



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Caracterización de la comunidad de corales  
escleractinios de Playa Las Gatas, Zihuatanejo,  
Guerrero, México: Fisiografía y Estructura  
comunitaria

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

ISABEL VICTORIA SALAZAR



TUTORA: DRA. DENÍ CLAUDIA RODRÍGUEZ VARGAS

2007



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.

## Hoja de Datos del Jurado

|  |
|--|
| 1. Datos del alumno<br>Victoria<br>Salazar<br>Isael<br>56711318<br>Universidad Nacional Autónoma de México<br>Facultad de Ciencias<br>Biología<br>098041185  |
| 2. Datos del tutor<br>Dra.<br>Dení Claudia<br>Rodríguez<br>Vargas  |
| 3. Datos del sinodal 1<br>Dr.<br>Jorge Arturo<br>Meave<br>del Castillo   |
| 4. Datos del sinodal 2<br>Dr.<br>Zenón<br>Cano<br>Santana  |
| 5. Datos del sinodal 3<br>M. en C.<br>Carlos Federico<br>Candelaria<br>Silva   |
| 6. Datos del sinodal 4<br>Biól.<br>Juan Manuel<br>Oseguera<br>Cruz   |
| 7. Datos del trabajo escrito<br>Caracterización de la comunidad de corales escleractinios de playa Las Gatas,<br>Zihuatanejo, Guerrero, México: Fisiografía y Estructura comunitaria<br>52 p<br>2007 |

You can achieve the immortality simply by doing one great thing.

J.W. robot

Para realizar una obra de arte más que talento se necesita inspiración

Isael Victoria

En un hombre ignorante siempre hay espacio para una gran idea.

Oscar Wilde

## Agradecimientos

Quiero dedicar a mis padres, a quienes amo, este trabajo en agradecimiento por el apoyo que siempre me han brindado, por estimularme a buscar nuevos horizontes y por enseñarme a mirar siempre hacia adelante. A mi madre (Toña) por estar a mi lado en los momentos difíciles, por sus palabras de aliento en los momentos de desesperación y por incitarme a hacer siempre un mayor esfuerzo en todo lo que hago. A mi padre (Isaac) por que ha estado conmigo en los momentos difíciles, porque nunca dejó de estar pendiente de mí y mi desarrollo, por aceptar que esto es lo que quiero hacer de mi vida y sobre todo porque me enseñaste a ser mejor persona día con día. Gracias infinitamente por haberme dado la oportunidad de hacer lo que más me gusta.

A mi hermano Otoniel que siempre se interesó por el desarrollo de este trabajo. Gracias Oto por enseñarme que la imaginación es el principio del crecimiento, ojalá algún día puedas lograr tus sueños, te lo deseo de corazón. Gracias por estar a mi lado en esta vida y por tu apoyo, siempre estuviste cuando te necesité.

A mi tío José Victoria ya que sin su ayuda este trabajo se hubiese retrasado un tanto más en concluir. Tío de verdad me sacó de un gran apuro y le estaré siempre agradecido.

Un agradecimiento especial y profundo a Ariana (Aris) por enseñarme que no importan las dificultades y que siempre hay un camino por seguir. Por tu amor y compañía, y por todo este tiempo que has estado conmigo. A ti mi amor y respeto.

A la Dra. Dení Rodríguez por haber confiado en mí, en este proyecto y sobre todo por su apoyo. Espero que este trabajo y mi esfuerzo al realizarlo permitan que esté satisfecha por haber depositado su confianza en mí y mis capacidades. Al Dr. Zenón Cano por sus enseñanzas y por mostrarme que la Ecología es una disciplina maravillosa, gracias amigo. Al Dr. Jorge Meave le agradezco sus comentarios a este trabajo y todas sus bromas. Al M. en C. Carlos Candelaria por sus argumentos, comentarios y palabras de apoyo. Al Biól. Juan Manuel Oseguera por sus agudos comentarios y por su ayuda, gracias Manito.

Al grupo de trabajo de la Dra. Dení por apoyarme en el campo, por sus sugerencias y apoyo en los momentos de confusión. Al apoyo del maestro Alejandro Martínez Mena por su apoyo en las fotografías de microscopio utilizadas en este trabajo.

A mis amigos Ileana y Alfredo (Adrian) por su apoyo y amistad. A todas las personas que he se han detenido en su camino para preguntarme sobre el proceso de este trabajo les agradezco. A Jannette que siempre me preguntó cómo iba este trabajo, espero poder ayudarte en el tuyo. A todos gracias por preguntar y por echarme porras.

## **Resumen**

### **1. Introducción**

- 1.1. La comunidad y su estructura
- 1.2. Los arrecifes coralinos y las comunidades de corales
- 1.3. La estructura de las comunidades coralinas alrededor del
- 1.4. Comunidades de coral en el Pacífico tropical americano y mexicano

### **2. Justificación**

### **3. Objetivos**

### **4. Métodos**

- 4.1. Sitio de estudio
- 4.2. Trabajo de campo
- 4.3. Trabajo de laboratorio
- 4.4. Trabajo de gabinete
  - 4.4.1. *Fisiografía*
  - 4.4.2. *Determinación taxonómica*
  - 4.4.3. *Cobertura*
  - 4.4.4. *Distribución horizontal y vertical*
  - 4.4.5. *Diversidad*
  - 4.4.6. *Equitatividad y valor de importancia*

### **5. Resultados**

- 5.1. Área de muestreo
- 5.2. Fisiografía del sitio de estudio
- 5.3. Riqueza y composición
- 5.4. Cobertura
- 5.5. Ubicación espacial
  - 5.5.1. *Distribución vertical*
  - 5.5.2. *Distribución horizontal*
- 5.6. Diversidad
- 5.7. Equitatividad y valor de importancia

### **6. Discusión**

- 6.1. Método de muestreo
- 6.2. Fisiografía y condiciones ambientales
- 6.3. Estructura comunitaria

- 6.3.1. *Riqueza composición y abundancia*
- 6.3.2. *Distribución vertical y horizontal*
- 6.3.3. Diversidad, equitatividad y valor de importancia
- 6.4. Estado de conservación

### **Literatura citada**

### **Apéndice**

Victoria-Salazar, I. 2007. *Caracterización de la comunidad de corales escleractinios de playa Las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, México: Fisiografía y Estructura comunitaria*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 52 pp.

### **RESUMEN**

En el Pacífico tropical mexicano el estudio de las comunidades de corales, en términos de su estructura, se ha centrado en el reconocimiento de los efectos de los fenómenos de disturbio sobre las comunidades, y en muy pocos casos es un punto de partida sobre el comportamiento de la comunidad, en términos de su estructura, a través del tiempo.

La comunidad de corales escleractinios, objeto de estudio de este trabajo, se encuentra en Playa Las Gatas, dentro de la Bahía de Zihuatanejo, Guerrero. Esta comunidad no había sido estudiada dentro de los estudios de corte ecológico que en esta playa se han hecho.

En el presente trabajo se hace un análisis de la estructura de la comunidad de corales escleractinios de Playa Las Gatas. En este análisis se incluyen los patrones de distribución, además del análisis de la composición, la riqueza, la cobertura específicas, la diversidad y la equitatividad. Además, se hace una comparación general con otras comunidades de Pacífico tropical americano y con otras comunidades del mundo.

Por otra parte, se presenta una alternativa de muestreo no destructivo, el cual ofrece datos representativos sobre los componentes de la comunidad. Además, este método permite un ahorro económico en el muestreo y aumenta la velocidad de muestreo, permitiendo que éste abarque mayor superficie por unidad de esfuerzo.

En Playa Las Gatas se encontraron cinco especies pertenecientes al género *Pocillopora*: *P. effusus*, *P. verrucosa*, *P. damicornis*, *P. meandrina* y *P. elegans*. *P. effusus* es un registro nuevo para el Pacífico tropical mexicano. El índice de diversidad de esta comunidad la ubica como una de las más diversas del Pacífico tropical americano. El índice de equitatividad revela que no existe dominancia de ninguna especie. Se encontró que las colonias de coral presentan un patrón de distribución agregada, lo cual sugiere que la fragmentación es la principal fuente de material que origina colonias. Por otra parte, se encontró que la cobertura de coral de Playa Las Gatas está muy por debajo en comparación con otras comunidades del Pacífico tropical americano.

No hubo diferencias significativas entre los índices de diversidad de Playa Las Gatas y Caleta de Chon. Sin embargo, el desarrollo de la comunidad de Playa Las Gatas está muy por debajo de Caleta de Chon. Esto puede deberse a que en Playa Las Gatas existe un fuerte régimen de disturbio producto de las actividades que ahí se desarrollan.

## 1. Introducción

### 1.1. La comunidad y su estructura

Las comunidades son ensambles de poblaciones de diferentes especies que coexisten en un espacio y tiempo determinado (Krebs, 1978; Roughgarden y Diamond, 1986; Underwood, 1986; Begon et al. 2006). Dentro de ellas las poblaciones mantienen interacciones (i. e. competencia, depredación, etc.) y una de sus propiedades emergentes es la estructura comunitaria.

Al hablar de estructura comunitaria uno puede referirse tanto a la estructura física como a la biológica (Krebs, 1987). La estructura física de una comunidad se refiere al arreglo espacial que tiene cada uno de sus componentes; árboles, arbustos, colonias o macizos de coral (Krebs, 1978). La estructura biológica de una comunidad, por su parte, se refiere a la composición, riqueza y abundancia específicas, así como las relaciones entre las especies en la comunidad (Krebs, 1978; Morin, 1999; Begon *et al.*, 2006).

Abordar la estructura comunitaria tanto física como biológica a través de estudios multitemporales permite extraer información para conocer el comportamiento de las comunidades (Krebs, 1978; Underwood, 1986; Begon *et al.* 2006). De esta manera, es posible entender cómo se comportan las comunidades ante los fenómenos de disturbio a través del tiempo y diseñar estrategias de protección y restauración (Loya, 1972; Done *et al.*, 1991; Wielgus *et al.*, 2003).

### 1.2. Los arrecifes coralinos y las comunidades de corales

Se considera arrecife a aquella comunidad de corales escleractinios que se encuentra creciendo sobre un sustrato consolidado, el cual es producto de los

depósitos de las estructuras calcáreas generadas por los mismos corales, por lo que son aquellas colonias muertas que proporcionan espacios para el asentamiento de nuevas colonias de coral, dando pie a un crecimiento vertical y acumulativo que se denomina basamento. El desarrollo de este tipo de comunidades se da a través de periodos de tiempo geológicos (Veron, 2000).

Los arrecifes consolidados constituyen la expresión más desarrollada de una comunidad coralina y han sido comparados con los bosques tropicales lluviosos en cuanto a su alta productividad y el gran número de interacciones que se llevan a cabo en su interior (Loya, 1972), dadas por el gran número de especies, las cuales tienen una gran variedad de nichos, constituyendo así una de las conjunciones bióticas más complejas entre los sistemas marinos litorales (Wainwright, 1965; Loya, 1972; Hatcher, 1991; Guzmán y Holst, 1994).

Una comunidad de corales escleractinios está constituida por estructuras calcáreas que soportan el crecimiento en vertical, pero que no constituyen un basamento consolidado, sino que las colonias se encuentran fijas sobre otro tipo de sustrato (Wainwright, 1965). Estas comunidades son originadas por pólipos de coral caracterizados por tener una intensa actividad constructora (Vaughan y Wells, 1943; Barnes, 1989; Bernárdez, 1993; Guzmán y Holst, 1994). Esta actividad es favorecida por la simbiosis con microalgas zooxanteladas que permiten a los pólipos de coral obtener carbohidratos, además de recibir un aporte de oxígeno del medio circundante inmediato, que son productos de los procesos fotosintéticos de las algas. Por su parte, las algas obtienen compuestos ricos en nitrógeno y fósforo que son derivados de los procesos metabólicos de los pólipos (Goreau *et al.*, 1979; Barnes, 1989).

Cuando los pólipos mueren, las estructuras esqueléticas del coral constituyen el soporte basal del tejido coralino vivo distal y además sirven como sustrato para el establecimiento de muchos organismos invertebrados, incluyendo las propias larvas de coral y algas. Además, brindan refugio para peces y para especies de poliquetos, crustáceos, moluscos y equinodermos, entre otros grupos, por lo que son sistemas de alta productividad y complejidad biótica (Wainwright, 1965; Loya, 1972; Hatcher, 1991; Guzmán y Holst, 1994).

El desarrollo de una comunidad coralina está influenciado por muchos factores, como la historia de vida de los propios corales (en especial las tasas relativas de crecimiento), y los procesos físico-mecánicos y bióticos que afectan su establecimiento y supervivencia (Done *et al.*, 1991). Así, las comunidades coralinas serán potenciales formadoras de arrecifes, en tanto que entre su composición estén presentes aquellas especies de coral cuyas estructuras calcáreas sean capaces de soportar fenómenos de disturbio con pérdidas mínimas de esas estructuras (Done *et al.*, 1991; Veron 2000). Con estas características las estructuras calcáreas se acumulan a través del tiempo, ampliando el sustrato disponible y ofreciendo espacios nuevos para el asentamiento de las especies presentes, así como de otras nuevas. Finalmente, después de una gran acumulación constante de estas estructuras el sustrato de asentamiento será de origen diferente del inicial (orgánico calcáreo), dando lugar a un arrecife (Veron 2000).

Las estructuras calcáreas formadas por los corales brindan protección a las colonias de coral contra el oleaje y las tormentas, y al mismo tiempo proporcionan protección y estabilidad a las zonas litorales, evitando su erosión. Además,

constituyen zonas para las pesquerías de subsistencia (UNEP/IUCN, 1988; Spurgeon, 1992). El análisis de la estructura comunitaria a través de periodos largos de tiempo permite reconocer cuando un fenómeno de disturbio afecta y cómo se modifican los parámetros estructurales ante éstos fenómenos de disturbio (Loya, 1972; Wielgus *et al.*, 2003).

### 1.3. La estructura de las comunidades coralinas alrededor del mundo

Alrededor del mundo la estructura de las comunidades de corales escleractinios ha sido utilizada para determinar el estado de conservación tanto de arrecifes, como de comunidades no consolidadas dentro de éstos, y en muy pocos casos es utilizada como punto de partida para el entendimiento del funcionamiento de las comunidades (Loya, 1972; Burns, 1985; Done *et al.*, 1991; Riegl, 1999; Wielgus *et al.*, 2003; DeVantier *et al.*, 2006).

Loya (1972) manifestó que la principal necesidad en el estudio de comunidades de corales escleractinios es determinar adecuadamente la estructura comunitaria coralina como primer paso para comprender, de una mejor manera, las relaciones interespecíficas entre los corales y con las especies asociadas a éstos, para lo cual es importante definir bien la forma de medir los parámetros estructurales de la comunidad. En su trabajo, Loya analizó también las ventajas y desventajas del uso de cada una de las formas de medir la diversidad de una comunidad, así como las condiciones que la comunidad presenta, e indica enfáticamente el cuidado que se debe tener en el diseño metodológico para no subestimar la complejidad de la estructura de una comunidad de corales (Loya, 1972).

Al evaluar la estructura comunitaria de los arrecifes Triumph, Long, Ajax, y Pacific, ubicados en el sur de Florida, Burns (1985) encontró que las tasas reproductivas y de reclutamiento son afectadas principalmente por corrientes de agua fría y no por los huracanes. Además, sugirió que estas alteraciones a las tasas reproductivas y de reclutamiento favorecen que los índices de diversidad se mantengan relativamente bajos.

Dustan y Halas (1987) destacaron la importancia de conocer los aspectos ecológicos de las comunidades de corales y en los arrecifes, con el fin de detectar síntomas de disfuncionalidad como respuesta a los disturbios, ya que es a través del análisis de la diversidad, la abundancia y la composición específica que se puede diagnosticar el estado de conservación de dichas comunidades de una manera integral.

En el Puerto Eilat, Mar Rojo, Israel, Wielgus *et al.* (2003) llevaron a cabo un análisis de la estructura comunitaria en dos sitios con diferentes niveles de contaminación y bajo la influencia de los efectos causados por un evento de marea baja extrema en el que se produjo una mortalidad masiva de las colonias de coral. Después del fenómeno de disturbio, la velocidad de recuperación de la comunidad del puerto estuvo limitada principalmente por la cantidad de contaminantes presentes, ya que encontraron que la cobertura de las siete especies más comunes en el área más contaminada disminuyó de 19.8% en 1969 a 2.2% en 1973 cuando se presentó el fenómeno de marea baja, y en el año 2001 se observó una ligera recuperación de la cobertura a 4.4% del sustrato. Mientras tanto, la comunidad con un índice de contaminación menor logró recuperar su estructura comunitaria en tan sólo tres años después del disturbio.

En un análisis sobre la estructura comunitaria entre dos tipos de arrecife con sustrato natural y artificial, y con dos tipos de corales (hermatípicos y ahermatípicos), Perkol-Finkel y Benayahu (2004) reconocieron que los arrecifes coralinos artificiales pueden ser diseñados y utilizados como una opción para la recuperación de zonas perturbadas, así como de las comunidades con las cuales interactúan. La importancia biológica del estudio de Perkol-Finkel y Benayahu radica en lo esencial que es determinar cómo se estructuran y cómo se expresan las comunidades de ambos tipos de corales en arrecifes con dos tipos de sustrato, como uno de los principales elementos del conocimiento de la ecología de corales con miras a su conservación y a la restauración de las zonas que habitan.

#### 1.4. Comunidades de coral en el Pacífico tropical americano y mexicano

El estudio de las comunidades coralinas dentro y fuera de arrecifes en el Pacífico tropical americano (PTA) y mexicano (PTM) empieza a tomar fuerza hace unos 10 a 20 años, y este auge se debe principalmente al interés por conocer los efectos del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), aunque también a la presencia de otros factores de disturbio tales como la sedimentación (Ochoa *et al.*, 1998; Glynn, 2000; Reyes-Bonilla, 2001). Hasta entonces, al menos para el PTM, el estudio de las comunidades coralinas parecía no tener relevancia debido a su supuesta escasez en la zona y más en concreto a la ausencia de arrecifes verdaderos.

Dentro del PTM, a excepción de algunos casos, el estudio de las comunidades coralinas no se ha realizado de manera rigurosa y esto ha impedido que se puedan obtener secuencias temporales del cambio sucesional de su

estructura. Esta información hace falta porque sólo así se podrá poder conocer su estado actual y su funcionamiento a través de tiempo, lo cual permitirá elaborar estrategias de recuperación ante fenómenos de disturbio.

Dentro del PTM, uno de los primero estudios que evaluó la estructura comunitaria como directriz fue realizado por Carriquiry y Reyes-Bonilla (1997) para los arrecifes coralinos de Nayarit. En su trabajo ellos describen la estructura y distribución de los principales arrecifes y comunidades coralinas en Nayarit, específicamente en los alrededores de Punta Mita. Para el área estudiada ellos encontraron una riqueza de nueve especies de corales escleractinios (la cual es considerada alta por los autores), cinco de las cuales fueron encontradas en los transectos utilizados para la determinación de la estructura comunitaria. La diversidad encontrada por ellos fue baja ( $H'_{LN} = 0.55$ ) debido a la dominancia de *Pocillopora damicornis*; además, encontraron que las comunidades analizadas presentaron un clara zonación en el patrón de distribución de las especies que las conforman (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997)

En la zona de la bahía de Zihuatanejo, uno de los primeros trabajos, si no es que el primero y único reportado hasta la fecha, sobre la estructura comunitaria de los corales escleractinios, fue realizado por Oseguera-Cruz (2004). En este estudio se encontró que la comunidad de corales escleractinios de Caleta del Chon está dominada por especies del género *Pocillopora* (cinco especies de seis encontradas) y que estas especies se encuentran formando bloques mono y poliespecíficos, los cuales sirven de sustrato de colonización para larvas y fragmentos de especies del mismo género u otro tipo de organismos, cuando los corales mueren (algas, bivalvos, moluscos, entre otros) (Oseguera-Cruz, 2004).

En cuanto a la estructura comunitaria, él encontró que aunque presenta un número reducido de especies (6) es una de las comunidades más diversas ( $H'_{\text{Log10}} = 0.67$ ) en el PTA y el PTM, con una ligera dominancia por parte de *Pocillopora meandrina* (Oseguera-Cruz, 2004).

Este trabajo de tesis se desarrolla en Playa Las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, México, donde se presenta una comunidad de corales escleractinios. A través del análisis de su estructura comunitaria se pretende conocer la diversidad de la comunidad y compararla con algunas comunidades del mundo y principalmente con las del PTA y el PTM. Por otra parte, se pretende reconocer cómo es la fisiografía del sustrato, así como inferir su influencia en el asentamiento de las colonias de coral.

## **2. Justificación**

La comunidad coralina de Playa Las Gatas que no había sido estudiada previamente, según observaciones *in situ* realizadas a propósito de estudio de otros organismos (algas, moluscos y otros invertebrados), parece tener un desarrollo moderado por la aparente escasez y dispersión de las colonias en la localidad, que se hace más notable si se compara con comunidades aledañas, como la de Caleta del Chon (Oseguera-Cruz, 2004) o con otras del resto del Pacífico Tropical Mexicano, como la de Punta Mita en Nayarit (Carriquiry y Reyes Bonilla, 1997). Se trata de una comunidad que se encuentra bajo un régimen de disturbio alto debido a las actividades comerciales y recreativas de la playa, y a la extracción furtiva intensiva de recursos marinos asociados al coral, además de

que está sujeta al impacto que produce sobre el litoral el desarrollo urbano en expansión en las riberas de la bahía de Zihuatanejo.

Como una contribución al desarrollo del conocimiento de las comunidades de corales escleractinios, este estudio realizado en Playa Las Gatas se puso como meta realizar un diagnóstico general del estado de la comunidad coralina a partir de un análisis de su estructura, considerando que ésta es la principal integración de características que permiten aproximarnos de manera confiable al entendimiento de cómo se desarrollan este tipo de comunidades en un entorno con constantes disturbios (Loya, 1972; Dustan y Halas 1987; Done *et al.*, 1991). Asimismo, para tratar de ubicar la situación de la comunidad coralina de Playa Las Gatas, en este estudio se propuso hacer un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y los datos disponibles sobre comunidades coralinas de distintas zonas del Pacífico oriental.

### **3. Objetivos**

Los objetivos generales de esta tesis son:

1. Conocer el estado actual de la comunidad de corales escleractinios de Playa Las Gatas, a través de la cuantificación de sus parámetros estructurales.
2. Conocer el relieve del fondo marino donde se asienta la comunidad de corales escleractinios en el sitio de estudio, así como los elementos del sustrato que contribuyen a su conformación.

Los objetivos particulares derivados del anterior, son los siguientes:

1. Determinar la riqueza, la composición y la abundancia (por cobertura) específicas de la comunidad de corales escleractinios en el sitio de estudio.

2. Conocer la distribución vertical y horizontal de las especies que conforman la comunidad coralina del sitio de estudio.
3. Determinar los valores de diversidad y de equitatividad.
4. Determinar el valor de importancia (VI) de cada una de las especies de coral.
5. Determinar cómo los elementos del sustrato influyen el establecimiento de las colonias de coral.

#### **4. Métodos**

##### 4.1. Sitio de estudio

El trabajo de campo se desarrolló en playa Las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, México, situada en la parte sur de la bahía de Zihuatanejo entre los 17°37'18.38" y 17°37'19.41" latitud N, y los 101°33'08.12" y los 101°32'14.72" longitud O (Fig. 4.1). Es una pequeña bahía en forma de "U" abierta, con una orientación general O-E y una extensión litoral aproximada de 600 m (Rodríguez *et al.*, com. pers.). Es una playa de arena gruesa y cuenta con un rompeolas de origen desconocido (denominado como "el pretil" por los lugareños), paralelo y ubicado a 60 m aproximadamente de la línea de costa (Rodríguez *et al.*, com. pers.). El pretil está definido como un aglomerado pedregoso conformado por piedras de forma irregular y de tamaño variable (20 cm hasta 1.5 m) (Rodríguez *et al.*, com. pers.), divide la ensenada en la que se ubica la playa conformando una especie de laguna interna, somera y protegida del embate directo de las olas, semejante a una laguna arrecifal en la parte sureste; y la parte noroeste, que es la parte externa y que conforma parte de la bocana de la bahía. En su extremo oeste la

playa se encuentra limitada por el remanente de un manglar, mientras que al este está limitada por un acantilado de roca ígnea (García-Martínez, 2003).

El régimen de mareas corresponde al tipo mixto semidiurno o bimodal, con una amplitud de 60 cm (Rodríguez *et al.*, com. pers.). Los patrones de circulación están sujetos a una corriente litoral que tiene acceso a la bahía por la parte sur de la entrada a esta, haciendo un recorrido en dirección al este (Rodríguez *et al.*, com. pers.). El oleaje hace su recorrido tangencialmente a la línea de costa, con una tendencia general N-S, siendo la parte externa del pretil la más expuesta y siendo el lugar donde se crea condiciones de turbulencia y corrientes (Rodríguez *et al.*, com. pers.).

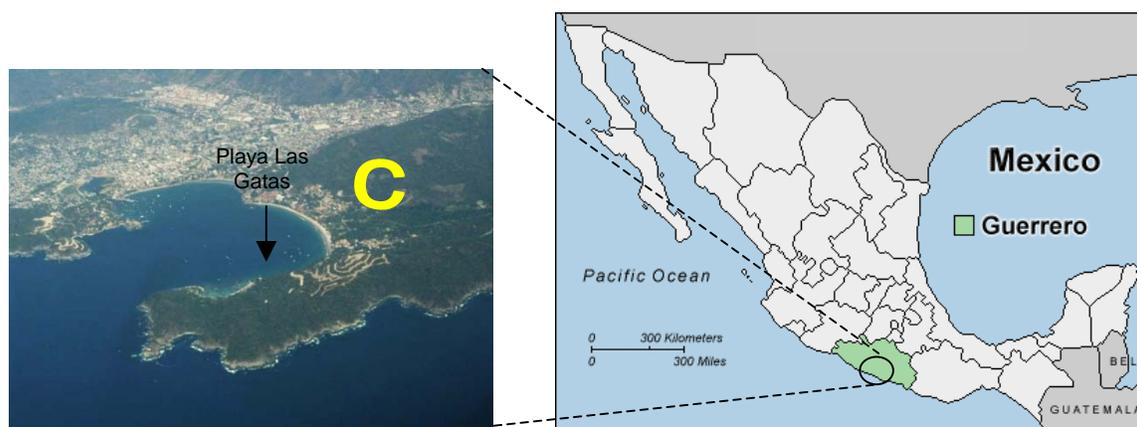


Figura 4.1. Ubicación geográfica de la región de Zihuatanejo, Gro., Méx.

En la parte noroeste de la porción externa del pretil se encuentra la comunidad de corales escleractinios objeto de estudio del presente trabajo ( $17^{\circ} 37' 17.60''$  N;  $101^{\circ} 33' 09.80''$  O y  $17^{\circ} 37' 18.04''$  N;  $101^{\circ} 33' 08.97''$  O; hacia el pretil y  $17^{\circ} 37' 18.60''$  N;  $101^{\circ} 33' 10.50''$  O y  $17^{\circ} 37' 19.07''$  N;  $101^{\circ} 33' 09.51''$  O alejándose del pretil) (Fig. 4.2). Esta comunidad de corales se caracteriza por

haberse desarrollado en un sustrato mixto con dominancia de rocas. El sitio fue escogido por presentar un mejor estado de conservación de las colonias de coral, además de que la presencia de colonias de coral es mayor que en el resto de la playa.

En Playa Las Gatas existen disturbios causados por las actividades tanto turísticas (buceo deportivo, arribo de cruceros, paso de lanchas, principalmente) como por las llevadas a cabo por los habitantes de la Bahía de Zihuatanejo (pesca y extracción furtiva de especies asociadas al coral). Los principales efectos de son sobre la tasa de sedimentación-resuspensión, producto del arribo de los cruceros y del paso de lanchas sobre el sitio de estudio. Por otra parte, la pesca y la extracción de las especies asociadas a los corales está reduciendo la cobertura de los colonias de coral, ya que éstas son fragmentadas para poder obtener acceso a las especies objetos de la extracción, i. e., peces y bivalvos (obs. pers.).



Figura 4.2. Fotografía aérea de Playa Las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, México. Se muestra posición del área de estudio.

#### 4.2. Trabajo de campo

Se realizaron buceos prospectivos en la parte externa de la playa los días 18 de junio y 19 de octubre de 2004 con la intención de reconocer el sitio e identificar aquellas zonas que tuvieran una mayor presencia de colonias de coral y un mejor estado de conservación, para que de esta manera se delimitara el sitio de muestreo (Fig. 4.2). Además, se elaboró una curva de acumulación de especies para determinar que el tamaño del área de muestreo, así como el número de muestras utilizadas fueran suficientemente representativos de la comunidad de corales escleractinios.

El muestreo se realizó los días 12 y 13 de enero de 2005, y se llevó a cabo mediante técnicas de buceo científico, utilizando equipo de buceo autónomo (SCUBA). El área abarcada en el estudio fue de 1120 m<sup>2</sup>. Para el muestreo se establecieron, como referencia, 15 líneas subacuáticas cuya dimensión fue de 40 m de largo; dichas líneas estaban paralelas y separadas entre sí por una distancia de 2 m y con una orientación hacia el noroeste de 270°. Las líneas fueron colocadas de forma perpendicular al pretil y aproximadamente a 30 m después de éste (Fig. 4.2). La longitud de las líneas fue determinada por los propios límites de la comunidad, ya que hacia la parte sureste ésta está delimitada por la presencia del pretil, mientras que en la parte noroeste está delimitada por la presencia de un arenal (obs. per.)

Con la intención de realizar un muestreo no destructivo, a lo largo de los transectos fueron tomadas fotografías con una cámara digital (Olympus C-8080) colocada dentro de una caja hermética. Las fotografías fueron tomadas con una separación de 2 m entre sí; como referencia se utilizó un cuadrado de PVC de 50

x 50 cm, y se tuvo un especial cuidado para que éste saliera completo en la fotografía (método modificado de Loya, 1972 y García-Martínez, 2003).

A lo largo de cada línea y con una separación de 1 m, fueron tomadas medidas de la profundidad con un reloj de buceo (Citizen Promaster Diver's), para reconstruir los perfiles topográficos de cada una. Estas mediciones sólo se tomaron en 10 líneas, ya que sólo se contaba con un reloj para obtener este tipo de mediciones.

Para la determinación taxonómica se tomaron muestras de las colonias de coral de aproximadamente 15-20 cm de longitud. Estos fragmentos, provenientes de las ramificaciones, fueron recolectados de aquellas colonias que presentaron diferencias morfológicas evidentes a simple vista (forma de la colonia, forma y tamaño de las ramificaciones y coloración, entre otros). Esto garantizó que de existir más de un morfotipo por especie representada en el muestreo, éste fuera plenamente descrito a partir de los ejemplares colectados. Para su transporte, los fragmentos recolectados fueron colocados en bolsas de plástico debidamente marcadas con el número de sección de metro a lo largo de la línea, así como la línea a la que correspondía.

#### 4.3. Trabajo de laboratorio

Para la eliminación de tejido y su total blanqueamiento, las muestras de coral fueron sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio en agua con una proporción de 1:5, durante un mes. Con este procedimiento se consiguió poder observar aquellos caracteres internos de la estructura calcárea básica, necesarios

para la identificación de las especies de coral recolectados en el sitio de muestreo.

Las características utilizadas fueron las siguientes:

1. Diámetro del coralito.
2. Presencia de columela.
3. Tipo de columela.
4. Presencia de septos.
5. Tipo de septos.
6. Número de septos.
7. Fusión de septos.

Los fragmentos de coral ya blanqueados fueron fotografiados con distintos acercamientos con un microscopio estereoscópico (Carl Zeiss Stemi SV6) con la finalidad de obtener de manera detallada la forma, la posición y el número de los caracteres previamente enlistados. Las fotografías fueron tomadas sobre una película para diapositivas a color (Fujifilm, ASA 100). Se hizo un registro cuidadoso del número correspondiente para cada toma, así como de los aumentos utilizados para cada uno de los fragmentos colectados. Con estos datos después del revelado se pudo realizar la descripción de los caracteres y asociarlos con el fragmento correspondiente.

#### 4.4 Trabajo de gabinete

4.4.1. *Fisiografía*. Con los perfiles topográficos de los transectos se elaboró un mapa tridimensional del sitio de estudio utilizando el software Surfer versión 8 (Golden Software Inc., 2002). Además, con la ayuda de las fotografías de los cuadros se reconocieron aquellos elementos dominantes conformadores del

sustrato y con los datos de profundidad fueron ubicados espacialmente en el área de muestreo. De esta manera se realizó un análisis descriptivo de la fisiografía del sitio de estudio.

4.4.2. *Determinación taxonómica.* Para llevar a cabo la determinación taxonómica se utilizaron la clave dicotómica de Veron<sup>1</sup> (2000) y el Coral ID<sup>2</sup> release 1 (Veron y Stafford-Smith, 2002). La determinación estuvo basada en los caracteres internos de la estructura calcárea básica de cada fragmento, los cuales fueron obtenidos de las fotografías de microscopio estereoscópico, así como en los datos de la morfología externa obtenidos de las fotografías de las colonias de coral. Con este análisis fue posible conocer la composición y la riqueza específicas.

Una vez que a cada fragmento se le asignó una especie, se procedió a identificar el resto de las colonias en las fotografías restantes. Para esto se utilizó la fotografía de la colonia de la cual provenía el fragmento y las características morfológicas respectivas, y se comparó con las demás fotografías con coral, obteniendo así la identificación hasta el nivel específico. Hubo fotografías que no pudieron ser identificadas hasta el nivel de especie, ya que éstas presentaban características de varias especies o fueron muy pequeñas para ser identificadas. Éstas colonias se agruparon en una categoría de no identificada y los datos de

---

<sup>1</sup> J.E.N. (Charlie) Veron, investigador en jefe del Australian Institute of Marine Science (AIMS), es la autoridad mundial en sistemática de corales escleractinios. Ha trabajado en arrecifes de coral alrededor de 35 años, ha descubierto el 21% de todas las especies de corales escleractinios, ha realizado descripciones, mapas y fotografías de todas las especies de coral en el mundo.

<sup>2</sup> El Coral ID es una clave electrónica que por acumulación de caracteres va descartando especies y manteniendo aquellas que las contienen, después de determinar qué caracteres contienen nuestras muestras y la condición en que estos se presentan la clave arroja una o un grupo de especies muy afines a las características determinadas, haciendo de esta manera más sencilla la identificación.

ésta categoría no se utilizaron en el análisis numérico, ya que están colonias pueden pertenecer a una de las especies identificadas.

Por otra parte, con la ayuda de los datos obtenidos a partir de las fotografías, la identificación de los fragmentos y los intervalos de profundidad, se hizo una descripción de las especies encontradas en Playa Las Gatas y que resultaron ser registros nuevos puntualizados para el Pacífico Tropical Mexicano.

4.4.3. *Cobertura.* Para determinar la abundancia de cada especie de coral presente, se midió el área cubierta por cada colonia de coral para cada una de las fotografías de los transectos que presentaban crecimiento coralino. La medición de la cobertura coralina se hizo en el programa SigmaScan Pro 5 (Systat Software, 2003). Para hacer la medición, el programa tuvo que ser calibrado, puesto que el programa sin calibrar mide en pixeles la distancia entre un punto y otro. Para llevar a cabo la calibración, se midió la distancia por cada lado del cuadrado de 50 cm x 50 cm de referencia de vértice a vértice, obteniendo así cuatro mediciones en pixeles por cada cuadro, una por cada lado (Fig. 4.3). Para cada cuadrado se obtuvo el promedio de sus cuatro distancias en pixeles. Este procedimiento se llevó a cabo con la finalidad de eliminar las aberraciones fotográficas que dan la apariencia de lados de diferente tamaño (Fig. 4.3).

El promedio de las cuatro distancias de cada cuadro fue introducido al programa y se hizo la equivalencia a la distancia real de los lados de los cuadros (50 cm). Este procedimiento de calibración se hizo para cada cuadrado, ya que cada uno tenía su propio promedio.

Para determinar la eficiencia de la corrección de las aberraciones fotográficas, se calculó el área total del cuadrado en 45 fotografías, con sus respectivos valores de calibración (promedios de las distancias de los lados). Para determinar que las mediciones fueran válidas se decidió que las mediciones obtenidas no fuera superiores ni inferiores a 5% ( $125 \text{ cm}^2$ ) del área real del cuadrado ( $2500 \text{ cm}^2$ ).

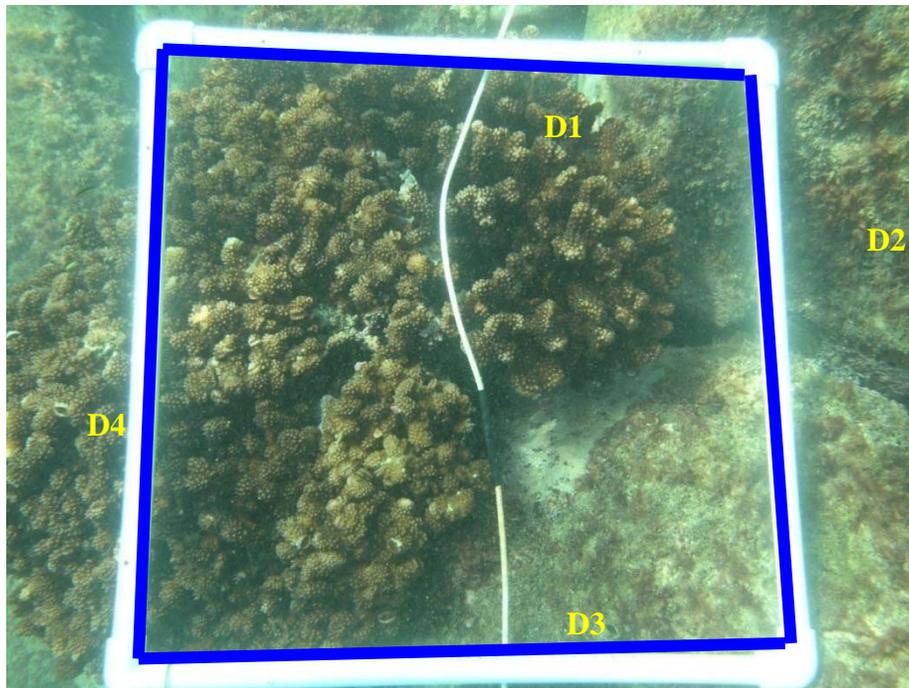


Figura 4.3. Fotografía de un cuadro de 50 cm x 50 cm en donde se puede apreciar claramente como cada uno de los lados aparenta diferentes dimensiones. Para evitar esta aberración se hizo un promedio de cada una de las distancias en pixeles (D1-D4).

4.4.4. *Distribución vertical y horizontal.* El intervalo de profundidad de cada especie se obtuvo con la ayuda de los datos de profundidad en las líneas, con la posición de las colonias sobre la línea y con la identificación a nivel de especie de cada una de éstas. Estos datos permitieron conocer cuál era la profundidad de cada una de las colonias de coral a las que se les asignó un epíteto específico.

Además, se calculó un índice de correlación entre la profundidad y la cobertura de las colonias de coral. Esta correlación se calculó tanto para las colonias en su conjunto como para cada una de las especies. Así mismo, para determinar si la distribución de las colonias de coral correspondía a una distribución agregada se aplicó una prueba de  $\chi^2$  para la distribución Poisson y se calculó la cociente varianza/media (Zar, 1999); esto se hizo en el programa Statistica 7 (StatSoft Inc., 2004). Para estimar las probabilidades para una distribución Poisson dentro del sitio de estudio se utilizó la siguiente fórmula (Zar, 1999):

$$P(X) = \frac{\mu^x}{e^x X!}$$

Donde  $P(X)$  es la probabilidad de que la categoría  $X$  (número de colonias) esté presente en una unidad de espacio y  $\mu$  es la incidencia promedio por unidad de espacio (Zar, 1999). La unidad de espacio fue cada uno de los cuadros utilizados en este estudio.

4.4.5. *Diversidad*. Para determinar qué tan diversa es la comunidad se calculó el índice de Diversidad de Shanon-Wiener ( $H'$ ) usando logaritmo decimal y natural, y fue calculado como:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Donde  $p_i$  (abundancia relativa) =  $\frac{n_i}{N}$ , donde  $n_i$  es la cobertura de la especie  $i$  y

$N$  es la cobertura de todas las colonias, y donde  $\log$  representa el logaritmo utilizado. En este trabajo se utilizaron dos tipos de logaritmos ( $\ln$  y  $\log_{10}$ ) con fines comparativos con diversas localidades.

4.4.6. *Equitatividad y valor de importancia.* Para determinar la equitatividad se calculó el índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ) como:

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

La finalidad de este procedimiento fue determinar si existe dominancia, en términos de cobertura, por alguna o algunas de las especies de coral.

Adicionalmente, se calculó el valor de importancia ( $VI$ ) de cada una de las especies de coral utilizando la abundancia relativa ( $Cr$ ) y la frecuencia relativa ( $Fr$ ).

La cobertura relativa se calculó, de acuerdo con Oseguera-Cruz (2004), como:

$$Cr_i = \frac{c_i \times 100}{C}$$

Donde  $c_i$  es la cobertura de la especie  $i$  y  $C$  es la sumatoria de las coberturas de todas las especies.

La frecuencia relativa se calculó como:

$$Fr_i = \frac{f_i \times 100}{F}$$

Donde  $f_i$  es el número de veces que apareció la especie  $i$  en el espacio muestreado y  $F$  es la suma de las frecuencias de todas las especies.

Finalmente, el valor de importancia ( $VI$ ) se obtuvo como:

$$VI_i = Cr_i + Fr_i$$

Se aplicó una prueba de  $t$  para determinar si existen diferencias significativas entre los índices de diversidad de Playa Las Gatas y el obtenido por Oseguera-Cruz (2004) para la Caleta de Chon (Zar, 1999), la cual está ubicada al sur de playa Las Gatas. La comparación entre estas dos comunidades está justificada por la cercanía entre ellas, y debido a que la Caleta de Chon no se encuentra bajo un régimen de disturbio tan duro como Playa Las Gatas (obs. pers).

## 5. Resultados

### 5.1. Área de muestreo

En el muestreo las fotografías tomadas cubrieron un área  $72.5 \text{ m}^2$  (6.47%) del área de muestreo. Se obtuvieron 290 fotografías de las 15 líneas utilizadas, de las cuales 103 (35.52%) presentaron crecimiento coralino. Los transectos 1, 6 y 15 no fueron fotografiados por completo; el transecto 1 sólo fue fotografiado hasta el metro 30, el 6 y 15 sólo se fotografiaron en su segunda mitad, esto se debió a la ausencia de corales dentro de los puntos de muestreo.

En términos de la composición específica, la curva acumulativa permite ver que el área escogida para el muestreo, así como el número de cuadros utilizados, fueron representativos para la comunidad de corales escleractinios de Playa Las Gatas (Fig. 5.1).

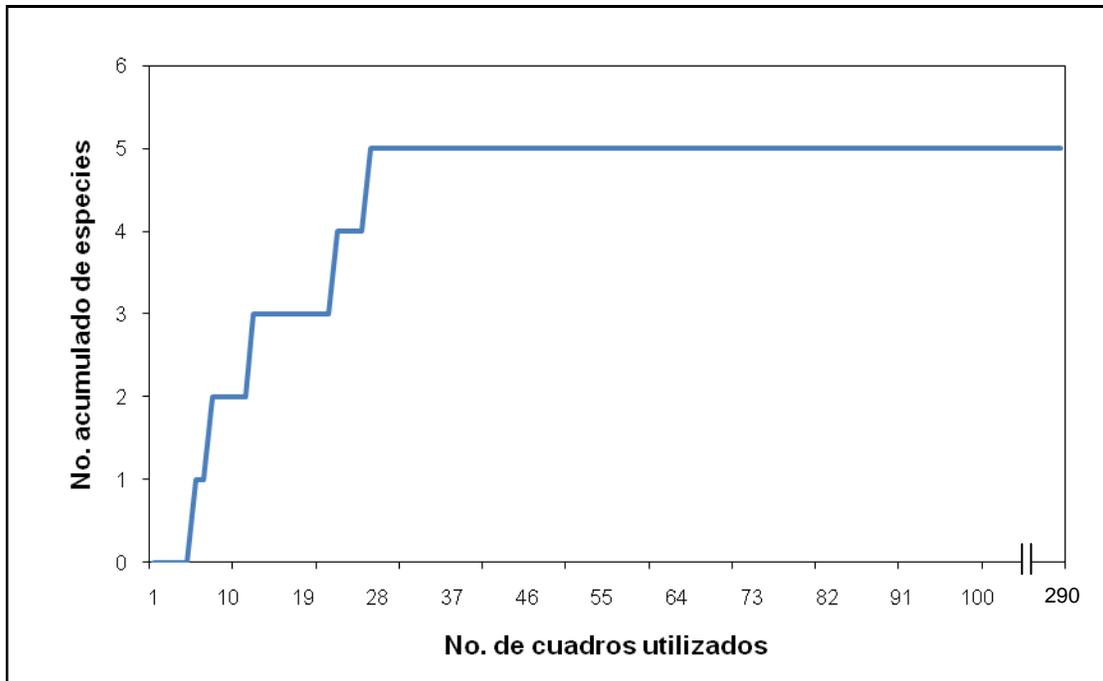


Figura 5.1. Curva acumulativa de especies por cuadros.

## 5.2. Fisiografía del sitio de estudio

El sitio estudiado presenta dominancia por bloques de más de 50 cm de diámetro, lo cual propicia que el sitio sea heterogéneo. La existencia de oquedades debido a las separaciones entre las rocas permite que en su interior se desarrollen algunas colonias de coral, si bien éstas están limitadas por el espacio disponible.

El mapa tridimensional del área de muestreo (Fig. 5.2) permitió dividir el sitio de estudio en tres zonas en función de la profundidad; una primera zona, denominada zona somera con una profundidad de 2.2-4 m, ubicada en la primera mitad de los transectos (los primeros 20 m); la segunda zona llamada zona media, con un profundidad entre 4.2-5.6 m, ubicada entre los 20 y 35 m de los transectos; y una tercera zona entre los 5.6-6.2 m de profundidad, la cual marca el límite con el arenal.

Aunque el sitio de estudio pudo ser dividido en tres zonas en función de los intervalos de profundidad que dominan, el incremento de la profundidad en todo el sitio de muestreo no es lineal, sino que debido a los elementos que dominan el sustrato (bloques de gran tamaño) se presentan sitios con hondonadas o puntos con una profundidad disminuida (crestas y valles), haciendo que el sustrato sea heterogéneo (Fig. 5.2).

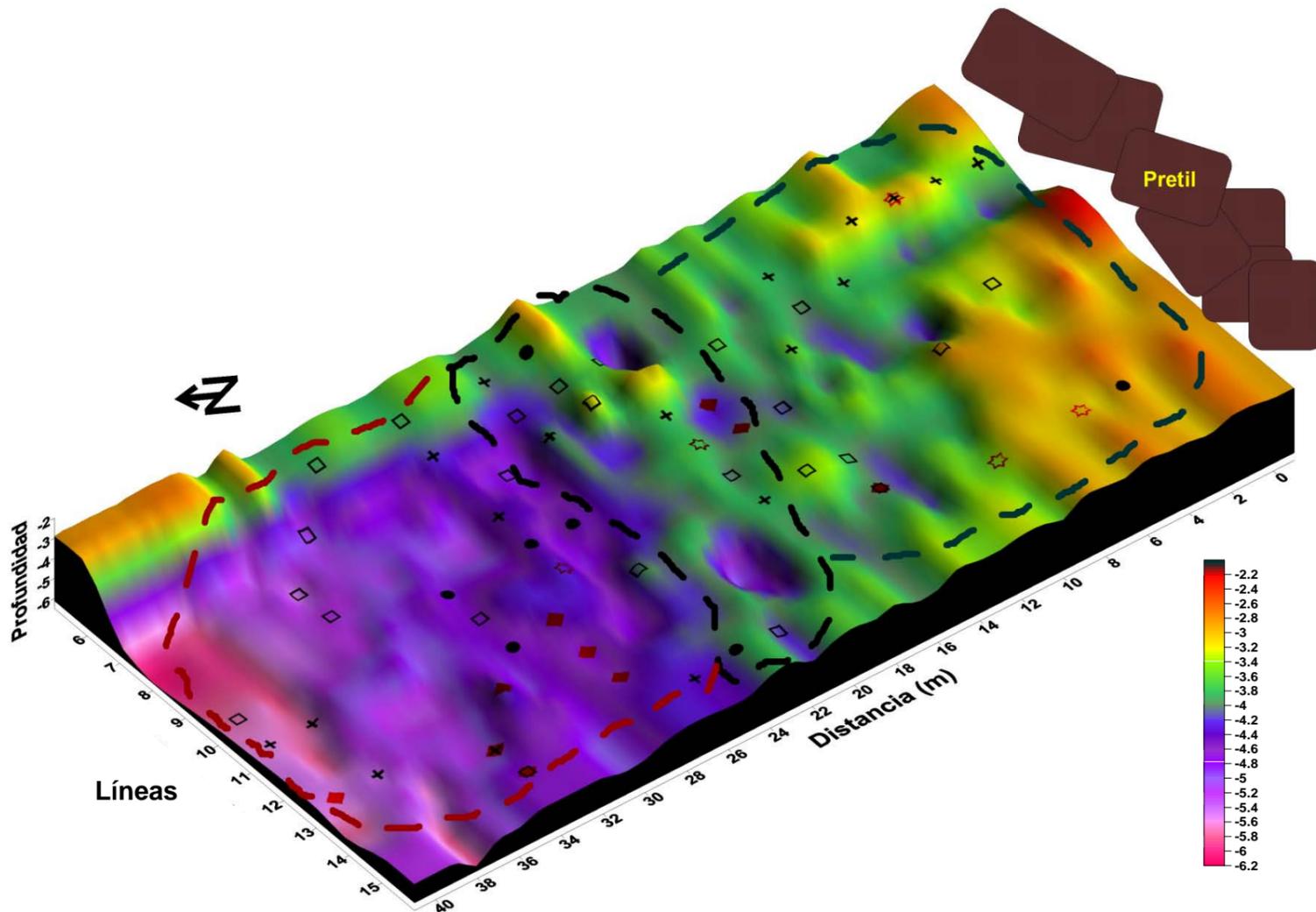


Figura 5.2. Mapa topográfico 3D del sitio muestreado en la Playa Las Gatas, Zihuatanejo., Gro., Méx. Se muestra la ubicación de cada una de las colonias de coral vertical y horizontalmente. *Pocillopora elegans* (◻), *P. effusus* (●), *P. verrucosa* (✕), *P. meandrina* (★) y *P. damicornis* (◻X). La barra muestra la profundidad.

### 5.3. Riqueza y composición

A partir de los datos obtenidos de las fotografías de las colonias de cada fragmento, se lograron identificar cinco especies de coral, todas pertenecientes al género *Pocillopora*: *P. damicornis*, *P. verrucosa*, *P. effusus*, *P. elegans* y *P. meandrina*.

*Pocillopora verrucosa* fue la especie con una mayor frecuencia en los cuadros, habiéndose encontrado en 30 de ellos, mientras que *P. elegans* sólo se encontró en 8 (Tabla 5.1). En las líneas usadas como guía, en la 1, 3 y 8 sólo se encontraron dos especies, mientras que en las líneas 2, 4, 5, 10, 12, 14,15 se presentaron cuatro especies; sólo las líneas 2 y 4 fueron idénticas en su composición (*P. verrucosa*, *P. effusus*, *P. damicornis*, *P. meandrina*) (Tabla 5.2).

La tabla 5.2 muestra la composición y las coberturas absolutas y relativas de cada especie de coral. Se puede observar que *P. verrucosa* y *P. effusus* se encuentran en casi todas las líneas, siendo *P. effusus* la que se encontró en un mayor número de líneas (6). También es posible observar que la cobertura total encontrada por línea presentó variaciones de hasta decenas de dm<sup>2</sup>, lo cual es particularmente interesante tomando en cuenta que hay una distancia de 2 m entre cada línea usada.

Tabla 5.1. Número de cuadros en los cuales se encontró cada especie.

| Especies             | No. de cuadros<br>en los que estuvo presente |
|----------------------|--|
| <i>P. verrucosa</i>  | 30   |
| <i>P. effusus</i>    | 25   |
| <i>P. damicornis</i> | 22   |
| <i>P. meandrina</i>  | 13   |
| <i>P. elegans</i>    | 8  |

Tabla 5.2. Valores de cobertura relativa y absoluta en dm<sup>2</sup> (entre paréntesis) por transecto, por especie para la comunidad de corales escleractinios de la Playa Las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, México. Los espacios vacíos denotan ausencias de crecimiento coralino y en rojo se resaltan las especies dominantes en cada transecto.

| Especies              | Transectos        |                   |                   |                   |                  |                  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                  |                   |                  |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                       | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                | 6                | 7                 | 8                 | 9                 | 10                | 11                | 12                | 13               | 14                | 15               |
| <i>P. verrucosa</i>   | 75.936<br>(36.21) | 3.946<br>(2.44)   |                   | 30.008<br>(9.39)  | 23.158<br>(4.80) | 10.932<br>(0.84) | 45.841<br>(22.02) | 34.052<br>(12.75) | 62.378<br>(17.06) |                   | 30.402<br>(14.83) | 5.089<br>(0.84)   | 5.313<br>(0.41)  | 11.363<br>(1.96)  | 2.674<br>(0.55)  |
| <i>P. effusus</i>     |                   | 15.680<br>(9.67)  |                   | 8.963<br>(2.81)   | 38.782<br>(8.04) | 75.604<br>(5.82) | 43.742<br>(21.01) | 59.241<br>(22.19) | 24.821<br>(6.79)  | 45.247<br>(23.59) | 56.594<br>(27.60) | 72.538<br>(12.04) | 2.390<br>(0.18)  |                   | 17.016<br>(3.52) |
| <i>P. damicornis</i>  |                   | 77.556<br>(47.85) | 33.652<br>(9.93)  | 13.413<br>(4.20)  | 31.018<br>(6.43) |                  |                   |                   | 12.800<br>(3.50)  | 1.917<br>(1.00)   |                   | 5.599<br>(1.00)   | 92.297<br>(7.14) | 58.350<br>(10.08) | 34.270<br>(7.10) |
| <i>P. meandrina</i>   |                   | 1.389<br>(0.86)   | 54.255<br>(16.00) | 43.681<br>(13.67) |                  |                  | 10.417<br>(5.00)  |                   |                   | 37.988<br>(19.81) | 13.003<br>(6.34)  |                   |                  | 21.930<br>(3.79)  |                  |
| <i>P. elegans</i>     | 24.064<br>(11.47) |                   |                   |                   | 5.168<br>(1.07)  | 13.465<br>(1.04) |                   |                   |                   | 11.690<br>(6.10)  |                   | 10.958<br>(1.82)  |                  | 8.355<br>(1.44)   | 46.040<br>(9.54) |
| No identificada       |                   | 1.429<br>(0.88)   | 12.093<br>(3.57)  | 3.936<br>(1.23)   | 1.874<br>(0.39)  |                  |                   | 6.707<br>(2.51)   |                   | 3.158<br>(1.65)   |                   | 5.416<br>(0.90)   |                  |                   |                  |
| Total cm <sup>2</sup> | 47.68             | 61.70             | 29.50             | 31.30             | 20.73            | 7.70             | 48.03             | 37.45             | 27.35             | 52.15             | 48.77             | 16.60             | 7.73             | 17.27             | 20.71            |

#### 5.4 Cobertura

El área de crecimiento coralino abarcó 4.75 m<sup>2</sup> (6.6%) del área total fotografiada (72.5 m<sup>2</sup>). El promedio de cobertura coralina por cuadro fue de 314 cm<sup>2</sup> (intervalo 1.7 cm<sup>2</sup> – 2132.3 cm<sup>2</sup>). La cobertura de la categoría no identificada fue de 2.3 % de la cobertura total (4.75 m<sup>2</sup>). De las fotografías con cobertura de coral se lograron distinguir 150 colonias independientes.

La evaluación del método de medición por medio del programa SigmaScan Pro 5 reveló que las mediciones realizadas se mantuvieron dentro del límite de error admitido (5%), es decir, las medidas se mantuvieron entre 2375 y 2625 cm<sup>2</sup> con un promedio de 2507.7 ± d. e. 13.043 cm<sup>2</sup> (intervalo 2459.445-2562.925 cm<sup>2</sup>).

*Pocillopora effusus* fue la especie con mayor aporte en cuanto a la cobertura de coral (1.43 m<sup>2</sup>), mientras que *P. elegans* fue la que tuvo un menor aporte (0.32 m<sup>2</sup>) (Fig. 5.3). Además, *P. effusus* resultó ser la especie dominante en términos de cobertura en una mayor número transectos (seis) (Tabla 5.2).

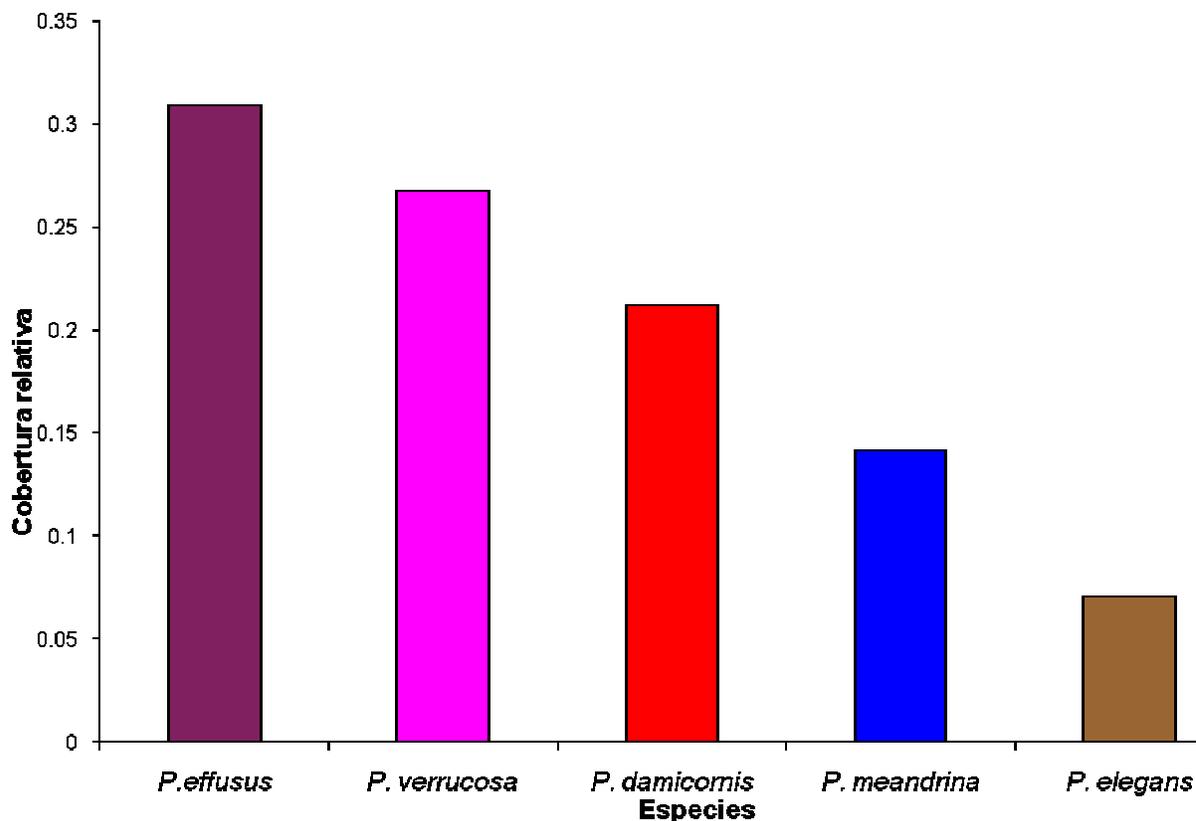


Figura 5.3. Abundancias relativas para las especies de corales escleractinios de la comunidad de Playa Las Gatas.

## 5.5. Ubicación espacial

5.5.1 *Distribución vertical.* *Pocillopora effusus* fue la especie que se distribuyó en un mayor intervalo de profundidad, ya que se encontró desde 2.7 hasta 5.6 m de profundidad, mientras que *Pocillopora meandrina* se encuentra entre 2.9 m y 4.2 m, siendo la especie con menor intervalo de profundidad (Fig. 5.4).

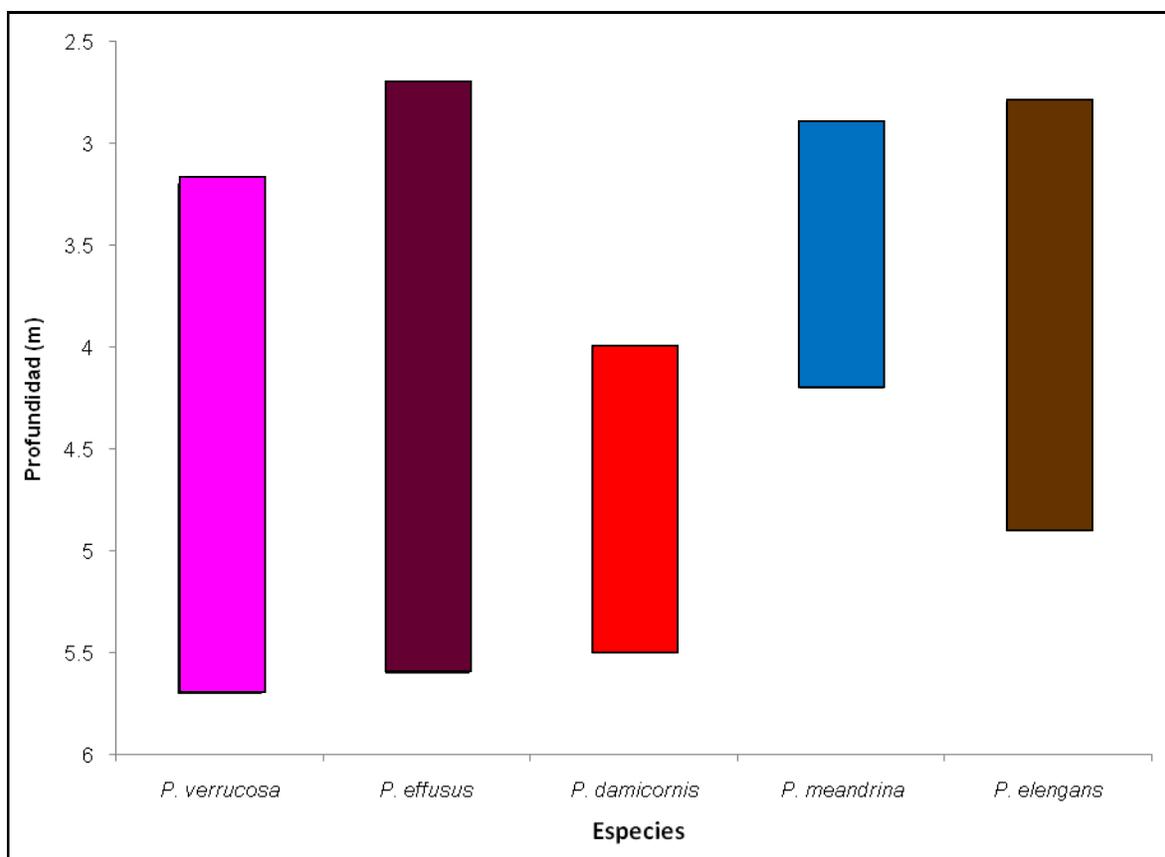


Figura 5.4. Intervalos de profundidad de las especies de coral en la comunidad de Playa Las Gatas.

Si bien *Pocillopora elegans* presenta un intervalo de profundidad de 2.8 m - 4.9 m, sólo se encontró una colonia en el límite superior y el resto fue encontrado entre 3.6 m y 4.9 m de profundidad.

La correlación entre la profundidad y la cobertura de las colonias de coral en la comunidad fue significativa y negativa ( $r = -0.33$ ;  $P = 0.001$ ;  $n = 95$ ) (Fig. 5.5A). Para *Pocillopora verrucosa* fue de  $r = -0.41$  ( $P < 0.05$ ,  $n = 26$ ) y para *P. effusus* fue de  $r = -0.45$  ( $P < 0.01$ ;  $n = 35$ ); (Figs. 5.5B y C, respectivamente), mientras que para las especies *P. damicornis*, *P. meandrina* y *P. elegans* las correlaciones no fueron significativas.

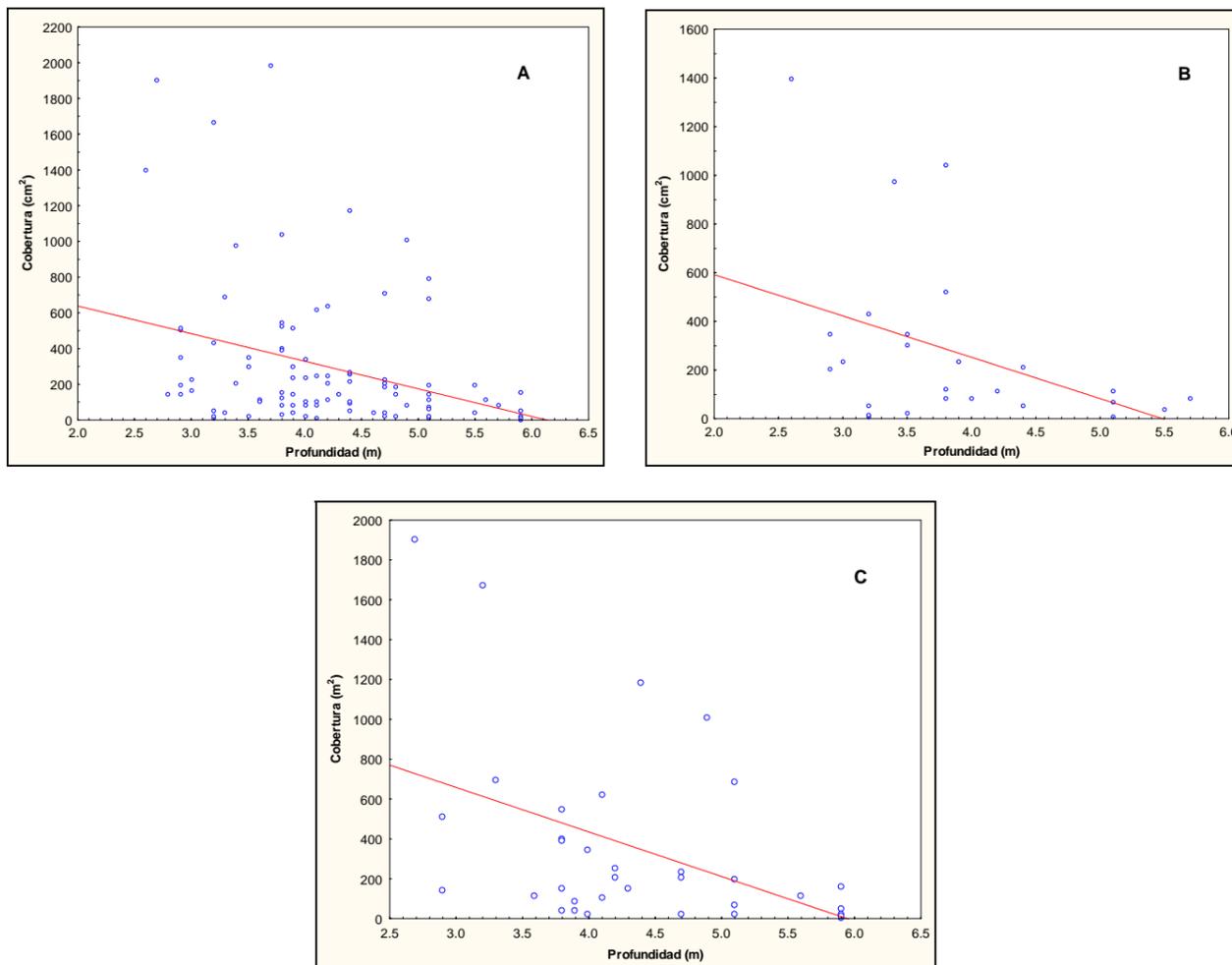


Figura 5.5. Correlaciones de la cobertura de las colonias y profundidad en Playa las Gatas Zihuatanejo, Guerrero, México. A: Comunitaria  $P=0.01$ ,  $n=95$ ; B: *Pocillopora verrucosa*,  $P<0.05$ ,  $n=26$ ; C: *Pocillopora effusus*,  $P < 0.01$ ,  $n=35$ .

5.5.2 *Distribución horizontal.* Aunque *Pocillopora verrucosa* y *P. effusus* tienen una mayor frecuencia en la parte somera del sitio, *P. effusus* estuvo presente a lo largo y ancho del sitio de muestreo, mientras *P. verrucosa* se puede dividir en dos grupos, el primero en la parte menos profunda del sitio así como las zonas adjuntas a éste, y la segunda ubicada en la transición de las zonas media y profunda del sitio. Por su parte, *Pocillopora meandrina* se encontró principalmente en la zona somera en tres cuadros y hubo un solo registro en la zona media.

*Pocillopora elegans* fue encontrada principalmente en la zona de profundidad media donde se da la transición con la primera zona. Una colonia fue encontrada en la parte menos profunda en la zona somera a 3 m de profundidad. Por su parte *Pocillopora damicornis* fue encontrada en la zona media principalmente, y aunque se encontró en la zona somera, esta especie está asociada a las partes donde la profundidad alcanza a aquella que domina en la parte media.

En cuanto a la prueba de  $\chi^2$  para la distribución Poisson, ésta resultó ( $\chi^2_{gl=5} = 216.06$ ,  $P = 0$ ), la relación entre la varianza y el promedio indica que las colonias de coral se encuentran de forma agregada ( $s^2/\bar{x} = 1.52$ ). En la figura 5.6 se puede apreciar que las colonias de *P. effusus* y *P. verrucosa* se agrupan en la parte sureste de la comunidad, mientras que *P. damicornis* y *P. elegans* se encuentran agrupadas en la parte noroeste y centro del sitio, respectivamente. Por su parte, *P. meandrina* aparece en la parte media del sitio en los primeros 20 m, aparentando una distribución no agregada.

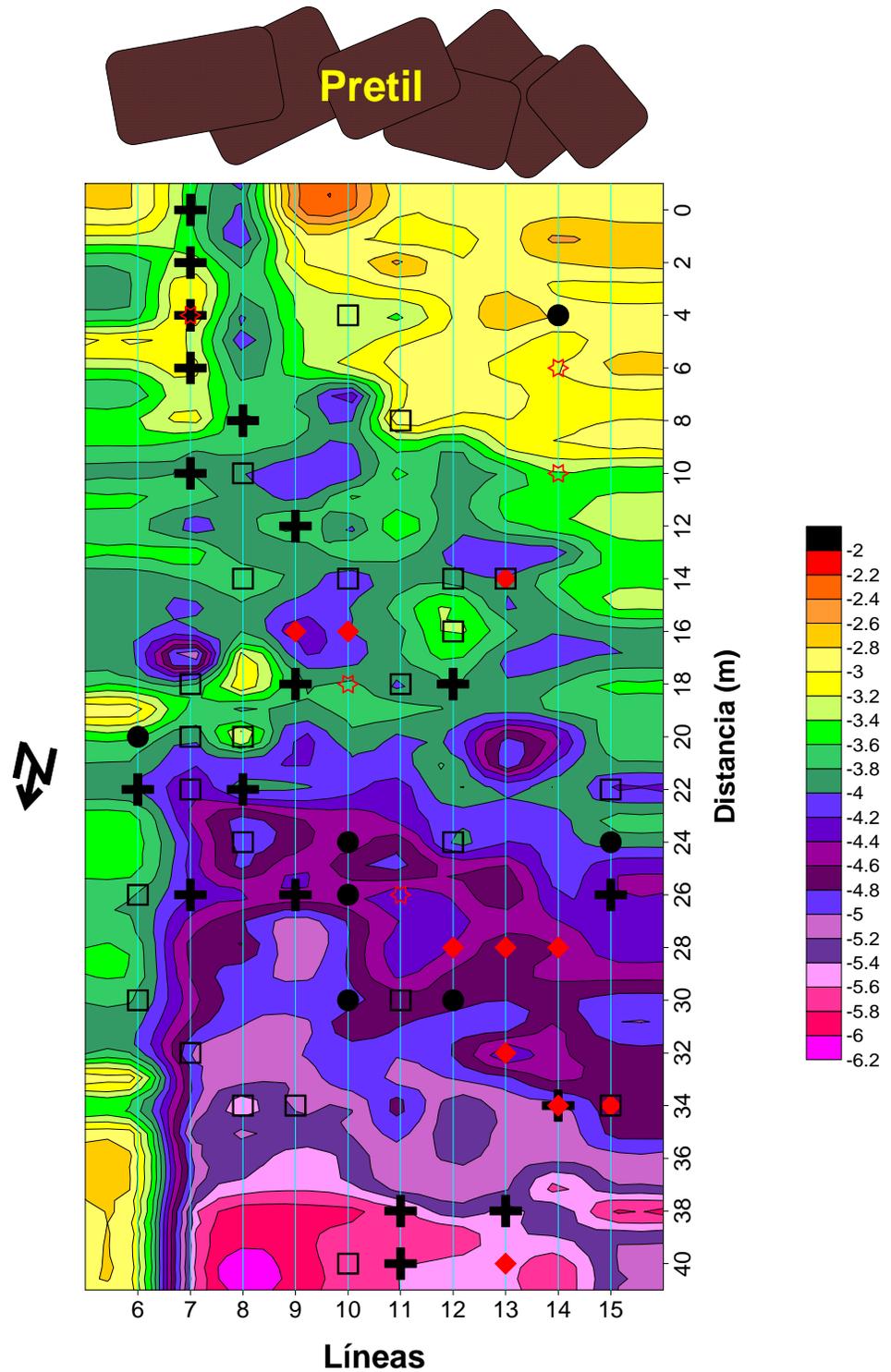


Figura 5.6. Vista superior de la comunidad de corales escleractinios de Playa Las Gatas, Zih., Gro., Méx. Se puede apreciar las agrupaciones que las colonias de coral presentan en el sitio. *Pocillopora elegans* (◻), *P. effusus* (●), *P. verrucosa* (✕), *P. meandrina* (★) y *P. damicornis* (◆). La barra muestra la profundidad y las líneas azules muestran la posición de cada línea utilizada como guía.

## 5.6. Diversidad

El valor del índice de diversidad de Shannon base Ln fue de 1.51, mientras que para el índice calculado en base 10 el valor obtenido fue de 0.65. La prueba de  $t$  de Student mostró que no hubo diferencias significativas ( $t = 0.259$ ; g.l.= 6;  $P > 0.05$ ) entre los índices de diversidad de la comunidad de Playa Las Gatas y Caleta de Chon ( $H'_{\log_{10}} = 0.68$ ).

## 5.7. Equitatividad y valor de importancia

Se encontró que el índice de equitatividad ( $J$ ) fue igual a 0.94. Este valor permite sugerir que la cobertura entre la mayoría de las especies es homogénea, permitiendo reconocer una ligera tendencia por parte de *Pocillopora effusus* y *P. verrucosa* hacia la dominancia, con una cobertura relativa de 0.31 y 0.27, respectivamente.

En cuanto al valor de importancia, *Pocillopora verrucosa* fue la que obtuvo el valor superior en Playa Las Gatas, seguida por *P. effusus*, mientras *P. elegans* fue la especie con el menor valor (Tabla 5.4). Aunque *P. effusus* es la especie que tuvo una mayor cobertura relativa (30.91%), la frecuencia relativa de *P. verrucosa* (10.34%) fue lo suficientemente grande que desplazó a *P. effusus* al segundo sitio en valor de importancia en la comunidad (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Valores de cobertura y frecuencia absoluta y relativa de las especies de corales escleractinios de Playa Las Gatas.

| Especies             | Transectos en los que se presentan | Cobertura (dm <sup>2</sup> ) | Frecuencia (No. de cuadros) | Cobertura relativa | Frecuencia relativa | Valor de importancia |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| <i>P. verrucosa</i>  | 1, 2, 4-9 y 11-15                  | 124.11                       | 30                          | 26.78              | 30.61               | 57.39                |
| <i>P. effusus</i>    | 2, 4-13 y 15                       | 143.27                       | 25                          | 30.91              | 25.51               | 56.42                |
| <i>P. damicornis</i> | 2-5, 9,10 y 12-15                  | 98.21                        | 22                          | 21.19              | 22.45               | 43.64                |
| <i>P. meandrina</i>  | 2-4, 7,8,9 y 14                    | 65.47                        | 13                          | 14.13              | 13.26               | 27.39                |
| <i>P. elegans</i>    | 1,5,6,10 y 12                      | 32.48                        | 8                           | 7.00               | 8.16                | 15.16                |

## **6. Discusión**

### **6.1 Método de muestreo**

La evaluación de la cobertura mediante el programa SigmaScan Pro 5 permitió ahorrar tiempo de buceo, además del ahorro económico, sin perder precisión con respecto a tomar medidas en el campo, eliminando así la percepción del buceador bajo la influencia del movimiento de las olas o corrientes marinas.

Este método permitió abarcar una mayor área, obteniendo de esta manera datos con una mejor representación de la comunidad, ya que se estarían incluyendo inclusive a las especies que están mínimamente representadas. En otras palabras, se pudo lograr un muestreo intensivo abarcando la parte donde se encontraba la mayor cantidad de colonias de coral en Playa Las Gatas, sin que esta elección introdujera un sesgo al trabajo, debido a que el área muestreada superó por mucho al área mínima en donde ya no hubo nuevas especies (Fig. 5.1). De esta manera, al muestrear el área con una mayor cantidad de colonias presentes fue posible llevar a cabo de una mejor manera la medición de los componentes comunitarios, lo que permitió estimar con mayor precisión la estructura comunitaria. Además, este tipo de muestreo permitió que el impacto sobre las colonias de coral sea mínimo, siempre y cuando se obtengan buenas fotografías, así como muestras representativas de las variaciones morfológicas de las colonias para asegurar así la inclusión del mayor número de especies.

### **6.2. Fisiografía y condiciones ambientales**

En el sitio de estudio la presencia de valles y crestas favorece que el relieve del fondo sea heterogéneo, permitiendo que exista una reducción de la profundidad

en aquellos sitios en donde se presentan crestas. Este patrón de reducción de la profundidad se presenta de forma regular en el sitio y marcadamente en su primera mitad. Estas crestas, al reducir la profundidad, podrían ofrecer un mejor sitio de establecimiento para las larvas de coral al presentar mejores condiciones de luz. Sin embargo, las colonias de coral se encuentran en la comunidad de forma agrupada. Esto permite suponer que la aparición de nuevas colonias de coral está dada por la fragmentación de colonias establecidas, de este modo un conjunto de colonias de la misma especie que se encuentran cerca entre sí podrían tener su origen en una colonia la cual se fue fragmentando, estos fragmentos al fijarse al sustrato y desarrollar colonias pueden, a su vez, fragmentarse y dar origen a nuevas colonias (Done *et al.*, 1991; Riegl, 1999; Cornell y Karlson, 2000; Wielgus *et al.* 2003).

La presencia de crestas permite que el aumento de la profundidad se dé de manera suavizada, oscilando hasta alcanzar su punto más profundo. Esto permitió dividir al sitio en tres zonas (somera, media y profunda). Además, la presencia de las crestas podría permitir que las especies se distribuyan con una mayor amplitud en el plano horizontal ya que existen sitios más alejados del pretil donde hay reducción de profundidad y dichos sitios podrían estar ofreciendo las condiciones óptimas que las colonias de coral requieren para su desarrollo.

En cuanto a las condiciones ambientales con mayor recurrencia en Playa Las Gatas, destacan las causadas por el hombre. La intensidad de estas actividades hace que en el sitio de estudio exista una gran sedimentación y resuspensión de arena (García-Martínez, no publicado). Estos fenómenos podrían tener efecto sobre la cobertura de las colonias de coral (Riegl, 1999; Cornell y Karlson, 2000).

Las formas en que éstas podrían actuar dentro del sitio de estudio serán discutidas más adelante.

### 6.3. Estructura comunitaria

6.3.1 *Riqueza, composición y abundancia.* En cuanto al número de especies presentes en Playa Las Gatas, esta comunidad se encuentra en tercer lugar, comparada con otras del Pacífico tropical americano (Tabla 6.1) (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997), y sólo está compuesta por especies del género *Pocillopora*, el cual ha sido descrito como uno de los principales componentes de comunidades tanto en el Pacífico americano (PTA) así como en Asia y Oceanía (van Woesik y Done, 1997; Reyes-Bonilla y Leyte-Morales, 1998; Glynn, 2004).

Tabla 6.1 Número de especies encontradas en diversas localidades del mundo. Extraída de Carriquiry y Reyes-Bonilla (1997).

| Localidad                 | Número de especies encontradas |
|---------------------------|--------------------------------|
| Cabo Pulmo, México        | 6                              |
| Caleta del Chon, México   | 6                              |
| <b>Las Gatas, México</b>  | <b>5</b>                       |
| Punta Mita, México        | 5                              |
| Golfo Dulce, Costa Rica   | 4                              |
| Isla del Caño, Costa Rica | 4                              |
| Isla Secas, Panamá        | 4                              |
| Isla Uva, Panamá          | 4                              |
| Golfo Dulce, Costa Rica   | 3                              |
| Isla del Caño, Costa Rica | 3                              |
| Isla del Caño, Costa Rica | 3                              |
| Isla Gorgona, Colombia    | 3                              |
| Isla Gorgona, Colombia    | 3                              |
| Isla Gorgona, Colombia    | 3                              |
| Golfo Dulce, Costa Rica   | 2                              |
| Isla Cliperton, Francia   | 2                              |

Todas las especies encontradas en Playa Las Gatas correspondieron con las descripciones hechas por Veron (2000) y Veron y Stafford-Smith (2002),

incluyendo a *Pocillopora effusus* (ver apéndice). Esta especie resultó ser un registro nuevo puntualizado de acuerdo con el análisis hecho por Oseguera-Cruz (2004), quien presentó una síntesis de la presencia de las especies del género *Pocillopora* en el Pacífico tropical mexicano.

La cobertura total encontrada en Playa Las Gatas está también por debajo de la encontrada en otras comunidades del PTM (Tabla 6.2). Sin embargo, la distribución de la cobertura por especie permite que esta comunidad presente una alta equitatividad (ver más adelante).

Tabla 6.2. Comparación de la cobertura encontrada en diferentes comunidades en el Pacífico Tropical Americano. Tomada de Carriquiry y Reyes-Bonilla (1997). \* Valor total.

| Localidad                      | Cobertura promedio (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Caleta de Chon, México         | 76.4                                 |
| Cabo Pulmo, México             | 73.9                                 |
| Isla Gorgona, Colombia         | 70.1                                 |
| Isla Uva, Panamá               | 63.4                                 |
| Isla Gorgona, Colombia         | 56.8                                 |
| Isla Gorgona, Colombia         | 56.3                                 |
| Isla Clipperton, Francia       | 53.2                                 |
| Isla Gorgona, Colombia         | 49.9                                 |
| Isla Señorita, Panamá          | 49.5                                 |
| Isla Gorgona, Colombia         | 48.5                                 |
| Punta el Bajo, Costa Rica      | 45.9                                 |
| Isla Secas, Panamá             | 45.3                                 |
| Isla Gorgona, Colombia         | 43.0                                 |
| Isla Saboga, Panamá            | 39.5                                 |
| Punta Mita, México             | 38.7                                 |
| Isla Iguana, Panamá            | 30.6                                 |
| Cabo Pulmo, México             | 30.1                                 |
| Ensenada de Utria, Colombia    | 13.9                                 |
| <b>Playa Las Gatas, México</b> | <b>4.6*</b>                          |

La riqueza y cobertura específicas presentes en la zona pueden deberse a las altas tasas de sedimentación y resuspensión de arena presentes en la bahía de Zihuatanejo (García-Martínez, no publicado), las cuales son provocadas por las

actividades propias de la zona (arribo de cruceros, paso de lanchas sobre la zona entre otros) (obs. per.). Se sabe que bajo estas condiciones se ven afectadas tanto la productividad de las colonias, así como la colonización y recolonización por larvas, y que la aparición de nuevas colonias dentro de la comunidad está dada por su fragmentación y fijación de los fragmentos al sustrato circundante a la colonia parental (Done *et al.*, 1991; Riegl, 1999; Cornell y Karlson, 2000; Wielgus *et al.* 2003).

Otro factor que podrían estar interviniendo en la riqueza y composición en Playa Las Gatas es la extracción furtiva de especies asociadas a las colonias del coral, la cual provoca su fragmentación y en el peor de los casos, su muerte (obs. pers.). La fragmentación de las colonias ciertamente podría propiciar, en principio, el surgimiento de nuevas colonias de coral. Sin embargo, para que estos fragmentos se desarrollen en nuevas colonias deberían darse las condiciones adecuadas. De acuerdo con Done *et al.* (1991) y Cornell y Karlson (2000), éstas son:

- a) Los fragmentos deberían caer en un sitio donde exista sustrato adecuado para su fijación.
- b) De existir sustrato, deben existir condiciones lumínicas y nutricionales adecuadas para su fijación y adecuado desarrollo.
- c) De existir competencia, la magnitud de ésta debe ser tal que no impida el desarrollo del fragmento.

En Playa las Gatas, dada la magnitud del esfuerzo para la extracción de las especies asociadas a las colonias de coral, el resultado es la muerte de la colonia en la mayoría de los casos, y los fragmentos vivos tienden a ser depositados en

los espacios que hay entre las rocas los cuales, en su mayoría, están rellenos con arena, imposibilitando la fijación de los fragmentos (obs. pers.).

Estas condiciones ambientales son las mismas que posiblemente limitan la presencia a sólo especies del género *Pocillopora*, caracterizado por incluir especies resistentes a los disturbios y sus perturbaciones, y por tener altas tasas de crecimiento, permitiendo así su rápida recuperación (Iglesias, com. pers.).

Hubo una correlación negativa entre la profundidad y la cobertura de las colonias y ésta fue menos fuerte que la observada para las especies con resultados significativos (Fig. 5.5A). Esto sugiere que las colonias de coral reducen su productividad, medida como cobertura, conforme aumenta la profundidad, y que esta reducción puede ser también debida al grado de sedimentación-resuspensión en el sitio de muestreo, ya que se estaría reduciendo la cantidad de luz que reciben. Tales resultados son comparables con los obtenidos en zonas arrecifales de profundidad media, en términos de la disponibilidad de luz y reducción de la productividad (Riegl, 1999; Cornell y Karlson, 2000). La alta diversidad es consecuencia de la disminución de la competencia interespecífica que posibilita la aparición de especies menos competitivas (López y Dirzo, 2007)

Aunque en el sitio de estudio la profundidad no cambia drásticamente (Fig. 5.2) debido a la presencia de las rocas, para *Pocillopora verrucosa* y *P. effusus* esta variación gradual de la profundidad es suficiente para reducir su cobertura (Fig. 5.7B y C). La falta de correlación significativa para algunas especies puede deberse a que se trata de especies que no presentaron un número suficiente de colonias para el análisis (*P. damicornis*, n=15; *P. meandrina*, n=5 y *P. elegans*, n=9). Además, *P. meandrina*, *P. damicornis*, y *P. elegans* fueron encontradas en

un intervalo estrecho de profundidad. Es decir, los intervalos de profundidad cortos podrían dificultar determinar si existe un efecto de la profundidad sobre la cobertura, ya que las variaciones en la intensidad de luz podrían no ser significativas para afectar la productividad.

6.3.2 *Distribución vertical y horizontal.* Se pudo apreciar que sobre las líneas generalmente se presentan más de dos especies. Sin embargo, existe dominancia en términos de cobertura por ciertas especies sobre las mismas (Tabla 5.2), esto estará dependiendo de la ubicación de las colonias en el sustrato, ya que si se encuentran creciendo encima de una roca podrían tener un mayor acceso al recurso luminoso y seguramente sin limitaciones de espacio para extender sus ramas, por el contrario si las colonias se encuentran dentro de una oquedad podrían tener menor acceso al recurso luminoso y su crecimiento estará limitado por el tamaño de la oquedad en la que se encuentren.

En el del sitio de estudio las colonias de coral se encuentran agregadas. Esto sugiere que la aparición de nuevas colonias es producto de la fragmentación de las colonias existentes y que dichos fragmentos se fijan cerca de la colonia parental. Dichos fragmentos pueden originarse por la fragmentación de las colonias por parte de los llamados llaneros, los cuales practican la pesca de manera intensiva, provocando la ruptura de las colonias para obtener su recurso; además, la fragmentación también puede darse por los buceadores deportivos los cuales podrían golpear las colonias. La fragmentación también puede ser producto de las condiciones ambientales tales como una marea fuerte, sobre todo en la parte del pretil donde las olas rompen.

Por otra parte, la distribución agrupada de las especies de coral dentro de las diferentes zonas en las que se dividió el sitio de estudio, podría reflejar que las características ambientales son las mejores para su desarrollo, dada la heterogeneidad del sitio de estudio.

6.3.3 *Diversidad, equitatividad y valor de importancia.* Aunque esta comunidad se encuentra concentrada en una área más pequeña que la que existe en Caleta de Chon, y que la cobertura encontrada es mucho menor, no existe una diferencia significativa entre los índices de diversidad de ambas comunidades. Esto es importante ya que la comunidad de Playa Las Gatas, pareciera no representar un crecimiento que pudiera considerarse significativo, lo cual podría ser mal interpretado como una localidad sin prioridad para su conservación. Por el contrario, se sugiere que esta comunidad debe mantenerse bajo un tipo de protección especial debido a la presencia de *Pocillopora effusus*, ya que no existen otros registros geográficos específicos de la presencia de esta especie para las costas del PTM, sólo se cuenta con una mención general de su presencia en la zona hecha por Veron (2000).

El índice de equitatividad de Pielou ( $J'=0.94$ ) muestra que no existe dominancia dentro del sitio de estudio. Por el contrario, el valor del índice muestra que la comunidad se caracteriza por tener una distribución homogénea entre las especies de corales escleractinios en el Pacífico tropical americano (PTA) (Tabla 6.3). Para hacer la comparación con los datos publicados por Carriquiry y Reyes-Bonilla (1997) se hizo un cálculo *ad hoc* para los índices de diversidad (consultar Carriquiry y Reyes-Bonilla 1997).

Esto permite colocar a esta comunidad como una de las más representativas del PTM, en cuanto a equitatividad, apoyado por el registro georreferenciado de *Pocillopora effusus*, el cual sería el primero para las costas del PTM (Oseguera-Cruz, 2004) y además porque esta homogeneidad entre especies permite que esta especie esté bien representada en la comunidad (Fig. 5.5), así como las otras especies encontradas y que son comunes en el PTM y el PTA.

Tabla 6.3. Comparación entre los índices de diversidad y equitatividad de varias localidades del PTM, tomado de Carriquiry y Reyes-Bonilla (1997). Valores de  $H'$  en base  $e$ .

| Localidad                        | $H'$        | $J'$        |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| Caleta del Chon, México          | 1.55        | 0.87        |
| <b>Las Gatas, México</b>         | <b>1.51</b> | <b>0.94</b> |
| Golfo Dulce, Costa Rica Loc. 1   | 0.82        | 0.59        |
| Isla Gorgona, Colombia Loc. 2    | 0.68        | 0.77        |
| Isla Gorgona, Colombia Loc. 1    | 0.65        | 0.64        |
| Isla Clipperton, Francia         | 0.58        | 0.32        |
| Isla del Caño, Costa Rica        | 0.56        | 0.57        |
| Isla Gorgona, Colombia Loc. 3    | 0.55        | 0.62        |
| Punta Mita, México               | 0.55        | 0.34        |
| Isla del Caño, Costa Rica Loc. 2 | 0.53        | 0.77        |
| Isla del Caño, Costa Rica Loc. 1 | 0.52        | 0.47        |
| Golfo Dulce, Costa Rica Loc. 2   | 0.46        | 0.67        |
| Cabo Pulmo, México               | 0.43        | 0.78        |
| Golfo Dulce, Costa Rica Loc. 1   | 0.27        | 0.25        |
| Isla Uva, Panamá                 | 0.14        | 0.19        |
| Isla Seca, Panamá                | 0.09        | 0.12        |

La ausencia de dominancia en el sitio está apoyada por el valor de importancia ( $VI$ ) de las especies. El análisis de sus valores muestra que *Pocillopora verrucosa* apenas supera a *P. effusus* por muy poco (Tabla. 5.4), y la suma de los valores de estas dos especies corresponde a más de 50 % de la suma de los  $VI$  de todas las especies. Esto sugiere que, posiblemente, estas especies sean más resistentes al impacto de los disturbios que en Playa Las Gatas se presentan.

Aunque no hubo diferencias significativas entre los índices de diversidad de ambas comunidades, es evidente que el grado de desarrollo de las comunidades es sustancialmente diferente: en caleta de Chon la cobertura de coral está muy por encima de la encontrada en Playa Las Gatas (Oseguera-Cruz, 2004). Esta diferencia en la cobertura total podría ser debida a que Playa Las Gatas se encuentra bajo un régimen más riguroso de disturbio que Caleta de Chon (obs. pers.). Estos disturbios podrían haber eliminado la competencia entre las colonias de coral al mantener tasas de productividad bajas, pero también estos disturbios (i. e. pesca furtiva) son responsables de la remoción de una gran parte de la cobertura coralina.

Aunque Playa Las Gatas se puede considerar con una comunidad con alta diversidad (Tabla 6.3) es importante considerar que su desarrollo podría ser mucho mejor sin las perturbaciones aquí mencionadas, por lo que debe concluirse que se puede mantener una comunidad con muy poco desarrollo y con un índice de diversidad alto en sitios fuertemente perturbados.

Determinar el papel específico de las tasas de sedimentación y resuspensión, así como el papel que tiene cada uno de los demás factores de disturbio (pesca furtiva y buceo deportivo, entre otros), los cuales aparentan tener mayor impacto sobre la comunidad de corales en Playa Las Gatas sobre la composición, riqueza, cobertura y diversidad de los corales escleractinios, permitirá entender mejor las respuestas por parte de la comunidad de corales a los disturbios. Esto ayudará a obtener un conocimiento integral de las variables que modelan el desarrollo de esta comunidad y de aquellas que presenten condiciones semejantes a las aquí descritas.

#### 6.4 Estado de conservación de la comunidad de corales escleractinios

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten decir que, en términos de diversidad y equitatividad es una comunidad conservada. Sin embargo, al analizar la cobertura encontrada parece que es una comunidad bajo una fuerte influencia de disturbio humano, el cual estaría limitando el crecimiento de las colonias de coral, así como su establecimiento. En el sitio se encontró que hay muchos lugares que son potenciales sitios de establecimiento para las colonias y que cumplen con los requisitos mínimos para su establecimiento, y que dejarían de estar ocupados a causa de las actividades humanas. En estos sitios se pudo observar que colonias de coral han sido removidas, mientras otros sitios se encuentran descubiertos (obs. pers.). Es posible que la intensidad de las actividades humanas sea la responsable de esto. Sin embargo, no es posible descartar que las condiciones ambientales estén regulando de manera conjunta el estado actual de la comunidad.

Para poder precisar el papel tanto de los factores de disturbio humano como los de las condiciones ambientales de la playa, es necesario hacer una evaluación del impacto tanto de los factores de disturbios humanos así como el impacto de las condiciones ambientales.

### Literatura citada

- Barnes, R.D. 1989. *Zoología de los invertebrados*. 5ª ed., Ed. Interamericana y McGraw-Hill. México, D. F. 957 pp.
- Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C.R. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4ª ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bernárdez, A. 1993. Estructura comunitaria de los corales escleractinios del arrecife Chopas, Antón *Lizardo*, Veracruz. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 142 pp.
- Burns, T.P. 1985. Hard-coral distribution and cold-water disturbances in South-Florida: variation with depth location. *Coral Reefs* **4**:117-124.
- Carriquiry, J.D. y Reyes-Bonilla, H. 1997. Estructura de la comunidad y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de México. *Ciencias Marinas* **23**:227-248.
- Cornell, H.V. y Karlson, R.H. 2000 Coral species richness: ecological versus biogeographical influences. *Coral Reefs* **19**:37-49.
- DeVantier, L.M., De'ath, G., Turak, E., Done, T.J. y Fabricius, K.E. 2006. Species richness and community structure of reef-building corals on the nearshore Great Barrier Reef. *Coral Reefs* **25**:329-340.
- Done, T.J., Dayton, P.K., Dayton, A.E. y Steger, R. 1991. Regional and local variability in recovery of shallow coral communities: Moorea, French Polynesia and Central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* **9**:183-192.
- Dustan, P. y Halas, J.C. 1987. Changes in the reef-coral community of Carysfort Reef, Key Largo, Florida: to 1974-1982. *Coral Reefs* **6**:91-106.

- García-Martínez, M. 2003. La formación arrecifal de Caleta de Chon, Zihuatanejo, Guerrero, México: una aproximación desde la ecología del paisaje. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 96 pp.
- Glynn, P.W. 2000. Effects of the 1997-98 El Niño-Southern Oscillation on Eastern Pacific coral and coral Reefs: An overview. *Proceedings 9<sup>th</sup> International Coral reef Symposium* **2**:1169-1174.
- Glynn, P.W. 2004. High complexity food webs in Low-diversity Eastern Pacific Reef-Coral communities. *Ecosystems* **7**:358-367.
- Goreau, T.F., Goreau, N.I. y Goreau, T.J. 1979. Corales y arrecifes coralinos. *Investigación y Ciencia* **37**:48-60.
- Guzmán, H.M. y Holst, I. 1994. Inventario biológico y estado actual de los arrecifes coralinos a ambos lados del canal de Panamá. *Revista de Biología Tropical* **42**:493-514.
- Hatcher, B.G. 1991. Coral reefs primary productivity: a hierarchy of pattern and process. *Trends in Ecology and Evolution*. **5**:149-155.
- Krebs, J.C. 1978. *Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance*. 2<sup>a</sup> edición. Harper y Row, Publishers. 694 pp.
- López, J.C. y Dirzo, R. 2007. Floristic diversity of sabal palmetto woodland: an endemic and endangered vegetation type from Mexico. *Biology and Conservation*. **16**:807-825.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea *Marie. Biology*. **13**:100-123.

- Morin, P.J. 1999. *Community Ecology*. Blackwell Science, Inc. Massachusetts, USA. 423 pp.
- Ochoa-López, E., Reyes-Bonilla, H. y Ketchum-Mejía, J. 1998. Efectos de la sedimentación sobre las comunidades coralinas del sur de la Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. *Ciencias Marinas* **24**:233-240.
- Oseguera-Cruz, J.M. 2004. Estructura comunitaria de corales hermatípicos en Caleta de Chon, Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 92 pp.
- Perkol-Finkel, S. y Benayahu, Y. 2004. Community structure of stony and soft corals on vertical unplanned artificial reefs in Eilat (Red Sea): Comparison to natural reefs. *Coral Reefs* **23**:195-205.
- Reyes-Bonilla, H. y Leyte-Morales, G.E. 1998. Corals and coral reefs of the Puerto Angel region, west coast of México. *Revista de Biología Tropical* **46**:679-681.
- Reyes-Bonilla, H. 2001. Effects of the 1997-1998 El Niño-Southern Oscillation on coral communities of the Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Marine Sciences*. **69**:251-266.
- Riegl, B. 1999. Corals in a non-reef setting in the southern Arabian Gulf (Dubai, UAE): fauna and community structure in response to recurring mass mortality. *Coral Reefs* **18**:63-73.
- Rougharden, J. y Diamond, J. 1986. Overview: The role of species interactions. En: Diamond, J. y Case, (Eds.). *Community Ecology*. Harper & Row. New York. pp. 333-343.
- Spurgeon, J.P.G., 1992. The economic valuation of coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*. **11**.

- Systat Software, 2003. *SigmaScan Pro, rel. 5*. Point Richmond, California, USA.
- Underwood, A.J. 1986. What is a community? En: Raup, D.M y Jablonsky, D. (Eds.) *Patterns and process in the history of life*. Springer-Verlag. Berlín. 351-367 pp.
- United Nations Environmental Program/The World Conservation Union (UNEP/IUCN), 1988. *Coral Reefs of the World*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. Volúmenes 1-3. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K./UNEP, Nairobi, Kenya.
- van Woerik, R. Y Done, T.J. 1997. Coral communities and reef growth in the southern Great Barrier Reef. *Coral Reefs*. **16**:103-115.
- Veron, J.E.N. 2000. *Corals of the World*. Vol. 1-3. Australian Institute of Marine Science., Queensland, 1410 pp.
- Veron, J.E.N. y Stafford-Smith, M.G. 2002, *Coral ID, release 1*. Australian Institute of Marine Science. CD-ROM.
- Vaughan, T. W. y Wells, 1943. Revision of the suborders, families and genera of the Scleractinia. *Special Paper- Geological Society of America* **44**.
- Wainwright, S.A. 1965. Reef communities visited by the Israel South Red Sea Expedition, 1962. *Bulletin of Sea Fisheries Research Station, Israel*. **38**:48-53.
- Wielgus, J. Glasson, D. y Fishelson, L. 2003. Long-term persistence of low coral cover and abundance on a disturbed coral reef flat in the northern Red Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **297**: 31-41.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*, 4th ed. Prentice Hall, New Jersey, 988 pp.

## **Apéndice**

En Playa Las Gatas se encontró para las colonias de *Pocillopora effusus*, en cuanto a los caracteres morfológicos, que son ramificadas y estas ramificaciones crecen en su mayoría de forma postrada, aunque algunas pueden crecer de forma vertical. Algunas ramas presentan fusiones en 2ª y 3ª dimensión (Veron y Stafford-Smith, 2002), siendo esta última dominante en la colonia, aunque en las colonias no se presenta una ramificación secundaria en tercera dimensión de manera evidente. En algunos casos las puntas de las ramas son de forma aplanada (Fig. A1) (Veron, 2000, Veron y Stafford-Smith, 2002). La coloración de las colonias en Playa Las Gatas es verde fuerte y café claro.



Figura A1. Fotografía de una colonia de *P. effusus* encontrada en la comunidad de corales escleractinios de Playa Las Gatas.

En cuanto a los caracteres internos de la estructura calcárea básica utilizados para su identificación. En este trabajo se encontró que la apertura del cáliz de los coralitos es menor que 1 mm de ancho. Las paredes de los coralitos

se encuentran adjuntas generalmente, aunque algunas se presentan de forma separada entre sí. Las columelas son evidentes y de forma estilada y no se alcanza a apreciar la presencia de costae (Fig. A2).

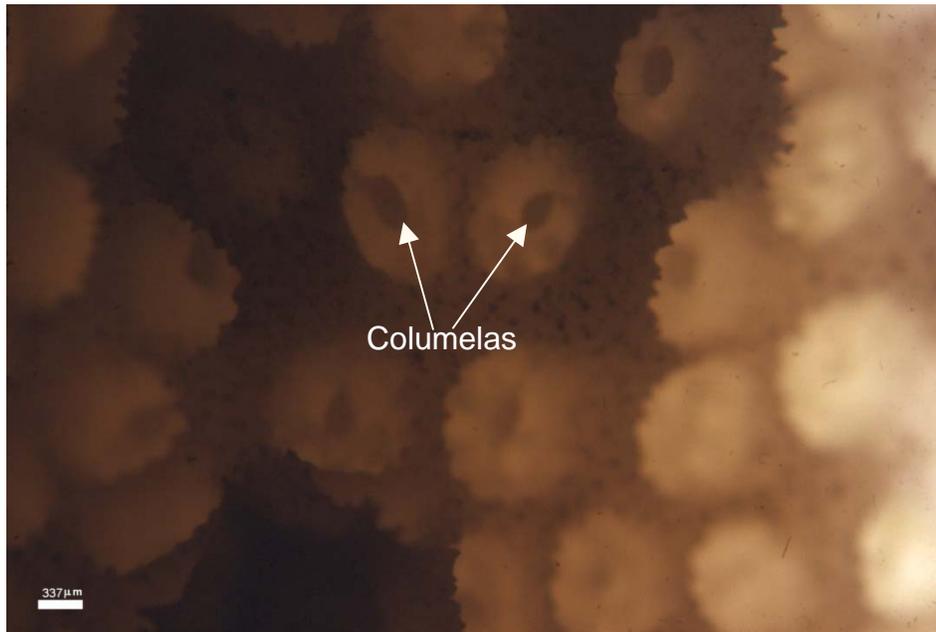


Figura A2. Fotografía del detalle de la estructura calcárea básica de los coralitos de *Pocillopora effusus*, encontrada en Playa Las Gatas.