



*Universidad Autónoma de Nayarit*

*Universidad de Guadalajara*



**Índices de Diversidad y Similitud de Comunidades  
Estructura de la Comunidad de Peces de Arrecife  
de Bahía de Banderas, México. Temporada 1996.**

**Tesis**

Que para obtener el Título de

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA PESQUERA**

Con Especialidad en

**IMPACTO AMBIENTAL PESQUERO**

Presentan

**Carlos Solís Gil**

**Y**

**Jorge Luis Escobedo Quintero**

Director de Tesis: Dr. Juan Luis Cifuentes Lemus

Bahía de Matanchén, Nayarit, mayo del 2002



*Dirección de Desarrollo  
Bibliotecario*

## *Dedicatoria*

A mi Esposa Lupita y a mis hijos José Carlos y Rodrigo,  
a quienes debo los mejores días de mi vida

A mis padres y hermanos  
de quienes siempre recibí cariño y apoyo

### **Reflexión**

*Si los seres vivos se comunicaran con la raza humana, quizás le dirían lo siguiente.*

*Homo sapiens:*

*Nuestra madre nos ama, pero puede llegar a ser feroz,  
no son tan voraz, los recursos son limitados,  
estás en la mira de la naturaleza,  
no dejes pasar la oportunidad,  
si utilizas la sapiencia,  
nuestra madre te permitirá vivir,  
no intentes solamente sobrevivir,  
podrás alcanzar una vida plena y digna,  
siempre y cuando respetes y te preocupes por tus hermanos,*

*Atentamente*

*los hermanos*

*Flora y Fauna*

Cactus Solis Oñil, mayo del 2002

## *Dedicatoria*

A mi gran familia:

Vicky mi esposa

Mis hijos: Livier, Paola y Jorge Luis

A toda mi familia

Jorge Luis Escobedo Quintero. Mayo del 2002.

## *Agradecimientos*

Nuestro más profundo agradecimiento:

Al Doctor Juan Luis Cifuentes Lemus a quien debemos este logro, y que gracias a su férrea iniciativa logró organizar y llevar a cabo este postgrado.

A todos los maestros que participaron transmitiéndonos sus experiencias.

Al M. en C. Amilkar Cupul Magaña por sus observaciones y sugerencias durante la revisión del documento.

A nuestras esposas María Guadalupe Caro y Ma. Victoria Solórzano Pérez, por su constante aliento e incondicional apoyo desde el inicio de este proyecto de postgrado.

Por su efectiva labor al Ing. Pesq. Aurelio Benitez y al Ing. Pesq. Sergio Castillo (ahora Maestros en Ciencia). A todos nuestros compañeros de la maestría con quienes compartimos buenos momentos, por brindarnos su amistad desinteresada muchas gracias.

A nuestras familias, que generosamente nos apoyaron para conseguir este propósito, muchas gracias.

*Gracias a todos.*

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1.0. INTRODUCCIÓN .....  | 2  |
| 1.1 MARCO TEÓRICO.....   | 4  |
| 1.2. ANTECEDENTES .....  | 12 |
| 1.3. OBJETIVOS.....  | 14 |
| 1.4. HIPÓTESIS.....  | 14 |
| 2. METODOLOGÍA.....  | 15 |
| 2.1 ÁREA DE ESTUDIO.....   | 15 |
| 2.2 TRABAJO DE CAMPO.....  | 16 |
| 2.3 TRABAJO DE GABINETE .....  | 17 |
| 2.3.1. RIQUEZA DE ESPECIES (S). .....  | 17 |
| 2.3.2. DENSIDAD DE LA COMUNIDAD (D) Y ABUNDANCIA RELATIVA (AR) ÍNDICE DE ..... | 17 |
| 2.3.3. DIVERSIDAD (Ds) Y EQUIDAD DE LA COMUNIDAD (E).....                      | 18 |
| 2.3.4 INDICADORES DE SIMILITUD DE COMUNIDADES. ....                            | 18 |
| 2.3.5. PARÁMETROS AMBIENTALES. ....  | 19 |
| 2.3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....   | 19 |
| 3-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 20 |
| 3.1. ABUNDANCIA RELATIVA. ....   | 22 |
| 3.2. RIQUEZA DE ESPÉCIES (S). ....   | 24 |
| 3.3. DENSIDAD DE LA COMUNIDAD. ....  | 25 |
| 3.4. LA EQUIDAD DE LA COMUNIDAD (És).....                                      | 26 |
| 3.5. INDICADORES DE SIMILITUD DE COMUNIDADES. ....                             | 27 |
| 3.6. PARÁMETROS AMBIENTALES. ....  | 28 |
| 4.0. CONCLUSIONES .....  | 31 |
| 5.0. RECOMENDACIONES .....   | 33 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 34 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 1. ABUNDANCIA RELATIVA DE PECES DE ARRECIFE POR LOCALIDAD, TEMPORADA Y AÑO, BAHÍA DE BANDERAS, MÉX. ....  | 20 |
| TABLA 2. ABUNDANCIA RELATIVA (AR) DE PECES DE ARRECIFE, BAHÍA DE BANDERAS (1996). ....  | 25 |
| TABLA 3. RIQUEZA DE PECES DE ARRECIFE POR LOCALIDAD, TEMPORADA CLIMÁTICA Y AÑO EN BAHÍA DE BANDERAS (1996). ....  | 26 |
| TABLA 4. DENSIDAD DE PECES POR LOCALIDAD, TEMPORADA CLIMÁTICA Y AÑO. ....   | 27 |
| TABLA 5. EQUIDAD DE LA COMUNIDAD DE PECES DE ARRECIFE POR LOCALIDAD, TEMPORADA CLIMÁTICA Y AÑO, BAHÍA DE BANDERAS (1996). ....  | 28 |
| TABLA 6. ÍNDICES DE SIMILITUD DE PECES DE ARRECIFE POR LOCALIDAD, ENTRE LAS TEMPORADAS CLIMÁTICAS SECA Y LLUVIOSA. ....   | 29 |
| TABLA 7. SALINIDAD (o/oo) DE TRES LOCALIDADES DE BAHÍA DE BANDERAS (1996). ....   | 30 |
| TABLA 8. TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C) DE TRES LOCALIDADES DE BAHÍA DE BANDERAS (1996) ....  | 31 |
| TABLA 9. VALORES DE RIQUEZA DE ESPECIES (S), DENSIDAD (D=ORG/M <sup>3</sup> ), EQUIDAD (Es) Y SIMILITUD (PS Y CCs) DE PECES DE ARRECIFE DE BAHÍA DE BANDERAS (1996). TFS=TEMPORADA FRÍA -SECA, CLL=TEMPORADA CÁLIDA-LLUVIOSA..... | 32 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....  | 16 |
| FIGURA 2. ABUNDANCIA RELATIVA (AR) DE LAS ESPECIES DE PECES DE ARRECIFE MEJOR REPRESENTADOS EN BAHÍA DE BANDERAS (1996).....   | 24 |
| FIGURA 3 . RIQUEZA DE PECES DE ARRECIFE POR LOCALIDAD, TEMPORADA Y AÑO EN BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO (1996).....  | 25 |
| FIGURA 4 DENSIDAD DE PECES POR LOCALIDAD, TEMPORADA Y AÑO EN BAHÍA DE BANDERAS, MÉX.(1996).....  | 26 |
| FIGURA 5. EQUIDAD DE LA COMUNIDAD (Es) DE PECES DE ARRECIFE, CALCULADA EN BASE AL ÍNDICE DE SIMPSON, POR LOCALIDAD, TEMPORADA Y AÑO. BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO (1996).....   | 27 |
| FIGURA 6 . SIMILITUD DE LA COMUNIDAD DE PECES DE ARRECIFE ENTRE LA TEMPORADA FRÍA-SECA (TFS) Y LA TEMPORADA CÁLIDA-LLUVIOSA (TCLL) SEGÚN EL PORCENTAJE DE SIMILITUD (PS). BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO (1996).....    | 29 |
| FIGURA 7. SIMILITUD DE LA COMUNIDAD DE PECES DE ARRECIFE ENTRE LA TEMPORADA FRÍA-SECA (TFS) Y LA TEMPORADA CÁLIDA-LLUVIOSA (TCLL) SEGÚN EL COEFICIENTE DE SORENSEN. BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO. TEMPORADA 1996..... | 29 |
| FIGURA 8. SALINIDAD (S ‰) DE TRES LOCALIDADES DE BAHÍA DE LA BANDERAS (1996).....  | 30 |
| FIGURA 9. TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C) DE TRES LOCALIDADES DE LA BAHÍA DE BANDERAS(1996).....  | 31 |

# Índices de Diversidad y Similitud de Comunidades Estructura de la Comunidad de Peces de Arrecife de Bahía de Banderas, México. Temporada 1996.

Biol. Carlos Solís Gil  
Ing. Pesq. Jorge L. Escobedo Quintero

**PALABRAS CLAVE:** Índices de diversidad, peces de arrecife, Bahía de Banderas.

## R E S U M E N

Se estudió la estructura de la comunidad de peces de arrecife de Bahía de Banderas en tres localidades (Los Arcos, Majahuita e Islas Marietas). Los resultados se agruparon en dos temporadas del año: fría-seca (febrero-mayo) (TFS) y cálida-lluviosa (agosto-noviembre) (TCLL). Para lograr los objetivos mediante observaciones directas se identificaron y cuantificaron las especies en cada localidad, registrándose simultáneamente la temperatura superficial y la salinidad del agua. Se determinó para cada zona la riqueza de especies (s), densidad de organismos por metro cuadrado, la "Equidad" de la comunidad (Es) basado en el índice de Simpson y dos índices de similitud, el porcentaje de similitud (PS) y el coeficiente de similitud de comunidad de Sorensen (CCs). De un total de 4,930 organismos observados durante 1996, se identificaron 71 especies, correspondientes a 29 familias de peces; las cuatro especies más abundantes fueron el lábrido arcoiris (*Thalassoma lucasanum*) con 19.8%, la damisela castañeta (*Chromis atriobata*) con 12.8%, la damisela azul de cortés (*Stegastes rectifraenum*) con 8.64% y el pez cardenal rosa (*Apogon pacifici*) con el 6.3%; para las dos temporadas climáticas consideradas *T. lucasanum* fué el más abundante. Las familias Labridae y Pomacentridae presentaron los porcentajes más altos de abundancia con un 33.8% y 33.4% respectivamente. Los resultados indican que en Bahía de Banderas las comunidades de peces de arrecife presentan una alta biodiversidad durante todo el año que se traduce en un nivel alto de complejidad. Los índices de similitud que evalúan la magnitud de los cambios que sufre la estructura de la comunidad proporcionaron resultados que en una escala de 0 a 100 les correspondió un valor de 80, lo que representa una alta similitud entre las temporadas climáticas; sin embargo, a pesar de la alta similitud y complejidad, los resultados también muestran que las comunidades sufren cambios cuantitativos sutiles, que se reflejan en ligeras variaciones en la abundancia de cada una de las especies entre las temporadas consideradas. Los valores obtenidos que representan la estructura de la comunidad de peces de arrecife en Bahía de Banderas son los siguientes:

| LOCALIDADES | TFS |      |       | TCLL |      |       | AÑO |      |       |      |       |
|-------------|-----|------|-------|------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|
|             | s   | d    | Es    | s    | d    | Es    | s   | d    | Es    | PS   | CCs   |
| Los Arcos   | 41  | 0.91 | 0.962 | 51   | 1.06 | 0.908 | 56  | 1.01 | 0.928 | 70.3 | 0.783 |
| I. Marietas | 35  | 1.44 | 0.928 | 41   | 1.52 | 0.905 | 46  | 1.48 | 0.913 | 74.6 | 0.789 |
| Majahuita   | 44  | 1.83 | 0.930 | 49   | 1.99 | 0.938 | 56  | 1.93 | 0.937 | 71.7 | 0.796 |
| Acumulado   | 58  | 1.39 | 0.938 | 66   | 1.55 | 0.932 | 71  | 1.49 | 0.934 | 82.3 | 0.855 |

Complementariamente se incluye, como fundamentación teórica, un análisis sobre la aplicación e interpretación de los índices más comúnmente utilizados en los estudios de diversidad y similitud de comunidades. Finalmente se adicionan algunas sugerencias que pueden ser útiles para la administración y conservación de las comunidades de arrecife.



## 1.0. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la estructura de una comunidad constituye una información fundamental para la administración de los recursos naturales. Identificar las especies que conforman dicha comunidad, sus abundancias y funciones que realizan, sus variaciones en el tiempo y las interacciones que ocurren entre sus elementos, es necesario para la planeación, control y manejo racional de los ecosistemas. En los resultados del presente trabajo se proporciona información sobre la estructura de la comunidad de peces de arrecife de tres localidades de Bahía de Banderas, las cuales son importantes desde el punto de vista de actividad turística. Además se discute sobre el uso, aplicación e interpretación de los índices más frecuentes que se utilizan en los estudios de diversidad y similitud de comunidades.

Es importante mencionar que los peces de arrecife son aquellos que en el transcurso de su ciclo de vida están íntimamente ligados, permanente o temporalmente, a un sustrato sólido, como el rocoso, para cubrir algunas de sus necesidades de protección, alimentación y/o de reproducción. En este trabajo se estudian los peces de arrecife, pero también se incluyen organismos que se localizan en la interfase arrecife-arena, ya que éstos de alguna manera se benefician de la cercanía del arrecife, realizando incursiones o aprovechando el intercambio energético que ocurre naturalmente. Otras especies que son consideradas son aquellas que siendo pelágicas se benefician de la alta productividad orgánica que existe en los arrecifes, por lo que realizan incursiones para alimentarse, ya sea de peces o del zooplancton que suele ser abundante sobre estas áreas, ó para librarse de parásitos interactuando con peces limpiadores, como los lábridos, comunes en los arrecifes tropicales. El arrecife puede definirse de distintas maneras, como una estructura consolidada que obstruye la navegación o como una estructura rocosa sumergida que proporciona una superficie dura de fijación que permite el desarrollo de la vida marina.

Los estudios sobre estructura de comunidades constituyen un antecedente invaluable para los trabajos futuros que sobre impacto ambiental se realicen en una zona. El presente estudio reporta algunos aspectos estructurales, observados durante 1996, de la comunidad de peces de arrecife de Bahía de Banderas. Las observaciones se organizaron considerando dos temporadas climáticas bien marcadas en la región, la temporada de secas o de no lluvia, fría y la temporada de lluvia, cálida.

La comprensión e interpretación clara de la información que proporcionan los índices de diversidad y similitud de comunidades es fundamental para lograr conclusiones objetivas, útiles para la administración de los ecosistemas. Es por esto que se incluye en este trabajo un análisis de algunos de los índices más comúnmente utilizados en los estudios de diversidad biológica.

Bahía de Banderas representa un área de prestigio turístico, reconocida ampliamente, y visitada por turismo nacional e internacional. Entre los atractivos que ofrece a sus visitantes están las actividades de recreaciones marinas, las cuales en diferente medida originan una interacción hombre-ambiente marino. Entre las actividades de este tipo se puede mencionar los paseos en lancha, observación de aves y mamíferos marinos, la pesca deportiva, el buceo libre y autónomo; todos ellos se realizan con diferente intensidad a lo largo del año y en su mayoría la interacción se da en zonas de arrecife, alrededor de islas, morros y rocas sumergidas. Estas actividades de alguna manera pueden causar alteraciones en la estructura de las comunidades que se desarrollan en el área. Las comunidades de arrecife rocoso, la mayoría de ellas con incrustaciones y manchones de algas y corales, son abundantes en el área, y además de gran interés turístico debido a la presencia de flora y fauna que gozan de un atractivo especial y que es observada mediante la práctica del buceo. Esta actividad, el buceo, se ha venido incrementando gradualmente, es observable el mayor número de tiendas y prestadores de este tipo de servicio en el área, así como la existencia de cursos y escuelas que proporcionan la preparación y/o apoyo técnico necesario, por lo que debido a esto entre otras actividades, los arrecifes de la Bahía de Banderas requieren de una atención especial, para vigilar y garantizar la conservación y aprovechamiento de este recurso, mediante acciones preventivas como la investigación científica, la cual es necesaria para el conocimiento de las existencias y los mecanismos naturales autorregulatorios que allí ocurren.

En la Bahía de Banderas las actividades turísticas y pesqueras, en las áreas de arrecife, representan una actividad que, de no regularse adecuadamente pueden constituir un peligro para la conservación del equilibrio ecológico de las comunidades de arrecife. Entre las medidas que se deben emprender para lograr un manejo adecuado, está la necesidad de realizar estudios que proporcionen información sobre la estructura que estos presentan, llevar a cabo un seguimiento de las variaciones que en ellos ocurren e identificar las causas o mecanismos que originan esos cambios, y con esto, tener un mayor número de elementos para proponer un adecuado manejo de aprovechamiento y conservación de los recursos. Esta información puede ser eficazmente utilizada por las dependencias federales para su conocimiento y aplicación de normas regulatorias. Asimismo, los resultados sobre los inventarios faunísticos y florísticos que allí se realicen representan información cultural que puede ser aprovechada por los prestadores de servicios turísticos para ser difundida entre los visitantes. Tanto los resultados como los procedimientos y experiencias metodológicas que se derivan de estos estudios proporcionan conocimiento invaluable y de aplicación práctica, que puede ser utilizada para su difusión y enseñanza en escuelas que imparten estudios sobre Ciencias Naturales.

Tener conocimiento sobre la estructura de una comunidad en una determinada fecha o periodo de tiempo, es información indispensable para la realización de estudios de impacto ambiental, ya que ésta información es el punto de partida para poder inferir los cambios estructurales que se pueden derivar de las actividades de obra y administración de un proyecto de inversión.

## 1.1. MARCO TEÓRICO

Los índices de diversidad están diseñados para interpretar la estructura de una comunidad. Los valores que proporcionan éstos, permiten conformar una evaluación aproximada sobre la complejidad de la comunidad, o de una parte de ella; así como también inferir sobre la fragilidad o estabilidad existente y la dominancia que podría representar algunas especies que la conforman. Como consecuencia de los estudios de diversidad se genera información que puede ser utilizada para realizar análisis sobre los cambios estructurales que ocurren en función del tiempo y por consecuencia también en función de las variaciones ambientales. Para esto último se aplica los índices de similitud de comunidades, los cuales están diseñados para detectar cambios estructurales en las comunidades, estos índices aplicados convenientemente, permiten diferenciar cambios producidos por causas naturales de los que son generados por actividades inherentes al hombre. Complementariamente los estudios sobre estructura de comunidades recaban información de la densidad, biomasa y frecuencia de las especies observadas, así como también se puede realizar una cuantificación del valor de importancia que representa cada especie. Sobre el papel o función que representa cada especie dentro de una comunidad, son invaluable la información que se logre obtener al respecto, ya que posibilitan conocer la trama trófica y por consecuencia el flujo energético que se desarrolla en dicha comunidad.

Odum (1998) menciona que no es necesario conocer todas las especies para evaluar la estructura de una comunidad, dado que una de las características de las comunidades naturales es que contienen comparativamente pocas especies comunes o dominantes y una cantidad comparativamente grande de especies raras. Es frecuente encontrar que en comunidades de 50 a más especies, una docena o menos de estas constituyen el 90% de la abundancia total. Las especies raras o escasas presentes en una comunidad determinan la diversidad de la misma y pueden en cierto momento aumentar su abundancia y participación en procesos cuando las condiciones ambientales se lo permitan. Es sumamente importante tener presente la diferencia entre especies dominantes y especies clave; las primeras están representadas por las especies muy numerosas o abundantes y las segundas, constituyen un grupo de especies con funciones controladoras o de regulación de la comunidad y pueden ser o no dominantes. Existen otros conceptos que es necesario considerar en estudios sobre estructura de comunidades, entre ellos la redundancia funcional, concepto que se relaciona con especies capaces de realizar funciones similares y que en determinado momento pueden compensar el papel o función que realizaba una especie disminuida por causa alguna. Una comunidad con redundancia funcional puede ser considerada con mayor estabilidad económica que otras que no lo tengan. El concepto de especie clave puede ser mejor comprendido si lo consideramos como aquellas especies que realizan funciones vitales dentro de la comunidad y que carecen de redundancia funcional. La pérdida de redundancia, así como la afectación de una especie clave originan cambios importantes estructurales y de funcionamiento en las comunidades.

Actualmente existe una preocupación generalizada por la disminución de la biodiversidad en los ecosistemas del mundo. Este cambio gradual que se viene observando trae acompañado no sólo la pérdida de especies en determinadas áreas, si no también la disminución de la diversidad genética y como consecuencia de funciones vitales que

permiten el equilibrio y desarrollo de los ecosistemas. Wilcox (1984) *cit. in* Odum (1998) define la biodiversidad como "la variedad de formas de vida, las funciones ecológicas que realizan y la diversidad genética que contienen". Los estudio sobre estructura de comunidades nos permite formar un criterio sobre la estabilidad de las mismas y sobre la capacidad que estos tienen para enfrentar o responder a perturbaciones naturales u originadas por actividades humanas. Odum (1998) señala que la estabilidad y recuperación de una comunidad después de una perturbación, es favorecida por la presencia de muchas especies distintas en el paisaje.

La presencia de especies con funciones similares en un ecosistema esta justificada por diversos aspectos ecológicos que permiten la coexistencia; entre ellos podemos señalar variaciones nutricionales, diferencias en tiempos de aprovechamiento de un recurso, sensibilidad al pastoreo, cambios alternados de las condiciones ambientales (que favorecen primero a una especie y posteriormente a otra). Mantener presente estos aspectos de competencia es importante ya que apoyados en este conocimiento podemos comprender los cambios naturales que se producen en la estructura de las comunidades naturales.

El valor de importancia biológica que puede tener cada una de las especies que constituye una comunidad es utilizado para identificar y mantener presente las especies dominantes en función de su abundancia, biomasa, su frecuencia, cobertura o densidad entre otras características medibles. Es común que para cuantificar el valor de importancia de cada especie se utilice un índice porcentual (IVI) que incluye algunos de los aspectos antes mencionados, donde:

$$\text{Índice de Valor de Importancia de la especie "i"} = \text{IVI}_i = \text{ARI} + \text{BRi} + \text{FRi} + \dots + \text{XRI}$$

Donde ARI, BRi y FRi son las abundancias, biomasa y frecuencias relativas (%) de cada una de las especies involucradas, de tal modo que con este índice se obtiene un valor de importancia biológica (IVI) para cada especie dentro de su comunidad. Los valores más altos de este índice se obtienen cuando se combina una elevada dominancia tanto en abundancia, como biomasa y frecuencia de una especie en particular. El valor mas alto posible de este índice, cuando toma uno en cuenta tres características, es de 300 % y sólo es posible si la especie es la única que conforma dicha comunidad.

Krebs (1985) señala que la forma más sencilla de medir la diversidad, es contar el número de especies existentes. A esta información se le denomina riqueza de especies de una comunidad y se acostumbra denotarse por la letra "s". Uno de los problemas que se originan al considerar el número de especies, como una medida de diversidad es que, este valor considera por igual a las comunidades con igual número de especies pero diferente abundancia. Debido a lo anterior surge el concepto de heterogeneidad de una comunidad, el cual proporciona información sobre como se distribuye la abundancia en las especies involucradas, de tal forma que una mayor diversidad, para una comunidad en particular, es aquella en que se observa para cada una de las especies la misma abundancia. Krebs (1985) también señala seis factores causales que intervienen en la diversidad de las comunidades. El factor tiempo es un aspecto que considera que la diversidad biológica es un producto de la evolución y de la sucesión, los cuales están en función del tiempo; de tal forma que las

más antiguas presentan más especies que las comunidades jóvenes. Un segundo factor considera a la heterogeneidad espacial como un aspecto relevante que relaciona directamente el aumento de la diversidad biológica con la complejidad del medio ambiente físico; esto es debido a la diversidad y traslape de nichos ecológicos que originan especialización de funciones e incrementa la estabilidad ambiental dentro de la comunidad. Un factor de depredación que funciona al mantenerse limitadas en cuanto a abundancia a las especies presa, produciéndose una disminución de competencia entre ellas y que se agreguen nuevas especies presa, que su vez brinda alimento a nuevos predadores. El principio de estabilidad ambiental como un quinto factor de regulación, explica que el número de especies aumentará conforme se mantenga por un tiempo suficiente la estabilidad de los parámetros ambientales, considerándose como estabilidad este mantenimiento constante y/o cambios periódicos predecibles; los hábitas de baja diversidad suelen ser inestables y/o impredecibles. Por último el factor de productividad mezclada con el de estabilidad ambiental, establece que la mayor productividad da por resultado mayor diversidad a igualdad de condiciones.

Existe un concepto generalizado en ecología de comunidades, de que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la componga, ya que por ende existirá un mayor número de vías de flujo energético y de procesos en su interior.

La literatura muestra una gran diversidad de formas para representar la estructura o grado de complejidad de una comunidad. La manera más simple de representarla, de donde se deriva el resto de los modelos, es el número de especies o riqueza de especies ( $s$ ) que la constituye. Entre las primeras expresiones matemáticas comúnmente utilizadas están el índice de Margalef ( $D_a$ ) y el de Menhinick ( $D_b$ ), ambos relacionan la riqueza de especies ( $s$ ) con el total de individuos ( $N$ ) en la comunidad.

$$D_a = (s-1) / \log N \quad \text{y} \quad D_b = s / \sqrt{N}$$

Los índices que proporcionan mejor información sobre la estructura de una comunidad, y además los más utilizados, son el índice de Simpson y el índice de Shannon-Wiener, ya que ambos incluyen en sus cálculos la información correspondiente a dos componentes importantes estructurales de la diversidad de una comunidad; el número de especies y la abundancia de cada una de ellas. Otro índice importante, es el índice de Brillouin, cuya ecuación presenta características con interpretación biológica. Teóricamente se acepta que un mayor número de especies incrementa la diversidad, lo mismo que una mayor uniformidad en las abundancias (Franco y coautores, 1992).

El índice de Simpson, el de Shannon-Wiener y el de Brillouin cumplen con algunas características que se recomiendan en la literatura: deben ser independientes del tamaño de la muestra, proporcionar valores mínimos cuando todos los elementos pertenecen a una misma clase y máximos cuando cada uno de ellos pertenece a clases distintas, no varían significativamente bajo diferentes mecanismos de muestreo (Ros, 1980).

El índice de Simpson ( $D_s$ ) se determina a partir de calcular la probabilidad existente dentro de una comunidad de que después de observar un individuo; cual es la posibilidad de volver a encontrarlo nuevamente. Dicho de otra manera, responde a la pregunta ¿cual es la

probabilidad de que en una colección de especies una de ellas sea seleccionada dos veces consecutivas?. Esta probabilidad se representa por la letra "  $\lambda$  ":

$$\lambda = \sum n_i (n_i - 1) / N(N-1)$$

$n_i$  = abundancia de la especie "i"

$N$  = abundancia de la comunidad (suma de todas las  $n_i$ ) =  $\sum n_i$

donde podemos observar que para una comunidad extrema, hipotética, de una sola especie y dos individuos la probabilidad de que después de seleccionar a un individuo, el siguiente sea de la misma especie es 1. Si ahora consideramos otras combinaciones sencillas de número de especies y sus abundancias podemos observar el comportamiento de este valor de probabilidad.

Para el caso primero de una sola especie  $n_1=2$ ,  $\lambda = \sum 2(2-1) / 2(2-1) = 1$

Para dos especies  $n_1=2$  y  $n_2=2$ ,  $\lambda = \sum 2(2-1) + 2(2-1) / 4(4-1) = 0.33$

Para tres especies  $n_1=2$ ,  $n_2=2$  y  $n_3=2$   $\lambda = \sum 2(2-1) + 2(2-1) + 2(2-1) / 6(6-1) = 0.2$

Es sencillo demostrar, incluso intuitivamente, que una especie de abundancia  $n_i=1$  tiene una probabilidad "cero" de ser seleccionada dos veces. Se observa en los ejemplos anteriores que la probabilidad disminuye conforme aumentan las especies de un conjunto, es decir conforme aumenta la diversidad. Si  $\lambda$  es la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos elementos de la misma especie dentro de una muestra de datos,  $1 - \lambda$  representa la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos individuos de especies diferentes (Krebs, 1985), lo que viene a representar la heterogeneidad de la muestra y en conclusión al índice de diversidad de Simpson.

Índice de diversidad de Simpson =  $D_s = 1 - \lambda = 1 - \sum n_i (n_i - 1) / N(N-1)$ -----(1)

Según Krebs (1985):  $D_s = 1 - \sum (p_i)^2$ , donde  $p_i = n_i/N$ -----(2)

Además, el valor de "  $\lambda$  " puede ser considerado como un indicador de dominancia, el cual toma el valor de 1 o cercano a 1 cuando una especie, o unas pocas, constituyen la mayoría de los individuos de la comunidad.

Índice de dominancia =  $\lambda = \sum n_i (n_i - 1) / N(N-1)$

Es importante tener presente que utilizando la ecuación (1) de Simpson las especies cuya abundancia es 1, no contribuyen a incrementar el valor de  $\lambda$ , por lo que el índice de Simpson ( $1 - \lambda$ ) puede estar ligeramente sobreestimado en relación a su máximo. El índice de Simpson en general concede relativamente poca importancia a las especies no abundantes.

A pesar de que el índice de Simpson proporciona valores entre cero y uno, el valor máximo que puede tener una combinación de número de especies ( $s$ ) y abundancias ( $n_i$ ) no siempre es uno, de aquí se hace necesario calcular que tan cerca está el valor obtenido de su máximo posible ( $D_{smax}$ ). A la proporción  $D_s / D_{smax}$  se le denomina Equidad de la comunidad ó diversidad relativa.

$$\text{Equidad} = E = D_s / D_{s\max} ; \quad \text{donde } D_{s\max} = [(s-1)/s] \cdot [N/(N-1)]$$

1-E puede ser utilizado como índice de dominancia

El índice de Shannon- Wiener ( $H'$ ) mide el grado de incertidumbre que se tiene de saber a que especie o clase corresponderá un elemento seleccionado aleatoriamente de una comunidad o conjunto de datos heterogéneos. Este índice se obtiene mediante la sumatoria de las probabilidades de cada especie involucrada en la muestra.

$$H' = - \sum p_i \log p_i ; \quad \text{donde } p_i = n_i / N$$

Si todos los organismos pertenecen a la misma clase o especie, entonces no existe incertidumbre de qué especie será seleccionada y por lo tanto  $H' = 0$ .

El índice de Shannon es equivalente a la ecuación de Brillouin, en la que, en lugar de utilizar las proporciones de cada clase o especie presente en la muestra, la de Brillouin utiliza las abundancias reales:

$$\text{Índice de Brillouin} = H = [ \log ( N! / n_1! n_2! \dots n_i! ) ] / N$$

Esta expresión se interpreta como una diversidad en función del número de relaciones que pueden establecerse entre las clases o especies; lo que indica que a mayor número de relaciones (formas de alimentación, parasitismo, relaciones simbióticas, respiración, reciclamientos, etc.) mayor complejidad y por ende mayor deberá ser el índice.

De igual forma que el índice de Simpson, se determina la diversidad máxima para el índice de Shannon y el de Brillouin, así como también la diversidad relativa o Equidad correspondiente.

$$\text{Equidad de Shannon} = E = H' / H'_{\max} ; \quad \text{donde } H'_{\max} = \log s$$

$$\text{Equidad de Brillouin} = E = H / H_{\max} ;$$

$$\text{donde } H_{\max} = [ \log N! - (s - r) \log c! - r \log (c+1)! ] / N$$

El valor de "c" es la porción entera de N/s. Para calcular "r" (residual), "c" se multiplica por "s" y a "N" se le resta el resultado anterior con lo que se obtiene "r".

(1-E) puede ser considerado como un índice de dominancia

Brower y Zar (1979) menciona que la diversidad de especies también puede ser llamada heterogeneidad de especies, y es una característica única del nivel de organización biológica de la comunidad. Una alta diversidad de especies significa una elevada complejidad ya que esto también significa una gran variedad de interacción. Algunos

ecólogos utilizan los indicadores de diversidad como indicadores de madurez de una comunidad, para afirmar esto se apoyan en que, una comunidad a medida que madura se hace más compleja y a su vez más estable.

Los estudios de diversidad de comunidades generalmente se llevan a cabo en subcomunidades o taxocenosis (grupo específico de especies relacionados espacial, temporal y taxonómicamente), rara vez es posible hacerlo en la totalidad de la comunidad. Esto significa que es necesario delimitar la parte de la comunidad cuya estructura se desea conocer, lo que permitirá comparar resultados con estudios posteriores. En la delimitación del área de estudio se requiere tomar en cuenta aspectos espaciales, tanto en sentido horizontal como vertical; determinar grupos taxonómicos; considerar situaciones climáticas; así como también las características particulares o diversidad de ambientes que se presentan en la zona.

Podemos argumentar que la diversidad es una expresión numérica de la estructura de una comunidad, y que a su vez ésta resulta de las interacción entre los distintos elementos que la conforman. Complementariamente a lo anterior, las abundancias de los elementos se justifican en el modelo ecológico de MacArthur, donde se menciona que la abundancia de cada especie es proporcional al espacio ecológico que puede ocupar, es decir, a la extensión de lo que se denomina nicho ecológico.

Thienemann *cit in* Margalef (1980) señala que el número de especies es pequeña y el número de individuos de cada especie grande en aquellos ambientes de condiciones inestables, fluctuantes o rigurosos. La estructura que se obtiene de una muestra en un momento determinado representa a pocas especies favorecidas en ese instante caracterizadas por muchos individuos, y muchas especies escasas en número que alcanza un mayor desarrollo en otros sistemas próximos o en otro tiempo, con otra condiciones ambientales diferentes.

Margalef (1980) hace mención en el sentido de que no es válido relacionar la diversidad con cualquier distribución de las tasas de multiplicación de las especies, ya que no existe relación entre la tasa de multiplicación y la abundancia de las especies, es decir, el número de individuos de una especie en particular, en un momento dado, no está en función de su fecundidad. En resumen la diversidad es una medida de la organización del ecosistema y aumenta de ordinario en el curso de la sucesión ecológica.

Cuando los estudios de diversidad de comunidades se realizan con una cierta periodicidad y por varios ciclos anuales, los resultados permiten identificar cambios estructurales que ocurren en ellas. Si logramos identificar los cambios naturales, que generalmente ocurren, es posible detectar aquellos otros que se originan por variaciones ambientales no predecibles o por influencia de las actividades directas o indirecta que realiza el hombre. Estos estudios se apoyan en índices o indicadores de similitud que permiten cuantificar las variaciones que ocurren en la estructura de una comunidad. Algunos índices sólo consideran el número de especies presentes y las especies comunes en ambas comunidades, sin tomar en cuenta la abundancia particular de cada especie, tal es el caso de los indicadores de Jaccard (CCj) y el de Sorensen (CCs). Otros índices incluyen además, datos cuantitativos como el de la abundancia de cada una de las especies presentes, entre los



cuales están el índice de Morisita ( $I_m$ ), el porcentaje de similitud (PS), el índice de disimilitud ( $I_d$ ) de Sneath y Sokal (1973) *cit in* Brower y Zar (1979), el índice de Horn's (1966) *cit in* Brower y Zar (1979). Los índices de similitud proporcionan valores entre 0 y 1 (100 cuando el resultado se expresa en porcentaje), cero para comunidades no similares y 100 % o 1 para comunidades idénticas.

El índice de Jaccard ( $CC_j$ ) y el de Sorensen ( $CC_s$ ), también denominados coeficientes de comunidad, comparan dos comunidades en función de el número de especies que posee cada una y del número de especies comunes que existen entre ellas:

$$\text{Coeficiente de Jaccard} = CC_j = c / (s_1 + s_2 - c)$$

$$\text{Coeficiente de Sorensen} = CC_s = 2c / (s_1 + s_2)$$

$s_1$  = número de especies de la comunidad 1

$s_2$  = número de especies de la comunidad 2

$c$  = especies comunes a ambas comunidades

Estos dos indicadores tienen un inconveniente de aplicación, debido a que utilizan información cualitativa sobre la estructura de la comunidad, no distinguen diferencias estructurales cuantitativas entre las comunidades analizadas. En el caso de que dos comunidades posean exactamente las mismas especies, estos coeficientes proporcionan valores máximos de similitud entre ellas, a pesar de que las abundancias respectivas de cada especie sea diferente en cada comunidad. Si lo que deseamos es comparar las diferencias estructurales que existen entre dos comunidades es necesario considerar la abundancia de las poblaciones involucradas. Para lograr esto último es recomendable utilizar alguno de los índices que se describen a continuación.

El índice de Morisita se basa en en el índice de dominancia de Simpson  $\lambda$ , y se determina mediante la siguiente relación matemática:

$$I_m = 2 \sum x_i y_i / (\lambda_1 + \lambda_2) N_1 N_2$$

$x_i$  = número de individuos de la especie "i" de la comunidad "x"

$y_i$  = número de individuos de la especie "j" de la comunidad "y"

$\lambda_1$  = Índice de dominancia de la comunidad 1, determinado con  $N_1$

$\lambda_2$  = Índice de dominancia de la comunidad 2, determinado con  $N_2$

El rango de variación de este índice es de "cero" para comunidades no similares, hasta aproximadamente "uno" cuando son idénticas.

El porcentaje de similitud (PS) determina el grado de similitud comparando la abundancia relativa que presentan todas las especies de ambas comunidades y sumando los porcentajes inferiores de cada par de datos. Como la suma de las abundancias relativas de cada comunidad debe ser igual a 100, el porcentaje de similitud (PS) será máximo (igual a 100)

cuando ambas comunidades presenten las mismas especies en igual proporción, y mínima (cero) cuando no posean ninguna especie en común.

Este indicador se puede representar de la siguiente manera:

PS =  $\Sigma$  [valor inferior de la abundancia relativa observada de c/especie en ambas comunidades]

Índice de disimilitud (Id) de Sneath-Sokal. A diferencia de los índices de similitud, el varía de cero para comunidades idénticas a uno para aquellas completamente diferentes. Este índice se deriva de la expresión matemática que mide la distancia entre dos puntos, con la ventaja sobre otros índices, de este mismo tipo, de que dicha distancia es mostrada proporcionalmente dentro de un rango de cero a uno.

$$Id = \sqrt{\left[ \frac{\sum [(x_i - y_i) / (x_i + y_i)]^2}{c} \right]}$$

$x_i$  = número de individuos de la especie "i" de la comunidad "x"

$y_i$  = número de individuos de la especie "i" de la comunidad "y"

c = especies comunes a ambas comunidades

El índice de Horn's esta basado en el índice de diversidad de Shannon-Winer. El procedimiento es laborioso y consiste de las siguientes etapas:

1°. Determinar el índice de Shannon para cada comunidad ( $H'_1$ ,  $H'_2$ )

2°. Se calcula el mismo índice para los datos agrupados como si fuera una sola comunidad ( $H'_3$ ). Este valor es menor cuando las comunidades son muy similares y crece cuando son muy diferentes.

3°. Determinar el valor mas alto obtenible de Shannon ( $H'_4$ ) aplicando el siguiente criterio, considerar que todas las especies de ambas comunidades son distintas, es decir, como si no existieran especies comunes entre las dos comunidades.

4°.  $H'_5$  es el índice de Shannon promedio entre  $H'_1$  y  $H'_2$ , ponderados con sus respectivas  $N_1$  y  $N_2$  de cada comunidad. El valor que se obtiene es el mínimo obtenible y es menor cuando entre las comunidades ocurre un traslape a similitud mayor.

5°. Finalmente el índice de similitud de Horn's, el cual varía entre cero y uno, se determina mediante la siguiente relación:

$$Ro = (H'_4 - H'_3) / (H'_4 - H'_5)$$

La similitud tiende a ser mayor o máxima ( $Ro=1$ ) cuando  $H'_3$  y  $H'_5$  tienen valores parecidos, es decir ambas comunidades poseen el mismo nivel de complejidad (índice de diversidad) y estan conformadas por las mismas especies.

## 1.2. ANTECEDENTES

En relación a peces de arrecife, se reporta que en Bahía de Banderas existen importantes especies de valor comercial como peces de ornato, entre los cuales se mencionan algunos peces: ángel (fam. Pomacanthidae), peces mariposa (Chaetodontidae), cirujanos (Acanthuridae), lábridos (Labridae) y damiselas (Pomacentridae) (Solís-Gil y Pérez, 1995). Las especies más abundantes reportadas son *Thalassoma lucasanum* (Labridae), *Abudefduf troschellii* (Pomacentridae) y *Stegastes rectifraenum* (Pomacentridae). De no menor importancia son aquellos que son comúnmente utilizados para consumo humano como los pargos (Lutjanidae), cabrillas (Serranidae), peces cirujanos (Acanthuridae), peces loro (Scaridae), botas (Balistidae), burritas (Haemulidae), entre otros.

Solís-Gil (1996), realizó estudios de peces de arrecife en cinco zonas de Bahía de Banderas, reportando una densidad promedio de 1.72 organismos/m<sup>2</sup> de superficie rocosa, siendo el lábrido *Thalassoma lucasanum* el más abundante con 27.5% siguiéndole la damisela *Chromis atrilobata* (Pomacentridae) con el 13.2% y la también damisela *Abudefduf troschellii* con el 8.63%; en total informa de la presencia de 36 familias de peces y 78 especies, mencionando que en cuanto a diversidad y abundancia las zonas de mayor importancia, visitadas por el turismo dentro de la bahía son Majahuita, Islas Marietas y los Arcos.

Las variaciones de temperatura del agua superficial para Bahía de Banderas observadas durante 1995 fueron mínima de 20 °C y una máxima de 32.5 °C (Solís-Gil, 1996).

Las comunidades coralinas del Pacífico Oriental, en su parte de América Central, se han visto afectadas durante este siglo por el fenómeno de oscilación sureña de "El Niño" (Reyes, 1993), observándose grandes mortalidades masivas de corales por esta causa, principalmente en Centro América (Guzmán, Cortés, Richmond y Glynn, 1987 cit. in Reyes, op cit). Información detallada, cuantificada, relacionada con el efecto de "El Niño" sobre los corales del pacífico mexicano es desconocido y es ésta una de las razones que inclinan a realizar estudios sobre las comunidades que habitan estas áreas. Entre otros fenómenos naturales que afectan el desarrollo de los corales esta la acción depredadora de algunos invertebrados y vertebrados, entre los cuales podemos mencionar a equinodermos, asteroideos, peces de las familias Diodontidae, Tetraodontidae, Scaridae, Balistidae; además de la destrucción generada por actividades del ser humano. En 1987 se observó un blanqueo coralino en Cabo Pulmo, B.C.S., viéndose afectada el género Pocillopora, causado probablemente por temperatura elevada (Reyes, op cit).

Reyes (op cit), estima la erosión de coral en cabo Pulmo, causada por acción natural (equinodermos y peces) y por causas antropogénicas encontrando que a corto plazo las causadas por el hombre superan a la natural casi en un orden de magnitud y la causa principal es debida al arrastre de anclas.

Pérez-Vivar (1995) proporciona diversa información sobre el número de especies presentes en el Pacífico Centro de México, reportando para la plataforma continental de Guerrero, Michoacán y Nayarit 187 especies capturadas con redes de arrastre camaronera; para el

estado de Michoacán registra 257 especies de peces marinas capturadas con anzuelos, redes y observaciones visuales. A su vez Pérez-Vivar (op cit), reporta 203 especies y 64 familias de peces marinos del litoral de Colima, de los cuales 68 especies son residentes primarios de arrecifes.

En Cabo Pulmo, B.C.S., Benítez y Villarreal (1988) cit. in Reyes op cit, identifican más de 50 especies de peces de arrecife. Reyes op cit cita 226 especies para esta misma zona.

En Bahía de la Paz y zonas adyacentes Pérez-España, Galván-Magaña y Abitia-Cárdenas (1996) identificaron 75 especies y 30 familias de peces de arrecife, siendo las más abundantes *Stegastes spp* (26.1%), *Thalassoma lucasanum* (17.2%), *Abudefduf troschelli* (13.2%), *Chromis atrilobata* (10.45%), *Haermulon maculicaudata* (7.74%). Estos mismos autores mencionan diferencias estructurales temporales y espaciales entre los sitios estudiados; no así en cuanto al índice de diversidad el cual no varió significativamente.

Según Thomson (1979), el Mar de Cortés posee una riqueza de peces de más de 800 especies las cuales propone que pueden ser caracterizadas ecológicamente en los siguientes grupos: pelágicos, de aguas profundas, de la plataforma continental alejados de la costa, de fondos arenosos y estuarinos, y de arrecifes. Este último grupo, peces de arrecife, Thomson (1979) menciona la presencia de 39 familias y 271 especies para el Golfo de Cortés.

Gotshall, W. D. (1987), describe 150 especies de peces y 65 de invertebrados que circundan las aguas de la Península de Baja California e Islas de Revillagigedo.

### 1.3 OBJETIVOS

Interpretar la estructura de la comunidad de peces de arrecife de Bahía de Banderas.

Realizar un listado de especies de peces de arrecife, determinar la abundancia relativa de cada una de ellas, por sitio y temporada climática.

Comprender, mediante estudios de densidad, índices de diversidad y similitud de comunidades, la dinámica estructural de la comunidad de peces de arrecife de Bahía de Banderas.

Proporcionar información sobre las características físicas y químicas observadas durante el período de estudio.

### 1.4 HIPÓTESIS

La variación en la estructura de una comunidad está en función de la intensidad de los cambios ambientales que imperan en ella, favoreciendo y perjudicando a determinadas especies en su distribución y abundancia.

La estructura de una comunidad de peces de arrecife en ambientes subtropicales es capaz de mantenerse a pesar de los cambios climáticos regulares que en ella imperan.

Estas hipótesis se pretenden medir de la siguiente forma:

El índice de Equidad de la comunidad de peces de arrecife en Bahía de Banderas proporciona valores altos y constantes, reflejando una diversidad elevada y estabilidad estructural compleja durante todo el año.

La abundancia de una especie, la densidad de la comunidad y el número de especies de peces de arrecife sufren variaciones estacionales debido a los cambios climáticos que se desarrollan durante el año.

Los cambios climáticos en Bahía de Banderas producen variaciones sutiles en la estructura de la comunidad de peces de arrecife, lo que se traduce en valores altos de los índices de similitud.

## 2.0 METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio.

Bahía de Banderas está localizada en el Pacífico mexicano, en los límites de los estados de Jalisco y Nayarit. Sus límites geográficos están entre los 20° 28' y los 20° 46' de latitud norte, y entre los 105° 15' y los 105° 40' de longitud oeste ( fig. 1).

Para su estudio se definieron tres zonas de arrecife para ser estudiadas, las cuales fueron designadas debido a que son éstas donde comúnmente los prestadores de servicios turísticos acuden con un elevado número de aficionados al buceo libre y autónomo, y que por ende, es donde posiblemente se ejerce una mayor presión sobre estos ecosistemas.

La localidad de arrecife que demanda una especial atención, por ser la que presenta un mayor número de embarcaciones menores y turistas visitantes al día, es la de "Los Arcos" (20° 32' 44" N, 105° 17' 26" W). Esta zona además de brindar como atractivo su fauna y flora submarina, proporciona al turista la oportunidad de incursionar en cuevas que atraviesan parte de los islotes, donde incluso pueden introducirse las lanchas cuando el estado del mar lo permite. Otra ventaja que para el turista representa esta zona es su cercanía a las vías de comunicación y a un embarcadero situado justo enfrente, en la playa denominada "Mismaloya".

La localidad de "Majahuíta" (20° 30' 30" N, 105° 23' 48" W), se ubica al sur de la bahía y representa uno de los sitios favoritos para el aficionado al buceo autónomo. Esto es debido a que esta zona presenta características adecuadas para practicar el buceo profundo, permitiendo a los visitantes disfrutar de un panorama submarino más amplio y de una fauna muy diversa. Indudablemente Majahuíta es ideal para buzos experimentados, sin embargo presenta zonas someras y protegidas de singular belleza donde se puede practicar el buceo libre. La excelente transparencia del agua que comúnmente impera en esta zona permite incluso admirar desde la embarcación a algunos grupos de peces, los cuales llegan a acercarse para curiosear, o ser alimentados, a tal grado que casi pueden ser tocados.

"Islas Marietas" es la tercer localidad seleccionada, sus dos principales islas proporcionan al visitante un gran número de atractivos, entre los cuales podemos mencionar los ambientes submarinos, una comunidad muy diversa de aves tanto permanentes como migratorias, lugares especiales de gran atractivo como cuevas, playa, zonas de anidación de aves, e incluso se han llegado a observar lobos marinos sobre sus acantilados. Esta zona por su relativo aislamiento representa un verdadero laboratorio natural donde se pueden observar diversos procesos ecológicos dignos de ser admirados y por lo mismo estudiados para su adecuado aprovechamiento y conservación. Debido a su gran extensión y diversidad de ambientes marinos que presenta esta zona, se decidió estudiar la parte que por sus características propias de seguridad es bastante concurrida para practicar el buceo libre y autónomo, la zona denominada "La cueva del muerto" (20° 42' 02" N, 105° 34' 49" W), que para cuestiones de este estudio se hará referencia como Islas Marietas, sin que esto signifique que los resultados son representativos de toda la zona. Cabe mencionar que la

localidad presenta un atractivo relevante y especial, el cual consiste en la posibilidad de bucear junto a las mantarrayas gigantes que comúnmente suelen observarse por la zona.

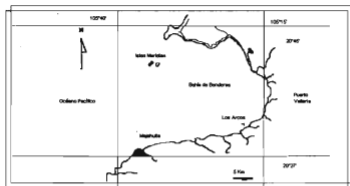


Fig. 1. Localización del área de estudio.

## 2.2 Trabajo de campo.

Para realizar los muestreos se contó con una embarcación de 22' de eslora y motor fuera de borda de 55 HP. Las actividades se clasificaron en dos aspectos: observaciones biológicas y observaciones ambientales.

Las observaciones biológicas se realizaron con apoyo de equipo de buceo autónomo. Se levantaron censos visuales de la diversidad de peces existentes sobre un transecto de 25 x 4 m, y profundidad máxima de 10 m. El área mínima de muestreo de 100 metros cuadrados (25x4) se determinó siguiendo el procedimiento de áreas anidadas contra número de especies acumuladas (Brower, J. E. y J. H. Zar, 1979). Para realizar las observaciones se utilizó un cabo de nylon de 25 m, lastrado con plomo, los muestreos se llevaron a cabo considerando dos metros a cada lado del cabo, cada sección era evaluada simultáneamente por dos buzos y los datos se agruparon posteriormente. Un aspecto determinante en este punto es el conocimiento indispensable de los buzos para identificar "in situ" a las especies presentes, y describir aquellas desconocidas para su posterior identificación bibliográfica, cuando fue necesario se capturaron para lograr tal propósito. Para las anotaciones durante las actividades de buceo se utilizaron tablas de acrílico y lápiz normal. Durante el recorrido de cada sección del transecto se anotaba el tiempo total empleado, con el cual era posible duplicar la superficie de estudio sin tener que seguir transecto alguno. El inconveniente de utilizar un tiempo fijo de buceo para los muestreos consiste en que, la superficie cubierta durante cada recorrido podría verse alterada debido a las variaciones de las condiciones

dinámicas del mar. La superficie mensual estudiada en cada localidad varió de 100 a 200 m<sup>2</sup> dependiendo de si se contaba con uno o dos buzos.

Todas las observaciones se realizaron entre las 9 A.M. y las 2:30 P.M.. Tomando en cuenta que los cambios en la estructura de las comunidades ocurre durante los crepúsculos (Hobsos, 1965; Helfman, 1986; Ebeling y Hixon, 1991: *cit. in* Pérez-España, 1996), consideramos que durante los muestreos ésta se mantuvo estable, sin embargo es de considerar que dependiendo de las condiciones atmosféricas de nubosidad, algunas especies se ven afectadas en su comportamiento normal, propiciando que algunas se oculten y otras se muestren fuera de sus ritmos habituales.

Se registró mensualmente los valores de salinidad y temperatura superficial del agua, para lo cual se contó con refractómetro ocular y termómetro sumergible con graduación de un grado.

### 2.3 Trabajo de gabinete

Los datos obtenidos en el campo se organizaron por temporada, considerándose para la temporada fría-seca los meses de febrero a mayo y para la cálida-lluviosa de agosto a noviembre.

El tipo climático del área de estudio corresponde según el Sistema de Clasificación de Köppen modificado por E. García para la República Mexicana al Aw2(w)(i)w', que es un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, y cubre el 51.3% del territorio y con poca oscilación, entre 5° y 7° C, además con un porcentaje de precipitación invernal poco relevante.

De acuerdo a INEGI en la carta climática 1:1 000 000 y E. García (1988) la temperatura promedio para la estación climatológica Las Gaviotas 18-031.: La temperatura máxima en promedio mensual ocurre en junio, agosto y septiembre con 28.1 °C y la temperatura mínima en el mes de febrero con 22.2 °C, la temperatura media anual es de 25.7 °C.

La precipitación promedio mensual es de 133.25 mm. y la precipitación anual promedio es de 1,599.0 mm. La presencia de heladas es inapreciable. Por otra parte, la frecuencia de granizadas en el tipo climático de cálido subhúmedo se presentan de 0-2 días al año.

#### 2.3.1 Riqueza de especies (s).

Para cada localidad se obtuvo el número de especies (s) observadas durante cada muestreo y de estos resultados se determinó el total por temporada y en el año.

#### 2.3.2 Densidad de la comunidad (d) y Abundancia Relativa (AR).

Se determinó la densidad de organismos en cada localidad, así como la abundancia relativa por especie y por temporada. Para obtener la densidad de organismos por comunidad y temporada, se dividió, para cada caso, el número total (N) de individuos observados entre



la superficie total muestreada. La abundancia relativa se determinó dividiendo el número de organismos de cada especie ( $n_i$ ) entre el total de individuos ( $N$ ) y multiplicando por cien.

$$d = N / \text{Superficie total de muestreo} \qquad \text{AR} = (n_i / N) 100$$

### 2.3.3 Índice de diversidad ( $D_s$ ) y Equidad de la comunidad ( $E$ ).

Para la obtención de estos indicadores se decidió utilizar el Índice de Simpson. Este índice relacionado con su máximo posible nos proporciona el valor de **Equidad**, el cual tiene la ventaja de ser de fácil comprensión, ya que toma valores entre 0 y 1.

El índice de Simpson ( $D_s$ ) se obtiene a partir del "Índice de DOMINANCIA" de Simpson:

$$\text{Índice de dominancia} = \lambda = \sum (n_i - 1) / N (N - 1)$$

$n_i$  = número de individuos de la especie " i "

$N$  = Total de individuos en la muestra.

$$\text{Índice de diversidad} = D_s = 1 - \lambda$$

Como la Equidad se determina en base al índice de Simpson esta se denota  $E_s$ .

$$\text{Equidad} = E_s = D_s / D_{s\max} ; \qquad \text{donde } D_{s\max} = [(s-1) / s] \cdot [N / (N-1)]$$

Un valor bajo de Equidad significa que en la comunidad una gran cantidad de individuos se agrupa en unas pocas especies y un valor alto denota una distribución mas uniforme del número de organismos entre las especies. El índice de dominancia basado en la Equidad se calculó mediante la fórmula:

$$\text{Dominancia} = 1 - E$$

### 2.3.4 Indicadores de Similitud de Comunidades.

Se realizaron análisis de similitud de comunidades entre zonas estudiadas y para cada zona entre temporada seca y de lluvias. Se determinaron los coeficientes de comunidad de Sorensen ( $CC_s$ ), y el porcentaje de Similitud ( $PS$ ). Tomando en cuenta que estos índices toman valores entre cero y cien, el rango inferior para comunidades con máxima diferencia y el rango superior para comunidades idénticas, en este trabajo se considera que por arriba de 70 la similitud es alta, menos de 70 pero por arriba de 40 la similitud es mediana y menor a 40 las comunidades se deben considerar con una pobre similitud.

Coefficiente de Sorensen =  $CC_s = 2c / (s_1 + s_2)$ , que multiplicado por 100 toma valores entre 0 y 100.

$s_1$  = número de especies de la comunidad 1

- $s_2$  = número de especies de la comunidad 2  
 $c$  = especies comunes en ambas comunidades

Para obtener PS se expresan los resultados de abundancia en porcentajes y se suman todos los valores menores observados para cada especie. En caso de que estos sean iguales, se suma cualquiera de ellos, ya que significa que en cuanto a esa especie las comunidades son semejantes. El rango de valores probables está entre 0 y 100.

$PS = \Sigma$  [valor inferior de la abundancia relativa observada de  $c$ /especie en ambas comunidades]

### 2.3.5 Parámetros ambientales.

Se registró mensualmente la salinidad ( $S_0/00$ ) con un refractómetro ocular, la temperatura superficial del agua ( $T$  °C) con termómetro sumergible, así como la transparencia por medio de disco de Secchi. Los resultados se reportan por localidad, mes y temporada.

### 2.3.6 Análisis estadístico.

Los resultados de riqueza ( $s$ ), densidad ( $d$ ), equidad ( $E_s$ ) y abundancia relativa de algunas especies se analizaron mediante pruebas  $t$  de varianza entre dos medias para muestras independientes. Las pruebas se llevaron a cabo con un  $\alpha=0.05$  buscando diferencias significativas entre temporadas climáticas y entre localidades.

## 3.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 condensa la información derivada de las observaciones biológicas de campo. Durante el periodo de estudio se observó un total de 4930 organismos en una superficie de 3300 m<sup>2</sup>, identificándose 29 familias y 71 especies de peces.

Tabla 1. Abundancia relativa de peces de arrecife por localidad, temporada y año, Bahía de Banderas, Méx.

(Temporada 1996). Temporada 1996. TFS= Temporada fría-seca, TCLL= Temporada cálida-lluviosa.

| Familia-Especie      | Nombre común                    | Los Arcos               |      |      | Islas Marietas |       |       | Majabita |       |       | Acumulado |       |       |       |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------|------|------|----------------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|                      |                                 | TFS                     | TCLL | Año  | TFS            | TCLL  | Año   | TFS      | TCLL  | Año   | TFS       | TCLL  | Año   |       |
| <b>POMACANTHIDAE</b> |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 1                    | <i>Pomacanthus auxpectus</i>    | Angul de corita         | 1.13 | 0.13 | 0.45           | 0.00  | 0.00  | 0        | 0.14  | 0.07  | 0.09      | 0.30  | 0.06  | 0.14  |
| 2                    | <i>Holocentrus passer</i>       | Angul real              | 1.13 | 2.69 | 2.16           | 1.39  | 2.30  | 2.01     | 3.05  | 3.45  | 3.30      | 2.03  | 2.82  | 2.56  |
| <b>COMBRIDAE</b>     |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 3                    | <i>Taeniacoper aberti</i>       | Angula jardín           | 0.00 | 0.00 | 0.00           | 0.00  | 0.00  | 0        | 3.15  | 4.53  | 4.05      | 1.38  | 1.63  | 1.54  |
| <b>BALISTIDAE</b>    |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 4                    | <i>Athysan acripta</i>          | Bota pinta (calentón)   | 0.00 | 0.00 | 0.00           | 0.00  | 0.08  | 0.06     | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.00  | 0.03  | 0.02  |
| 5                    | <i>Balistes polyops</i>         | Bota café               | 0.00 | 0.00 | 0.00           | 0.00  | 0.00  | 0        | 0.27  | 0.00  | 0.09      | 0.17  | 0.00  | 0.04  |
| 6                    | <i>Melichthys niger</i>         | Bota azul               | 0.00 | 0.13 | 0.09           | 0.00  | 0.08  | 0.06     | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.00  | 0.06  | 0.04  |
| 7                    | <i>Pseudobalistes nanogram</i>  | Bota blanca o royala    | 0.56 | 0.00 | 0.18           | 0.35  | 0.08  | 0.17     | 0.14  | 0.00  | 0.05      | 0.30  | 0.03  | 0.12  |
| 8                    | <i>Balistes vetulus</i>         | Bota naranja            | 0.28 | 0.40 | 0.36           | 0.52  | 0.25  | 0.34     | 0.27  | 0.29  | 0.28      | 0.36  | 0.31  | 0.32  |
| <b>TETRACANTIDAE</b> |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 9                    | <i>Arothron melegris</i>        | Botete negro            | 1.13 | 0.40 | 0.43           | 0.52  | 0.41  | 0.45     | 0.27  | 0.07  | 0.14      | 0.54  | 0.28  | 0.37  |
| 10                   | <i>Centropomus punctatatus</i>  | Botete bonito           | 1.13 | 2.02 | 1.71           | 1.39  | 1.07  | 1.17     | 0.68  | 1.94  | 1.51      | 1.02  | 1.50  | 1.34  |
| 11                   | <i>Sphaeramia orbicular</i>     | Botete clara            | 0.28 | 0.00 | 0.09           | 0.00  | 0.00  | 0        | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.06  | 0.00  | 0.02  |
| <b>HAEMULIDAE</b>    |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 12                   | <i>Haemulon flavipinnatus</i>   | Burro de corita         | 3.66 | 2.13 | 2.41           | 2.79  | 0.00  | 0.09     | 0.00  | 0.14  | 0.09      | 1.73  | 0.55  | 0.95  |
| <b>ACANTHURIDAE</b>  |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 13                   | <i>Acanthurus gulosus</i>       | Ciruj azul dorado       | 0.28 | 0.13 | 0.18           | 0.00  | 0.08  | 0.06     | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.06  | 0.06  | 0.06  |
| 14                   | <i>Centropomus cyanopterus</i>  | Ciruj bronceado         | 2.54 | 1.34 | 1.71           | 0.00  | 0.00  | 0        | 0.00  | 0.07  | 0.05      | 0.54  | 0.34  | 0.41  |
| 15                   | <i>Prionace percher</i>         | Ciruj cola amarilla     | 5.07 | 4.84 | 4.86           | 0.00  | 0.90  | 0.61     | 0.14  | 0.43  | 0.33      | 1.14  | 1.37  | 1.42  |
| 16                   | <i>Zanclus cornutus</i>         | Ciruj adelo maro        | 0.00 | 0.27 | 0.18           | 0.52  | 0.00  | 0.17     | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.18  | 0.06  | 0.10  |
| <b>POMACENTRIDAE</b> |                                 |                         |      |      |                |       |       |          |       |       |           |       |       |       |
| 17                   | <i>Abudefduf troschelii</i>     | Dem. ojo mayor          | 6.20 | 9.14 | 8.31           | 0.70  | 2.30  | 1.79     | 6.02  | 1.51  | 3.06      | 4.19  | 3.56  | 3.77  |
| 18                   | <i>Chromis verticillata</i>     | Dem. castañeta          | 5.92 | 3.23 | 4.05           | 21.78 | 14.63 | 16.9     | 17.51 | 11.58 | 13.63     | 16.39 | 11.05 | 12.86 |
| 19                   | <i>Chromis leucostictus</i>     | D. cromis azul-amarillo | 0.00 | 0.00 | 0.00           | 0.00  | 0.00  | 0        | 2.74  | 6.47  | 5.19      | 1.20  | 2.61  | 2.13  |
| 20                   | <i>Dipomacentrus oxypleurus</i> | Dem. acapulco           | 3.10 | 3.63 | 3.42           | 1.57  | 0.90  | 1.12     | 2.46  | 2.01  | 2.17      | 2.27  | 1.96  | 2.07  |

Continuación Tabla No. 1

| Familia-Especie       | Nombre común                    | Los Arcos                |       |       | Isla Marietas |       |       | Mujalisco |       |      | Acumulado |       |       |      |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|-----------|-------|------|-----------|-------|-------|------|
|                       |                                 | TFS                      | TCLL  | Año   | TFS           | TCLL  | Año   | TFS       | TCLL  | Año  | TFS       | TCLL  | Año   |      |
| 21                    | <i>Microgobiodon dorsalis</i>   | Dues. dorsali            | 2.54  | 1.48  | 1.80          | 1.39  | 1.23  | 1.28      | 1.92  | 0.36 | 0.90      | 1.85  | 0.92  | 1.24 |
| 22                    | <i>Stegastes fuscatus</i>       | Dues. bicolor            | 0.85  | 2.15  | 1.71          | 3.48  | 3.86  | 3.74      | 1.50  | 1.94 | 1.79      | 2.03  | 2.67  | 2.45 |
| 23                    | <i>Stegastes rectifraenum</i>   | Dues. azul de cortés     | 8.17  | 4.44  | 5.59          | 10.98 | 17.26 | 15.2      | 4.51  | 4.68 | 4.62      | 7.48  | 9.24  | 8.64 |
| <b>Gobiidae</b>       |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 24                    | <i>Coryphopterus variegatus</i> | Cóbio anafiro            | 0.00  | 0.27  | 0.18          | 0.00  | 0.00  | 0         | 0.00  | 0.00 | 0.00      | 0.00  | 0.06  | 0.04 |
| <b>Sciaenidae</b>     |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 25                    | <i>Parupeneus volitans</i>      | Chingo                   | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0         | 0.14  | 0.14 | 0.14      | 0.06  | 0.03  | 0.04 |
| <b>Labridae</b>       |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 26                    | <i>Bodianus diplocaemus</i>     | Labr. rojo               | 3.10  | 2.55  | 2.70          | 1.22  | 0.74  | 0.89      | 6.02  | 4.34 | 4.86      | 3.71  | 2.64  | 3.00 |
| 27                    | <i>Malacohera chirochiro</i>    | Labr. eriza herida       | 0.56  | 0.13  | 0.27          | 2.26  | 2.30  | 2.29      | 0.96  | 0.36 | 0.37      | 1.32  | 1.04  | 1.14 |
| 28                    | <i>Malacohera dilatata</i>      | Labr. eriza comalote     | 8.73  | 5.91  | 6.76          | 4.36  | 7.40  | 6.42      | 7.66  | 3.96 | 5.23      | 6.70  | 5.71  | 6.04 |
| 29                    | <i>Malacohera nicholsi</i>      | Labr. solera             | 1.69  | 0.54  | 0.90          | 2.44  | 1.64  | 1.90      | 1.37  | 1.15 | 1.23      | 1.79  | 1.20  | 1.40 |
| 30                    | <i>Paraliparis natusipha</i>    | Labr. eriza de cinta     | 1.13  | 1.34  | 1.26          | 1.74  | 0.08  | 0.61      | 0.41  | 0.00 | 0.04      | 1.02  | 0.34  | 0.57 |
| 31                    | <i>Thalassoma lucasianum</i>    | Labr. arcote             | 0.28  | 0.27  | 0.27          | 0.87  | 1.73  | 1.45      | 0.00  | 0.00 | 0.00      | 0.36  | 0.71  | 0.59 |
|                       | <i>T. lucasianum</i>            | <i>Arcoiris japonico</i> | 17.18 | 20.17 | 25.05         | 15.16 | 22.02 | 19.8      | 18.88 | 15.3 | 16.55     | 17.17 | 21.09 | 19.7 |
|                       |                                 |                          |       |       |               |       |       |           | 2     |      |           |       |       | 6    |
| 32                    | <i>Thalassoma lunatum</i>       | Labr. cola de lira       | 0.00  | 0.13  | 0.09          | 0.00  | 0.08  | 0.06      | 0.27  | 0.00 | 0.09      | 0.12  | 0.06  | 0.08 |
| <b>Scaridae</b>       |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 33                    | <i>Scarus compressus</i>        | Lera verde               | 0.00  | 0.27  | 0.18          | 0.00  | 0.00  | 0         | 0.00  | 0.07 | 0.05      | 0.00  | 0.09  | 0.06 |
| 34                    | <i>Scarus gobbi</i>             | Lera azul (barba azul)   | 1.13  | 0.13  | 0.45          | 0.00  | 0.00  | 0         | 0.00  | 0.00 | 0.00      | 0.24  | 0.03  | 0.30 |
| 35                    | <i>Scarus perott</i>            | Lera cabezona            | 0.56  | 0.54  | 0.54          | 0.00  | 0.00  | 0         | 0.00  | 0.14 | 0.09      | 0.12  | 0.18  | 0.16 |
| 36                    | <i>Scarus rubrivittatus</i>     | Lera roja (bicolor)      | 0.00  | 0.13  | 0.09          | 0.00  | 0.33  | 0.22      | 0.00  | 0.00 | 0.00      | 0.00  | 0.15  | 0.10 |
| <b>Moridae</b>        |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 37                    | <i>Mora moro</i>                | Montarupa                | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.16  | 0.11      | 0.00  | 0.07 | 0.05      | 0.00  | 0.09  | 0.06 |
| <b>Chaetodontidae</b> |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 38                    | <i>Chaetodon lunulatus</i>      | Marta azul herida        | 1.41  | 2.82  | 2.34          | 0.52  | 0.74  | 0.67      | 1.64  | 1.22 | 1.37      | 1.20  | 1.29  | 1.26 |
| 39                    | <i>Pocipiger lineatus</i>       | Marta marzona            | 0.00  | 0.27  | 0.18          | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.00  | 0.07 | 0.05      | 0.00  | 0.09  | 0.06 |
| 40                    | <i>Yvesandella nigrocauda</i>   | Marta barbado            | 0.00  | 1.08  | 1.55          | 0.17  | 0.00  | 0.06      | 0.41  | 0.79 | 0.66      | 0.78  | 0.49  | 0.59 |
| <b>Glyphididae</b>    |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 41                    | <i>Ayriacetyla maculosa</i>     | Morona motada            | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.17  | 0.08  | 0.11      | 0.00  | 0.14 | 0.09      | 0.06  | 0.09  | 0.08 |
| <b>Muraenidae</b>     |                                 |                          |       |       |               |       |       |           |       |      |           |       |       |      |
| 42                    | <i>Echidna zebra</i>            | Morona zebra             | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.00  | 0.29 | 0.19      | 0.00  | 0.06  | 0.04 |
| 43                    | <i>Dysommochrus carolinus</i>   | Morona verde             | 0.00  | 0.13  | 0.09          | 0.00  | 0.08  | 0.06      | 0.00  | 0.00 | 0.00      | 0.00  | 0.06  | 0.04 |
| 44                    | <i>Muraena lentiginosa</i>      | Morona pinta             | 0.28  | 0.00  | 0.09          | 0.00  | 0.00  | 0.00      | 0.14  | 0.36 | 0.28      | 0.12  | 0.15  | 0.14 |
| 45                    | <i>Dypterygus dignatus</i>      | Morona tigre             | 0.00  | 0.00  | 0.00          | 0.17  | 0.00  | 0.06      | 0.00  | 0.00 | 0.00      | 0.06  | 0.00  | 0.02 |

Continuación de la Tabla No. 1

| Familia-Especie      | Nombre común                      | Los Arcos                  |      |      | Isla Marietas |      |      | Majalmita |      |       | Acumalá |      |      |      |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|------|------|---------------|------|------|-----------|------|-------|---------|------|------|------|
|                      |                                   | TFS                        | TCLL | Año  | TFS           | TCLL | Año  | TFS       | TCLL | Año   | TFS     | TCLL | Año  |      |
| <b>LUTJANIDAE</b>    |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 46                   | <i>Hoplostegus gaudieri</i>       | Pargo cocconaco            | 0.00 | 0.27 | 0.18          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00  | 0.00    | 0.00 | 0.06 | 0.04 |
| 47                   | <i>Lagodon rhomboides</i>         | Pargo amarillo             | 3.10 | 1.08 | 1.71          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.36  | 0.24    | 0.66 | 0.40 | 0.40 |
| 48                   | <i>Lagodon viridis</i>            | Pargo rayado               | 0.00 | 0.13 | 0.09          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00  | 0.00    | 0.00 | 0.03 | 0.02 |
| <b>HOLOCENTRIDAE</b> |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 49                   | <i>Amyriatula togata</i>          | Pez ardillo (soldado)      | 1.13 | 2.15 | 1.80          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 1.09 | 1.37  | 1.27    | 0.72 | 0.95 | 0.87 |
| 50                   | <i>Sargocentron rubrivittatus</i> | Pez ardillo (cañal)        | 1.97 | 2.82 | 2.52          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.27 | 2.23  | 1.56    | 0.54 | 1.57 | 1.22 |
| <b>OSTRACIDAE</b>    |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 51                   | <i>Ostracion meleagrus</i>        | Pez caju                   | 0.56 | 0.40 | 0.45          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00  | 0.00    | 0.12 | 0.09 | 0.10 |
| <b>APOGONIDAE</b>    |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 52                   | <i>Apogon retrosella</i>          | Pez cardenal necado        | 0.00 | 0.00 | 0.00          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 4.68  | 3.06    | 0.00 | 2.00 | 1.32 |
| 53                   | <i>Apogon poeyferi</i>            | Pez cardenal rosa          | 0.00 | 0.00 | 0.00          | 5.92 | 0.58 | 2.29      | 6.57 | 16.04 | 12.78   | 4.90 | 7.00 | 6.29 |
| <b>FISTULARIIDAE</b> |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 54                   | <i>Fistularia commersoni</i>      | Pez corneta                | 0.28 | 0.67 | 0.54          | 0.00 | 0.25 | 0.17      | 0.41 | 0.00  | 0.14    | 0.24 | 0.25 | 0.24 |
| <b>DICENTRIDAE</b>   |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 55                   | <i>Dicodus holocanthus</i>        | Pez arto                   | 0.00 | 0.40 | 0.45          | 0.17 | 0.25 | 0.22      | 0.27 | 0.07  | 0.14    | 0.30 | 0.21 | 0.24 |
| 56                   | <i>Dicodus sparti</i>             | Pez arto pinto             | 1.13 | 0.00 | 0.36          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.55 | 0.00  | 0.19    | 0.48 | 0.00 | 0.16 |
| <b>CIRRHITIDAE</b>   |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 57                   | <i>Cirrhitichthys axonopterus</i> | Pez halcón de coral        | 0.56 | 0.40 | 0.45          | 2.79 | 1.97 | 2.23      | 0.68 | 0.94  | 0.85    | 1.38 | 1.20 | 1.26 |
| 58                   | <i>Cirrhitus rivulatus</i>        | Pez halcón (chivo pavo)    | 0.00 | 0.00 | 0.00          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.07  | 0.05    | 0.00 | 0.03 | 0.02 |
| <b>TRIPTELEIIDAE</b> |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 59                   | <i>Blenioides triocellus</i>      | Pez lagartija              | 0.00 | 0.40 | 0.27          | 0.17 | 0.08 | 0.11      | 0.00 | 0.14  | 0.09    | 0.06 | 0.18 | 0.14 |
| <b>SCORPAENIDAE</b>  |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 60                   | <i>Scorpaena opaca</i>            | Pez piedra                 | 0.00 | 0.00 | 0.00          | 0.00 | 0.00 | 0.00      | 0.14 | 0.14  | 0.14    | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| <b>ALLOSTOMIDAE</b>  |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 61                   | <i>Allostoma chinensis</i>        | Pez ombligo                | 1.33 | 0.00 | 0.36          | 0.17 | 0.00 | 0.06      | 0.00 | 0.00  | 0.00    | 0.30 | 0.00 | 0.10 |
| <b>CARANGIDAE</b>    |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 62                   | <i>Trachinotus rhodopus</i>       | Pompano (patilla)          | 0.28 | 0.54 | 0.45          | 0.00 | 0.16 | 0.11      | 0.00 | 0.00  | 0.00    | 0.06 | 0.18 | 0.14 |
| <b>MULLIDAE</b>      |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 63                   | <i>Mullusichthys dentatus</i>     | Salmonete (chivo)          | 3.10 | 1.61 | 2.07          | 5.92 | 8.22 | 7.48      | 1.37 | 0.50  | 0.80    | 3.29 | 3.62 | 3.51 |
| <b>SERRANIDAE</b>    |                                   |                            |      |      |               |      |      |           |      |       |         |      |      |      |
| 64                   | <i>Paraserranus colomes</i>       | Serranito (rubrovittatus)  | 0.85 | 0.80 | 0.54          | 0.52 | 0.74 | 0.67      | 0.43 | 0.14  | 0.24    | 0.54 | 0.43 | 0.47 |
| 65                   | <i>Syngnathus analogus</i>        | Serranito (cubrilla pinto) | 0.00 | 0.00 | 0.00          | 0.00 | 0.16 | 0.11      | 0.14 | 0.00  | 0.05    | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| 66                   | <i>Syngnathus labridonatus</i>    | Serranito (cubrilla)       | 1.13 | 1.61 | 1.44          | 1.05 | 1.40 | 1.28      | 1.50 | 1.37  | 1.41    | 1.26 | 1.38 | 1.34 |
| 67                   | <i>Syngnathus paucispinus</i>     | Serranito (ajonjolero)     | 0.00 | 0.54 | 0.36          | 0.17 | 0.16 | 0.17      | 0.68 | 1.51  | 1.23    | 0.36 | 0.71 | 0.59 |

Continuación de a Tabla No. 1

| Familia-Especie | Nombre común                 | Los Arce |     |      | Islas Marietas |      |      | Majaluta |      |      | Acumulado |      |      |      |      |
|-----------------|------------------------------|----------|-----|------|----------------|------|------|----------|------|------|-----------|------|------|------|------|
|                 |                              | ES       | L.L | IS   | ES             | L.L  | IS   | ES       | L.L  | IS   | ES        | L.L  | IS   |      |      |
| 68              | <i>Sia opter</i>             |          |     | 0.00 | 0.00           | 0.00 | 0.00 | 0.00     | 0.00 | 0.14 | 0.79      | 0.37 | 0.06 | 0.25 | 0.18 |
| 69              | <i>Sia foveolata</i>         |          |     | 3.38 | 1.34           | 1.98 | 1.57 | 0.82     | 1.05 | 0.14 | 0.43      | 0.33 | 1.32 | 0.77 | 0.95 |
|                 | <b>BLONNIDAE</b>             |          |     |      |                |      |      |          |      |      |           |      |      |      |      |
| 70              | <i>Priontza aculeata</i>     |          |     | 0.00 | 0.40           | 0.23 | 2.79 | 0.90     | 1.31 | 2.19 | 1.01      | 1.41 | 1.91 | 0.83 | 1.20 |
| 71              | <i>Stegastes atrilobatus</i> |          |     | 1.41 | 0.54           | 0.81 | 2.25 | 1.48     | 1.73 | 0.82 | 0.29      | 0.47 | 1.44 | 0.77 | 0.99 |
|                 | <b>TOTAL %N</b>              |          |     | 100  | 100            | 100  | 100  | 100      | 100  | 100  | 100       | 100  | 100  | 100  | 100  |

### 3.1. Abundancia relativa.

La figura 1 y tabla 2 muestran la abundancia relativa por temporada y acumulada de las principales especies. Las dos especies más abundantes observadas durante el periodo de estudio fueron el lábrido arcoiris *Thalassoma lucasanum* y la damisela castañeta *Chromis atrilobata*, con el 19.67 % y 13.72 % respectivamente. Para las tres zonas de muestreo el lábrido *T. lucasanum* siempre fue el más abundante, excepto para la temporada fría-seca en Islas Marietas donde *C. atrilobata* fue la más abundante (ver tabla 1). Estas dos especies junto con el género *Stegastes* están reportadas entre las cinco especies más abundantes en arrecifes rocosos cerca de La Paz B.C.S. (Pérez-España et al, 1996). Las familias Labridae y Pomacentridae presentaron los porcentajes más altos en la zona con un 33.8 % y 33.4 % respectivamente (calculados de la tabla 1). Pérez-España et al (1996) determina también estas dos familias como las más abundantes sólo que reporta el 51.8 % para Pomacentridae y 18.9 % para Labridae en la bahía de La Paz, BCS. A pesar de las variaciones que se observan en la abundancia relativa de las especies que se reportan en la tabla 2, los resultados de la prueba estadística aplicada a los datos acumulados de 12 especies indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas climáticas (ver tabla 9).

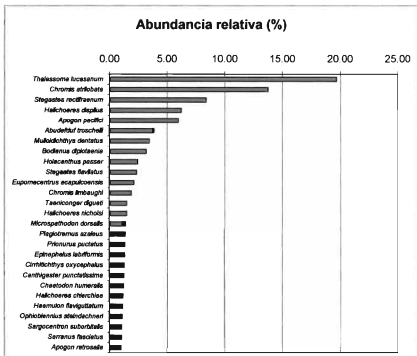


Figura 2. Abundancia relativa (AR) de las especies de peces de arrecife mejor representados en Bahía de Banderas (1996).

TABLA 2. Abundancia relativa (AR) de peces de arrecife, Bahía de Banderas (1996).  
TFS=Temporada fría-seca, TCLL=Temporada cálida-lluviosa.

|    | Especie                            | Nombre común          | TFS   | TCLL  | Año   |
|----|------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| 1  | <i>Abudefduf rostratus</i>         | Dam. ago. mayor       | 4.19  | 3.56  | 3.87  |
| 2  | <i>Apogon pacifici</i>             | Pez cardinal rosa     | 4.90  | 7.00  | 5.93  |
| 3  | <i>Apogon retrocili</i>            | Cardenal moteado      | 0.00  | 2.00  | 1.00  |
| 4  | <i>Bodianus diplocaemus</i>        | Labr. vieja           | 3.71  | 2.64  | 3.17  |
| 5  | <i>Canthigaster paucispinus</i>    | Botete bonito         | 1.02  | 1.50  | 1.26  |
| 6  | <i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>  | Pez halcón de coral   | 1.38  | 1.20  | 1.29  |
| 7  | <i>Chaetodon lineolatus</i>        | Marip. tres bandas    | 1.20  | 1.29  | 1.24  |
| 8  | <i>Chromis atrilobata</i>          | Dam. castañeta        | 16.39 | 11.05 | 13.72 |
| 9  | <i>Chromis leuboughi</i>           | D. Cr. azul-amarillo  | 1.20  | 2.61  | 1.90  |
| 10 | <i>Eptephanes labrifrons</i>       | Serranido (cabrilla)  | 1.26  | 1.38  | 1.32  |
| 11 | <i>Epomacentrus acapulcoensis</i>  | Dam. acapulco         | 2.27  | 1.96  | 2.12  |
| 12 | <i>Haemulon flavipinnatum</i>      | Buzo de cortez        | 1.73  | 0.55  | 1.14  |
| 13 | <i>Halichoeres chierchiae</i>      | Labr. arita, herida   | 1.32  | 1.04  | 1.18  |
| 14 | <i>Halichoeres diptilus</i>        | Labr. arita, camaleón | 6.70  | 5.71  | 6.20  |
| 15 | <i>Halichoeres nicholsi</i>        | Labr. soltero         | 1.79  | 1.20  | 1.50  |
| 16 | <i>Holocentrus passer</i>          | Angel real            | 2.03  | 2.82  | 2.43  |
| 17 | <i>Micropogonias dorsalis</i>      | Dam. dominó           | 1.85  | 0.92  | 1.39  |
| 18 | <i>Mullusichthys dentatus</i>      | Salmonete (chivo)     | 3.29  | 3.62  | 3.46  |
| 19 | <i>Ophioblennius steindachneri</i> | Trombolito negro      | 1.44  | 0.77  | 1.10  |
| 20 | <i>Plagiotremus azoicus</i>        | Blen. diente de sable | 1.91  | 0.83  | 1.37  |
| 21 | <i>Prionurus pacificus</i>         | Ciruj. cola amarilla  | 1.14  | 1.57  | 1.35  |
| 22 | <i>Sargocentron suborbitalis</i>   | Pez ardilla (caudil)  | 0.54  | 1.57  | 1.05  |
| 23 | <i>Serranus fasciatus</i>          | Serrano               | 1.32  | 0.77  | 1.04  |
| 24 | <i>Siganus fuscus</i>              | Dam. bicolor          | 2.03  | 2.67  | 2.35  |
| 25 | <i>Siganus rectifrons</i>          | Dam. azul de cortez   | 7.48  | 9.24  | 8.36  |
| 26 | <i>Taeniaconger aigaui</i>         | Anguila jardin        | 1.38  | 1.63  | 1.50  |
| 27 | <i>Thalassoma lucasanum</i>        | Labr. Arcotria        | 17.53 | 21.80 | 19.67 |
|    | Porcentaje acumulado               |                       | 91.0  | 92.9  | 91.9  |

### 3.2. Riqueza de especies (s).

La figura 2 y tabla 3 muestran los totales del número de especies en cada zona por temporada y año. Corresponde a la temporada cálida-lluviosa el valor mas alto con 66 especies de un total de 71 observadas durante el año, durante la temporada fría-seca se identificaron 58 especies. La tabla 9 muestra los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas. A pesar de que los resultados muestran una mayor riqueza de especie durante



la temporada cálida lluviosa, de acuerdo al análisis estadístico se obtiene que no existen diferencias significativas, por lo que podemos afirmar que entre las temporadas climáticas fría-seca y cálida lluviosa, con excepción de Majahuita, la riqueza de especie no cambia. En Majahuita la prueba indica diferencias significativas siendo mayor el número de especies durante la temporada cálida-lluviosa.

Tabla 3. Riqueza de peces de arrecife por localidad, temporada climática y año en Bahía de Banderas (1996).

RIQUEZA DE ESPECIES

| LOCALIDAD      | TFS | TCLL | AÑO |
|----------------|-----|------|-----|
| Los Arcos      | 41  | 51   | 56  |
| Islas Marietas | 35  | 41   | 46  |
| Majahuita      | 44  | 49   | 56  |
| Acumulado      | 58  | 66   | 71  |

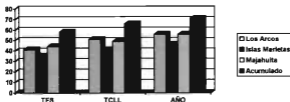


Figura 3. Riqueza de peces de arrecife por localidad, temporada y año en Bahía de Banderas, México (1996).

### 3.3. Densidad de la comunidad.

La densidad ( $d$ ) de organismos (figura 3 y tabla 4) entre temporadas climáticas se analizaron mediante pruebas estadísticas de comparación de medias t-Student con un nivel de significancia de 0.05. Las pruebas concluyen que para ninguna de las localidades, ni para datos acumulados, existen diferencias significativas (ver tabla 9); por lo tanto podemos afirmar que la densidad de organismo por metro cuadrado no varía significativamente entre las temporadas climáticas consideradas. Sin embargo cuando se compara la densidad entre localidades se observa que existen diferencias significativas entre Majahuita y Los Arcos durante la temporada fría-seca, y entre Islas Marietas y Los Arcos durante la temporada cálida-húmeda (ver tabla 9). La posible diferencia de densidad entre las zonas de estudio seguramente es producto de las condiciones naturales que presenta cada una; cuando las características físico-químicas del agua son relativamente similares entre comunidades, el principal factor modificador seguramente radica en las particularidades que presenta el sustrato, ya que dependiendo de éste se puede dar un mayor o menor número de nichos y de

oportunidades de sobrevivencia, lo que también puede traducirse en un incremento o disminución de la diversidad y de la densidad de organismos.

TABLA 4. Densidad de peces por localidad, temporada climática y año.

| DENSIDAD DE PECES |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| LOCALIDAD         | TFS  | TCLL | AÑO  |
| Los Arcos         | 0.91 | 1.06 | 1.01 |
| Islas Marietas    | 1.44 | 1.52 | 1.48 |
| Majahuita         | 1.83 | 1.99 | 1.93 |
| Acumulado         | 1.39 | 1.55 | 1.49 |

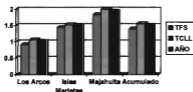


Figura 4. densidad de peces por localidad, temporada y año en Bahía de Banderas, Méx.(1996).

### 3.4. Equidad de la comunidad (Es)

La Equidad de la Comunidad se determinó por localidad, temporada y año. Los resultados se observan en la figura 4 y tabla 5. Tomando en cuenta que este valor fluctúa entre 0 y 1, los valores de Equidad (Es) que se obtuvieron en todas las localidades estudiadas y en las dos temporadas climáticas representa valores altos muy cerca de uno, lo que significa una alta diversidad en la comunidad de peces y por lo mismo una también elevada complejidad durante el año. Los valores de Equidad en las localidades fluctuaron entre 0.905 el mas bajo para las Islas Marietas durante la temporada cálida-lluviosa y 0.962 para Los Arcos durante la fría-seca. Los datos acumulados proporcionaron una Equidad de 0.938 para la temporada fría-seca y de 0.932 para la cálida-lluviosa. El índice de Equidad obtenido para las diferentes localidades de estudio y con datos acumulados fueron sujetos a un análisis de diferencias de medias entre temporadas (ver tabla 9) probándose para un  $\alpha= 0.05$ , encontrándose diferencias significativas únicamente en Los Arcos. Cuando se analizaron los resultados entre localidades, sólo durante la temporada fría-seca se obtuvieron diferencias significativas de Equidad entre Los Arcos e Islas Marietas. Los valores obtenidos de Es en todos los casos se observan por arriba de 0.90, lo que de acuerdo con Brower y Zar (1979), a un índice de diversidad (Equidad) alto le corresponde un índice de dominancia bajo.

Tabla 5. Equidad de la comunidad de peces de arrecife por localidad, temporada climática y año, Bahía de Banderas (1996).

| EQUIDAD DE LA COMUNIDAD |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| LOCALIDAD               | TFS   | TCLL  | AÑO   |
| Los Arcos               | 0.962 | 0.908 | 0.928 |
| Islas Marietas          | 0.928 | 0.905 | 0.913 |
| Majahuita               | 0.930 | 0.938 | 0.937 |
| Acumulado               | 0.938 | 0.932 | 0.934 |

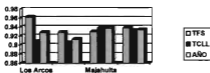


Figura 5. Equidad de la comunidad (Es) de peces de arrecife, calculada en base al índice de Simpson, por localidad, temporada y año. Bahía de Banderas, México (1996).

### 3.5 Indicadores de similitud de comunidades.

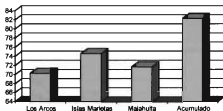
Los resultados de comparar la estructura de la comunidad durante la temporada fría-seca con la cálida-húmeda se muestran en la figura 5 y tabla 6. La discusión de los resultados toma en cuenta que en una escala de cero a cien, donde cien representa la mayor similitud posible, y que además un valor por arriba de 70 representa una elevada similitud de la comunidad en las temporadas climáticas consideradas. Tanto el porcentaje de similitud (PS) como el coeficiente de similitud de comunidades de Sorensen (CCs) proporcionan valores mayores de 70 (ver tabla 6). Los valores de similitud que proporciona el índice de Sorensen son consistentemente mayores que los que proporciona PS.

En la tabla 6 se observa que PS indica una mayor similitud en Islas Marietas con 74.62, en cambio CCs nos indica que la mayor similitud se da en Majahuita con 0.796. Se puede observar que los resultados de similitud varían un poco dependiendo de el índice que se utilice, esto seguramente se debe a que el PS se basa fundamentalmente en las abundancias relativas de cada especie en ambas temporadas, en cambio CCs toma valores en función del número de especies comunes en ambas temporadas sin tomar en cuenta las abundancias de las especies. Considerando esto último es de suponerse que el coeficiente de Sorensen (CCs) proporcionaría valores de 100 en situaciones en que las dos temporadas climáticas presentaran las mismas especies, a pesar de que las abundancias relativas de cada una fuera distinta, lo cual sería un error considerarlo así, ya que la estructura de la comunidad en cada situación realmente sería distinta. Si bien lo anterior no ocurre con el Porcentaje de

Similitud, el CCs es útil cuando sólo se cuenta con información cualitativa y se carece de la abundancia de cada especie presente.

TABLA 6. Índices de similitud de peces de arrecife por localidad, entre las temporadas climáticas seca y lluviosa.

| SIMILITUD ENTRE TEMPORADAS CLIMÁTICAS |      |       |
|---------------------------------------|------|-------|
| LOCALIDAD                             | PS   | CCs   |
| Los Arcos                             | 70.3 | 0.783 |
| Islas Marietas                        | 74.6 | 0.789 |
| Majahuita                             | 71.7 | 0.796 |
| Acumulado                             | 82.3 | 0.855 |



PS =Porcentaje similitud de comunidades  
CCs=Coefficiente de comunidad de Sorensen

Figura 6. Similitud de la comunidad de peces de arrecife entre la temporada fría-seca (TFS) y la temporada cálida-lluviosa (TCLL) según el porcentaje de similitud (PS). Bahía de Banderas, México (1996).

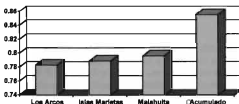


Figura 7. Similitud de la comunidad de peces de arrecife entre la temporada fría-seca (TFS) y la temporada cálida-lluviosa (TCLL) según el coeficiente de Sorensen. Bahía de Banderas, México. Temporada 1996.

### 3.6 Parámetros ambientales.

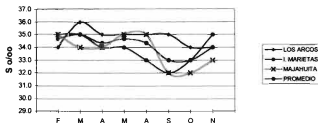
Los valores de salinidad y temperatura por zona, mes, temporada y promedio se presentan en las tablas 7 y 8 y figuras 7 y 8.

Los promedios de salinidad fueron menores durante la temporada cálida-lluviosa en todas las localidades, probablemente se debió al aporte de agua dulce por parte de las lluvias y por los ríos. Los valores mas bajos de salinidad se observaron en Majahuita con un promedio de 33 o/oo y los mas altos en Los Arcos con 35 o/oo durante la temporada fría-seca (ver figura 7 y tabla 7)

TABLA 7. Salinidad (o/oo) de tres localidades de Bahía de Banderas (1996).

TPS= Temporada fría-seca, TCLI= Temporada cálida-lluviosa

| Localidad   | F    | M    | A    | M    | TFS  | A    | S    | O    | N    | TCLI |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LOS ARCOS   | 34.0 | 36.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 34.5 |
| I. MARIETAS | 35.0 | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 34.5 | 33.0 | 32.0 | 33.0 | 35.0 | 33.3 |
| MAJAHUITA   | 35.0 | 34.0 | 34.0 | 35.0 | 34.5 | 35.0 | 32.0 | 32.0 | 33.0 | 33.0 |
| PROMEDIO    | 34.7 | 35.0 | 34.3 | 34.7 | 34.7 | 34.3 | 33.0 | 33.0 | 34.0 | 33.6 |



PS =Porcentaje similitud de comunidades

Figura 8. Salinidad (S o/oo) de tres localidades de Bahía de Banderas (1996).

Respecto a la temperatura promedio del agua se observó una diferencia entre las dos temporadas, siendo mayor entre los meses de agosto a noviembre con 28.3 °C y menor entre febrero y mayo con 25 °C (figura 8 y tabla 8). Las variaciones de temperatura en las distintas localidades obedecen en primer lugar a los cambios estacionales que modifican de manera natural la temperatura del agua; en segundo lugar los valores de temperatura superficial del agua se ven influenciados en cada zona de muestreo por diversos factores como la corrientes submarinas y las características topográficas propias de cada localidad e influenciadas por el relieve del fondo. Puede observarse que en Majahuita se registran los valores mas bajos de temperatura, esto puede ser debido a la pronunciada pendiente del fondo que presenta este lugar y que en una corta distancia conecta a la zona somera con las frías aguas de la zona profunda. El alto contraste de temperatura también se debe a que la Bahía tiene un gran cañón con profundidad hasta de 2,000 m, con una estrecha e inclinada plataforma continental (Cupul-Magaña *et al*, 2000), además debido al patrón de circulación oceánica y de los vientos, así como a la actividad de surgencias en la bahía descritos por Carriquiri y Reyes Bonilla, 1977, cit. in (Cupul-Magaña *et al*, 2000).

TABLA 8 Temperatura superficial (°C) de tres localidades de Bahía de Banderas (1996).

TFS= Temporada fría-seca, TCLL= Temporada cálida-lluviosa.

| Localidad   | F    | M    | A    | M    | TFS  | A    | S    | O    | N    | TLCL |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LOS ARCOS   | 26.0 | 24.0 | 25.0 | 29.0 | 26.0 | 30.0 | 30.0 | 29.0 | 25.0 | 28.5 |
| I. MARIETAS | 25.0 | 21.0 | 23.0 | 29.0 | 24.5 | 29.0 | 30.0 | 29.0 | 25.0 | 28.3 |
| MAJAHUITA   | 25.0 | 19.0 | 25.0 | 29.0 | 24.5 | 29.0 | 29.0 | 28.0 | 26.0 | 28.0 |
| PROMEDIO    | 25.3 | 21.3 | 24.3 | 29.0 | 25.0 | 29.3 | 29.7 | 28.7 | 25.3 | 28.3 |

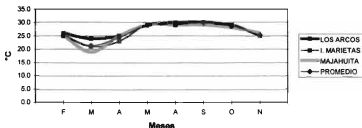


Figura 9. Temperatura superficial (°C) de tres localidades de Bahía de Banderas (1996).

Los resultados de temperatura sugieren una modificación del periodo de muestreo para cada temporada climática, ya que durante la fría-seca la temperatura se incrementa marcadamente en el mes de mayo, de igual forma ocurre un cambio drástico durante el mes de noviembre en que la temperatura decrece. Por lo anterior es factible que de existir cambios importantes en la estructura de la comunidad de peces de arrecife por variación climática esta ocurriría entre los meses mayo-junio y noviembre - diciembre. Por lo antes considerado es conveniente modificar los periodos de muestreo a los intervalos enero-abril y julio-octubre.

Las variaciones de los factores ambientales obedecen principalmente a dos aspectos: el aporte o escasez de agua dulce dependiendo de la temporada climática y el calentamiento del agua de mar por radiación solar. Los resultados muestran que la temperatura del agua se incrementa gradualmente a partir de junio alcanzando valores máximos durante el mes de septiembre (29.7 °C de temperatura promedio). La salinidad promedio se ve ligeramente disminuida durante la temporada de lluvia en poco mas de una unidad de 34.7 a 33.6 o/oo. En cambio la temperatura se ve incrementada en mayor proporción de, 25.0 °C durante la primera parte del año a 28.3 °C durante la segunda.

De manera general podemos afirmar que en Bahía de Banderas las variaciones ambientales, registradas entre la temporada fría-seca y la cálida-lluviosa durante 1996, no modifican significativamente la estructura de las comunidades de peces de arrecife en lo que se refiere a riqueza de especies, densidad de organismos abundancia y diversidad, manteniéndose una elevada similitud de la estructura de la comunidad en ambas temporadas. La tabla 9 condensa la información que caracteriza a cada localidad, así como los valores considerando datos acumulados de todas las localidades, por temporada climática y por año.

Tabla 9. Valores de riqueza de especies (s), densidad ( $d$  org/m<sup>2</sup>), equidad (Es) y similitud (PS y CCs) de peces de arrecife de Bahía de Banderas (1996). TFS=Temporada Fría-Seca, CLL=Temporada Cálida-Lluviosa.

| LOCALIDAD   | TFS |      |       | TCLL |      |       | AÑO |      |       |      |       |
|-------------|-----|------|-------|------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|
|             | s   | d    | Es    | s    | d    | Es    | s   | d    | Es    | PS   | CCs   |
| Los Arcos   | 41  | 0.91 | 0.962 | 51   | 1.06 | 0.908 | 56  | 1.01 | 0.928 | 70.3 | 0.783 |
| 1. Marietas | 35  | 1.44 | 0.928 | 41   | 1.52 | 0.905 | 46  | 1.48 | 0.913 | 74.6 | 0.789 |
| Majahuite   | 44  | 1.83 | 0.930 | 49   | 1.99 | 0.938 | 56  | 1.93 | 0.937 | 71.7 | 0.796 |
| Acumulado   | 58  | 1.59 | 0.938 | 66   | 1.55 | 0.932 | 71  | 1.49 | 0.934 | 82.3 | 0.855 |

#### 4.0 CONCLUSIONES

Para describir la estructura de la comunidad de peces de arrecife de Bahía de Banderas durante la temporada de 1996, se observó un total de 4930 organismos en tres estaciones de muestreo, en una superficie de 3300 m<sup>2</sup>; se identificaron 29 familias y 71 especies de peces.

Las dos especies más abundantes observadas durante el período de estudio fueron el lábrido arcoiris *Thalassoma lucasanum* y la damisela castañeta *Chromis atrilobata*, con una abundancia relativa de 19.67 % y 13.72 % respectivamente. Para las tres zonas de muestreo el lábrido *T. lucasanum* siempre fue el más abundante, excepto para la temporada fría-seca en Islas Marietas donde *C. atrilobata* fue la más abundante.

Las familias Labridae y Pomacentridae presentaron los porcentajes más altos en la zona con un 33.8 % y 33.4 % respectivamente.

En cuanto a la abundancia relativa de cada una de las 12 especies mejor representadas, se observó que no existen diferencias significativas entre las temporadas climáticas.

La temporada cálida-lluviosa presentó el valor más alto de riqueza de especies con 66 especies de un total de 71 observadas durante el año; durante la temporada fría-seca se identificaron 58 especies. Cuando se analizan los datos de riqueza de especies acumulados de todas las localidades de estudio, se obtiene que entre las temporadas climáticas no existen diferencias significativas; sin embargo cuando este análisis se realiza por localidad sólo en Majahuita resulta que la riqueza de especie es significativamente mayor durante la temporada cálida-lluviosa. Al comparar la riqueza entre localidades resulta que Majahuita presenta diferencias significativas tanto con Los Arcos como con Marietas durante la temporada fría-seca, y sólo con Marietas durante la cálida-lluviosa, siendo mayor este valor siempre en Majahuita.

La densidad de organismo por metro cuadrado, para datos acumulados y para cada localidad, no varía significativamente entre las temporadas climáticas consideradas. Sin embargo cuando se compara la densidad entre localidades se observa que existen diferencias significativas entre Los Arcos y Majahuita durante la temporada fría-seca y entre los Arcos e Islas Marietas durante la temporada cálida-húmeda, siendo menor la densidad, en los dos casos, en Los Arcos.

Los valores de Equidad (Es) de las tres localidades estudiadas, así como de datos acumulados, en las dos temporadas climáticas representan valores altos de 0.900 o más, lo que significa una alta diversidad en la comunidad de peces y por lo mismo se traduce como una comunidad que presenta una elevada complejidad que se conserva durante todo el año. En términos generales la Equidad presenta valores ligeramente más altos durante la temporada fría-seca, sin embargo sólo se observó una diferencia significativa en Los Arcos, donde este índice fue ligeramente más alto durante la temporada fría-seca. La Equidad entre



localidades sólo mostró diferencias significativas entre Los Arcos e Islas Marietas durante la temporada fría-seca.

Los indicadores de similitud PS y CCs muestran que las comunidades estudiadas mantienen su estructura con pocas variaciones entre las temporadas climáticas. En un rango de cero a cien, donde cero indica máxima diferencia y 100 máxima similitud, los índices proporcionaron valores por arriba de 70. El Porcentaje de Similitud (PS) es un índice apropiado para detectar cambios tanto cualitativos como cuantitativos que sufre la estructura de una comunidad y proporciona información mas confiable cuando se cuenta con datos de abundancia relativa por especie. El coeficiente de comunidad de Sorensen (CCs) es útil cuando sólo se cuenta con información cualitativa de una comunidad y se carece de la abundancia de cada una de las especies presentes.

Los promedios de salinidad fueron menores durante la temporada cálida-lluviosa en todas las localidades. Los valores mas bajos de salinidad se observan en septiembre y octubre en Majahuíta y Marietas durante la temporada cálida-lluviosa, con 32 o/oo; y los mas altos en marzo, en Los Arcos, con 36 o/oo durante la fría-seca.

La temperatura promedio del agua fue mayor entre los meses de agosto a noviembre con 28.3 °C (temporada cálida-lluviosa) y menor entre febrero y mayo con 25 °C (temporada fría-seca). En Majahuíta se registran los valores mas bajos de temperatura con 19 °C durante el mes de marzo; la temperatura mas alta se registró en Los Arcos e Islas Marietas durante los meses de agosto y septiembre con 30 °C.

Los promedios de salinidad (33.6 - 34.7 o/oo) y de temperatura (25.0 – 28.3 °C) observados durante las temporadas climáticas no influyen marcadamente sobre la estructura de las comunidades de peces de arrecife, manteniéndose ésta, en términos generales, sin cambios significativos durante todo el año.

A pesar de que existe mucha similitud entre las localidades estudiadas es conveniente caracterizar cada una de ellas, por lo que se presenta una matriz conteniendo los principales factores e indicadores que representan la estructura de la comunidad de peces de arrecife en Bahía de Banderas, por localidad y temporada climática. Se debe tener presente que dichos resultados corresponden a los muestreos mensuales realizados durante 1996, sobre una superficie promedio de 125 m<sup>2</sup>, a una profundidad máxima de 10 metros y en un horario entre las 9:00 y las 14:30 horas.

| LOCALIDADES | TFS |      |       | TCLL |      |       | AÑO |      |       |      |       |
|-------------|-----|------|-------|------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|
|             | s   | d    | Es    | s    | d    | Es    | s   | d    | Es    | PS   | CCs   |
| Los Arcos   | 41  | 0.91 | 0.962 | 51   | 1.06 | 0.908 | 56  | 1.01 | 0.928 | 70.3 | 0.783 |
| I. Marietas | 35  | 1.44 | 0.928 | 41   | 1.52 | 0.905 | 46  | 1.48 | 0.913 | 74.6 | 0.789 |
| Majahuíta   | 44  | 1.83 | 0.930 | 49   | 1.99 | 0.938 | 56  | 1.93 | 0.937 | 71.7 | 0.796 |
| Asumiendo   | 58  | 1.39 | 0.938 | 66   | 1.55 | 0.932 | 71  | 1.49 | 0.934 | 82.3 | 0.855 |

TFS= temporada fría-seca, TCLL= temporada cálida-lluviosa, s= riqueza de especies, d= densidad org/m<sup>2</sup>, Es= Equidad, PS= porcentaje de similitud, CCs= coeficiente de comunidad de Sorensen

## 5.0. RECOMENDACIONES

Dada la importancia que representan los arrecifes para todas las comunidades que alberga, tanto de vertebrados como de invertebrados, así como para el hombre, al ser utilizadas como lugares de aprovechamiento turístico y como fuente de productos alimenticios, se recomienda una estricta supervisión de los usuarios y sus equipos, ya que el impacto de que son capaces de ejercer sobre estos ecosistemas puede ser realmente considerable, ya que existe la posibilidad de destruir gradualmente colonias de organismos con las anclas, basura, derramar lubricantes y combustibles, así como el permitir que los aficionados al buceo que los visitan se lleven recuerdos o "souvenirs" del lugar. Para lograr una administración sustentable de estas áreas se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Empezar programas de educación ambiental dirigida hacia los prestadores de servicios turísticos.
- 2.- Mantener permanentemente un programa de monitoreo ambiental de las zonas sujetas a mayor explotación pesquera y/o turística, con el objeto de identificar a tiempo probables cambios estructurales de las comunidades que habitan y las causas que las originan. Extender dicho programa a otras áreas similares.
- 3.- Implementar un sistema de verificación de embarcaciones y equipo, con la intención de evitar que estas contaminen con residuos y/o fugas de lubricantes y combustibles, así como el control de residuos orgánicos, que pudieran causar eutroficación en algunas zonas de la bahía mediante el establecimiento de un sistema de monitoreo para comprobar la eficiencia de tratamiento de la planta de aguas residuales que inciden la bahía.
- 4.- Establecer un programa de construcción e instalación de boyas de amarre (muertos) para el atraque de embarcaciones, con lo que se evitaría el uso de anclas en estas zonas.
- 5.- Es importante continuar la caracterización de todas las zonas de arrecife, no sólo de Bahía de Banderas, sino de todas aquellas que están sujetas, o que lo van a estar, a una explotación pesquera y/o turística.
- 6.- Se recomienda realizar análisis de similitud de comunidades entre las diferentes localidades así como incrementar las zonas de muestreo.
- 7.- Los indicadores de similitud y diversidad de comunidades representan una herramienta importante para identificar los cambios estructurales que se originan con el tiempo en una misma comunidad. Realizar comparaciones estadísticas de estos índices entre temporadas permitirán en un futuro identificar tendencias sobre las variaciones de la estructura de las comunidades y elaborar medidas de protección para la conservación de las poblaciones que ahí se desarrollan.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brower, J. E. y J. H. Zar. 1979. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Brown Co. Publishers. Cap. 5b, 136-142. Iowa.
- Cupul Magaña A.L. et al, 2000. Comunidades Coralíneas de la Isla Marietas, Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. Investigación vol 2(1):15-22. Puerto Vallarta, Jal., México.
- Franco, L. J. et al. 1985. *Manual de ecología*. Ed. Trillas. México.
- Gotshall, W. D. 1987. *Marine Animals of Baja California. Sea Challengers*. Monterey, California. 113 pp.
- INEGI. 1999. *Cuaderno Estadístico Municipal Compostela Nayarit*. INEGI. México.
- Krebs, Ch. J. 1985. *Ecología (Estudio de la Distribución y Abundancia)*. Ed. Harla. México.
- Margalef, R. 1980. *Ecología*. Ed. Omega. Barcelona.
- Odum, E. P. y F. O. Sarmiento. 1998. *Ecología (El puente entre ciencia y sociedad)*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Pérez-España, H., F. Galván-Magaña y L.A. Abitia-Cárdenas. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del Suroeste del Golfo de California, México. CICIMAR-INP. Ciencias Marinas, vol. 22, N° 3, 273-294. La Paz, B.C.S.
- Pérez-Vivar T.L. 1995. *Sistemática y biogeografía de peces del litoral de Colima, México*. Univ. de Guadal. Fac. Ciencias Biol. Tesis Lic. Guadalajara, Jal.
- Reyes, B. H. 1993. *Estructura de la comunidad, influencia de la depredación y biología poblacional de corales hermatípicos en el arrecife de Cabo Pulmo, Baja California Sur, México*. C.I.C.E.S.E. Tesis Maestría.
- Ros, J. 1980. *Prácticas de Ecología*. Ed. Omega. Barcelona.
- Solis-Gil C. y A. Pérez. 1995. *Poblaciones de peces marinos de ornato existentes en Bahía de Banderas, México*. Inst. Nal. Pesca.