



**Casa abierta al tiempo**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

**UNIDAD IZTAPALAPA**

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES EN LA BAHÍA LA  
ENTREGA, HUATULCO, OAXACA.**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de  
**Maestro en Biología**

PRESENTA

**EDUARDO RAMOS SANTIAGO**

**Julio – 2004**

**“La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Postgrados de Excelencia del CONACyT”**

**El presente estudio se desarrolló en el área “Diagnostico Ecológico y Gestión Ambiental como parte de las actividades académicas del Laboratorio de Ictiología y Ecología Costera de la Universidad Autónoma Metropolitana–Iztapalapa, a cargo del Dr. Margarito Tapia García.**

El jurado designado por la  
**División de Ciencias Biológicas y de la Salud**  
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

**EDUARDO RAMOS SANTIAGO**

El día 30 de Julio del año del 2004

*COMITÉ TUTORAL*

**Tutor: Dr. Margarito Tapia García**

---

**Asesor: Dr. Isaías H. Salgado Ugarte**

---

**Asesor: M en C. Teresa Gaspar Dillanes**

---

**Sinodal: Dr. Horacio Pérez España**

---

**Sinodal: Dr. Manuel Castillo Rivera**

---

# **DEDICATORIA**

## **A mis padres: Jesús Ramos Vallejo y Clelia Santiago Castillo**

Sin ustedes simplemente esto no sería posible. Tengo tantas cosas que agradecerles, que unas cuantas líneas no me bastan para expresar mi más profunda admiración y respeto por todo lo que me han dado en la vida. Ustedes son el mejor ejemplo de lucha y superación constante que he tenido y su confianza me impulsa a seguir adelante en mi carrera profesional. A pesar de la distancia, siempre los llevo a mi lado y nunca olvido el amor y el cariño que me han brindado.

## ***A mis hermanos Fredy, Judith, Jesús y Gabriel***

Por su paciencia y comprensión en esta nueva etapa de mi vida y como una humilde muestra de superación personal. Gracias por su apoyo moral y a veces económico que me han brindado en todo momento.

## ***A mi hija Andrea***

Eres el principal motivo de superación y el mejor regalo que me ha dado la vida. Es por ti y para ti este logro, y estoy seguro que un futuro sabrás comprender todos estos momentos de ausencia. Siempre te llevo conmigo, en mi mente y en mi corazón.

## ***A mis compañeros de laboratorio***

Para ustedes que compartieron gratos e inolvidables momentos de mi vida en el Laboratorio de Ictiología y Ecología Costera, muy especialmente a **Ricardo Mendoza Rodríguez** y **Martín Ramírez Gutiérrez** por haberme brindado su amistad de forma incondicional y su apoyo moral y todo momento de mi carrera.

**Eduardo.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al **Dr. Margarito Tapia García** por su supervisión, asesoría y apoyo financiero durante el desarrollo de mis actividades en campo y en el laboratorio. Pero principalmente te agradezco la confianza y paciencia depositada en todos estos años de enseñanza en el laboratorio lo cual me ayudo mucho en mi desarrollo académico. Gracias por la dedicación que muestras en la formación de estudiantes y por tus buenos consejos, los llevaré presente en todo momento.

Al **Dr. Isaías Salgado Ugarte** por su disposición, profesionalismo y apoyo para la realización de las pruebas estadísticas y por su enseñanza del paquete estadístico “STATA 7.0” durante la maestría, sus aportaciones al manuscrito ayudaron a mejorar la calidad de mi trabajo.

De igual forma deseo expresar mi agradecimiento a la **M. en C. Teresa Gaspar Dillanes** por su tiempo y profesionalismo mostrado con un servidor, además de su disponibilidad y compromiso para la revisión de la tesis, sus aportaciones al manuscrito enriquecieron significativamente mi trabajo.

Al **Dr. Horacio Pérez España** por su muestra de profesionalismo constante y sus aportaciones al formato escrito. Agradezco tu disposición y compromiso mostrado en todo momento para dar respuesta a mis solicitudes y peticiones, tus sugerencias y comentarios aportaron enormemente en el mejoramiento de mi trabajo.

A la **Universidad Autónoma Metropolitana** por haberme permitido realizar los estudios de maestría en esta institución y muy especialmente al **Dr. Manuel Castillo Rivera**, coordinador de la Maestría en Biología por su apoyo y gestión para la realización de mi examen profesional y de titulación.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por otorgarme la beca para la realización de mis estudios.

A la dirección del Parque Nacional Huatulco a través de la **Arqueol. Silvia Niembro Rocas**, por su apoyo y gestión para la realización de mi tesis en las Bahías de Huatulco.

A la familia **Ramírez Gutiérrez** por haberme brindado su confianza y cariño, muy especialmente al **Sr. Santos y la Sra. Lourdes** por haberme abierto las puertas de su hogar, estoy infinitamente agradecido con ustedes.

Al **Dr. Alejandro Zavala** por proporcionarme el paquete estadístico "MVSP 3.1" para la realización de cálculos estadísticos y análisis multivariados.

A todas aquellas personas que contribuyeron con un consejo y una muestra de cariño durante mi desarrollo profesional y académico.

**GRACIAS A TODOS**

## RESUMEN

Las Bahías de Huatulco poseen una gran variedad de ambientes y habitats, y por lo tanto de organismos acuáticos que han sido poco estudiados. Los estudios sobre las comunidades de peces que habitan estos ambientes son escasos, por lo que en el presente estudio se evalúa la composición, diversidad, distribución y abundancia de la ictiofauna en la Bahía La Entrega mediante censos visuales durante el periodo comprendido entre noviembre del 2002 y agosto del 2003. Se determinó un total de 65 especies, 47 géneros y 28 familias. Las familias más representadas fueron: Labridae con 9 especies y 6 géneros, Pomacentridae con 8 especies y 6 géneros y Tetraodontidae con 5 especies y 3 géneros. La mayor densidad de peces fue característica del arrecife coralino, principalmente durante la época de lluvias, con variaciones a lo largo de los meses analizados. La mayor diversidad y riqueza específica se presentan principalmente en el ambiente rocoso durante la época de lluvias, con variaciones a lo largo del año. La similitud entre ambientes y el análisis de clasificación de los transectos indican que la bahía presenta un agrupamiento estacional, que corresponde principalmente con los tres ambientes: arrecife coralino, rocoso y arenoso. *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Chromis atrilobata*, *Haemulon maculicauda* y *Chaetodon humeralis* fueron especies dominantes en el ambiente arrecifal. *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, *Chromis atrilobata* y *Halichoeres notospilus* fueron especies dominantes en el ambiente rocoso. *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri*, *Mugil curema* y *Mulloidichthys dentatus* fueron especies dominantes en el ambiente

arenoso. La riqueza de especies muestra una relación directa con la temperatura del agua, siendo mayor a temperaturas más altas. Las variaciones de abundancia durante los cinco meses de muestreo fueron estadísticamente diferentes.

Palabras clave: Ecología, comunidad de peces, arrecifes coralinos, diversidad, dominancia, Huatulco.

### **ABSTRACT**

The Huatulco Bays have a great variety of environments and habitats, and there are organisms, which have been few studied. In this respect, they are few studies on the community of fish that inhabit these subsystems. In the present study, the composition, diversity, distribution and abundance of fishes were evaluated using visual census during the period between November-02 and August-03. A total of 65 species, 47 genus and 28 families were identified. The most representative families were Labridae with 9 species and 6 genus, Pomacentridae with 8 species and 6 genus and Tetraodontidae with 5 species and 3 genus. The greater density of fishes was characteristic on the coral reef in the rainy season, with variations through the analyzed months. The greater diversity and specific richness occurred on the rocky reef during the rainy season. The similarity – cluster analysis – and classification of stations indicate that the bay has three subsystems: coral reef, rocky reef and sandy. *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Chromis*



*atrilobata*, *Haemulon maculicauda* and *Chaetodon humeralis* were dominant species in the coral reef. *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, *Chromis atrilobata* y *Halichoeres notospilus* were dominant species in the rocky reef. *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri*, *Mugil curema* and *Mulloidichthys dentatus* were dominant species in the sandy environment. The specific richness has a direct relationship with temperature. The abundance variations during the five months of sampling were statistically different.

Palabras clave: Ecology, community of fishes, coral reefs, diversity, dominance, subsystem, Huatulco.

## INDICE

### DEDICATORIA

### AGRADECIMIENTOS

<b>RESUMEN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>6</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>13</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>14</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
Actividades de campo .....	19
Prospección.....	19
Muestreo de la ictiofauna.....	20
Variables Ambientales.....	24
Actividades de Laboratorio.....	24
Análisis general de los datos.....	24
Análisis estadístico.....	29
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
Caracterización de la comunidad.....	30
Composición taxonómica.....	30
Descripción general de los ambientes .....	37
Distribución espacio–temporal.....	48

Noviembre, 2002.....	48
Marzo, 2003.....	62
Abril, 2003.....	65
Junio, 2003.....	68
Agosto, 2003.....	71
Variables ambientales.....	74
Análisis de correlación .....	76
Análisis de varianza.....	78
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>81</b>
Metodología de muestreo.....	81
Composición taxonómica.....	83
Distribución y abundancia espacio – temporal .....	86
Diversidad.....	88
Asociaciones ictiofaunísticas.....	91
Especies dominantes.....	93
Análisis estadístico y prueba de hipótesis .....	102
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>107</b>

## INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos constituyen importantes ecosistemas del planeta, ya que proporcionan una amplia gama de hábitats, con sorprendentes estructuras y similitudes taxonómicas distribuidas a lo largo y ancho de un área determinada (Choat y Bellwood, 1991; Sorokin, 1995; Lieske y Myers, 1998), y reflejan un origen biogénico en sus patrones estructurales los cuales están determinados por el crecimiento de organismos modulares (Choat y Bellwood, 1991).

La principal característica de los ecosistemas de arrecifes de coral es su alta productividad primaria y su alta diversidad de especies como resultado de una larga evolución y una gran variedad de hábitats (Lieske y Myers, 1998; Sorokin, 1995). Representan también un sitio de propagación y crecimiento de juveniles de muchas especies de importancia comercial (Sorokin, 1995).

Del área total de arrecifes modernos que existen en los océanos ( $6 \times 10^5 \text{ m}^2$ ), el 15% están situados en el Océano Atlántico, el 53% en el sureste de Asia, el 19% en el Pacífico, y el 9% en el Mar Rojo. El arrecife principal del Océano Atlántico está situado en el Mar Caribe en las costas del sureste de Florida, México, Honduras, Nicaragua, Venezuela y rodeado por las Bahamas, Islas Vírgenes y Las Antillas. Entre los más grandes sistemas arrecifales se incluyen los sistemas de barrera arrecifal en Belice, Madagascar, Fiji, Nueva Caledonia y la Gran Barrera Arrecifal Australiana con una extensión aproximada de 2,500 km (Sorokin, 1995).

Los arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical son consideradas pequeñas en comparación con los arrecifes del Atlántico y del Indo-Pacífico debido a que comúnmente no sobrepasan unas decenas de hectáreas, aunado a una baja diversidad y distribución aislada en forma de parches y afectada por varios factores como bajas temperaturas en áreas de afloramiento, la termoclina superficial y la cobertura de nubes (Glynn y Wellington, 1983; Guzmán y Cortés, 1993).

Los peces juegan un papel importante en el balance energético de los sistemas arrecifales, siendo en su gran mayoría carnívoros, con pocas especies que se alimentan de plancton y una gran variedad de peces que se alimentan del coral (Sorokin, 1995; Lieske y Myers, 1998; Sano, 1991). Los peces de arrecifes de coral son principalmente territorialistas con ámbitos de residencia limitados, y la gran mayoría de estas especies poseen una longitud máxima menor a los 30 cm; regularmente se distribuyen en grupos locales cuya dominancia está determinada por individuos más pequeños o de menor talla (Sale, 1991a).

En un arrecife coralino, más del 75% de los peces son especies diurnas que pasan las horas del día a escasa distancia sobre el arrecife, y cerca del 30% de los peces arrecifales son especies crípticas de tamaño pequeño, como los de las familias Gobiidae y Blenniidae. Existen también algunas especies grandes como los de la familia Muraenidae que pasan la mayor parte de su tiempo escondidos en las estructuras del arrecife y realizan sus actividades principalmente durante la noche (Sale, 1991a; Lieske y Myers, 1998). El grupo de peces de arrecife incluyen

especies que viven permanentemente en el arrecife y en su vecindad. Algunas especies pueden encontrarse en biotopos costeros cerca de las rocas y macrofitas que les proporcionan hábitat, alimento y refugio (Sorokin, 1995).

La ictiofauna del Pacífico oriental tropical es relativamente menor comparada con el Indo-Pacífico occidental y el Atlántico debido a que presenta un fuerte endemismo regional a niveles tanto genérico como específico. Las razones para este empobrecimiento son complejas, y algunas incluyen el tamaño físico de la región relacionado con los afloramientos fríos y las corrientes provenientes de áreas adyacentes templadas, lo que repercute en la reducción significativa de los trópicos (Allen y Robertson, 1998).

En muchas partes del mundo, el valor económico de los recursos ictiológicos de los arrecifes para actividades que no suponen su consumo, tales como turismo, fotografía submarina y la explotación de recursos naturales en general, exceden por mucho su valor como recurso alimenticio (Lieske y Myers, 1998). Los peces de arrecife constituyen una porción significativa del volumen total existente en el océano mundial (cerca del 9%) y la actividad pesquera en áreas de arrecifes es una fuente importante de proteínas en la dieta de la población de diversos países (Sorokin, 1995).

En los últimos años, el incremento de la afluencia turística nacional e internacional dentro de las costas mexicanas ha provocado que en el país, el número de centros turísticos en su franja costera este en aumento; un caso particular es el de

las bahías de Huatulco en el estado de Oaxaca. Estas bahías han tenido un crecimiento acelerado a partir de que el Fondo Nacional de Turismo descubrió su potencial turístico a través de un estudio integral de la región (FONATUR, 1985). En esta región se desarrollan importantes actividades económicas que incluyen la explotación de recursos naturales y un desarrollo turístico de gran importancia en el ámbito nacional, lo que puede traer consigo un deterioro de los ecosistemas debido a la intensidad del uso turístico y de la capacidad de resistencia del sistema.

En 1998, las bahías de Huatulco fueron decretadas como Parque Nacional por el gobierno Mexicano, considerando como importantes los bancos arrecifales presentes en las bahías de Cacaluta, la India, Chachacual, Riscalillo y San Agustín, donde se permiten la realización de actividades relacionadas con la preservación de los ecosistemas acuáticos, investigación, recreación, turismo y aprovechamiento de los recursos naturales conforme a lo determinado en el programa de manejo (SEMARNAT, 2002a). Sin embargo, es importante señalar que solo algunas bahías conforman la poligonal del Parque Nacional, dentro de las cuales no fue considerada La Entrega a pesar de poseer uno de los arrecifes más grandes de la región y tener un alto valor como atractivo turístico. Posiblemente este sea uno de los arrecifes más dañados del complejo turístico debido a su relativa facilidad de acceso, ya que cuenta con una infraestructura turística bien desarrollada en comparación con otras localidades, además de una desprovista cultura ecológica por parte del turismo para proteger y conservar los sistemas arrecifales en la región.

## ANTECEDENTES

El estudio de peces en arrecifes coralinos se fueron desarrollando a la par con el buceo SCUBA y la apertura que proporcionaron al ambiente de los arrecifes permitieron el acceso a estudios ecológicos en este sistema. Las primeras publicaciones datan a mediados de 1950 y existen también algunas exploraciones interesantes en la década de los 60 y 70 (Sale, 1991a). De forma general, entre los trabajos más relevantes en ecología de peces en arrecifes de coral encontramos los de Sale (1980, 1991), Bakus (1994), Sorokin (1995) y Lieske y Myers (1998).

Los estudios más importantes que describen y comparan las diferentes metodologías empleadas en el estudio de la comunidad de peces de arrecifes, están enfocadas en la utilización de técnicas y herramientas que permiten determinar la estructura de la comunidad arrecifal, convirtiéndose en una metodología básica para el estudio de la comunidad íctica en sistemas arrecifales. A continuación se mencionan los diferentes trabajos que basaron sus estudios en métodos no destructivos y permitieron determinar la metodología más adecuada para el cumplimiento de los objetivos planteados en la presente tesis.

A partir de la propuesta hecha por Brock en 1954, se han realizado diversos estudios con el objeto de determinar la efectividad de los censos visuales en el estudio de comunidades acuáticas. Brock (1982) realizó una crítica al propio método, y consideró pertinente recomendar el uso de esta técnica en estudios diurnos y reconocer su imprecisión principalmente en aquellas especies con



hábitos crípticos. Sale y Sharp (1983) realizaron una corrección del sesgo que se presenta al utilizar la técnica de censo visual mediante transectos, y sugirieron utilizar transectos con una amplitud de 1 metro en lugar de transectos mas amplios (1.5 y 2 m). Bohnsack y Bannerot (1986), diseñaron un método de censo visual estacionario para estudios de peces de arrecife, basado en una búsqueda de áreas más pequeñas (10 a 15 metros de diámetro en un círculo) en un tiempo corto (regularmente de 15 minutos). McCormick y Choat (1987) analizaron la precisión y efectividad de 5 transectos de diferentes longitudes para la estimación de las abundancias; encontraron que el transecto de 20 x 5 m mostró una alta eficiencia debido a las ventajas generales que se le atribuyen a las unidades muestrales pequeñas. Buckley y Hueckel (1989) analizaron la precisión y adecuación de censos visuales para estimar densidades en peces; encontraron que la precisión es aceptable y no presenta efectos adversos en el manejo de pesquerías en arrecifes artificiales. Green y Alevizon (1989) compararon la precisión de cuatro métodos visuales para evaluar la comunidad de peces de arrecifes coralinos (transecto, cinta de audio, cinetransecto y video transecto), y encontraron que la técnica de cinta de audio fue la más eficiente y precisa, en tanto que el video transecto (ROV) demostró ser la menos eficiente.

Halusky *et al.* (1994), estudiaron la efectividad de buzos voluntarios entrenados en la documentación científica de habitats acuáticos artificiales, y concluyeron que los buzos voluntarios ofrecen una capacidad confiable cuando se les provee de un soporte y capacitación adecuada para el estudio. Por su parte, Conell *et al.* (1998) compararon la abundancia de peces de arrecifes coralinos obtenidas por el

método de CPUE y por censos visuales; encontraron diferencias significativas entre ambos métodos.

Elorduy–Garay y Jiménez-Gutiérrez (2000), compararon la efectividad de las técnicas empleadas para el estudio de peces en arrecifes y concluyeron que los transectos presentan valores más confiables respecto a los índices ecológicos, y proponen utilizar un transecto de 50 x 5 m para todos los censos de peces en el Golfo de California.

Recientemente, Harvey *et al.* (2001a y 2001b) discutieron la precisión para estimar la longitud de peces en arrecifes coralinos con sistemas de video-estereo y la compararon con las estimaciones visuales por buzos científicos. Estos autores concluyeron que el margen de error para censos visuales fue mayor (2.1 cm) que el estimado por el sistema de video-estereo (0.6 cm), además de su utilidad en el mejoramiento del poder estadístico para estimar longitudes en peces de arrecife.

Los estudios sobre reclutamiento y dinámica poblacional de peces en los arrecifes coralinos, han sido discutidos por diferentes autores en varias regiones del mundo. Al respecto, Williams y Sale (1981) analizaron los patrones espaciales y temporales de peces juveniles de arrecifes coralinos en la Gran Barrera Arrecifal Australiana. Shulman (1985) analizó el reclutamiento de peces de arrecifes coralinos, así como los efectos de la distribución de depredadores y sus refugios. Robertson y Kaufmann (1998) analizaron la dinámica de reclutamiento y sus

consecuencias demográficas en peces de arrecifes tropicales. Chesson (1998) describió una perspectiva teórica de la limitante en el reclutamiento, Levin (1998) discutió la mortalidad post-reclutamiento en poblaciones locales, y Booth y Wellington (1998) analizaron los efectos de la distribución de adultos y juveniles dentro de una estructura poblacional.

Existe una gran variedad de estudios sobre las variaciones espaciales y temporales de la comunidad de peces. Guzmán (1988) estudió la distribución y abundancia de organismos coralívoros en arrecifes de la Isla Caño, Colombia. Anand y Pillai (1995) estudiaron algunos aspectos de la biología y ecología de peces de arrecifes coralinos en ecosistemas de la India. Pérez-España *et al.* (1996) estudiaron las variaciones espaciales y temporales de la comunidad de peces en arrecifes rocosos del Golfo de California, al igual que Villareal-Cavazos *et al.* (2000), que analizaron la distribución y diversidad de los peces en los arrecifes coralinos de Cabo Pulmo en Golfo de California. Caley (1995) estudió la dinámica de los peces de arrecife de dos localidades ubicadas a diferentes latitudes (9 grados) en la Gran Barrera Arrecifal Australiana. Díaz-Ruiz *et al.* (1993), Díaz-Ruiz y Aguirre-León (1996) y Caballero y Schmitter-Soto (2001) estudiaron los patrones de diversidad y las variaciones estacionales-espaciales de la comunidad de peces en sistemas arrecifales del Caribe Mexicano.

Respecto a los impactos provocados por la intensidad de pesca en áreas de arrecifes de coral, se encuentran los de McClanahan (1995) y McClanahan y Arthur (2001) quienes realizaron un análisis de modelación en arrecifes coralinos.

Hodgson (1999) estudió los efectos de los asentamientos humanos en arrecifes coralinos, y Luttinger (1997) analizó la problemática de conservación de la comunidad arrecifal aunado a un desarrollo turístico en la Isla de Honduras. Las alteraciones causadas por fenómenos naturales en arrecifes coralinos de varias regiones del Pacífico mexicano, incluyendo las bahías de Huatulco se discuten en Lirman *et al.* (2001) y Reyes-Bonilla *et al.* (2002).

En el área de estudio existen muy pocos antecedentes ecológicos de evaluaciones de la comunidad peces en el arrecife, la única referencia conocida es el trabajo de Barrientos-Villalobos (2000), quien reporta la diversidad y abundancia de peces en el Parque Nacional Huatulco. La diversidad de moluscos en las bahías de Huatulco y Puerto Ángel se discuten en Rodríguez-Palacios *et al.* (1988) y Rodríguez-Palacios (1989). Sandoval-Díaz (1988) realizó la caracterización de las comunidades bentónicas asociadas a facies rocosas en las bahías de Huatulco y en Puerto Ángel. Mitchell-Arana (1994) realizó un perfil del parche coralino y las especies asociadas en La Entrega, Huatulco. Sosa Rosas (1995) estudió la composición y variación del zooplancton presente en algunas localidades del desarrollo turístico en las bahías de Huatulco. Reyes-Bonilla (1993) y López-Pérez y Reyes-Bonilla (2000) realizaron un estudio biogeográfico y ecológico de los corales hermatípicos del Pacífico mexicano, así como una remembranza de la historia de los corales en esta región. Glynn y Leyte-Morales (1997) y Leyte-Morales (2001) describieron el desarrollo de los arrecifes coralinos en las bahías de Huatulco, así como aspectos ecológicos y geomorfológicos de los arrecifes. Reyes-Bonilla y Leyte-Morales (1998), estudiaron los arrecifes

coralinos en la región de Puerto Ángel considerándolos dentro de los mejores desarrollados del Pacífico mexicano. Recientemente, Mora-Pérez (2002) estudió el reclutamiento sexual y asexual de corales pétreos en seis arrecifes coralinos de las costas de Oaxaca, incluyendo las bahías de Huatulco. Hernández-Ballesteros (2002) analizó aspectos biológicos que afectan la estructura de los corales zooxantelados en el arrecife La Entrega. Por su parte, Rodríguez-Troncoso (2004) realizó la caracterización del ciclo reproductivo de *Pocillopora damicornis* en el arrecife de la Entrega; y Zamorano de Haro (2004) evaluó la comunidad actual de moluscos y equinodermos asociados al coral *Pocillopora damicornis* comparado con la comunidad de 1994 en La Entrega, Huatulco.

La problemática ambiental del desarrollo turístico en las bahías de Huatulco ha sido analizada por Magaña-Melgoza y Vega-González (1991), Luna-Vargas (1993) y Tapia-García *et al.* (1998), donde se identifican problemas sanitarios, servicios urbanos y desechos sólidos recomendando monitoreos continuos para reconocer el daño en comunidades biológicas acuáticas y terrestres.

## JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas de arrecifes coralinos tienen una importancia social, económica, ecológica y alimentaria en zonas tropicales y en la comunidad internacional. Los arrecifes coralinos de las costas de Pacífico y Atlántico Mexicano se encuentran bajo presión por actividades turísticas, incluyendo la extracción de recursos para el comercio internacional de especies ornamentales, alteraciones en la franja costera, pérdida potencial de manglares y la pérdida de protección por tormentas y huracanes (Almada-Villela, *et al.*, 2001). Las bahías de Huatulco poseen una riqueza terrestre y marina considerable; debido a su gran diversidad de ambientes que albergan una amplia gama de especies de importancia comercial en su franja costera. El atractivo turístico que representan estas bahías, aunado a un crecimiento acelerado y desordenado en todos los sectores de la región, determina un deterioro del ecosistema y de las especies que depende de este recurso (SEMARNAT, 2002a). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana-059-ECOL-2001, únicamente tres especies de peces reportadas para el área de estudio se encuentran bajo el estatus de protección especial (*Holacanthus passer*, *Hippocampus ingens* y *Pomacanthus zonipectus*); caso contrario con las especies coralinas, de las cuales no se incluyen dentro de esta lista de especies en riesgo (SEMARNAT, 2002b). Por lo anterior, el presente estudio contribuye al conocimiento de la comunidad de peces de la bahía La Entrega, como primera aproximación de un análisis ecológico que sirva de referencia para estudios posteriores y que a su vez permita establecer bases para su protección, conservación y manejo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la composición, diversidad, distribución y abundancia de la ictiofauna de la bahía La Entrega, Oax., con relación a los diferentes tipos de ambientes que presenta (arrecifes de coral, fondo rocoso y fondo arenoso) durante el periodo comprendido entre los meses de noviembre-2002 y agosto-2003.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- a) Conocer la variación espacial y temporal de la diversidad, distribución y abundancia de la ictiofauna.
- b) Determinar las poblaciones dominantes en función de su distribución, frecuencia y abundancia en las diferentes épocas climáticas.
- c) Determinar las asociaciones ictiofaunísticas.

## **HIPÓTESIS**

La estructura de la comunidad de peces en La Entrega, Oax. es distinta para cada uno de los diferentes tipos de fondo y épocas climáticas del lugar, lo que se refleja en diferencias en cuanto a su composición, diversidad, distribución y abundancia de las especies

## ÁREA DE ESTUDIO

Las Bahías de Huatulco se localizan en Estado de Oaxaca entre la desembocadura de los ríos Copalita ( $15^{\circ} 45' 48''$  latitud norte y  $96^{\circ} 04' 56''$  longitud oeste) y Coyula ( $15^{\circ} 41' 09''$  latitud norte y  $96^{\circ} 14' 45''$  longitud oeste). Comprenden aproximadamente 35 km de litoral del Pacífico mexicano, donde se alternan bahías, playas abiertas y acantilados (Leyte-Morales, 2001). Los arrecifes coralinos de bahías de Huatulco se desarrollan en bahías independientes por lo que todos están físicamente aislados entre sí. Se desarrollan en sitios someros, adyacentes a la costa y no forman una laguna entre la cresta del arrecife y la tierra. El tamaño de los arrecifes es de pocas hectáreas, destacando la comunidad arrecifal de Las Dos Hermanas como la de mayores dimensiones con un poco más de 10 hectáreas (Leyte-Morales, 2001). La profundidad máxima de los arrecifes varía de 2.2 m (Tejoncito) a 14.3 m (Dos Hermanas) (Glynn y Leyte-Morales, 1997). En conjunto, las bahías de Huatulco comprenden una red de ecosistemas que incluyen diversos tipos de sustratos (arena, roca y coral), una gran variedad de organismos acuáticos y una amplia gama de ambientes tanto terrestres como marinos (SEMARNAT, 2002a).

El clima en la región es de tipo cálido sub-húmedo con lluvias en verano, correspondiente al tipo Aw (w) ig según Köppen y modificado por García (1973). La temperatura media anual del aire es de  $28^{\circ}\text{C}$  con una precipitación media de 817.7 mm y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5% (Sandoval- Díaz, 1988; Mitchell-Arana, 1994). Se observan dos épocas climáticas bien marcadas,



correspondientes a la época de secas (noviembre a abril) y la época de lluvias (mayo-octubre). Durante la época de secas se presentan vientos “nortes” provenientes del Golfo de México denominados “Tehuano”, como resultado de fenómenos meteorológicos a gran escala y características topográficas locales (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998; Tapia-García, 1998).

El patrón de circulación en el Pacífico Tropical Este está influenciado por los desplazamientos latitudinales del sistema de vientos Alisios y la convergencia intertropical. La variación de dicho patrón de circulación afecta la dinámica dentro del Golfo de Tehuantepec. La circulación oceánica superficial en el Pacífico Tropical Este está dominada por la Corriente de California (fría y de baja salinidad), la Corriente Norecuatorial, la Contracorriente Norecuatorial, la Corriente Surecuatorial, la Corriente Subsuperficial Ecuatorial y por la Corriente de Perú (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998).

El agua tropical superficial se localiza en la capa superficial y se caracteriza por su alta temperatura (mayor a 25° C) y salinidades menores a 34 ups. Esta agua, al igual que el agua subtropical superficial se introduce en el Golfo de Tehuantepec, principalmente en verano y otoño, a través de la corriente costera de Costa Rica. El agua subtropical superficial tiene una alta salinidad, sus valores llegan hasta 35–36 ups y su temperatura varía entre 15 y 28° C, pero generalmente es agua cálida. Durante el invierno y la primavera, el agua de la Corriente de California, con baja salinidad (menor a 34 ups) y baja temperatura (12 a 18° C) incursiona en la porción occidental del Golfo de Tehuantepec. Cerca

de la cabeza del Golfo se encuentran aguas frías y salinas, las cuales han sido acarreadas hacia la superficie por efecto de la surgencia. En este proceso también intervienen el agua tropical y subtropical (Wyrski, 1967; Fielder, 1992; Monreal-Gómez y Salas de León, 1998)

La Entrega se localiza en el extremo suroeste de la bahía de Santa Cruz, a los 15° 44' 34" latitud norte y 96° 07' 35" longitud oeste; con una dimensión aproximada de 750,000 m<sup>2</sup> y rodeada de vegetación constituida principalmente por selva baja (Fig. 1). La playa comprende 200 metros de longitud por 35 metros ancho, aproximadamente. La pendiente va de suave a moderada y su arena es de color blanco debido a la presencia de materiales de origen coralino con una granulometría media y fina de 1.46 mm en la duna, 1.10 mm en el estrán y 0.53 mm a un metro de profundidad (Mitchell-Arana, 1994; SEMARNAT, 2002a). El arrecife inicia con grandes colonias de coral que se levantan sobre el fondo arenoso disminuyendo la profundidad hasta 1 m. Posteriormente continua en una plataforma ininterrumpida que se hace mas profunda a los 3 m durante 100 m. Desde este punto, inicia un aumento de la profundidad hasta un poco mas de 8 metros donde el arrecife termina frente a una plataforma de arena (Leyte-Morales, 2001).



Figura 1. Localización del área de estudio. Bahías de Huatulco, Oaxaca (modificado de Mitchel-Arana, 1994; Glynn y Leyte-Morales, 1997).

De acuerdo con Mitchell-Arana (1994), Glynn y Leyte-Morales (1997) y Leyte-Morales (2001), el perfil del parche coralino mide aproximadamente 324 m de largo por 233 m de ancho. La parte mas cercana a la costa se encuentra a una distancia de 20 m y la profundidad máxima del parche es de 13.3 m. En la zona de contacto entre el arrecife y la arena se encuentra una gran cantidad de fragmentos de coral tanto vivos como muertos, principalmente de la especie *Pocillopora damicornis* (Leyte-Morales, 2001).

En las bahías de Huatulco se reportan un total de catorce especies de arrecifes de corales pocilopóridos con zooxantelas. Estos corales pertenecen a los géneros *Pocillopora*, *Pavona*, *Porites*, *Psammocora*, *Leptoseris* y *Fungia*. Tres especies de corales pocilopóridos son los principales responsables de la construcción de la estructura arrecifal. La Entrega presenta diez de las catorce especies de corales en la región, estas son: *Pocillopora verrucosa*, *Pocillopora capitata*, *Pocillopora inflata*, *Pocillopora damicornis*, *Porites panamensis*, *Pavona gigantea*, *Pavona varians* (Glynn y Leyte-Morales, 1997; Glynn, 1999). Las tres especies restantes (*Psammocora stellata*, *Leptoseris papyracea* y *Fungia distorta*) se encontraron en forma de fragmentos muertos (Leyte-Morales, 2001).

La marea que se presenta es del tipo mixto semidiurno con una pleamar media de 0.981 m, con una bajamar media de 0.038 m y un nivel medio del mar de 0.501 m. Las rocas son de tipo ígneas intrusivas ácidas con incrustaciones cristalinas, altamente intemperizadas, fracturadas y erosionadas (Sandoval-Díaz, 1988; Mitchell-Arana, 1994).

## **METODOLOGÍA**

### **ACTIVIDADES DE CAMPO**

Para cumplir con los objetivos planteados se realizaron cinco salidas de campo a lo largo del año, correspondiente a las épocas de secas (noviembre, marzo y abril) y lluvias (junio, agosto), con el objeto de obtener un panorama general de las variaciones climáticas del sistema en un ciclo anual.

#### **Prospección**

Se realizó una salida prospectiva durante el mes de febrero-02 con el objeto de conocer las principales características del área de estudio, permitiendo determinar la metodología de muestreo a seguir, así como la identificación de los ambientes presentes en el área de estudio. De los resultados obtenidos de esta prospección, se estimó el número de transectos a realizar, la longitud y ubicación de cada transecto así como el mapeo del arrecife dentro de la bahía.

La identificación de los ambientes presentes en el área de estudio se llevó a cabo mediante inspección submarina utilizando buceo snorkel en áreas de fácil acceso. Para el caso del mapeo del arrecife coralino, se tomaron puntos de referencia con un GPS y se construyó una poligonal que permitió delimitar el área total cubierta por el arrecife.

## **Muestreo de la Ictiofauna**

De acuerdo con Sale (1980), Brock (1982), Sale y Sharp (1983), Buckley y Hueckel (1989), Green y Alevizon (1989), Elorduy–Garay y Jiménez–Gutiérrez (2000), la técnica de censo visual presenta inconvenientes y ciertas desventajas con respecto a otros métodos destructivos (ictiocidas y explosivos). Estos autores mencionan que comúnmente se presentan errores en la identificación, estimación de tallas y baja precisión en las estimaciones de abundancias, propiciando con ello un sesgo bastante amplio al determinar las densidades absolutas de los peces en un área. Sin embargo, estos sesgos se pueden reducir cuando son consistentes entre unidades muestrales, esto es, que conlleve a errores similares al estimar abundancia y tallas para las distintas especies. La ventaja más importante en este tipo de estudios es la poca alteración de la mortalidad natural y la estructura de las comunidades estudiadas, minimizando el impacto de la intervención del observador sobre la dinámica de las mismas.

## **Arrecife coralino**

De acuerdo con lo anterior y considerando las características ambientales del sistema, se realizaron censos visuales por medio de buceo autónomo. Los transectos fueron establecidos utilizando dos cabos de polipropileno (5 mm de diámetro), con una longitud aproximada de 10 m de largo por 5 m de ancho cubriendo un área total de 100 m<sup>2</sup> entre dos buzos, en un tiempo no mayor a 5 minutos (Fig. 2).

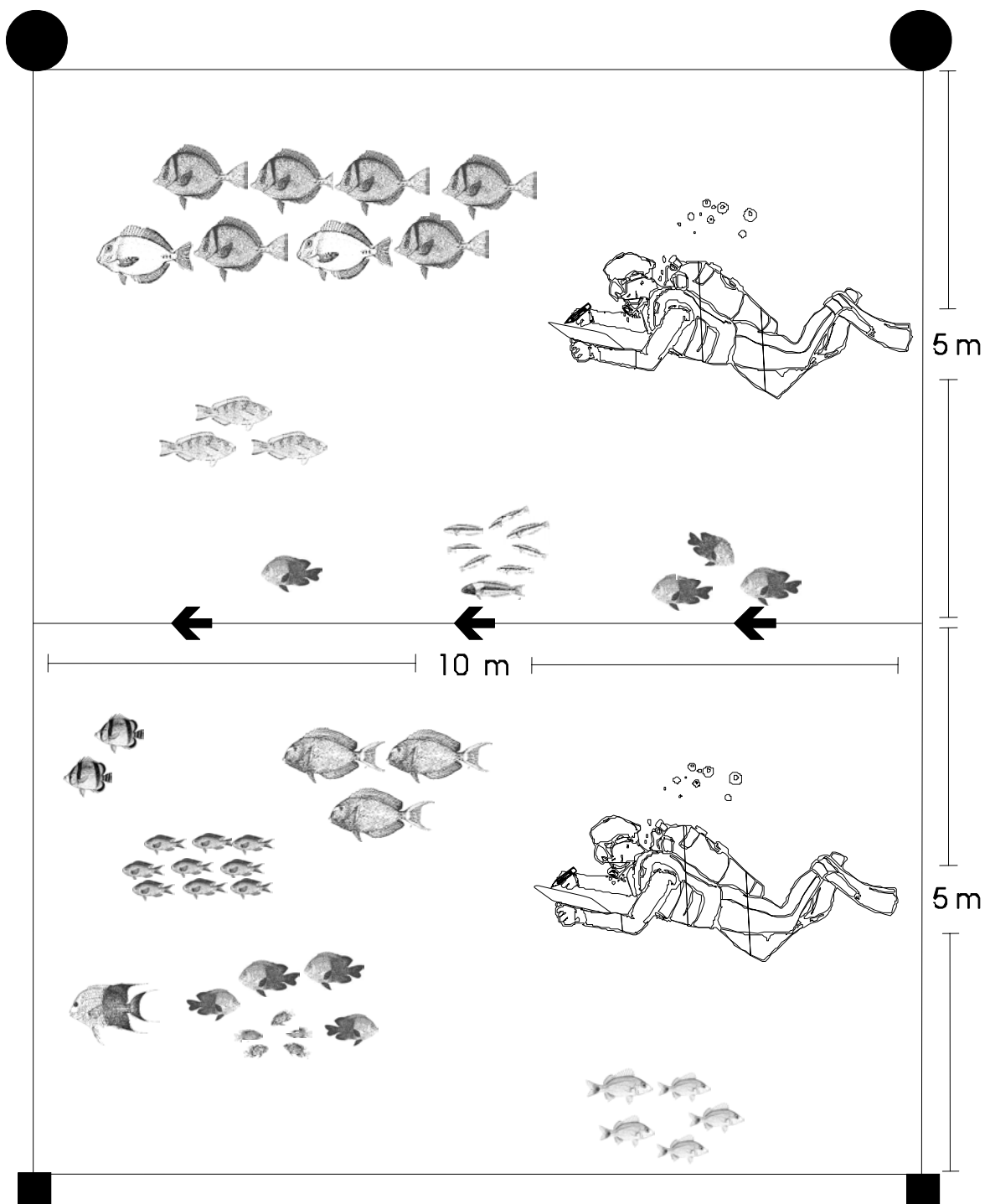


Figura 2. Metodología de muestreo por censos visuales a través de transectos. Se indican las dimensiones del transecto.

En el extremo superior de cada cabo se sujetó una boya de unicel y en el extremo inferior un lastre o plomo. El cabo fue graduado en metros utilizando para ello un color diferente pero igualmente visible con el objeto de determinar la profundidad en cada censo.

En este ambiente, se ubicaron un total de cinco transectos como se indica en la figura 3 (1, 2, 3, 4 y 5). Los peces avistados se registraron en una hoja de campo (Sale y Douglas, 1981) previamente elaborada en papel polypap o couché sintético. Los muestreos se realizaron durante las horas de mayor iluminación para obtener una mejor visibilidad en el censo de los peces. Las dimensiones de los transectos fueron similares en todos los casos y realizadas siempre por las mismas personas, evitando con ello errores de comparación de acuerdo con lo propuesto por Sale y Sharp (1983).

### **Ambiente rocoso**

La metodología empleada fue similar que la del arrecife coralino. Se realizaron tres transectos (6, 7 y 8) dada las condiciones del sistema mediante buceo autónomo o snorkel (Fig. 3).



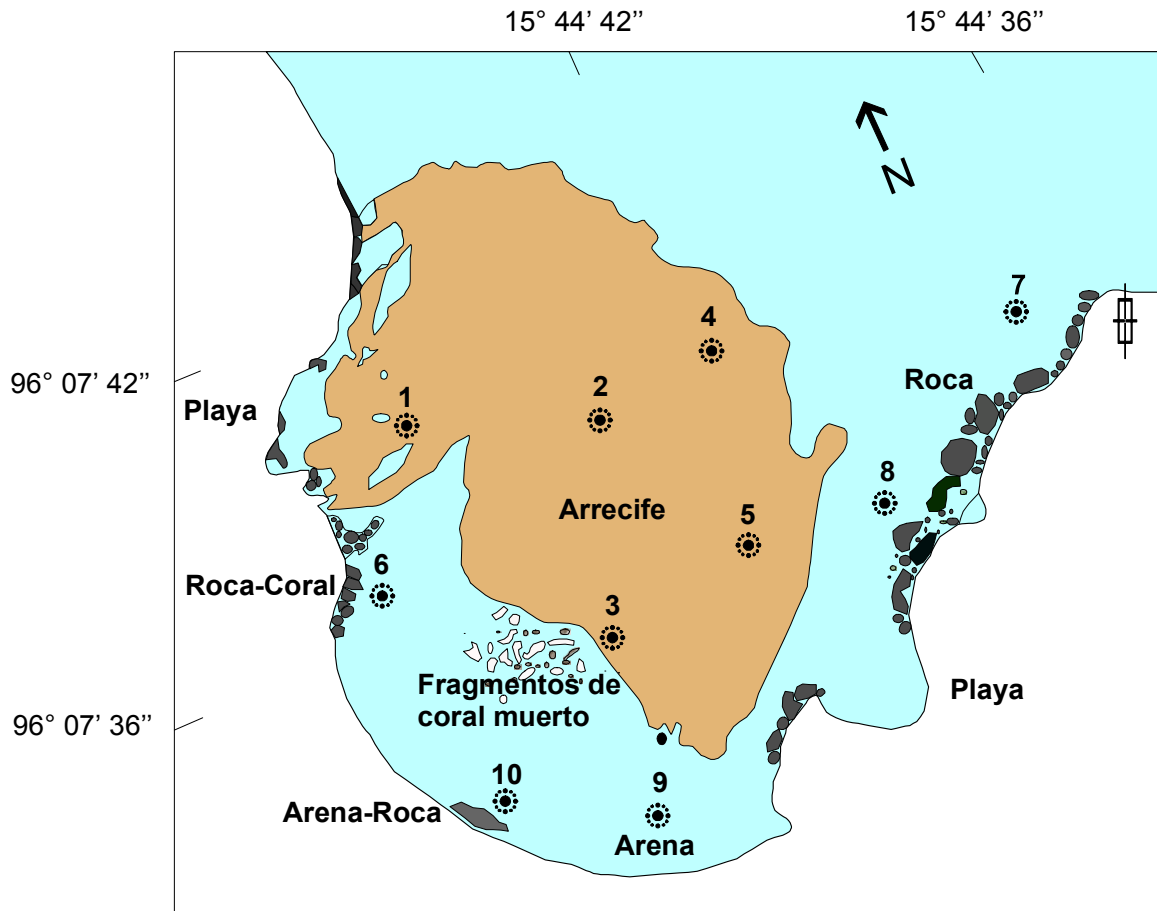


Figura 3. Ubicación de los transectos en el arrecife coralino, ambiente rocoso y ambiente de arena en La Entrega, Huatulco, Oaxaca.

### Ambiente de arena

La metodología empleada para este tipo de ambiente fue similar a las anteriormente descritas. Para este caso, se realizaron dos transectos (9 y 10) ubicados frente a la zona comercial de la bahía mediante buceo libre u snorkel, lo cual permitió realizar comparaciones entre los diferentes ambientes y sus cambios a través del tiempo (Fig. 3).

## **Variables Ambientales**

En cada uno de los transectos analizados se obtuvieron datos de temperatura (°C), pH (potencial hidrógeno) y oxígeno disuelto (mg/l). La salinidad (‰), fue tomada de Sosa-Rosas (1995). Las variables ambientales registradas en los ambientes analizados se grafican y correlacionan con la riqueza específica utilizando el coeficiente de correlación no paramétrica de Spearman  $r_s$ , para identificar la influencia de estos parámetros sobre los índices ecológicos.

## **ACTIVIDADES DE LABORATORIO**

### **Análisis general de los datos**

Las especies censadas fueron determinadas taxonómicamente de acuerdo a la literatura específica, como los trabajos de Allen y Robertson (1998), Fischer *et al.* (1995), y una base de datos obtenida de FISHBASE, de donde se elaboró un listado sistemático de acuerdo a Nelson (1994), que contiene la composición ictiofaunística del área de estudio.

Se calculó la densidad (individuos/m<sup>2</sup>) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$D = \frac{N}{A}$$

donde:  $D$  = número de individuos por  $m^2$ ;  $N$  = número total de individuos por transecto y  $A$  = área muestreada.

### **Índice de riqueza, diversidad y equidad.**

Índice de riqueza de especies ( $D$ ) de Margalef (1958) con la expresión:

$$D = \frac{S - 1}{\log(N)}$$

Este índice se basa en la relación entre el número total de especies  $S$  en una comunidad y el número total de individuos observados  $N$ .

Índice de Shannon y Wiener (1963) de acuerdo a la expresión:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

donde:  $N$  = número total de individuos colectados y  $p_i$  = número de individuos de la especie  $i$ . Este índice se utilizó para comparar la diversidad con otros estudios de peces en sistemas arrecifales del Pacífico Mexicano.

La prueba  $t$  de Hutchenson (1970) para comparar diversidades en dos muestras utilizando el índice de Shannon, permitió conocer si existen diferencias significativas entre las diversidades de los ambientes propuestos (coral, roca y arena).

Para ello se utilizó el programa estadístico PAST 1.06, el cual se basa en la siguiente expresión:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{[\text{var}(H'_1) + \text{var}(H'_2)]^{1/2}}$$

La varianza de H' puede ser aproximada por la siguiente expresión:

$$S_{H'}^2 = \frac{\sum p_i \log^2 p_i - (\sum p_i \log p_i)^2 / N_i}{N_i^2}$$

Los grados de libertad asociados con el procedimiento t se define por la siguiente ecuación:

$$df = \frac{[\text{var}(H'_1) + \text{var}(H'_2)]^2}{\left[ \frac{\text{var}(H'_1)^2}{N_1} + \frac{(\text{var } H'_2)^2}{N_2} \right]}$$

donde  $N_1$  es el número de individuos de la primera muestra, y  $N_2$  es el número de individuos de la segunda muestra ( $N_i = \sum n_i$ ). Se realizó la corrección propuesta por Bonferroni dividiendo el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ) entre el número de pruebas individuales ( $k = 3$ ); obteniendo  $\alpha' = 0.01$  de significancia (Legendre y Legendre, 1998).

Índice de Brillouin (HB) de acuerdo con la siguiente expresión (Magurran, 1988):

$$HB = \log_2 N! - \frac{\sum \log_2 n_i!}{N}$$

donde: N = número total de individuos colectados, ! = factorial y  $n_i$  = número de individuos de la especie i.

Índice de equidad (J') de Pielou (1975, 1977), con:

$$J' = \frac{H'}{\log(S)} = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde H' corresponde a la diversidad obtenida en el muestreo y H'max es el valor máximo de diversidad que puede obtenerse cuando todas las especies en las muestras tienen la misma abundancia.

### **Similitud de la Comunidad y Clasificación**

Para analizar la similitud entre ambientes ( $\beta$  - diversidad) considerando solamente la presencia y ausencia de las especies se utilizó el coeficiente de Jaccard, de acuerdo a la siguiente expresión (Magurran, 1988):

$$C_j = \frac{j}{a + b - j}$$

donde  $a$  y  $b$  son el número de especies en las comunidades A y B, y  $j$  es el número de especies comunes entre ambas comunidades.

Se realizó un análisis de los patrones de distribución y de afinidad de los grupos bióticos estudiados, para lo cual se aplicó el análisis de clasificación por conglomerados a través del método de Ward (1963) considerando la abundancia de las especies (Pielou, 1984; Ludwig y Reynolds, 1988; Gauch, 1989), y utilizando el paquete estadístico "STATISTICA" para Windows 98. El método propuesto por Ward (1963), también conocido como mínima varianza, toma un enfoque muy particular para clasificar conglomerados. En lugar de medir la distancia entre los grupos, el método se enfoca en determinar cuanta variación existe dentro de cada grupo. De esta manera los grupos tienden a ser tan distintos como sea posible, ya que el criterio para el agrupamiento es tener la menor cantidad de variación. Cuando se ejecuta la clasificación por mínima varianza, primero se calcula la dispersión (o variación) dentro del grupo en cada arreglo. Esto se realiza para encontrar el centroide de cada arreglo, y la varianza dentro del grupo se calcula considerando la suma cuadrada de las distancias entre el centroide y cada punto. Después en cada par de grupo, se determina el centroide para todos los puntos de ambos arreglos y se calcula la varianza entre el grupo combinado. Esto se realiza para cada par de grupos y el par que tuvo la menor varianza es elegido para ser combinado, creando con ello conglomerados de tamaño pequeño.

También se realizó un análisis de clasificación a través del método del centroide considerando la presencia–ausencia de las especies por medio del índice de Jaccard, para lo cual se utilizó el programa estadístico MVSP 3.1

### **Análisis Estadístico**

Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA, modelo I) para determinar la existencia de diferencias significativas entre las abundancias de los diferentes meses de estudio, para lo cual se utilizó el paquete estadístico STATA 7.0.

Se llevó a cabo una exploración de los datos y cuando no cumplieron con los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett's) se determinó la transformación más adecuada de acuerdo con lo propuesto por Salgado-Ugarte (1992) y Waite (2000).

Se realizó una prueba no paramétrica de bondad de ajuste para datos discretos de Kolmogorov–Smirnov (K–S) con el objeto de comparar las distribuciones estadísticas de los diferentes ambientes en cada uno de los meses analizados. Los datos se estandarizaron para evitar sesgos dividiendo la abundancia de cada especie entre el número total de individuos de cada muestra (Zar, 1984).

## RESULTADOS

### Caracterización de la comunidad

#### Composición taxonómica

Se identificaron un total de 9,249 individuos correspondientes a un total de 65 especies, 48 géneros y 28 familias, que se muestran en la siguiente lista sistemática ordenada de acuerdo a Nelson (1994).

#### LISTA SISTEMÁTICA DE PECES EN LA BAHÍA LA ENTREGA

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata

Superclase Gnatostomata

Clase Actinopterygii

Subclase Neopterygii

Division Teleostei

Subdivisión Elopomorpha

Orden Anguiliformes

Familia Muraenidae

Género *Gymnomuraena*

***Gymnomuraena zebra* (Shaw, 1797)**

Género *Muraena*

***Muraena lentiginosa* Jenyns, 1842**



Orden Beloniformes

Familia Hemirhamphidae

Género *Hemirhamphus*

***Hemirhamphus saltator* Gilbert y Starks, 1904**

Orden Beryciformes

Familia Holocentridae

Género *Myripristis*

***Myripristis leiognathus* Valenciennes, 1846**

Género *Sargocentron*

***Sargocentron suborbitalis* (Gill, 1863)**

Orden Gasterosteiformes

Familia Fistulariidae

Género *Fistularia*

***Fistularia commersonii* Rüppell, 1838**

Orden Scorpaeniformes

Familia Scorpaenidae

Género *Scorpaena*

***Scorpaena plumieri* Jordan y Starks, 1895**

Orden Perciformes

Familia Serranidae

Género *Epinephelus*

***Epinephelus labriformis* (Jenyns, 1843)**

***Cephalopholis panamensis* (Steindachner, 1877)**

Género *Serranus*

***Serranus psittacinus* Valenciennes, 1846**

Familia Apogonidae

Género *Apogon*

***Apogon pacificus* (Herre, 1935)**

Familia Carangidae

Género *Caranx*

***Caranx caninus* Günther, 1867**

Género *Selar*

***Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793)**

Género *Seriola*

***Seriola rivoliana* Cuvier, 1833**

Género *Trachinotus*

***Trachinotus rhodopus* Gill, 1863**

Familia Lutjanidae

Género *Lutjanus*

***Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869)**

Familia Gerreidae

Género *Eucinostomus*

***Eucinostomus currani* Zahuranec In: Yáñez-Arancibia, 1978**

Género *Gerres*

***Gerres cinereus* (Walbaum, 1792)**

Familia Haemulidae

Género *Haemulon*

***Haemulon maculicauda* (Gill, 1862)**

***Haemulon sexfasciatum* Gill, 1862**

***Haemulon steindachneri* (Jordan y Gilbert, 1882)**

Familia Sciaenidae

Género *Pareques*

***Pareques viola* (Gilbert, 1898)**

Familia Mullidae

Género *Mulloidichthys*

***Mulloidichthys dentatus* (Gill, 1862)**

Familia Kyphosidae

Género *Kyphosus*

***Kyphosus analogus* (Gill, 1862)**

***Kyphosus elegans* (Peters, 1869)**

Familia Chaetodontidae

Género *Chaetodon*

***Chaetodon humeralis* Günther, 1860**

Género *Johnrandallia*

***Johnrandallia nigrirostris* (Gill, 1862)**

Familia Pomacanthidae

Género *Holacanthus*

***Holacanthus passer* Valenciennes, 1846**

Familia Pomacentridae

Género *Abudefduf*

***Abudefduf concolor* (Gill, 1862)**

***Abudefduf troschelii* (Gill, 1862)**

Género *Chromis*

***Chromis atrilobata* Gill, 1862**

Género *Microspathodon*

***Microspathodon dorsalis* (Gill, 1862)**

***Microspathodon bairdii* (Gill, 1862)**

Género *Stegastes*

***Stegastes acapulcoensis* (Fowler, 1944)**

***Stegastes flavilatus* (Gill, 1862)**

***Stegastes rectifraenum* (Gill, 1862)**

Familia Cirrhitidae

Género *Cirrhitus*

***Cirrhitus rivulatus* Valenciennes, 1846**

Familia Mugilidae

Género *Mugil*

***Mugil curema* Valenciennes, 1836**

Familia Labridae

Género *Bodianus*

***Bodianus diplotaenia* (Gill, 1862)**

Género *Halichoeres*

***Halichoeres chierchiae* Di Caporiacco, 1947**

***Halichoeres dispilus* (Günther, 1864)**

***Halichoeres nicholsi* (Jordan y Gilbert, 1882)**

***Halichoeres notospilus* (Günther, 1864)**

Género *Iniistius*

***Iniistius pavo* (Valenciennes, 1840)**

Género *Novaculichthys*

***Novaculichthys taeniourus* (Lacepède, 1801)**

Género *Thalassoma*

***Thalassoma grammaticum* Gilbert, 1890**

***Thalassoma lucasanum* (Gill, 1862)**

Familia Scaridae

Género *Scarus*

***Scarus compressus* (Osburn y Nichols, 1916)**

***Scarus ghobban* Forsskål, 1775**

Familia Blenniidae

Género *Ophioblennius*

***Ophioblennius steindachneri* Jordan y Evermann, 1898**

Familia Acanthuridae

Género *Acanthurus*

***Acanthurus xanthopterus* Valenciennes, 1835**

Género *Ctenochaetus*

***Ctenochaetus marginatus* (Valenciennes, 1836)**

Género *Prionurus*

***Prionurus punctatus* Gill, 1862**

***Prionurus laticlavus* (Valenciennes, 1846)**

Orden Tetraodontiformes

Familia Balistidae

Género *Balistes*

***Balistes polylepis* Steindachner, 1876**

Género *Sufflamen*

***Sufflamen verres* (Gilbert y Starks, 1904)**

Familia Monacanthidae

Género *Aluterus*

***Aluterus scriptus* (Osbeck, 1765)**

Familia Ostraciidae

Género *Ostracion*

***Ostracion meleagris* Shaw, 1796**

Familia Tetraodontidae

Género *Arothron*

***Arothron meleagris* (Bloch & Schneider, 1801)**

***Arothron hispidus* (Linnaeus, 1758)**

Género *Canthigaster*

***Canthigaster punctatissima* (Günther, 1870)**

Género *Sphoeroides*

***Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842)**

***Sphoeroides lobatus* (Steindachner, 1870)**

Familia Diodontidae

Género *Diodon*

***Diodon holocanthus* Linnaeus, 1758**

***Diodon hystrix* Linnaeus, 1758**

## Descripción general de los ambientes

### Transecto 1

Ubicado a los 15°44.650" N y 96°07.722" W en el extremo norte de la bahía dentro del arrecife coralino. Durante los meses de junio y agosto se observaron cambios en el estado del arrecife como fue el blanqueamiento evidente del coral y la presencia de algas sobre el sustrato coralino. Es un área que se caracteriza por presentar un movimiento constante de la masa de agua ya que se ubica muy cercana a la zona de rompientes, lo cual beneficia el acarreo de material de origen terrígeno hacia el arrecife coralino (Figs. 4A y 4B). Presenta una gran cantidad de grietas y microhabitats que permiten el establecimiento de un gran número de peces y erizos. En esta área se observaron cardúmenes de *Thalassoma lucasanum*, especies territoriales como *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, juveniles de *Abudefduf troschelii* y especies crípticas como *Myripristis leiognathus* y *Sargocentron suborbitalis* (Tabla 1).

### Transecto 2

Se ubicó en la parte central del arrecife en los 15°44.663" N y 96°07.697" W. El arrecife no presentó buenas condiciones de visibilidad durante la mayoría de los meses de análisis, debido a una gran cantidad de partículas suspendidas y una profundidad de aproximadamente 4.5 m. La temperatura del agua no presentó variaciones amplias a través de año, y el oxígeno disuelto presentó valores

mínimos durante los meses analizados ( $\bar{x} = 3.6$  mg/l). Es importante señalar que se observó una evidente mortandad del coral, alrededor de un 90%, aunado a la gran cantidad de algas creciendo sobre el arrecife. Durante los meses de mayo a junio se observó un gran incremento de las poblaciones de erizos cubriendo aproximadamente el 70% del transecto analizado (Figs. 4C y 4D), no así para agosto donde las poblaciones de erizos se observaron en menor cantidad y a mayor profundidad. Fue común encontrar especies dominantes como *Thalassoma lucasanum* y *Stegastes acapulcoensis*, así como pequeños cardúmenes ocasionales de *Prionurus punctatus* y *Chromis atrilobata* (Tabla 1).



Figura 4. Fotografía submarina de los transectos 1 (A y B) y 2 (C y D) ubicados en el arrecife coralino. *Thalassoma lucasanum* (A); *Microspathodon dorsalis* (juveniles) (B) y *Diadema mexicanum* (C y D).



**Tabla 1. Abundancia relativa porcentual de las especies en los transectos analizados durante el periodo de noviembre-02 y agosto-03.**

<b>Especies</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<i>Gymnomuraena zebra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Muraena lentiginosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2
<i>Hemirhamphus saltator</i>	5.6	5.1	2.4	0.0	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	1.7
<i>Myripristis leiognathus</i>	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Fistularia comersonii</i>	0.4	0.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.1
<i>Scorpaena plumieri</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
<i>Epinephelus labriformis</i>	0.5	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0
<i>Serranus psittacinus</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Apogon pacificus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0
<i>Caranx caninus</i>	1.1	0.0	1.8	4.8	0.0	0.0	0.2	0.0	13.5	0.2
<i>Selar crumenophthalmus</i>	0.0	0.0	10.4	1.7	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.4
<i>Seriola rivoliana</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Trachinotus rhodopus</i>	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0
<i>Lutjanus argentiventris</i>	0.5	0.3	0.2	0.3	0.7	0.6	0.7	0.7	1.0	0.1
<i>Eucinostomus currani</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.2
<i>Gerres cinereus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
<i>Haemulon maculicauda</i>	0.0	0.8	13.9	2.2	0.0	3.6	0.0	1.7	26.6	2.7
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	0.1	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.4	0.1	0.5	1.3
<i>Haemulon steindachneri</i>	0.0	0.0	4.0	0.0	2.6	0.0	0.0	3.1	25.8	2.7
<i>Pareques viola</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	2.4	2.3
<i>Kyphosus analogus</i>	0.0	0.3	0.1	0.1	3.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
<i>Kyphosus elegans</i>	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Chaetodon humeralis</i>	0.0	0.5	2.2	1.0	13.4	1.0	0.4	1.0	1.7	0.5
<i>Jhonrandallia nigrirostris</i>	1.7	0.1	0.2	0.2	0.1	0.5	0.5	0.1	0.0	0.0
<i>Holacanthus passer</i>	0.0	0.7	0.9	0.7	0.8	1.0	0.5	0.0	0.2	0.1
<i>Abudefduf concolor</i>	0.2	0.0	0.1	0.0	0.5	0.2	0.5	0.1	0.3	4.4
<i>Abudefduf troschelii</i>	11.3	0.0	0.1	0.0	0.2	4.0	6.8	4.2	5.1	4.1
<i>Chromis atrilobata</i>	0.6	7.0	6.2	22.3	0.0	4.9	16.4	40.5	0.0	0.0
<i>Microspathodon bairdii</i>	0.4	0.3	0.8	0.5	0.4	0.8	0.7	0.6	0.0	0.2

**Tabla 1 (Cont.)...**

<b>Especies</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<i>Microspathodon dorsalis</i>	5.6	1.6	1.0	0.8	1.0	8.6	11.7	6.0	0.0	0.2
<i>Stegastes acapulcoensis</i>	27.9	23.8	10.2	13.6	15.9	28.2	38.3	17.6	1.3	1.8
<i>Stegastes flavilatus</i>	1.0	0.3	0.5	0.1	0.0	0.0	3.7	1.7	0.0	0.5
<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.2	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.7	0.8	0.0	0.4
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.5	0.3	0.0	0.0
<i>Mugil curema</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	5.7	4.1
<i>Bodianus diplotaenia</i>	1.0	0.5	1.2	1.4	0.9	1.9	0.7	1.1	0.3	0.2
<i>Halichoeres chierchiae</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	1.8	1.5	0.0
<i>Halichoeres dispilus</i>	0.0	4.7	0.1	0.0	0.0	5.3	0.7	0.8	4.0	0.2
<i>Halichoeres nicholsi</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.5	0.7	0.0	0.3
<i>Halichoeres notospilus</i>	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1	1.8	3.6	4.1	0.0	1.0
<i>Iniistius pavo</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0
<i>Novaculichthys taeniourus</i>	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.1	0.0	0.1
<i>Thalassoma grammaticum</i>	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Thalassoma lucasanum</i>	32.2	32.5	14.6	46.7	18.8	31.2	8.0	0.0	0.2	0.0
<i>Scarus compressus</i>	0.0	0.3	3.5	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4
<i>Scarus ghobban</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.7	0.0	0.0
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0.0	0.0	1.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	1.3
<i>Ctenochaetus marginatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Prionurus punctatus</i>	0.1	19.4	20.4	1.2	8.4	1.3	0.2	0.1	0.3	0.6
<i>Prionurus laticlavus</i>	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Balistes polylepis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.3
<i>Sufflamen verres</i>	0.4	0.7	0.3	0.4	0.3	0.6	0.2	0.0	0.7	0.2
<i>Aluterus scriptus</i>	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Ostracion meleagris</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Arothron meleagris</i>	0.7	0.3	0.1	0.2	0.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0
<i>Arothron hispidus</i>	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sphoeroides annulatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
<i>Sphoeroides lobatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
<i>Diodon holocanthus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0
<i>Diodon hystrix</i>	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0

### Transecto 3

Se ubicó al lado suroeste del bloque arrecifal a los 15°44.663" N y 96°07.690" W. La profundidad es de aproximadamente 1.5 m en la zona arrecifal con cavidades que van desde 2.5 m a 3.5 m de profundidad. El coral presentó un daño considerable durante todo el transecto siendo evidente la presencia de algas y un blanqueamiento coralino constante. Esta zona se caracteriza por terminar sobre sustrato arenoso, debido a su cercanía con este ambiente (transecto 9), además de presentar una gran variedad de canales que albergan una gran cantidad de peces e invertebrados (Figs. 5A y 5B). Es una zona de transición entre dos ambientes, es por ello que resulta común encontrar especies tanto pelágicas costeras (*Selar crumenophthalmus*), de fondos arenosos (*Haemulon maculicauda*, *H. steindachneri*) y de arrecifes coralinos (*Stegastes acapulcoensis*, *Thalassoma lucasanum*, *Prionurus punctatus* y *Scarus compressus*).

### Transecto 4

Se ubica a los 15°44.609" N y 96°07.695" W al suroeste del bloque arrecifal. El arrecife mostró una visibilidad baja, pero permitió la realización de los censos visuales durante todo el año. El coral presentó un daño considerable, de aproximadamente el 90%, con condiciones muy similares al transecto 2, pero con una profundidad de 5.5 m. Existe una gran cantidad de algas sobre el sustrato arrecifal y se observó blanqueamiento coralino a lo largo todo el transecto. Esta zona se caracteriza por presentar cavidades que albergan peces e invertebrados.

Este sitio se encuentra muy cercano al área de influencia de tránsito marítimo-recreativo, es por ello que resulta una zona de poca visibilidad debido a gran cantidad de partículas suspendidas (Figs. 5C y 5D). Es posible observar especies abundantes como *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata* y *Stegastes acapulcoensis* (Tabla 1).

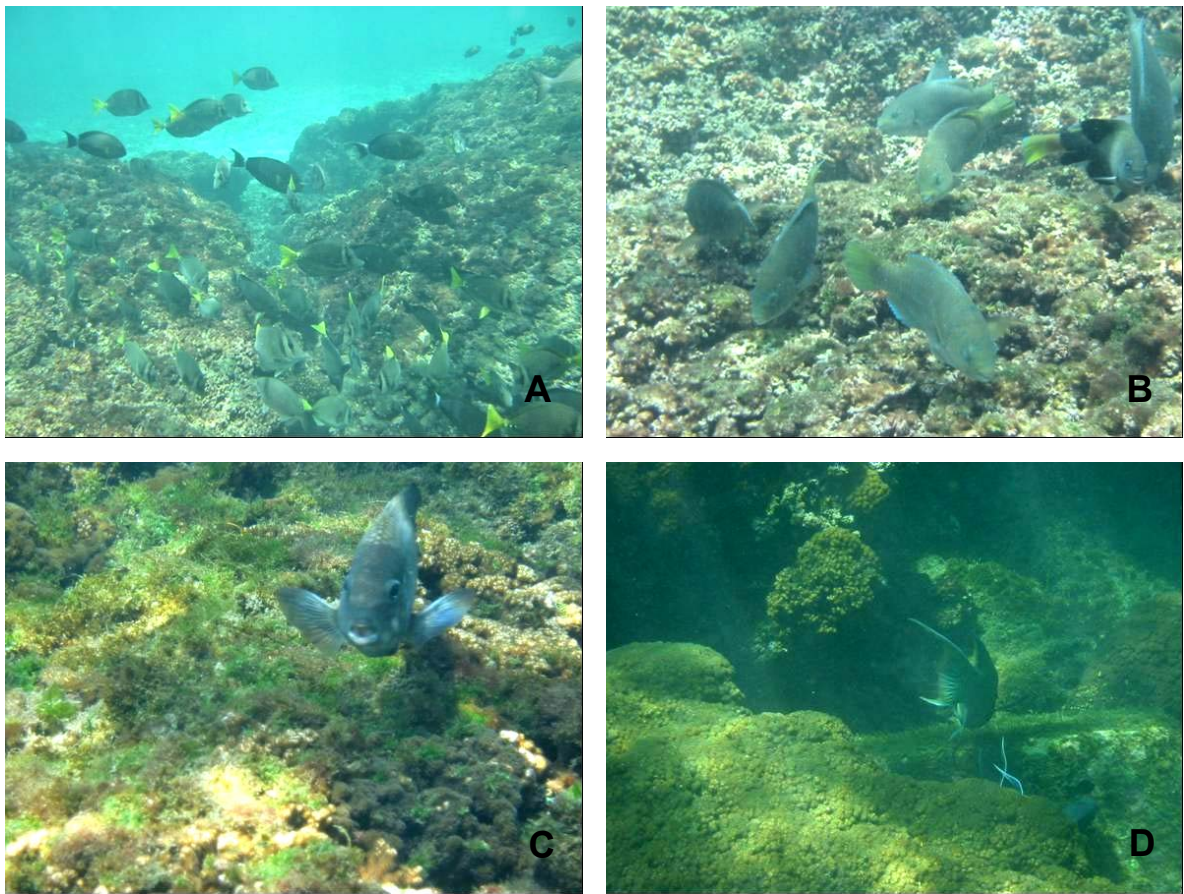


Figura 5. Imagen submarina de los transectos 3 (A y B) y 4 (C y D) ubicados en el arrecife coralino. *Prionurus punctatus* y *Acanthurus xanthopterus* (A); *Scarus ghobban* (juveniles) y *Stegastes acapulcoensis* (B); *Stegastes acapulcoensis* (C) y *Bodianus diplotaenia* (fase adulta) (D).

### Transecto 5

Ubicado al sur del arrecife coralino en los 15°44.608" N y 96°07.665" W. La visibilidad fue adecuada a pesar de encontrarse entre los límites de la zona de tránsito marítimo-recreativo y el área permitida para actividades de buceo autónomo. La profundidad es de aproximadamente 2 m y se observó una gran cantidad de algas sobre el sustrato arrecifal, así como un incremento en los procesos de blanqueamiento coralino durante los meses analizados (Figs. 6A y 6B). Esta zona se caracteriza por presentar pequeñas cavidades que albergan algunos peces de la familia Muraenidae (*Gymnomuraena zebra*) y una gran cantidad de invertebrados. En esta área es común encontrar cardúmenes de especies como *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Kyphosus analogus* y *Chaetodon humeralis*, esta última únicamente se había observado en grupos de hasta diez individuos (Tabla 1). Sin embargo esta zona alberga una mayor cantidad de estos organismos a diferencia de los otros transectos, principalmente durante los meses de abril y junio.

### Transecto 6

Se localizó al norte de la bahía, en el ambiente rocoso a los 15°44.635" N y 96°07.716" W muy cercana al arrecife coralino. Presentó una alta heterogeneidad con pequeños manchones de corales y una gran cantidad de algas creciendo sobre las rocas. Tiene una profundidad alrededor de los 4 m pero esta cambia conforme se acerca a las rocas de la orilla disminuyendo hasta 50 cm. Este



ambiente se caracteriza por presentar cavidades rocosas que albergan gran cantidad de peces e invertebrados (Figs. 6C y 6D). Es común encontrar especies territoriales como *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*; especies abundantes como *Thalassoma lucasanum*, *Abudefduf troschelii* y *Chromis atrilobata* (Tabla 1), así como una gran cantidad de erizos entre las grietas del fondo rocoso.

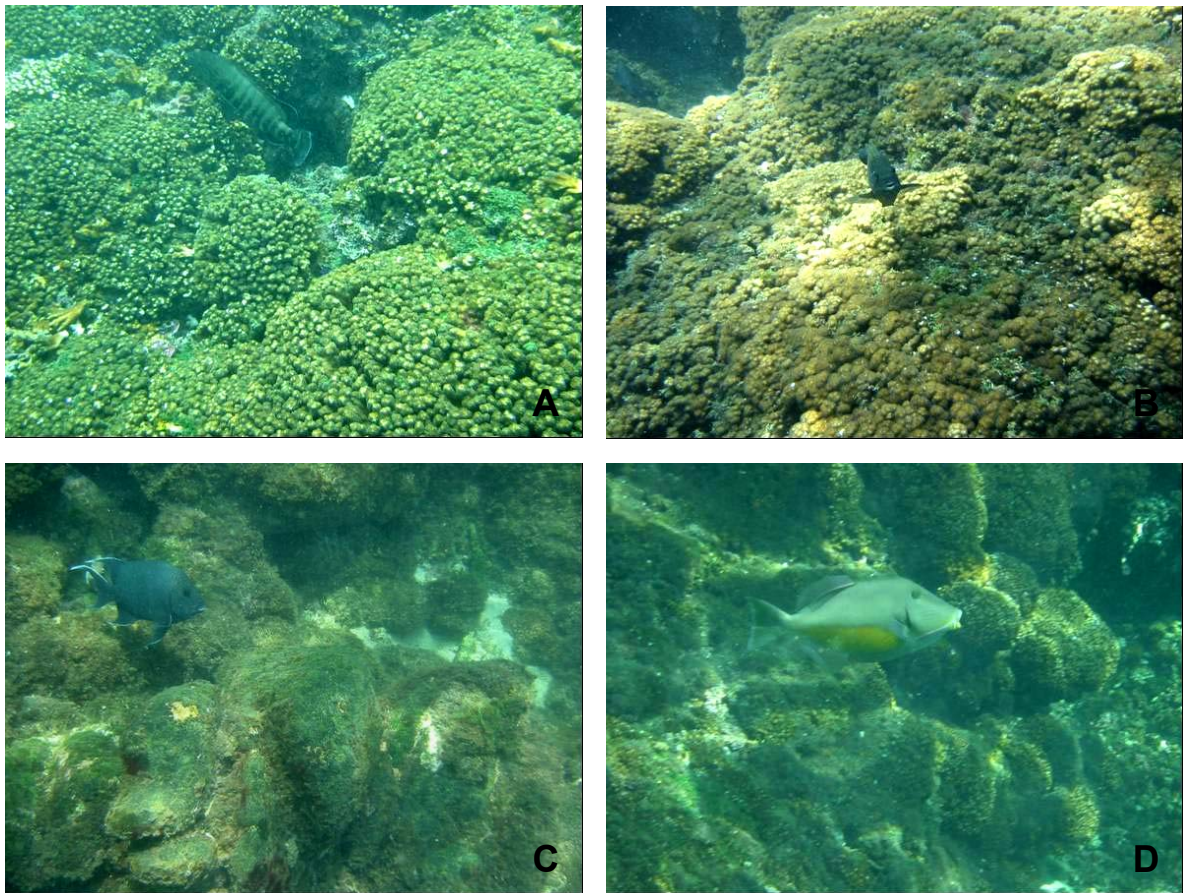


Figura 6. Fotografía de los transectos 5 (A y B) y 6 (C y D) ubicados en el arrecife coralino y rocoso respectivamente. (A) *Cephalopholis panamensis*; (B) *Stegastes acapulcoensis* (C) *Microspathodon dorsalis* (adulto en fase inicial) y (D) *Sufflamen verres*

### Transectos 7 y 8

Se localizan entre los 15°44.633" N, 96°07.547" W y los 15°44.605" N, 96°07.579" W al sureste de la bahía en el ambiente rocoso. Las condiciones ambientales fueron muy similares en ambos transectos debido a que se ubicaron en una zona donde predominan rocas y acantilados. La profundidad se aproxima a los 6 m pero esta disminuye conforme se acerca a la orilla. El oxígeno disuelto presenta valores máximos durante todos los meses analizados ( $\bar{x} = 4.56$  mg/l). Al igual que en el transecto anterior es posible observar una gran cantidad de algas y pequeños manchones de coral incuistradas sobre el sustrato rocoso. Sin embargo, en muchas partes se observa sustrato arenoso lo cual permite observar en muchas ocasiones especies como *Scorpaena plumieri* (Figs. 7A y 7B). Esta zona se caracteriza por mostrar a especies dominantes como *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis* y *Abudefduf troschelii*, así como cardúmenes de *Chromis atrilobata* y *Apogon pacificus*; esta última se encontró entre las grietas del fondo y asociada a una gran cantidad de erizos (Tabla 1).

### Transecto 9

Se localiza en los 15°44.573" N y 96°07.689" W al suroeste de la bahía en el ambiente arenoso. Las condiciones fueron adecuadas para el desarrollo de censos visuales ya que fue posible identificar con mucha certeza las especies que se distribuyen a lo largo y ancho del transecto. Este ambiente se caracteriza por albergar una amplia gama de peces marinos visitantes cíclicos, tanto juveniles

como en fase adulta, ya sea en grandes cardúmenes o como individuos solitarios que utilizan esta zona como alimentación y resguardo (Fig. 7C). Es común encontrar especies residentes ocasionales como *Caranx caninus*; grandes cardúmenes de *Haemulon maculicauda* y *H. steindachneri*, así como pequeños cardúmenes de *Mugil curema* y *Eucinostomus currani*.

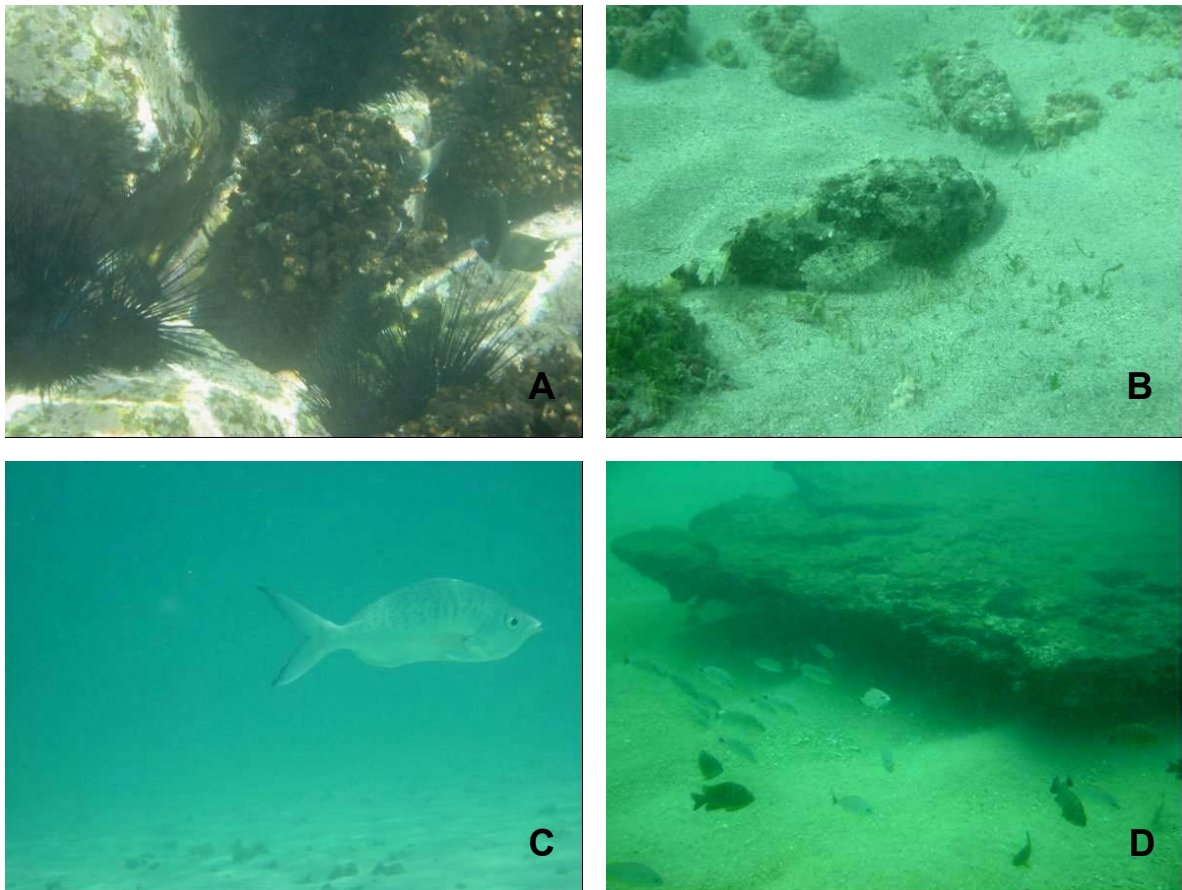


Figura 7. Imágenes de los transectos 7 (A), 8 (B), 9 (C) y 10 (D) ubicados en el ambiente rocoso y arenoso respectivamente. (A) Ambiente rocoso; (B) *Scorpaena plumieri*; (C) *Gerres cinereus* y (D) *Abudefduf concolor* y *Haemulon steindachneri*.



## Transecto 10

Se ubica al noroeste de la bahía, a los 15°44.603" N y 96°07.730" W en ambiente arenoso. Presentó condiciones muy similares al transecto anterior debido a su cercanía dentro del mismo ambiente. Sin embargo, presenta una extensión rocosa de aproximadamente 5 m de longitud, lo cual hace que la composición taxonómica sea diferente a los otros ambientes antes mencionados. Además, es un área que posee fragmentos de coral muerto, los cuales se depositaron por efecto de las corrientes y que permite que algunas especies se alimenten de las algas incrustadas sobre el coral (Fig. 7D). Fue común encontrar especies como *Selar crumenophthalmus* (cardúmenes muy grandes), *Mugil curema*, *Mulloidichthys dentatus* y *Haemulon sp.* sobre el fondo arenoso; en la extensión rocosa es posible observar cardúmenes pequeños de *Abudefduf troschelii*, *A. concolor* y *Acanthurus xanthopterus*, al igual que *Muraena lentiginosa* sobre los fragmentos de coral muerto (Tabla 1).

## **Distribución y abundancia espacio-temporal**

### Noviembre 2002

Se identificaron un total de 44 especies que aportaron 842 individuos. La densidad varió de 0.33 a 1.52 ind. m<sup>-2</sup>, con un promedio de 0.83 ind. m<sup>-2</sup>; la distribución de la densidad presentó el valor mas alto en el transecto 9 (ambiente arenoso), y el valor mas bajo en el transecto 6 (ambiente rocoso) (Fig. 8 ).

El índice de diversidad de Brillouin (HB), presentó el valor máximo en el transecto 10 (ambiente de arena), y el valor mínimo en el transecto 2 (Fig. 9). La equitatividad (J') fue alta en el transecto 10, y la más baja en el transecto 8 (Fig. 10). El valor máximo de la riqueza de especies (D) se presentó en el transecto 10, y el mínimo en el transecto 2 (Fig.11). El mayor número de especies (S) se presentó en el transecto 4 y 10, con un mínimo en el transecto 2 (Fig. 12).

A partir del análisis de clasificación de los transectos de muestreo considerando el índice de Jaccard, determinó que la bahía puede dividirse en tres secciones, una correspondiente a los transectos 1, 3, 7, y 8; otra a los transectos 2, 6, 4 y 5; y un tercer grupo dado por los transectos 9 y 10 (Figs. 13 y 14).

El análisis de cluster de los transectos de muestreo por densidad de las especies a través del método de Ward (1963), mostró dos grupos de mayor similitud; el primero constituido por los transectos 1, 2, 5, 6, 7, 8 y 10, dentro de este primer

grupo destacan los transectos 1, 5, 6 y 7 por su gran similitud. El segundo grupo fue más pequeño y estuvo constituido por los transectos 3, 4 y 9 (Figs. 15 y 16).

Considerando la presencia–ausencia de las especies a través del índice de Jaccard, se encontró que en los tres ambientes existe una alta disimilitud. El arrecife coralino y el ambiente rocoso presentaron un máximo de 14 especies comunes (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficiente de similitud de Jaccard (presencia–ausencia) en los diferentes ambientes analizados durante el mes de noviembre–2002.

Ambiente	Índice de Jaccard	Especies comunes
Arrecife – Roca	0.400	14
Arrecife – Arena	0.275	11
Roca – Arena	0.333	11

Siete especies presentaron una amplia distribución en el área de estudio (frecuencia de ocurrencia mayor al 50%): *Microspathodon dorsalis*, *Stegastes acapulcoensis*, *Chaetodon humeralis*, *Microspathodon bairdii*, *Prionurus punctatus*, *Bodianus diplotaenia* y *Sufflamen verres* (Fig. 17).

Diez especies presentaron una abundancia relativa porcentual superior al 2%, y su abundancia acumulada comprende el 80% de la abundancia total, entre las que sobresalieron en orden de abundancia: *Caranx caninus*, *Stegastes acapulcoensis*, *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata*, *Abudefduf troschelii*, *Microspathodon dorsalis*, *Haemulon maculicauda*, *Mugil curema*, *Chaetodon humeralis* y *Prionurus punctatus* (Fig. 18).

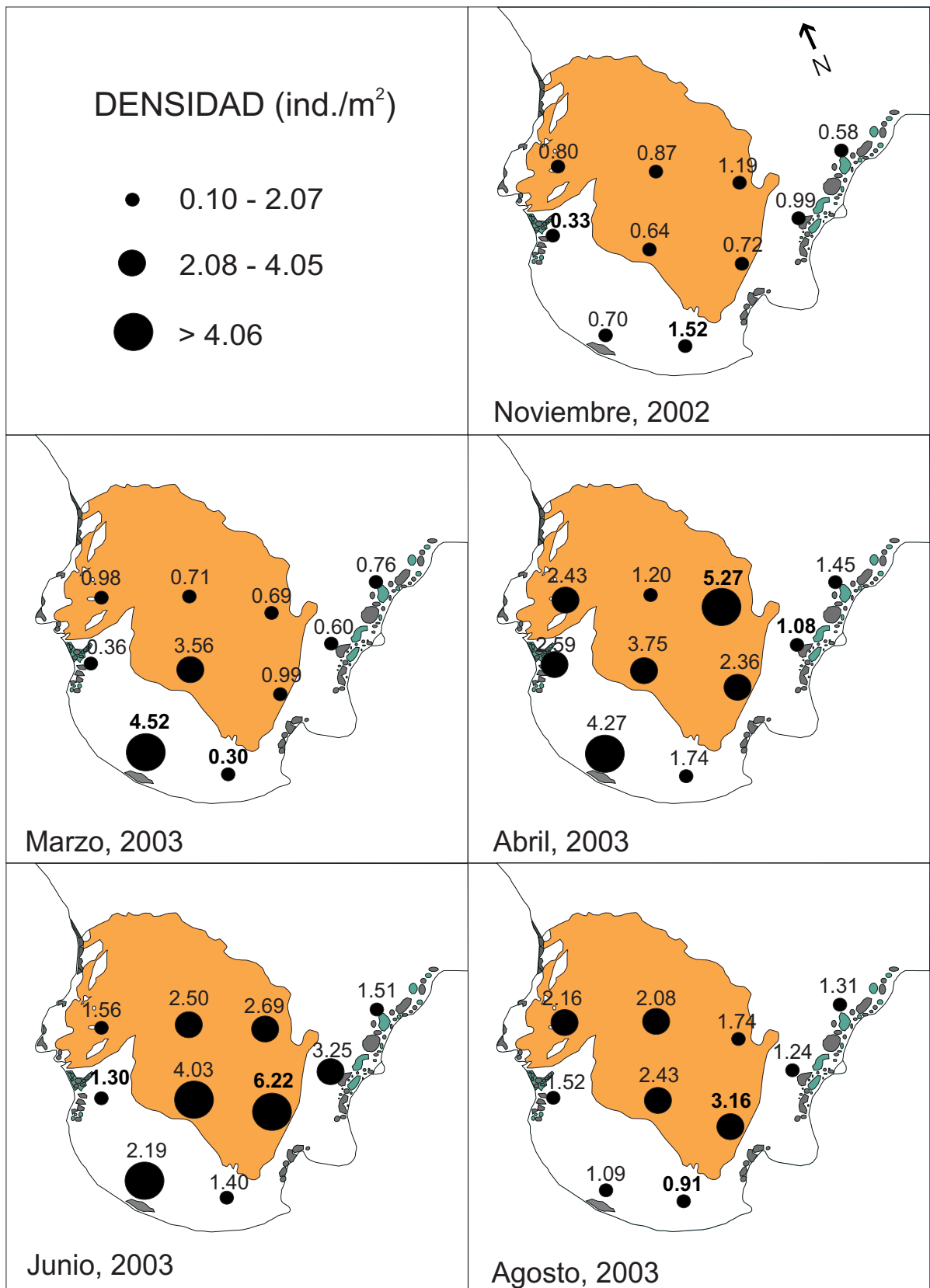


Figura 8. Distribución de la densidad (ind/m<sup>2</sup>) para cada mes de muestreo en la Bahía La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02-Agosto-03). Se indican los valores por intervalos de densidad mediante círculos y los valores puntuales sobre cada transecto

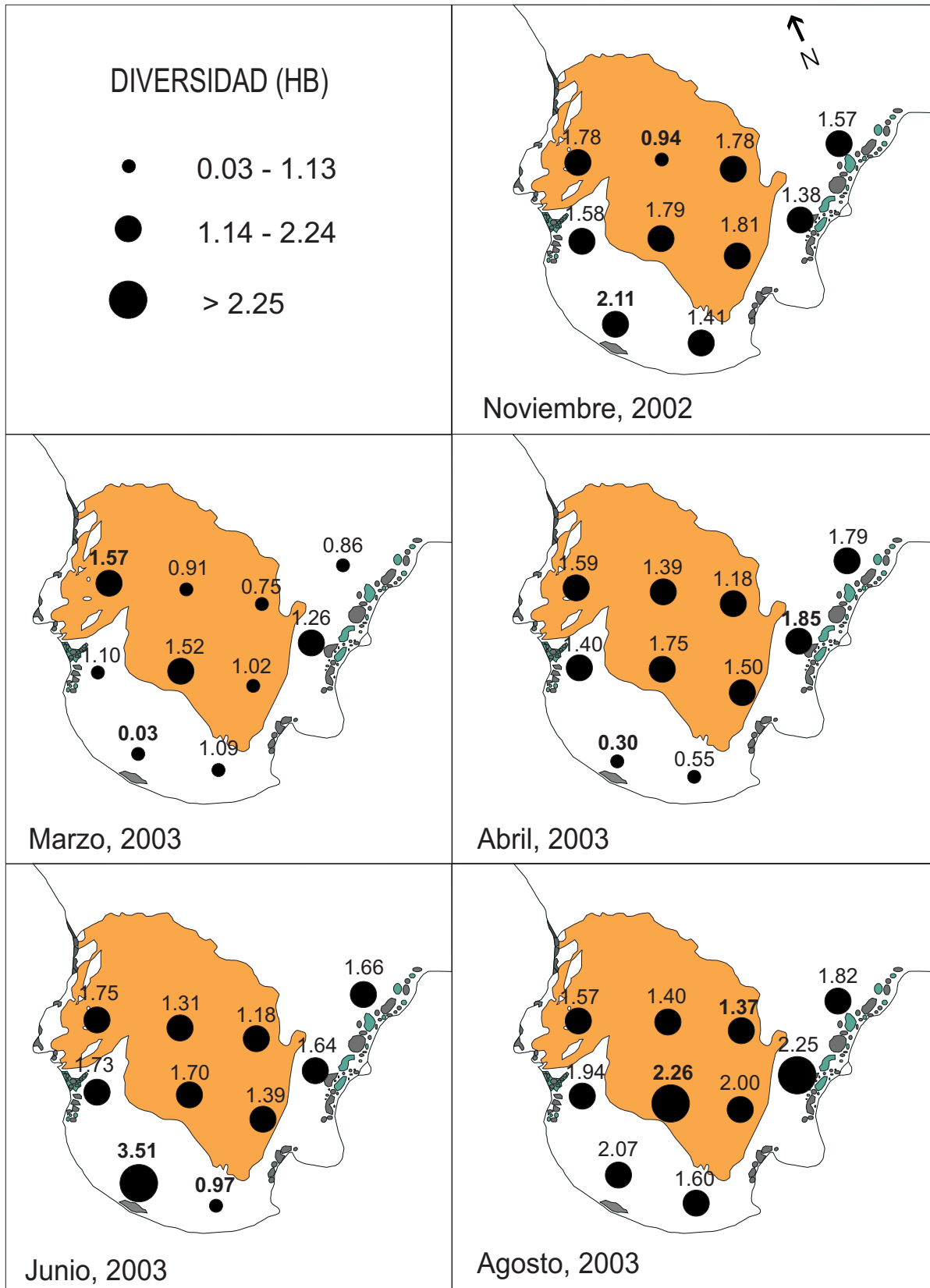


Figura 9. Distribución de la diversidad (HB) para cada mes de muestreo en la Bahía La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02 - Agosto-03). Se indican los valores por intervalos de diversidad mediante círculos y los valores puntuales sobre cada transecto

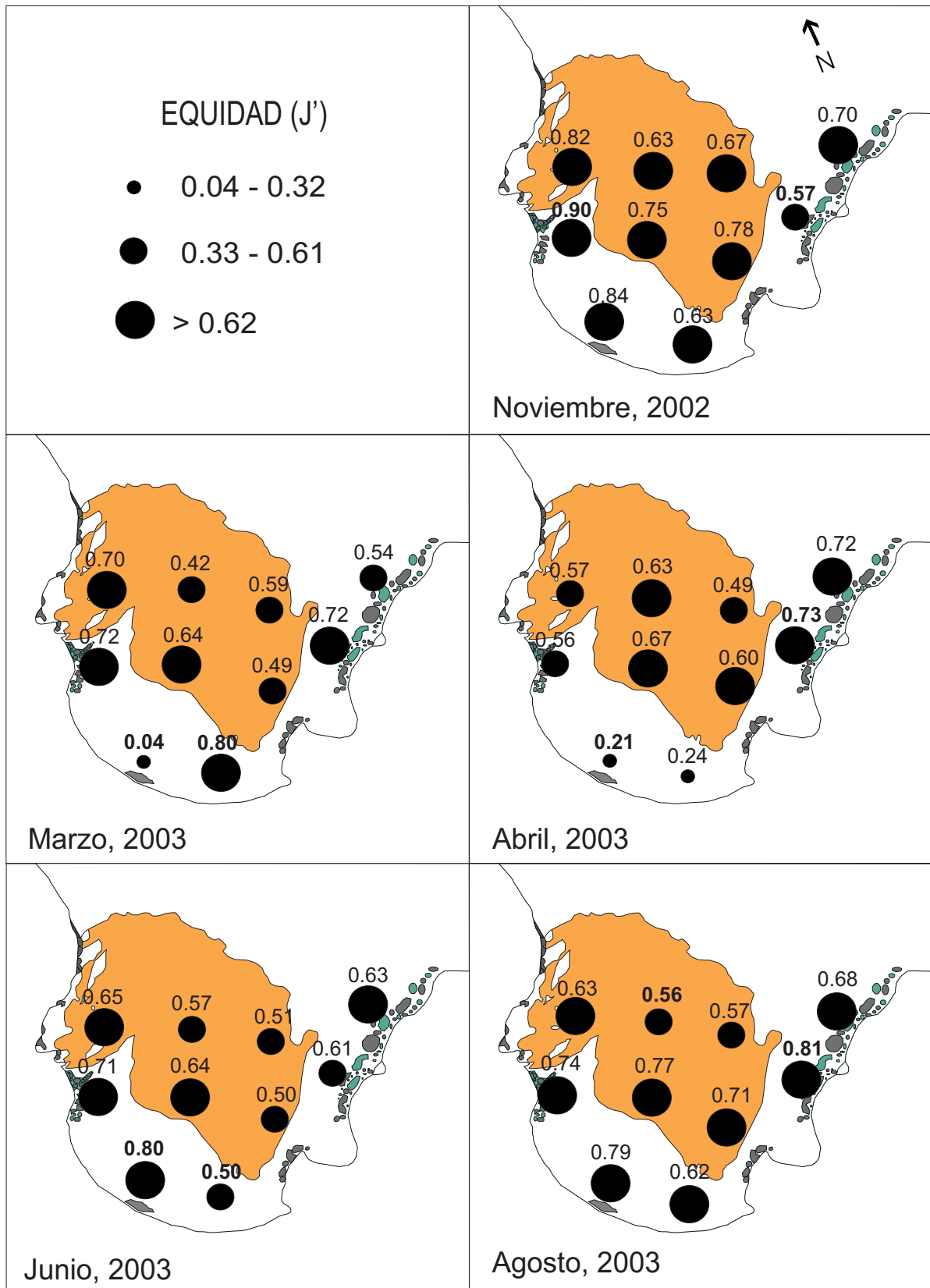


Figura 10. Distribución de la equidad ( $J'$ ) para cada mes de muestreo en la Bahía de La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02-Agosto-03). Se indican los valores por intervalos de equidad mediante círculos y los valores puntuales sobre cada transecto.

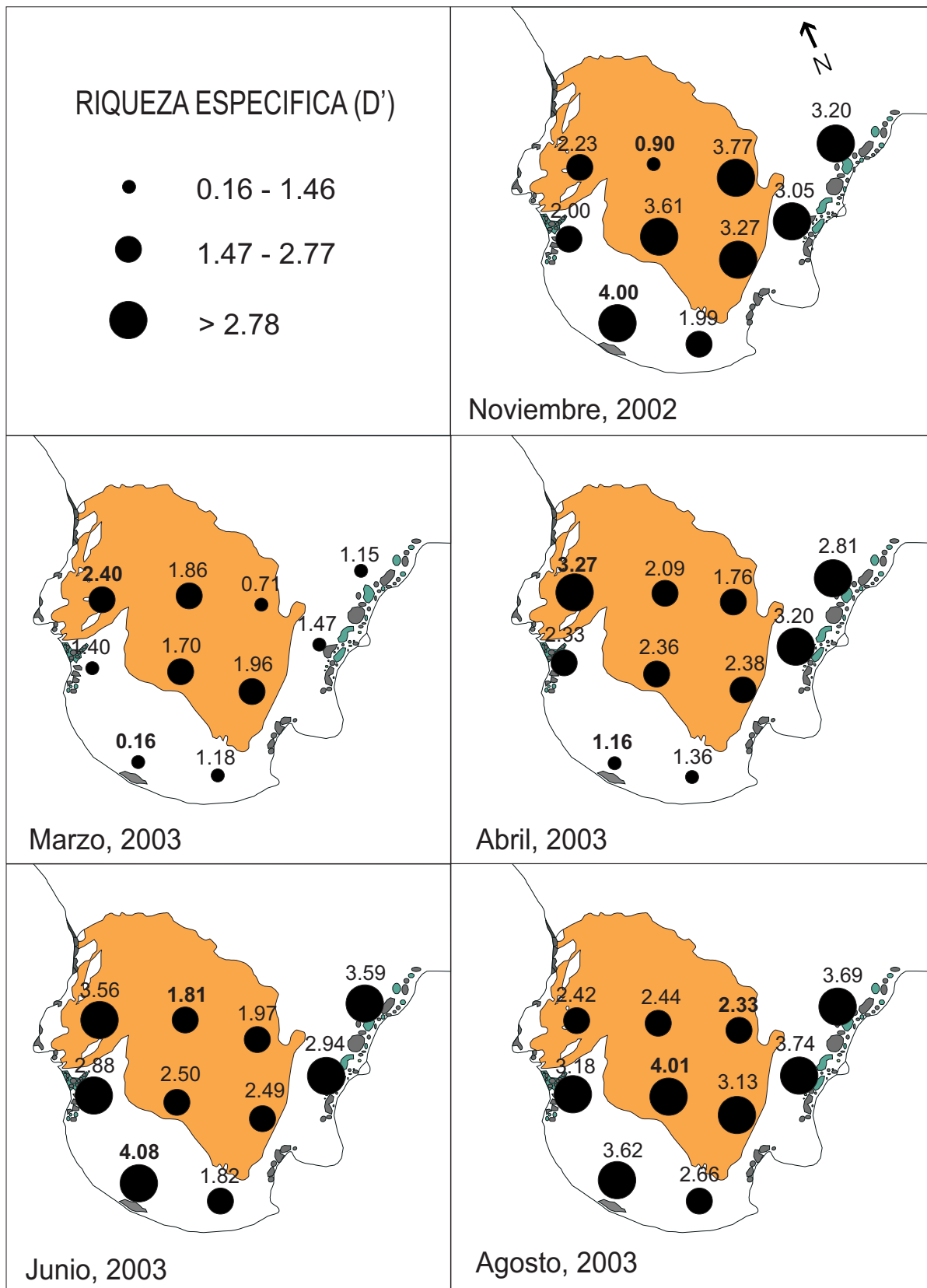


Figura 11. Distribución de la riqueza específica (D') para cada mes de muestreo en la Bahía La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02-Agosto-03). Se indican los valores por intervalos de riqueza mediante círculos y los valores puntuales sobre cada transecto.

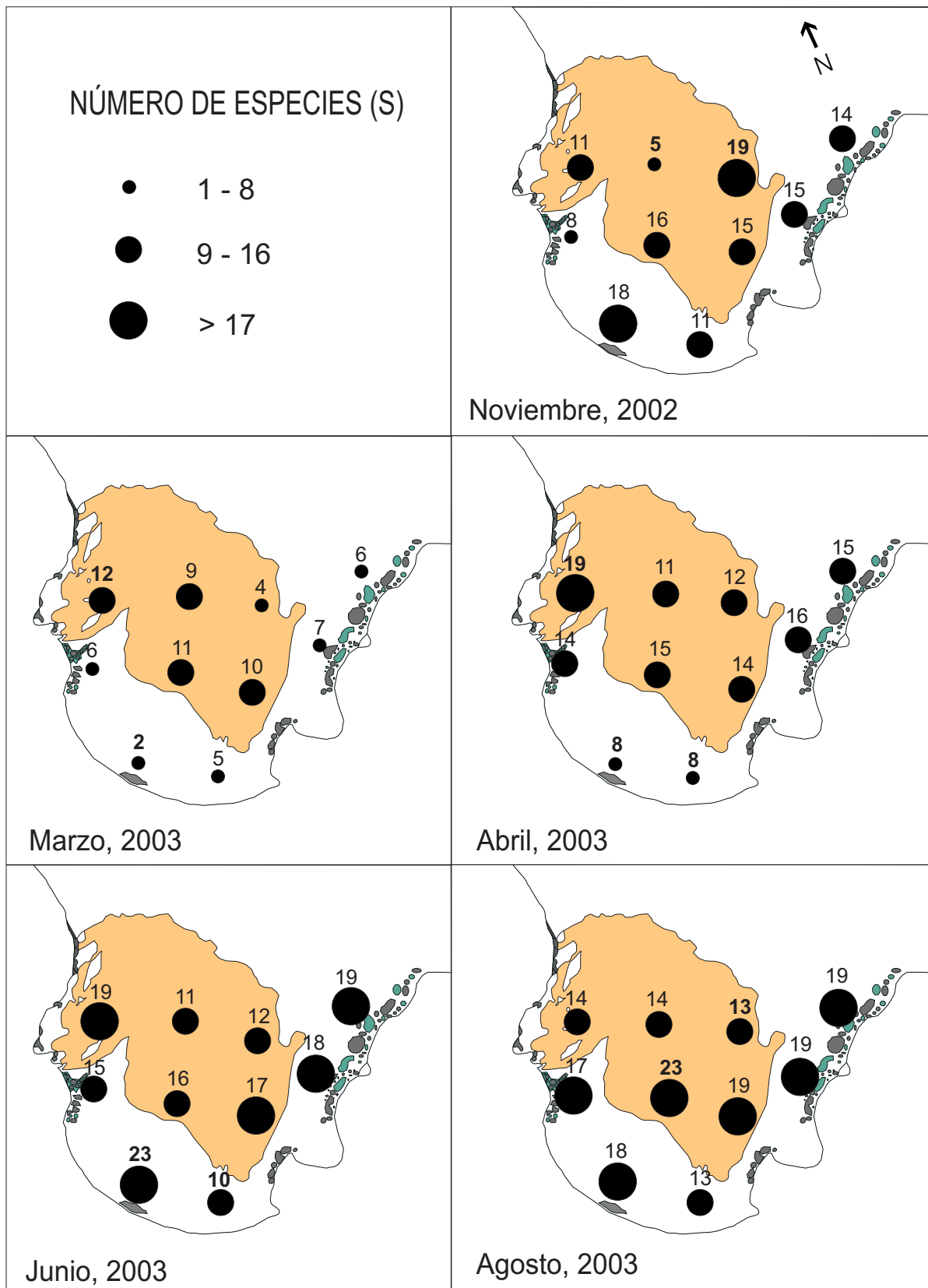


Figura 12. Distribución del número de especies (S) para cada mes de muestreo en la Bahía La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02-Agosto-03). Se indican los valores por intervalos de número de especies mediante círculos y los valores puntuales sobre cada transecto.



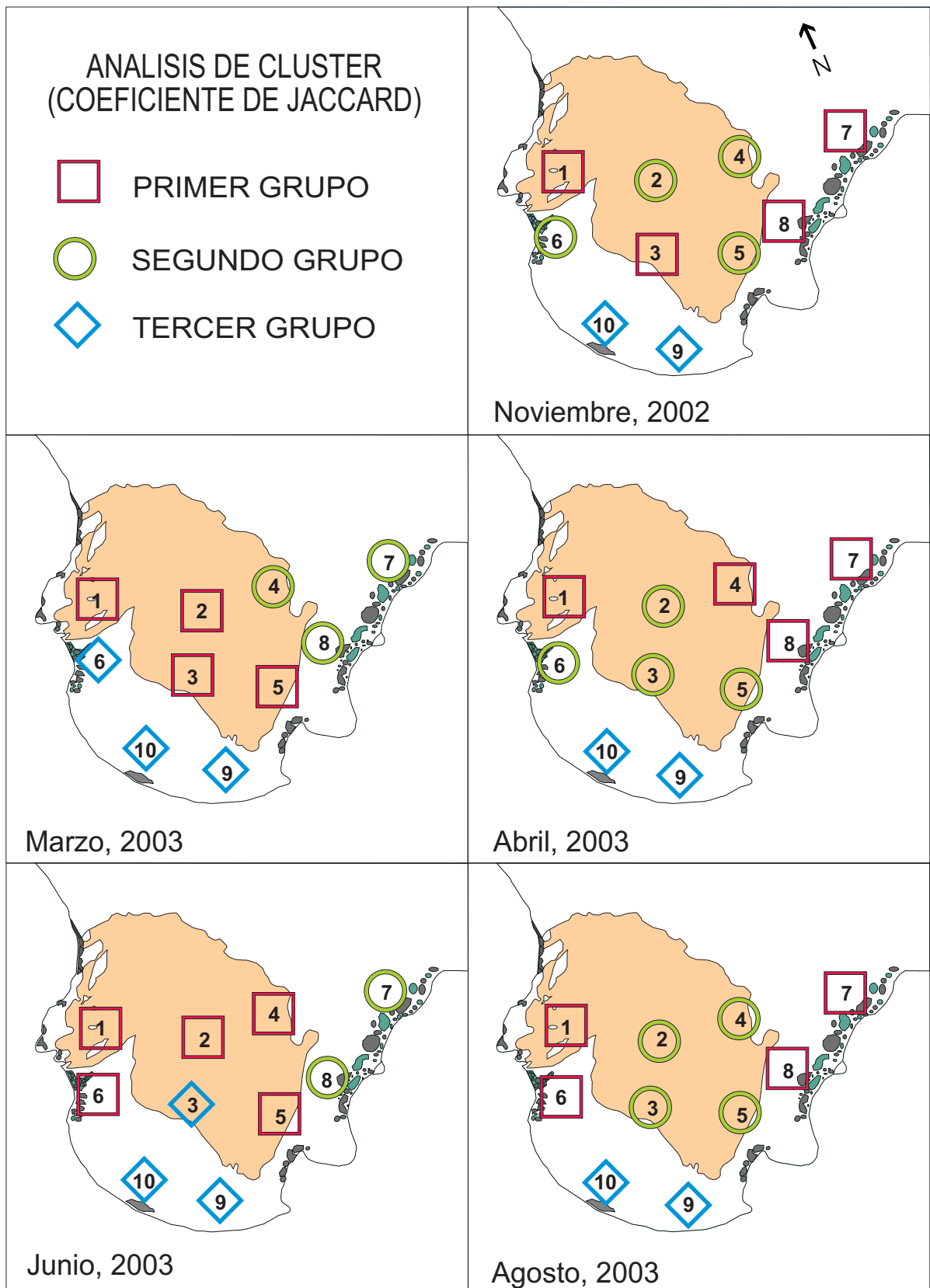


Figura 13. Agrupamiento de los transectos considerando la presencia - ausencia de las especies (coeficiente de Jaccard) en la Bahía La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02-Agosto-03).

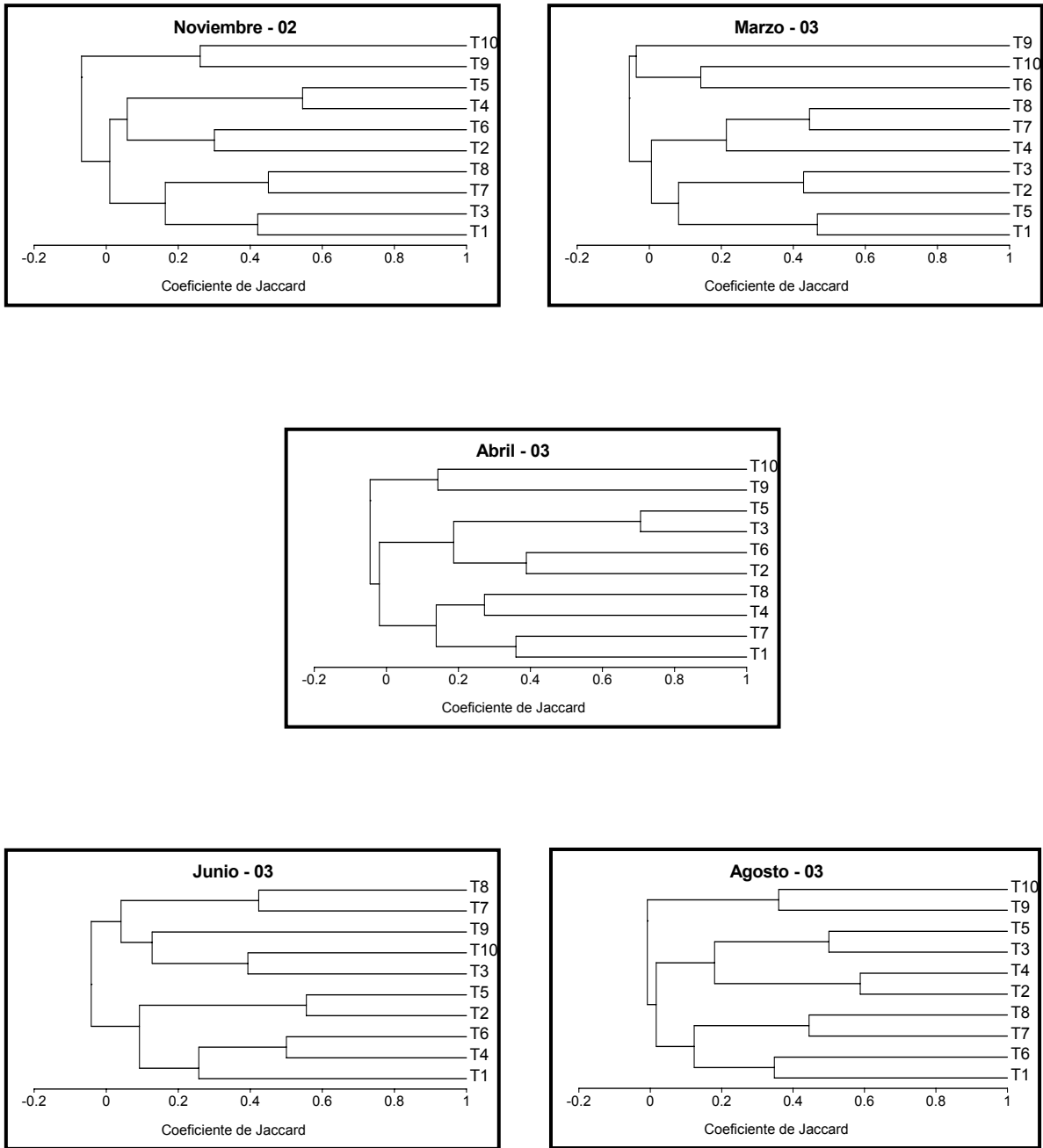


Figura 14. Análisis de cluster de los transectos para cada mes de muestreo con base en el índice de Jaccard (presencia – ausencia) de las especies que componen la comunidad de peces en la bahía La Entrega, Huatulco, Oax.

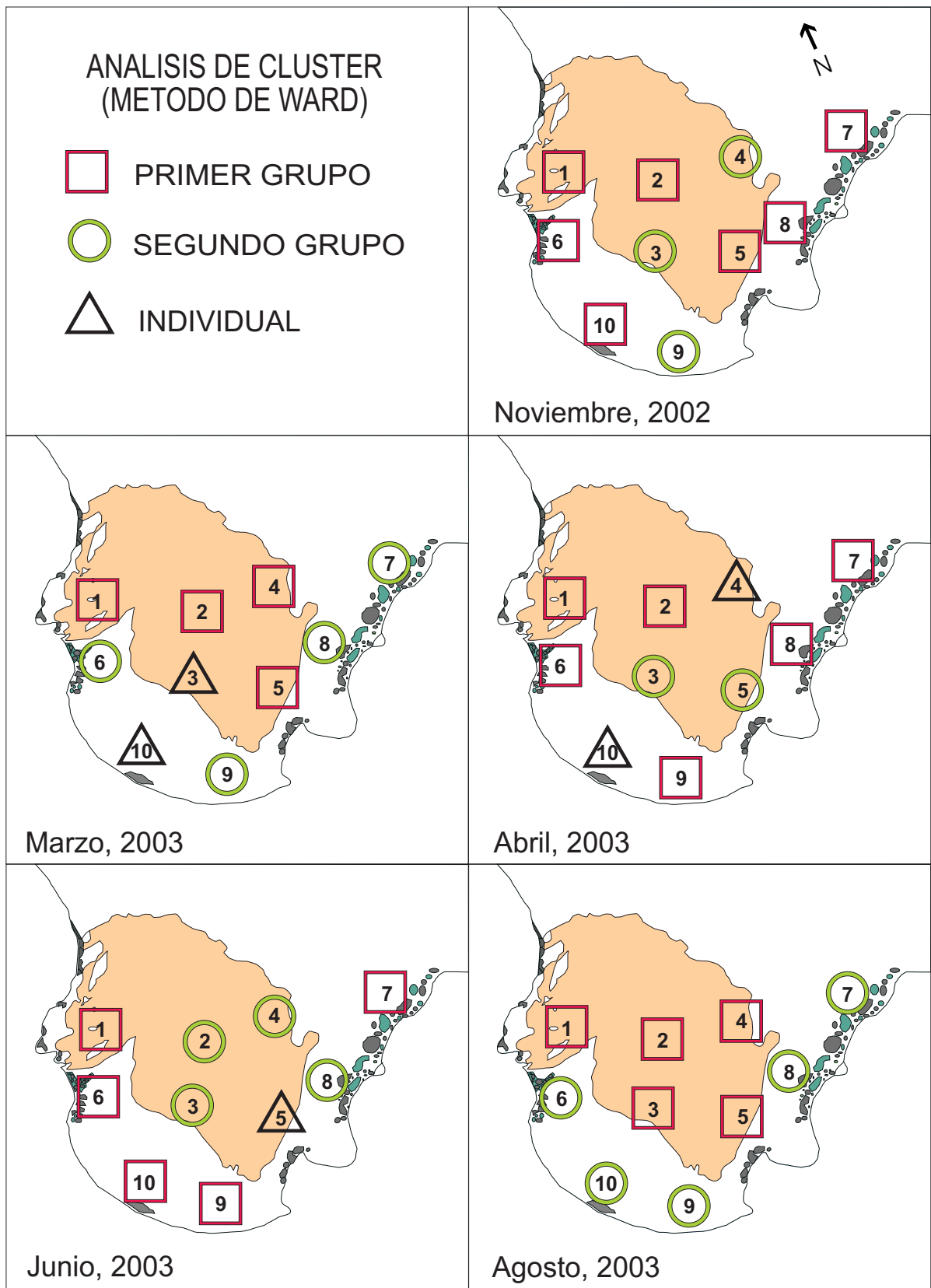


Figura 15. Agrupamiento de los transectos a través del método de Ward (1963) considerando la densidad de la especie en la Bahía La Entrega, Huatulco, Oax. (Noviembre-02 - Agosto-03).

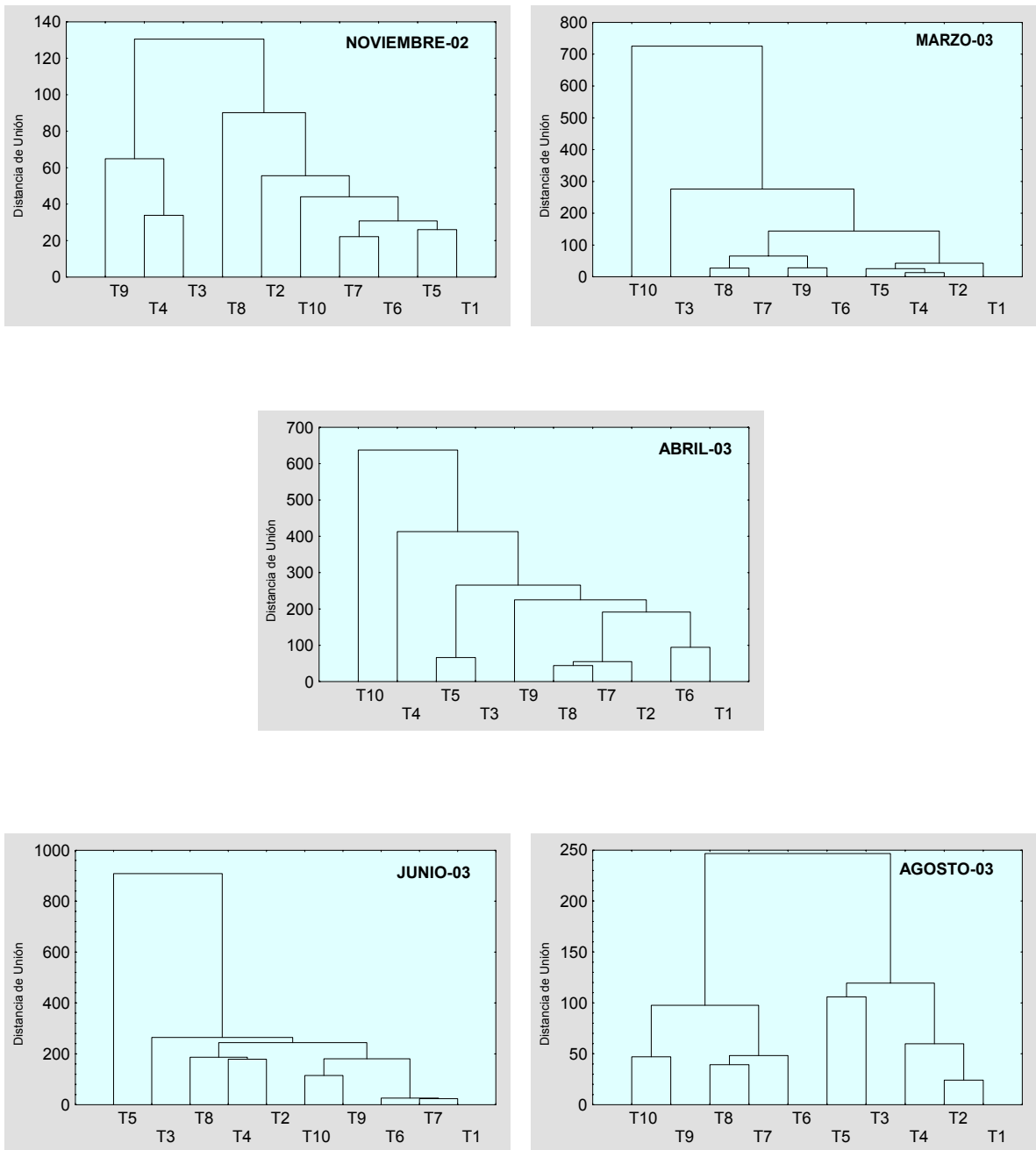


Figura 16. Análisis de cluster de los transectos para cada mes de muestreo con base en la densidad de las especies que componen la comunidad de peces de la bahía La Entrega, Huatulco, Oax.

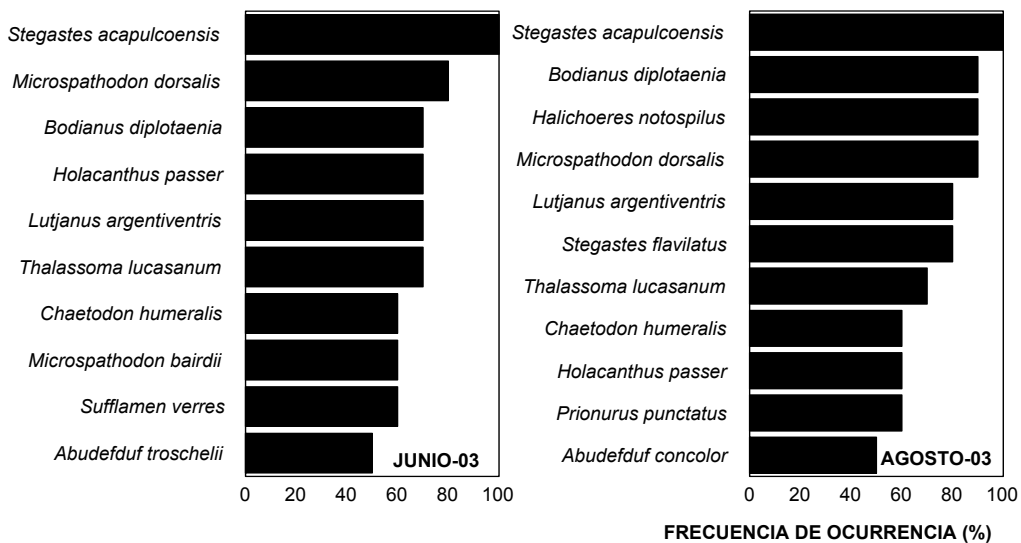
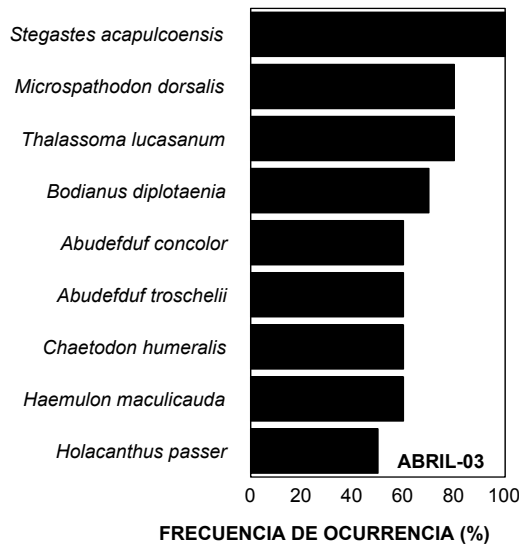
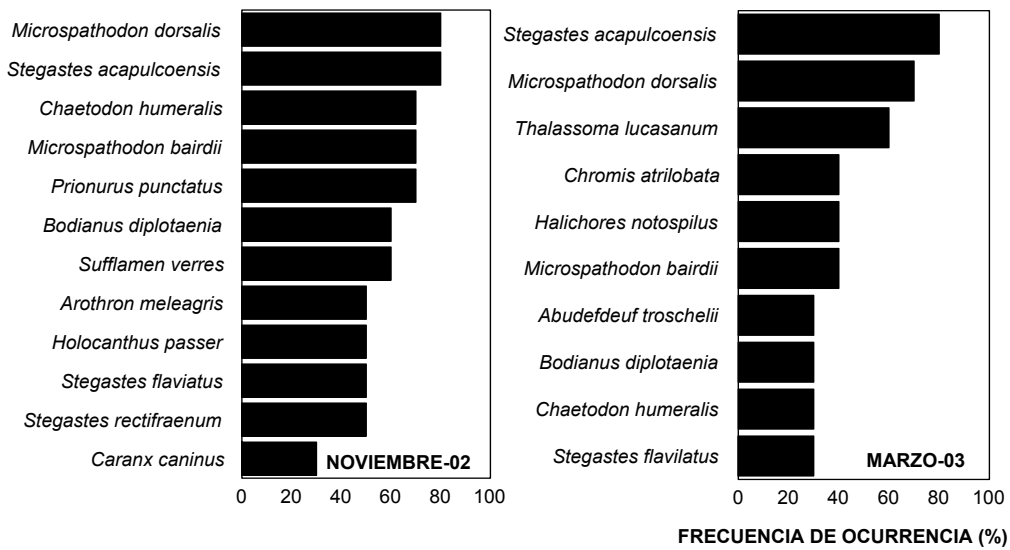


Figura 17. Frecuencia de ocurrencia porcentual por mes de muestreo de las especies que componen la comunidad de peces en la bahía La Entrega, Huatulco, Oax.

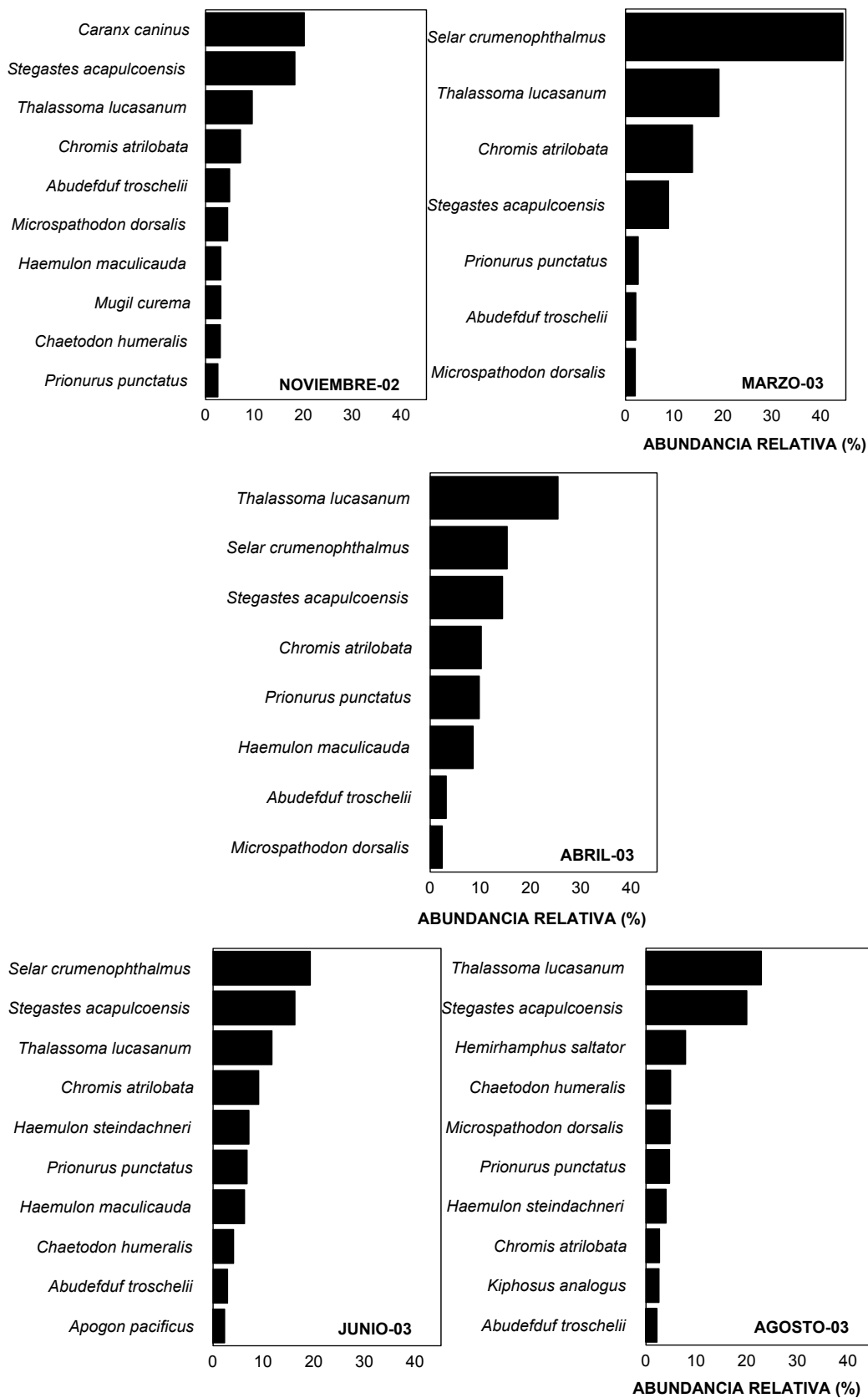


Figura 18. Abundancia relativa porcentual por mes de muestreo de las especies que componen la comunidad de peces en la bahía La Entrega, Huatulco, Oax.

La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov indica que existieron diferencias significativas entre las abundancias de los ambientes muestreados ( $P < 0.001$ ). Las especies que indicaron una mayor diferenciación entre los ambientes fueron *Thalassoma grammaticum* y *Caranx caninus* (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comparar abundancias en los diferentes ambientes durante noviembre-2002.

<b>Ambientes</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov (D)</b>	<b>P</b>	<b>Especie con mayor diferencia entre ambientes</b>
<b>Arrecife-Roca</b>	0.2850	$P < 0.001$	<i>Thalassoma grammaticum</i>
<b>Arrecife-Arena</b>	0.2470	$P < 0.001$	<i>Thalassoma grammaticum</i>
<b>Roca-Arena</b>	0.1211	$P < 0.001$	<i>Caranx caninus</i>

La prueba de t de Hutchenson para comparar diferencias entre los valores de diversidad con base en el índice de Shannon, indica que existen diferencias significativas entre los valores de diversidad en los tres ambientes analizados (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de la prueba de t de Hutchenson para el índice de Shannon en los ambientes analizados durante noviembre-2002.

<b>Ambientes</b>	<b>t</b>	<b>P</b>	<b>Decisión</b>
<b>Arrecife-Roca</b>	1.9561	0.05	Rechazo $H_0$
<b>Arrecife-Arena</b>	1.7554	0.07	Rechazo $H_0$
<b>Roca-Arena</b>	-0.245	0.80	Rechazo $H_0$

## Marzo 2003

Se registraron un total de 28 especies que aportaron 1,350 individuos. La densidad varió de 0.30 a 4.52 ind. m<sup>-2</sup> en los transectos analizados, con un promedio de 1.35 ind. m<sup>-2</sup>; la distribución de la densidad presentó el valor más alto en el transecto 10 (ambiente de arena), con valores bajos para el resto de los transectos (Fig. 8).

La mayor diversidad (HB) se presentó en el transecto 1 (arrecife coralino), y la menor en el transecto 10 (ambiente de arena) (Fig. 9). La equitatividad (J') fue máxima en el transecto 9 (ambiente arenoso), y mínima en el transecto 10 (Fig. 10). La riqueza de especies (D) y el número de especies (S) presentan un comportamiento similar a la diversidad, con un máximo en el transecto 1 y un mínimo en el transecto 10 (Figs. 11 y 12).

El análisis de clasificación de los transectos de muestreo en cuanto a la índice de Jaccard, mostró que la bahía puede dividirse en tres secciones, una correspondiente a los transectos 1, 2, 3, y 5; otra a los transectos 4, 7 y 8; y un tercer grupo de menor similitud conformado por las estaciones 6, 9 y 10 (Figs. 13 y 14).

Mediante el análisis de cluster de los transectos de muestreo a través del método de mínima varianza considerando la densidad de las especies, se observó una mayor similitud entre los transectos 1, 2, 4 y 5, y entre los transectos 6, 7, 8 y 9,



agrupándose de forma independiente y conformando un grupo de menor similitud los transectos 3 y 10 (Figs. 15 y 16).

Con base en la presencia–ausencia de las especies a través del índice de Jaccard, se encontró que en los tres ambientes existe un alto grado de disimilitud. Los ambientes de arrecife coralino y rocoso presentaron un valor máximo de 9 especies comunes entre ambientes (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficiente de similitud de Jaccard (presencia – ausencia) en los diferentes ambientes analizados durante marzo – 2003.

Ambiente	Índice de Jaccard	Especies comunes
Arrecife – Roca	0.375	9
Arrecife – Arena	0.115	3
Roca – Arena	0.125	2

Tres especies presentaron amplia distribución (frecuencia de ocurrencia mayor al 50%): *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis* y *Thalassoma lucasanum* (Fig. 17).

Siete especies presentaron una abundancia relativa porcentual superior al 2%, y su abundancia acumulada comprende más del 90% de la abundancia total, entre las que sobresalieron en orden de abundancia: *Selar crumenophthalmus*, *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Abudefduf troschelii* y *Microspathodon dorsalis* (Fig. 18).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para datos discretos, muestra que existen diferencias significativas entre los ambientes muestreados ( $P < 0.001$ ). *Thalassoma lucasanum* y *Spherooides annulatus* fueron las especies que muestran mayor diferenciación entre los ambientes analizados (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comparar abundancias en los diferentes ambientes durante marzo-2003.

Ambientes	Kolmogorov-Smirnov (D)	P	Especie con mayor diferencia entre ambientes
<b>Arrecife-Roca</b>	0.3889	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>
<b>Arrecife-Arena</b>	0.1593	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>
<b>Roca-Arena</b>	0.2674	$P < 0.001$	<i>Spherooides annulatus</i>

La prueba de t de Hutchenson para comparar el índice de Shannon en los ambientes propuestos, indica que existen diferencias significativas entre los valores de diversidad de los ambientes analizados (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de la prueba de t de Hutchenson para el índice de Shannon en los ambientes analizados durante marzo-2003.

Ambientes	t	P	Decisión
<b>Arrecife-Roca</b>	3.7177	0.00	Rechazo $H_0$
<b>Arrecife-Arena</b>	24.07	0.00	Rechazo $H_0$
<b>Roca-Arena</b>	11.926	0.00	Rechazo $H_0$

Abril 2003

Se identificaron un total de 45 especies que aportaron 2,622 individuos. La densidad varió de 1.08 a 5.27 ind. m<sup>-2</sup> en los transectos analizados, con un promedio de 2.61 ind. m<sup>-2</sup>; la distribución de la densidad indicó el valor máximo en los transectos 4 (arrecife coralino), y el valor mínimo en el transecto 8 (ambiente de roca) (Fig. 8).

La máxima diversidad (HB) se presentó en los transectos 7 y 8 (ambiente rocoso), y la menor en el transecto 10 (ambiente arenoso) (Fig. 9). La equitatividad (J') presenta un comportamiento similar a la diversidad, con los valores máximos en los transectos 7 y 8, y un mínimo en el transecto 10 (Fig. 10).

La riqueza de especies (D) presenta un comportamiento semejante a la diversidad con un máximo en los transectos 1 (arrecife coralino) y 8 (ambiente rocoso), y un mínimo en el transecto 10 (Fig. 11). El número de especies (S) presentó un valor máximo en el transecto 1 y un mínimo en los transecto 9 y 10 (Fig. 12)

El análisis de clasificación de los transectos considerando la presencia y ausencia de las especies, muestra que la bahía puede dividirse en tres secciones, una correspondiente a los transectos 1, 4, 7 y 8; otra a los transectos 2, 3, 5 y 6; y un tercer grupo de menor similitud conformado por las estaciones 9 y 10 (Figs. 13 y 14).

Mediante el análisis de cluster de los transectos de muestreo a través del método de Ward, se observan tres grupos de alta similitud conformados por los transectos 1 y 6, otra por los transectos 2, 7 y 8 y un tercero por los transectos 3 y 5. Los transectos 4, 9 y 10 se agrupan de forma independiente a estos grupos de alta similitud (Figs. 15 y 16).

Con base en el coeficiente de similitud de Jaccard, se encontró que los tres ambientes presentan un nivel muy bajo de similitud. El arrecife coralino y el ambiente rocoso presentaron un máximo de 22 especies comunes (Tabla 8).

Tabla 8. Coeficiente de similitud de Jaccard (presencia – ausencia) en los diferentes ambientes analizados durante abril – 2003.

<b>Ambiente</b>	<b>Índice de Jaccard</b>	<b>Especies comunes</b>
<b>Arrecife – Roca</b>	0.564	22
<b>Arrecife – Arena</b>	0.175	7
<b>Roca – Arena</b>	0.200	7

Ocho especies presentaron amplia distribución (frecuencia de ocurrencia mayor al 50%): *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, *Thalassoma lucasanum*, *Bodianus diplotaenia*, *Abudefduf concolor*, *Abudefduf troschelii*, *Chaetodon humeralis*, y *Haemulon maculicauda* (Fig. 17).

Ocho especies presentaron una abundancia relativa superior al 2%, y comprenden más del 85% de la abundancia total, entre las que sobresalieron (en orden de abundancia): *Thalassoma lucasanum*, *Selar crumenophthalmus*, *Stegastes acapulcoensis*, *Chromis atrilobata*, *Prionurus punctatus*, *Haemulon*

*maculicauda*, *Abudefduf troschelii* y *Microspathodon dorsalis*, (Fig. 18).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para datos discretos, muestra que existen diferencias significativas entre los ambientes muestreados ( $P < 0.001$ ). Las especies que muestran una mayor diferenciación entre los ambientes analizados fueron *Thalassoma lucasanum*, *Iniistius pavo* y *Sphoeroides lobatus* (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comparar las abundancias de los ambientes analizados durante abril-2003.

Ambientes	Kolmogorov-Smirnov (D)	P	Especie con mayor diferencia entre ambientes
Arrecife-Roca	0.1759	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>
Arrecife-Arena	0.1608	$P < 0.001$	<i>T. lucasanum</i> e <i>Iniistius pavo</i>
Roca-Arena	0.0683	$P < 0.001$	<i>Sphoeroides lobatus</i>

La prueba t de Hutchenson indica que existen diferencias significativas entre los valores de diversidad del ambiente arenoso con los del arrecife coralino y ambiente rocoso. Sin embargo, al comparar el ambiente de arrecife de coral con el ambiente rocoso, el análisis indica que no existen diferencias significativas en cuanto a su valor de diversidad (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados de la prueba t de Hutchenson para el índice de Shannon en los ambientes analizados durante abril-2003

Ambientes	t	P	Decisión
Arrecife-Roca	0.7654	0.444	No rechazo $H_0$
Arrecife-Arena	19.23	0.000	Rechazo $H_0$
Roca-Arena	14.518	0.000	Rechazo $H_0$

## Junio 2003

Se registraron un total de 50 especies que aportaron 2,665 individuos. La densidad varió de 1.30 a 6.22 ind. m<sup>-2</sup> en los transectos analizados, con un promedio de 2.67 ind. m<sup>-2</sup>; la densidad presenta el valor máximo en el transecto 5 (arrecife coralino) y el valor mínimo en el transecto 6 (ambiente rocoso) (Fig. 8).

La máxima diversidad (HB) se presenta en el transecto 10 (ambiente arenoso), y la menor en el transecto 9 (ambiente de arena) (Fig. 9). La equitatividad (J') presenta un comportamiento similar a la diversidad, con un valor máximo en el transecto 10, y valores mínimos en los transectos 4, 5 y 9 (Fig. 10). La riqueza de especies (D) presenta un valor máximo en el transecto 10 y un mínimo en los transectos 2, 4 y 9 (Fig. 11). El número de especies (S) presenta un comportamiento similar a la riqueza de especies (Fig. 12).

El análisis de clasificación de transectos a través del índice de Jaccard, permitió observar dos grupos: uno conformado por los transectos 1, 2, 4, 5 y 6, y otro a los transectos 3, 7, 8, 9 y 10. Del segundo grupo, los transectos 7 y 8 mostraron una mayor similitud en comparación con los otros transectos (Figs. 13 y 14).

El análisis de clasificación de los transectos de muestreo por densidad de las especies a través del método de Ward, mostró tres grupos de alta similitud conformados por los transectos 1, 6 y 7; otra por los transectos 2, 4 y 8; y un tercero constituido por los transectos 9 y 10. Los transectos 3 y 5 se agrupan de

forma independiente a estos grupos de alta similitud (Figs. 15 y 16).

A través del coeficiente de similitud de Jaccard (presencia – ausencia), se encontró que en los tres ambientes existe un alto grado de disimilitud. El arrecife coralino y el ambiente rocoso presentaron un máximo de 18 especies comunes (Tabla 11).

Tabla 11. Coeficiente de similitud de Jaccard (presencia – ausencia) en los diferentes ambientes analizados durante junio – 2003.

Ambiente	Índice de Jaccard	Especies comunes
Arrecife – Roca	0.391	18
Arrecife – Arena	0.333	15
Roca – Arena	0.366	15

Nueve especies presentaron amplia distribución (frecuencia de ocurrencia mayor al 50%): *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, *Bodianus diplotaenia*, *Holacanthus passer*, *Lutjanus argentiventris*, *Thalassoma lucasanum*, *Chaetodon humeralis*, *Microspathodon bairdii* y *Sufflamen verres* (Fig. 17).

Diez especies presentaron una abundancia relativa porcentual superior al 2%, y su abundancia acumulada comprende el 90% de la abundancia total, entre las que sobresalieron, en orden de abundancia: *Selar crumenophthalmus*, *Stegastes acapulcoensis*, *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata*, *Haemulon steindachneri*, *Prionurus punctatus*, *Haemulon maculicauda*, *Chaetodon humeralis*, *Abudefduf troschelii*, *Apogon pacificus*, *Microspathodon dorsalis* y *Abudefduf concolor*, (Fig. 18).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para datos discretos, muestra que existen diferencias significativas entre los ambientes analizados ( $P < 0.001$ ). Las especies que mostraron mayor diferenciación entre los ambientes analizados son *Trachinotus rhodopus* y *Thalassoma lucasanum* (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para las abundancias de los ambientes analizados durante junio-2003.

<b>Ambientes</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov (D)</b>	<b>P</b>	<b>Especie con mayor diferencia entre ambientes</b>
<b>Arrecife-Roca</b>	0.4854	$P < 0.001$	<i>Trachinotus rhodopus</i>
<b>Arrecife-Arena</b>	0.5504	$P < 0.001$	<i>Trachinotus rhodopus</i>
<b>Roca-Arena</b>	0.0650	$P < 0.001$	<i>T. lucasanum</i> y <i>T. rhodopus</i>

La prueba de t de Hutchenson indica que existen diferencias significativas entre los valores de diversidad del arrecife coralino y el ambiente rocoso, al igual que los ambientes de roca y arena. Sin embargo, la prueba indica que no existen diferencias significativas entre los valores de diversidad del arrecife coralino y el ambiente de arena. Es importante señalar que el valor de P para los ambientes de arrecife y roca se encuentra al límite de la significancia (Tabla 13).

Tabla 13. Resultados de la prueba de t de Hutchenson para el índice de Shannon en los ambientes analizados durante junio-2003.

<b>Ambientes</b>	<b>t</b>	<b>P</b>	<b>Decisión</b>
Arrecife-Roca	2.4793	0.010	Rechazo $H_0$
Arrecife-Arena	-1.1641	0.244	No rechazo $H_0$
Roca-Arena	-2.7001	0.007	Rechazo $H_0$



## Agosto 2003

Se identificaron un total de 50 especies que aportaron 1,770 individuos. La densidad varió de 0.91 a 3.16 ind. m<sup>-2</sup> en los transectos analizados, con un promedio de 1.76 ind. m<sup>-2</sup>; la densidad presenta el valor máximo en el transecto 5 (arrecife coralino) y el valor mínimo en el transecto 9 (ambiente arenoso) (Fig. 8).

La mayor diversidad (HB) se presentó en los transectos 3 (arrecife coralino) y 8 (ambiente rocoso), y la menor en el transecto 4 y 9 (arrecife coralino) (Fig. 9). La equidad (J') presenta un valor máximo en los transectos 3, 8 y 10 y valores mínimos en los transectos 2 y 4 (Fig. 10). La riqueza de especies (D) y el número de especies (S) presentan un comportamiento similar a la diversidad, con un máximo en el transecto 3 y un mínimo en los transectos 4 y 2 (Figs. 11 y 12).

A partir del análisis de clasificación de transectos considerando del índice de Jaccard, se muestra que la bahía puede dividirse en tres secciones, una correspondiente a los transectos 1, 6, 7 y 8 (ambiente rocoso); otra a los transectos 2, 3, 4 y 5 (arrecife coralino); y un tercer grupo conformado por las estaciones 9 y 10 (ambiente de arena) (Figs. 13 y 14).

El análisis de cluster de los transectos analizados utilizando el método de Ward por densidad de las especies, indica que se presentan dos grupos de alta similitud conformados por los transectos 1, 2, 3, 4 y 5; y por los transectos 6, 7, 8, 9 y 10. Con respecto al segundo grupo es importante indicar que los transectos 6, 7 y 8

conforman un grupo de alta similitud, al igual que los transectos 9 y 10 (Figs. 15 y 16).

El coeficiente de similitud de Jaccard (presencia – ausencia), indica que existió un nivel muy alto de disimilitud entre los tres ambientes. El arrecife coralino y el ambiente rocoso presentaron un máximo de 20 especies comunes (Tabla 14).

Tabla 14. Coeficiente de similitud de Jaccard (presencia – ausencia) en los diferentes ambientes analizados durante junio – 2003.

Ambiente	Índice de Jaccard	Especies comunes
Arrecife – Roca	0.435	20
Arrecife – Arena	0.429	18
Roca – Arena	0.436	17

Diez especies presentaron amplia distribución (frecuencia de ocurrencia mayor al 50%): *Stegastes acapulcoensis*, *Bodianus diplotaenia*, *Halichoeres notospilus*, *Microspathodon dorsalis*, *Lutjanus argentiventris*, *Stegastes flavilatus*, *Thalassoma lucasanum*, *Chaetodon humeralis*, *Holacanthus passer* y *Prionurus punctatus* (Fig. 17).

Diez especies presentaron una abundancia numérica superior al 2%, y comprenden el 80% de la abundancia total, entre las que sobresalieron (en orden de abundancia): *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Hemirhamphus saltator*, *Chaetodon humeralis*, *Microspathodon dorsalis*, *Prionurus punctatus*, *Haemulon steindachneri*, *Scorpaena plumieri*, *Chromis atrilobata*, *Kyphosus analogus* y *Abudefduf troschelii* (Fig. 18).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov para datos discretos, muestra que existen diferencias significativas entre los ambientes muestreados ( $P < 0.001$ ). Las especies que muestran mayor diferenciación entre los ambientes analizados son *Thalassoma lucasanum* y *Trachinotus rhodopus* (Tabla 15).

Tabla 15. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comparar las abundancias de los ambientes analizados durante agosto-2003.

<b>Ambientes</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov (D)</b>	<b>P</b>	<b>Especie con mayor diferencia entre ambientes</b>
<b>Arrecife-Roca</b>	0.4243	$P < 0.001$	<i>T. lucasanum</i> y <i>T. rhodopus</i>
<b>Arrecife-Arena</b>	0.5463	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>
<b>Roca-Arena</b>	0.1220	$P < 0.001$	<i>Thalassoma lucasanum</i>

La prueba de t de Hutchenson indicó que existen diferencias significativas entre los valores de diversidad del arrecife coralino y el ambiente rocoso. Sin embargo, el análisis muestra que el ambiente de arena no fue significativamente diferente a los otros ambientes analizados (arrecife coralino y roca) (Tabla 16).

Tabla 16. Resultados de la prueba de t de Hutchenson para el índice Shannon en los ambientes analizados durante agosto-2003.

<b>Ambientes</b>	<b>t</b>	<b>P</b>	<b>Decisión</b>
<b>Arrecife-Roca</b>	-2.6021	0.009	Rechazo $H_0$
<b>Arrecife-Arena</b>	-0.7062	0.48	No rechazo $H_0$
<b>Roca-Arena</b>	1.1461	0.25	No rechazo $H_0$

## VARIABLES AMBIENTALES

1. Temperatura. La temperatura del agua mostró variaciones a lo largo de los meses analizados, con valores máximos durante noviembre (principio de secas) y agosto (lluvias) ( $\bar{x} = 29.7$  °C), y valores mínimos durante marzo y abril (secas) ( $\bar{x} = 24.5$  °C) (Fig. 19). La temperatura en cada uno de los ambientes analizados presentó valores máximos en el ambiente de arena, y mínimos en el ambiente rocoso (Fig. 20).

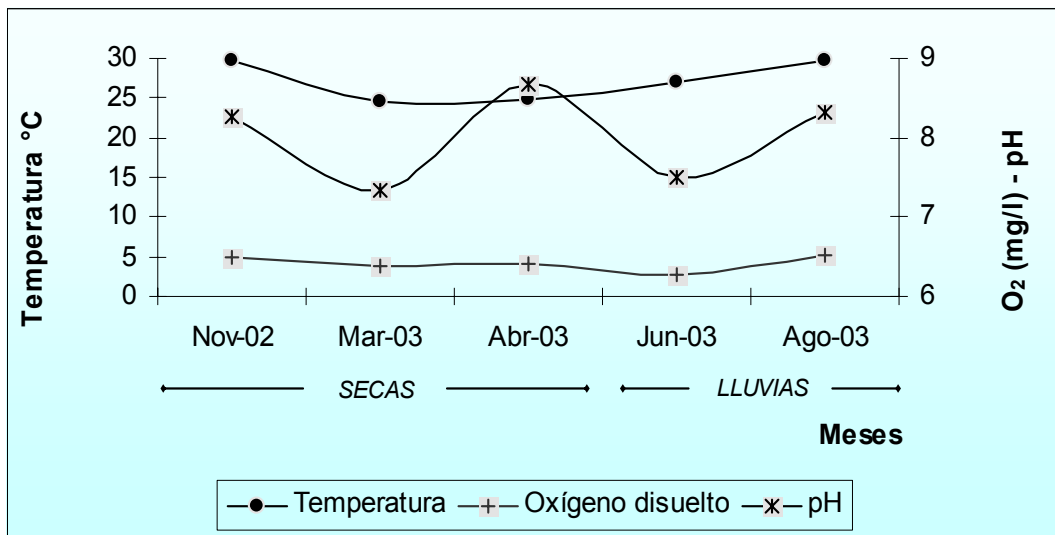


Figura 19. Distribución de la temperatura (°C), Oxígeno disuelto (mg/l) y pH durante los cinco meses de muestreo en la bahía La Entrega.

2. Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto mostró variaciones a lo largo de los meses analizados con un valor mínimo durante junio ( $\bar{x} = 2.8$  mg/l) y un máximo durante agosto ( $\bar{x} = 5.06$  mg/l), ambos meses corresponden a la época de lluvias (Fig. 19). También presentó variaciones en cada uno de los ambientes analizados, con un máximo en el ambiente rocoso y un mínimo en el arrecife (Fig. 20).

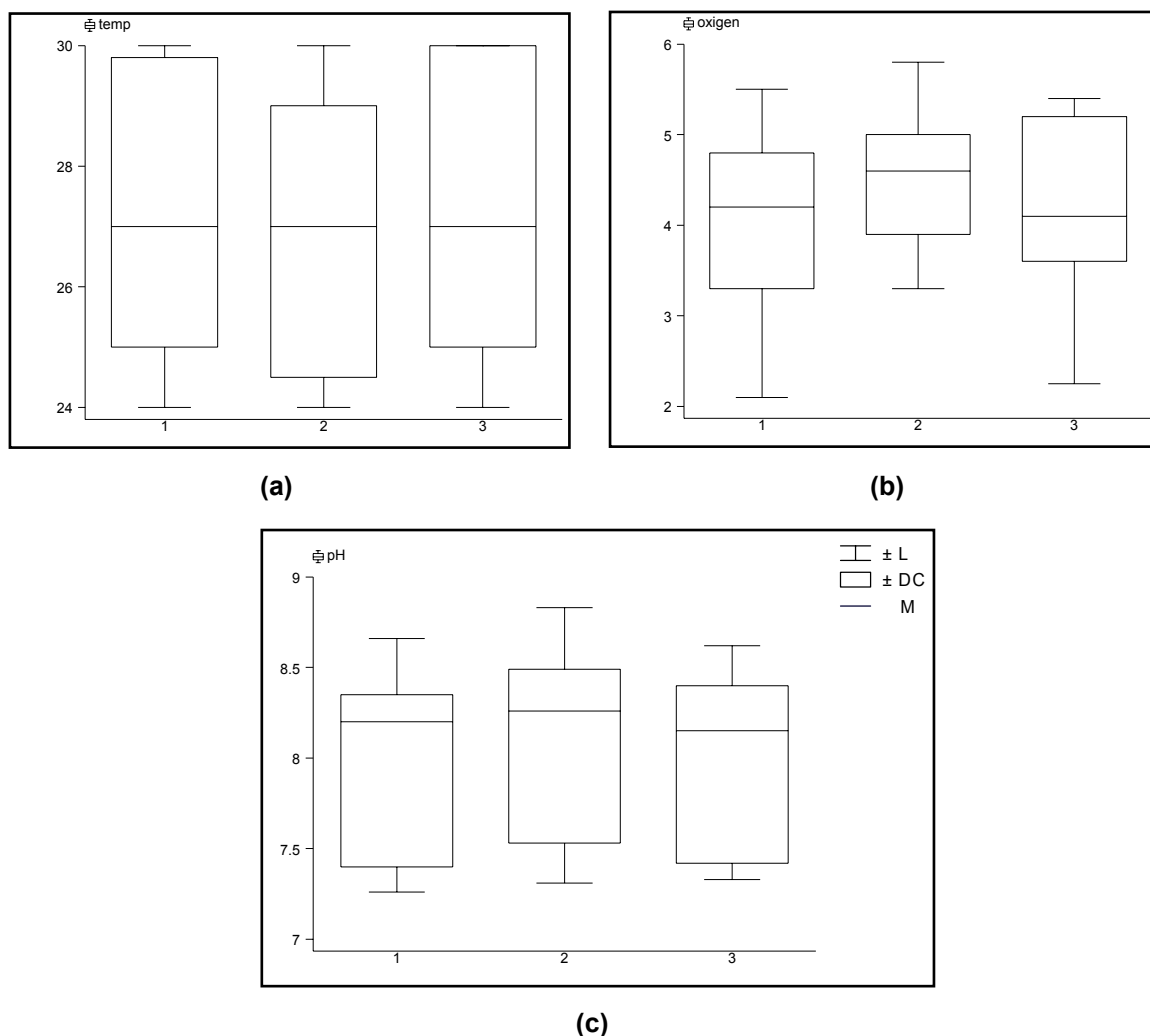


Figura 20. Distribución de las variables ambientales en cada uno de los ambientes propuestos durante los cinco meses de muestreo (1 = arrecife, 2 = roca, 3 = arena). (a) Temperatura (°C), (b) Oxígeno disuelto (mg/l) y (c) pH. L = límites, DC = dispersión de cuartos y M = mediana).

**3. pH.** Al igual que los parámetros anteriores, el pH presenta variaciones a lo largo de los meses analizados, con valores mínimos durante los meses de marzo y junio ( $\bar{x} = 7.20$ ) y valores máximos durante los meses de abril y agosto ( $\bar{x} = 8.60$ ) (Fig. 19). Asimismo, el pH presenta muy pocas variaciones entre los ambientes propuestos, con valores máximos en el ambiente rocoso y valores mínimos en el arrecife y el ambiente arenoso (Fig. 20).

## Análisis de correlación

Los resultados del análisis de correlación por rangos de Spearman ( $r_s$ ) y su significancia (P) se muestran en la tabla 17. Esta prueba indica que existió una alta correlación entre la riqueza específica y la temperatura durante el ciclo de muestreo. Asimismo, el análisis muestra que los tres ambientes presentaron una alta correlación con respecto a la temperatura, siendo mayor en el arrecife y el ambiente arenoso en comparación con el ambiente rocoso. De igual forma, se observa que el oxígeno disuelto presenta una alta correlación con la riqueza específica en el arrecife coralino, contrario con los ambientes de roca y arena. La salinidad (‰) y pH guardan una correlación negativa o muy baja con la riqueza específica.

Tabla 17. Correlación por rangos de Spearman ( $r_s$ ) de las variables ambientales con la riqueza específica (D) en los ambientes analizados.

Variables Ambientales	Arrecife ( $r_s$ )	P	Roca ( $r_s$ )	P	Arena ( $r_s$ )	P
Temperatura (°C)	<b>1</b>	0.00	<b>0.7</b>	0.18	<b>0.9</b>	0.03
Salinidad (‰)	-0.8	0.10	-0.2	0.74	-0.6	0.28
pH	0.2	0.74	0.2	0.74	0.0	1.00
Oxígeno (mg/l)	<b>0.7</b>	0.18	0.3	0.62	0.4	0.50

El análisis gráfico muestra lo mencionado anteriormente, donde se observa que a mayor temperatura existe un incremento en la riqueza específica (Fig. 21A). El oxígeno disuelto no presenta un comportamiento similar a la temperatura principalmente durante el mes de junio (valores mínimos), y la salinidad y el pH no mostraron relación alguna con la riqueza específica (Figs. 21B).

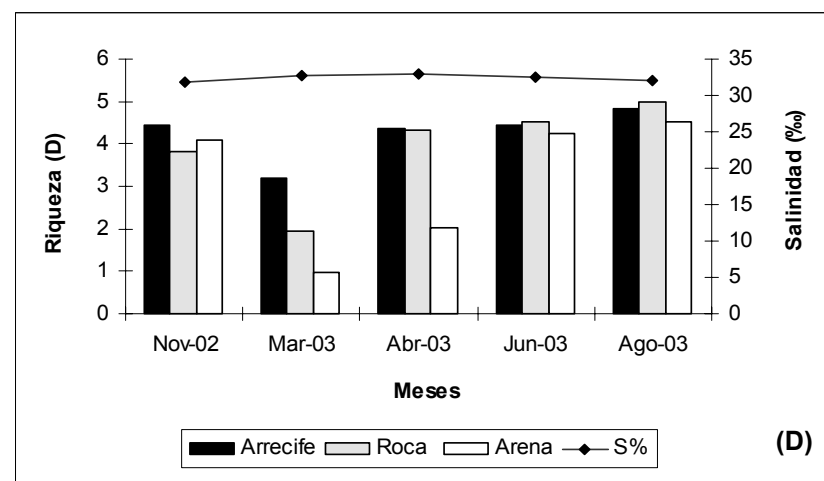
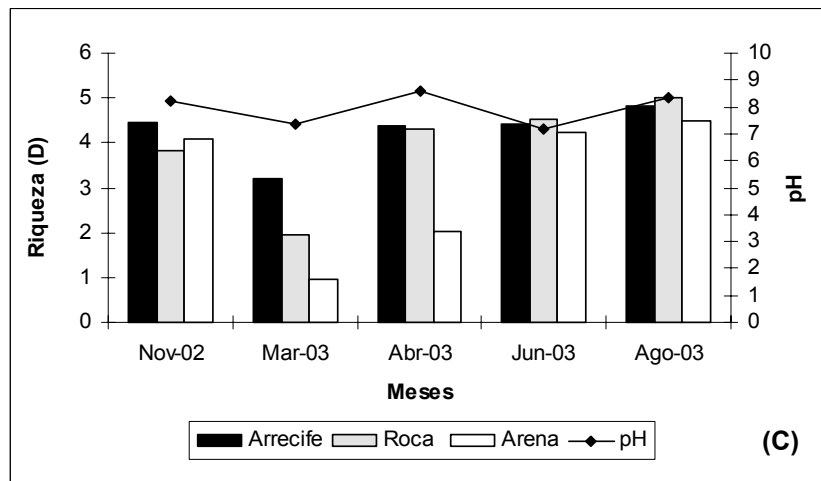
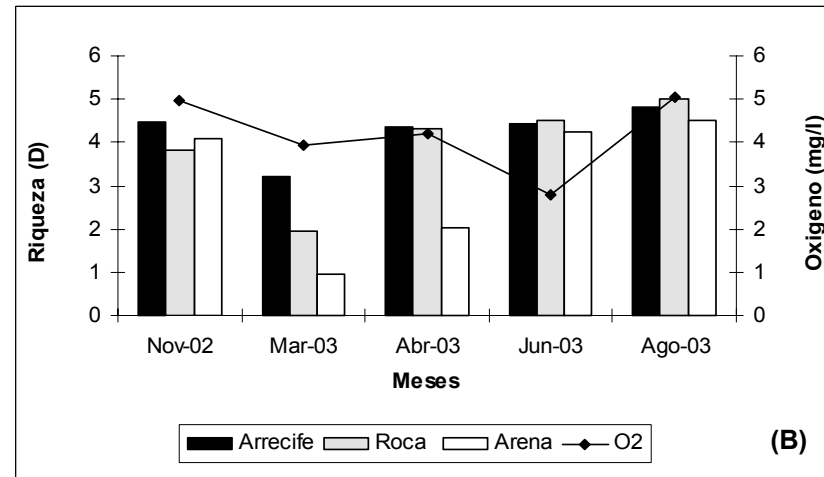
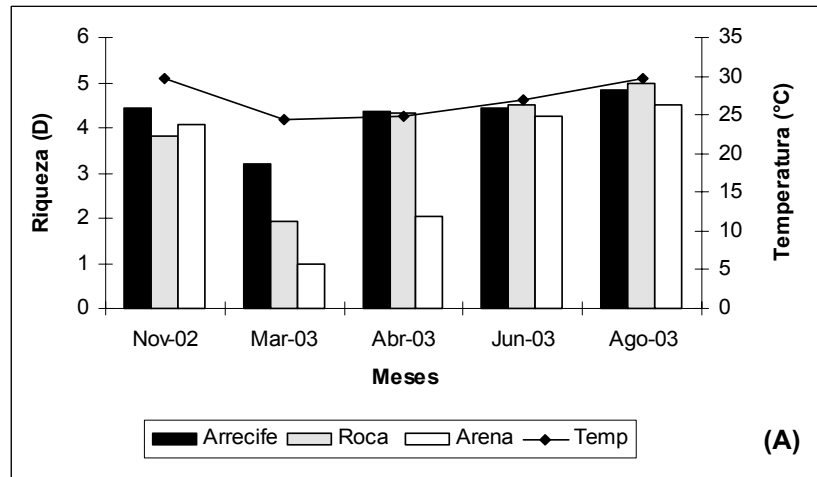


Figura 21. Valor de la riqueza específica para cada uno de los ambientes propuestos en los cinco meses analizados, se muestra la relación que mantiene con la temperatura (A), oxígeno disuelto (B), pH (C) y salinidad (D). Los valores de salinidad fueron tomados de Sosa-Rosas (1995).

## Análisis de varianza (ANDEVA)

El análisis de varianza con los datos originales indica que no se cumple con los supuestos de normalidad ( $P = 0.000049$ : Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas ( $P = 0.0001$ : ANDEVA Bartlett's) necesarios para la prueba, por lo que se procedió a realizar una exploración de los datos utilizando los diagramas de caja. El diagrama de caja (también conocido como caja y bigote) indica que los datos no presentan una distribución normal por lo que la variabilidad de los datos son diferentes (Fig. 22a). Una transformación adecuada permite ajustar esta dificultad haciendo que la variabilidad de los lotes sean comparables (Salgado-Ugarte, 1992; Waite, 2000).

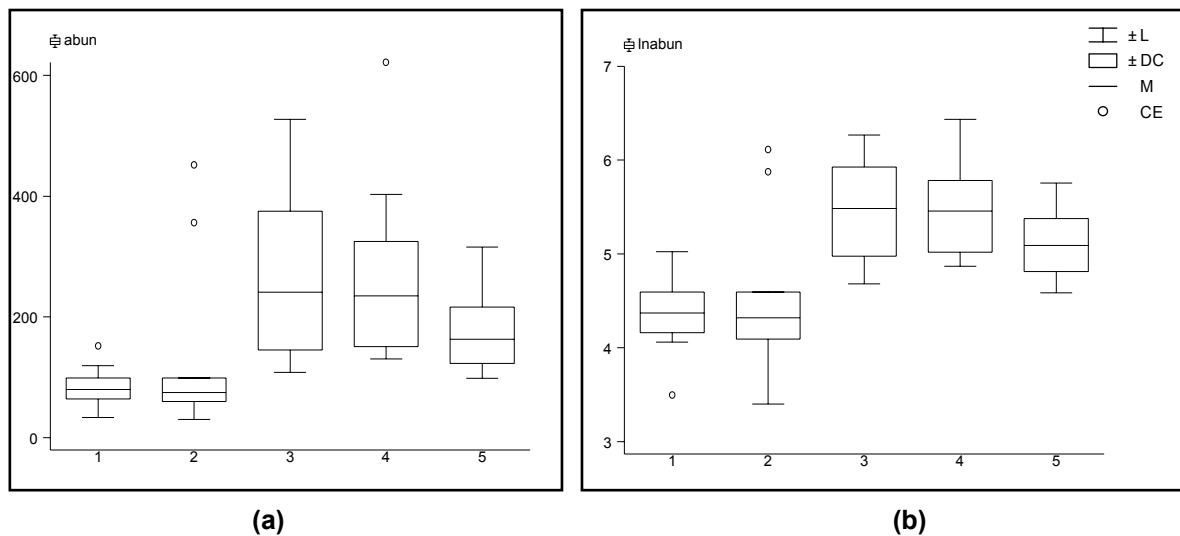


Figura 22. Diagrama de caja para datos originales (a) y logarítmicos (b), para el análisis de varianza en los cinco meses de muestreo (1= noviembre, 2 = marzo, 3 = abril, 4 = junio, 5 = agosto). L = límites, DC = dispersión de cuartos, M = mediana y CE = casos extraordinarios.



De esta forma, se aplicó el logaritmo natural a los diferentes lotes, obteniendo con ello una distribución normal y más homogénea ( $P = 0.817$ : Shapiro-Wilk) que aquella obtenida con los datos originales (Fig. 22b). La prueba de análisis de varianza para los datos transformados o logarítmicos indica que se cumplen con los supuestos de homoscedasticidad ( $P = 0.090$ : ANDEVA Bartlett's) y la distribución de las abundancias en los diferentes ambientes en los meses analizados son significativamente diferentes, como se muestra en la tabla 18 ( $F = 8.14$  (4, 45 g.l),  $P < 0.001$ ).

Tabla 18. Resultados de la prueba de análisis de varianza y homogeneidad de varianza para datos transformados (logarítmicos) durante los cinco meses de análisis.

Fuente	SC	gl	SCM	F	Prob > F
Entre grupos	10.6486066	4	2.66215165	8.14	0.0000
Dentro de grupos	14.7122265	45	.326938367		
Total	25.3608331	49	.517568023		

Prueba de Bartlett's para igualdad de varianzas:  $\chi^2(4) = 8.0369$  Prob> $\chi^2 = 0.090$

Los resultados de la prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples indica que existen diferencias significativas entre las abundancias de los meses de noviembre-abril, noviembre-junio, noviembre-agosto, marzo-abril y marzo-junio. El análisis muestra que los meses de noviembre y agosto presentan un valor que se encuentra al límite de la significancia ( $P < 0.05$ ), como se observa en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples (Bonferroni) para los cinco meses de análisis. Se indican los valores de la prueba y el nivel de probabilidad.

<b>MESES</b>	<b>Noviembre-02</b>	<b>Marzo-03</b>	<b>Abril-03</b>	<b>Junio-03</b>
<b>Marzo-03</b>	.15343 1.000			
<b>Abril-03</b>	1.08193 <b>0.001</b>	.928504 <b>0.007</b>		
<b>Junio-03</b>	1.10149 <b>0.001</b>	.948059 <b>0.006</b>	.019555 1.000	
<b>Agosto-03</b>	.752589 <b>0.050</b>	.599159 0.236	-.329346 1.000	-.348901 1.000

## DISCUSIÓN

### Metodología de muestreo

Una serie de inconvenientes han sido señalados por diversos autores con respecto a la utilización de los censos visuales en el estudio de peces de arrecifes coralinos (Sale, 1980; Brock, 1982; Sale y Sharp, 1983; Buckley y Hueckel, 1989; Green y Alevizon, 1989; Lieske y Myers, 1998; Elorduy-Garay y Jiménez-Gutiérrez, 2000). Dentro de las desventajas más comunes que se observaron en el presente estudio se encuentra el sesgo al estimar el número de organismos, principalmente con aquellas especies que forman grandes cardúmenes sobre el arrecife (*Selar crumenophthalmus*) y que dificultan un conteo preciso del número de individuos, para lo cual fue necesario realizar estimaciones del número de organismos presentes en el transecto sin descuidar las otras especies presentes en el área. Una segunda desventaja muy común de los censos visuales es su alta sensibilidad a la identificación de especies crípticas y de hábitos nocturnos debido a que durante el día estas especies se encuentran en áreas más profundas y se requiere de una búsqueda entre las grietas y oquedades del arrecife. Sin embargo y pese a estos inconvenientes, es un método muy preciso al estimar el número de especies presente en un área y permite estudiar los cambios temporales debido a la poca alteración en la estructura de las comunidades estudiadas (Sale, 1991b; Pérez-España *et al.*, 1996; Elorduy-Garay y Jiménez-Gutiérrez, 2000).

Pero sin duda alguna, la ventaja mas importante de los censos visuales es que se trata de una técnica no destructiva, contrario a aquellas que se basan en el uso de ictiocidas, explosivos y redes de captura donde se altera en gran escala la mortalidad natural dentro del ecosistema además de permitir comparaciones con otros estudios que utilizan una metodología similar.

Por otro lado, existe una amplia discusión acerca de la precisión y efectividad de las diferentes herramientas metodológicas para la evaluación de la comunidad de peces en los arrecifes coralinos con técnicas no destructivas, concluyendo en muchos casos que el uso de cámaras de video (video transectos) son menos precisas que aquellas basadas en censos visuales para estimar la diversidad y abundancia de peces en los arrecifes coralinos (McCormick y Choat, 1987; Buckley y Hueckel, 1989; Green y Alevizon, 1989; Connell *et al.*, 1998 y Elorduy-Garay y Jiménez-Gutiérrez, 2000). Sin embargo, la implementación de metodologías con sistemas de video-estereo para la estimación de longitudes en peces es un claro ejemplo del mejoramiento en la precisión y exactitud al realizar estimaciones de organismos acuáticos, además de representar una herramienta de apoyo muy confiable en la evaluación de la abundancia total de peces y otros organismos acuáticos (Harvey y Shortis, 1996 y 1998; Harvey *et al.*, 2001a y 2001b). En todos los casos, se hace hincapié en que existen ventajas y desventajas en la evaluación de comunidades arrecifales. Dichas diferencias conllevan a un problema más interesante como son los diferentes criterios, índices y análisis de datos, los cuales dependerán principalmente de las propias características del sistema en cada una de las regiones del mundo. Es por ello

que resulta casi imposible determinar una metodología básica así como un procedimiento analítico estándar que permitan la comparación de estudios en diferentes sistemas arrecifales (Sale, 1991b). Una combinación de métodos no destructivos y la utilización de tecnología mas avanzada (video y fotografía) pueden permitir un conocimiento mas amplio de las comunidades acuáticas de la región y forma parte de un monitoreo continuo de los posibles cambios que provoquen las diferentes actividades desarrolladas en las bahías de Huatulco.

### **Composición taxonómica**

La gran mayoría de las especies registradas para la bahía La Entrega se distribuyen desde el Golfo de California hasta el Ecuador (aproximadamente 62 especies), por lo que se pueden considerar como tropicales, aunque con una gran tolerancia a los cambios de temperatura (Thomson *et al.*, 1979; Allen y Robertson, 1998; Pérez-España *et al.*, 1996). Sin embargo, algunas especies presentan una distribución un poco mas restringidas como son *Abudefduf concolor* y *Prionurus punctatus* que se distribuyen desde el Golfo de California hasta el Salvador. Un caso mas interesante es *Stegastes rectifraenum* cuya distribución parecer estar restringida a las costas mexicanas sin reportes de esta especie mas al sur, en las costas de Panamá y el Ecuador (Allen y Robertson, 1998)

De las 27 familias determinadas para el área de estudio, la familia Labridae fue la mejor representada con un total de 9 especies y 6 géneros, seguida por la familia Pomacentridae con 8 especies y 4 géneros, y en menor grado la familia

Tetraodontidae con un total de 5 especies y 3 géneros. Al respecto, Barrientos-Villalobos (2000) registra para el Parque Nacional Bahías de Huatulco (La Montosa, La Entrega, Chachacual y San Agustín) un total de 51 especies, 37 géneros y 27 familias, siendo las más representativas las familias Pomacentridae y Labridae (Tabla 20). Al comparar estos datos con los resultados del presente estudio es notable que existen diferencias importantes en cuanto al número de especies, lo cual se debe principalmente a la metodología empleada, así como a la ubicación de los censos visuales, ya que en este estudio previo solo se consideró al sustrato arrecifal sin tomar en cuenta otro tipo de ambiente para el análisis. Es importante señalar que Barrientos-Villalobos (2000) registró 14 especies no encontradas en el presente estudio. Asimismo, Ramírez-Gutiérrez (2004), registra 63 especies para la bahía de San Agustín, Huatulco, Oaxaca, siendo las familias Labridae y Pomacentridae las más representativas, coincidiendo con los resultados del presente análisis (Tabla 20). Sin embargo, es importante mencionar que registró 11 especies no encontradas en el presente análisis. Al realizar un análisis conjunto en cuanto a número de especies, se encontró que existen más de 90 especies de peces en las bahías de Huatulco.

Pérez-España *et al.* (1996) registraron un total de 75 especies, 57 géneros y 30 familias en arrecifes rocosos del Golfo de California, utilizando diferentes transectos con longitudes de 100, 117 y 136 m. La familia Pomacentridae fue la más representativa en cuanto a número de especies (Tabla 20). Estos resultados son superiores a los encontrados para el presente trabajo, al igual que en Villarreal-Cavazos *et al.* (2000) para Cabo Pulmo-Los Frailes en el Golfo de

California donde registró 236 especies de las cuales las mas abundantes fueron *Thalassoma lucasanum*, *T. grammaticum* y *Chromis atrilobata* (Tabla 20). Para este estudio, Villareal-Cabazos *et al.* (2000) utilizó más de 200 buceos entre 30 y 60 minutos durante 1986 y 1998.

En el Caribe Mexicano, Díaz-Ruiz y Aguirre-León (1996) registraron 161 especies para arrecifes de Cozumel utilizando transectos de diferente longitud. Por su parte, Caballero y Schmitter-Soto (2001) registraron un total de 28 especies en pequeños parches del Caribe utilizando un método destructivo para el análisis. Esta diferencia en cuanto a los resultados, se deben principalmente a la metodología empleada, número y extensión de los transectos y a las características propias de la comunidad arrecifal, la cual varía tanto en estructura como en tamaño, lo que influye en la diversidad de las especies presentes en el sistema.

Tabla 20. Número de especies registradas para el área de estudio y otras localidades del Pacífico y Caribe Mexicano.

<b>Localidad</b>	<b>N° de especies</b>	<b>Metodología</b>	<b>Autor (año)</b>
Bahías de Huatulco, Oax.	51 especies	Censo visual estacionario	Barrientos – Villalobos (2000)
Bahía de San Agustín, Huatulco, Oax.	63 especies	Censos visuales por transecto (10 x 5 m)	Ramírez – Gutiérrez (2004)
Cabo Pulmo – Los Frailes, Golfo California	236 especies	Censo visual estacionario	Villareal – Cabazos (2000)
Golfo de California	75 especies	Censos visuales por transecto (100, 117 y 136 m)	Pérez-España <i>et al.</i> (1996)
Cozumel, Caribe Mexicano	161 especies	Censo visuales por transectos	Díaz-Ruiz y Aguirre-León (1993)
Parches arrecifales, Caribe Mexicano	28 especies	Método destructivo (Rotenona)	Caballero y Schmitter-Soto (2001)

## Distribución y abundancia espacio-temporal

En términos generales la mayor densidad de peces durante casi todo el año es característica del arrecife coralino, principalmente durante la época de lluvias. Sin embargo, los transectos ubicados en el ambiente de arena muestran valores máximos durante la época de secas en comparación con los otros ambientes, lo cual se debe a la presencia de especies de la familia Carangidae, principalmente *Caranx caninus* y *Selar crumenophthalmus*, especies ocasionales no residentes de arrecifes que forman cardúmenes y suelen acercarse a la línea de costa (Thomson et al., 1979; Allen y Robertson, 1998).

Los altos valores de densidad encontrados para el arrecife se basan principalmente a la presencia de especies cuya abundancia relativa es superior a las demás. Algunas de estas especies forman cardúmenes a lo largo de la comunidad arrecifal (*Prionurus punctatus*, *Thalassoma lucasanum* y *Chromis atrilobata*), como parte de una estrategia alimentaria (Montgomery, 1980; Montgomery et al., 1980; Sale, 1980; Choat y Bellwood, 1985; Lewis, 1985; Guzmán, 1988; Duarte y Acero, 1988; Montgomery et al., 1989), o como parte una estrategia reproductiva (Warner y Hoffman, 1980; Arellano-Martínez et al., 1999; Giraldo et al., 2001; Meekan et al., 2001). Un aspecto importante respecto a estas especies es su tamaño relativamente pequeño, exceptuando algunas especies de la familia Haemulidae y Acanthuridae, con longitudes de 480 mm para *Haemulon sexfasciatum* y 600 mm para *Prionurus punctatus* (Allen y Robertson, 1998).



Sale y Douglas (1984) señalan que el número promedio de peces presentes en parches arrecifales de la Gran Barrera Australiana está relacionado con el área superficial, volumen arrecifal y el diámetro del arrecife. Estos factores son importantes considerando que las especies abundantes depende en gran medida de la disponibilidad de recursos y la repartición del espacio para un mejor aprovechamiento del alimento (Williams, 1991). La complejidad estructural así como las características del hábitat pueden tener una profunda influencia en la distribución y abundancia de las especies a través de una gran variedad de mecanismos, al igual que la calidad del ambiente puede regular el tamaño poblacional si la disponibilidad de recursos influye en la tasa de reclutamiento y mortalidad (Jones y Syms, 1998). La forma en que estos procesos influyen en la abundancia de las especies depende en gran medida de las características estructurales del arrecife y de sus variaciones espaciales dentro de la comunidad arrecifal en el área de estudio.

La variación temporal de la densidad muestra valores máximos durante la época de lluvias, en la cual se observó una mayor abundancia relativa de las especies dominantes en el área de estudio (*T. lucasanum*, *S. acapulcoensis*, *C. atrilobata*, *P. punctatus*, *A. troschellii*, *M. dorsalis* y *C. humeralis*) principalmente en el ambiente arrecifal. Un caso particular es *Chaetodon humeralis* cuya presencia en los meses correspondientes a la época de secas fue de pequeños grupos (de 2 a 11 individuos) y para la época de lluvias se observa un incremento de hasta 100 individuos. Esta especie es frecuente en los tres ambientes analizados, la cual raramente se le observa solitaria y habitualmente es observada en pares o

pequeños grupos. Se alimenta de algas e invertebrados bentónicos y su aumento en abundancia puede estar asociado a la formación grupos más grandes como parte de una estrategia alimentaria y/o de protección (Thomson *et al.*, 1979). Es importante que se realicen estudios de hábitos alimentarios y estrategias biológicas con *Chaetodon humeralis*, ya que su presencia en el área de tránsito marítimo-recreativo sugiere que su abundancia puede estar relacionada con actividades antropogénicas, debido a que se observaron grandes cardúmenes durante los meses de abril y junio en el área de arribo de las embarcaciones, lugar donde se desechan cantidades considerables de alimento sólidos y que son depositados por la acción del oleaje hacia la zona del arrecife. Algunas especies del mismo género, han sido consideradas como indicadores de la estructura del hábitat y de alteraciones en arrecifes coralinos de Sri Lanka (Oehman *et al.*, 1998). Sin embargo, esta hipótesis ha sido bastante criticada debido a la multitud de procesos que estructuran la comunidad de peces en arrecifes coralinos, por lo que la utilización general de estos peces como bioindicadores es aún muy cuestionable y se requieren mayores estudios para determinar su importancia en ambientes arrecifales.

## **Diversidad**

De acuerdo con el índice de Brillouin (HB) y el índice de Shannon ( $H'n$ ), la mayor diversidad se presentan durante la época de lluvias y la menor durante la época de secas. Sin embargo, y considerando también a la riqueza específica, se observó que la mayor diversidad se presentó en el ambiente rocoso aunado a un

alto valor de equitatividad ( $J'$ ). El análisis de  $\beta$  – diversidad indica que los tres ambientes analizados presentaron una alta disimilitud considerando la presencia – ausencia de las especies. Esto significa que los ambientes presentan una estructura comunitaria diferente una de otra, a pesar de poseer algunas especies comunes entre ambientes. Al respecto, el arrecife coralino comparte una mayor cantidad de especies con el ambiente rocoso debido a la alta heterogeneidad ambiental lo que determina una complejidad estructural en comparación con el ambiente arenoso el cual parece ser mas homogéneo en cuanto a su composición específica en el área de estudio.

De acuerdo con Sale y Douglas (1984), el número total de especies observadas en parches arrecifales de la Gran Barrera Australiana se encuentra relacionada con la estructura de la comunidad arrecifal, estas son, en orden de importancia: área de superficie, volumen, diámetro promedio y el complejo topográfico. Esto es debido a que los parámetros de la comunidad como la riqueza y diversidad pueden también estar relacionados con la estructura del hábitat, con habitats más complejos que soportan un mayor número de especies. Sin embargo, existe una amplia discusión acerca de las mediciones que se realizan con respecto al complejo topográfico ya que pueden llegar a encubrir considerablemente las variaciones en la estructura del hábitat y pueden ser inapropiadas para la mayoría de los peces de arrecife. Esto se explica por el hecho de que existe una extensa proporción de peces de arrecife asociados con diferentes tipos de fondos y su respuesta puede depender únicamente de los cambios que se presenten en este componente del sistema (Jones y Syms, 1998)

Los valores del índice de Shannon ( $H'n$ ) encontrados en el presente análisis varían de 0.490 a 3.577 bits/individuo. Estos valores son superiores a los encontrados por Barrientos–Villalobos (2000) en varias localidades del Parque Nacional Huatulco (Montosa, Chachacual, La Entrega y San Agustín), los cuales varían de 1.979 a 2.6 bits/individuo. Por su parte, Pérez – España (1996) también encuentra valores inferiores de diversidad comparados con los obtenidos en este estudio, ya que reporta un valor máximo de diversidad inferior a 2.5 bits/individuo. Estas diferencias se explican debido a que los muestreos se realizaron en áreas diferentes, en épocas distintas y con una metodología diferente. Resultados similares al presente estudio se encuentran en Ramírez-Gutiérrez (2004) para la bahía de San Agustín, donde encuentra valores de diversidad que varían de 1.332 a 3.092 bits/individuo, utilizando una metodología similar a la del presente análisis.

El análisis gráfico y la prueba de correlación de Spearman  $r_s$ , indican que existe una correlación positiva entre la riqueza específica y la temperatura. A pesar de que el mes de noviembre corresponde al periodo en que se presentan los vientos “nortes” en la parte central del Golfo de Tehuantepec y que determinan la surgencia y el descenso en la temperatura del agua; este efecto parece verse reflejado en las bahías de Huatulco en los meses subsecuentes hasta abril, meses en los que la corriente de agua que proviene de la parte norte-central del golfo se manifiesta en la región (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998). La relación entre la riqueza específica y la temperatura coinciden con Pérez-España *et al.* (1996), quienes observaron una relación significativa entre la riqueza

específica y la época más cálida de muestreo; contrario a lo registrado por Barrientos-Villalobos (2000) para el área de estudio, ya que encontró una relación negativa entre la temperatura y la riqueza específica durante los meses de marzo a mayo.

### **Asociaciones ictiofaunísticas**

Los análisis de clasificación empleados en el estudio reflejan diferentes resultados en cuanto al agrupamiento de los transectos analizados. El análisis de cluster es una técnica clasificación que permite asociar grupos de alta similitud a partir de una matriz de ordenamiento (Pielou, 1984). En términos generales, el análisis de clasificación de los transectos de muestreo considerando la presencia–ausencia de las especies (coeficiente de Jaccard) no mostró un patrón bien definido en cuanto al agrupamiento de los transectos, ya que tiende a combinar los transectos ubicados en el ambiente arrecifal con el ambiente rocoso constituyéndolos como un grupo de alta similitud lo que se explica por el elevado número de especies entre ambos; sin embargo, las abundancias relativas de las especies son contrastantes. Quizá el único grupo bien definido a lo largo de los meses de análisis son los transectos que conforman en ambiente arenoso los cuales constituyen un segundo grupo de gran similitud. Sin embargo, uno de los grandes inconvenientes de utilizar coeficientes binarios o índices cualitativos como medidas de similitud es que no considera la abundancia de las especies y dentro de la ecuación una especie rara tiene el mismo valor que una especie muy abundante (Pielou, 1984 y Magurran, 1988). Si consideramos un índice

cuantitativo (como el índice de Morisita) el agrupamiento de los transectos cambia considerablemente y se observa una clasificación similar al observado con el método de Ward (mínima varianza). De igual forma, un análisis de factores por componentes principales arrojó resultados similares al método de Ward por lo que estos análisis no fueron incluidos en el presente estudio, evitando de esta forma duplicar información con resultados similares.

El análisis de cluster a través del método de mínima varianza considerando la densidad de las especies muestra resultados más acordes con lo observado durante los meses de muestreo. El ordenamiento de los transectos analizados muestra una estrecha relación con los cambios espaciales y temporales de la estructura de la comunidad. Al respecto, las condiciones de los transectos 1, 2 y 5 tienden a agruparse durante los primeros meses y aún cuando presentan variaciones, se mantienen independientes de los otros transectos. En términos generales los transectos correspondientes al arrecife coralino tienden a mantenerse agrupados a través del tiempo, hecho que se manifiesta durante los meses de marzo y agosto donde se agrupan los 5 transectos propuestos para este ambiente. Un comportamiento similar se observa para los transectos 9 y 10 (ambiente arenoso) que a pesar de su cercanía presentan condiciones estructurales diferentes y se agruparon principalmente durante los meses de abril, junio y agosto. El agrupamiento de estos transectos se debe a los valores de abundancia de especies formadoras de cardúmenes distribuidas sobre el sustrato arenoso y arrecifal. Para los meses restantes suelen agruparse con transectos ubicados en la vecindad del ambiente de arena (transecto 3 y transecto 6).

Respecto a los transectos ubicados en el ambiente rocoso, sus agrupamientos parecen estar asociados a cambios estacionales y a su cercanía con otros transectos (transectos 1 y 10). En términos generales, los transectos 7 y 8 tienden a formar un grupo de alta similitud en conjunto con algunos transectos arrecifales. El agrupamiento de este ambiente se ve reflejado durante casi todos los meses de muestreo exceptuando el mes de junio donde se agrupan con los transectos de la vecindad arrecifal. Sin embargo, las características estructurales de este tipo de ambientes indican que muestran una gran heterogeneidad ambiental lo que permite el establecimiento de un gran número de especies, pues ofrecen más recursos tanto de hábitat como de alimento. De esta forma, se puede establecer que las técnicas de agrupamiento y clasificación basadas en la abundancia de las especies permiten dividir a la bahía en tres ambientes principales: arrecife coralino, ambiente de arena y ambiente rocoso.

### **Especies dominantes**

Las especies dominantes son clave para el entendimiento más profundo de la ecología de un sistema, ya que adoptan diversas estrategias biológicas a las que se debe el éxito en la utilización de los hábitats, ejerciendo control intenso sobre la presencia de las otras especies dentro de un sistema. El éxito ecológico de las especies dominantes se refleja en su gran abundancia y amplia distribución, lo cual determina el importante papel ecológico que las especies dominantes tienen en el flujo de materia y energía (Pauly, 1982; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

De las 65 especies determinadas para el área de estudio, aproximadamente 10 especies constituyen más del 80% de la abundancia numérica total. Algunas especies como *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, *Chromis atrilobata*, *Abudefduf troschelii* y *Prionurus punctatus* fueron abundantes durante los cinco meses de muestreo. *Selar crumenophthalmus* y *Chaetodon humeralis* fueron abundantes en tres de los cinco meses analizados; y tanto *Haemulon maculicauda* como *H. steindachneri* fueron abundantes en dos de los cinco meses de muestreo. En cuanto a la distribución de las especies, *Stegastes acapulcoensis* y *Microspathodon dorsalis* presentaron una alta frecuencia (superior al 60%) durante los cinco meses de muestreo, y *Thalassoma lucasanum* fue altamente frecuente en cuatro de los cinco meses analizados.

Para los ambientes propuestos, se observa que 7 de las 50 especies presentes en el arrecife coralino constituyeron el 80% de la abundancia total, estas fueron, en orden de abundancia: *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Selar crumenophthalmus*, *Chromis atrilobata*, *Haemulon maculicauda* y *Chaetodon humeralis*. Para el ambiente rocoso 7 de las 45 especies constituyeron más del 80% de la abundancia total, estas fueron, en orden de abundancia: *Stegastes acapulcoensis*, *Thalassoma lucasanum*, *Chromis atrilobata*, *Microspathodon dorsalis*, *Abudefduf troschelii*, *Apogon pacificus* y *Halichoeres notospilus*. Para el ambiente de fondo arenoso se observó que *Selar crumenophthalmus*, *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri*, *Mugil curema*, *Caranx caninus*, y *Mulloidichthys dentatus* comprendieron más del 75%



de la abundancia total, y solo 6 de las 42 especies presentes en este ambiente (Tabla 17).

De lo anterior se puede considerar que *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Chromis atrilobata*, *Haemulon maculicauda* y *Chaetodon humeralis* son especies dominantes en la bahía La Entrega debido a que en conjunto, estas especies constituyeron más del 55% de la abundancia total dentro del sistema y se encontraron ampliamente distribuidas en el área de estudio, principalmente al arrecife coralino. Sin embargo, *Halichoeres notospilus* es una especie abundante en el ambiente rocoso y frecuente a lo largo de los meses analizados. Para el ambiente arenoso *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri*, *Mugil curema* y *Mulloidichthys dentatus* son especies abundantes y frecuentes en al menos cuatro de los cinco meses de muestreo. Es importante mencionar que *Apogon pacificus* es una especie abundante en el ambiente rocoso, pero que únicamente fue observada en el mes de junio por lo que no fue considerada como dominante. Esta especie presenta hábitos alimentarios nocturnos y durante el día busca refugios en los alrededores del arrecife. Su actividad está directamente relacionada con la disponibilidad de luz, motivo por el cual presentó una frecuencia relativa muy baja, aunado a que su distribución es de aguas más profundas, lo cual requiere de una búsqueda entre las oquedades del ambiente rocoso y arrecifal entre los 6 y 8 metros de profundidad (Thomson et al., 1979; Allen y Robertson, 1998).

*Thalassoma lucasanum* es la principal especie dominante en el área de estudio, debido a que presentó una alta frecuencia (superior al 70%) y gran abundancia relativa (mayor al 20%). Es una especie abundante en arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical, de hábitos diurnos, principalmente planctívoro de aguas poco profundas (<5m), pero su dieta también incluye algas, crustáceos y coral blando (Thomson *et al.*, 1979; Warner y Hoffman, 1980). Esta especie suele perseguir a los buzos durante el recorrido por lo que su abundancia puede estar sesgada por esta característica. Al igual que otras hembras del mismo género, las hembras de esta especie pueden revertir sexualmente, influenciado por aspectos sociales principalmente en grandes poblaciones como un mecanismo de defensa del recurso (Warner y Hoffman, 1980; Foster, 1987). Las hembras y fases iniciales de los machos son pequeñas, desovan en grupos y mantienen un patrón de coloración, en contraste con la fase terminal de los machos los cuales son mas grandes, desovan en pares (esto es, un macho por hembra) y muestran cambios en su patrón de coloración (Warner y Hoffman, 1980; Giraldo *et al.*, 2001).

De acuerdo con Giraldo *et al.* (2001), la distribución y abundancia de *T. lucassanum* se encuentra asociada a zonas de alimentación y a la diferenciación en su sistema social observado en arrecifes coralinos de Colombia. Al respecto, encuentran que no existe una relación entre la abundancia de esta especie con la complejidad topográfica y arrecifal, lo cual puede explicar su amplia distribución y frecuencia en el ambiente arrecifal y rocoso. De forma alterna, su mayor abundancia en el arrecife coralino podría estar ligada a una disponibilidad de alimento, ya que el arrecife puede proveer condiciones favorables para el

desarrollo de algas bentónicas y consecuentemente de pequeños crustáceos herbívoros, los cuales son el principal alimento de *T. lucasanum* (Williams, 1991)

La segunda especie en importancia es *Stegastes acapulcoensis*, especialmente abundante en el arrecife coralino. Al igual que otras especies de la familia Pomacentridae, es una especie territorialista, de hábitos diurnos y ampliamente distribuida tanto en el arrecife coralino como en el ambiente rocoso. Es una especie omnívora que forrajea pequeños invertebrados y algas bentónicas, y su reproducción se realiza en los meses de primavera y se extiende hasta el verano en el Golfo de California (Thomson *et al.*, 1979). En el área de estudio presenta una gran abundancia durante la época de lluvias y decrece considerablemente durante la época de secas. Meekan *et al.* (2001), estimaron la longevidad de esta especie, y encontraron que en las Islas Galápagos alcanza edades mayores a los 20 años y en Panamá reportaron edades mayores a los 10 años. El análisis sugiere que los individuos más viejos de las poblaciones de *Stegastes acapulcoensis* en las Islas Galápagos fueron principalmente derivados para clases anuales que coinciden con condiciones de tormentas por el fenómeno de El Niño en 1982-1983; sin embargo, las causas que motivan este patrón aún son desconocidas y pueden explicarse como un efecto de las tormentas, facilitando el transporte de larvas a través de las costas del Pacífico Oriental hacia estas islas. Este tipo de factores podrían estar ocurriendo para el área de estudio ya que en 1998 se presentaron tres tormentas de forma secuencial en el área de estudio (Olaf, Paulina y Rich). Aunque no se reportan grandes daños sobre la comunidad arrecifal muy poco se conoce sobre los efectos que tuvieron estos disturbios

sobre la comunidad de peces (Lirman, *et al.* 2000). Existe una amplia discusión acerca de los efectos que tiene las alteraciones sobre la comunidad de peces en los arrecifes coralinos y se conoce muy poco acerca del daño que pueden ocasionar los disturbios del hábitat sobre la fauna de peces (Jones y Syms, 1998). Sin duda alguna, las alteraciones pueden ocasionar efectos indirectos a los organismos al modificar la estructura de su hábitat pero eso dependerá de la intensidad del disturbio, su periodicidad y su repercusión en la estructura de la comunidad arrecifal.

Una especie dominante en el área de estudio es *Chromis atrilobata* ya que forma agrupaciones sobre del arrecife y muestra ciertas preferencias hacia zonas más profundas (6 a 20 m). Sin embargo, para el área de estudio se observan cardúmenes en aguas poco profundas del arrecife así como aguas mas profundas de el ambiente rocoso (3 a 6 m) hecho que posiblemente se encuentra asociado a su tipo de alimentación la cual se basa principalmente de zooplancton. Esta especie presentó un aumento considerable en su abundancia durante la época de lluvias y su menor abundancia se encontró en los meses correspondientes a la época de secas.

Una especie importante en arrecifes coralinos del Pacífico y también en las bahías de Huatulco es *Prionurus punctatus*, cuya dominancia esta determinada por sus hábitos gregarios. Esta especie es de hábitos diurnos y al igual que otros miembros de la familia Acanthuridae forma grandes cardúmenes a lo largo del arrecife coralino. Debido a que su dieta es herbívora, se le encuentra en arrecifes

rocoso someros a profundidades entre 6 y 12 m, y en ocasiones se le ha observado a profundidades de hasta 30 m (Thomson *et al.*, 1979). En el área de estudio es común observarla formando cardúmenes con otras especies de la misma familia (*Prionurus laticlavus* y *Acanthurus xanthopterus*). A pesar de ser una especie muy abundante, existe muy poca información acerca de su distribución y abundancia en el área de estudio. Esta especie presenta su máxima abundancia en el arrecife coralino y en ocasiones se observaron organismos solitarios alimentándose de algas incrustadas sobre el coral. Presenta variación temporal en la abundancia debido a que sus máximos se observaron durante la época de secas. De acuerdo con Montgomery *et al.* (1980) *Prionurus punctatus* regula la composición y estructura de la comunidad de algas en el arrecife de Punta Colorada en el Golfo de California, lo cual puede tener un impacto similar en otros sistemas de arrecifes donde su influencia probablemente sea distinta a la de otros ramoneadores. Esta afirmación contribuye de forma interesante en el control del crecimiento poblacional de la comunidad de algas debido a que dicho crecimiento sobre el arrecife obstaculiza su recuperación inhibiendo la actividad de los corales pocilóporos con zooxantelas. Este efecto posiblemente se encuentre relacionado con actividades humanas y eventos catastróficos como tormentas y huracanes donde se observan un gran crecimiento de algas sobre el sustrato coralino principalmente en aquellas zonas mas deterioradas (Jones y Syms, 1998), aunado a un alto crecimiento poblacional de erizos que se alimentan principalmente de corales muertos como es el caso de *Diadema mexicanum* (Guzman, 1988). Se recomienda realizar estudios poblacionales y de hábitos alimentarios con *Prionurus punctatus* para determinar sus efectos en la

comunidad de algas en el arrecife La Entrega, ya que ramoneadores grandes y no selectivos sustentan la idea de que pueden llegar a regular el crecimiento de algas dentro de un sistema, lo cual se encuentra en función de su densidad poblacional y la cantidad de algas que consuman en términos de biomasa (Lewis, 1985). Montgomery *et al.* (1980) sugieren que la manipulación en las presiones del pastoreo a través de la manipulación del tamaño poblacional de *Prionurus punctatus* puede ser un camino efectivo en el manejo, conservación o rehabilitación de la flora y fauna en ecosistemas tropicales de arrecifes coralinos.

Otra especie importante es *Abudefduf troschelii* debido a su gran abundancia y frecuencia en el área de estudio; es una especie de hábitos diurnos que suele formar amplios agregados sobre el arrecife. Su dieta incluye plancton superficial y ramonea algas e invertebrados bentónicos sobre el arrecife (Thomson *et al.*, 1979). Es especialmente abundante durante los meses correspondientes a la época de lluvias, principalmente en el arrecife coralino. La abundancia de esta especie en el ambiente arenoso se debe a ciertas características ambientales, ya que este ambiente posee un bloque rocoso que permite a esta especie construir nidos sobre la superficie vertical de la roca a pocas profundidades, mostrando conductas agresivas por parte de los machos como un mecanismo de defensa paternal y de recurso durante su reproducción (Foster, 1989; Thomson *et al.*, 1979).

La última especie abundante y frecuente en el área de estudio fue *Microspathodon dorsalis*, la cual es herbívora y sumamente territorialista que defiende zonas de alimentación y de crianza. Su reproducción ocurre desde el mes de abril y continúa durante el verano en el Golfo de California (Thomson *et al.*, 1979). Muy poco se conoce acerca de los factores que determinan su distribución y abundancia en arrecifes coralinos pero para el área de estudio podemos afirmar que presenta una mayor abundancia durante la época de lluvias principalmente en el ambiente rocoso. Es importante realizar estudio con *M. dorsalis* debido a que esta especie ejerce una profunda influencia en la diversidad y productividad en grupos de plantas y animales de arrecifes del Pacífico (Montgomery, 1980), lo cual puede tener un efecto similar en el área de estudio.

Algunas especies muestran una gran abundancia para el área de estudio, pero no son consideradas como dominantes, debido a que son poco frecuentes y suelen ser especies no residentes u ocasionales dentro de la comunidad arrecifal. Un caso particular es *Selar crumenophthalmus*, una especie que forma cardúmenes de cientos o miles de peces y que se alimenta principalmente de zooplancton y larvas peces, y en su dieta también incluye invertebrados bentónicos y pequeños crustáceos (Smith-Vaniz, 1995). La presencia de esta especie en el área de estudio se encuentra ligada a cuestiones alimentarias, ya que suele acercarse a la zona costera formando grandes cardúmenes con una mayor abundancia durante los meses donde la temperatura del agua disminuye considerablemente (marzo y abril). La disminución en la temperatura del agua está asociada con el efecto de surgencia eólica que se presenta en el Golfo de Tehuantepec durante la

temporada de vientos “Tehuano”, efecto que se intensifica durante los meses de octubre a abril, y por el patrón de circulación en la región transporta agua hacia las bahías de Huatulco que se caracteriza por su baja temperatura y su riqueza en nutrientes (Lavín *et al.*, 1992; Monreal-Gómez y Salas de León, 1998).

### **Análisis estadístico y prueba de hipótesis**

Las diferencias encontradas entre las abundancias de los ambientes analizados durante a los cinco meses de muestreo, se deben principalmente a las diferencias en cuanto a la distribución temporal de la comunidad de peces, la cual presenta una estacionalidad muy marcada, relacionada con la complejidad estructural en cada uno de los ambientes. Por otro lado, las variaciones en la abundancia de las especies dominantes, así como la diversidad y riqueza específica son factores importantes en la estructura de la comunidad de peces en cada ambiente, lo que repercute en la diferenciación de sus abundancias en los diferentes meses.

Asimismo, la prueba de Kolmogorov-Smirnov indica que en todos los meses se presentaron diferencias en cuanto a la distribución de las abundancias de las especies, lo cual se observa al realizar un análisis conjunto para los cinco meses de muestreo (Tabla 21). Este resultado se atribuye a que el análisis considera las abundancias acumuladas de cada especie en cada ambiente, y al no ser las mismas especies dominantes en cada área durante cada uno de los meses, induce a que las diferencias entre ellas sean estadísticamente significativas (Pérez-España *et al.*, 1996).



Tabla 21. Resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comparar las abundancias de los ambientes analizados durante el ciclo anual en la bahía La Entrega, Huatulco, Oax.

<b>Ambientes</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov (D)</b>	<b>P</b>	<b>Especie con mayor diferencia entre ambientes</b>
<b>Arrecife-Roca</b>	0.4808	P < 0.001	<i>Trachinotus rhodopus</i>
<b>Arrecife-Arena</b>	0.4935	P < 0.001	<i>Thalassoma grammaticum</i>
<b>Roca-Arena</b>	0.0863	P < 0.001	<i>Sphoeroides lobatus</i>

Las especies que muestran mayor diferenciación entre los ambientes son *Trachinotus rhodopus* (arrecife-roca), *Thalassoma grammaticum* (arrecife-arena) y *Sphoeroides lobatus* (roca-arena). Estas especies fueron poco abundantes y su frecuencia esta confinada para un solo ambiente, razón por la cual, estas especies son consideradas con mayor diferenciación para el análisis.

Al comparar el índice de diversidad (H'n) en cada uno de los ambientes, se observa que durante los meses de noviembre, abril y agosto no presenta diferencias significativas entre algunos de los ambientes. Este hecho puede ser explicado a través del propio índice ya que presenta valores muy semejantes entre los ambientes analizados principalmente durante el mes de noviembre. Sin embargo, la prueba utilizada no considera otros parámetros como la riqueza específica y la composición de especies, las cuales contribuyen a explicar las diferencias en la diversidad y abundancia de las especies dentro de un sistema. Es importante señalar que, a pesar de ser una prueba muy utilizada y de resaltar su utilidad cuando se desea monitorear diversidades de un sistema en diferentes años (Magurran, 1988), los resultados obtenidos de esta prueba deben analizarse considerando la interpretación ecológica pertinente en cada análisis estadístico.

La relación observada entre la riqueza específica y la temperatura presenta un comportamiento similar al reportado para arrecifes rocosos del Golfo de California por Pérez-España *et al.* (1996). Esta relación puede deberse a que las temporadas de reclutamiento de peces en sistemas tropicales se encuentran asociadas a las estaciones más cálidas del año y a una mayor disponibilidad alimenticia, garantizando el éxito en la sobrevivencia y que a su vez repercute en el establecimiento de un mayor número de especies. En las estaciones donde la temperatura decrece considerablemente, la depredación, competencia y disminución de alimento se asocian a la disminución en la abundancia de los organismos y en el establecimiento de un menor número de especies.

## CONCLUSIONES

1. La ictiofauna de la Entrega está constituida por más de 65 especies, 47 géneros y 28 familias. Las familias mejor representadas fueron: Labridae con 9 especies y 6 géneros, Pomacentridae con 8 especies y 4 géneros y Tetraodontidae con 5 especies y 3 géneros.
2. La mayor densidad de peces durante el ciclo anual es característica del arrecife coralino, principalmente durante la época de lluvias. La menor densidad se presenta durante el periodo de sequía y de menor temperatura del agua, característico del ambiente arenoso.
3. La diversidad (HB y H'n) y riqueza de especies (D) se presentan durante la época de lluvias y su valor mínimo en la época de secas. En ambos casos, estos valores se presentan en ambiente arenoso asociado a un bloque rocoso.
4. El número de especies (S) presenta un comportamiento muy semejante a la diversidad y riqueza específica, y su valor máximo se presenta durante la época de lluvias.
5. La clasificación y agrupamiento de los ambientes esta determinada por variaciones espaciales y temporales de la comunidad de peces, lo que permitió dividir a La Entrega en los tres ambientes principales: arrecife coralino, arrecife rocoso y fondo arenoso.

6. Considerando la abundancia relativa de las especies, su frecuencia a través del tiempo y su amplia distribución en el área de estudio, se concluye que *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes acapulcoensis*, *Prionurus punctatus*, *Chromis atrilobata*, *Haemulon maculicauda* y *Chaetodon humeralis* son especies dominantes en el arrecife coralino y en general de La Entrega.
  
7. La dominancia por ambiente determina que *Stegastes acapulcoensis*, *Microspathodon dorsalis*, *Chromis atrilobata* y *Halichoeres notospilus* son especies dominantes en el ambiente rocoso, y *Haemulon maculicauda*, *Haemulon steindachneri*, *Mugil curema* y *Mulloidichthys dentatus* son dominantes en el ambiente arenoso.
  
8. La riqueza de especies tiene una relación directa con la temperatura, con la mayor riqueza en las temperaturas máximas, correspondiente a los meses de noviembre-02 a agosto-03.
  
9. La distribución de las abundancias en cada uno de los ambientes analizados (arrecife, roca y arena), son estadísticamente diferentes durante los cinco meses de muestreo.

## LITERATURA CITADA

- Allen, G. R. y D. R. Robertson. 1998. Peces del Pacífico Oriental Tropical. CONABIO, Agrupación Sierra Madre y CEMEX. 327 p.
- Almada-Villela, P. M. McField, P. Kramer, P. Richards y E. Arias-González. 2002. Status of Coral Reef of Mesoamerica–Mexico, Belize, Guatemala, Honduras, Nicaragua and El Salvador, p. 303-324. In: C. Wilkinson (ed.). Status of Coral Reef or the world. GCRMN–Australian. Institute of Marine Science.
- Anand, P. E. V. y N. K. Pillai. 1995. Studies on some aspects of biology and ecology of coral reef fishes of Lakshadweep with observations on other coral reef ecosystems of India. *Central. Mar. Fish. Res.* 61: 99-111.
- Arellano-Martínez, M. B. P. Ceballos-Vázquez, F. García-Domínguez y F. Galván-Magaña. 1999. Reproductive biology of the king angelfish *Holocanthus passer Valenciennes*, 1846 in the Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 65 (3):677-685.
- Barrientos-Villalobos, J. 2000. Diversidad y abundancia de la ictiofauna de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Huatulco. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Puebla, México. 54p.
- Bakus, J. G. 1994. Coral Reef Ecosystems. A.A Balkema, Rotterdam Germany. 232 p.
- Bohnsack, J. A. y S .P. Bannerot. 1986. A stationery visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes. NOAA Technical Report. NMFS 41: 1-15.

- Booth, D. J. y G. Wellington. 1998. Settlement preferences in coral reef fishes: Effects on patterns of adult and juvenile distributions, individual fitness and population structure. *Australian Journal of Ecology*. 23 (3):274-279
- Brock, V. E. 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bull. Mar. Sci.* 32: 269-276.
- Buckley, R. M. y G. J. Hueckel. 1989. Analysis of visual transects for fish assessment on artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.* 44 (2): 893-898.
- Caballero, J. A y J. J. Schmitter-Soto. 2001. Diversity of fishes coral patches of the Mexican Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 68 (2): 337-342.
- Choat, H. J. y D. R. Bellwood. 1985. Interactions amongst herbivorous fishes on a coral reef: influence of spatial variation. *Marine Biology*. 89: 221-234.
- Choat, H. J. y D. R. Bellwood. 1991. Reef Fishes: Their History and Evolution, p. 39-47. In: P. F. Sale (ed.). *The Ecology of Fishes on Coral Reef*. Academic Press. Inc. San Diego, CA.
- Chesson, P. 1998. Recruitment limitation: A theoretical perspective. *Australian Journal of Ecology*. 23 (3): 226-233.
- Caley, M. J. 1995. Community dynamics of tropical reef fishes: Local patterns between latitudes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 129 (1-3): 7-18.
- Connell, S. D., M. A. Samoily, M. P. Lincoln Smith y J. Leqata. 1998. Comparisons of abundance of coral-reef fish: Catch and effort surveys vs visual census. *Australian Journal of Ecology*. 23 (6): 579-586.
- Díaz-Ruiz, S. y A. Aguirre-León. 1996. Diversidad y conjuntos ictiofaunísticos del sistema arrecifal de Cozumel, Quintana Roo, p. 817-832. In: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds). *Biodiversidad Marina y Costera de México*.

CONABIO-CIQRO, México. 865 p.

Díaz-Ruiz, S., A. Aguirre-León, C. Macuilt y O. Pérez. 1993. Seasonal patterns of distribution and abundance of snappers in the Mexican Caribbean, p. 43-50. In: F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro, M.C. Balgos and D. Pauly (eds.). Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM Conf. Proc. 48,498 p.

Duarte, C. S. y P. A Acero. 1988. Hábitos alimentarios de los peces del género *Acanthurus* (Perciformes: Acanthuridae) en la región de Santa María (Caribe colombiano). *Rev. Biol. Trop.* 36 (2B): 399-405.

Elorduy-Garay, F. J. y S. V. Jiménez-Gutiérrez. 2000. Metodología para el estudio de los peces de arrecifes, p. 209-228. In: O. Aburto-Oropeza y C. A. Sánchez-Ortiz (eds). Recursos arrecifales del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.

Fiedler, P. C. 1992. Seasonal climatologies and variability of Eastern Tropical Pacific Surface waters. *NOAA Tech. Rep. NMFS.* 109: 1-65.

Fischer J., W. Krupp, F. Schneider, W. Sommer, C. Carpenter, K. E y V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. 2: 647-1200.

FONATUR. 1985. Estudio integral de aprovechamiento litoral y usos del suelo en playas y Bahías de Huatulco, Oax.

Foster, S.A. 1987. Acquisition of a defended resource: A benefit of group foraging for the neotropical wrasse, *Thalassoma lucasanum*. *Environ. Biol. Fish.* 19 (3): 215-222.

- Foster, S. A. 1989. The implications of divergence in spatial nesting patterns in the geminate Caribbean and Pacific sergeant major damselfishes. *Anim. Behav.* 37 (3): 465-476.
- Gauch, H. G. 1989. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 246.
- Giraldo, A., C. Gómez y F. Ospina. 2001. Abundance and spatial distribution of *Thalassoma lucasanum* (Gill, 1863) in a coral reef of the Eastern Tropical Pacific. *Bull. Mar. Sci.* 68 (1): 147-152.
- Glynn, P. W y G.M. Wellington. 1983. Corals and coral reefs of the Galápagos Islands. University of California Press, Berkeley.
- Glynn, P. W. y E. Leyte-Morales. 1997. Coral reefs of Huatulco, West Mexico: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. *Rev. Biol. Trop.* 45(3): 1033-1047.
- Glynn, P. W. 1999. *Pocillopora inflata*, a new species of scleractinian coral (Cnidaria: Anthozoa) from the Tropical Eastern Pacific. *Pacific Science.* 53 (2): 168-180.
- Green, L. E. y W. S. Alevizon. 1989. Comparative accuracies of visual assessment method for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.* 44: 899-912.
- Guzmán, M. H. 1988. Distribución y abundancia de organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la Isla Caño. *Rev. Biol. Trop.* 36(2A): 191-207.
- Guzmán, M. H. y J. Cortés. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical: revisión y perspectivas. *Rev. Biol. Trop.* 41: 535-557.



- Halusky, J. G., W. J. Seaman y E. W. Strawbridge. 1994. Effectiveness of trained volunteer divers in scientific documentation of artificial aquatic habitats. *Bull. Mar. Sci.* 55(2-3): 939-959.
- Harvey, E. y M. Shortis. 1996. A system for stereo-video measurement of subtidal organisms. *Mar. Tech. Soc. J.* 29 (4): 10-12.
- Harvey, E. y M. Shortis. 1998. Calibration stability of an underwater stereo-video system: implications for measurement accuracy and precision. *Mar. Tech. Soc. J.* 32 (2): 3-17.
- Harvey, E., D. Fletcher y M. Shortis. 2001a. A comparison of the precision and accuracy of estimates of reef-fish lengths determined visually by divers with estimates produced by a stereo-video system. *Fish. Bull.* 99 (1): 63-71.
- Harvey, E., D. Fletcher, y M. Shortis. 2001b. Improving the statistical power of length estimates of reef fish: a comparison of estimates determined visually by divers with estimates produced by a stereo-video system. *Fish. Bull.* 99 (1): 72-80.
- Hernández-Ballesteros, L. M. 2002. Aspectos biológicos que afectan la estructura de la comunidad de los corales zooxantelados (ANTHOZOA: SCLERACTINIA) en el arrecife La Entrega, Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Universidad del Mar. Puerto Angel, Oaxaca. 70 p.
- Hodgson, G. 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Mar. Pollut. Bull.* 38(5): 345-355
- Jones, G. P. y C. Syms. 1998. Disturbance, habitat structure and the ecology of fishes on coral reefs. *Australian Journal of Ecology.* 23 (3): 287-297.

- Lavín, M. F., J. F. Robles, M. L. Argote, E. D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Transviña, H. S. Vélez y J. García. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo*. 8 (103): 97-109.
- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. Elsevier Science. Amsterdam. 853 p.
- Levin, P. S. 1998. The significance of variable and density-independent post-recruitment mortality in local populations of reef fishes. *Australian Journal of Ecology*. 23 (3): 246-251.
- Lewis, M. S. 1985. Herbivory on coral reefs: algal susceptibility to herbivorous fishes. *Oecologia*. 65: 370-375.
- Leyte-Morales, G.E. 2001. Estructura de la comunidad de corales y características geomorfológicas de los arrecifes coralinos de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Universidad del Mar. Puerto Angel, Oaxaca, México.
- Lieske, E. y R. Myers. 1998. Peces de arrecifes coralinos del Indo-Pacífico y Caribe. Omega. Barcelona, España. 399 p.
- Lirman, D. P.W. Glynn, A.C. Baker y G.E. Leyte-Morales. 2001. Combined effects of three sequential storms on the Huatulco coral reef tract, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 69 (1): 267-278.
- López-Pérez, R. A. y H. Reyes-Bonilla. 2000. Los corales constructores de arrecifes en el Pacífico mexicano. Una historia de 65 millones de años. *Ciencias*. 51: 4-12.
- Ludwig, J. A. y J. E. Reynolds. 1988. Statistical ecology, a primer on methods and computing. Wiley & Sons, New York. USA. 337 p.

- Luttinger, N. 1997. Community-based coral reef conservation in the Bay Islands of Honduras. *Ocean Coast. Manage.* 36(1-3):11-22.
- Luna-Vargas, I. L. E. 1993. Impacto de la infraestructura turística en Bahías de Huatulco, Oaxaca. Tesis Profesional. Univ. Nal. Autón. Mex. 180p.
- Magaña-Melgoza, P. y E. Vega-González. 1991. Problemática ambiental del desarrollo turístico Bahías de Huatulco, Oax. *Ingeniería Ambiental.* 4 (12): 6-12.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. 179 p.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3: 36-71.
- Meekan, M. C., J. L. Ackerman y G. L. Wellington. 2001. Demography and age structures of coral reef damselfishes in the tropical eastern Pacific Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 212: 223-232.
- McClanahan, T. R. 1995. A coral reef ecosystem-fisheries model: Impacts of fishing intensity and catch selection on reef structure and processes. *Ecol. Model.* 80(1): 1-19.
- McClanahan, T. R. y R. Arthur. 2001. The effect of marine reserves and habitat on populations of East African coral reef fishes. *Ecol. Appl.* 11(2): 559-569.
- McCormick, M. I. y J. H. Choat. 1987. Estimating total abundance of a large temperate-reef fish using visual strip-transects. *Mar. Biol.* 96 (4): 469-478.
- Mitchell-Arana, L. M. 1994. Perfil del coral y especies asociadas en La Entrega, Bahías de Huatulco, Oax. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. Mex. 74 p.

- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas de León. 1998. Dinámica y estructura termohalina, p. 13-26. In: M. Tapia-García (ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Montgomery, L. W. 1980. The impact of non-selective grazing by the giant blue damselfish, *Microspathodon dorsalis*, on algal communities in the Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 30: 290-303.
- Montgomery, L. W., T. Gerrodette y L. Marshall. 1980. Effects of grazing by the yellowtail surgeon fish, *Prionurus punctatus*, on algal communities in the Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 30 (4): 909-912.
- Montgomery, L. W., A. A. Myrberg y L. Fishelson 1989. Feeding ecology of surgeon fishes (Acanthuridae) in the northern Red Sea, with particular reference to *Acanthurus nigrofuscus* (Forsskål). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 32: 179-207.
- Mora-Pérez, M. G. 2002. Reclutamiento sexual y asexual de corales pétreos (ANTHOZOA : SCLERACTINIA), en seis arrecifes coralinos de la costa de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Angel, Oaxaca. 70 p.
- Nelson, J. S. 1994. Fishes of the world. John Wiley and Sons, Inc. New York. 600 p.
- Oehman, M. C., A. Rajasuriya y S. Svensson. 1998. The use of butterflyfishes (Chaetodontidae) as bio-indicators of habitat structure and human disturbance. *Ambio* 27 (8):708-716.
- 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. *Ciencias Marinas*. 22 (3): 273-294.
- Pauly, D. 1982. Studying single-species dynamics in a tropical multispecies context, p. 33-70. In: D. Pauly and G.J. Murphy (eds.). Theory and management of tropical fisheries. ICLARM Conference Proceeding 9, Manila, Philippines.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. Wiley & Sons. New York. 165 p.
- Pielou, E. C. 1977. Mathematical Ecology. Wiley & Sons. New York. 385 p
- Pielou, E. C. 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. Wiley & Sons. New York. 145 p.
- Ramírez-Gutiérrez, J. M. 2004. Estructura de la comunidad de peces en la Bahía de San Agustín Huatulco, Oaxaca. Informe final de servicio social. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 66 p.
- Reyes-Bonilla, H. 1993. Biogeografía y Ecología de los Corales Hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. p. 207-222. In: S.I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO-CIQRO, México. 865 p.
- Reyes-Bonilla, H. y G. E. Leyte-Morales. 1998. Corals and coral reef of the Puerto Angel region, west coast of Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 46(3): 679-681.
- Reyes-Bonilla, H. J. D. Carriquiry, G. E. Leyte-Morales y A. L. Capul-Magaña. 2002. Effects of the El Niño–Southern Oscillation and the anti–El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of Mexico. *Coral Reefs*. 21: 368-372.

- Robertson, D. R. y K. W. Kaufmann. 1998. Assessing early recruitment dynamics and its demographic consequences among tropical reef fishes: accommodating variation in recruitment seasonality and longevity. *Australian Journal of Ecology*. 23(3): 216-225.
- Rodríguez-Palacios, C. A., Michell-Arana, L. M. Sandoval-Díaz, G. y G. Green. 1988. Los moluscos de las Bahías de Huatulco y Puerto Angel, Oaxaca. Distribución, diversidad y abundancia. *Universidad y Ciencia*. 5(9): 85-94.
- Rodríguez-Palacios, C. A. 1989. Caracterización de dos comunidades asociadas a facies rocosas, en las bahías "El Maguey" (Huatulco) y de Puerto Ángel, Oaxaca (Distribución, Diversidad y Abundancia). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. Mex. 94p.
- Rodríguez-Troncoso, A. P. 2004. Caracterización del ciclo reproductivo de *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758), en el arrecife de La Entrega, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Angel, Oaxaca. 62 p.
- Sale, F. P. 1980. The ecology of fishes on coral reef. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 18: 367-421.
- Sale, F. P. 1991. The Ecology of Fishes on Coral Reef. Academic Press. Inc., San Diego, CA.
- Sale, F. P. 1991a. Introduction: Ecology of Coral Reef Fishes, p. 3-11. In: P.F. Sale (ed). The Ecology of Fishes on Coral Reef. Academic Press. Inc., San Diego, CA.
- Sale, F. P. 1991b. Reef Fish Communities: Open Nonequilibrium System, p. 564-598. In: P.F Sale (ed). The Ecology of Fishes on Coral Reef. Academic Press.

- Inc., San Diego, CA.
- Sale, P. F. y W. A. Douglas. 1981. Precision and accuracy of visual census technique for fish assemblages on coral patch reefs. *Environ. Biol. Fish.* 6: 333-339.
- Sale, P. F. y W. A. Douglas. 1984. Temporal variability in the community structure of fish on coral patch reef and the relation of community structure to reef structure. *Ecology.* 65 (2): 333-339.
- Sale, P. F. y B. J. Sharp. 1983. Correction for bias in visual transect censuses of coral reef fishes. *Coral Reefs.* 2: 37-42.
- Salgado-Ugarte, I. H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. ENEP-UNAM. México. 243 p.
- Sandoval-Díaz, G. 1988. Estudio de las comunidades bénticas de la zona rocosa litoral y sublitoral de localidades en Bahías Huatulco, Oaxaca. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. Mex. 96 p.
- Sano, M. 1991. Patterns of habitat and food utilization in two coral-reef sandperches (Mugiloididae): competitive or non-competitive coexistence? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 140: 209-223.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002a. Programa de manejo del Parque Nacional Huatulco, México. 164 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002b. Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Instituto Nacional de Ecología. 6 de marzo del 2002.

- Shannon, C. E. y W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, 117p.
- Shulman, M. J. 1985. Recruitment of coral reef fishes: Effects of distribution of predators and shelter. *Ecology*. 66: 1056-1066.
- Smith-Vaniz, W. F. 1995. Carangidae. Jureles, pámpanos, cojinúas, zapateros, cocineros, casabes, macarelas, chicharros, jorobados, medregales, pez pilota, p. 940-986. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem (eds.). *Guía FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental*. FAO, Roma.
- Sorokin, I. Y. 1995. *Coral Reef Ecology*. Springer, New York. 465 p.
- Sosa-Rosas, L. 1995. Composición y variación del zooplancton presente en algunas localidades del desarrollo turístico "Bahías de Huatulco, Oaxaca durante 1990-1991. Tesis de Maestría en Ciencias. Univ. Nal. Autón. Mex. 69 p.
- Tapia-García, M. 1998. Evaluación ecológica de la ictiofauna demersal, p. 129-148. In: M. Tapia-García (ed.). *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Tapia-García, M., E. Ramos-Santiago y A. Ayala-Cortés. 1998. La actividad humana y su impacto en la zona costera con énfasis en el Istmo de Tehuantepec, p. 209-228. In: M. Tapia-García (ed.). *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Thomson, D. A., L. T. Findlye y A. N. Kerstitch. 1979. *Reef Fishes of the Sea of Cortez*. University of Arizona Press. Arizona. 302 p.



- Villareal-Cavazos, A. H. Reyes-Bonilla, B. Bermúdez-Aldana y O. Arizpe-Covarrubias. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: *Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. Rev. Biol. Trop.* 48 (2-3): 236-244.
- Waite, S. 2000. *Statistical Ecology in Practice. A guide to analysing environmental and ecological field data.* Pearson Education Limited. England. 414 p.
- Ward, J. 1963. Hierarchical grouping to optimise an objective function. *J. Amer. Statist. Ass.* 58: 236-244.
- Warner, R. R. y G. S. Hoffman. 1980. Local population size as a determinant of mating system and sexual composition in two tropical marine fishes (*Thalassoma spp.*). *Evolution.* 34 (3): 508-518.
- Williams, D. McB. 1991. Patterns and Processes in the Distribution of Coral Reef Fishes, P. 437–474. In: P.F Sale (ed). *The Ecology of Fishes on Coral Reef.* Academic Press. Inc., San Diego, CA.
- Williams, D. McB y P. F. Sale. 1981. Spatial and temporal patterns of recruitment of juvenile coral reef fishes to coral habitats within "One Tree Lagoon," Great Barrier Reef. *Mar. Biol.* 65: 245-253.
- Wyrski, K. 1967. Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. Limnol.* 1 (2): 117-147.
- Yáñez- Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil. 1988. *Ecología de los recursos demersales marinos: fundamentos en costas tropicales.* AGT Editor, S.A. México, D.F. 228 p.
- Zamorano de Haro, P. 2004. Evaluación de la comunidad actual de moluscos y equinodermos asociados al coral *Pocillopora damicornis* y comparación con

la comunidad de 1994, en el arrecife de La Entrega, Huatulco. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Angel, Oaxaca. 62 p.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice–Hall, Inc. New Jersey. USA. 718 p.