

2003A-2008B

300278335

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



**RELACIÓN ENTRE EL ENSAMBLAJE DE
EQUINODERMOS DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA-
FUNCIONAL Y LA ESTRUCTURA DEL HÁBITAT
BENTÓNICO EN ISLA ISABEL, NAYARIT.**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA
BRENDA BERENICE HERMOSILLO NÚÑEZ
ZAPOCAN, JALISCO, JUNIO 2011**

DEDICATORIA

A mi madre que apoyó siempre mis decisiones, y sin tener nada, lo dio todo por mí. Gracias Má algún día te recompensaré todo.

A mi hermana Karla por ser la mejor bióloga que conozco, y por demostrarme, que a pesar de las adversidades que puedan surgir cuando se quiere se puede, eres mi orgullo.

A mi mejor amiga y hermana Tita que siempre creyó en mí y me levantó cuando muchas veces me creí derrotada, gracias por todo tu apoyo, confianza, palabras de aliento y por estar conmigo hasta el final.

A mi razón de existir y seguir adelante, a esa personita que me motiva a ser mejor ser humano, a ti Kaleb simplemente gracias por llegar a mi vida y llenar de alegría mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara y al CUCBA.

Al proyecto PROMEP 103.5/08/2919 y 103.5/10/927 y a la beca recibida por el mismo.

A la Beca de la Red de Medio Ambiente y Sustentabilidad (ReMAS) del CONACYT (ReMAS-2010-018).

A mi director de tesis el Dr. Fabián Rodríguez, gracias por todo el apoyo brindado, por la confianza puesta en mí para realizar este trabajo. Por todos los conocimientos transmitidos, por trabajar arduamente conmigo, incluso los fines de semana para que este trabajo se realizara. Pero principalmente muchas gracias por ser un excelente papá académico, ser humano y amigo.

A mi asesor el Dr. Amílcar Cupul, gracias por brindarme tu apoyo y preocuparte por mí durante mi estancia académica en Pto. Vallarta. Por ser un investigador excelente, por brindarme tú amistad y apoyo absoluto, pero sobre todo gracias por ser como un papá cuando más lo necesité.

A los sinodales el Dr. Eduardo Ríos Jara, M.C. Cristian Moisés Galván Villa, M.C. Martín Pérez Peña y M.C. Gloria Parada Barrera por sus comentarios y aportaciones valiosas a este trabajo, que favorecieron la calidad de esta tesis.

Al personal de la CONANP particularmente a Jorge Castrejón Pineda, Gonzálo Pérez Lozano y Cayetano Robles Carrillo por su ayuda y hospitalidad durante el trabajo en Isla Isabel.

Al Dr. Marco Ortiz por sus valiosas aportaciones y comentarios que contribuyeron a mejorar la calidad de este trabajo.

A Rosario Priego, Vladimir Pérez de Silva, Aurora Martínez, Ildelfonso Enciso, Pastora Gómez, Rafael Negrete y Salvador Mercado por su ayuda en el trabajo de campo en Isla Isabel.

A Rosario por apoyarme y motivarme todo este tiempo, por ayudarme en los buceos extremos. donde nos obligaban a registrar buenos datos aunque no hubiera visibilidad. Por ser una gran amiga y considerarme parte de su familia. ¡Muchas gracias! Por acompañarme junto con Aurora en esas noches largas tratando de entender la estadística univariada y multivariada. Gracias por formar conmigo el club de las chicas superpoderosas.

A Pastora, por escucharme y subir mi ánimo cuando lo necesité, por ser tan franca y sincera, y al mismo tiempo, por preocuparse por mí. A Marcela Sartiaguin e Isabel Martínez, porque de cada una aprendí muchísimo, pero sobre todo gracias por su amistad sincera.

A la M.C. Norma Barrientos por ser un ejemplo de mujer luchona y trabajadora, por ayudarme a entender la importancia del *p value*, y por tus consejos que me hicieron ser optimista, gracias por todo.

A la Dr. Paola Rodríguez que con sus regaños y bromas hizo que tomara decisiones que no me atrevía. Gracias doitora.

A mis amigos de generación Roxana, Brenda Haro, Salvador, Miguel, César, Artemio, Omar, Lalo, Neto, Gehena, Claudia y Alicia por compartir tantos momentos agradables que serán inolvidables, y por seguir brindándome, su amistad a pesar de la distancia.

A mis hermanos Perla y Beto que con sus ocurrencias hacen menos pesados mis días. A mi cuñado Miguel Ángel Barrera Olmos por mostrar interés en todo lo que hice, pero sobre todo gracias por preocuparte de los que más quiero.

**RELACIÓN ENTRE EL ENSAMBLAJE DE EQUINODERMOS DE
IMPORTANCIA ECONÓMICA-FUNCIONAL Y LA ESTRUCTURA DEL
HÁBITAT BENTÓNICO EN ISLA ISABEL, NAYARIT.**

AUTOR

BRENDA BERENICE HERMOSILLO NUÑEZ

DIRECTOR

Dr. FABIÁN ALEJANDRO RODRÍGUEZ ZARAGOZA

ASESOR

Dr. AMILCAR LEVÍ CUPUL MAGAÑA

SINODALES

Dr. EDUARDO RÍOS JARA

M.C. CRISTIAN MOISÉS GALVÁN VILLA

M.C. MARTÍN PÉREZ PEÑA

M.C GLORIA PARADA BARRERA (SUPLENTE)

CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
ÍNDICE DE CUADROS	III
RESÚMEN	IV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	5
III. OBJETIVOS	10
4.1 Objetivo general.....	10
4.2 Objetivo particular.....	10
IV. HIPÓTESIS	11
V. ÁREA DE ESTUDIO	12
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	15
6.1 Trabajo de campo.....	15
6.2 Análisis de datos.....	16
VII. RESULTADOS	19
7.1 Atributos estructurales del ensamblaje.....	19
7.2 Análisis de similitud entre sitios.....	21
7.3 Relación del ensamblaje de equinodermos del hábitat bentónico...	29
VIII. DISCUSIÓN	32
8.1 Diversidad, equidad y abundancia.....	32
8.2 Ensamblaje de equinodermos y hábitat bentónico.....	35
IX. CONCLUSIONES	40
X. LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Ubicación y sitios de muestreo en el Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit.....	14
Figura 2. Riqueza, abundancia y diversidad ecológica de las especies de equinodermos de importancia económica-funcional.....	23
Figura 3. Dendrograma y ordenación (MDS) representando la asociación entre sitios.....	28
Figura 4. Ordenación (RDA) representando las especies del ensamblaje de equinodermos, los sitios de muestreo y las variables ambientales.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Resultados del análisis de similitud (ANOSIM) de una vía usado para comparar la estructura del ensamblaje de equinodermos en nueve sitios de muestreo en isla Isabel.....	24
Cuadro 2. Análisis de similitud en porcentaje (SIMPER) por sitio en Isla Isabel.....	25
Cuadro 3. Análisis de disimilitud en porcentaje (SIMPER) por grupos de sitios en Isla Isabel.....	26

RESÚMEN

Dentro del hábitat bentónico, los equinodermos se desempeñan como especies clave. El objetivo de este trabajo fue evaluar la relación entre el ensamblaje de equinodermos de importancia económica-funcional y la estructura del hábitat bentónico en Isla Isabel, Nayarit. Se realizaron un total de 90 transectos en nueve sitios en los meses de Febrero y Junio del año 2009, en los cuales también se filmaron videotransectos, se midió la complejidad topográfica y se realizaron censos visuales de siete especies de equinodermos: *Diadema mexicanum*, *Centrostephanus coronatus*, *Eucidaris thouarsii*, *Isostichopus fuscus*, *Pharia pyramidatus*, *Phataria unifascialis* y *Acanthaster ellisii*. Los resultados mostraron que la zona Sur y Noroeste de la isla presentan la mayor riqueza de especies. La abundancia más alta se estimó en el sitio Costa Fragata Profundo. En la Ensenada Pescadores se estimó la mayor diversidad de Shannon ($H' = 0.97$ nats) y equidad de Pielou ($J' = 0.50$). La dominancia de Simpson más alta se estimó para el sitio Las Monas Externo ($D = 0.31$). El análisis de similitudes (ANOSIM) mostró que el ensamblaje de equinodermos fue diferente entre los sitios, principalmente debido a los ensamblajes de Costa Fragata Profundo y Somero, Ensenada Pescadores, Las Monas Interno y Externo y Bahía Rabijuncos. Los análisis de clasificación y escalonamiento multidimensional no métrico (MDS) mostraron la formación de dos grupos y dos sitios aislados: el primer grupo formado por Caleta Sin Nombre y Las Monas Externo; el segundo constituido por Punta Rocosa, Bahía Rabijuncos, Pocitas, Costa Fragata Profundo y Las Monas Interno; los sitios aislados fueron Costa Fragata Somero y Ensenada Pescadores. De acuerdo a los análisis de redundancia canónica (RDA) las especies de equinodermos estudiados se relacionan con siete variables espaciales del hábitat bentónico: cobertura de corales masivos-placas (*Pavona* spp.), corales ramosos (*Pocillopora* spp.), corales nodulares (*Psammocora* spp.), hidrocorales, complejidad topográfica, disponibilidad de refugio y cobertura de roca. Sin embargo, estos equinodermos no mostraron una relación significativa con los grupos autótrofos bentónicos de Isla Isabel. Esto sugiere que la distribución y

abundancia de las siete especies de equinodermos es explicada fuertemente por la variación espacial del hábitat, más que por una actividad trófica (herbívora). Los equinoideos de Isla Isabel quizás realizan un papel funcional diferente al que se menciona en la mayoría de la literatura.

Palabras clave: variación espacial, diversidad de equinodermos, hábitat bentónico, Isla Isabel, Nayarit.

I. INTRODUCCIÓN

Existen en el mundo alrededor de 7,000 especies vivas de equinodermos, de las cuales 2,000 pertenecen a la clase Ophiuroidea, aproximadamente 1,800 a la clase Asteroidea, 1,200 a la clase Holothuroidea, 900 especies entre erizos regulares e irregulares comprenden la clase Echinoidea y finalmente 700 especies componen a la clase Crinoidea (Brusca y Brusca, 1990; Solís-Marín y Mata-Pérez, 1999). Los equinodermos muestran una amplia distribución batimétrica, al registrarse desde las zonas intermareales hasta las abisales, ocupando, una gran variedad de sustratos como fondos arenosos, fangosos, rocosos, coralígenos e incluso madera (Brusca y Brusca, 1990; Entrambasaguas, 2008; Solís-Marín, 2008).

El Phylum Equinodermata (del griego *equinus*, “espinoso”; *dermatos*, “piel”) se reconoce como uno de los más estudiados ya que han despertado gran interés por su amplio registro fósil, fácil manejo en laboratorio y fácil recolección. Además son ecológicamente relevantes con biomasas importantes y una distribución amplia, por lo que ocurren en múltiples latitudes y desempeñan un papel importante en la estructura de las comunidades bentónicas (Solís-Marín, 2008; Entrambasaguas, 2008). Su distribución no es aleatoria porque se encuentran en agregaciones que son identificadas por las especies dominantes (Caso *et al.*, 1993).

Los equinodermos muestran variadas formas de alimentación, por ello presentan gremios tróficos que los ubica en las redes alimenticias como predadores, detritívoros, ramoneadores y micrófagos (Brusca y Brusca, 1990). Por

esta razón se les considera especies clave al formar parte importante dentro del funcionamiento de los ecosistemas de todos los mares del planeta (Brusca y Brusca, 1990; Herrero-Pérezrul, 2008). La importancia ecológica de este Phylum radica en que llegan a controlar directa e indirectamente la distribución y abundancia de otros organismos bentónicos, por lo que pueden determinar la estructura de las comunidades bentónicas (Tuya *et al.*, 2004). Por ejemplo, los asteroideos coralívoros en densidades altas son capaces de reducir considerablemente la cobertura de coral vivo (Cameron, 1977; Glynn, 1981). Los ofiuroideos se consideran parte importante en la dieta de otros invertebrados y peces, también pueden condicionar la distribución espacial y temporal de sus presas (Ambrose, 1993). Los equinoideos juegan un doble papel, por un lado al alimentarse de algas y de otros organismos bentónicos controlan la abundancia de éstos, y su vez, favorecen espacios libres para el asentamiento larval (Glynn *et al.*, 1978; Coyer *et al.*, 1993; McClanahan *et al.*, 1996; Jompa y McCook, 2002). Por otra parte, la actividad ramoneadora intensa y abrasión de sus espinas llega a producir tasas de bioerosión altas que condicionan la abundancia y distribución de corales y algas, esta actividad destructiva vuelve más vulnerables a los arrecifes de coral ante los cambios ambientales (Sammarco, 1982; Bak, 1990; Eakin, 1996; Toro-Farmer *et al.*, 2004; Herrera-Escalante, 2005). Los holoturoideos contribuyen a la movilidad del sustrato y reciclaje de sedimentos; también, proporcionan y transportan en sus heces material orgánico rico en nutrientes (Bakus, 1968; Brusca y Brusca, 1990). Por otro lado, algunos equinodermos tienen importancia económica, como ciertos erizos y pepinos de mar que son utilizados como alimento por el hombre, principalmente las gónadas del erizo y la piel de los

pepinos asimismo, las estrellas y ofiuros son utilizadas con propósitos ornamentales (Caso, 1977).

Gran número de investigaciones señalan que la distribución y abundancia de equinodermos y otros organismos bentónicos está determinada por procesos determinísticos y estocásticos, de los cuales podemos mencionar: variaciones de temperatura (Caso *et al.*, 1993), asentamiento larval y reclutamiento (Young y Chia, 1982; Ebert, 1983; Hereu *et al.*, 2004; Clemente *et al.*, 2008), depredación (Tegner y Dayton, 1991; Sala, 1997, McClanahan, 1998; Clemente *et al.*, 2008) y disponibilidad de alimento (Andrew, 1993; Coyer *et al.*, 1993; Alves *et al.*, 2001; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998). De los trabajos existentes en México pocos han evaluado la variabilidad espacial de los ensamblajes de equinodermos y su relación con el hábitat bentónico donde se encuentran. La mayoría de los estudios han tenido un enfoque descriptivo sobre los equinoideos y su relación con las densidades algales y otros organismos bentónicos (Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998; Alves *et al.*, 2001). Actualmente, el número de estudios que consideran la relación de los equinodermos con la complejidad estructural del hábitat y diversas variables físico-químicas, biológicas y ecológicas está aumentando (Benedetti-Cecchi, 2001; Chapman, 2002; Entrambasaguas, 2008). Asimismo se conoce cada vez más cómo estas especies influyen sobre la estructura del hábitat bentónico (Andrew, 1993; Sala *et al.*, 1998).

Por lo anterior, esta investigación relacionó algunas especies de equinodermos de importancia funcional y económica con los diferentes elementos estructurales del hábitat arrecifal bentónico del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit. Esta isla posee características biológicas, geomorfológicas y

oceanográficas que generan un sitio idóneo para la investigación al presentar poco impacto humano, por lo que se presume que el ecosistema marino está cercano a una condición prístina. Además cuenta con una biodiversidad alta debido a que existen comunidades coralinas asociadas a arrecifes rocosos y diversos tipos de sustratos, que son importantes para el desarrollo de los equinodermos y de otras especies sésiles y vágiles. El presente estudio hace un análisis cuantitativo más profundo que permite conocer con más detalle la relación existente entre los equinodermos y el hábitat bentónico en Isla Isabel. La información generada en este trabajo es una línea de base para apoyar las estrategias de manejo y conservación de esta área marina.

II. ANTECEDENTES

Alrededor del mundo se han realizado numerosas investigaciones con equinodermos. Las publicaciones que se mencionan en este trabajo están enfocadas a la biología y ecología de estas especies, de las cuales destacan aspectos de asociación de especies, tipos de hábitat, bioerosión, alimentación, asentamiento larval, reclutamiento, depredación, reproducción, distribución y listas taxonómicas. A continuación se citan algunos trabajos: Jacob *et al.* (2003) realizaron análisis con cinco especies de las familias Cidaridae y Echinidae en el Océano Antártico, encontrando, diferencias en los tipos de alimentación y profundidad entre familias y especies. Se han desarrollado también diversos estudios sobre la relación entre macroalgas con el erizo *Diadema antillarum* y peces herbívoros, donde se evidenció a *D. antillarum* como una especie herbívora clave en la estructura del hábitat arrecifal de las Islas Canarias en el Océano Atlántico (Tuya *et al.*, 2004). Otros autores como Sánchez-Jérez *et al.* (2001) y Alves *et al.* (2001) analizaron la distribución espacio-temporal de distintas especies de equinoideos en Brasil e Islas Madeira en el Atlántico, y evidenciaron, que la estructura del hábitat explica la distribución espacial de éstas. Benítez-Villalobos *et al.* (2007) determinaron la biología reproductiva del asteroideo *Henricia abyssicola* en el Atlántico Nororiental. Hooker *et al.* (2005) presentaron un listado de especies en Islas Lobos de Afuera, Perú y el tipo de hábitat donde se encontraron estos organismo. Por último, Martínez (2008) observó en Uruguay que la distribución de las clases Asteroidea y Ophiuroidea están regidas por la influencia de corrientes de aguas cálidas brasileñas y aguas frías de las Islas

Malvinas. En el Mar Caribe, De Ruyter-van Steveninck y Bak (1986) reportaron un aumento significativo en la cobertura algal y dedujeron que *D. antillarum* aún no recobra su papel como principal herbívoro en los arrecifes de coral. Benavides-Serrato (2006) realizó una lista taxonómica de equinodermos de aguas someras de Puerto Rico. Mutschke y Ríos (2006) realizaron un análisis de la abundancia y la distribución espacial de los equinodermos en el estrecho de Magallanes en Chile.

En el Pacífico Oriental Tropical se han realizado un gran número de investigaciones: En el Pacífico colombiano, Toro-Farmer *et al.* (2002) determinaron los patrones de distribución y abundancia de *Centrostephanus coronatus*, así como las tasas de bioerosión en el arrecife de Playa Blanca. Neira y Cantera (2005) hicieron una lista taxonómica sobre los equinodermos del área e incluyeron la distribución y ecología de las especies. Lessios (2005) realizó una lista de especies de equinodermos de aguas someras y profundas. Alvarado y Chiriboga (2008) describieron los patrones de distribución de los equinodermos de aguas someras en Isla del Coco. Para el Pacífico mexicano, Espino-Barr *et al.* (1996) evaluaron la estructura poblacional y la biología del erizo *Diadema mexicanum*, que es la especie más abundante y con mayores probabilidades de explotación comercial del litoral rocoso del estado de Colima. Morgan y Cowles (1996) estudiaron aspectos del comportamiento, fisiología y demografía de la estrella *Phataria unifascialis*, y encontraron, que una temperatura baja es una variable limitante en su distribución. Solís-Marín *et al.* (1997) determinaron la sistemática y distribución de los equinodermos en Bahía de La Paz, B.C.S., con un

registro de 92 especies, lo que la ubicó como una de las áreas con mayor riqueza específica del país. Salcedo-Martínez *et al.* (1988) realizaron un inventario de macroinvertebrados en Bahía de Zihuatanejo, donde el Phylum Echinodermata representó el 7.29% del total de especies. En Baja California Sur, Cintra-Buenrostro *et al.* (1998) reportaron sólo una lista taxonómica de los equinodermos registrados en arrecife de coral de Cabo Pulmo; en cambio, Holguín-Quiñones *et al.* (2000) aportaron conocimientos sobre la distribución y abundancias de los asteroideos, equinoideos y holoturoideos de Bahía de Loreto. Cintra-Buenrostro (2001) desarrolló una clave de identificación para determinar el elenco sistemático de las especies de asteroideos de aguas someras del Golfo de California. Nuño-Hermosillo (2003) y Nuño-Hermosillo *et al.* (2006) detallan la estructura poblacional y los aspectos pesqueros del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en la costa de Jalisco, la pesca de este pepino se llevó a cabo varios años sin un control adecuado hasta agotar el recurso.

Reyes-Bonilla *et al.* (2005) compararon la estructura de la comunidad de asteroideos en cuatro localidades del Golfo de California, además, buscaron una posible asociación entre pares de especies. Solís-Marín *et al.* (2005) actualizaron la lista taxonómica de las especies de equinodermos del Golfo de California. González-Medina *et al.* (2006) analizaron la estructura de la comunidad de moluscos y equinodermos, y su relación con algunos factores ambientales en el Archipiélago Espíritu Santo en Baja California Sur. Caso-Muñoz (1989) y Caso-Muñoz *et al.* (1993) hicieron estudios morfológicos, taxonómicos, ecológicos y de distribución geográfica de equinodermos en las costas de Mazatlán, Sinaloa.

Zamorano y Leyte-Morales (2005) publicaron los cambios temporales de la diversidad de equinodermos asociados a arrecifes de coral en Oaxaca. Ávila Serrano *et al.* (2006) determinaron la composición y distribución de la macrofauna bentónica en el Río Colorado en el norte del Golfo de California, siendo el equinodermo *Mellita longifissa*, uno de los más abundantes. De igual forma, Reyes-Bonilla *et al.* (2005) llevaron a cabo un estudio sobre la estructura de las asociaciones de estrellas en arrecifes rocosos del Golfo de California y reportan que *P. unifascialis* y *Pharia pyramidatus* son las especies dominantes. Torrejón-Arellano *et al.* (2007) encontraron diferencias en la estructura del ensamblaje de equinodermos entre la Reserva de la Biosfera Islas Marías y el Parque Nacional Isla Isabel, evidenciando, que la actividad humana posiblemente tiene efectos en los ecosistemas arrecifales.

En el Parque Nacional Isla Isabel se han realizado pocos estudios en los ecosistemas marinos adyacentes. Entre ellos destacan trabajos taxonómicos de crustáceos (Guillen, 1992; Guillen y Osorno, 1993; Osorno *et al.*, 1998; Camacho, 1996; Hendrickx, 1997, 1999) y moluscos (Becerra, 2000), ecología de corales hermatípicos (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997; Carriquiry *et al.*, 2001; Cupul-Magaña, 2008) y peces (Galván-Villa *et al.*, 2010; Rodríguez-Zaragoza *et al.*, 2011). Con respecto a los equinodermos, existen dos publicaciones: (1) Ríos-Jara *et al.* (2008a) reportan una lista taxonómica de los hábitats en donde se encuentran las especies y su respectiva distribución en Isla Isabel y en el Pacífico Oriental Tropical, además estos autores proporcionan información para peces y otros invertebrados marinos; (2) Ríos-Jara *et al.* (2008b) analizaron la estructura y

similitud del ensamblaje de equinodermos en diferentes sitios y ambientes de la isla, donde encontraron a *D. mexicanum*, *Eucidaris thouarsii* y *P. unifascialis* como las más importantes en términos de dominancia y con una representación de más del 50% de los equinodermos registrados en Isla Isabel.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la relación de la estructura del ensamblaje de equinodermos de importancia ecológica-funcional y la estructura del hábitat bentónico del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit.

3.2 Objetivos particulares

- Analizar la riqueza, abundancia, equidad y diversidad de las especies de equinodermos de mayor importancia funcional de Isla Isabel, Nayarit.
- Comparar la similitud de los ensamblajes de equinodermos de mayor importancia funcional en nueve sitios de muestreo en Isla Isabel.
- Determinar la relación entre el ensamblaje de equinodermos de importancia económica-funcional y algunas variables ambientales del hábitat bentónico.

IV. HIPÓTESIS

La estructura del ensamblaje de equinodermos de importancia económica-funcional está determinada por diferentes elementos estructurales del hábitat como: complejidad topográfica, disponibilidad de refugio, cobertura de corales hermatípicos, algas (macroalgas carnosas, céspedes algales, algas costrosas coralinas y algas calcáreas articuladas) y roca. Por lo tanto la distribución y abundancia de siete especies de equinodermos se relacionarán con la condición ecosistémica del sitio ya que los equinodermos llegan a influir en la abundancia de otros organismos bentónicos.

V. ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Isla Isabel se encuentra en el Océano Pacífico a 28 km de la costa del estado de Nayarit, dentro de la provincia biogeográfica del Golfo de California. Isla Isabel fue decretada como Parque Nacional en 1980 por su alta biodiversidad, y por ser un área importante de anidación de aves marinas en el Pacífico mexicano. Sin embargo, el área protegida no considera los ecosistemas marinos adyacentes de la isla (CONANP, 2005). Se localiza en las coordenadas 25°52'N y 105°54'O y cuenta con una extensión terrestre de 82.1 ha (Figura 1). Isla Isabel tiene un origen volcánico y su geomorfología se manifiesta en cráteres, elevaciones y acantilados, además tiene en su interior un lago de agua salada (Bocco, 1997). Se localiza en una zona de transición oceanográfica que recibe aportaciones de aguas frías de la Corriente de California y aguas cálidas de la Corriente Norecuatorial y del Golfo de California (Badan, 1997), lo que ocasiona que arriben especies de la provincia biogeográfica de Cortez y de la Mexicana (Hendrickx 1995). Por ello, esta isla es considerada como un trampolín para la dispersión de múltiples especies (Cupul-Magaña, 2008). El clima en Isla Isabel es cálido subhúmedo con lluvias en verano según la clasificación de Köppen, modificada por García (1973). La temperatura media anual esta alrededor de 26°C. Además, es posible la presencia de huracanes y tormentas tropicales durante el verano.

Las costas están conformadas por acantilados y playas rocosas y arenosas con diferentes tipos de material y sustrato, donde se presentan escombros de coral, moluscos fragmentados, arena de grano fino y mediano, y derrames de lava

(Gaviño y Uribe. 1978). La zona marina posee una pendiente pronunciada y alcanza profundidades entre 25 y 30 m. El impacto humano en Isla Isabel es bajo debido a que sólo se presenta un pequeño campamento de pescadores, los cuales extraen especies a una considerable distancia de la isla, principalmente peces de fondo como guachinangos o pelágicos como tiburones, peces sierra, entre otros. Por esta razón, la extracción de los recursos arrecifales de la isla es poco frecuente (Cupul-Magaña, 2008; Rodríguez-Zaragoza *et al.*, 2011).

Los muestreos se realizaron en nueve sitios situados alrededor de Isla Isabel, caracterizados por presentar arrecifes rocosos con comunidades de coral (Figura 2). En la zona Oeste los sitios Punta Rocosa y Caleta Sin Nombre se ubican en la parte más dinámica debido a su exposición al oleaje. En la zona Sur, los sitios estudiados fueron Pocitas, Ensenada Pescadores y Bahía Rabijuncos, donde existe una gran variedad de hábitats con cuevas de gran tamaño y paredones, pero con una fuerza del oleaje y corrientes menos intensas. Finalmente, en la zona Este se localizan los sitios Costa Fragata Somero, Costa Fragata Profundo, Las Monas Interno y Las Monas Externo, las cuales presentan arrecifes rocosos con formaciones de coral dispersas y es la zona más protegida de la isla (Ríos-Jara y Ramírez-Delgadillo, 2007).

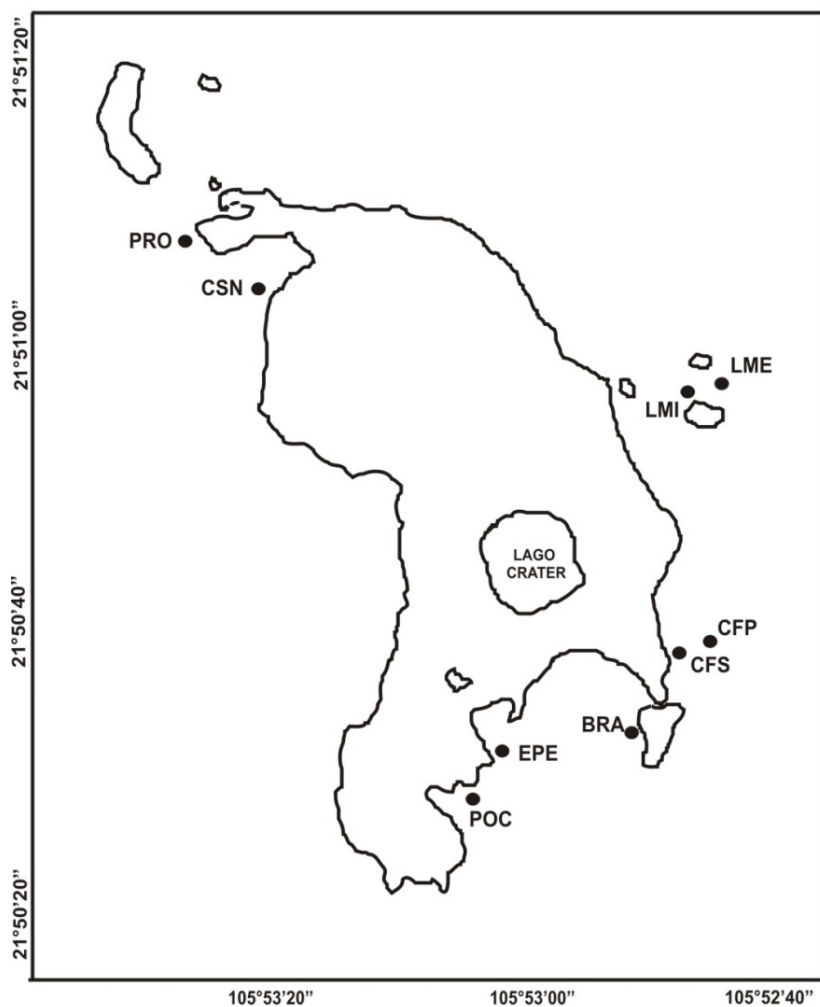
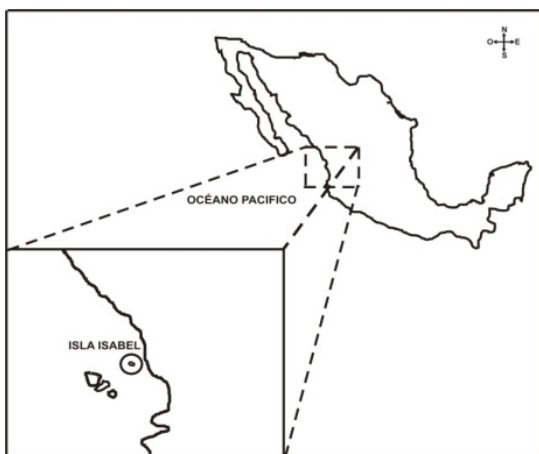


Figura 1. Ubicación y sitios de muestreo en el Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit. CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores, PRO = Punta Rocosa.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó durante Febrero y Junio de 2009. En cada sitio de muestreo se efectuaron cinco transectos réplica por mes con equipo de buceo autónomo, siguiendo, un diseño jerárquico anidado. Por transecto se aplicaron diferentes técnicas de muestreo simultáneamente que se describen a continuación: (1) Se hicieron conteos visuales (20 x 2 m) para registrar el número de individuos de las especies *Acanthaster ellisii*, *P. pyramidatus*, *P. unifascialis*, *D. mexicanum*, *C. coronatus*, *E. thouarsii* e *I. fuscus*; (2) Se filmaron videotransectos (20 x ~0.4 m) a 0.4 m y 90° del fondo para registrar la heterogeneidad de los elementos estructurales del hábitat. Por videotransecto se analizaron 40 cuadros de video y 2,000 puntos (50 puntos/cuadro) ubicados de manera sistemática-aleatoria en un monitor de alta resolución. Esto sirvió para estimar el porcentaje de cobertura de los siguientes grupos morfofuncionales bentónicos: coral ramoso (*Pocillopora* spp.), coral submasivo-costroso (*Porites* spp.), coral masivo con forma de placas (*Pavona* spp.), coral nodular (*Psammocora* spp.), hidrocoral, briozoantidos, octocorales, esponjas, macroalgas carnosas, algas costosas coralinas, algas calcáreas articuladas, céspedes algales, organismos vágiles, organismos sésiles, arena, escombros y roca desnuda (Rodríguez-Zaragoza *et al.*, 2011); (3) Se midió la complejidad topográfica con el método de cadena que consiste en tirar sobre el fondo una cadena de 10 m a lo largo del transecto y posteriormente medir su distancia desde el principio hasta el final. La medición se realizó una vez al inicio de cada transecto (Risk, 1972); (4) Se cuantificó el número

total de oquedades (NO) en tres cuadrantes de un metro cuadrado colocados al inicio, centro y final de cada transecto; luego se estimó un número de oquedades promedio por transecto. Por cuadrante se eligieron también cinco oquedades de distinto tamaño, para medir su diámetro mayor, diámetro menor y profundidad, para calcular la superficie (A) de las oquedades y su volumen (V) con base en la fórmula de un elipsoide. Con esta información se estimaron promedios y se estimó la disponibilidad de refugio, que fue expresada en área como el número de oquedades x área promedio (NOxA) y en volumen por sitio como el número de oquedades x volumen promedio (NOxV).

6.2 Análisis de datos

La riqueza específica (S) se definió como el número total de especies por sitio. La abundancia (N) corresponde al número total de individuos por transecto (ind/40 m²). Para evaluar la heterogeneidad de las especies se utilizó el índice de diversidad de Shannon (H'), que representa la contribución promedio de las especies a la diversidad total del ensamblaje, además es un índice sensible a las especies de abundancia intermedia y baja (Krebs 1989; Magurran 2004). Este índice se calculó con la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (1)$$

donde H' es el índice de diversidad de Shannon expresado en nats; p_i es la abundancia proporcional de la especie i . El índice de Shannon (H') se comparó entre los sitios con la prueba t de Hutchenson (t_H) (Zar 1996).

La dominancia de las especies se estimó con el índice de dominancia de Simpson (D), que representa mayormente a las especies de abundancia alta (Krebs 1989; Magurran 2004). La fórmula utilizada fue:

$$D = \sum_i^S P_i^2 \quad (2)$$

donde D = índice de dominancia de Simpson; p_i es la abundancia proporcional o relativa de la especie i . La equidad de las especies fue calculada con el índice de Pielou (J'), que indica la uniformidad en la distribución de la abundancia entre las especies. La ecuación para calcular este índice fue la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (3)$$

donde J' es el índice de equidad de Pielou; H' es el índice de diversidad de Shannon; H'_{max} es la diversidad máxima de especies que es igual a $H'_{max} = \ln S$.

Las medianas de la riqueza y abundancia de las especies de equinodermos se compararon con pruebas no paramétricas Kruskal Wallis (H), debido a que no se cumplieron los supuestos estadísticos paramétricos. La variación temporal de la estructura del ensamblaje de equinodermos se contrastó con un análisis de similitudes (ANOSIM) dos vías, y la variación espacial con una ANOSIM de una vía (Clarke 1993). La contribución de las especies a la similitud y disimilitud, dentro y entre sitios, se estimó con un análisis de similitud en porcentaje (SIMPER) (Clarke 1993). Asimismo, para identificar el grado de similitud entre sitios se realizó un análisis de clasificación y una ordenación con el escalonamiento multidimensional no métrico (MDS) (Clarke y Warwick 1994). Los

análisis anteriores se basaron en matrices de similitud de Bray-Curtis con datos previamente transformados con una raíz cuarta.

La relación entre el ensamblaje de equinodermos y la estructura espacial del hábitat bentónico se evaluó con un análisis de redundancia canónica (RDA), asumiendo, una relación lineal entre el componente biológico y el ambiental. De igual forma, la relación entre los equinodermos estudiados y los grupos autótrofos bentónicos se analizó con otro RDA para evidenciar una relación de herbivoría, tal como la que reporta Caso-Muñoz *et al.* (1993), Benedetti-Cecchi (1998), Alves *et al.* (2001). Para reducir la multicolinealidad entre las variables predictivas se consideró a todas aquellas que tuvieron un valor de correlación de Pearson < 0.9 , así como un factor de inflación de la varianza (VIF) ≤ 10 (Graham 2003). Para seleccionar las variables que mejor se ajustaron al modelo se hizo una selección de pasos hacia adelante. El ajuste del modelo RDA se evaluó con el estadístico *Traza* y su significancia estadística se probó con 9,999 permutaciones.

VII. RESULTADOS

El ANOSIM de dos vías mostró que el ensamblaje de equinodermos tuvo diferencias significativas entre sitios dentro de cada mes de muestreo (Febrero y junio) ($R = 0.193$, $p = 0.01\%$), pero no evidenció diferencias significativas entre estos meses ($R = 0.063$, $p = 13.2\%$). Por lo cual este trabajo se enfocó en analizar sólo la variación espacial del ensamblaje de equinodermos de Isla Isabel.

7.1 Atributos estructurales del ensamblaje

Se registraron 12,776 organismos de las siete especies censadas, de los cuales 11,800 individuos pertenecieron a *D. mexicanum*, 524 a *C. coronatus*, 301 a *E. thouarsii*, 117 a *P. unifascialis*, 23 a *P. pyramidatus*, 7 a *I. fuscus* y 4 individuos a *A. ellisii*. La riqueza de especies fue mayor en la zona Sur y Noroeste de la isla. Ensenada Pescadores presentó la mayor riqueza con siete especies, seguido de Bahía Rabijuncos, Pocitas y Punta Rocosa con seis especies. En Las Monas Interno, Costa Fragata Profundo y Costa Fragata Somero se registraron sólo cinco especies. Los valores más bajos de riqueza se encontraron en Las Monas Externo y en Caleta Sin Nombre con cuatro especies en cada uno (Figura 2A). La comparación de las medianas de la riqueza evidenció diferencias significativas ($H = 14.548$, $p = 0.069$), donde Punta Rocosa tuvo los mayores valores de riqueza, seguido de Bahía Rabijuncos y Costa Fragata Profundo. Los sitios con valores intermedios fueron Pocitas, Costa Fragata Somero, Ensenada Pescadores, Las Monas Interno y Las Monas Externo. Finalmente el sitio que mostró el valor más bajo fue Caleta Sin Nombre (Figura 2B).

La abundancia total de especies fue significativamente diferente entre los sitios ($H = 25.442$, $p = 0.001$), con el mayor valor en Costa Fragata Profundo ($265.5 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$) seguida por Las Monas Externo ($155.5 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$), Las Monas Interno ($141.5 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$), Pocitas ($125 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$) y Costa Fragata Somero ($110.5 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$). Bahía Rabijuncos y Punta Rocosa presentaron valores similares con $88.5 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$ y $85 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$, respectivamente. Finalmente, Ensenada Pescadores mostró el valor más bajo con $8.5 \text{ ind}/40 \text{ m}^2$ (Figura 2C).

En Ensenada Pescadores se estimó la mayor equidad de Pielou ($J' = 0.95$), seguido de Caleta Sin Nombre ($J' = 0.93$), Bahía Rabijuncos ($J' = 0.92$), Punta Rocosa ($J' = 0.90$) y Las Monas Externo ($J' = 0.90$). En cambio, la menor equidad se encontró en Costa Fragata Profundo ($J' = 0.88$), Costa Fragata Somero ($J' = 0.87$), Las Monas Interno ($J' = 0.86$) y Pocitas ($J' = 0.86$) (Figura 2D).

La diversidad de Shannon (H') mostró diferencias significativas entre la mayoría de los sitios ($3.37 < t_H < 11.17$, $p < 0.001$), excepto entre los sitios Costa Fragata Profundo, Costa Fragata Somero, Las Monas Interno y Caleta Sin Nombre ($0.45 < t_H < 0.86$, $0.32 < p < 0.65$). En Ensenada Pescadores se estimó el índice de diversidad de Shannon más alto con $H' = 1.85 \text{ nats}$, seguido de Bahía Rabijuncos ($H' = 1.65 \text{ nats}$), Punta Rocosa ($H' = 1.62 \text{ nats}$) y Pocitas ($H' = 1.55 \text{ nats}$). En cambio, en Costa Fragata Profundo y Costa Fragata Somero se estimaron valores bajos pero similares. Las Monas Interno, Caleta Sin Nombre y Las Monas Externo obtuvieron los valores más bajos con $H' = 1.38 \text{ nats}$, $H' = 1.30 \text{ nats}$ y $H' = 1.25 \text{ nats}$, respectivamente (Figura 2E).

En general la dominancia de Simpson fue baja, los valores más altos corresponden a Las Monas Externo ($D = 0.31$), Las Monas Interno ($D = 0.30$), Costa Fragata Somero ($D = 0.29$), Caleta sin Nombre ($D = 0.29$) y Costa Fragata Profundo ($D = 0.28$). Los sitios con menor dominancia fueron Pocitas ($D = 0.26$), Bahía Rabijuncos ($D = 0.22$), Punta Rocosa ($D = 0.22$) y Ensenada Pescadores ($D = 0.17$) (Figura 2F).

7.2 Análisis de similitud entre sitios

El ANOSIM de una vía evidenció diferencias significativas en los ensamblaje de equinodermos entre sitios ($R = 0.097$, $p = 0.04\%$). Los sitios que tuvieron las mayores diferencias entre sí fueron Costa Fragata Somero y Ensenada Pescadores ($0.110 < R < 0.320$, $0.009\% < p < 3.2\%$). Aunque, se encontraron también diferencias débiles entre Las Monas Externo y Punta Rocosa ($R = 0.177$, $p = 2.3\%$) (Cuadro 1).

Los resultados del SIMPER mostraron que las especies que mayor contribuyeron a la similitud promedio dentro de sitios fueron *D. mexicanum*, *P. unifascialis*, *E. thouarsii* y *C. coronatus* (Cuadro 2). De ellas, *D. mexicanum* contribuyó con más del 50 % a la similitud promedio de cada sitio. En cambio, las especies con aportes más altos a la disimilitud entre sitios fueron *D. mexicanum*, *P. unifascialis*, *E. thouarsii* y *C. coronatus* con valores $> 20\%$ (Cuadro 3).

Los análisis de clasificación y el MDS evidenciaron la presencia de dos sitios aislados y la formación de dos grupos de sitios: los dos primeros correspondieron a Ensenada Pescadores (sitio a) y Costa Fragata Somero (sitio

b); mientras que el grupo c correspondió a Las Monas Externo y Caleta Sin Nombre; y el grupo d asoció a Punta Rocosa, Bahía Rabijuncos, Pocitas, Costa Fragata Profundo y Las Monas Interno (Figura 4). Estos resultados corroboran lo encontrado con el ANOSIM.

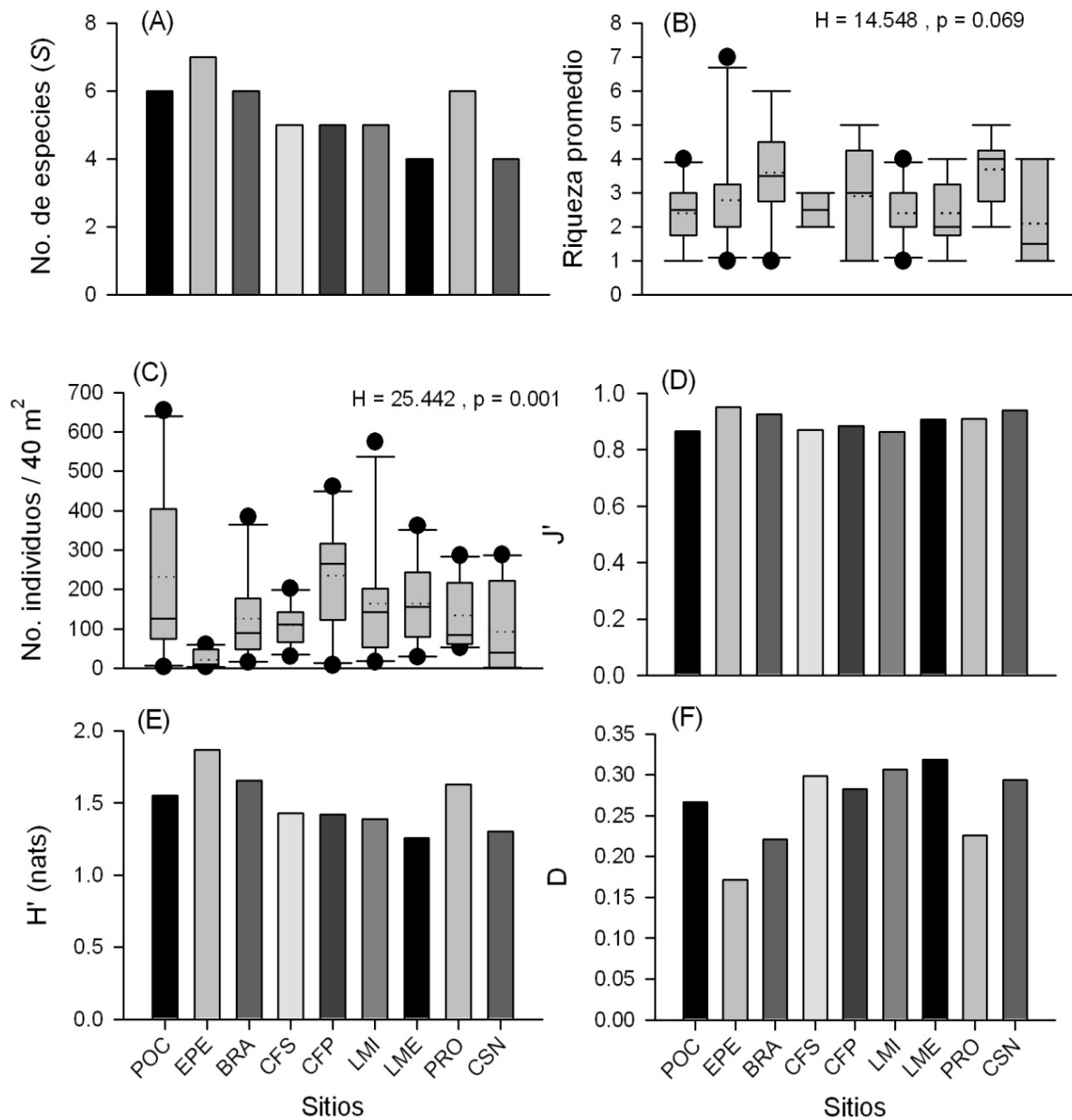


Figura 2. Riqueza, abundancia y diversidad ecológica de las especies de equidermos de importancia ecológica-funcional por sitio muestreado en Isla Isabel. (A) Riqueza total, (B) Riqueza de especies por transecto (C) Densidad total de individuos (D) Índice de equidad de Pielou (E) Índice de diversidad de Shannon (F) Índice de dominancia de Simpson. Para los gráficos de barras y bigotes se grafican la mediana (línea continua), los percentiles al 25% y 75%, y los valores mínimos y máximos (círculos negros). Se muestran también los resultados de la pruebas Kruskal-Wallis (H). CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores y PRO = Punta Rocosa.

Cuadro 1. Resultados del análisis de similitud (ANOSIM) de una vía usado para comparar la estructura del ensamblaje de equinodermos en nueve sitios de muestreo en Isla Isabel. Se remarcan en negritas los grupos de sitios que evidenciaron diferencias significativas con una significancia < 5.0%. CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores y PRO = Punta Rocosa.

	Estadístico R	Nivel de significancia (%)
Prueba global	0.104	0.01
<i>Pruebas a posteriori</i>		
CFP, CFS	0.317	0.2
CFP, LME	0.120	7.6
CFP, LMI	0.064	18.0
CFP, CSN	0.055	14.3
CFP, BRA	0.123	5.6
CFP, POC	-0.012	48
CFP, EPE	0.323	0.06
CFP, PRO	0.114	5.9
CFS, LME	0.174	2.4
CFS, LMI	-0.014	51.4
CFS, CSN	0.132	2.4
CFS, BRA	0.094	10.6
CFS, POC	0.086	9.7
CFS, EPE	0.344	0.01
CFS, PRO	0.196	1.7
LME, LMI	0.024	33.9
LME, CSN	0.095	7
LME, BRA	0.087	12.5
LME, POC	0.042	21.7
LME, EPE	0.248	0.1
LME, PRO	0.181	2.6
LMI, CSN	0.02	32.2
LMI, BRA	0.04	26
LMI, POC	-0.056	80.5
LMI, EPE	0.268	0.06
LMI, PRO	0.096	10.1
CSN, BRA	0.054	17
CSN, POC	-0.027	57.4
CSN, EPE	-0.018	53.4
CSN, PRO	0.051	16.4
BRA, POC	0.053	19.1
BRA, EPE	0.158	1.5
BRA, PRO	-0.005	45.9
POC, EPE	0.208	1
POC, PRO	0.108	7.2
EPE, PRO	0.213	0.04

Cuadro 2. Análisis de similitud en porcentaje (SIMPER) por sitio. Se presenta la abundancia total por transecto (AT ind/40m²), porcentaje de contribución a la similitud (%C), la contribución acumulada (%CA) y similitud promedio (Sim. Prom). CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores y PRO = Punta Rocosa.

	AT	%C	%CA		AT	%C	%CA
CFP				CFS			
Sim. Prom. = 54.71				Sim. Prom.= 67.11			
<i>D. mexicanum</i>	215.1	95.11	95.1	<i>D. mexicanum</i>	104.6	98.24	98.2
LME				LMI			
Sim. Prom. = 57.41				Sim. Prom. =50.55			
<i>D. mexicanum</i>	148.1	95.51	95.5	<i>D. mexicanum</i>	160.1	99.14	99.1
CSN				POC			
Sim. Prom. = 23.24				Sim. Prom. =41.62			
<i>D. mexicanum</i>	79.1	80.58	80.6	<i>D. mexicanum</i>	225.1	98.72	98.7
<i>P. unifascialis</i>	0.8	12.09	92.7				
BRA				PRO			
Sim. Prom. = 49.85				Sim. Prom. =50.14			
<i>D. mexicanum</i>	116.1	94.3	94.3	<i>D. mexicanum</i>	116.8	89.06	89.1
				<i>E. thouarsii</i>	10.1	7.29	96.4
EPE							
Sim. Prom. = 27.63							
<i>D. mexicanum</i>	15	53.13	53.1				
<i>P. unifascialis</i>	1.7	21.76	74.9				
<i>C. coronatus</i>	3.4	19	93.9				

Cuadro 3. Análisis de disimilitud en porcentaje (SIMPER) por grupos de sitios en Isla Isabel. Se presenta la abundancia promedio (AP), porcentaje de contribución a la disimilitud (%CD), la contribución acumulada a la disimilitud (%CAD) y disimilitud promedio entre sitios (Dis. Prom). Códigos de sitios: CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores y PRO = Punta Rocosa.

	AP	AP	%CD	%CAD		AP	AP	%CD	%CAD		AP	AP	%CD	%CAD
Dis. Prom = 50.25	CFP	CFS			Dis. Prom = 68.21	CFP	CSN			Dis. Prom =45.84	LME	BRA		
<i>D. mexicanum</i>	215.1	104.6	87.5	87.46	<i>D. mexicanum</i>	215	79.1	86.83	86.8	<i>D. mexicanum</i>	148.1	116.1	84.18	84.18
<i>C. coronatus</i>	15.8	0	8.61	96.07	<i>C. coronatus</i>	15.8	6.8	8.68	95.5	<i>C. coronatus</i>	13.7	4.2	10.8	95
Dis. Prom = 45.26	CFP	LME			Dis. Prom = 63.02	CFS	CSN			Dis. Prom =47.41	LMI	BRA		
<i>D. mexicanum</i>	215	148.1	85.6	85.55	<i>D. mexicanum</i>	105	79.1	89.39	89.4	<i>D. mexicanum</i>	160.1	116.1	89.67	89.7
<i>C. coronatus</i>	15.8	13.7	11	96.58	<i>E. thouarsii</i>	1.8	6.1	4.53	93.9	<i>C. coronatus</i>	0.6	4.2	3.74	93.4
Dis. Prom =38.86	CFS	LME			Dis. Prom = 64.79	LME	CSN			Dis. Prom =64.80	CSN	BRA		
<i>D. mexicanum</i>	105	148.1	83.3	83.25	<i>D. mexicanum</i>	148.1	79.1	85.56	85.6	<i>D. mexicanum</i>	79.1	116.1	85.88	85.9
<i>C. coronatus</i>	0	13.7	11.7	95	<i>C. coronatus</i>	13.7	6.8	9.98	95.5	<i>C. coronatus</i>	6.8	4.2	6.28	92.2
Dis. Prom = 49.98	CFP	LMI			Dis. Prom =65.48	LMI	CSN			Dis. Prom =52.76	CFP	POC		
<i>D. mexicanum</i>	215	160.1	88.2	88.22	<i>D. mexicanum</i>	160.1	79.1	90.43	90.4	<i>D. mexicanum</i>	215.1	225.1	89.29	89.3
<i>C. coronatus</i>	15.8	0.6	8.22	96.45	<i>C. coronatus</i>	15.8	4.2	8.24	95.4	<i>C. coronatus</i>	15.8	3.3	7.34	96.6
Dis. Prom = 40.33	CFS	LMI			Dis. Prom = 53.61	CFP	BRA			Dis. Prom = 49.01	CFS	POC		
<i>D. mexicanum</i>	105	160.1	92.8	92.79	<i>D. mexicanum</i>	215.1	116.1	87.21	87.2	<i>D. mexicanum</i>	104.6	225.1	93.69	93.69
<i>C. coronatus</i>					<i>C. coronatus</i>	15.8	4.2	8.24	95.4	<i>C. coronatus</i>				
Dis. Prom =43.98	LME	LMI			Dis. Prom = 40.73	CFS	BRA			Dis. Prom = 50.10	LME	POC		
<i>D. mexicanum</i>	148	160.1	86.2	86.23	<i>D. mexicanum</i>	104.6	116.1	88.48	88.5	<i>D. mexicanum</i>	148.1	225.1	89.11	89.11
<i>C. coronatus</i>	13.7	0.6	9.91	96.14	<i>C. coronatus</i>	0	4.2	4.25	92.7	<i>C. coronatus</i>	13.7	3.3	8.23	97.34

Cuadro 3 (Continuación)

	AP	AP	%CD	%CAD		AP	AP	%CD	%CAD		AP	AP	%CD	%CAD
Dis. Prom = 52.80	LMI	POC			Dis. Prom = 76.60	CSN	EPE			Dis. Prom = 48.44	LMI	PRO		
<i>D. mexicanum</i>	160.1	225.1	94	94.03	<i>D. mexicanum</i>	79.1	15	72.29	72.3	<i>D. mexicanum</i>	160.1	116.8	82.45	82.45
					<i>C. coronatus</i>	6.8	3.4	11.7	84	<i>E. thouarsii</i>	2.7	10.1	11.98	94.43
					<i>E. thouarsii</i>	6.1	0.8	7.88	91.9					
Dis. Prom = 70.28	CSN	POC			Dis. Prom = 73.92	BRA	EPE			Dis. Prom = 64.94	CSN	PRO		
<i>D. mexicanum</i>	79.1	225.1	88.6	88.64	<i>D. mexicanum</i>	116.1	15	87.4	87.4	<i>D. mexicanum</i>	79.1	116.8	77.95	77.95
<i>C. coronatus</i>	6.8	3.3	4.78	93.42	<i>C. coronatus</i>	4.2	3.4	5.92	93.3	<i>E. thouarsii</i>	6.1	10.1	14.32	92.28
Dis. Prom = 54.51	BRA	POC			Dis. Prom = 82.29	POC	EPE			Dis. Prom = 48.37	BRA	PRO		
<i>D. mexicanum</i>	116.1	225.1	91.9	91.92	<i>D. mexicanum</i>	225.1	15	90.08	90.1	<i>D. mexicanum</i>	116.1	116.8	78.47	78.47
Dis. Prom = 83.67	CFP	EPE			<i>E. thouarsii</i>	1.6	10.1	12.85	91.31	Dis. Prom = 55.81	POC	PRO		
<i>D. mexicanum</i>	215.1	15	87.6	87.55	Dis. Prom = 52.51	CFP	PRO			<i>D. mexicanum</i>	225.1	116.8	84.85	84.85
<i>C. coronatus</i>	15.8	3.4	7.96	95.5	<i>D. mexicanum</i>	215.1	116.8	82.03	82	<i>E. thouarsii</i>	2.1	10.1	9.58	94.43
Dis. Prom = 76.37	CFS	EPE			<i>C. coronatus</i>	15.8	4.6	8.19	90.2	Dis. Prom = 76.44	EPE	PRO		
<i>D. mexicanum</i>	104.6	15	91.1	91.14	Dis. Prom = 42.76	CFS	PRO			<i>D. mexicanum</i>	15	116.8	77.31	77.31
Dis. Prom = 79.72	LME	EPE			<i>D. mexicanum</i>	104.6	116.8	79.33	79.3	<i>E. thouarsii</i>	0.8	10.1	14.93	92.25
<i>D. mexicanum</i>	148.1	15	87.6	87.63	<i>E. thouarsii</i>	1.8	10.1	13.56	92.9					
<i>C. coronatus</i>	13.7	3.4	9.12	96.74	Dis. Prom = 47.38	LME	PRO							
Dis. Prom = 78.47	LMI	EPE			<i>D. mexicanum</i>	148.1	116.8	76.96	77					
<i>D. mexicanum</i>	160.1	15	91.5	91.46	<i>E. thouarsii</i>	1.2	10.1	11.04	88					
					<i>C. coronatus</i>	13.7	4.6	10.05	98.1					

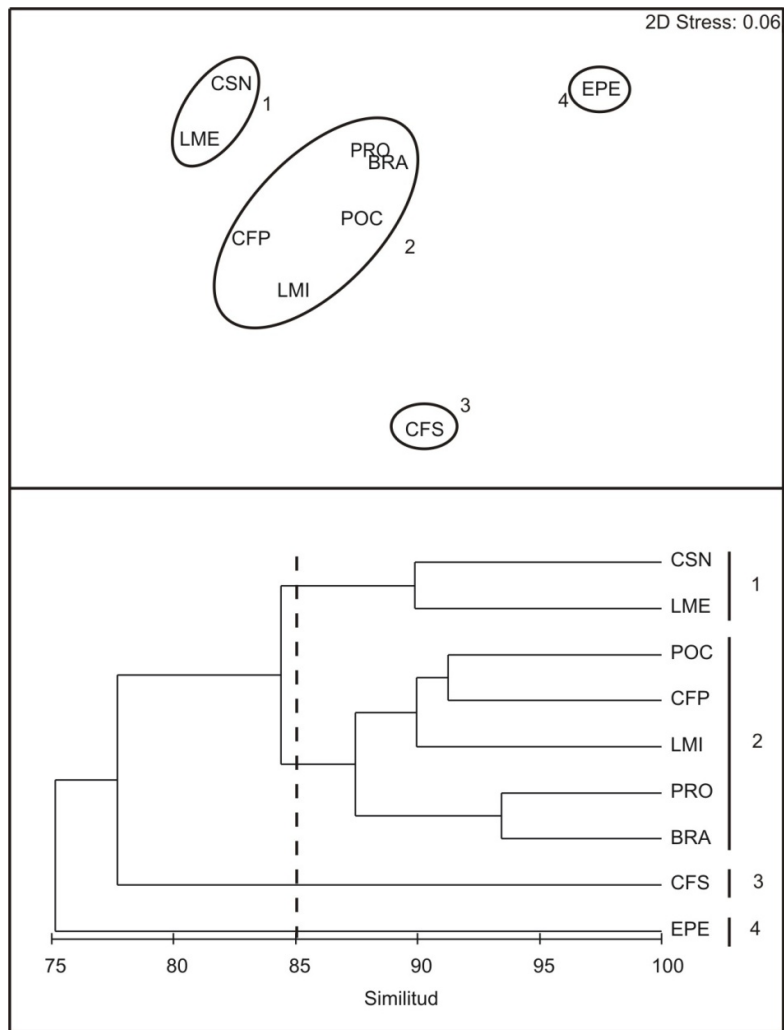


Figura 3. Dendrograma y ordenación MDS representando la asociación entre sitios con base en una similitud Bray-Curtis del 85%. CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores y PRO = Punta Rocosa.

7.3 Relación del ensamblaje de equinodermos y el hábitat bentónico.

El resultado del análisis de redundancia canónica (RDA) mostró una relación significativa ($Traza = 0.995$, $p = 0.01$) entre el ensamblaje de equinodermos con siete variables ambientales representativas del hábitat bentónico de Isla Isabel. Las variables ambientales fueron: cobertura de corales masivos-placas (*Pavona* spp.), corales ramosos (*Pocillopora* spp.), complejidad topográfica, corales nodulares (*Psammocora* spp.), cobertura de roca, disponibilidad de refugio e hidrocorales (Figura 4).

La ordenación RDA corroboró los resultados de los análisis de clasificación y ordenación MDS, donde los sitios de Ensenada Pescadores y Costa Fragata Somero son los sitios más diferentes en términos de su estructura de hábitat y ensamblaje de equinodermos. En la Figura 5 se muestran las relaciones encontradas entre sitios, especies y variables ambientales; se muestra que en Ensenada Pescadores los corales masivos y en forma de placas (*Pavona* spp.) y corales ramosos (*Pocillopora* spp.) se relacionan mayormente con las especies de *P. unifascialis*, *E. thouarsii*, *A. ellisii* e *I. fuscus*. En cambio, en Costa Fragata Somero se encontró una relación entre corales ramosos (*Pocillopora* spp) y nodulares (*Psammocora* spp) con *P. pyramidatus*. En Las Monas Interno y Pocitas se evidenció la relación entre *D. mexicanum* con una mayor complejidad topográfica, mayor porcentaje de roca, más disponibilidad del refugio (NOxV), mayor porcentaje de hidrocorales y coberturas moderadas de corales ramosos (*Pocillopora* spp.). En Costa Fragata Profundo y Las Monas Externo existe una contribución importante de sustrato rocoso pero una complejidad topográfica baja y una escasa disponibilidad de refugio, así como las abundancias más bajas de las especies

de equinodermos estudiadas. En Caleta Sin Nombre ninguna de las variables analizadas presentó una contribución alta excepto los corales masivos en forma de placas (*Pavonas* spp.); en este sitio se encontró la mayor abundancia de *C. coronatus*. Finalmente, Bahía Rabijuncos presentó una contribución baja de corales ramosos (*Pocillopora* spp.), corales nodulares (*Psamocora* spp.) y una abundancia moderada de *P. pyramidatus* (Figura 4). Por el contrario, la segunda ordenación RDA no mostró relaciones significativas entre el ensamblaje de equinodermos y los grupos de autótrofos bentónicos en el modelo global ($Traza = 0.319$, $p = 0.85$), ni tampoco en la relación particular de este ensamblaje con céspedes algales ($\lambda = 0.1$, $F = 0.79$ $p = 0.493$), algas costrosas articuladas ($\lambda = 0.05$, $F = 0.36$ $p = 0.793$), algas costrosas coralinas ($\lambda = 0.11$, $F = 0.72$ $p = 0.541$) y macroalgas carnosas ($\lambda = 0.06$, $F = 0.35$ $p = 0.739$).

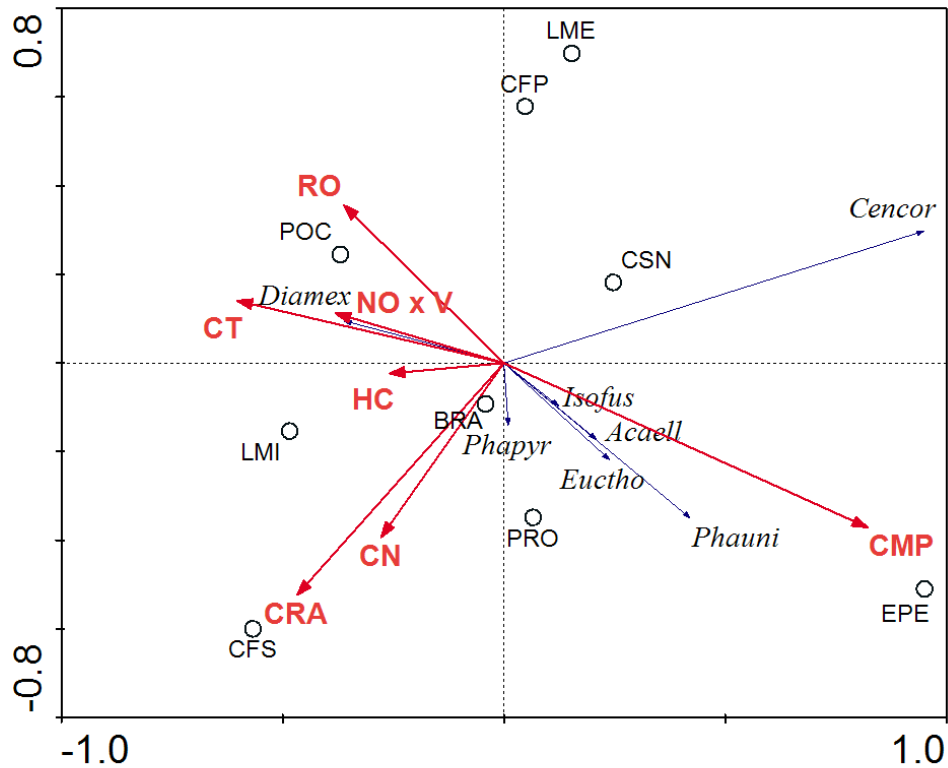


Figura 4. Ordenación RDA representando las especies del ensamblaje de equinodermos (flechas delgadas), los sitios de muestreo (círculos) y las variables ambientales (flechas gruesas). Los nombres de las especies de equinodermos están formados por las tres letras iniciales del género y tres letras de la especie. Variables ambientales: CMP= coral masivo en placas, CRA= coral ramoso, CN = coral nodular, HC = hidrocorales, CT= complejidad topográfica, NOxV= número de oquedades por volumen y RO= roca. CFP = Costa Fragata Profundo, CFS = Costa Fragata Somero, LME = Las Monas Externo, LMI = Las Monas Interno, CSN = Caleta Sin Nombre, BRA = Bahía Rabijuncos, POC = Pocitas, EPE = Ensenada Pescadores y PRO = Punta Rocosa.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Diversidad, equidad y abundancia

La abundancia y distribución espacial de equinodermos a pequeña escala se ha explicado por la influencia de la depredación (Tegner y Dayton, 1991; Sala, 1997, McClanahan, 1998; Clemente *et al.*, 2008) y por procesos de asentamiento larval y reclutamiento (Young y Chia, 1982; Ebert, 1983; Hereu *et al.*, 2004; Clemente *et al.*, 2008). Además, otros factores han sido reconocidos tales como el hidrodinamismo (Verling *et al.*, 2003; Tuya *et al.*, 2007), la competencia inter e intraespecífica (Hagen y Mann, 1992) y la estructura física del hábitat (Cameron y Schroeter, 1980; Andrew, 1993; Underwood y Chapman, 1996; Drolet *et al.*, 2004; Chapman, 2005; Dumas *et al.*, 2007).

En Isla Isabel, la diversidad y equidad de especies fueron diferentes. En Las Monas Interno y Pocitas se registraron los valores más bajos de equidad y diversidad de Shannon debido a que existe una alta dominancia de *D. mexicanum*. Por el contrario, Caleta Sin Nombre y Ensenada Pescadores registraron los valores más altos de equidad debido a que la abundancia de las especies fue más homogénea.

Los valores de abundancia de las siete especies de equinodermos censadas evidenciaron la dominancia de la clase Echinoidea, seguida de las clases Asteroidea y Holothuroidea. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ríos-Jara *et al.* (2008b), quienes mencionan a *D. mexicanum*, *C. coronatus*, *E. thouarsii* y *P. unifascialis* como las especies más abundantes en Isla Isabel. Asimismo, algunas de estas especies han sido reportadas como dominantes en diferentes localidades del Pacífico Oriental Tropical (Caso *et al.*, 1996; Reyes-Bonilla *et al.*, 2005; Holguín-Quiñones *et al.*, 2000; González-

Medina *et al.*, 2006; Torrejón-Arellano *et al.*, 2008; Holguín Quiñones *et al.*, 2008; Herrero-Pérezrul *et al.* 2008; Luna-Salguero y Reyes-Bonilla, 2010).

La Clase Echinoidea es una de las mejor representadas en zonas tropicales y subtropicales (Neira y Cantera, 2005). Los nueve sitios muestreados en Isla Isabel fueron dominados claramente por los equinoideos, que se encuentran agregados en grietas y oquedades, donde predominan los organismos adultos de *D. mexicanum*, *C. coronatus* y *E. thouarsii*. Estos se caracterizan por compartir la capacidad de alimentarse de cualquier tipo de algas e incluso pueden llegar a alimentarse de esponjas, pólipos de coral o de cualquier organismo que se encuentre en el fondo (Sammarco, 1982; Tuya *et al.*, 2004). En Isla Isabel, la abundancia de equinoideos fue mayor en los sitios que presentan parches de coral del género *Pocillopora* y arrecifes rocosos con gran disponibilidad de refugio. La preferencia por este tipo de sustrato tal vez se deba a que la base de las ramas de coral y las oquedades ofrecen un hábitat adecuado para evitar la depredación y salir por las noches para alimentarse (Caso-Muñoz, 1977; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998). Sin embargo, no se encontró relación significativa con las algas lo que contrasta con la mayoría de la literatura ya que se consideran herbívoros de gran importancia (Caso-Muñoz *et al.*, 1993; Benedetti-Cecchi, 1998; Alves *et al.*, 2001)

Las abundancias de los asteroideos *A. ellisii*, *P. pyramidatus* y *P. unifascialis* fueron bajas en comparación con los equinoideos. De las tres especies censadas, *P. pyramidatus* y *P. unifascialis* fueron las más abundantes en comparación con *A. ellisii*. De ellas, *P. unifascialis* fue la más abundante y presentó una mayor frecuencia en los sitios de muestreo. Ríos-Jara *et al.* (2008b) indican que *P. unifascialis* y *P. pyramidatus* fueron también las

estrellas dominantes en Isla Isabel. Reyes Bonilla *et al.* (2005) registraron para Bahía de los Ángeles, Santa Rosalía, Loreto y La Paz que *P. unifascialis* posee una abundancia relativa del 65.1% y *P. pyramidatus* del 17.8% con respecto a la abundancia total de 12 especies de asteroideos. De manera similar, Holguín-Quiñones *et al.* (2000), González-Medina *et al.* (2006), Holguín Quiñones *et al.* (2008) y Herrero-Pérezrul *et al.* (2008) confirman que estas especies también dominan en Bahía de Loreto, Archipiélago Espíritu Santo, isla San José y Bahía de los Ángeles en el Golfo de California. También Caso *et al.* (1993) mencionan que *P. unifascialis* y *P. pyramidatus* presentan abundancia y distribución semejantes por lo existe una asociación entre estas dos especies.

Se conoce que la abundancia de los asteroideos por lo general muestra una mayor sensibilidad a las variaciones de temperatura (Caso *et al.*, 1993), alimento y la competencia intra e interespecífica (Himmelman y Dutil, 1991). Los resultados de este trabajo sugieren que la abundancia de asteroideos quizás se relacione con la presencia de alimento, ya que los sitios con mayor número de individuos se caracterizan por tener coberturas altas de coral, macroalgas y céspedes algales (turf). Esto indicaría que estos sustratos favorecen la abundancia de organismos bentónicos que son el alimento de las estrellas. Por otra parte, *A. ellisii* mostró abundancias muy bajas y esto coincide con lo reportado por Ríos-Jara *et al.* (2008b), quienes registraron abundancias similares para la isla. Esta estrella es conocida como un coralívoro importante (Glynn, 1981; Musso, 1991; Brodie *et al.*, 2005). En este trabajo se registró en los dos sitios con mayor porcentaje de cobertura de coral vivo de *Pocillopora* spp. y *Pavona* spp. Esto sugiere que la disponibilidad de alimento es una

variable importante que determina la abundancia y distribución de *A. ellisii* (Brodie *et al.*, 2005).

El pepino de mar *I. fuscus* cumple un importante papel en la estructura de las comunidades bentónicas y en general se encuentra sobre rocas (Nuño-Hermosillo 2003). Aunque ocasionalmente es abundante en sustratos arenosos y fangosos (Brusca y Brusca, 1990). La abundancia registrada de esta especie fue de ocho individuos en toda el área de muestreo; de manera similar Ríos-Jara *et al.* (2008b) reportaron solamente siete individuos en la Isla Isabel y aunque este recurso no se pesca en la isla por estar protegido por una Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) su abundancia es considerablemente baja.

La estructura del ensamblaje de especies estudiadas presentó diferencias entre sitios, tal vez porque los sustratos en cada uno de estos son distintos y albergan aquellas especies que se ven favorecidas con ese hábitat. Sin embargo, en la comparación entre meses los ensamblajes se mostraron igual.

8.2 Ensamblaje de equinodermos y hábitat bentónico

Diversos trabajos reconocen que la complejidad y heterogeneidad del hábitat son factores que se correlacionan fuertemente con la estructura de las comunidades bentónicas, ya que aumentan tanto la abundancia como la riqueza de las especies asociadas, suscitando la coexistencia de las mismas (Bell *et al.*, 1991; Attrill *et al.*, 2000; Downes *et al.*, 1998, 2000; Kelaher, 2003).

Isla Isabel presenta diversos tipos de hábitats que se consideran adecuados para el desarrollo de los equinodermos. Las especies estudiadas en este trabajo revelaron una asociación con distintas variables del hábitat

bentónico. Los asteroideos *A. ellisii* y *P. unifascialis* se relacionaron con los corales masivos y en forma de placas (*Pavonas* spp.) y con los corales ramosos (*Pocillopora* spp.) en la Ensenada Pescadores. Posiblemente esta asociación se debe a la disponibilidad de alimento con la que cuenta este sitio, ya que se considera a esta especie como uno de los principales coralívoros de los arrecifes y comunidades coralinas del Pacífico Oriental Tropical (Cameron, 1977; Glynn, 1981). De la misma manera, *P. pyramidatus* se relacionó con los corales ramosos y nodulares (*Psammocora* spp.) del sitio Costa Fragata Somero, debido probablemente a que la presencia de arena, roca y las altas coberturas de céspedes algales son hábitats adecuados para el desarrollo de otros organismos bentónicos que podrán ser también alimento de estas estrellas. Aunque en este trabajo no se encontró una relación significativa entre los equinodermos y los autótrofos bentónicos.

El pepino de mar *I. fuscus* muestra una asociación con los corales masivos y en forma de placas, los corales ramosos y los nodulares en la Ensenada Pescadores, tal vez porque este lugar está provisto de arena y lodo que son apropiados para esta especie de equinodermo. No obstante, Nuño-Hermosillo (2003) menciona que la distribución de esta especie en la costa central de Jalisco es exclusivamente en sustrato rocoso y la arena es un hábitat que frecuenta esporádicamente sólo para alimentarse. Quizá la asociación que se muestra en Isla Isabel, y en particular en Ensenada Pescadores, se deba a la disponibilidad de alimento en este sitio.

El equinoideo *E. thouarsii* se conoce como habitante frecuente de grietas (Hooker *et al.*, 2005). Sin embargo en Isla Isabel la disponibilidad de refugio no se relacionó con esta especie. A pesar de esto, los corales masivos y en forma

de placas, corales ramosos y nodulares obtuvieron una relación positiva con *E. thouarsii* en el sitio Punta Rocosa. Posiblemente las ramas de *Pocillopora* son ideales para ocultarse de sus depredadores, además este equinoideo también se alimenta de pólipos de coral (Glynn *et al.*, 1979). Por lo que es posible una correlación debido a la disponibilidad de alimento y refugio que le ofrecen los corales.

Diadema mexicanum fue la especie dominante que estuvo presente en todos los sitios y se obtuvieron altos valores de abundancia principalmente en los sitios Pocitas, Costa Fragata Profundo y Las Monas Interno. Esto seguramente está relacionado con las características estructurales del hábitat, ya que la mayoría de los grupos morfofuncionales bentónicos presentaron coberturas de altas a moderadas en estos sitios. Los hidrocorales se encontraron relacionados con los equinoideos y esto posiblemente se explique por los espacios libres que dejan los erizos por su intenso ramoneo, de manera que facilitan el asentamiento larval (Sammarco, 1980; Sammarco, 1982; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998). Aunque no hay evidencia directa en la literatura de que el asentamiento larval de los hidrocorales sea favorecido por los erizos. Se ha comprobado que *D. mexicanum* habita lugares donde la complejidad topográfica es grande, dispone de abundantes grietas y el tamaño de las oquedades es adecuada para el resguardo de estos individuos (McClanahan y Shafir, 1990; Andrew, 1993; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998; Hooker *et al.*, 2005). Esto coincide con lo encontrado en Isla Isabel porque la complejidad topográfica, cobertura de roca y disponibilidad de refugio (NOxV) se relacionan con la distribución y abundancia de *D. mexicanum*. En contraste *C. coronatus* mostró una asociación con el sitio Caleta Sin Nombre, donde existe una baja

complejidad topográfica y poca disponibilidad de refugio y coberturas moderadas de corales masivos en forma de placas. Este tipo de hábitat parece que es más adecuado para esta especie, y por ello, no se presenta en los hábitats que ocupa *D. mexicanum*.

De manera general se conoce que los equinoideos se les atribuye la función de herbívoros o controladores de algas ya que se ha demostrado que la distribución espacial y abundancia de éstos se ve afectada por la presencia o ausencia de algas (Andrew, 1993; Coyer *et al.*, 1993; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998; Alves *et al.*, 2001; Clemente *et al.*, 2009). Sin embargo, el análisis RDA no encontró una relación significativa entre los erizos y las demás especies estudiadas con los grupos de autótrofos bentónicos en Isla Isabel, a pesar de que estos últimos son abundantes. Posiblemente los equinodermos estudiados de Isla Isabel se están alimentando principalmente de otros organismos, y quizá por esto las coberturas de los grupos de algas no se relacionan significativamente. Esto podría explicar también la ausencia de variación temporal en la estructura del ensamblaje de equinodermos entre los meses de muestreo (Febrero y Junio), ya que los equinodermos responden más bien a los cambios de la estructura espacial del hábitat arrecifal bentónico.

Los resultados de este trabajo dan la pauta para seguir con la investigación de las relaciones existentes de los equinodermos y la estructura del hábitat bentónico de Isla Isabel. Este trabajo sugiere que la variación del ensamblaje de equinodermos estudiados es explicada por las características del hábitat. Esto concuerda con muchos de los trabajos antes mencionados. Sin embargo persiste cierta incertidumbre del porqué los equinoideos no se

relacionan significativamente con las algas. Por lo que es necesario llevar a cabo análisis de la actividad trófica y funcional de estas especies en Isla Isabel.

IX. CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias significativas del ensamblaje de equinodermos estudiado entre los meses del año en que se realizaron los muestreos pero sí entre sitios del Parque Nacional Isla Isabel.
- En la zona sur y noroeste de Isla Isabel se registraron los sitios con mayor riqueza de especies mayor abundancia.
- El sitio Ensenada Pescadores obtuvo el valor más alto de equidad así como la mayor diversidad ecológica de especies.
- El sitio Las Monas Externo presentó la mayor dominancia de Simpson debido al gran número de especies dominantes que habitan este sitio de muestreo
- *D. mexicanum*, *P. unifascialis*, *E. thouarsii* y *C. coronatus* fueron las especies que contribuyeron mayormente en la estructura de los ensamblajes de equinodermos en Isla Isabel.
- *D. mexicanum* es la especie dominante en Isla Isabel.
- *I. fuscus*, *A. ellisii*, *P. unifascialis* y *E. thouarsii* se relacionaron mayormente con los corales ramosos (*Pocillopora* spp.), masivos y en forma de placas (*Pavona* spp.) en el sitio Ensenada Pescadores.
- *P. pyramidatus* se relacionó con los corales ramosos (*Pocillopora* spp.) y los nodulares (*Psammocora* spp.) en el sitio Costa Fragata Somero.
- *D. mexicanum* presentó una relación fuerte con el sitio *Pocitas* debido a la mayor contribución de la complejidad topográfica, el mayor porcentaje de roca e hidrocorales y mayor disponibilidad de refugio.

- *C. coronatus* se relacionó directamente con el sitio Caleta Sin Nombre pero ninguna de las variables ambientales ayudo a determinar su abundancia.
- La variación del ensamblaje de equinodermos fue explicado mayormente por la estructura espacial de los hábitat arrecifales bentónicos de isla Isabel.

X. LITERATURA CITADA

- Alvarado, J.J., Chiriboga, A. 2008. Distribución y abundancia de equinodermos en las aguas someras de la Isla del Coco, Costa Rica (Pacífico Oriental). *Rev. Biol. Trop.* 56: 99-111.
- Alves, F.M.A., Chicharro, L.M., Serrao, E., Abreu, A.D. 2001. Algal cover and sea-urchin spatial distribution at Madeira Island (NE Atlantic). *Sci. Mar.* 65: 383-392.
- Ambrose, W.G. 1993. Effects of predation and disturbance by ophiuroids on soft-bottom community structure in Oslofjord: results of a mesocosm study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 97: 225-236.
- Andrew, N.L. 1993. Spatial heterogeneity, sea urchin grazing and habitat structure on reefs in temperate Australia. *Ecology* 74: 292-302.
- Attrill, M.J., Strong, J.A., Rowden, A.A. 2000. Are macroinvertebrate communities influenced by structural complexity? *Ecography* 23: 114-121.
- Ávila-Serrano, G.E., Flessa, K.W., Téllez-Duarte, M.A., Cintra-Buenrostro, C.E. 2006. Distribución de la macrofauna intermareal del Delta del Río Colorado, norte del Golfo de California, México. *Cienc Mar.* 32: 649-661.
- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. En: M.F. Lavín (Ed.), Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 99-112.
- Bak, R.P.M. 1990. Patterns of echinoid bioerosion in two Pacific coral reef lagoons. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66: 267-272.
- Becerra, C.D. 2000. Algunos parámetros poblacionales del caracol púrpura *Plicopurpura pansa* (Cossman, 1903) y su fauna asociada en la isla Isabel, Nayarit. Tesis, Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. p.140.
- Bell, S.S., McCoy, E.D., Mushinsky, H.R. (eds.). 1991. *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. Chapman and Hall, London.
- Benavides-Serrato, M. 2006. Taxonomic list of the Shallow water echinoderms of Puerto Rico with new information for la Parguera. Tesis de Maestría. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus.
- Benedetti-Cecchi, L., Cinelli, F. 1995. Habitat heterogeneity, sea urchin grazing and the distribution of algae in littoral rock pools on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 126: 203-212.
- Benedetti-Cecchi, L., Bulleri, F., Cinelli, F. 1998. Density dependent foraging of sea urchins in shallow subtidal reefs on the west coast of Italy (western Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 163: 203-211.
- Benedetti-Cecchi, L. 2001. Variability in abundance of algae and invertebrates at different spatial scales on rocky shore assemblage. *Ecol Monogr.* 70:45-72.

- Benítez-Villalobos, F., Díaz-Martínez, J.P., Tyler., P.A. 2007. Biología reproductiva del asteroideo de mar profundo *Henricia abyssicola* en el Atlántico NE. *Cienc. Mar.* 33: 49-58.
- Bocco, G. 1997. Manifestación de Impacto Ambiental. Parque Nacional Isla Isabel. Nayarit, México. Instituto de Ecología, Unidad Morelia, UNAM (Documento interno en el Parque Nacional Isla Isabel).
- Brodie, J., Fabricius. K, De_ath. G., Okaji, K., 2005. Are increased nutrient inputs responsible for more outbreaks of crown-of-thorns starfish? An appraisal of the evidence. *Mar. Pollut. Bull.* 51: 266–278.
- Brusca, R.C., Brusca, G.J., 1990. Capitulo veinte y dos: Phylum Echinodermata. In: Brusca, R. C. and G. J. Brusca. Invertebrates. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Massachussets. 801-839.
- Camacho-Castañeda, M.A. 1996. Aspectos taxonómicos y distribución geográfica de cinco familias de camarones Caridea (crustacea: decápoda), en Nayarit, Mexico. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. p.242.
- Cameron, A.M. 1977. Acanthaster and coral reefs: population outbreaks of a rare and specialized carnivore in a complex high-diversity system. Proceeding, third International Coral Reef Symposium. Rosenstiel school of Marine and Atmospheric Science. University of Miami, Florida. 193-199.
- Cameron, R.A., Schroeter, S.S. 1980. Sea urchin recruitment: the effect of substrate selection on early juvenile distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2: 243-347.
- Carriquiry, J.D., Reyes-Bonilla, H. 1997, Community Structure and Geographic Distribution of the Coral Reefs of Nayarit, Mexican Pacific. *Cienc. Mar.* 23: 227-248.
- Carriquiry, J.D., Cupul-Magaña, A.L., Rodríguez-Zaragoza, F., Medina-Rosas, P. 2001. Coral bleaching and mortality in the Mexican Pacific during the 1997-98 El Niño and prediction from remote sensing approaches. *B. Mar. Sci.* 69: 237-250.
- Caso, M.E. 1978. Ciencia y Técnica de los equinodermos en relación con el hombre. Primera parte aspecto científico. *Anal. Cent. Cienc. Mar. Limnol. UNAM*, 5:255-286.
- Caso, M.E. 1995. Las especies del género *Luidia* Forbes y *Astropecten* Gray del Caribe Mexicano, colectadas en las campañas oceanográficas PROIBE II-III-IV-V a bordo del B/O "Justo Sierra". *Anal. Cent. Cienc. Mar. Limnol. UNAM.* 22: 1-25.
- Caso, M.E., A. Laguarda-Figueras, F.A. Solís-Marín, A. Ortega-Salas y A.L. Durán-González. 1996. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de Equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Anal. Cent. Cienc. Mar. Limnol., UNAM* 22: 101-119.
- Chapman, M.G. 2002. Patters of spatial and temporal variation of macrofauna under boulders in a sheltered boulder field. *Austral Ecology.* 27: 211-228.

- Chapman, M.G. 2005. Molluscs and echinoderms under boulders: Tests of generality of patterns of occurrence. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 325: 65-83.
- Cintra-Buenrostro, C.E., Reyes-Bonilla H., Arizpe-Covarrubias, O. 1998. Los equinodermos (Echinodermata) del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. *Rev. Biol. Trop.* 46: 341-344.
- Cintra-Buenrostro, C.E. 2001. Los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de aguas someras del Golfo de California, México. *Oceánides* 16: 49-90.
- Cintra-Buenrostro, C.E., Reyes-Bonilla H., Herrero-Pérezrul, M.D. 2005. Oceanographic conditions and diversity of sea stars (Echinodermata: Asteroidea) in the Gulf of California, México. pp. 245-261. In: Alvarado, J.J. y J. Cortés. (eds). Estudios Latinoamericanos en Equinodermos. *Rev. Biol. Trop.* 53: 245-261.
- Clemente, S., J.C. Hernández. 2008. Influence of wave exposure and habitat complexity in determining spatial variation of the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum* (Echinoidea: Diademata) populations and macroalgal cover (Canary Islands-Eastern Atlantic Ocean). *Rev. Biol. Trop.* 56: 229-254.
- Clemente, S., Hernández, J.C., Brito, A. 2009. Evidence of the top-down role of predators in structuring sublittoral rocky-reef communities in a Marine Protected Area and nearby areas of the Canary Islands. *ICES J. Mar. Sci.* 66: 64-71.
- CONANP. 2005. Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Isla Isabel, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, p.164.
- Coyer, J.A., Ambrose, R.F., Engle, J.M., Carroll, J.C. 1993. Interactions between corals and algae on a temperate zone rocky reef: mediation by sea urchins. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 167: 21-37.
- Cupul-Magaña, A.L. 2008. Estructura ecológica y patrones de colonización en las comunidades coralinas y arrecifes de la región de Bahía de Banderas, costa sur e islas de Nayarit. Tesis doctoral. Universidad de Nayarit.
- Downes, B.J., Lake, P.S., Schreiber, E.S.G., Glaister, A. 1998. Habitat structure and regulation of local species diversity in a stony, upland stream. *Ecol. Monog.* 68. 237- 257.
- Downes, B.J., Lake, P.S., Schreiber, E.S.G., Glaister, A. 2000. Habitat structure, resources and diversity: the separate effects of surface roughness and macroalgae on stream invertebrates. *Oecologia* 123: 569-581.
- Durán-González, A., Laguarda-Figueras, A., Solís-Marín, F.A., Buitrón-Sánchez, B.E., Ahearn, C.G., Torres-Vega, J. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* 53(Suppl. 3): 53-68.
- Dumas, P., Kulbicki, M., Chifflet, S., Fichez, R., Ferraris, J. 2007. Environmental factors influencing urchin spatial distributions on disturbed coral reefs (New Caledonia, South Pacific). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 344: 88-100.

- Drolet, D., Himmelman, J.H. y Rochette, R. 2004. Effect of light and substratum complexity on microhabitat selection and activity of the ophiuroid *Ophiopholis aculeata*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 313: 139-154.
- 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.
- Ebert, T.A. 1983. Recruitment in echinoderms. En: *Echinoderm studies, Vol. 1*. Jangoux, M. y Lawrence, J.M. (eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 169-203.
- Entrambasaguas-Monsell, L. 2008. Estudio faunístico y ecológico de los equinodermos del archipiélago de Cabo Verde Escalante et al. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. P. 301.
- Espino-Barr, E., R. Cibrán-Rodríguez., A. García-Boa. 1996. Estructura y densidad de la población del erizo de tinta *Diadema mexicanum* en el litoral rocoso del estado de Colima. *Cienc. Pesq.* 12: 60-67.
- Galván-Villa, C.M., Arreola-Robles, J.L., Ríos-Jara E., Rodríguez-Zaragoza, F.A. 2010. Ensamblajes de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Rev. Biol. Mar. Oce.* 45: 311-324.
- Gaviño, G., Uribe, Z. 1978. Algunas observaciones ecológicas en la Isla Isabel, Nayarit, con sugerencias para el establecimiento de un Parque Nacional. Instituto de Biología, UNAM (Documento interno en el Parque Nacional Isla Isabel).
- González-Medina, M.J., Holguín-Quiñones O., de la Cruz-Aguero G. 2006. Variación espaciotemporal de algunos invertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, B.C.S., México. *Cienc. Mar.* 32: 33-44.
- Guillén, R.F. 1992. Selección de concha en el cangrejo ermitaño (*Coenobita compressus*) en la isla Isabel, Nayarit, México. Tesis de Maestría (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM. p.73.
- Guillén, F.C., Osorno, J.L. 1993. Elección de concha en *Coenobita compressus* (*Decápoda: Coenobitidae*). *Rev. Biol. Trop.* 41(1): 65-72.
- Glynn, P.W., G.M. Welling ton y C. Birkeland. 1978. Coral reef growth in the Galápagos: Limitation by sea urchin. *Science* 203: 47-49.
- Glynn, P.W. 1981. Acanthaster population regulation by a shrimp and a worm. Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila. Smithsonian Tropical Research Institute, APO, Miami.
- Hagen, N., Mann, K. 1992. Functional response of the predators American lobster *Homarus americanus* and Atlantic wolfish *Anarhichas lupus* to increasing numbers of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachinesis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 159: 89-112.
- Hendrickx M. E. 1995. Introducción. Consideraciones generales sobre el área Pacífico centro-oriental. In: Fisher W., Krupp F, Scheneider W., Sommer C., Carpenter K. E., Niem V. H. (eds). Guía FAO para la identificación de

- especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I: Plantas e invertebrados. Roma, FAO (1). p.646.
- Hendrickx, M.E. 1997. Los cangrejos braquiuros (Crustacea: Brachyura: Dromiidae, hasta Leucosiidae) del Pacífico Mexicano. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. p.178.
- Hendrickx, M.E. 1999. Los cangrejos braquiuros (Crustacea: Brachyura: Majoidea y Parthenopoidea) del Pacífico Mexicano. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. p. 274.
- Hereu, B., Zabala, M., Linares, C., Sala, E. 2004. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in the NW Mediterranean. *Mar. Biol.* 144: 1011-1018.
- Hereu, B., Zabala, M., Linares, C. y Sala, E. 2005. The effects of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Mar. Biol.* 146: 293-299.
- Hernández-Herrejón, L.A., Solís-Marín F.A., Laguarda-Figueras, A. 2008. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* 56(Suppl. 3): 83-167.
- Herrera-Escalante, T., López-Pérez, R.A., Leyte-Morales, G.E. 2005. Bioerosion caused by the sea urchin *Diadema mexicanum* (Echinodermata: Echinoidea) at Bahías de Huatulco, Western Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 53: 263-273.
- Herrero-Pérezrul, M.D., Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A., Cintra-Buenrostro, C.E., Rojas-Sierra, A. 2008. Equinodermos, p. 339-361. In G.D. Danemann & E. Ezcurra (eds.). Bahía de Los Ángeles. INE-PRONATURA, Ensenada, B.C., México.
- Himmelman, J.H. y Dutil, C. 1991. Distribution, population structure and feeding of subtidal seastars in the northern Gulf of St. Lawrence. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76: 61-72.
- Holguín-Quiñones, O.E., Wright-López, H., Solís-Marín, F. 2000. Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 48: 749-757.
- Holguín-Quiñones, O.E., González-Medina, F.J., Solís-Marín, F., Félix-Pico, E.F. 2008. Variación espacio-temporal de Scleractinia, Gorgonacea, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea, de fondos someros de la isla San José, Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.* 56: 1189-1199.
- Hooker, Y., Solís-Marín F.A., Llellish, M. 2005. Equinodermos de las Islas Lobos de Afuera (Lambayeque, Perú). *Rev. Peru. Biol.* 12: 77-82.
- Jacob, U., Terpstra, S., Brey, T. 2003. High-Antarctic regular sea urchins – the role of depth and feeding in niche separation. *Polar Biol.* 26: 99-104.

- Jompa, J., McCook, L.J. 2002. Effects of competition and herbivory on interactions between a hard coral and a brown alga. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 271: 25- 39.
- Kelaher, B.P. 2003. Changes in habitat complexity negatively affect diverse gastropod assemblages in coralline algal turf. *Oecologia* 135: 431-441.
- Laguarda-Figueras, A., Gutiérrez-Castro, A.I., Solís-Marín, F.A., Durán-González, A., Torres-Vega, T. 2005. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* 53: 69-108.
- Lessios, H.A. 2005. Echinoids of the Pacific Waters of Panama: Status of knowledge and new records. *Rev. Biol. Trop.* 53(Suppl. 3): 147-170.
- Luna-Salguero, B.M., Reyes-Bonilla, H. 2010. Estructura comunitaria y trófica de las estrellas de mar (Echinodermata: Asteroidea) en arrecifes rocosos de Loreto, Golfo de California, México. *Hidrobiológica* 20: 127-134.
- McClanahan, T.R. 1998. Predation and the distribution and abundance of tropical sea urchin populations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 221: 231–255.
- McClanahan T.R., Shafir, S.H. 1990. Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reef lagoons. *Oecologia* 83: 362-370.
- McClanahan, T.R., Kamukuru, A.T., Muthiga, N.A., Gilagabher M., Obura D. 1996. Effect of sea urchin reductions on algae, coral and fish populations. *Conserv. Biol.* 10: 136-154.
- Maluf, L.Y. 1988b. Biogeography of the central eastern Pacific shelf echinoderms. Pp 389-398 In: Echinoderm Biology. Burke *et al.*, eds. Balkema, Rotterdam.
- Martínez, S. 2008. Shallow water Asteroidea and Ophiuroidea of Uruguay: composition and biogeography. *Rev. Biol. Trop.* 56: 205-214.
- Musso, B. 1993. Effects of Acanthaster predation on bioerosion: design and preliminary results, In: Engelhardt, U. and Lassig, B. (eds), The possible causes and consequences of outbreaks of the crown-of-thorns starfish, Workshop Series N. 18, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, pp.133-146.
- Mutschke, E., Ríos, C. 2006. Distribución espacial y abundancia relativa de equinodermos en el Estrecho de Magallanes, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 29: 91-102.
- Neira, R.O., Cantera, J.R. 2005. Composición taxonómica de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 53: 195-206.
- Nuño Herмосillo, A. 2003. Estructura y dinámica poblacional del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en la costa de Jalisco, México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara. 120 p.
- Nuño-Hermosillo, A., Gómez-Márquez, J. L., Espino-Barr, E. y E. Ríos-Jara. 2006. Aspectos biológico-pesqueros de la población del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Chamela, Jalisco, Mexico. En: “Recursos Marinos y Acuícolas de la Región de Jalisco, Colima y Michoacán”, Jiménez-

- Quiroz, M. C., Espino-Barr, E. y Guzmán-Barrera, R. M. (editores). (ISBN 968800-695-5). Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Manzanillo, Colima del Instituto Nacional de la Pesca. p. 463-476.
- Osorno, J.L., Fernández-Casillas, L., Rodríguez-Juárez, C. 1998. Are hermit crabs looking for light and large shells?: evidence from natural and field induced shell exchanges. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 222: 163-173.
- Reyes-Bonilla, H., González-Azcárraga, A., Rojas-Sierra A. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* 53: 233-244.
- Ríos-Jara, E., Ramírez-Delgadillo, R. 2007. Inventario de la biota terrestre (Florístico) y marina (Invertebrados, peces y macroalgas bentónicos) del Parque Nacional Isla Isabel. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BK018. México.
- Ríos-Jara, E., López-Uriarte, E., Pérez-Peña, M., Enciso-Padilla, I., Arreola-Robles, J. L., Hermosillo-González, A., Galván-Villa, C.M. 2008a. Listados taxonómicos de la biota marina del Parque Nacional Isla Isabel (invertebrados, peces y macroalgas). Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Departamento de Ecología. p.194.
- Ríos-Jara, E., C.M. Galván-Villa & F.A. Solís-Marín. 2008b. Equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 79: 131-141.
- Rodríguez-Zaragoza, F.A., Cupul-Magaña, A.L., Galván-Villa, C.M., Ríos-Jara, E., Ortiz, M., Robles-Jarero, E.G., López-Uriarte E., Arias-González, J.E. 2011. Additive partitioning of reef fish diversity variation: a promising marine biodiversity management tool. *Biodivers. Conserv.* 20: 1655-1675.
- Russo, A. 1978. Water flow and the distribution and abundance of Echinoids (genus *Echinometra*) on a Hawaiian reef. *Aust. J. Mar. Fresh. Res.* 28: 693-702.
- Ruyter van Steveninck, E.D., Bak, R.P.M. 1986. Changes in abundance of coral-reef bottom components related to mass mortalities of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 34: 87-94.
- Sala, E. 1997. Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 129: 531-539.
- Sala, E., Ribes, M., Hereu, B., Zabala, M., Alva, V., Coma, R., Garrabou, J. 1998. Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and a unprotected area. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 168: 135-145.

- Salcedo-Martínez, S., Green, G., Gamboa-Contreras, A., Gómez, P. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. *Anal. Cent. Cienc. Mar. Limnol. UNAM* 285:1-56.
- Sammarco, P.W. 1980. Diadema and its relationship to coral spat mortality: grazing, competition, and biological disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 45: 245-272.
- Sammarco, P.W. 1982. Echinoid grazing as a structuring force in coral communities: whole reef manipulations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 61: 31-55.
- Sánchez-Jérez, P., Cesar, A., Cortez, F. S., Pereira, C.D.S., Silva, S.L.R. 2001. Distribución espacial de las poblaciones de erizos más abundantes de la costa sudeste del litoral de Sao Paulo (Brasil). *Cienc. Mar* 27: 139-153.
- Solís-Marín, F.A., Reyes-Bonilla, H., Herrero-Pérezrul, M.D., Arizpe-Covarrubias O., Laguarda-Figueras, A. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz. *Cienc. Mar.* 23:249-263.
- Solís Marín, F.A. 2008. Catálogo de los equinodermos recientes de México (Fase II). Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DC016 México.
- Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A., Gust-Ahearn, C., J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* 53: 123-137.
- Tegner, M.J., Dayton, P.K. 1991. Sea urchins, El Niños, and the long term stability of Southern California kelp forest communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77: 49-63.
- Torrejón-Arellano, N., Ramírez-Ortíz, G., Reyes-Bonilla, H., Cupul-Magaña A.L., Herrero-Pérezrul, D. 2008. Community structure of echinoderms in the only pristine area of western Mexico. *Gulf of Mexico Science* 26: 166-167.
- Toro-Farmer, G., Cantera J.R., Londoño-Cruz, E., Orozco, C., Neira O.R. 2004. Patrones de distribución y tasas de bioerosión del erizo *Centrostephanus coronatus* (Diadematoidea: Diademataidae), en el arrecife de Playa Blanca, Pacífico colombiano. *Rev. Biol. Trop.* 52: 67-76.
- Tuya, F., Boyra, A., Haroun, R.J. 2004. Blanquizales en Canarias: La explosión demográfica del erizo *Diadema antillarum* en los fondos rocosos de Canarias. BIOGES, Canarias, España.
- Tuya, F., Cisneros-Aguirre, J., Ortega-Borges, L. y Haroun, R.J. 2007. Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canarian Archipelago: Role of flow-induced forces. *Est. Coast Mar. Sci.* 73: 481-488.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia* 107: 212-224.
- Vázquez-Bader, A.R., Laguarda-Figueras, A., Gracia, A., Solís-Marín, F.A., Celaya-Hernández, E.V., Duran-González, A. 2008. Seasonal changes in

- the density and species composition of the epifaunal echinoderms recorded from the southwestern Gulf of Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 56(Suppl. 3): 297-310.
- Verling, E., Crook, A.C., Barnes, D. y Harrison, S.C. 2003. Structural dynamics of a sea-star (*Marthasterias glacialis*) population. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 83: 583-592.
- Young, C.M., Chia, F.S. 1982. Factors controlling spatial distribution of the sea cucumber *Psolus chitonoides*: settling and post-settling behaviour. *Mar. Biol.* 69: 195-205.
- Zamorano, P., Leyte-Morales, G.E. 2005. Densidad poblacional de cuatro especies de erizo (Echinodermata: Echinoidea) en el Arrecife de La Entrega, Oaxaca. México. *Oceánides* 20: 65-72.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall (Press), p652