo que desean trabajar en el Parque Marino Nacional.

Medio de información: Curso con duración de 12 horas, organizado por la administración del Parque Nacional Marino, e impartido por académicos especializados en el tema (biólogos, geógrafos etc.).

7.8.2.3 El protector del arrecife de coral.

Objetivo: Fomentar una ética hacia la conservación.

Contenido:

- a) Qué son los corales.
- b) La comunidad arrecifal.
- c) Interés ecológico.
- d) Importancia para el hombre.

Receptores: Niños y adolescentes.

Medio de Información: Programas educativos habilitados a manera de talleres en el salón de clases o extramuros, auxiliados por el museo de la isla, o algún comité conservacionista (" niños como tú" o cualquier otro).

Videos con duración de 35 a 40 minutos, cuyo contenido motive su discusión.

Auxilio de materiales didácticos, (carteles, plastilina, maquetas, pinturas etc.) para introducir de manera divertida a los niños pequeños en el conocimiento científico.

7.9. Posibles fuentes de financiamiento como apoyo a la administración del plan de manejo del Parque Marino Nacional.

En 1985 la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, formuló una propuesta muy interesante para recolectar fondos que permitieran solventar actividades y programas educativos en pro de la salvaguarda de los arrecifes coralinos. Esta propuesta radica en el cobro de un dólar por turista que desee visitar el Parque Marino Nacional, obteniendo así un boleto de ingreso por toda la temporada que permanezca y un folleto con información ecológica acerca de la naturaleza de los corales.

Otra fuente de financiamiento sería recurrir a la ayuda de organismos las asociaciones nacionales e internacionales conservacionistas, entre los cuales figuran la Asociación Cousteau, La Fundación Reefkeeper, Pronatura, etc.

CONCLUSIONES

Para nuestro país los arrecifes coralinos de Cozumel, representan el ecosistema marino más valioso y rico en biodiversidad, y por ende, ostenta sobresaliente importancia en los ámbitos científico, educativo y económico. Asimismo constituyen el principal atractivo turístico, catalogándose a nivel mundial como uno de los mejores destinos para el buceo, en razón de su gran riqueza y diversidad faunística, incluyendo a los corales y las majestuosas estructuras que los forman.

Los impactos que con mayor incidencia afectan a los arrecifes coralinos de la isla Cozumel, se derivan de las siguientes actividades o acciones humanas: la construcción de muelles, el anclaje de cruceros, el buceo deportivo, la combustión motora, la pesca clandestina, la extracción de especímenes, el vertimiento de sólidos, el propeleo y la descarga de aguas residuales.

Los impactos que se catalogan como los más nocivos para el sistema arrecifal debido a su magnitud, efectos y temporalidad, son: la construcción de muelles, el anclaje y el buceo.

Desde el punto de vista ambiental puede afirmarse que la construcción del nuevo muelle turístico en las inmediaciones del arrecife Paraíso, generará un grave impacto sobre el arrecife coralino y la comunidad que lo habita, provocando inclusive la muerte instantánea de organismos por efecto de dragado, derrame de cemento, sedimentación y extracción de organismos. Por ello, a tales acciones se les atribuye el impacto más negativo y severo inducido por las actividades antropogénicas que aquí se realizan.

Una de las actividades principales que se practican en el arrecife coralino es el buceo, cuyo aumento año con año, repercute en una mayor presión ejercida sobre el coral; ello, exige implementar urgentemente programas sobre información, educación y manejo en aguas arrecifales coralinas.

Los arrecifes bordeantes experimentan avanzado estado de deterioro a causa del uso intenso de las actividades turísticas y al fácil acceso que estos tienen.

Los arrecifes de barrera localizados al sur de la isla, mantienen en su gran mayoría un buen estado de conservación, teniendo como únicos daños apreciables son los que produce el contacto de los buzos.

Se pronostica un impacto ambiental de gran significancia sobre los arrecifes de barrera y de parche, debido al crecimiento turístico y a la ausencia de planeación en esta área natural. Los impactos por ahora son poco perceptibles, pero irán gradualmente en aumento y en un plazo de 5 a 10 años los arrecifes de éstas zonas tendrán un fuerte estado de deterioro similar al que muestran los arrecifes bordeantes.

La administración del Parque Nacional Marino, deberá contemplar un adecuado plan de manejo y ordenamiento ecológico, que asegure el futuro del sistema arrecifal como área lo más natural posible, garantizando la manutención de los procesos ecológicos, la preservación de las especies y su aprovechamiento sostenido. De lo contrario, todo intento de protección fracasará.

El sistema lacustre conforma un hábitat natural con gran número de especies marinas y terrestres, además de contener importante variedad de endemismos. Ello lo convierte en una relevante zona natural de gran valor ecológico, por lo que es necesario considerarla como una área natural protegida sujeta a los mismos lineamientos del Parque Nacional Marino. Solo así podrá garantizarse su protección.

La habilitación de la zonificación propuesta en este trabajo frenará la expansión urbana y mitigará los impactos antropogénicos que afectan al sistema arrecifal coralino; por lo cual, deberán regularse , reglamentarse y jerarquizarse adecuadamente los usos y destinos de las áreas tanto terrestres como marinas.

GLOSARIO

Abrasión: proceso de destrucción mecánica de las rocas

Calcáreo: rico en sales de calcio.

Caleta: ensenada, conjunto de los descargadores de barcos en un puerto de mar.

Coquinas: rocas carbonatadas formadas por restos microfósiles.

Ectodermo: capa celular exterior de los discos oral y basal, tentáculos y columna del pólipo.

Endodermo: capa celular interior del pólipo.

Evaluación: proceso cuyo objetivo es valorar o comparar las consecuencias de distintas alternativas de actuación, para orientar la toma de decisiones hacia la alternativa mas adecuada en cada caso concreto.

Escleractinios: corales duros que forman arrecife. Sin. hermatípico.

Freático: aguas subterráneas que se encuentran sobre una capa permeable.

Hermatípico: coral que forma arrecife.

Impacto ambiental: se entiende por impacto ambiental la acción o actividad que produce una alteración favorable o adversa sobre el ambiente o, en alguno de sus componentes.

isobata: adj. de igual profundidad, línea que une en un mapa batimétrico los puntos de igual profundidad del fondo de los mares.

Litificación: Proceso de compactación y endurecimiento del sedimento que mas tarde forma una roca.

Lixiviación: proceso de disolución diferencial que se produce en algunos tipos de rocas.

Margoso: terreno compuesto por roca arcillosa-carbonatada sedimentaria.

Matriz de impacto: modelo de representación física o matemática que reproduce las características y condiciones de un ecosistema real, de modo que analizando la información y las interacciones existentes, podamos llegar a la percepción y comprensión del comportamiento de tal sistema

Mesenterio: Lámina de tejido radial de la cavidad gastrovascular del pólipo.

Mesoglea: capa media gelatinosa sin células.

Nortes: vientos provenientes del norte cargados de humedad con velocidades de de 30 km/h.

Ombrotérmico: Diagrama en el que se reflejan datos de temperatura y precipitación medios mensuales (2 milímetros de precipitación por un grado centigrado de temperatura).

Ordenamiento: preparación técnica y científica del uso óptimo del territorio según su vocación.

Pólipo: individuo celenterado sésil de cuerpo hueco, con la boca rodeada por tentáculos, pueden ser solitarios o coloniales.

Simbiosis: interacción entre dos poblaciones en las que ambas se ven favorecidas.

Terraza marina: superficie plana o débilmente inclinada que se forma en la costa de un mar a causa de un movimiento tectónico.

Transgresión: invasión de la tierra firme por el mar debido a movimientos tectónicos o por ascenso del nivel del océano.

Zooxantelas: algas marinas fotosintéticas de la familia de las Dinofíceas.

Zonificación: división de una área en porciones menores en donde cada una esta definida en base a características específicas y elementos que la conforman.

REFERENCIAS

- Asociación de Prestadores de Servicios Subacuáticos de Cozumel, A.C., 1987. Documento de denuncia a las autoridades de la SEDUE. Doc.268. Oficina central de SEDUE. Cozumel, Quintana Roo. Marzo 31.
- Bloom. A.L., 1974. Quaternary sea level fluctuacions on a tectonic: new TH-230/U-234 dates from New Guinea. *Quat.Res.*,4:185-205.
- Bloom, A.L.1978. *Geomorfology Pretice*. Hall New York.
- Capitanía de Puerto, 1992. Registro anual del número de embarcaciones dadas de alta para operar en el mar, Cozumel Quintana Roo.
- Conesa V., 1993. Guía metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental. Colegio Oficial de Ingenieros. Madrid.273 p.
- Cousteau, J.1980. El espectro de la contaminación. Mundo Submarino. Enciclopedia Costeu tomo 20.Urbín España.
- Dahl, A.1977. Monitoring Coral Reef for urban impact. *Bull.Mar.Sci* 31(30) 5544-551.
- Estevan, Bolea, 1980. Las evaluaciones de impacto ambiental. CISCA. Madrid España. 100 p.
- Ezcurra, Exequiel y Chávez A.,1985. Evaluación del Impacto Ambiental de proyecto hotelero en el área de la Laguna de Colombia, Quintana Roo. Instituto de Ecología. México, D.F.
- Fenner, Douglas, 1991. Effects of hurricane gilbert on Coral Reefs, fishes and sponges at Cozumel, México. *Bulletin of marine science*, 48(3): 719-730.
- Fenner, Douglas,1988. Some leeguard Reef and Coral of México. *Bouulletin of marine science* 2(1).133-144.
- Flores Guido, 1983. Vegetación Insular de la Península de Yucatán.*Biol.Soc.Bot.México* 45:23-27.
- García Enriqueta,1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Koopen.Tercera edición.Instituto de Geografía .UNAM.
- Goreu, Thomas, 1979. Corals and Coral Reefs. *Scientific american*. Agosto.241 (2): 124-135.
- Griqq. Richard, 1981. Coral Reef Resource Managment: a fiver year reserch program in the Hawaiian Archipiélago. *Proceedings of the fourth international Coral Reef symposium, Manila Vol. 1*.
- Human, Paul, 1993. Coral Reef identification, Florida, Carribean Bahamas.

Jaúregui, E., 1980. Los ciclones y tormentas tropicales en Quintana Roo durante el período 1871-1978. Problemática y Perspectivas de Quintana Roo. UNAM.CIQRO, pp.47-64.

Johanes, R., 1997. Marine communities respond differently to pollution in the tropics than at higher latitudes. Department of zoology, Georgia. Mar. Sci.

Jordán, E., 1978. Los Corales. Naturaleza, 5298-306.

Jordán, E., 1979. Estructura y composición de los arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. An. Centro Cienc. Limnol. Univ. Nal. Auton. México, 6(1):69-86.

Jordán, E., 1987. Informe final del proyecto "Arrecifes Coralinos del Caribe Mexicano: su potencial de uso". CONACYT-ICML, UNAM.

Jordán, E., 1988. Arrecifes profundos en la isla de Cozumel, México. An. cienc. del mar y limnol. univ. nal. autón. México, 15 (2): 195-208 (1988).

Jordán, E., 1989. Efecto de la morfología del sustrato en el desarrollo de la comunidad coralina. Ans. inst. cienc. del mar y limnol. Univ. Nal. Auton. México, 16(1): 105-118 (1989).

Jordán, E., 1994. Opinión personal acerca de los posibles efectos de la construcción de un muelle de atraque para cruceros turísticos en los Arrecifes Coralinos de Cozumel.

Kelleher, G., 1981. Research needs for coral reef management planning. Proceedings of the fourth international Coral symposium. Manila. Vol. 1.

Ladislao U., Los corales del Caribe Mexicano. Información científica y tecnológica. No. 7. México.

Lewbel G. y Martín, 1984. Diving Guide to Cozumel. Houston, Texas.

Logan, B., 1969. Coral Reefs and Banks, Yucatán Shelf, México. in: Logan, Harding, Alan, Williams y Sned (Eds.). Mem. Assoc. Petrol. Geol. 11: 129-196.

López Ramos, 1981. Geología de México. Tomo III. México. D.F. 5ª edic.

Lexis 22. Zoología, 1996. Diccionario enciclopédico. círculo de lectores S.A. Barcelona, España. 286 páginas.

P.N.U.M.A., 1982. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Basado en la labor de Bernard Rollet, consultor del programa de Investigaciones y Fomentos Pesqueros, Informe técnico N° 6.

Robinson, A., 1976. Recreation, interpretation and environment Education in Marine Parks: Concepts, planning and future directions. Session 5: Working paper No. 4: 99-119.

Salvat, Bernard.1981. Preservation of Coral Reef, past, present, and future. Proceedings of the fourth internacional Coral Reef Symposium, Manila. vol.1.pag.226.

Salvat, Bernard.1981. Preservation of Coral Reef, past, present, and future.Proceedings of the fourth internacional Coral Reef Symposium, Manila. vol.1.pag.226.

Secretaría de Marina, 1978. Estudio geográfico de la región de Cozumel, Quintana Roo.Dirección de Oceanografía Naval.

Secretaría de Marina, 1980. Decreto por el que se declara Zona de Refugio, para la Protección de la Flora y Fauna Marinas de la costa occidental de la isla Cozumel, Q. Roo. Diario Oficial,Primera Sección 13. Miercoles 11 de junio.

Secretaría de Pesca, 1990.. Acuerdo del establecimiento de la veda de latortuga marina. Diario Oficial de la Federación Jueves 31 de Mayo. pp.178.

SEDESOL, SEDUE, 1991. Plan director de desarrollo urbano de Cozumel Quintana Roo. Dirección municipal de obras públicas, departamento de planeación. Cozumel, México.

SEDESOL, 1993. Registro anual del programa para la protección de la tortuga marina en la Costa de Cozumel. Quintana Roo.

SEDUE, 1985. Resumen de los programas y actividades de la subdelegación de ecología deCozumel, Quintana Roo. SEDUE, Municipio de Cozumel.

SEDUE, 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente,

Stoddart, D., 1969. Ecology and Morfology of recent coral reef.Biol. Rev.,44,433-498.

Servicios Portuarios, 1991.Registro anual del número de atraques de cruceros Turísticos en la isla Cozumel, Quintana Roo.

SEMARNAP, 1989. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección para el Medio Ambiente del estado de Quintana Roo.Diario Oficial del 14 de abril. Gaceta Ecológica. Decreto 57.

SEMARNAP, 1991. Listado de especies raras, amenazadas en peligro de extinción o sujetas a protección especial y sus endemismos en la Republica Mexicana.. Gaceta Ecológica. Mayo.

SEMARNAP, 1996. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Arrecifes de Cozumel, ubicada frente a las costas del municipio de Cozumel, Estado de Quintana Roo. Diario Oficial, Viernes 19 de julio Primera sección. pag.4.

SEMARNAP, 1996. Se reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial Viernes 13 de dic.PP.5, 21-23.

SEMARNAP, 1996. Sistema Nacional de áreas naturales protegidas de México., Gaceta Ecológica, Publicación trimestral No.39.México.pag.5.

Spingel R.,1972. El subsuelo de la Península de Yucatán. IV Reunión mecánica de suelos. México.

Solis W., 1990. Medio ambiente y desarrollo en México. Vol.2. Miguel Angel Porrúa. pp.421-446.

Terminal de Cruceros Punta Langosta, S.A de C.V, 1996. Construcción de la terminal de cruceros punta langosta Cozumel, Quintana Roo.

Wust, G., 1964. Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean Basins. Columbia University Press, New York.

CARTOGRAFÍA

Plan Director de Desarrollo, 1991. Plan Director de Desarrollo Urbano Cozumel Quintana Roo. Plano E-3. SEDUE. Gob. del Estado de Quintana Roo. Escala 1: 70 000.

Secretaría de Marina, 1977-1982. Dirección General de Oceanografía. Isla Cozumel. Escala 1: 60, 000.

Zwick Peter, 1983. Historical Chart, and coral reef diving. Museo de la isla de Cozumel. México Escala 1:45 000.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI) s/f. Carta Climática, Uso Potencial, Geológica, Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Cozumel F16-11.

VIDEOGRAFÍA

Tate Tony, 1994. Daño por anclaje del crucero Crown Jewel, en el arrecife Villa Blanca (pared), video submarino tomado el 28 de enero. Cozumel Quintana Roo.

Tate Tony, 1995. Extirpamiento de las colonias coralinas de los Bolones de Paraíso Bajo, por la construcción del nuevo muelle turístico para cruceros. Video submarino tomado el 25 de enero, Cozumel Quintana Roo.

HEMEROGRAFÍA

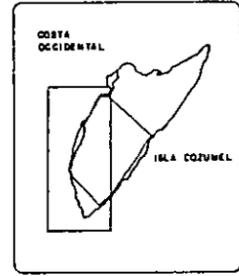
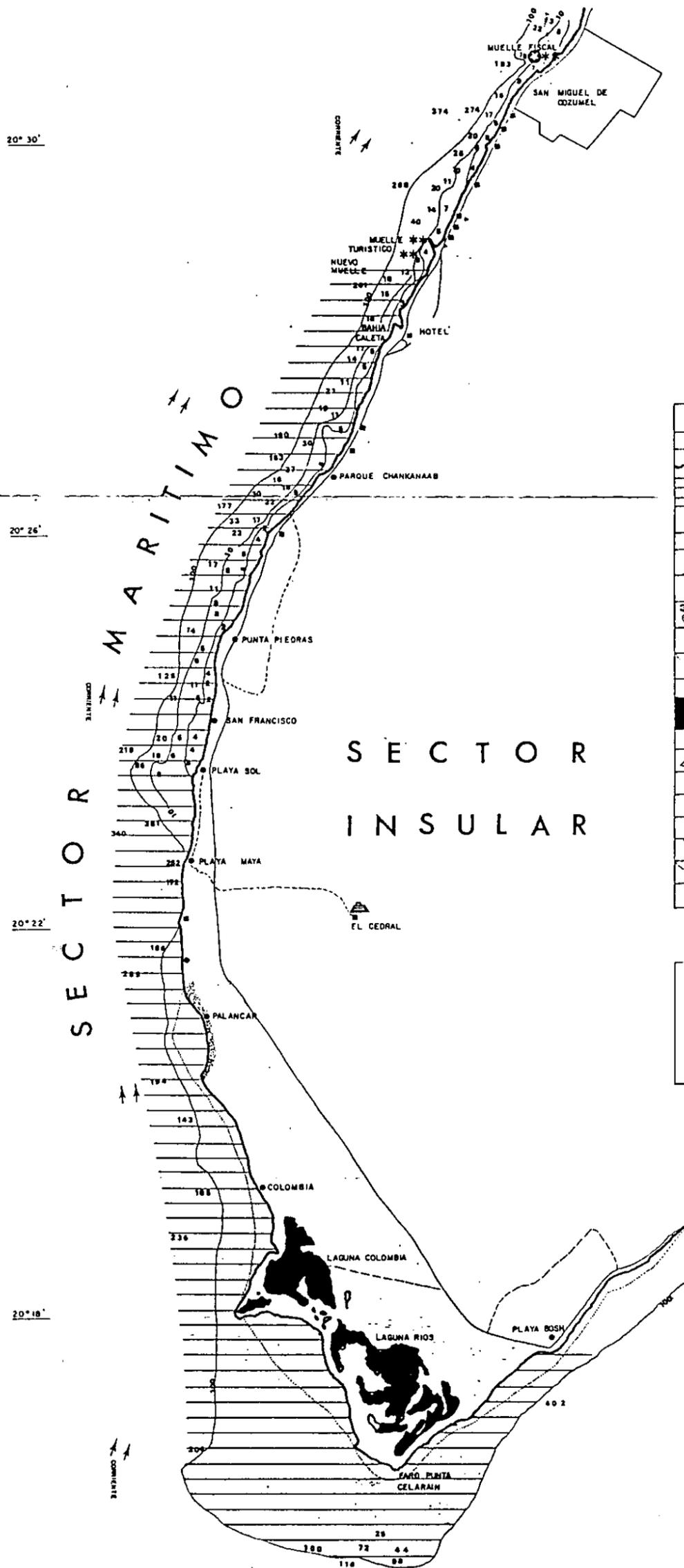
Tiempo de Cozumel, 1994. Daño irreversible a los corales por el anclaje de cruceros. 20 de abril. pp.13.

Tiempo de Cozumel.,1994. Urge la construcción de un muelle turístico para cruceros. 17 de marzo .pp.6.



**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

COSTA OCCIDENTAL ISLA COZUMEL



MAPA No. 1

DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO Y
BATIMETRIA GENERAL.

SIMBOLOGIA:	
DELIMITACION GENERAL	
	LIMITE COSTERO-INSULAR
	AREA DECLARADA PARQUE MARINO NACIONAL
	AREA GENERAL DE ESTUDIO
RASGOS GEOGRAFICOS MARINOS	
	ISOBATA
	PROFUNDIDAD LOCAL
	ARRECIFES CORALINOS
	FLUJOS DE CORRIENTE
	COMUNIDAD VEGETAL DE MANGLE
RASGOS GEOGRAFICOS INSULARES	
	CUERPOS LAGUNARES
RASGOS CULTURALES	
	ASENTAMIENTO HUMANO
	INSTALACIONES HOTELERAS
	MUELLES
	ZONAS COMERCIALES
	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	ZONA DE PLAYA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

TESIS: IMPACTO ECOLOGICO EN LOS ARRECIFES CORALINOS DE LA ISLA
COZUMEL, QUINTANA ROO, Y CONSIDERACIONES GENERALES RELATIVAS A SU
MANEJO.

MARIA TERESA PERDIGON CASTAÑEDA. 1997

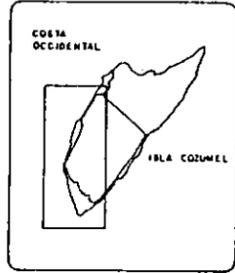
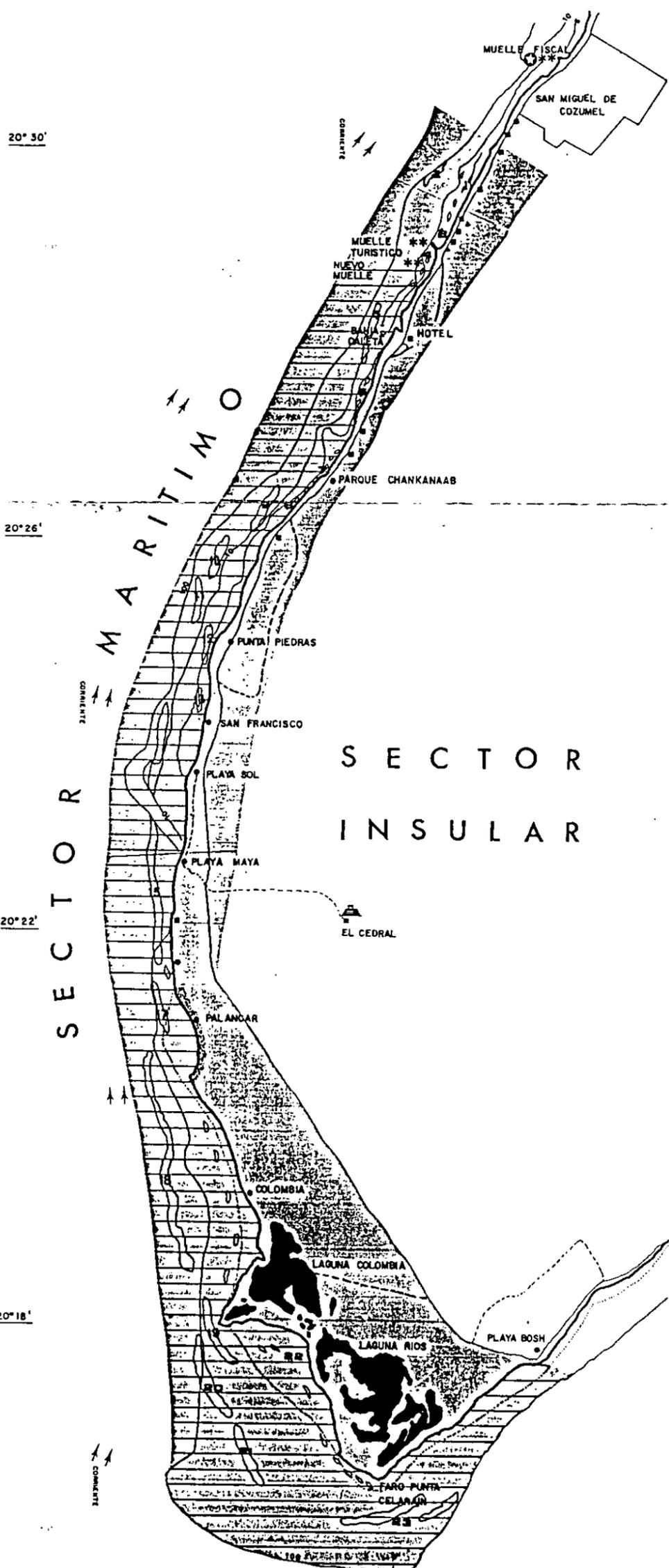


BASE: SECRETARIA DE MARINA, 1982. ESCALA 1:160 000

27° 06'

87° 06'

COSTA OCCIDENTAL ISLA COZUMEL



LOCALIZACION GEOGRAFICA Y CARACTERIZACION DE LOS MACIZOS ARRECIFALES CORALINOS.

MAPA No. 2

ARRECIFES DE COZUMEL.

1 VILLA BLANCA BAJO	6 DZUL-HA	11 YUCAB	16 PASO DEL CEDRAL	21 CHUNCHACAB
2 VILLA BLANCA	7 PARQUE CHANKANAAB	12 PUNTA TUNICH	17 LA FRANCESA	22 COLOMBIA BAJO
3 LA CEIBA	8 PLAYA CORONA	13 CARDONA	18 PALANCAR	23 MARACAJIO
4 PARAISO BAJO	9 CHANKANAAB	14 SAN FRANCISCO	19 PUNTA SIUR	
5 PARAISO	10 TORMENTOS	15 SANTA ROSA	20 COLOMBIA	

HOMBRE	PROFUNDIDAD EN METROS	FORMACIONES	ESPECIE DE CORALES DOMINANTES	TIPO DE CORRIENTES	GRADO DE DETERIORO
ARRECIFES BARRERA					
SANTA ROSA	15 A MAS	PARED PROFUNDA DE CORAL CON SALENTES Y QUEVAS	Agaricus agaricus	MODERADA A FUERTE	BAJO
VILLA BLANCA	12 A MAS	POCAS CABEZAS DE CORAL GRANDES	ESPOJAS	MODERADA	BAJO
PALANCAR	10 A MAS	MASIVAS CON SALENTES Y TUNELES	A Agaricus Agaricus	MODERADA A FUERTE	BAJO
COLOMBIA	15 A MAS	MASIVAS CON SALENTES Y TUNELES	A Agaricus	MODERADA A FUERTE	BAJO
SAN FRANCISCO	12 A MAS	CONTINUAS DE TAMAÑO MEDIO SALENTES	Puntas parvas	MODERADA A FUERTE	BAJO
PUNTA BUR	20 A MAS	MASIVAS TUNELES Y SALENTES	Agaricus Agaricus	FUERTE	MINIMO
PUNTA TUNICH	18 A MAS	POCAS CABEZAS GRANDES SALENTES	ESPOJAS	FUERTE	BAJO
LA FRANCESA	17 A MAS	FORMACIONES MASIVAS	A Agaricus	MODERADA	BAJO
CHUNCHACAB	20 A MAS	MASIVAS	MENASTRA CAVE ANOXA ESPOJAS	MODERADA A FUERTE	MINIMO
MARACAJIO	25 A MAS	POCAS CABEZAS GRANDES	MENASTRA LAS GRANDES ESPOJAS	MODERADA A FUERTE	MINIMO
ARRECIFES DE PARCHÉ					
PARAISO	10 A 15	FORMACIONES MEDIANAS CON SALENTES	A Agaricus	MODERADA	ALTO
CHANKANAAB	10 A 15	FORMACIONES MEDIANAS CON SALENTES	A Agaricus	DOMINAN AL SUR	MEDIO
TORMENTOS	13 A 20	FORMACIONES MEDIANAS GRANDES SALENTES	Puntas parvas	FUERTE	MEDIO
YUCAB	13 A 20	FORMACIONES MEDIANAS GRANDES SALENTES	Agaricus y Puntas p	FUERTE	MEDIO
PASO DEL CEDRAL	12 A 20	FORMACIONES MEDIANAS GRANDES SALENTES	Agaricus y Puntas p	FUERTE	MEDIO
COLOMBIA BAJO	8 A 10	FORMACIONES MEDIANAS GRANDES SALENTES	ESPOJAS Y CORALES BLANCOS	IGERA	ALTO
CARDONA	8 A 10	FORMACIONES MEDIANAS CON SALENTES	A Agaricus	MODERADA	MEDIO
ARRECIFES BORDANTES					
VILLA BLANCA	1 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	ESPOJAS Y CORALES BLANCOS	MODERADA	ALTA
LA CEIBA	1 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	ESPOJAS Y CORALES BLANCOS	SON FRECUENTES LOS CAMBIOS DE DIRECCION DE LAS CORRIENTES DE N.E. Y DE S.E.N	ALTA
P. CHANKANAAB	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	Agaricus Agaricus	IGERA	ALTA
DZUL-HA	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	Agaricus Agaricus	IGERA	ALTA
PARAISO BAJO	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	ESPOJAS Y CABEZAS DE CORAL	SON FRECUENTES LOS CAMBIOS DE DIRECCION DE LAS CORRIENTES DE N.E. Y DE S.E.N	MUY ALTA
PLAYA CORONA	2 A 10	FORMACIONES DE POCA ALTURA	ESPOJAS Y OTROS CORALES BLANCOS	IGERA	ALTA

SIMBOLOGIA:

DELIMITACION GENERAL

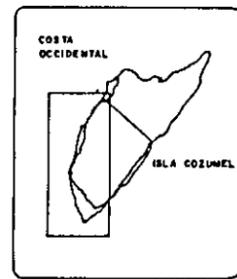
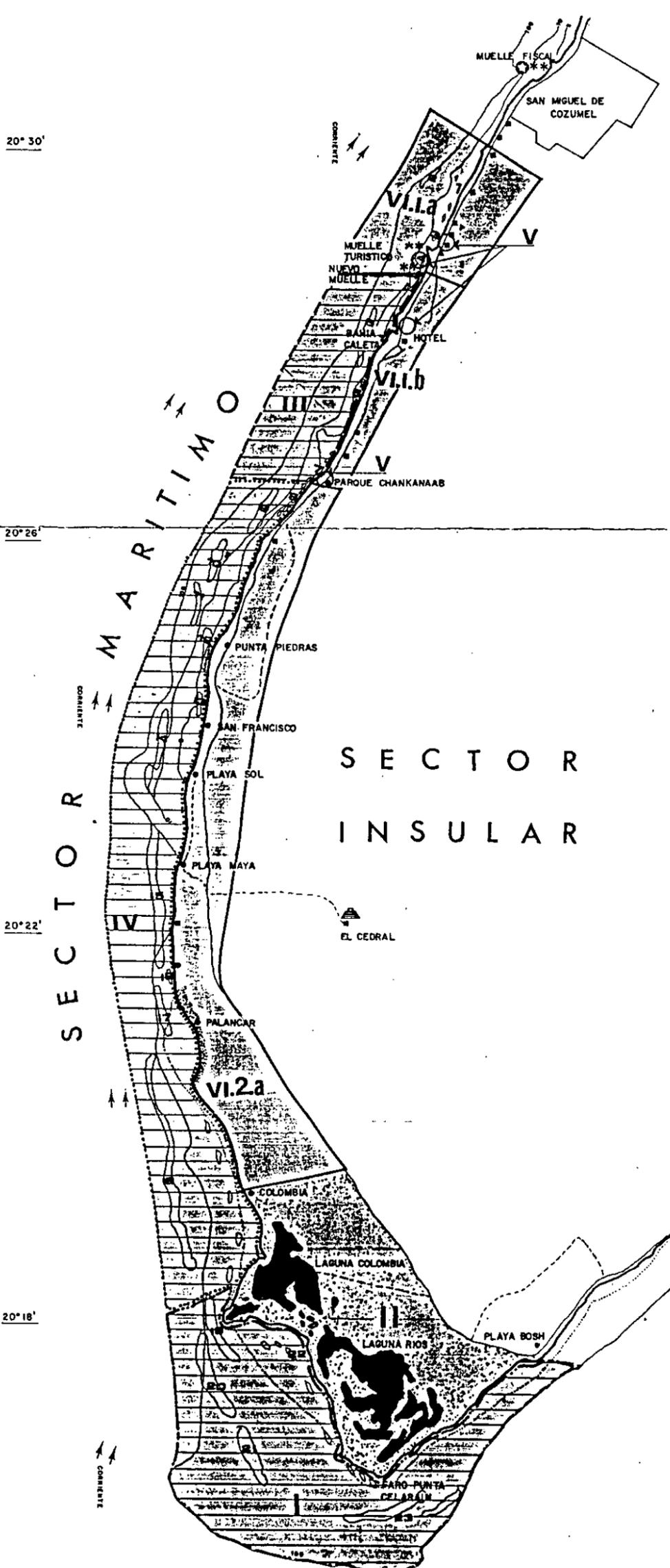
	LIMITE COSTERO-INSULAR
	AREA DECLARADA PARQUE MARINO NACIONAL
	AREA GENERAL DE ESTUDIO
RASGOS GEOGRAFICOS MARINOS	
	ISOBATA
	PROFUNDIDAD LOCAL
	ARRECIFES CORALINOS
	FLUJOS DE CORRIENTE
	COMUNIDAD VEGETAL DE MANGLE
RASGOS GEOGRAFICOS INSULARES	
	CUERPOS LAGUNARES
RASGOS CULTURALES	
	ASENTAMIENTO HUMANO
	INSTALACIONES HOTELERAS
	MUELLES
	ZONAS COMERCIALES
	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	ZONA DE PLAYA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

TESIS: IMPACTO ECOLOGICO EN LOS ARRECIFES CORALINOS DE LA ISLA COZUMEL, QUINTANA ROO, Y CONSIDERACIONES GENERALES RELATIVAS A SU MANEJO

MARIA TERESA PURDIGON CASTAÑEDA 1997

COSTA OCCIDENTAL ISLA COZUMEL



MAPA No. 3

PROPUESTA DE ZONIFICACION PARA MANEJAR Y PROTEGER EL ECOSISTEMA ARRECIFAL CORALINO Y SU AMBITO DE INFLUENCIA INSULAR.

CLAVE	ZONIFICACION	POLITICA AMBIENTAL	AMBITOS DE ACCION
I	ZONA DE PROTECCION Y PRESERVACION DEL ECOSISTEMA ARRECIFAL PROFUNDO.	PROTECCION	MARITIMO ARRECIFAL (PARQUE MARINO NACIONAL)
II	ZONA DE PROTECCION Y PRESERVACION DEL SISTEMA LAGUNAR.	PROTECCION	INSULAR COSTERO
III	ZONA DE USO ECOTURISTICO MARINO CONTROLADO Y DE BAJA DENSIDAD.	CONSERVACION	MARITIMO ARRECIFAL (P.M.N)
IV	ZONA DE USO ECOTURISTICO MARINO REGULADO Y DE MODERADA DENSIDAD.	CONSERVACION	MARITIMO ARRECIFAL (P.M.N)
V	AREAS PUNTUALES CORRESPONDIENTES AL P.CHANKANAAB, LAGUNA DEL AEROLITO, ARRECIFES PARAISO Y LA CEIBA.	RESTAURACION	ISULAR COSTERO Y MARITIMO ARRECIFAL
VI	ZONA DE AMORTIGUAMIENTO SUBZONA DE USO CONTROLADO Y REGULADO UNIDADES DE MANEJO:		
VI.1			
VI.1.a	DESARROLLO TURISTICO-URBANO INTENSIVO.	APROVECHA MIENTO.	INSULAR COSTERO Y MARITIMO ARRECIFAL.
VI.1.b	DESARROLLO TURISTICO DE BAJO IMPACTO.		
VI.2	SUBZONA TRANSICIONAL DE RESGUARDO ECOLOGICO		
VI.2.a	UNIDAD DE MANEJO: DESARROLLO TURISTICO-RECREATIVO RESTRINGIDO.		

ARRECIFES DE COZUMEL

1 VILLA BLANCA BAJO	6.DZUL-HA	11.YUCAB	16.PASO DEL CEDRAL	21.CHUNCHACAB
2 VILLA BLANCA	7.PARQUE CHANKANAAB	12.PUNTA TUNICH	17.LA FRANCESA	22.COLOMBIA BAJO
3.LA CEIBA	8.PLAYA CORONA	13.CARDONA	18.PALANCAR	23.MARACAIBO
4.PARAISO BAJO	9.CHANKANAAB	14.SAN FRANCISCO	19.PUNTA SUR	
5.PARAISO	10.TORMENTOS	15.SANTA ROSA	20.COLOMBIA	

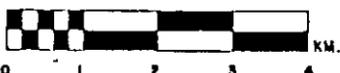
SIMBOLOGIA:

DELIMITACION GENERAL	
	LIMITE COSTERO-INSULAR
	AREA DECLARADA PARQUE MARINO NACIONAL
	AREA GENERAL DE ESTUDIO
RASGOS GEOGRAFICOS MARINOS	
	ISOBATA
	PROFUNDIDAD LOCAL
	ARRECIFES CORALINOS
	FLUJOS DE CORRIENTE
	COMUNIDAD VEGETAL DE MANGLE
RASGOS GEOGRAFICOS INSULARES	
	CUERPOS LAGUNARES
RASGOS CULTURALES	
	ASENTAMIENTO HUMANO
	INSTALACIONES HOTELERAS
	MUELLES
	ZONAS COMERCIALES
	CARRETERA PAVIMENTADA
	CAMINO DE TERRACERIA
	ZONA DE PLAYA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA ..

TESIS: IMPACTO ECOLOGICO EN LOS ARRECIFES CORALINOS DE LA ISLA COZUMEL, QUINTANA ROO, Y CONSIDERACIONES GENERALES RELATIVAS A SU MANEJO.

MARIA TERESA PERDIGON CASTAÑEDA 1997



87° 00'

CARTOGRAFIA DE CONSULTA: SECRETARIA DE MARINA, 1962. ESCALA 1:160 000.
ZWICK PETER, 1993, CARTA HISTORICA. ESCALA 1: 45000.
PLAN DIRECTOR, 1991, ORDENAMIENTO AMBIENTAL. ESC 1: 45000.