

# UNIVERSIDAD DEL MAR



**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**

Que para cumplir los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Licenciado en Biología Marina.

**PRESENTA:**

*Pablo Zamorano de Haro*

Puerto Ángel, Oaxaca, Enero del 2004

Dedicatoria especial a:

Mis padres: Sergio Zamorano Camiro y María De Haro González, gracias por educarme como lo hicieron, por sembrar los valores que hoy defiendo, por permitirme realizar mi sueño, por su incomparable apoyo y por hacer de Sergio mi hermano.

Los quiere su hijo Pablo Zamorano De Haro.

A Don Manuel De Haro<sup>†</sup>, mi abuelo, mi gran abuelo. Que Dios te tenga en su gloria y gracias por todos tus consejos, aún los sigo escuchando.

A mis abuelas: Alicia y Marta por su incondicional apoyo y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la humanidad en general.

A mis maestros en particular\*.

A CONACYT de manera singular\*\*.

A la comunidad de Puerto Ángel y de la Universidad del Mar.

Y de manera especial a todos mis seres queridos.

\*M en C. Gerardo E. Leyte Morales (director); Norma, Luz María, Juan Meraz y Beto Montoya (revisores).

\*\*Proyecto 37528-B “El efecto del Niño 1997-98 sobre los arrecifes coralinos del Pacífico mexicano”.

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES**

A la Tisha, que compartió conmigo momentos alegres y tristes; me brindó su apoyo y confianza; y me regaló su amistad y cariño. Por eso y mucho más. MIL GRACIAS.

A mis grandes amigos (David, Diógenes, Jaime, Paco, Flaco, Carlín, Toti, Momia, Tortugo, Joaquín, Oaxaco, Gianka, Troyano) y amigas (Katy, Isabel, Edith, Lisha, Tanichus, Marisol).

A mis compañeras de trabajo (Linda y Paola) a quienes quiero mucho y que también formaron parte de mi generación que la completan (Ángeles,

Fleury, Dugui, Erick Chayo, Carmen, Gil, Gordo, Topi, Migue y Yareth). A todos ellos, gracias.

A la mar que me enamoró por su belleza y grandeza, que me conmovió con su personalidad siempre misteriosa, inquietante y quisquillosa y que me ahogó para vivir siempre en ella y de ella. "*A partir de hoy seamos uno mismo*".

## ÍNDICE GENERAL

Índice general	II
Índice de tablas	IV
Índice de figuras	VI
Resumen	VIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
3. Planteamiento del problema	5
4. Objetivos	5
4.1. Objetivo general	5
4.2. Objetivos particulares	5
5. Hipótesis	6
6. Área de estudio	7
7. Material y métodos	10
7.1. Trabajo de campo	10
7.2. Trabajo de laboratorio	11
7.3. Trabajo de gabinete	11
7.3.1. Indicadores ecológicos	13
7.3.2. Análisis estadístico	18
8. Resultados	20
8.1. Estado actual de la comunidad de moluscos y equinodermos.	20
8.1.1. Comportamiento temporal de la diversidad de moluscos y equinodermos dentro de la infauna.	20
8.1.1.1. Moluscos.	20

8.1.1.2. Equinodermos	25
8.1.2. Distribución espacial y variación temporal de los equinodermos dentro de la epifauna.	29
8.1.2.1. Asteroideos.	29
8.1.2.2. Echinoideos.	30
8.1.2.2.1. <i>Diadema mexicanum</i> .	30
8.1.2.2.2. <i>Eucidaris asteriscus</i> .	33
8.1.2.2.3. Otras especies.	35
8.2. Comparación de 1994-1995 y 2002-2003.	40
8.2.1. Diversidad de la infauna.	40
8.2.1.1. Moluscos	40
8.2.1.2. Equinodermos.	41
8.2.2. Comparación entre la abundancia de la población de <i>D. mexicanum</i> del año 1998 con respecto al año 2003.	42
9. Discusión.	44
10. Conclusiones.	57
11. Literatura citada.	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Presencia, ausencia y abundancia de especies de moluscos asociados a coral <i>P. damicornis</i> en la bahía de La Entrega para el periodo (Octubre del 2003–Agosto del 2003).	22
Tabla II. Datos de índices ecológicos para la comunidad de moluscos asociados al coral <i>P. damicornis</i> en la bahía de La Entrega.	24
Tabla III. Valores obtenidos a partir de la prueba <i>t de Hutcheson</i> para diversidad de moluscos asociados al coral <i>P. damicornis</i> en la bahía de La Entrega.	24
Tabla IV. Presencia, ausencia y abundancia de especies de equinodermos asociados a coral <i>P. damicornis</i> en la bahía de La Entrega para el periodo de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003).	26
Tabla V. Datos de índices ecológicos para la comunidad de equinodermos asociados al coral <i>P. damicornis</i> en la bahía de La Entrega.	27
Tabla VI. Valores obtenidos a partir de la prueba <i>t de Hutcheson</i> para diversidad de equinodermos asociados a <i>P. damicornis</i> en la bahía de La Entrega.	28
Tabla VII. Densidad de <i>D. mexicanum</i> en la bahía de La Entrega.	31
Tabla VIII. Valores de la prueba Newman–Keuls no paramétrica de comparación múltiple para <i>D. mexicanum</i> en la zona somera de la bahía de La Entrega.	32
Tabla IX. Valores de la prueba de Newman–Keuls no paramétrica de comparación múltiple para <i>D. mexicanum</i> en la zona profunda de la bahía de La Entrega.	33
Tabla X. Densidad de <i>E. asteriscus</i> en la bahía de La Entrega.	33

Tabla XI. Densidades de a) <i>T. roseus</i> y b) <i>E. vanbrunti</i> en la bahía de La Entrega. La n=6 en cada mes para cada profundidad.	36
Tabla XII. Valores de la prueba de Newman–Keuls no paramétrica de comparación múltiple para <i>T. roseus</i> en la zona somera de la bahía de La Entrega.	38
Tabla XIII. Valores de la prueba de Nemenyi de comparación múltiple para <i>E. vanbrunti</i> en la zona somera en bahía de La Entrega.	39
Tabla XIV. Valores de la prueba de Nemenyi de comparación múltiple para <i>E. vanbrunti</i> en la zona profunda en la bahía de La Entrega.	39
Anexo I. Valores de parámetros fisicoquímicos del agua de mar en la bahía de La Entrega para el periodo de octubre del 2002 a agosto del 2003.	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	7
Figura 2. Abundancia de moluscos por especie en la bahía de La Entrega para el periodo de muestreo (Octubre 2002 – Agosto 2003).	21
Figura 3. Abundancia total en porcentaje de moluscos asociados al coral <i>P. damicornis</i> dentro de los bimestres de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003) en la bahía de La Entrega.	23
Figura 4. Abundancia de especies de equinodermos en la bahía de La Entrega para el periodo de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003).	25
Figura 5. Abundancia total en % de equinodermos asociados al coral <i>P. damicornis</i> a lo largo del año de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003) en la bahía de La Entrega.	27
Figura 6. Abundancia de <i>P. unifascialis</i> a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega.	30
Figura 7. Abundancia de <i>D. mexicanum</i> en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega.	32

Figura 8. Abundancia de *E. asteriscus* en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega. 34

Figura 9. Abundancia de a) *T. roseus* y b) *E. vanbrunti* en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega. 37

Figura 10. Curvas de rarefacción para las comunidades de moluscos de 1994-1995 y 2002-2003 de la bahía de La Entrega. 40

Figura 11. Curvas de rarefacción para las comunidades de equinodermos de 1994-1995 y 2002-2003 de la bahía de La Entrega. 42

## RESUMEN

Los arrecifes coralinos albergan una gran cantidad de comunidades animales entre las que destacan los moluscos y los equinodermos. En las últimas décadas estos ecosistemas, se han visto afectados por el cambio climático y eventos sociales. Los daños que se presentan repercuten en las comunidades de macroinvertebrados que en ellos habitan. Los arrecifes coralinos de las costas oaxaqueñas en el Pacífico tropical mexicano, han sido testigos de eventos naturales de gran magnitud como huracanes, intensas lluvias, fenómenos Niño y Niña (1997-1998, 2002-2003) y mortalidades coralinas. Además, por contaminación antropogénica e incremento de la infraestructura y afluencia turística. Estos impactos posiblemente no han afectado de manera significativa a la estructura de las comunidades de moluscos y equinodermos de La Entrega; para comprobar esta hipótesis, se realizó un muestreo de forma bimestral completando un ciclo anual (Octubre 2002-Agosto 2003), en donde se determinó la diversidad de estos dos grupos taxonómicos y el comportamiento espacio-temporal de algunos equinodermos, entre los que destaca el erizo *Diadema mexicanum*. Posteriormente, los resultados se compararon con datos de 1994, concluyéndose que en 10 años la estructura comunitaria de moluscos y equinodermos no ha cambiado significativamente, pero si se ha detectado una tendencia hacia la disminución en su diversidad. El estado de deterioro bajo el cual se encuentra el arrecife de La Entrega, ha permitido que la abundancia de especies oradoras y coralívoras se incremente, debilitando al coral y volviéndolo más sensible a incrementos de la temperatura de la superficie del mar, provocando mortalidades como la ocurrida de octubre a diciembre a causa de El Niño moderado del 2002, lo cual incrementó las densidades del erizo *D. mexicanum* (uno de los principales bioerodadores en el Pacífico tropical americano) en la parte somera, sobre el arrecife dañado.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Los arrecifes coralinos son formaciones calcáreas de origen biológico que se desarrollan en aguas tropicales, poco profundas y oligotróficas. Albergan una gran diversidad de organismos como son: algas, moluscos, equinodermos, esponjas, poliquetos, crustáceos, peces y cnidarios, todos ellos contribuyen a la calcificación y formación del arrecife (Achituv y Dubinsky, 1990). Son ecosistemas particularmente importantes para millones de personas alrededor del mundo y brindan protección a las líneas de costa (Wilkinson, 2000).

En las últimas tres décadas los investigadores se han interesado más en las formaciones arrecifales, ya que éstas, están siendo seriamente dañadas por las pesquerías asociadas a ellos, la contaminación excesiva por nutrientes, el mayor aporte de sedimentos, actividades turísticas y en gran parte por el cambio climático global y fenómenos Niño y Niña (Brown, 1987; Díaz y Markgraf, 1992; Wilkinson, 2000; Pandolfi, 2002).

La fauna asociada a arrecifes coralinos es importante en el sistema, porque de forma directa o indirecta afectan o benefician al crecimiento del mismo (Guzmán, 1988a). Entre los habitantes más característicos de la comunidad arrecifal se encuentran los moluscos y los equinodermos, que poseen una representación alta tanto de la diversidad como de la biomasa (Jangoux y Lawrence, 1989). Estos, son los macroinvertebrados que caracterizan en gran parte a los ecosistemas arrecifales, ya que se encuentran más ligados a los procesos de bioerosión, reclutamiento coralino y dinámica ecológica de los ecosistemas arrecifales (Cumming, 1999; Carlon, 2001; Carreiro-Silva y McClanahan, 2001; McClanahan, 2002) por aspectos como lo son sus hábitos alimenticios, reproductivos y de protección (Bak, 1994). Al mismo tiempo, las cavidades producidas por los bioerosionadores sirven como refugio para otras especies (Reaka-Kudla *et al.*, 1996). Por otro lado, los moluscos y equinodermos ocupan una amplia gama de eslabones en la cadena trófica dentro del

arrecife, ya que son considerados como consumidores primarios, secundarios e incluso depredadores dependiendo de la especie (Glynn y Wellington, 1983), constituyen una fuente importante de alimento para algunos carnívoros mayores como los peces (Nybakken, 1993). Además, son diversos los nichos que ocupan dentro del arrecife y aparecen en asociaciones más o menos bien definidas, haciéndolos propensos a la identificación y caracterización en relación a sus especies más abundantes (Caso *et al.*, 1993). Los moluscos y equinodermos integran una porción considerable dentro de la infauna del coral, lo cual es importante porque utilizan grandes cantidades de mucus producidas por los pólipos y reciclan el material orgánico y los nutrientes atrapados en los intersticios evitando una pérdida de los mismos y maximizando los recursos utilizados por la comunidad arrecifal (Nybakken, 1993; Uthicke, 2001).

En consecuencia, al existir una gran diversidad de moluscos y equinodermos en la comunidad arrecifal, los cambios físicos o fisiológicos operados en el coral tanto en espacio como en tiempo, están íntimamente relacionados a la variación tanto de las especies que ocupan su superficie y se mueven en ella como las de la criptofauna. De esta forma, los cambios en la abundancia de dichas especies asociadas al coral pueden tener efectos de gran escala en la estructura arrecifal (Jangoux Lawrence, 1989). O bien, los moluscos y equinodermos pueden resultar los más afectados por las perturbaciones que puedan suceder en el arrecife (Glynn, 1985, 1988).

Las poblaciones de erizos son importantes en los arrecifes y juegan un doble papel en el ecosistema. Por un lado, lo benefician gracias a la remoción de algas sobre el sustrato, dejando espacio disponible para el asentamiento de corales (Glynn *et al.*, 1978); una reducción de erizos provoca un aumento de la biomasa algal, que trae como consecuencia retraso en el crecimiento del coral y la muerte de tejido coralino debido a la abrasión y

sombreado (Lirman, 2001; River y Edmunds, 2001; Jompa y McCook, 2002), además de provocar la retracción de los pólipos (River y Edmunds, 2001). Por otro lado, lo afectan porque las grandes densidades de erizos provocan que la tasa de bioerosión supere a la tasa de acreción o biocalcificación del arrecife (Glynn, 1988; Bak, 1994; Eakin, 1996; Reaka-Kudla *et al.*, 1996). Además, provocan que la bioerosión externa sea mayor a la bioerosión interna (Reaka-Kudla *et al.*, 1996). Otro ejemplo de equinodermos importantes en el ecosistema son las estrellas de mar, por ejemplo, *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758) provoca una destrucción coralina de  $5.35 \text{ m}^2 \text{ estrella}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en Costa Rica (Guzmán y Cortés, 1992). Por eso es importante considerar a estas poblaciones, ya que son determinantes en la estructura comunitaria de los arrecifes coralinos.

Por otro lado, se escogió al coral *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) en este trabajo, porque en costas del Pacífico mexicano los arrecifes coralinos formados por esta especie dominan (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997; Glynn y Leyte-Morales, 1997; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998; Reyes-Bonilla y Leyte-Morales, 1998), aunque en El Golfo de California y las Islas de Revillagigedo ésta especie ocupa un lugar secundario, pero los arrecifes de pocilloporidos siguen siendo preponderantes (Reyes-Bonilla, 1993a).

## 2. ANTECEDENTES

Existen trabajos en donde se elaboraron inventarios de especies de moluscos y equinodermos y compararon índices ecológicos de diversas localidades dentro de la costa oaxaqueña (Sandoval-Díaz, 1988; Rodríguez-Palacios *et al.*, 1988; Rodríguez-Palacios, 1989; Mitchell-Arana, 1994; Ramírez-Luna y Barrientos-Luján, 1999; De León-Herrera, 2000; Benítez-Villalobos, 2000).

Para el caso concreto de la bahía de La Entrega, Rodríguez-Palacios *et al.* (1988) caracterizaron la comunidad de moluscos del año de 1986; Ramírez-Luna y Barrientos-Luján (1999) registraron 47 especies de moluscos con un valor de diversidad promedio de Shannon-Wiener de  $H' = 1.030$  decits/ind en un muestreo realizado de marzo de 1994 a abril de 1995; Mitchell-Arana (1994) encontró que el grupo más abundante y con mayor cantidad de especies fue el de los moluscos, mostrando la mayor diversidad y riqueza específica tanto en la infauna como en la epifauna en un muestreo a lo largo del año de 1986. Benítez-Villalobos (2001), determinó la comunidad de equinodermos asociados al arrecife de La Entrega para el periodo (Marzo 1994–Abril 1995) y encontró un valor de diversidad promedio de Shannon-Wiener de  $H' = 2.068$  bits/ind; registró 10 especies (5 de ofiuroideos, 2 de holoturoideos, 2 de equinoideos y 1 de asteroideo). Mitchell-Arana (1994) detectó la presencia de 7 especies de equinodermos en la infauna y 9 especies en la epifauna del arrecife de La Entrega.

Por otro lado, no existen trabajos en donde se compare la estructura de comunidades de moluscos y equinodermos asociados a arrecife en dos diferentes tiempos. En algunos estudios se han evaluado las poblaciones de corales y mencionan algunos ejemplos de invertebrados, pero no es su objetivo principal (Glynn y Leyte-Morales, 1997; Reyes-Bonilla, 2001).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En un periodo de 10 años (1994-2003) se presentaron en la bahía de La Entrega diversos fenómenos, tales como, por una parte, eventos Niño y Niña acompañados de presencia de huracanes, lluvias intensas y sequías, y, por la otra, incremento en la afluencia turística y construcción de infraestructura portuaria y hotelera. Antes de ese periodo no existen registros de tales fenómenos en la zona de referencia. Sería de esperarse, por tanto, efectos de éstos, en la comunidad de moluscos y equinodermos.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

Comparar la estructura comunitaria (2002-2003) de moluscos y equinodermos que componen el sistema arrecifal de La Entrega, Huatulco, con la existente en 1994, para demostrar si son o no estadísticamente significativos los efectos de los fenómenos atmosféricos y de índole social, ocurridos en los últimos diez años.

#### **4.2. Objetivos particulares**

- Identificar las especies de equinodermos y moluscos asociados a sustrato coralino de La Entrega a lo largo del ciclo anual 2002-2003.
- Caracterizar la comunidad actual de moluscos y equinodermos de La Entrega por medio de indicadores ecológicos como la riqueza total de especies, la diversidad, la equitabilidad y la dominancia para el periodo de muestreo.



- Determinar el comportamiento espacial y temporal de los erizos y estrellas de mar que conforman la epifauna de La Entrega para el ciclo de muestreo.<sup>1</sup>

## 5. HIPÓTESIS

De acuerdo a estudios previos relativos a cobertura coralina en las costas de Oaxaca (Glynn y Leyte-Morales, 1997), es de esperarse que los fenómenos atmosféricos y de índole social ocurridos entre 1994 y 2003, no tengan efectos estadísticamente significativos en la estructura de la comunidad de moluscos y equinodermos del arrecife de La Entrega, Huatulco.

---

<sup>1</sup> Este objetivo no estaba contemplado en el diseño de la investigación. Fue incluido cuando se observó en la parte somera del arrecife un incremento en la densidad del erizo *Diadema mexicanum*, no así en otras tres especies de erizos - *Eucidaris asteriscus*, *Toxopneustes roseus* y *Echinometra vanbrunti* – y en la estrella de mar *Phataria unifascialis*. (ver apartado 8.1.2)

## 6. ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se llevó a cabo en la bahía de La Entrega ( $15^{\circ}44'30''$  N y  $96^{\circ}07'20''$  W) ubicada en las bahías de Huatulco ( $15^{\circ}42'50''$   $15^{\circ}46'00''$  N y  $96^{\circ}05'20''$   $96^{\circ}10'08''$  W) que se encuentran dentro del golfo de Tehuantepec (Fig.1).

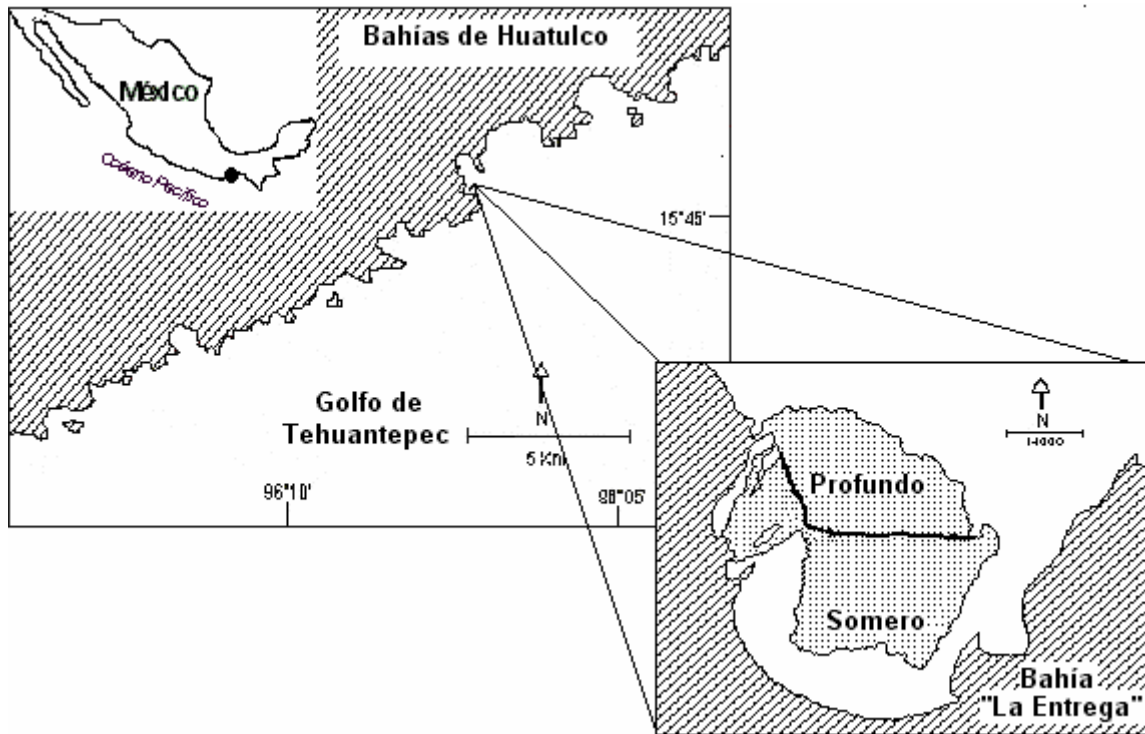


Figura 1. Ubicación del área de estudio (Modificado de Hernández-Ballesteros, 2002)

El golfo de Tehuantepec presenta una termoclina permanente alrededor de los 60 u 80 m de profundidad, es decir, relativamente somera, la capa de mezcla se encuentra entre los 20 y 30 m a lo largo de la costa (Fiedler, 1992).

Las corrientes que afectan al golfo de Tehuantepec son: una rama débil de la Corriente de California que fluye hacia el sur, con una velocidad de entre 0.5 y 0.35 nudos dependiendo de la época del año, es casi paralela a la costa con un ligero componente en alta mar, trae agua fría y de salinidad baja; la Contracorriente Ecuatorial que fluye hacia el este con una

velocidad de 0.75 nudos con agua caliente y alta salinidad; la Corriente Ecuatorial del Norte que se alimenta de la Corriente de California y del agua del Pacífico oriental tropical, fluye hacia el oeste con una velocidad constante a lo largo del año de 0.3 nudos; la Corriente Costera de Costa Rica se mueve hacia el noroeste y al oeste, la velocidad excede los 0.5 nudos y es una masa de agua cálida (Wyrтки, 1965; Fiedler, 1992)

En el golfo de Tehuantepec se presentan cambios en la pauta de circulación que están claramente relacionados con las variaciones en la intensidad y localización del sistema principal de los vientos (Wyrтки, 1965). Dichos cambios en la circulación se relacionan con la época de los tehuanos (Noviembre–Febrero) y la época de lluvias (Mayo–Octubre) que a continuación se explican.

Los llamados vientos “Tehuanos” provienen del norte y alcanzan velocidades desde 10 hasta 20 m/s, con intensidades máximas mayores a 30m/s. Estos vientos son determinantes para la distribución y comportamiento de los parámetros físico-químicos del golfo de Tehuantepec, especialmente durante invierno, época en la que son más intensos. Estos vientos resultan de una combinación de condiciones meteorológicas de gran escala y características topográficas locales como son la presencia de conjuntos montañosos de baja altura. Con los tehuanos, suceden las surgencias o afloramientos que depende del viento, a diferencia del mezclado vertical turbulento que es consecuencia de la violenta agitación del agua por las olas superficiales (Lavín *et al.*, 1991). Durante la época de invierno, la Corriente de California llega más al sur, tiene más fuerza y suple a la Corriente Ecuatorial del Norte (Wyrтки, 1965). Como resultado de las surgencias, en el golfo de Tehuantepec resalta de octubre a abril una lengua de aguas productivas, con máximo desarrollo de noviembre a enero (Lluch–Cota *et al.*, 1997).

Para los meses de julio a octubre, los alisios del sudeste son más fuertes y, en éste periodo, hay un flujo uniformemente fuerte hacia el noroeste, que no es interrumpido por una contracorriente (Wyrтки, 1965).

El tipo de clima de las bahías de Huatulco es cálido subhúmedo con lluvias en verano, el promedio anual de precipitación es 817.7 mm y una temperatura atmosférica promedio de 27° C (García, 1973).

La temperatura superficial anual del agua de mar fluctúa entre los 26° y 28°C, con una oscilación térmica de 3° a 4°C y salinidad de 35 UPS, las mareas son mixtas semidiurnas con una pleamar media de 0.98m y una bajamar media de 0.04 m (Secretaría de Marina, 1978).

El litoral tiene playas arenosas y rocosas, las últimas compuestas por rocas ígneas intrusivas ácidas con incrustaciones cristalinas, así como zonas coralinas (SECTUR-FONATUR, 1982).

La Entrega forma parte de la bahía de Santa Cruz. La profundidad promedio en donde se encuentran los arrecifes es a los 8.46 m y el arrecife es dominado por *Pocillopora damicornis*, pero también existe presencia de otras especies de coral como *Pocillopora verrucosa*, *Pocillopora capitata*, *Porites panamensis* y *Pavona gigantea* principalmente (Leyte-Morales, 2001).

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS

### 7.1. Trabajo de campo.

Los muestreos se realizaron con periodicidad bimestral durante el periodo comprendido Octubre 2002 y Agosto del 2003. Utilizando equipo scuba se aplicaron dos métodos de muestreo en el arrecife:

- Para la infauna, se colectaron 10 cabezas de coral vivo de *P. damicornis* de aproximadamente 1 dm<sup>3</sup> cada una, por muestreo, las cabezas de coral se desprendieron del fondo con ayuda de cincel y martillo. A continuación se metieron en una cubeta para subirlas a la embarcación y se les midieron las dimensiones alto, diámetro, ancho y el volumen de agua desplazada; se sumergieron en agua dulce para liberar organismos y posteriormente cada cabeza de coral se fragmentó para obtener el material biológico que pudiera quedar atrapado, las muestras se guardaron en bolsas de plástico con formol al 4% y se etiquetaron para trasladarse al laboratorio (Ramírez–Luna y Barrientos–Luján, 1999).

- La epifauna se muestreo utilizando transectos de banda de 50 m de largo por 1m de ancho para erizos; y de 50 x 10 m para asteroideos (Reyes–Bonilla y Leyte–Morales, 1998), debido a que el transecto lineal de banda con menos de 50 m tiende a subestimar la presencia y abundancia de especies (Mundy, 1990), además para los asteroideos se hace necesario ampliar la superficie muestreada por ser organismos menos abundantes y con movimiento más activo. Se tiraron de manera aleatoria doce transectos por muestreo: seis someros (0-6 m) y seis profundos (6-12 m) dando un total de 600 m<sup>2</sup> para erizos y 6000 m<sup>2</sup> para asteroideos por bimestre.

Con una sonda multiparamétrica YSI modelo 85 se midió la salinidad, oxígeno disuelto, conductividad, saturación de oxígeno y temperatura, mientras que, con el disco de Secchi se

obtuvo la transparencia del agua, esto con la finalidad de conocer las condiciones que en ese momento imperaban en el medio (ver anexo I).

Por otro lado, el método de muestreo que se empleó para recolectar los datos de la infauna de 1994, fue la extracción de cabezas vivas de *P. damicornis* por medio de cuadrantes de 250 cm<sup>2</sup> y el procedimiento para su tratamiento fue el mismo que se utilizó en 2002-2003, antes explicado. La epifauna de 1998 se muestreó de la misma manera en que se hizo en 2002-2003.

## **7.2. Trabajo de laboratorio.**

Una vez en laboratorio las muestras fueron lavadas con agua corriente, se separaron por grupo taxonómico y se preservaron con alcohol al 70% para su posterior identificación (Ramírez-Luna y Barrientos-Luján, 1999).

Para la identificación de los organismos se utilizó un microscopio estereoscopio Carl Zeiss, dicha identificación se hizo con base en las guías propuestas por Keen (1971) para moluscos; Hickman (1998) para equinoideos, holoturoideos y ofiuroideos; y la clave de identificación de Cintra-Buenrostro (2001) para asteroideos.

## **7.3. Trabajo de gabinete.**

De acuerdo al planteamiento del problema y objetivos de la investigación, el presente estudio se dividió en tres partes: en la primera se determinó la estructura de la comunidad actual de moluscos y equinodermos pertenecientes a la infauna en el arrecife de La Entrega a lo largo del ciclo de muestreo (Octubre del 2002 a Agosto del 2003). Como se notó relación entre el comportamiento de algunos parámetros físico-químicos y la variabilidad de la diversidad y de la riqueza específica, se procedió a realizar un análisis de correlación,

los resultados de éste se retoman en la discusión. Para la segunda parte, se estudió la distribución espacial y la variación temporal de la población actual de cuatro especies de erizos y una de asteroideo que habitan la epifauna. En la tercera y última parte, se comparó la comunidad del 2002-2003 contra la comunidad que existía en 1994-1995.

Para la infauna se procedió a determinar la estructura de la comunidad auxiliados de diversos descriptores ecológicos: diversidad, riqueza de especies, equitabilidad (equidad o uniformidad) y dominancia. Para la epifauna se registró el número de organismos en unidades de densidad absoluta (organismos  $m^{-2}$ ) (Krebs, 1999) y se procedió a los análisis de comparación espacial y temporal de las poblaciones de erizos y asteroideos presentes.

Se realizaron dos tipos de estudio porque existen especies que habitan en la infauna que no encontramos sobre el coral o epifauna y viceversa. Si se evalúan ambos hábitats se tiene mayor información.

Por otro lado, para la comparación de la estructura comunitaria de moluscos y equinodermos entre los dos tiempos, se recurrió la prueba *t de Hutcheson* (Magurran, 1988) para la infauna, en donde los datos de 1994 para el caso de moluscos fueron obtenidos por Ramírez-Luna y Barrientos-Luján (1999) y para el caso de equinodermos por Benítez-Villalobos (2001). Los datos de 2002-2003, son los que se tratan en el presente trabajo. Para la epifauna, los datos de abundancia de *Diadema mexicanum*<sup>2</sup>, correspondientes a 1998 pertenecen a Leyte-Morales (datos no publicados) y los datos de 2002-2003 son lo que se tratan en este estudio.

---

<sup>2</sup>Únicamente se comparó *Diadema mexicanum* porque no se cuentan con datos posteriores de abundancia de las otras tres especies de erizos, ni de estrella de mar que se contemplan en este estudio.

### 7.3.1. Indicadores ecológicos

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refiere a la diversidad dentro de las comunidades, conocida como diversidad alfa (Moreno, 2001). Este tipo de diversidad fue el que se midió, ya que en el presente trabajo se trata al arrecife como un hábitat homogéneo que alberga a la comunidad de moluscos y equinodermos.

El objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimiento a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones a favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas. Entonces, para obtener parámetros completos de la diversidad de especies en un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad (Moreno, 2001). Por lo que se midió tanto el índice de riqueza específica de especies como la diversidad.

Cuando se tratan de comunidades de invertebrados, es imposible medir la riqueza de especies tomando en cuenta únicamente el número total de especies, por lo que, se recomienda el uso de los índices de riqueza específica (Krebs, 1999). El índice de riqueza específica proporciona una expresión comprensible e instantánea de la diversidad, por lo que se ha utilizado con éxito como una medida de ésta, y se define como el número de especies por el número de individuos o biomasa, se calculó por medio del índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ), a partir de la siguiente fórmula (Magurran, 1988):

$$D_{Mg} = (S-1) / \ln N$$

En donde: S = número de especies registradas.

N = número total de individuos.



La diversidad se determinó mediante el índice de Shannon-Wiener, que estima la diversidad de la parte no muestreada al igual que la porción muestreada de la comunidad (Magurran, 1988). El índice de Shannon-Wiener está basado en la teoría de la información que está relacionada con la incertidumbre para predecir a que especie pertenece un individuo tomado al azar (Krebs, 1999), su fórmula es:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

En donde:  $H'$  = índice de diversidad de Shannon – Wiener. (bits/individuo).

$$p_i = n_i/N$$

$\log_2$  = logaritmo en base dos.

$n_i$  = número de individuos de cada especie.

$N$  = número total de individuos.

$S$  = número de especies

El índice de Shannon-Wiener trabaja bajo los supuestos de una población infinita, considera uniformidad en la abundancia de especies y asume que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988). Se eligió este índice, porque es más sensible a la abundancia de especies raras en la comunidad (índices de diversidad tipo I) al igual que el de Brillouin, sin embargo se ha demostrado que los resultados obtenidos en ambos índices son muy semejantes (Krebs, 1999). Pero como en trabajos anteriores se ha utilizado el índice de Shannon-Wiener, se trabajó con éste para fines comparativos.

La equitabilidad determina la distribución de la abundancia de los individuos entre las especies (Brower *et al*, 1997). Para cuantificar la equitabilidad se utilizó el índice de Pielou ( $J'$ ), también conocido como índice de uniformidad, cuya fórmula es:

$$J' = H' / H'_{\max}$$

En donde:  $J'$  = índice de uniformidad de Pielou

$H'$  = índice de diversidad de Shannon–Wiener.

$H'_{\max}$  = valor máximo alcanzado por  $H'$ ; definido por  $H'_{\max} = \log_2 S$

$S$  = número de especies registradas.

El índice de Pielou considera que todas las especies de la comunidad se han contabilizado en la muestra (Magurran, 1988). Se eligió porque, el índice de diversidad que se utilizó fue el de Shannon-Wiener, datos que utiliza el índice de Pielou para su cálculo.

Por último, el índice de dominancia de Simpson que no solamente considera el número de especies y el número total de individuos, sino también, la proporción del total de veces que una especie puede aparecer, se refiere a la probabilidad de que dos organismos tomados al azar en una comunidad pertenezcan a la misma especie (Brower *et al*, 1997), la fórmula es:

$$D = \Sigma(n_i (n_i - 1) / N (N-1))$$

En donde:  $D$  = índice de dominancia de Simpson.

$n_i$  = número de individuos de cada especie.

$N$  = número total de individuos.

Al igual que los índices de dominancia existentes, el índice de Simpson está fuertemente recargado hacia las especies más abundantes de la muestra, además de tener una capacidad discriminatoria considerable, comparado con otros índices de dominancia (Magurran, 1988).

Como se encontraron especies que se registraron una sola vez a lo largo del muestreo, se utilizó la prueba de Jackknife para medir la riqueza de especies y se basa en la frecuencia observada de especies raras en la comunidad (Krebs, 1999) y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$S = s + (n-1/n) k$$

En donde: S = estimación de Jackknife de riqueza de especies.

s = número total de especies presentes en n muestras.

n = número total de muestras.

k = número de especies únicas.

El análisis de comparación de los datos de 1994 y 2002-2003 presentó un problema, ya que, el tamaño de la muestra de la comunidad de 1994 es mayor al tamaño de muestra de la comunidad del 2002-2003. Para solventar este problema y considerando que el número de especies aumenta invariablemente con el tamaño muestral y el esfuerzo de muestreo, se realizó una técnica de rarefacción, que permite hacer comparaciones de número de especies entre comunidades cuando el tamaño de la muestra no es igual (Magurran, 1988). Esta técnica calcula el número esperado de especies de cada muestra, si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar (Moreno, 2001). Su fórmula es:

$$E(S) = \Sigma(1 - [(N - n_i)/n]) / (N/n)$$

En donde:  $E(S)$  = número esperado de especies

$n$  = tamaño muestral tipificado o número de individuos de la muestra más pequeña.

$N$  = número total de individuos recolectados.

$n_i$  = número de individuos de cada especie.

Una vez que se determinó si la comunidad de 1994 presenta diferencias o no con la comunidad del 2002-2003, se procedió al cálculo de similaridad de Jaccard que presenta la ventaja de ser fácilmente calculado pero no toma en cuenta la abundancia de las especies, por lo que, todas las especies se cuentan de igual forma en la ecuación independientemente si son abundantes o raras (Magurran, 1988):

$$C_j = j/(a+b-j)$$

En donde:  $C_j$  = coeficiente de similaridad de Jaccard.

$j$  = número de especies en común encontradas en ambos tiempos.

$a$  = número de especies en el tiempo A.

$b$  = número de especies en el tiempo B.

### 7.3.2. Análisis estadístico.

Para realizar los análisis estadísticos se trabajó con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

Para el comportamiento espacial y temporal de los erizos y asteroideos a lo largo del año de muestreo se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad por medio de las pruebas de Lilliefors y Levene's respectivamente. Al no cumplirse los supuestos se procedió a una transformación logarítmica y raíz cuadrada, ya que, la varianza y la desviación estándar son proporcionales a la media (Zar, 1999).

Si después de las transformaciones, los supuestos no se cumplieron entonces, se recurrió al uso de análisis de Kruskal–Wallis para identificar si existían o no diferencias significativas entre meses, cuando hubo diferencias, se uso una prueba de comparación múltiple de Newman-Keuls no paramétrica o de Nemenyi según a la que mejor se ajustaron los datos para detectar entre que meses existió esa diferencia. Utilizando la prueba de Mann–Whitney se determinó si había diferencias entre la parte somera y la profunda.

Por otro lado, después de obtener los indicadores ecológicos para la infauna se comparó la  $H'$  entre meses por medio de pruebas *t de Hutcheson* (Magurran, 1988), cuya fórmula es:

$$t = (H'_{1} - H'_{2}) / (\text{Var } H'_{1} + \text{Var } H'_{2})^{1/2}$$

En donde:  $H'_{1,2}$  = diversidad de la muestra 1 y 2.

$$\text{Var } H' = (\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2 / N) + (S - 1 / 2N^2)$$

$\text{Var } H'_{1,2}$  = la varianza de la muestra 1 y 2.

Y los grados de libertad se calculan utilizando la ecuación

$$df = (\text{Var } H'_{1} + \text{Var } H'_{2})^2 / (((\text{Var } H'_{1})^2 / N_1) + ((\text{Var } H'_{2})^2 / N_2))$$

En donde:  $N_1$  y  $N_2$  es el número total de individuos de la muestra 1 y 2.

Al comparar los meses por medio de la *t de Hutcheson*, la probabilidad de cometer el error tipo I se incrementa y el nivel de significancia  $\alpha$  aumenta mientras que el nivel de significancia disminuye. Para esto se aplicó la corrección de Bonferroni que reemplaza el nivel de significancia con el cual se está trabajando ( $\alpha=0.05$ ) por un nivel ajustado ( $\alpha'=\alpha/k$ ) en donde  $k$  es el número de muestras a comparar (Legendre y Legendre, 1998).

Para comparar los datos obtenidos de diversidad para la infauna (moluscos y equinodermos) correspondientes a 1994-1995 contra los datos de 2002-2003 se utilizó la prueba *t de Hutcheson*.

Para comparar la abundancia de *D. mexicanum* en la epifauna entre 1998 y 2003, se empleó la prueba de Mann–Whitney para la parte somera y la prueba *t-student* para una muestra en la zona profunda (Zar, 1999). El uso de diferentes pruebas estadísticas para realizar la comparación de la abundancia de *D. mexicanum* en la parte somera y en la parte profunda se debió a que, en la parte profunda sólo se contaba con la media de un transecto del mes de junio y en la parte somera se contaba con registro de la media de tres transectos en el mismo mes, por lo que, únicamente se utilizaron los datos de junio del 2003. Y solamente se comparó la abundancia del erizo *D. mexicanum* porque no se tenían registros de las otras especies de erizos que habitan en el arrecife antes de 2002-2003..

## **8. RESULTADOS**

### **8.1. Estado actual de la comunidad de moluscos y equinodermos**

Las cabezas de coral que se colectaron presentaron un valor medio de volumen de 977.08 cm<sup>3</sup> ± 43.54 cm<sup>3</sup> (media ± error estándar), si la N = 60 cabezas, el volumen total de coral muestreado fue de 58,624.8 cm<sup>3</sup> aproximadamente. La diversidad se distribuye por si misma de manera normal (Magurran, 1988) y de acuerdo a la prueba de normalidad de Lilliefors, tanto los valores de diversidad para moluscos y equinodermos cumplieron con el supuesto ( $D_6 = 0.222$ ;  $p > 0.20$  y  $D_5 = 0.305$ ;  $p < 0.15$ ) respectivamente, por lo que se pudo aplicar la prueba de *t de Hutcheson* para comparar los valores de diversidad a través del año de muestreo (Octubre del 2002 a Agosto del 2003).

#### **8.1.1. Comportamiento temporal de la diversidad de moluscos y equinodermos dentro de la infauna.**

##### **8.1.1.1. Moluscos**

Se colectaron 167 organismos de moluscos pertenecientes a 29 especies: 7 pertenecen a la Clase Pelecypoda y 22 a la Clase Gastropoda. Las especies más abundantes fueron *Lithophoga aristata* y *Cantharus sp* con un total de 27 individuos para ambas (Fig. 2). Además, nueve especies fueron representadas por un solo organismo y se identificaron 16 especies que solamente aparecieron una vez a lo largo del año y de muestreo siendo *L. aristata* la que apareció en todos los muestreos (Tabla I).

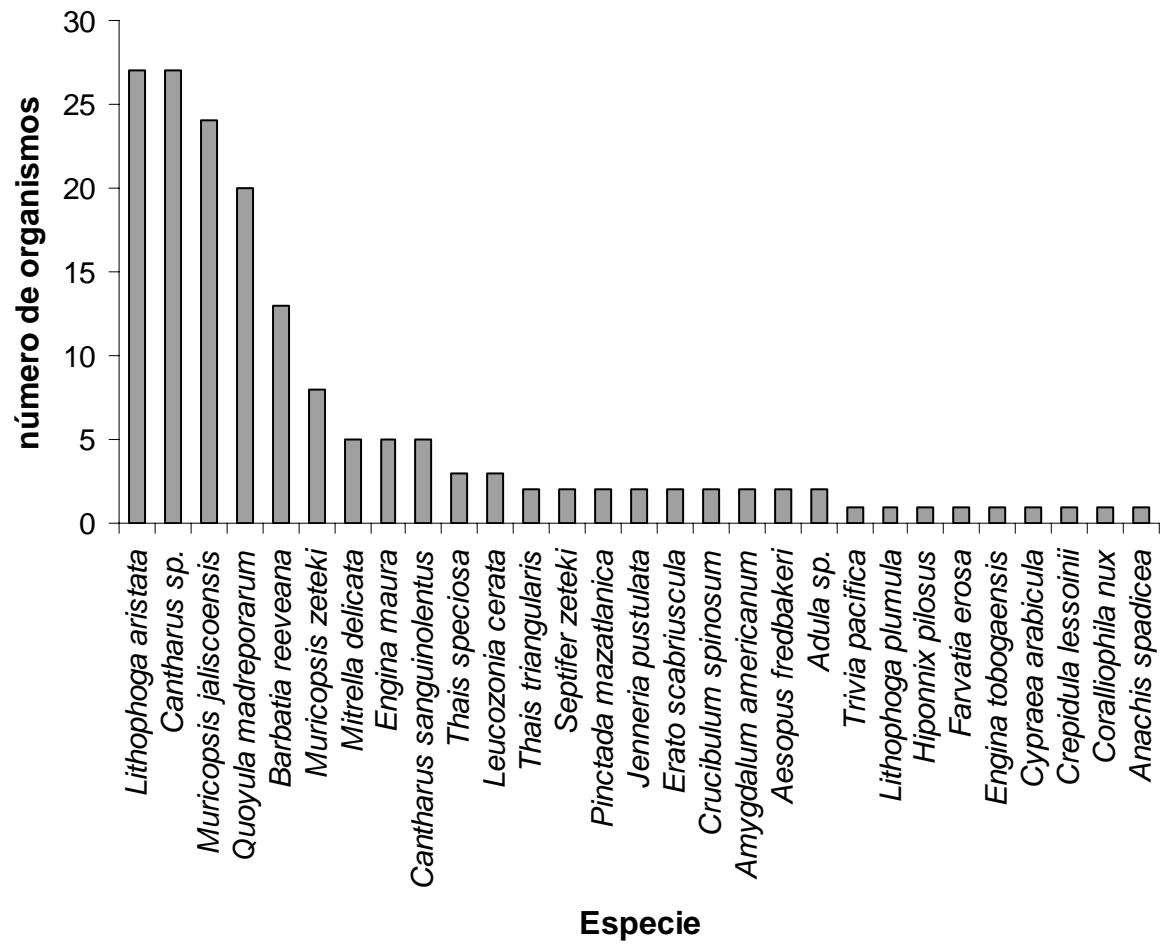


Figura 2. Abundancia de moluscos por especie en la bahía de La Entrega para el periodo de muestreo (Octubre 2002 – Agosto 2003).



Tabla I. Presencia, ausencia y abundancia de especies de moluscos asociados a coral *P. damicornis* en la bahía de La Entrega para el periodo (Octubre del 2003–Agosto del 2003).

En donde la X indica presencia.

ESPECIES	MESES					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
<i>Adula sp.</i>	X(1)	X(1)				
<i>Aesopus fredbakeri</i>				X(2)		
<i>Amygdalum americanum</i>					X(2)	
<i>Anachis spadicea</i>				X(1)		
<i>Barbatia reeveana</i>			X(4)	X(1)	X(5)	X(3)
<i>Cantharus sanguinolentus</i>		X(2)	X(1)		X(1)	X(1)
<i>Cantharus sp.</i>		X(1)	X(3)	X(21)	X(2)	
<i>Coralliophila nux</i>			X(1)			
<i>Crepidula lessoinii</i>	X(1)					
<i>Crucibulum spinosum</i>					X(2)	
<i>Cypraea arabicula</i>			X(1)			
<i>Engina maura</i>		X(2)		X(2)		X(1)
<i>Engina tobogaensis</i>				X(1)		
<i>Erato scabriuscula</i>				X(2)		
<i>Farvatia erosa</i>				X(1)		
<i>Hiponnix pilosus</i>				X(1)		
<i>Jenneria pustulata</i>			X(1)	X(1)		
<i>Leucozonia cerata</i>		X(1)	X(1)			X(1)
<i>Lithophoga aristata</i>	X(2)	X(3)	X(1)	X(8)	X(8)	X(5)
<i>Lithophoga plumula</i>			X(1)			
<i>Mitrilla delicada</i>				X(5)		
<i>Muricopsis jaliscoensis</i>		X(11)	X(2)	X(7)	X(3)	X(1)
<i>Muricopsis zeteki</i>		X(1)	X(1)	X(6)		
<i>Pinctada mazatlanica</i>			X(1)			X(1)
<i>Quoyula madreporarum</i>	X(3)	X(3)	X(10)		X(1)	X(3)
<i>Septifer zeteki</i>				X(2)		
<i>Thais speciosa</i>				X(1)		X(2)
<i>Thais triangularis</i>				X(2)		
<i>Trivia pacifica</i>			X(1)			
<b>Total</b>	4(7)	9(25)	14(29)	17(64)	8(24)	9(18)

Nota: El número entre paréntesis indica la abundancia de la especie.

De las 29 especies de moluscos encontradas se registraron 17 de ellas en el mes de abril, 14 en febrero, 9 en agosto y diciembre, 8 en junio y solamente 4 en octubre (Tabla I).

El mayor número de organismos se obtuvo en el mes de abril con 64 organismos que representa el 39% y el menor en octubre con un total de 7 organismos que representan el 4% (Fig. 3).

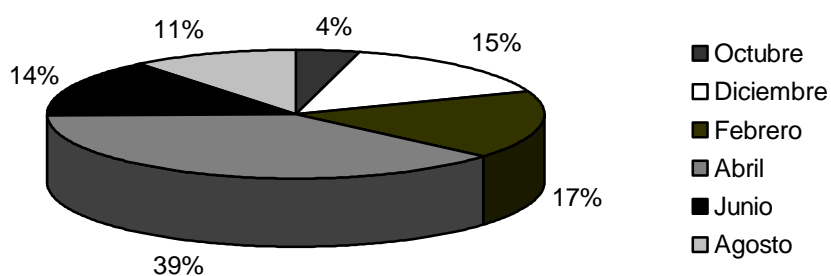


Figura 3. Abundancia total en porcentaje de moluscos asociados al coral *P. damicornis* dentro de los bimestres de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003) en la bahía de La Entrega.

El mes con mayor diversidad fue abril, con un valor de  $H' = 3.30$  bits/ind. Por otro lado, octubre presentó la menor diversidad siendo  $H' = 1.84$  bits/ind. Se observó que de abril a octubre la diversidad disminuye y de diciembre a abril aumenta. Así, la mayor riqueza específica se registró en el mes de abril; para el mes de octubre se obtuvieron los menores valores de dicho indicador. La equitabilidad presentó los valores más altos en octubre y agosto. La mayor dominancia se presentó en diciembre en donde  $D = 0.21$  y la menor dominancia se dio en agosto con un valor de  $D = 0.11$  (Tabla II).

Tabla II. Datos de índices ecológicos para la comunidad de moluscos asociados al coral *P. damicornis* en la bahía de La Entrega.

	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
<b>Dmg</b>	1.54	2.49	3.60	3.85	2.20	2.77
<b>H' (bits/ind)</b>	1.84	2.58	3.09	3.30	2.65	2.89
<b>J'</b>	0.92	0.81	0.84	0.81	0.88	0.91
<b>D</b>	0.19	0.21	0.15	0.14	0.16	0.11

Al comparar la diversidad entre meses tomando en cuenta el valor de  $\alpha$  corregido por Bonferroni ( $\alpha'$ ), se encontró que la diversidad de octubre resultó ser diferente a diciembre ( $t_{0.003; 17}=2.329$ ;  $p < 0.003$ ), a febrero ( $t_{0.003; 18}=3.943$ ;  $p < 0.003$ ), a abril ( $t_{0.003; 12}=5.182$ ;  $p < 0.003$ ) y a agosto ( $t_{0.003; 25}=2.296$ ;  $p < 0.003$ ), debido a que fue el mes que presentó la menor diversidad (Tabla III).

Tabla III. Valores obtenidos a partir de la prueba *t de Hutcheson* para diversidad de moluscos asociados al coral *P. damicornis* en la bahía de La Entrega. (Por arriba de la diagonal se presentan los valores de p, por debajo valores del estadístico y entre paréntesis los grados de libertad).

	Probabilidades					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Octubre		<b>0.032*</b>	<b>0.001*</b>	<b>0.000*</b>	0.158	<b>0.031*</b>
Diciembre	<b>2.329 (17)*</b>		0.077	<b>0.005*</b>	0.781	0.487
Febrero	<b>3.943 (18)*</b>	1.801 (53)		0.077	0.917	0.634
Abril	<b>5.182 (12)*</b>	<b>2.943 (49)*</b>	1.801 (55)		<b>0.003*</b>	0.322
Junio	2.774 (13)	0.280 (47)	1.719 (51)	<b>3.076 (60)*</b>		0.580
Agosto	<b>2.296 (25)*</b>	0.704 (28)	0.482 (28)	1.013 (23)	0.561 (24)	
Valores de <i>t de Hutcheson</i> calculados (g.l)						

Nota: El \* indica las combinaciones entre las que hubo diferencias.

La riqueza de especies a lo largo del ciclo de muestreo tomando en cuenta la presencia de especies que se registraron una sola vez (Tabla I), fue de 42 especies según la ecuación de Jackknife, con un intervalo de confianza de entre 52 y 33 especies.

### 8.1.1.2. Equinodermos

Se obtuvieron 9 especies (1 equinoideo, 4 ophiurideos y 4 holoturideos), el total de organismos fue de 30 y la especie mayor representada fue el erizo *Eucidaris asteriscus* con 7 organismos, seguido de *Holothuria portovallertensis* y *Holothuria imitans* con 5 organismos cada especie (Fig. 4). Dos especies sólo se presentaron una vez en todo el año y ninguna estuvo presente en los seis meses de muestreo (Tabla IV).

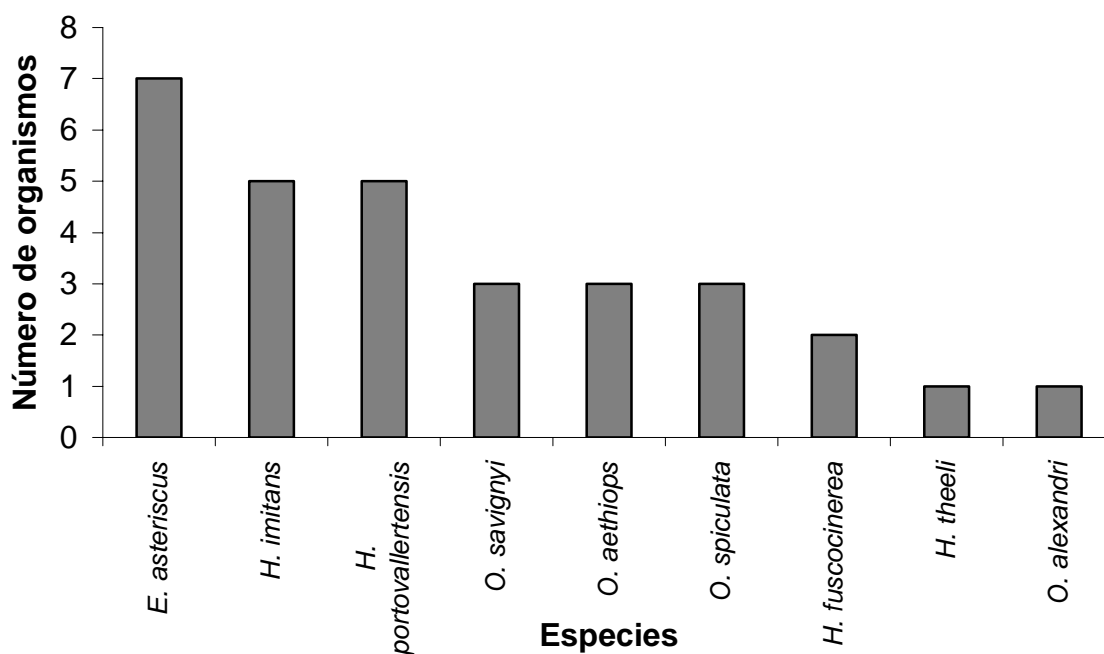


Figura 4. Abundancia de especies de equinodermos en la bahía de La Entrega para el periodo de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003).

Tabla IV. Presencia, ausencia y abundancia de especies de equinodermos asociados a coral *P. damicornis* en la bahía de La Entrega para el periodo de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003). En donde la X indica presencia.

Especie	Meses					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
<i>Holothuria theeli</i>					X(1)	
<i>Ophiocoma Alexandra</i>				X(1)		
<i>Holothuria fuscocinerea</i>				X(1)		X(1)
<i>Ophiactis savignyi</i>			X(1)	X(2)		
<i>Ophiocoma aethiops</i>			X(1)		X(2)	
<i>Ophiothrix spiculata</i>	X(1)					X(2)
<i>Holothuria imitans</i>	X(1)			X(2)		X(2)
<i>Holothuria portovallertensis</i>				X(1)	X(4)	
<i>Eucidaris asteriscus</i>	X(1)		X(1)		X(1)	X(4)
<b>Total</b>	<b>3(3)</b>		<b>3(3)</b>	<b>5(7)</b>	<b>4(8)</b>	<b>4(9)</b>

Nota: El número entre paréntesis indica la abundancia de la especie.

De las 9 especies de equinodermos encontradas, se registraron 5 en el mes de abril, 4 en junio y agosto, 3 en octubre y febrero, para el mes de diciembre no se registraron equinodermos (Tabla IV).

Por otro lado, el 27% de los organismos se encontró en los meses de junio y agosto, siendo este el valor más alto. En abril, se presentó la mayor cantidad de especies (S=5), pero en cuestión de abundancia solamente registró el 23% de los organismos; febrero presentó el 10% y en diciembre no hubo registros (Fig. 5).

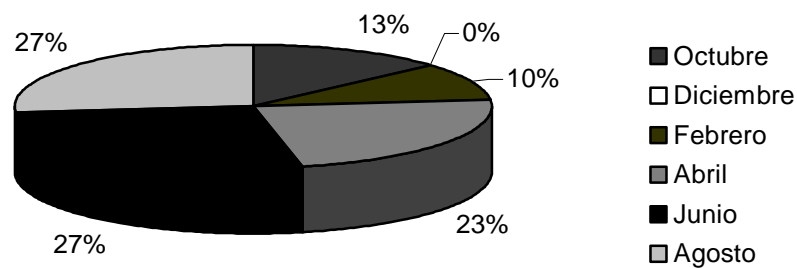


Figura 5. Abundancia total en % de equinodermos asociados al coral *P. damicornis* a lo largo del año de muestreo (Octubre 2002-Agosto 2003) en la bahía de La Entrega.

El pico de mayor diversidad para equinodermos se alcanza en el mes de abril con un valor de  $H' = 2.24$  bits/ind, en el mes de diciembre no hubo organismos y los meses de junio y agosto no presentaron variación en su valor de  $H'$  el cual se mantuvo en 1.75 bits/ind; el mes en el que se registró la menor diversidad fue octubre ( $H' = 1.45$  bits/ind). La mayor dominancia se dio en junio ( $D' = 0.333$ ) y en febrero, no se registró tal ( $D' = 0$ ), ya que, la equitabilidad es igual a 1 y para diciembre no hubo registros (Tabla V).

Tabla V. Datos de índices ecológicos para la comunidad de equinodermos asociados al coral *P. damicornis* en la bahía de La Entrega.

	Octubre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
<b>Dmg</b>	1.44	1.82	2.06	1.44	1.44
<b>H' (bits/ind)</b>	1.45	1.58	2.24	1.75	1.75
<b>J'</b>	0.91	1.00	0.96	0.88	0.88
<b>I'</b>	0.17	0.00	0.10	0.33	0.25

Tomando en cuenta el valor de  $\alpha$  corregido por Bonferroni ( $\alpha'$ ), la prueba *t de Hutcheson* no detectó diferencias significativas entre la diversidad de cada uno de los meses ( $p > 0.003$ ). En el mes de diciembre no se encontraron equinodermos en las muestras (Tabla VI), por lo que no se incluyó en el análisis.

Tabla VI. Valores obtenidos a partir de la prueba *t de Hutcheson* para diversidad de equinodermos asociados a *P. damicornis* en la bahía de La Entrega. (Por arriba de la diagonal se presentan los valores de p, por debajo valores del estadístico y entre paréntesis los grados de libertad).

	<b>Probabilidades</b>				
	<b>Octubre</b>	<b>Febrero</b>	<b>Abril</b>	<b>Junio</b>	<b>Agosto</b>
<b>Octubre</b>		0.763	0.123	0.43	0.429
<b>Febrero</b>	0.319 (5)		0.284	0.758	0.748
<b>Abril</b>	1.684 (10)	1.139 (9)		0.372	0.372
<b>Junio</b>	0.818 (12)	0.334 (7)	0.924 (13)		1
<b>Agosto</b>	0.818 (12)	0.334 (7)	0.924 (13)	0.000 (16)	
	<b>Valores de <i>t de Hutcheson</i> calculados (g.l)</b>				

La riqueza de especies a lo largo del ciclo de muestreo tomando en cuenta la presencia de especies que se registraron una sola vez (Tabla I), fue de 11 especies según la ecuación de Jacknife, con un intervalo de confianza de entre 13 y 8 especies.

### **8.1.2. Distribución espacial y variación temporal de los equinodermos dentro de la epifauna.**

En la epifauna se registraron 5 especies de equinodermos (1 asteroideo y 4 echinoideos). Posteriormente se evaluó el comportamiento temporal y la distribución espacial de cada una de las poblaciones de estas especies. El análisis poblacional de cada una de estas cinco especies se llevó a cabo porque, llamó mucho la atención el repentino incremento en la densidad de *Diadema mexicanum* en la parte somera y se trató de probar si el mismo comportamiento lo presentaban las otras especies de equinodermos en la epifauna.

#### **8.1.2.1. Asteroideos.**

La superficie muestreada para asteroideos fue de 6000 m<sup>2</sup> por muestreo. Solamente se observó la especie *Phataria unifascialis*, de la cual se registraron 13 individuos en todo el estudio, ubicados sólo en la zona profunda, por lo que, no se hizo necesario comparar entre profundidades. Su variación temporal fue: durante los primeros tres muestreos (octubre, diciembre y febrero) la media fue 0.5 estrellas/transecto, para el cuarto y quinto muestreo (abril y junio) el promedio de abundancia disminuyó a 0.33 estrellas/transecto y en el último muestreo (agosto) no se encontraron (Fig. 6).

No se detectaron diferencias significativas en la población de *P. unifascialis* en todo el arrecife a lo largo del año de muestreo ( $H=3.978$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.553$ ). En la parte profunda, tampoco se presentaron diferencias significativas ( $H=4.368$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.498$ ).



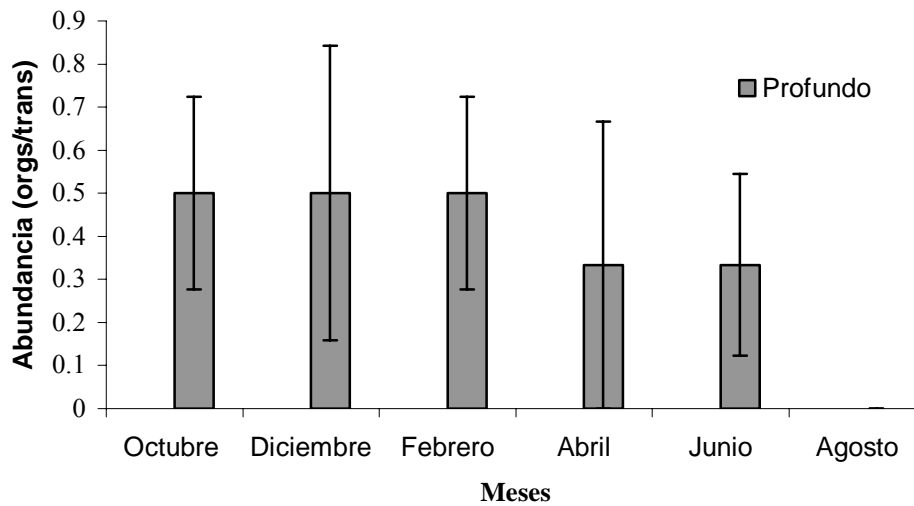


Figura 6. Abundancia de *P. unifascialis* a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega, (las líneas indican el error estándar) con n=6 para todos los tratamientos.

#### 8.1.2.2. Echinoideos.

La superficie muestreada para echinoideos fue de 600m<sup>2</sup> por mes. En el área de estudio se registraron 4 especies de erizos: *Diadema mexicanum*, *Eucidaris asteriscus*, *Echinometra vanbrunti* y *Toxopneustes roseus*.

##### 8.1.2.2.1. *Diadema mexicanum*.

*D. mexicanum* fue el erizo que se encontró en mayor cantidad en la bahía de La Entrega, presentó densidades de hasta  $14.4 \pm 1.35$  ind/m<sup>2</sup> (media  $\pm$  error estándar) en la zona profunda durante el mes de agosto (Tabla VII).

Tabla VII. Densidad de *D. mexicanum* en la bahía de La Entrega.

Meses	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )			
	Somero	n	Profundo	n
Octubre	0	6	11.88 ± 1.53	6
Diciembre	4.38 ± 0.88	6	6.87 ± 1.08	6
Febrero	1.6 ± 0.71	6	10.37 ± 2.46	6
Abril	0.0033 ± 0.00	6	9.81 ± 0.87	6
Junio	0.2 ± 0.15	6	11.99 ± 0.96	6
Agosto	0.31 ± 0.22	6	14.4 ± 1.35	6

El análisis correspondiente indicó que no existieron diferencias significativas en la abundancia media entre los meses en toda la comunidad ( $H=1.316$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.933$ ). Por otro lado, si se detectaron diferencias significativas entre profundidades con ( $U_{36, 36}=23$ ;  $p=0.000$ ). Asimismo, se observó una tendencia en lo somero en donde en octubre no se registraron organismos pero para diciembre se presentó la mayor abundancia, para febrero comenzó a descender hasta abril y a partir de junio volvió a aumentar, por otro lado, la parte profunda alcanzó su pico de abundancia máxima en agosto, de octubre a abril se presentaron altibajos y a partir de junio comenzó a ascender. Durante los primeros tres muestreos se notó que al aumentar la abundancia en lo somero disminuyó en lo profundo (Fig.7).

En la parte somera, se detectaron diferencias significativas entre meses ( $H=22.351$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.000$ ) (Fig. 7). La prueba *a posteriori* de Newman-Keuls no paramétrica detectó que el mes de diciembre es el causante ( $p < 0.05$ ) (Tabla VIII). La abundancia de erizos en la parte profunda también presentó diferencias temporales ( $H=12.522$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.028$ ). La mayor abundancia se detectó en agosto y la menor en diciembre (Fig. 7); de acuerdo a la prueba de comparación múltiple no paramétrica de Newman-Keuls, únicamente se detectaron diferencias entre estos dos meses ( $q_{0.05; 6}=4.863$ ;  $p < 0.05$ ) (Tabla IX).

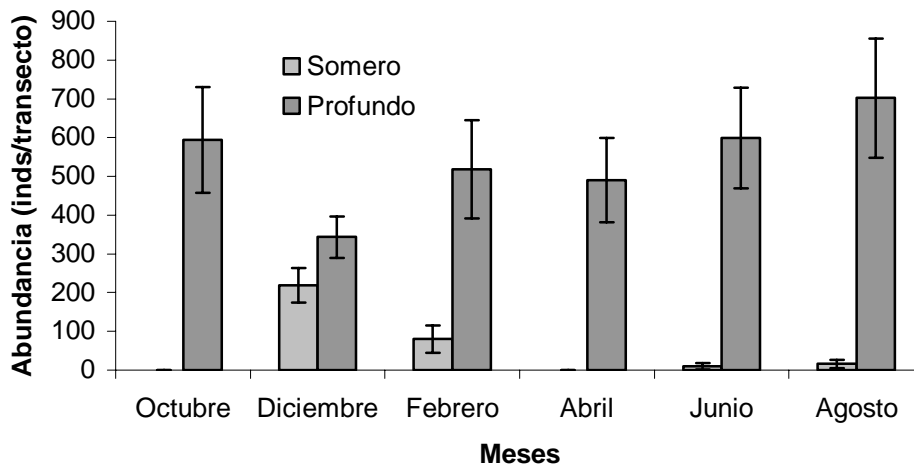


Figura 7. Abundancia de *D. mexicanum* en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega, (las líneas indican el error estándar) con n=6 para todos los tratamientos.

Tabla VIII. Valores de la prueba Newman–Keuls no paramétrica de comparación múltiple para *D. mexicanum* en la zona somera de la bahía de La Entrega.

	Probabilidades					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Octubre		p < 0.05*	P > 0.05	p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Diciembre	9.276 (6)		P < 0.05*	p < 0.05*	P < 0.05*	p < 0.05*
Febrero	3.402 (5)	5.873 (2)*		P > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Abril	0.007 (4)	9.268 (5)*	3.395 (4)		p > 0.05	p > 0.05
Junio	0.431 (3)	8.845 (4)*	2.972 (3)	0.424 (2)		p > 0.05
Agosto	0.671 (2)	8.605 (3)*	2.732 (2)	0.664 (3)	0.240 (2)	
<b>Valores de q calculados (p)</b>						

Nota: El \* indica las combinaciones entre las que hubo diferencias.

Tabla IX. Valores de la prueba de Newman–Keuls no paramétrica de comparación múltiple para *D. mexicanum* en la zona profunda de la bahía de La Entrega.

	Probabilidades					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Octubre		p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Diciembre	3.397 (4)		p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05	<b>p &lt; 0.05*</b>
Febrero	1.021 (2)	2.375 (3)		p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Abril	1.401 (3)	1.995 (2)	0.380 (2)		p > 0.05	p > 0.05
Junio	0.079 (2)	3.476 (5)	1.101 (3)	1.480 (4)		p > 0.05
Agosto	1.467 (3)	<b>4.863 (6)*</b>	2.488 (4)	2.868 (5)	1.388 (2)	
Valores de q calculados (p)						

Nota: El \* indica las combinaciones entre las que hubo diferencias.

#### 8.1.2.2.2. *Eucidaris asteriscus* (erizo lápiz)

El erizo lápiz o erizo mina se presentó tanto en la epifauna como en la infauna, sus densidades son bajas en comparación con *D. mexicanum*; la máxima se registró en octubre en la parte profunda con un valor de  $1.14 \pm 0.26$  ind/m<sup>2</sup> (media  $\pm$  error estándar) y la mínima en agosto en la zona somera ( $0.06 \pm 0.02$  ind/m<sup>2</sup>). Dicha especie se presentó en ambas profundidades todo el año, con mayor densidad en la parte profunda (Tabla X).

Tabla X. Densidad de *E. asteriscus* en la bahía de La Entrega.

Meses	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )			
	Somero	N	Profundo	N
Octubre	$0.07 \pm 0.02$	6	$11.88 \pm 1.53$	6
Diciembre	$0.23 \pm 0.07$	6	$6.87 \pm 1.08$	6
Febrero	$0.16 \pm 0.04$	6	$10.37 \pm 2.46$	6
Abril	$0.14 \pm 0.03$	6	$9.81 \pm 0.87$	6
Junio	$0.07 \pm 0.06$	6	$11.99 \pm 0.96$	6
Agosto	$0.06 \pm 0.02$	6	$14.4 \pm 1.35$	6

El erizo lápiz no presentó diferencias significativas a lo largo del año de muestreo ( $H=4.558$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.472$ ). En cambio en su distribución espacial se determinó que si existen diferencias significativas entre somero y profundo ( $U_{36, 36}=153$ ;  $p=0.000$ ). En la parte somera, es diciembre el mes en donde se observa el pico máximo de abundancia, a partir de diciembre la abundancia comienza a disminuir hasta llegar a su mínimo en agosto. Para la zona profunda, el máximo se alcanzó en octubre, en diciembre se registró la menor cantidad de erizos y en los subsecuentes muestreos la abundancia sigue aumentando llegando hasta el mes de agosto (Fig. 8).

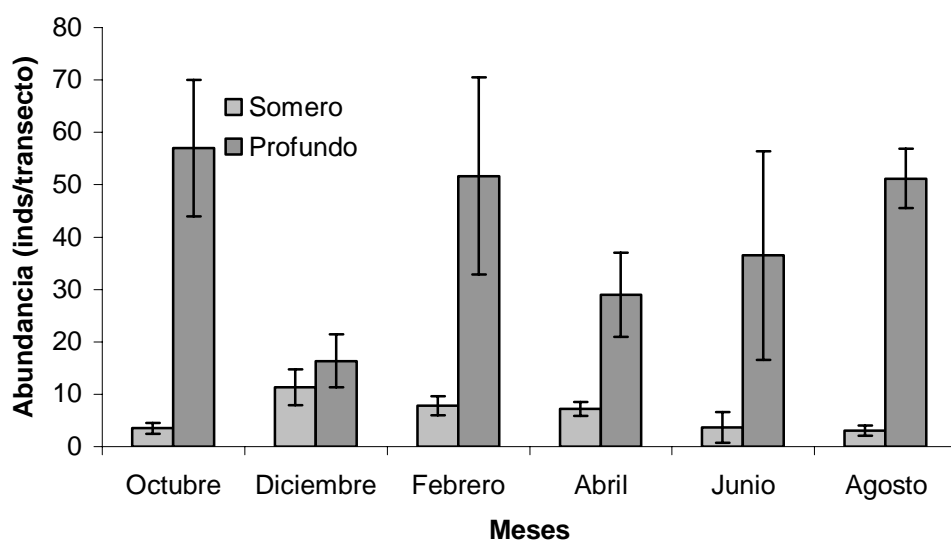


Figura 8. Abundancia de *E. asteriscus* en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega, (las líneas indican el error estándar) con  $n=6$  para todos los tratamientos.

La distribución temporal del erizo mina en la parte somera no presentó diferencias significativas a lo largo del año de muestreo ( $H=10.173$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.071$ ). En la zona

profunda tampoco se detectaron diferencias significativas entre meses ( $H=10.227$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.069$ ).

#### **8.1.2.2.3. Otras especies**

Además de las dos especies de erizos antes tratadas, se registraron dos más: *Toxopneustes roseus* y *Echinometra vanbrunti* conocidos comúnmente con los nombres de erizo rosa y erizo negro respectivamente.

Las densidades de estas especies fueron bajas, la densidad máxima para el erizo rosa fue de  $0.057 \pm 0.02$  ind/m<sup>2</sup> (media  $\pm$  error estándar) registrado el mes de octubre en la zona profunda de la bahía. El mismo mes y en la misma zona se registró la densidad máxima para el erizo negro con un valor de  $0.15 \pm 0.03$  ind/m<sup>2</sup>; en octubre, diciembre y junio en la parte somera no hubo presencia de ambos erizos (Tabla XI).

Se observó que durante los seis meses de muestreos, con excepción del mes de abril para el erizo rosa y el mes de febrero para el erizo negro, existió mayor densidad de ambas especies en la zona profunda. En los meses de octubre, diciembre, junio y agosto no hubo presencia del erizo rosa en la zona somera pero en lo profundo se presentó todo el año. En la parte somera se encontró que en los meses de octubre, diciembre, abril y junio no hubo presencia del erizo negro pero en lo profundo se presentó todo el año; en agosto el erizo negro tanto en lo profundo como en lo somero presentó las mismas densidades (Tabla XI).

Tabla XI. Densidades de a) *T. roseus* y b) *E. vanbrunti* en la bahía de La Entrega. La n=6 en cada mes para cada profundidad.

<b>a)</b>	<b>Densidad (ind/m<sup>2</sup>)</b>		<b>b)</b>	<b>Densidad (ind/m<sup>2</sup>)</b>	
	<b>Meses</b>	<b>Somero</b>		<b>Profundo</b>	<b>Meses</b>
Octubre	0	0.057 ± 0.02	Octubre	0	0.150 ± 0.03
Diciembre	0	0.020 ± 0.01	Diciembre	0	0.030 ± 0.02
Febrero	0.003 ± 0.00	0.007 ± 0.00	Febrero	0.033 ± 0.01	0.010 ± 0.01
Abril	0.017 ± 0.01	0.010 ± 0.01	Abril	0	0.043 ± 0.01
Junio	0	0.043 ± 0.01	Junio	0	0.030 ± 0.02
Agosto	0	0.020 ± 0.01	Agosto	0.003 ± 0.00	0.003 ± 0.00

En cuanto a la distribución espacial y temporal de estas dos especies de erizos, el erizo rosa no presentó diferencias significativas a lo largo del año de muestreo con una ( $H=2.882$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.718$ ), en el caso del erizo negro, tampoco se detectaron diferencias temporales ( $H=7.225$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.204$ ). Por otro lado, para ambos erizos si se detectaron diferencias significativas en su distribución entre profundidades, para el erizo rosa ( $U_{36, 36}=368$ ;  $p=0.002$ ) y para el negro ( $U_{36, 36}=347$ ;  $p=0.001$ ). En lo somero, *T. roseus* sólo se presentó durante los meses de febrero y abril con mayor abundancia en abril, incluso en ese mes alcanzó una media de 0.83 individuos/transecto que fue mayor a la registrada en lo profundo cuyo valor fue de 0.5 individuos/transecto. En lo profundo, el erizo rosa alcanza su pico máximo de abundancia durante el mes de octubre con una media de 2.83 individuos/transecto y un segundo máximo en junio con una media de 2.17 individuos/transecto (Fig. 9a). El valor mínimo perteneció al mes de febrero con una media de 0.33 individuos/transecto.

En la parte somera, sólo se registraron erizos negros durante los meses de febrero y agosto. En febrero se registró la mayor abundancia (1.66 individuos/transecto) incluso mayor que el de la parte profunda (0.5 individuos/transecto), para agosto la media de abundancia fue

de 0.17 individuos/transecto. El pico máximo de abundancia en la zona profunda, se registró en octubre con una media de 7.5 individuos/transecto, tanto diciembre como junio presentaron un valor de abundancia media de 1.5 individuos/transecto, el mínimo se registró en agosto con un valor de 0.16 individuos/transecto y a lo largo del año no se presentó otro máximo sobresaliente, el valor del mes de abril fue de 2.16 individuos/transecto y ese es el segundo máximo (Fig. 9b).

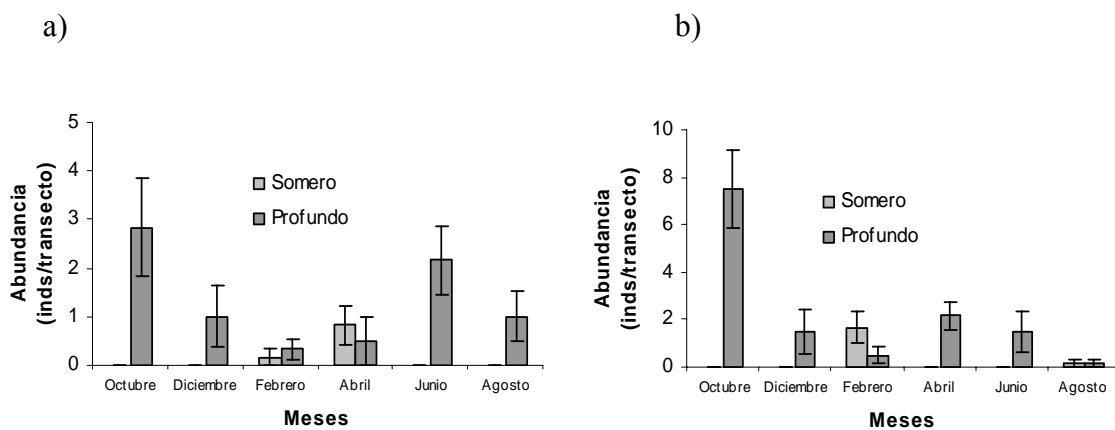


Figura 9. Abundancia de a) *T. roseus* y b) *E. vanbrunti* en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo en la bahía de La Entrega, (las líneas indican el error estándar) con n=6 para todos los tratamientos.

Evaluando la distribución temporal de ambos erizos y en cada una de las profundidades, el erizo rosa en lo somero presentó diferencias significativas a lo largo del año ( $H=12.363$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.030$ ), y de acuerdo a la prueba *a posteriori* de Newman-Keuls no paramétrica, abril fue significativamente diferente a los demás meses ( $p < 0.05$ ) (Tabla XII).



Tabla XII. Valores de la prueba de Newman–Keuls no paramétrica de comparación múltiple para *T. roseus* en la zona somera de la bahía de La Entrega.

	Probabilidades					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Octubre		p > 0.05	p > 0.05	<b>p &lt; 0.05*</b>	p > 0.05	p > 0.05
Diciembre	0.000 (2)		p > 0.05	<b>p &lt; 0.05*</b>	p > 0.05	p > 0.05
Febrero	0.939 (5)	0.939 (4)		<b>p &lt; 0.05*</b>	p > 0.05	p > 0.05
Abril	<b>4.697 (6)*</b>	<b>4.697 (5)*</b>	<b>3.757 (2)*</b>		<b>p &lt; 0.05*</b>	<b>p &lt; 0.05*</b>
Junio	0.000 (3)	0.000 (2)	0.939 (3)	<b>4.697 (4)*</b>		p > 0.05
Agosto	0.000 (4)	0.000 (3)	0.939 (2)	<b>4.697 (3)*</b>	0.000 (2)	
	<b>Valores de q calculados (p)</b>					

Nota: El \* indica las combinaciones entre las que hubo diferencias.

En la parte profunda el erizo rosa mantuvo una cierta abundancia a lo largo del año, por lo que, no se detectaron diferencias significativas ( $H=9.902$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.078$ ).

El erizo negro, *E. vanbrunti*, presentó variabilidad en su distribución y abundancia a lo largo del año de muestreo tanto en lo profundo como en lo somero con valores de ( $H=17.961$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.003$ ) y ( $H=18.698$ ;  $gl=5$ ;  $p=0.002$ ) respectivamente. Se usó la prueba *a posteriori* de comparación múltiple de Nemenyi, porque la prueba de Kruskal–Wallis detectó diferencias, y la prueba de Newman–Keuls no paramétrica, no fue capaz de establecer entre qué meses se dio esa diferencia y Nemenyi sí. Esto es debido a la potencia con la que trabaja cada prueba, al tipo de datos y al mejor ajuste de los mismos a la prueba de Nemenyi. Así, nos indicó que en la parte somera el mes de febrero fue diferente a los demás meses con una  $p < 0.05$  (Tabla XIII).

Tabla XIII. Valores de la prueba de Nemenyi de comparación múltiple para *E. vanbrunti* en la zona somera en bahía de La Entrega.

	Probabilidades					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Octubre		p > 0.05	p < 0.05*	p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Diciembre	0.000 (6)		p < 0.05*	p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Febrero	9.866 (6)*	9.866 (6)*		p < 0.05*	p < 0.05*	p < 0.05*
Abril	0.000 (6)	0.000 (6)	9.866 (6)*		p > 0.05	p > 0.05
Junio	0.000 (6)	0.000 (6)	9.866 (6)*	0.000 (6)		p > 0.05
Agosto	2.215 (6)	2.215 (6)	7.651 (6)*	2.215 (6)	2.215 (6)	
<b>Valores de q calculados (k)</b>						

Nota: El \* indica las combinaciones entre las que hubo diferencias.

Como ya se mencionó, la parte profunda también presentó variaciones temporales, por lo que, se recurrió a la prueba *a posteriori* de Nemenyi que detectó diferencias entre la mayoría de los meses ( $p < 0.05$ ) (Tabla XIV).

Tabla XIV. Valores de la prueba de Nemenyi de comparación múltiple para *E. vanbrunti* en la zona profunda en la bahía de La Entrega.

	Probabilidades					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Junio	Agosto
Octubre		p < 0.05*	p < 0.05*	p < 0.05*	p < 0.05*	p < 0.05*
Diciembre	11.745 (6)*		p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05	p > 0.05
Febrero	15.974 (6)*	4.228 (6)		p < 0.05*	p > 0.05	p > 0.05
Abril	8.188 (6)*	3.557 (6)	7.785 (6)*		p < 0.05*	p < 0.05*
Junio	12.484 (6)*	0.738 (6)	3.490 (6)	4.295 (6)*		p > 0.05
Agosto	18.054 (6)*	6.309 (6)	2.081 (6)	9.866 (6)*	5.571 (6)	
<b>Valores de q calculados (k)</b>						

Nota: El \* indica las combinaciones entre las que hubo diferencias.

## 8.2. Comparación de 1994-1995 y 2002-2003.

### 8.2.1. Diversidad de la infauna

#### 8.2.1.1. Moluscos

En el muestreo de 1994 se encontraron 328 organismos distribuidos en 44 especies. Con base en la curva de rarefacción de esa comunidad, se esperaba que con la cantidad de organismos encontrados en la muestra del 2002-2003 (167 organismos), se registrarán alrededor de 35 especies pero solamente se identificaron 29 (Fig. 10).

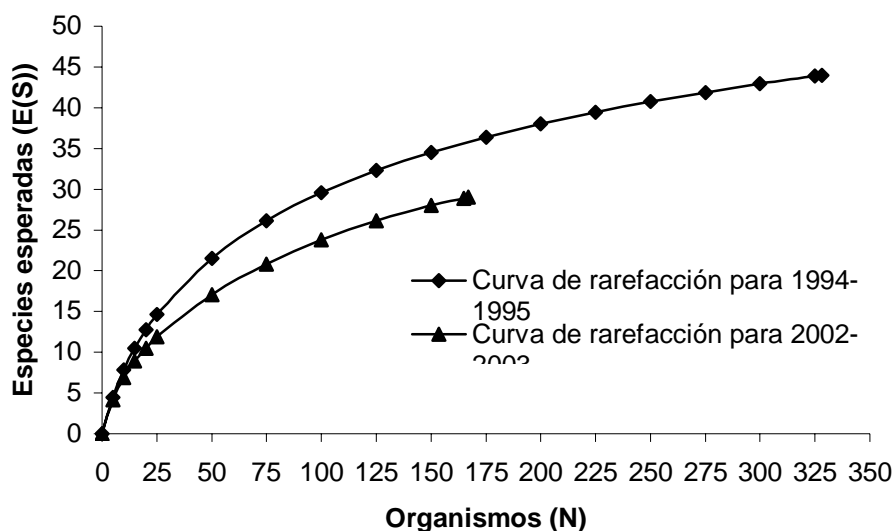


Figura 10. Curvas de rarefacción para las comunidades de moluscos de 1994-1995 y 2002-2003 de la bahía de La Entrega.

Lo anterior habla, de que ha existido disminución de la diversidad del grupo de los moluscos, aunque los análisis de comparación dicen que no ha llegado a ser significativo como se señala en el siguiente párrafo.

Para realizar la comparación, se obtuvo el promedio de las diversidades mensuales de ambos estudios. Los índices de diversidad obtenidos para 1994 fueron calculados con

logaritmo base 10 y los del presente estudio en logaritmo base 2, por lo que, se procedió a obtener la diversidad del presente estudio en base 10 para poder realizar la comparación.

Así, la diversidad obtenida para los datos de 1994 fue de  $H' = 1.032$  decits, con una  $\text{Var } H' = 0.1855$ ; en el presente estudio se encontró una diversidad de  $H' = 0.820$  decits, con una  $\text{Var } H' = 0.055$ . De acuerdo a los resultados desprendidos de la prueba *t de Hutcheson*, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tiempos, ( $t = 0.430$ ;  $g.l = 361$ ;  $p = 0.667$ ). Sin embargo, entre ambas comunidades se presentan un coeficiente de similitud de Jaccard de  $C_j = 0.259$ , lo que nos indica que, a pesar de no existir diferencias entre las diversidades de las dos comunidades las especies que las componen son distintas en un 74%.

#### **8.2.1.2. Equinodermos**

En el muestreo de 1994 se encontraron 236 organismos distribuidos en 10 especies. Con base en la curva de rarefacción de esa comunidad, se esperaba que con la cantidad de organismos encontrados en la muestra del 2002-2003 (30 organismos), se registraran alrededor de 6 especies pero se identificaron 9 (Fig. 11).

Para poder establecer la comparación de las diversidades entre las dos comunidades de equinodermos pertenecientes a la infauna de La Entrega, se partió de la diversidad promedio reportada por Benítez-Villalobos (2001) para los datos de 1994, cuyo valor fue  $H' = 2.068$  bits, con una  $\text{Var } H' = 0.010$ . Mientras que, la diversidad promedio para los datos de 2002-2003 fue de  $H' = 1.460$  bits, con una  $\text{Var } H' = 0.093$ . La prueba *t de Hutcheson* nos indicó que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos comunidades ( $t = 1.890$ ;  $g.l = 37$ ;  $p = 0.067$ ). Sin embargo, entre ambas comunidades se presentan un coeficiente de similitud de Jaccard de  $C_j = 0.357$ , lo que nos indica que, a pesar

de no existir diferencias entre las diversidades de las dos comunidades las especies que las componen son distintas en un 64%.

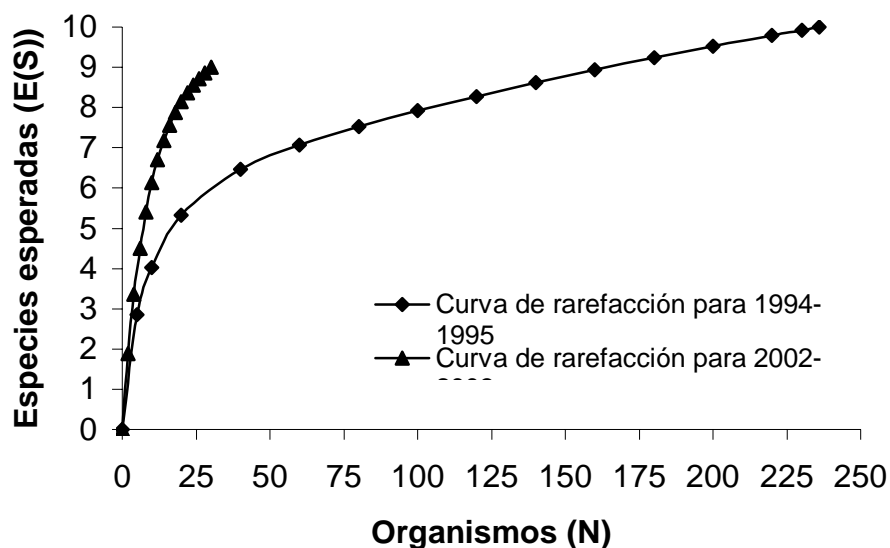


Figura 11. Curvas de rarefacción para las comunidades de equinodermos de 1994-1995 y 2002-2003 de la bahía de La Entrega.

### 8.2.2. Comparación entre la abundancia de la población de *D. mexicanum* del año 1998 con respecto al año 2003.

Para la epifauna, únicamente se cuentan con datos de 1998 de *Diadema mexicanum*. Los conteos que se tienen pertenecen al mes de junio de 1998 (3 corresponden a la zona somera y 1 a la zona profunda) y para la comparación, sólo se tomaron en cuenta los datos de junio del 2003.

En la parte somera, no se detectaron diferencias significativas entre los dos tiempos ( $U_{3,6}=6$ ;  $p=0.439$ ), las densidades fueron 0 ind/m<sup>2</sup> para los datos de 1998 y 0.2 ind/m<sup>2</sup> para los

datos del 2003. La abundancia de *D. mexicanum* en la zona profunda del mes de junio de 1998 mostró una densidad de 15.8 ind/m<sup>2</sup> y la obtenida en el presente estudio fue de 11.9 ± 0.96 ind/m<sup>2</sup> (media ± error estándar), estamos hablando de una diferencia de 4 ind/m<sup>2</sup>, que fue determinante para que se presentaran diferencias significativas entre poblaciones (t=4.062; gl=6; p=0.007).

## 9. DISCUSIÓN

### Infauna

Dentro de los dos grupos de trabajo (moluscos y equinodermos), los moluscos del arrecife de La Entrega presentaron una mayor diversidad y abundancia a lo largo del año de muestreo de 2002-2003, lo que coincide con lo encontrado en anteriores trabajos, elaborados en la mismo arrecife (Rodríguez-Palacios *et al.*, 1988; Mitchell-Arana, 1994; Ramírez-Luna y Barrientos-Luján, 1999; Benítez-Villalobos, 2001); la mayor diversidad y abundancia de moluscos, las comparte con otras zonas como el Caribe y el Indo-Pacífico, en donde la mayor abundancia corresponde a gasterópodos (McClanahan, 2002).

Las especies más abundantes de la comunidad de moluscos representantes de la infauna en La Entrega a lo largo del muestreo 2002-2003 fueron *Lithophoga aristata* y *Cantharus sp* con 27 organismos y *Muricopsis jaliscoensis* con 24 organismos (ver figura 2). Ramírez-Luna y Barrientos-Luján (1999) encontraron que *Cantharus sp* y *Muricopsis zeteki* eran las especies más abundantes en los años de 1994-1995, mientras que, para el género *Lithophoga* solamente registraron individuos de la especie *L. plumula* y *Lithophoga sp* con abundancias muy bajas (3 y 1 organismos respectivamente), esto puede hablar de que el estado de erosión bajo el cual se encuentra actualmente el arrecife de La Entrega (Leyte-Morales *et al.*, 2001), ha provocado la disminución de la presencia de pólipos en colonias vivas, que con su actividad y secreción de mucus dificulta el asentamiento de larvas y el trabajo de perforación (Cantera y Contreras, 1988), facilitando así, la colonización de *Lithophoga spp.*

Dentro de las especies de moluscos encontradas, se registraron a *Quoyula madreporarum*, *Jenneria pustulata*, *Muricopsis zeteki*, éstos se alimentan exclusivamente de corales

Pocillopóridos (Glynn y Wellington, 1983). Las altas densidades de gasterópodos coralívoros han afectado el crecimiento, la recuperación y distribución de especies de coral en diversas zonas como el Caribe (Miller, 2001), el Indo-Pacífico (Cumming, 1999) y el Pacífico oriental tropical (Guzmán, 1988a; Guzmán, 1988b). En las Islas Galápagos los bioerosionadores internos excavan un promedio de  $2.6 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  provocando una pérdida de 0.6% de la cobertura coralina de forma anual (Reaka-Kudla *et al.*, 1996). En esta investigación, que si bien no se estudió la tasa de remoción de carbonato, si se analizó la abundancia de organismos asociados a coral y cuatro de los primeros seis lugares de abundancia corresponden a géneros coralívoros: *Cantharus* (juveniles), *Muricopsis* y *Quoyula*; mientras que el primer lugar, a un horadador (*Lithophoga aristata*). Lo que puede indicar que el efecto adverso al coral de estos géneros sobre el arrecife de La Entrega debe de tomarse en cuenta.

En lo que respecta a equinodermos, se identificaron 30 organismos pertenecientes a 9 especies (4 Holoturoideos, 4 Ophiuroideos y 1 Echinoideo) dentro de la infauna (ver tabla IV). Valores semejantes a los de Mitchell-Arana (1994), que registró 39 organismos y 7 especies (3 Ophiuroideos, 2 Echinoideos y 2 Holoturoideos). Benítez-Villalobos (2000, 2001) en el mismo arrecife, identificó 236 organismos distribuidos en 10 especies (5 Ophiuroideos, 2 Holoturoideos, 2 Echinoideos y 1 Asteroideo). La diferencia en abundancia es muy marcada, sin embargo, la riqueza de especies es muy parecida. El muestreo de Mitchell-Arana se realizó en el año de 1986 y el muestreo de Benítez-Villalobos se realizó en 1994-1995. Durante este lapso de tiempo se han presentado eventos naturales (Glynn *et al.*, 1998; Lirman *et al.*, 2001; Leyte-Morales, 2001), crecimiento turístico e incremento de la población humana; mortalidades coralinas y reducción de la cobertura coralina (Hernández-Ballesteros, 2002; Hernández-Ballesteros y Leyte-Morales,



2003) y con eso su fauna de equinodermos asociada, por ejemplo, en las Islas Galápagos *Eucidaris thouarsii* presenta una correlación inversa con la cobertura de coral vivo (Glynn *et al.*, 1978) y en el muestreo de este trabajo, *Eucidaris asteriscus* presentó los valores más altos de abundancia con respecto a los otros equinodermos (ver tabla IV).

La variabilidad espacial y temporal de las comunidades macrobénticas están relacionadas con las variables ambientales (Frouin y Hutchings, 2001). En el muestreo de 2002-2003 se detectaron diferencias temporales y estacionales que se pueden relacionar a las condiciones ambientales. Por ejemplo, la mayor cantidad de pepinos de mar (Holoturoideos) se registraron durante los meses en donde la turbidez fue alta (abril-agosto) (ver tabla IV y anexo I), esto se puede deber, a que al existir mayor turbidez existe mayor aporte de partículas en suspensión que sirve de alimento a estos organismos (Uthicke, 2001), el coeficiente de correlación polinomial indicó una  $R=0.899$  con una varianza explicada de  $R^2=0.808$ .

En Ophiuroideos, se notó alternancia de especies entre los meses de lluvias (mayo-octubre) y secas (noviembre-abril); durante lluvias se encontró *Ophiothrix spiculata* que no se registró durante secas, *Ophiocoma alexandri* y *Ophiactis savignyi* solamente aparecieron en secas y la única especie que apareció en ambas estaciones fue *Ophiocoma aethiops* (ver tabla IV). La salinidad puede jugar un papel importante en dicha sucesión, a *O. spiculata* se le ha encontrado tanto en asociación con especies marinas como en asociación con especies estuarinas (Hickman, 1998). En el área de estudio, la encontramos únicamente en lluvias cuando la salinidad promedio registrada fue de 33.3 ups misma que aumentó en secas a 34.7 ups (ver anexo I), siendo así *O. alexandri* y *O. savignyi* prefieren salinidades cercanas al promedio (35 ups) registrado para superficie del mar en la zona (Secretaría de Marina, 1978).

Durante la época de secas (noviembre-abril) se registró la mayor diversidad tanto de moluscos como de equinodermos, el mes de abril presentó el valor más alto de diversidad para ambos grupos, que coincidió con la temperatura más baja del agua de los meses de muestreo (24.95°C) (ver anexo I), durante estos meses, suceden en el istmo de Tehuantepec, los llamados vientos tehuanos y las surgencias, que pueden traer consigo efectos importantes en el medio marino, incrementando la productividad primaria (Lluch-Cota *et al.*, 1997). Se notó una relación lineal entre la temperatura y la riqueza de especies de moluscos en La Entrega ( $R=0.921$ ;  $R^2=0.848$ ); para equinodermos la relación entre temperatura y diversidad fue de tipo polinomial ( $R=0.901$ ;  $R^2=0.812$ ), mientras que con la riqueza de especies, el valor de relación polinomial fue más bajo ( $R=0.857$ ;  $R^2=0.734$ ).

En el mes de diciembre no se encontraron organismos de equinodermos en las muestras, posiblemente porque durante el periodo de octubre del 2002 a febrero del 2003, la cobertura coralina disminuyó en un 90% y la cobertura algal aumentó en un 80% en la zona somera de la bahía (Hernández-Ballesteros y Leyte-Morales, 2003). En el atolón de Hikueru, después de una mortalidad masiva asociada a blooms de fitoplancton se detectó una baja diversidad de la macrofauna béntica en donde sólo se registró una especie de coral, dos de moluscos y una de equinodermos (Adjeroūd *et al.*, 2001).

Por otro lado, después de la mortalidad coralina antes mencionada, se incrementó la abundancia de especies de moluscos coralívoras en el arrecife de la Entrega (ver tabla I), esto también se ha observado en otros arrecifes como los del Caribe (Miller, 2001) o los de Costa Rica (Guzmán, 1988a; Guzmán, 1988b).

Dulvy y colaboradores (2002) encontraron que la variación de la estructura de la comunidad béntica está asociada a la comunidad íctica, la cual cambia de acuerdo a la presión de pesca a la que está sometida el área de estudio, esta actividad contribuye a la

reducción de la calidad del hábitat, disminuyendo la riqueza de macroinvertebrados en los arrecifes. En La Entrega existe pesca, pero en menor escala que en otras bahías aledañas, pero sí existe gran cantidad de actividades antropogénicas (práctica de deportes acuáticos; vertimiento de combustibles; anclaje de embarcaciones o la simple actividad de los bañistas al pararse sobre el arrecife), actividades que han sido mencionadas como causas de estrés ambiental, que traen consecuencias adversas al arrecife y su fauna asociada (Brown, 1987; McClanahan *et al.*, 2001). En La Entrega, existen especies de corales que sólo se encuentran como fragmentos muertos, lo que habla también de un deterioro en la calidad del hábitat (Leyte–Morales *et al.*, 2001).

La distribución de los macroinvertebrados depende del tipo e inclinación del sustrato (Zuschin *et al.*, 2001); en La Entrega el arrecife es prácticamente monoespecífico dominado por *Pocillopora damicornis* y muy llano (Leyte–Morales, 2001) lo que provoca una pobre variabilidad de sustratos y con esto, conjuntos muy parecidos de moluscos a lo largo del arrecife, lo que provoca que la comunidad presente un valor de diversidad relativamente bajo como sucede en la Isla del Caño, Costa Rica en donde el coral masivo *Porites lobata* domina (Guzmán *et al.*, 1987).

## Epifauna

En la epifauna de La Entrega, se encontró una especie de estrella de mar (*Phataria unifascialis*) y cuatro especies de erizos (*Echinometra vanbrunti*, *Toxopneustes roseus*, *Eucidaris asteriscus* y *Diadema mexicanum*).

Los resultados encontrados para la distribución espacial y temporal de los asteroideos indican que existieron diferencias espaciales pero no temporales. En la zona somera no hubo ningún registro de *P. unifascialis* (ver figura 6) esto se puede deber a que la estrella prefiere sustrato rocoso para habitar (Hickman, 1998) y en La Entrega a partir de los 0m y hasta los 6m es raro observar rocas, en cambio en la zona profunda es más común.

En La Entrega, la parte somera esta expuesta a estrés ambiental por la afluencia turística, durante los recorridos de snorkel, si el guía encuentra estrellas de mar a su paso, éste las toma para enseñárselas a los turistas, lo que posiblemente este causando estrés en el animal; esta puede ser otra causa de la ausencia de *P. unifascialis* en la parte somera del arrecife (obs pers.).

De las cuatro especies de erizos evaluadas en el presente trabajo, la que presentó mayor abundancia fue *Diadema mexicanum* con un promedio de densidad a lo largo del año en todo el arrecife (somero + profundo) de  $5.96 \pm 0.85$  ind/m<sup>2</sup> (media  $\pm$  error estándar) (ver tabla VII). Herrera–Escalante (2002), en un estudio de bioerosión por *D. mexicanum* en las bahías de Huatulco registró para La Entrega una densidad de  $6.8 \pm 2.09$  ind/m<sup>2</sup> (media  $\pm$  error estándar), valor parecido al encontrado aquí pero con una considerable diferencia en el error estándar, que se debe al tamaño total de la muestra; el tamaño de muestra de Herrera–Escalante (2002) fue de n=33 transectos, mientras que en el presente la muestra fue de n=72 transectos lo que indica una diferencia de más del 100%. Espino–Barr *et al.* (1996), en costas de Colima encontraron una densidad de *D. mexicanum* de 1.7 ind/m<sup>2</sup>, pero

con la diferencia que ellos muestrearon sobre sustrato rocoso y en este trabajo se hizo sobre sustrato arrecifal. En costas de Panamá y Costa Rica, se han registrado densidades desde 3.9 hasta 156 ind/m<sup>2</sup> en sustrato coralino (Guzmán, 1988a; Glynn, 1988). Comparando con los estudios antes mencionados, se puede decir que la densidad del año 2002-2003 de *D. mexicanum* en La Entrega, se encuentra en un valor intermedio, lo que nos habla de una población en equilibrio.

La densidad del erizo tinta en La Entrega, presentó diferencias significativas entre profundidades, siendo mayor en la parte profunda ( $10.83 \pm 1.38$  ind/m<sup>2</sup>) que en la somera ( $1.08 \pm 0.33$  ind/m<sup>2</sup>), estas diferencias se pueden deber a que en la parte poco profunda solamente existe coral muerto cubierto por algas, que incrementa la densidad de peces damisela que según Glynn y Wellington (1983) no permiten que los erizos ocupen su territorio, esto es posible, porque la abundancia de peces pomacéntricos en La Entrega es mayor en la zona somera (Barranco–Servín, en prep.)

En cuanto a la distribución temporal de *D. mexicanum* no se registraron diferencias significativas entre muestreos a lo largo del año de estudio. En la totalidad del arrecife, la media poblacional total se mantuvo más o menos constante (491–718 orgs. trans<sup>-1</sup>). Empero, si dividimos al arrecife en dos zonas, si se detectaron diferencias temporales tanto en lo somero como en lo profundo. Se identificó un incremento en la densidad en la parte somera y un decremento en la parte profunda durante el mes de diciembre (ver figura 7), la diferencia pudo ser originada por la mortalidad que sucedió durante uno o dos meses previos a causa del evento de El Niño moderado del 2002 que elevó la temperatura de la superficie del mar hasta 30-31°C (Hernández–Ballesteros y Leyte–Morales, 2003), ya que, la muerte de coral trae consigo un incremento en la densidad de erizos a consecuencia a la proliferación de algas filamentosas y coralinas (Guzmán *et al.*, 1987; Glynn, 1988; Guzmán

y Cortés, 1992), así dicha mortalidad pudo causar la migración de una parte de la población hacia lo somero al estar disponible una nueva área de alimento debido al crecimiento de algas sobre coral recién muerto; la población de *D. mexicanum* se podría considerar como estable pero con movimientos verticales dependiendo de la disposición de alimento, el análisis de correlación (modelo exponencial), mostró un valor de ( $R=0.853$ ;  $R^2=0.728$ ), lo que respalda los movimientos verticales del erizo entre profundo y somero.

En Champion Island, Galápagos, *Eucidaris thouarsii* presentó su mayor abundancia entre los 4 y 6 m de profundidad, con una densidad de 61 ind/m<sup>2</sup> disminuyendo conforme se incrementa la profundidad (Reaka-Kudla *et al.*, 1996). En el actual trabajo, *E. asteriscus* fue la única especie de erizo que se registró en todo el año de muestreo tanto en la parte somera como en la profunda, con una mayor agregación en la parte de fondo (ver tabla X), alrededor de los 6 y 7 metros de profundidad, franja que divide el coral muerto del vivo en La Entrega (Hernández-Ballesteros, 2002); a *E. asteriscus* se le encontró habitando epifauna e infauna, lo que sugiere que aunque su abundancia no es muy alta (0.12 ind/m<sup>2</sup> en lo somero y 0.81 ind/m<sup>2</sup> en lo profundo) su distribución espacial y ecológica si es alta. Además, fue la única especie de erizo que no presentó variaciones temporales en ninguna de las dos profundidades estudiadas. Durante el mes de diciembre registró su mayor densidad en la parte somera y su menor densidad en la parte profunda pero dicha diferencia no llegó a ser estadísticamente considerable como sucedió en *D. mexicanum*.

Para el erizo negro (*Echinometra vanbrunti*) también se le identificó una preferencia por la parte profunda, en Kenya *Echinometra mathai* se ha expandido hacia zonas más profundas por la reducción de sus depredadores (peces balistidos y tetradóntidos) principalmente (McClanahan y Muthiga, 1989). Sin embargo, la abundancia de estas clases de peces en la bahía de La Entrega es mayor en el fondo (Barranco-Servín, en prep.) por lo que no se

puede establecer una relación inversa entre ambos factores. El comportamiento temporal de la población de esta especie de erizo se identificó como irregular, durante el mes de octubre en la parte profunda presentó una considerable abundancia sin llegar a ser estadísticamente diferente a la de los demás meses, pero en meses posteriores ésta descendió (ver figura 9b). Esta alta abundancia de erizo negro durante octubre se pudo dar a un error de identificación por parte del personal que realizó el muestreo debido a la falta de experiencia del mismo.

Para el caso de *Toxopneustes roseus* no se cuenta con bibliografía que explique o respalde las posibles causas de la diferencia de distribución entre profundidades, este erizo presentó una densidad promedio en la parte somera de 0.003 ind/m<sup>2</sup> y en la profunda de 0.026 ind/m<sup>2</sup> (ver tabla XIa). Al erizo rosa, se le ha observado en mayor abundancia en otras bahías de Huatulco y de Puerto Ángel, dichas playas cuentan con una mayor heterogeneidad de sustrato y un buen porcentaje del fondo es arenoso con pequeños parches de coral y suelos rocosos (obs. pers.), por lo que a esta especie se le conoce localmente como erizo de arena, así, la gran dominancia de *Pocillopora damicornis* que crece sobre fondo arenoso ha reducido la heterogeneidad de sustrato, la geomorfología que realizó Leyte–Morales (2001) del arrecife de La Entrega, muestra la poca disponibilidad de sustrato arenoso, lo que limita la abundancia de *T. roseus*. Además, al erizo rosa lo afecta el turismo de manera directa, ya que, en los recorridos de buceo autónomo o libre, el guía lo saca del arrecife para que el turista lo vea, esto puede estar causando estrés en el animal. En la zona somera *T. roseus* presentó variaciones temporales significativas, en el mes de abril su abundancia en la orilla sobrepasó a la registrada en lo profundo, dato que coincidió con el mes en donde la temperatura alcanzó su mínimo (25°C) (ver anexo I), posiblemente el erizo emigró hacia la orilla buscando aguas más cálidas.

### **Comparación entre las comunidades de la infauna y la epifauna entre los años de 1994-1995 y 2002-2003.**

Entre los muestreos de 1994-1995 y 2002-2003 han sucedido eventos de índole meteorológico (lluvias intensas, periodos de sequías, tormentas tropicales, huracanes, aporte de sedimentos y sin duda los más relevantes eventos Niño y Niña de 1997–1998 y 2002-2003) (Glynn *et al.*, 1998; Lirman *et al.*, 2001; Leyte-Morales, 2001) y sociales (incremento de la afluencia e infraestructura turística, aumento del tránsito marítimo local y regional, dragados). A lo largo de los diez años que hay de diferencias entre muestreos, y según la prueba *t de Hutcheson* no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la diversidad de moluscos y equinodermos asociados a coral en La Entrega. Sin embargo, si se ha detectado un declive en la diversidad de moluscos y equinodermos que en la zona viven asociados a coral. Estos resultados nos indican que las comunidades de moluscos y equinodermos de La Entrega han sido resistentes a las modificaciones ambientales y se ha logrado mantener aún después de los disturbios ecológicos que se han suscitado en la bahía, pero se nota una tendencia negativa, por lo que posiblemente en una escala temporal más amplia estas comunidades presenten desequilibrio ecológico.

Las curvas de rarefacción para moluscos (ver figura 10) nos indican que si ha existido una disminución en la riqueza de especies entre los muestreos de 1994 y 2002-2003, porque con un tamaño de muestra como el obtenido en el 2002-2003 (167 organismos), en el año de 1994 se hubieran encontrado 35 especies, por lo que, se puede decir que los eventos naturales y la actividad antropogénica ha repercutido en la comunidad de moluscos de La Entrega. Para el caso de equinodermos, la curva de rarefacción (ver figura 11) nos indica, que no es la riqueza de especies la que se ha afectado, sino la abundancia de equinodermos en la infauna, ya que, el tamaño de muestra del 2002-2003 es mucho menor que el tamaño



de muestra de 1994. Así, se esperaría que con 30 organismos de equinodermos registrados en la comunidad del 2002-2003, solamente se encontrarán 6 especies pero se encontraron 9. Sin embargo, la técnica de la rarefacción desaprovecha mucha información (Moreno, 2001). Esto es debido a que el número de especies y su abundancia relativa es conocido para cada muestra antes de la rarefacción. Después de la rarefacción, se obtiene el número esperado de especies por muestra y no el observado en todas las muestras restantes (Magurran, 1988).

Por otro lado, a pesar de que la diversidad alfa entre las comunidades de 1994 y 2002-2003 no presentó diferencias significativas, la similitud de especies es muy baja. Para el caso de moluscos, el coeficiente de similitud de Jaccard presentó un valor del 26% y para equinodermos de 36%, lo que nos habla que los efectos que han causado los eventos sociales y naturales, han provocado cambio en las especies que conforman la comunidad de 2002-2003 en relación a la que existía 10 años antes. Causantes pueden ser: los eventos Niño y Niña, las intensas lluvias y las tormentas que han sucedido en este lapso en la bahía de La Entrega, ya que estos, han provocado decremento en la cobertura de coral vivo y fragmentación de las colonias coralinas en arrecifes de la costa oaxaqueña (Glynn *et al.*, 1998; Lirman *et al.*, 2001) y esto afecta a la fauna asociada.

Por ejemplo, en el Golfo de California, en respuesta a la mortalidad coralina la densidad del gasterópodo coralívoro *Quoyula madreporarum*, se ha visto reducida (Reyes-Bonilla, 2001), mientras que la densidad de *Quoyula monodonta* en Isla del Caño, Costa Rica ha aumentado (Guzmán, 1988a, 1988b). En el presente trabajo, la abundancia de *Q. madreporarum* aumentó con respecto a la que se presentó en 1994. Otro ejemplo, es la desaparición del gasterópodo *Jenneria pustulata* en costas de Panamá, a causa de una debilitación provocada por la prolongada exposición a temperaturas altas y por la

disminución de presas al ser una especie con reducido espectro trófico; esta especie antes de El Niño y La Niña de 1982-1983 contaba con una gran densidad de organismos (Glynn, 1985; Guzmán, 1988a); en La Entrega presentó menores abundancias en el muestreo de 2002-2003 que en el muestreo de 1994. Un último ejemplo, es la abundancia de los bivalvos del género *Lithophaga*, que según Cantera y Contreras (1988) aumenta al verse afectado el coral, esto se observó en el muestreo de 2002-2003, en donde, en relación con el muestreo de 1994, la abundancia de *Lithophoga* aumentó a causa del estado de deterioro bajo el cual se encuentra actualmente el arrecife (Leyte-Morales *et al.*, 2001).

Para el caso de equinodermos, existen ejemplos como las grandes densidades del erizo *Diadema mexicanum* para el Pacífico tropical americano; esta especie después de la mortalidad masiva de corales en Isla de Cocos, Costa Rica, a causa de El Niño 1982-1983 elevó aún más su densidad (Guzmán y Cortés, 1992). En el presente estudio al establecer las comparaciones, nos indicaron que existieron diferencias significativas entre la población de 1998 y la del 2003; en la zona somera en 1998 la densidad de *Diadema* fue de 0 ind/m<sup>2</sup> muy parecido a lo encontrado en este trabajo cuya densidad para junio del 2003 fue de 0.2 ind/m<sup>2</sup>, para la zona profunda se notó una tendencia en la reducción de la densidad, pero ésta, no dejó de ser mucho mayor en relación a la zona somera, con lo que se puede decir que la zonificación que presenta el erizo tinta se ha mantenido a pesar de los eventos naturales y sociales que han sucedido en la bahía de La Entrega.

Pero, ¿Cómo afectan estos fenómenos a los arrecifes y a su fauna asociada?

Para el caso de El Niño y La Niña el efecto es debido a que los arrecifes se encuentran limitados por la temperatura y al presentarse esos fenómenos, los corales zooxantelados pierden sus dinoflagelados endosimbiontes, trayendo consigo lo que se conoce como

blanqueamiento y posteriormente mortalidad coralina (Carriquiry *et al.*, 2001). Algunos eventos de blanqueamiento seguidos de mortalidades coralinas se han registrado en el Pacífico mexicano (Reyes–Bonilla, 1993b; Glynn y Leyte- Morales, 1997 Reyes-Bonilla, 2001; Carriquiry *et al.*, 2001; Reyes-Bonilla *et al.*, 2002). Con El Niño, se intensifican las tormentas tropicales y ciclones que provocan un decremento en la cobertura de coral vivo y fragmentación de las colonias vivas (Glynn *et al.*, 1998; Lirman *et al.*, 2001). Además, se manifiesta por lluvias abundantes que traen consigo mayor aporte de sedimento que de alguna forma asfixian a los corales y retrasan su crecimiento (Hansen, 1990).

## 10. CONCLUSIONES

- Se colectaron 167 organismos de moluscos pertenecientes a 29 especies (7 bivalvos y 22 gasterópodos) y 30 organismos de equinodermos (1 equinoideo, 4 ophiurideos y 4 holoturideos).
- Se observó que la diversidad de moluscos y equinodermos (infauna) asociados a sustrato coralino *Pocillopora damicornis* en La Entrega, de mayo a octubre disminuye y de noviembre a abril aumenta. Esto coincide con la época de lluvias y la época de estiaje en la región.
- Las especies de moluscos más ampliamente distribuidas en la infauna fueron especies propiamente oradoras (*Lithophoga aristata*) y coralívoras (*Quoyula madeporarum*, *Muricopsis spp*, *Cantharus sp.*), además se presentaron otras especies que se alimentan de coral en menor cantidad (*Jenneria pustulata* y *Coralliophila nux*).
- En la epifauna de La Entrega, se registró la presencia de una especie de asteroideo (*Phataria unifascialis*) y cuatro especies de erizos, de mayor a menor abundancia: *Diadema mexicanum*, *Eucidaris asteriscus*, *Echinometra vanbrunti* y *Toxopneustes roseus*
- El tamaño de la población de los cuatro erizos y de la estrella de mar, no presentó diferencias estadísticamente significativas a lo largo del año, por lo que se considera una población estable.

- La población de *Phataria unifascialis* y de los cuatro erizos en La Entrega tiende a una preferencia por la zona profunda del arrecife (6–12m), por lo que se detectaron diferencias entre profundidades.
- *Eucidaris asteriscus* se presentó tanto en la infauna como en la epifauna y en ambas profundidades a lo largo del año de muestreo.
- La población de *Diadema mexicanum* presentó movimientos temporales entre profundidades dependiendo de la disposición de alimento en donde la mortalidad coralina jugó un papel importante.
- La diversidad y abundancia de moluscos y equinodermos en La Entrega se ha mantenido relativamente constante a lo largo de 10 años (1994-2003), pero con una ligera tendencia negativa.
- No existe similitud entre las especies de moluscos y equinodermos del 2002-2003 con respecto a las especies que conformaban la comunidad de 1994 en La Entrega.
- La densidad poblacional de *Diadema mexicanum* mostró una tendencia a la disminución entre las poblaciones de 1998 y 2003. Aunque la zonificación se mantiene, ya que en 1998 *D. mexicanum* ya prefería la zona profunda.

## 11. LITERATURA CITADA

- Achituv, Y. y Z. Dubinsky. 1990. Evolution and zoogeography of coral reefs, Cap.1: p 1-9. En Z. Dubinsky ed., *Coral Reefs. Ecosystems of the world* Vol. 25. Elsevier, Amsterdam.
- Adjeroud, M., S. Andréfouët y C. Payri. 2001. Mass mortality of macrobenthic communities in the lagoon of Hikueru atoll (French Polynesia). *Coral Reefs*. 19(3): 287-291.
- Bak, R.P.M. 1994. Sea urchin bioerosion on coral reefs: place in the carbonate budget and relevant variables. *Coral Reefs*. 13: 99–103.
- Barranco-Servín, L.M. en prep. Variación de la ictiofauna asociada a arrecifes de coral por efectos del fenómeno de El Niño 1997-1998, en bahía “La Entrega”, Huatulco, Oaxaca. *Tesis profesional*. UMAR.
- Benítez-Villalobos, F. 2000. Comunidad de equinodermos asociados a la zona arrecifal Puerto Escondido-Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Tesis profesional*. UMAR. 56 p.
- Benítez-Villalobos, F. 2001. Comparación de la comunidad de equinodermos, asociados a arrecifes, en dos localidades de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. V (13): 19-24.
- Brower, J.E, J.H. Zar y C.N. Von Ende. 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4a edición, Mc Graw Hill. E.U. 273 p.
- Brown, B.E. 1987. Worlwide death of corals–natural cyclical events or Man–made pollution? *Mar. Poll. Bull.* 18(1): 9-13.

- Cantera, J.R.K y R. Contreras. 1988. Bivalvos perforadores de esqueletos de corales escleractinarios en la Isla de Gorgona, Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 36(1): 151-158.
- Carlson, D.B. 2001. Depth-related patterns coral recruitment and cryptic suspension – feeding invertebrates on Guana Island, British Virgin Islands. *Bull. Mar. Sci.* 68(3): 525-541.
- Carreiro-Silva, M. y T.R. McClanahan. 2001. Echinoid bioerosion and herbivory on Kenyan coral reefs: the role protection from fishing. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 262(2): 133-153.
- Carriquiry, J.D y H. Reyes-Bonilla. 1997. Estructura de la comunidad y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de México. *Ciencias Marinas*, 23(2): 227-248.
- Carriquiry, J.D; A. Cupul-Magaña; F. Rodríguez-Zaragoza y P. Medina-Rosas. 2001. Coral bleaching and mortality in the Mexican Pacific during the 1997-98 El Niño, and predictions from a remote sensing approach. *Bull. Mar. Sci.* 69(1): 237-249.
- Caso, A. F.A. Laguarda-Figueros, A Solis-Marín, O. Salas y A. Durán. 1993. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *En* Benítez-Villalobos, F. 2000. Comunidad de equinodermos asociados a la zona arrecifal Puerto Escondido Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Tesis profesional*. UMAR. 56 p.
- Cintra-Buenrostro, C.E. 2001. Los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de aguas someras del Golfo de California, México. *Oceánides*. 16(1): 49-90.
- Cumming, R.L. 1999. Predation on reef-building corals: multiscale variation in the density of three corallivorous gastropods, *Drupella spp.* *Coral Reefs*. 18(2): 147–157.

- De León-Herrera, M.G. 2000. Listado taxonómico de las especies de moluscos en la zona central del litoral oaxaqueño. *Ciencia y Mar*. IV(2): 49-51.
- Diaz, H y V. Markgraf, eds. 1992. *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Dulvy, N.K., R.E. Mitchell, D. Watson, C.J. Sweeting y N.V.C. Polunin. 2002. Scale – dependent control of motile epifaunal community structure along a coral reef fishing gradient. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 278 (1): 1–29.
- Eakin, C.M. 1996. Where have all the carbonate gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982-1983 El Niño at Uva Island in the Eastern Pacific. *Coral Reefs*. 15: 109-119.
- Espino-Barr, E., R. Cibrián–Rodríguez y A. García–Boa. 1996. Estructura de la población del erizo tinta *Diadema mexicanum* en el litoral rocoso del estado de Colima. *Cienc. Pesq.* 12: 60-67.
- Fiedler, P.C. 1992. Seasonal Climatologies and variability of Eastern Tropical Pacific Surface Waters. *NOAA Technical Report NMFS 109*, Southwest Fisheries Science Center, California. 65 p.
- Frouin, P. y P. Hutchings. 2001. Macrobenthic communities in a tropical lagoon (Tahiti, French Polynesa, central Pacific). *Coral Reefs*. 19(3): 277-283.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Inst. Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. 264 p.
- Glynn, P.W. 1985. Corallivore population sizes on feeding effects following El Niño (1982-1983) associated coral mortality in Panama. *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Coral Reef Cong.* Tahiti 4: 183-188.



- Glynn, P.W. 1988. El Niño, coral mortality and reef framework destruction by echinoid bioerosión in the Eastern Pacific. *Galaxea*. 7: 129-160.
- Glynn, P.W. y G.M. Wellington. 1983. *Coral and coral reefs of the Galápagos Islands*. University of California press. Berkeley. 330 p.
- Glynn, P.W. y G.E. Leyte-Morales. 1997. Coral reefs of Huatulco, West México: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. *Rev. Biol. Trop.* 45(3): 1033-1047.
- Glynn, P.W., G.M. Wellington y C. Birkeland. 1978. Coral reef growth in the Galápagos: Limitation by sea urchin. *Science*. 203: 47-49.
- Glynn, P.W., Lirman, D., Baker, A.C. y Leyte-Morales, G.E. 1998. First documented hurricane strikes on eastern Pacific coral reefs reveal only slight damage. *Coral Reefs*. 17: 368.
- Guzmán, H.M. 1988a. Distribución y abundancia de organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la Isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36(2A): 191-207.
- Guzmán, H.M. 1988b. Feeding activity of the corallivorous gastropod *Quoyula monodonta* (Blainville). *Rev. Biol. Trop.* 36(2A): 209 – 212.
- Guzmán, H.M. y J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs alter the 1982-83 El Niño disturbance. *Rev. Biol. Trop.* 40(3): 309-324.
- Guzmán, H.M., J. Cortés, R.H. Richmond y P.W. Glynn. 1987. Efectos del fenómeno de “El Niño Oscilación Sureña” 1982/83 en los arrecifes coralinos de Isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35(2): 325-332.
- Hansen, D.V. 1990. Physical aspects of the El Niño event of 1982-1983. Cap.1: 1-20. En P.W. Glynn ed; *Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño- Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam. 563 p.

- Hernández-Ballesteros, L.M. 2002. Aspectos biológicos que afectan la estructura de la comunidad de los corales hermatípicos en el arrecife La Entrega, Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Tesis de maestría*. UMAR. 70 pp.
- Hernández-Ballesteros, L.M y G.E. Leyte-Morales. 2003. Cambio en la dominancia de la comunidad arrecifal de La Entrega, bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Memorias del II Congreso Mexicano sobre Arrecifes Coralinos*. Puerto Ángel: p. 14.
- Herrera-Escalante, T. 2002. Bioerosión provocada por el erizo *Diadema mexicanum* A. Agaziss 1863 en Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Tesis profesional*. UMAR. 65 p.
- Hickman, C.P. 1998. *A field guide to sea stars and others echinoderms of Galapagos*. Sugar Spring Press. 83 p.
- Jangoux, M. y J.N. Lawrence. 1989. *Echinoderms studies*. Volumen 3. A.A. Balkema Rotterdam, N. 198 p.
- Jompa, J. y L.J. McCook. 2002. Effects of competition and herbivory on interactions between a hard coral and a brown alga. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 271(1): 25-39.
- Keen, A.M. 1971. *Sea shells of Tropical West America: Marine mollusk from Baja California to Peru*. 2a edición. Stanford University Press, California. 1064 p.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2ª edición, Addison Wesley Longman, Inc. USA, 620 p.
- Lavín, M.F, J.M. Robles, M.L. Argote, E.D. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Trasviña, H.S. Vélez y J. García. 1991. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo*. XVIII(103): 97-108.
- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. 2ª edición. Elsevier, Amsterdam. 853 p.

- 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*. UMAR, 94 p.
- Leyte-Morales, G.E, H. Reyes-Bonilla, C.E. Cintra-Buenrostro y P. W. Glynn. 2001. Range extensión of *Leptoseris papyracea* (Dana, 1846) to the west coast of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 69(3): 1233-1237.
- Lirman, D. 2001. Competition between macroalgae and corals: effects of herbivore exclusion and increased algal biomass on coral survivorship and growth. *Coral Reefs*. 19(4): 392-399.
- 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.
- Lluch-Cota, S., S. Álvarez-Borrego, E.M. Santamaría-del Ángel, F.E. Müller-Karger y S. Hernández-Vázquez. 1997. Gulf of Tehuantepec and adjacent areas: spatial and temporal variation of satellite derived photosynthetic pigments. *Ciencias Marinas*. 23(3): 329-340.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- McClanahan, T.R. 2002. A comparison of the ecology of shallow subtidal gastropods between western Indian Ocean and Caribbean coral reefs. *Coral Reefs*. 21(4): 399-406.
- McClanahan, T.R. y N.A. Muthiga. 1989. Patterns of predation on a sea urchin, *Echinometra mathai* (de Blainville), on Kenyan coral reefs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 126(1): 77-94.

- McClanahan, T.R., N. Muthiga y S. Mangi. 2001. Coral and algal changes alter the 1998 coral bleaching: interaction with reef management and herbivores on Kenyan reefs. *Coral Reefs*. 19(4): 380-391.
- Miller, M.W. 2001. Corallivorous snail removal: evaluation of impact on *Acropora palmata*. *Coral Reefs*. 19(3): 293–295.
- Mitchell-Arana, L.M. 1994. Perfil del coral y especies asociadas en La Entrega, Bahías de Huatulco, Oax. *Tesis profesional*. Fac. Ciencias. UNAM. 74 p.
- Moreno, C.E. 2001. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 49 p.
- Mundy, C.M. 1990. Field and laboratory investigations of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. The Crown-of-Thorns study. *Aust. Inst. Mar. Sci.* 42 p.
- Nybakken, J.W. 1993. *Marine Biology: an ecological approach*. Harper Collins. New York. 462 p.
- Pandolfi, J. 2002. Coral community dynamics at multiple scales. *Coral Reefs*. 21(1): 13–23.
- Ramírez-Luna, S. y N.A. Barrientos-Luján. 1999. Diversidad de invertebrados bentónicos de las zonas coralinas del corredor costero: Puerto Escondido–Bahías de Huatulco, Oaxaca. *Informe Técnico*. UMAR. 77 p.
- Reaka-Kudla, M.L., J.S. Feingold y W. Glynn. 1996. Experimental studies of rapid bioerosion of coral reefs in the Galápagos Islands. *Coral Reefs*. 15: 101–107.
- Reyes-Bonilla, H. 1993a. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. En S.I. Salazar–Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*, CONABIO / CIQRO, Chetumal. 207-222 p.

- Reyes-Bonilla, H. 1993b. The 1987 coral bleaching at Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.* 52(2): 832-837.
- Reyes-Bonilla, H. 2001. Effects of the 1997-1998 El Niño–Southern Oscillation on coral communities of the Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 69(1): 252-266.
- Reyes-Bonilla, H. y G.E. Leyte Morales. 1998. Corals and coral reefs of the Puerto Angel region, west coast of Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 46(3): 679-681.
- Reyes-Bonilla, H. y A. López Pérez. 1998. Biogeography of the stony corals (Scleractinia) of the Mexican Pacific. *Ciencias Marinas.* 24(2): 211-224.
- Reyes-Bonilla, H; J.D. Carriquiry; G.E. Leyte-Morales y A.L. Cupul-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 México. *Coral Reefs.* 21(4): 368-372.
- River, G.F. y P.J. Edmunds. 2001. Mechanisms of interaction between macroalgae and sclerectinians on a coral reef in Jamaica. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 261(2): 159–172.
- 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.* Fac. Ciencias. UNAM. 94 p.
- Rodríguez-Palacios, C.A., Mitchell Arana, L.M., Sandoval Díaz, G., Gómez, P., Green, G. 1988. Los moluscos de las Bahías de Huatulco y Puerto Ángel, Oaxaca. Distribución, diversidad y abundancia. *Universidad y Ciencia.* 5(9): 85-94.
- Sandoval-Díaz, G. 1988. Estudio de las comunidades bénticas de la zona rocosa litoral y sublitoral de localidades en Bahías de Huatulco, Oaxaca. *Tesis profesional.* Fac. Ciencias. UNAM. 96 p.

- Secretaría de Marina. 1978. *Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Océano Pacífico*. Secretaría de Marina/ Dirección General de Oceanografía. México, D.F. 45 p.
- SECTUR-FONATUR. 1982. Bahías de Huatulco, Oaxaca. Plan Ambiental y Paisajístico. (Inédito). 165 p.
- Uthicke, S. 2001. Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 265(2): 153–170.
- Wilkinson, C. 2000. *Status of Coral Reefs of the World: 2000*. Australian Institute of Marine Science, Australia. 363 p.
- Wyrski, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Bull of the Int. Trop. Tuna Com.* 9: 271-304.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4ª edición. Prentice Hall, New Jersey. 663 p.
- Zuschin, M., J. Hohenegger y F. Steininger. 2001. Molluscan assemblages on coral reefs and associated hard substrata in the northern Red Sea. *Coral Reefs*. 20(2): 107-116.



