



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**DIVERSIDAD DE LOS PECES BATOIDEOS DE LA
ZONA SUR DE LA ISLA ESPÍRITU SANTO, BCS,
MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

LOREM DEL VALLE GONZÁLEZ GONZÁLEZ

LA PAZ, B.C.S., MAYO DE 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 29 del mes de Noviembre del 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"DIVERSIDAD DE LOS PECES BATOIDEOS DE LA ZONA SUR
DE LA ISLA ESPÍRITU SANTO, BCS, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

GONZÁLEZ GONZÁLEZ LOREM DEL VALLE
Apellido paterno materno nombre(s)
Con registro:

A	1	6	0	9	7	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. LEONARDO ANDRÉS ARRIBA CÁRDENAS
Director de Tesis

DR. VÍCTOR HÚGO CRUZ ESCALONA
2º. Director de Tesis

DR. RODRIGO MONCAYO ESTRADA

M en C. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

DRA. PAOLA ANDREA MEJÍA FALLA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 05 del mes de Diciembre del año 2017

El (la) que suscribe BM. LOREM DEL VALLE GONZÁLEZ GONZÁLEZ Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A160977 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS Y DR. VÍCTOR HUGO CRUZ ESCALONA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"DIVERSIDAD DE LOS PECES BATOIDEOS DE LA ZONA SUR

DE LA ISLA ESPÍRITU SANTO, BCS, MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la

siguiente dirección: loremgg@gmail.com - laabitia@gmail.com - vicreshu@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BM. LOREM DEL VALLE GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Nombre y firma del alumno

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por darme todo lo que tengo y guiarme día a día.

A mi madre que me ha apoyado en todas las decisiones que he tomado y me ha amado incondicionalmente, por ser mi mejor amiga y por darme hasta lo que no ha tenido sin pensarlo. A mis hermanos, por cuidarme tanto. A 'B' por ser mi mayor crítico profesional, por apoyarme y alentarme a ser mejor persona, por sacarme una sonrisa hasta en los momentos más tristes y no soltar mi mano. Los amo.

A México por abrir sus puertas y darme esta gran oportunidad de aprender de su cultura y tradiciones. Al Consejo Nacional de ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) por el apoyo económico otorgado a través de las becas.

Al proyecto "Demografía de batoideos costeros más abundantes en el Pacífico mexicano Centro-Norte" SEP-CONACyT CB-2012/180894, por el apoyo logístico para la obtención de los datos de esta tesis.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por ayudarme en mi desarrollo profesional durante el tiempo que duró la Maestría, al igual que a los profesores que dedicaron su tiempo en impartir sus conocimientos para seguir con mi formación académica.

A mis directores de tesis y consejeros: Dr. Andrés Abitia y al Dr. Víctor Cruz, por recibirme de una manera tan positiva y receptiva desde un inicio y apoyarme durante todo este tiempo para la culminación de este proyecto, con sus conocimientos y amistad.

A la Dra. Paola Mejía y al Dr. Andrés Navia, por ayudarme en el procesamiento y análisis de los datos de esta tesis, por los conocimientos impartidos y brindarme su amistad.

Al comité tutorial: M.C. Gustavo De La Cruz, Dra. Paola Mejía y Dr. Rodrigo Moncayo, por la paciencia, sugerencias y enriquecimiento en el manuscrito de la tesis.

A Humberto Ceseña y César Casas por ser tan amables, serviciales y responder las dudas de los trámites administrativos.

Al resto del personal de la institución que de una u otra manera han brindado su apoyo cuando se le ha necesitado.

A mis amigos y compañeros de la institución que se han vuelto mi familia mexicana, colombiana y española. Muchas gracias por estar presente, ser tan amables y brindarnos todo su cariño y apoyo, tanto a mi como a Lucas Gabriel. Se les quiere mucho 😊.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
GLOSARIO	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. HIPÓTESIS	6
5. OBJETIVOS	6
5.1. Objetivo general.....	6
5.2. Objetivos específicos.....	7
6. MATERIALES Y MÉTODOS	8
6.1. Área de estudio.....	8
6.2. Trabajo de campo.....	9
6.3. Identificación y clasificación de los individuos.....	9
6.4. Organización de los datos.....	9
6.5. Descripción de la comunidad.....	10
Riqueza específica.....	10
Peso.....	10
Abundancia relativa (Captura por Unidad de Esfuerzo).....	10
6.6. Índices ecológicos.....	11
Dominancia (IVB).....	11
Diversidad (H').....	12
Equidad (J').....	13
6.7. Índices de diversidad taxonómica.....	13
Diversidad taxonómica (Δ).....	14
Distintividad taxonómica promedio (Δ^+).....	14
Variación de la distintividad taxonómica (Λ^+).....	15
6.8. Grupos funcionales.....	16
7. RESULTADOS	19

7.1. Descripción de la comunidad.....	19
Riqueza específica.....	19
Peso.....	19
Abundancia relativa (CPUE).....	20
7.2. Índices ecológicos.....	24
Dominancia (IVB).....	24
Diversidad (H').....	26
Equidad (J').....	26
7.3. Índices de diversidad taxonómica.....	28
Diversidad taxonómica (Δ).....	28
Distintividad taxonómica promedio (Δ^+).....	28
Variación de la distintividad taxonómica (Λ^+).....	29
7.4. Grupos funcionales.....	33
8. DISCUSIÓN.....	39
8.1. Descripción de la comunidad.....	39
Riqueza específica.....	39
Peso y abundancia relativa (CPUE).....	41
8.2. Índices ecológicos.....	44
8.3. Índices de diversidad taxonómica.....	47
8.4. Grupos funcionales.....	49
9. CONCLUSIONES.....	51
LITERATURA CITADA.....	53
ANEXOS.....	63

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Área aproximada de captura de los batoideos (zona sombreada gris oscura) en la Isla Espíritu Santo, BCS.....	8
Figura 2. Variación de la CPUE de batoideos en la Isla Espíritu Santo: a) estacional-global, b) interanual, c) estacional-año, d) intermensual.....	22
Figura 3. CPUE de las especies capturadas en la zona sur de la Isla Espíritu Santo durante el periodo 2013-2015.....	23
Figura 4. Índice de valor biológico (IVB) por: a) época cálida, b) época fría, c) año 2014, d) año 2015, e) fría 2013-2014, f) cálida 2014, g) fría 2014-2015 y h) cálida 2015 de los batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo.....	25
Figura 5. Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielu (J') en las distintas escalas temporales: a) épocas, b) años, c) épocas por años y d) meses.....	27
Figura 6. Túnel de variación de la distintividad taxonómica promedio (Δ^+) entre: a) localidades del Golfo de California; b) épocas, c) años, d) época por años y e) meses de las capturas de batoideos en la Isla Espíritu Santo.....	31
Figura 7. Túnel de variación de la varianza en la distinción taxonómica (Λ^+) entre: a) localidades del Golfo de California; b) épocas, c) años, d) época por años y e) meses de las capturas de batoideos en la Isla Espíritu Santo.....	32
Figura 8. Histogramas de los porcentajes de frecuencia de los atributos funcionales con sus categorías que se utilizaron para la clasificación de grupos funcionales: a) distribución en la columna de agua, b) profundidad, c) nivel trófico, d) peso máximo capturado, e) forma general del cuerpo, f) forma de las aletas pectorales, g) tipo de nado, h) posición de la boca, i) número de aleta dorsal, j) forma de aleta caudal, k) talla máxima capturada, l) gremio trófico y m) reproducción	34 y 35
Figura 9. Dendograma de las especies de batoideos muestreadas, indicando los valores de similaridad de los grupos funcionales generados.....	36
Figura 10. Ciclo anual de la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM) en la Bahía de La Paz (línea sólida) y la variabilidad mensual en el 2007 (el año más frío) y el 2009 (el año más caliente), calculado para los años 2000 hasta	43

2010. (Figura tomada y modificada de Guevara-Guillen *et al.*, 2015).....

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Atributos utilizados para realizar la clasificación por grupos funcionales...	16
Tabla II. Clasificación taxonómica de las especies de batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, desde octubre 2013 hasta diciembre 2015 siguiendo a Last <i>et al.</i> (2016).....	19
Tabla III. Número total de individuos de batoideos capturados y pesados por especie (<i>n</i>). AD: Ancho de disco; LT: longitud total; Min: mínimo; Max: máximo; \bar{X} : promedio y SD: desviación estándar.....	20
Tabla IV. Valores de la mediana (<i>Me</i>), media, mínimos (Min) y máximos (Max) de la CPUE (individuos por 100m/h x 10 ²) para las distintas temporalidades calculadas.....	21
Tabla V. Diversidad taxonómica (Δ), distintividad taxonómica promedio (Δ^+) y variación de la distintividad taxonómica (Δ^+) para las localidades Bahía de La Paz e Isla Espíritu Santo, épocas cálida y fría, años 2013, 2014 y 2015, época fría 2013-2014, cálida 2014, fría 2014-2015 y cálida 2015, y meses del año, de los batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo.....	28
Tabla VI. Grupos funcionales de acuerdo con las características morfo-funcionales utilizadas para la clasificación de los batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, durante el periodo 2013-2015.....	37

RESUMEN

La Isla Espiritu Santo se considera la de mayor riqueza ictiofaunística de todas las islas del Golfo de California, lo que resalta la importancia de conocer la variación de su diversidad en el tiempo. En el presente estudio se evaluó la variación temporal de los peces batoideos en la zona sur de la Isla Espiritu Santo. Los individuos fueron capturados mensualmente durante las horas nocturnas con redes de enmalle en faenas de pesca artesanal desde 2013 al 2015 y cada ejemplar fue identificado, medido y pesado. Para estudiar los cambios en la diversidad a nivel temporal, se aplicaron tres enfoques metodológicos: descriptivo (riqueza, abundancia relativa, diversidad de Shannon-Wiener, equidad de Pielou y dominancia), taxonómico (diversidad taxonómica, distintividad taxonómica promedio y variación de la distintividad taxonómica) y funcional (grupos funcionales). Se identificaron 4 órdenes, 10 familias, 10 géneros y 15 especies, lo que adicionó nueve especies a los listados ictiofaunísticos de la Isla Espiritu Santo. Las especies *Mobula munkiana*, *Hypanus dipterurus*, *Narcine entemedor* y *Rhinoptera steindachneri* presentaron las mayores abundancias, peso y dominancia. La diversidad varió entre las escalas temporales, dado posiblemente por los cambios en la temperatura superficial del mar, que favoreció o restringe la presencia de ciertas especies en determinadas épocas. De manera general los valores de diversidad y distintividad taxonómica promedio fueron altos y constantes (con algunas excepciones), indicando una estabilidad en la estructura taxonómica de las especies de batoideos presente en la zona a nivel temporal. Se conformaron 8 grupos funcionales: los grupos *A*, *B*, *C*, *D*, *F* y *H* se consideran principalmente como bentónicos, mientras que los grupos *E* y *G* se constituyeron de especies que nadan principalmente en la columna de agua gran parte del tiempo. Se observó que los batoideos presentes en la Isla, conforman una taxocenosis biológica con una alta riqueza específica al ser comparada con el Golfo de California. De igual manera, posee una estructura taxonómica constante entre temporalidades, cuyos grupos funcionales se han adaptado a las condiciones ambientales de la Isla, aprovechando al máximo los recursos disponibles.

ABSTRACT

Espiritu Santo Island it is considered to possess the mayor ichthyofaunistic richness of all islands from the Gulf of California, which highlights the importance of monitoring its diversity variation over time. In the present study the temporal variation of batoid fishes in the southern zone of Espiritu Santo Island was evaluated. The individuals were captured monthly at overnight hours, using gill nets from the artisanal fishing during 2013 to 2015 and each specimen was identified, measured and weighed. To study diversity changes at temporal level, three methodological approaches were applied: descriptive (richness, relative abundance, Shannon-Wiener diversity, Pielou's evenness and dominance), taxonomic (taxonomic diversity, average taxonomic distinctness and variation in taxonomic distinctness) and functional (functional groups). Four orders, 10 families, 10 genera and 15 species were identified, which adds nine species to the ichthyofaunistic inventories of the Espiritu Santo Island. The species *Mobula munkiana*, *Hypanus dipterurus*, *Narcine entemedor* and *Rhinoptera steindachneri* presented the highest abundances, weight and dominance. The diversity varied between the temporal scales, possibly due to changes in sea surface temperature, that favors or restricts the presence of certain species at determined seasons. In general the values of diversity and average taxonomic distinctness were high and constant (with some exceptions), indicating a taxonomic structure of the batoid species stability present in the zone at temporal level. Eight functional groups were formed: the groups *A*, *B*, *C*, *D*, *F* and *H* are considered mainly as benthic, while the groups *E* and *G* constituted species that swim mainly in the water column most of the time. It was observed that the batoids present in the Island, are a biological taxocenosis with a high specific richness when compared to the Gulf of California. Also, possess a constant taxonomic structure between temporalities, which functional groups are adapted to the environmental conditions of the Island, taking advantage from the resources available.

GLOSARIO

Abundancia relativa: Cantidad proporcional, calculada, de los individuos de esa especie con respecto al porcentaje observado de la población en esa área (Sarmiento, 2000).

Batomorfos o batoideos: Grupo taxonómico perteneciente a los elasmobranquios, el cual hace referencia a las especies denominadas comúnmente como “rayas”.

Biodiversidad: Contenido biológico total de organismos que habitan un determinado paisaje, incluyendo su abundancia, su frecuencia, su rareza y su situación de conservación (Sarmiento, 2000).

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE): Número de ejemplares de cada especie capturados en cada muestreo para 100 m de red por hora.

Diversidad: Agrupación compleja formada por individuos de diferentes especies que viven en un espacio continuo (Margalef, 1980).

Diversidad funcional: Diversidad más el conjunto de rasgos funcionales que posee la biota de un ecosistema (Sommerfield *et al.*, 2008).

Dominancia ecológica: Influencia que presentan los organismos dentro de la comunidad en función de la abundancia de su especie (Sarmiento, 2000).

Estructura comunitaria: Hace referencia a la forma en que las especies dentro de ella se relacionan entre sí, estableciendo ciertos patrones.

Hábitat: Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado adecuado a las demandas de la población (Sarmiento, 2000).

Índices de diversidad taxonómica: Generalización del índice de diversidad de Simpson, basados en la relación taxonómica entre las especies (Clarke & Warwick, 1998).

Grupo funcional: Agrupación de las especies en conjuntos discretos de acuerdo con la similitud de sus rasgos funcionales (Tilman *et al.*, 1997).

Monofilético: Atributo taxonómico de organismos que descienden de un antecesor común, que es el miembro de un mismo taxón (Sarmiento, 2000).

Nicho ecológico: Oficio de una especie dentro de su población o la función de esta, dentro de la comunidad; a diferencia de lo que se piensa, el nicho ecológico no hace referencia al espacio físico que ocupa el organismo, sino a su función (Sarmiento, 2000).

Redundancia ecológica: Propiedad por la cual ciertas especies pueden ocupar la misma función, y por lo tanto son fácilmente reemplazables (Sarmiento, 2000).

Resiliencia: Amplitud de las tolerancias ambientales en un ecosistema, que le permite asimilar perturbaciones sin deteriorarse definitivamente (Sarmiento, 2000).

Taxocenosis: Grupo de organismos relacionados taxonómicamente y que concurren en un determinado tiempo y espacio.

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento del número de especies presentes de una comunidad en una región geográfica debe ser la base inicial para cualquier programa de conservación sustentable (Guisande *et al.*, 2013). Partiendo de esta idea, se pueden realizar varios enfoques ecológicos que permiten abordar el estudio de la comunidad, entre los cuales se nombran: a) el enfoque descriptivo, que analiza el número de especies en cuanto a la identidad y las variaciones; b) un enfoque evolutivo, con el cual se estudian las relaciones taxonómicas y filogenéticas entre las especies, y c) un tercer enfoque que examina la interacción y dinámica entre las especies, así como la variación de las características morfológicas con respecto al ambiente, que se le denomina funcional (Helfman *et al.*, 2009).

La diversidad ha sido uno de los conceptos más ampliamente utilizado en el ámbito de la ecología a través de los años. Una de las propuestas conceptuales más utilizada es la de Margalef (1980) quien definió a la diversidad como una agrupación compleja formada por individuos de diferentes especies que viven en un espacio continuo. La valoración de la diversidad de especies a través de índices también ha sido materia central en la ecología de comunidades (Pélissier *et al.*, 2003).

Los índices de biodiversidad utilizados para estudios comunitarios se expresan generalmente en términos del número de taxones presentes (riqueza de especies), distribución de la abundancia relativa dentro de las muestras (dominancia o equidad) o medidas que combinan y ponderan ambos aspectos (*e.g.* diversidad de Shannon-Wiener), o que miden la diversidad local y/o regional (alfa y beta). Estos índices basados en la riqueza de especie, dominancia y equidad, dependen del esfuerzo de muestreo, ocasionando problemas al momento de hacer las comparaciones con otros estudios en los cuales los datos fueron recolectados con métodos en los que es difícil realizar algún tipo de estandarización.

Con base en esto, Warwick & Clarke (1995) y Clarke & Warwick (1998), incorporaron una serie de medidas en la distribución taxonómica de las especies dentro de las muestras que se pondera por la abundancia (diversidad taxonómica) o por la presencia/ausencia (distintividad taxonómica) de las especies, dejando así el problema de la dependencia de número y esfuerzo de los muestreos.

Otra área que está en auge es la generación de índices de diversidad funcional que tratan de resumir información de múltiples rasgos funcionales en uno o pocos parámetros que puedan

ser contrarrestados con índices de otras dimensiones de la diversidad, encontrando que la diversidad funcional revela información complementaria a las taxonómicas y filogenéticas (López-Ordoñez *et al.*, 2015). La diversidad funcional, que se define como la heterogeneidad de los atributos funcionales establecidos ponderados por la abundancia, es probablemente el componente de la biodiversidad más relevante para el funcionamiento del ecosistema, pero no existe una manera fácil de estandarizarlo y cuantificarlo, lo cual complica su estimación (Somerfield *et al.*, 2008).

A nivel de comunidades, se presume que la variación de rasgos funcionales es clave para determinar la composición y distribución de abundancia de las especies. Estos rasgos funcionales corresponden a las características morfológicas, fisiológicas o fenológicas medidas a nivel individual, sin referencia al ambiente o cualquier otro nivel de organización. Pueden ser cualitativos o cuantitativos y cada valor particular tomado por un rasgo en un espacio y tiempo determinado se denomina atributo (Salgado-Negret & Paz, 2015). El análisis de los rasgos funcionales de las especies pertenecientes a la comunidad es una aproximación útil para entender los mecanismos de la estructura comunitaria, que se ha conformado por medio de las interacciones entre los rasgos de las especies, las condiciones abióticas (filtros ambientales) y las interacciones bióticas (*e.g.*, competencia y mutualismo, Salgado-Negret & Paz, 2015).

Los batoideos o rayas y especies afines son el mayor subgrupo perteneciente a los “peces cartilagosos” en cuanto a número de especies registradas, que junto con los tiburones y quimeras agrupan la clase Chondrichthyes. Actualmente existen 633 especies con nombres válidos pertenecientes en 26 familias. Se encuentran tanto en agua dulce y salobre, en zonas demersales como pelágicas, presentando diversas variedades de estrategias de vida que les ha permitido colonizar estos amplios espacios en donde habitan (Last *et al.*, 2016).

Estos organismos son importantes depredadores de peces e invertebrados, llegando a tener un papel importante en las redes tróficas costeras y sirven como conexión del flujo de materia y energía entre el ambiente pelágico y demersal (Ebert & Cowley, 2003; Navia *et al.*, 2007; Flores-Ortega *et al.*, 2015). Por esta razón, son conocidos principalmente como mesodepredadores.

Sin embargo, los batoideos, al igual que los tiburones, han desarrollado adaptaciones adicionales como anatómicas, historia de vida y conductuales que los distinguen de los peces óseos y los hacen más vulnerables a la explotación humana. Al tener crecimiento lento,

maduración tardía y una baja fecundidad, los tiburones son muy susceptibles a la sobrepesca, y al pertenecer los batoideos a la misma clase que los tiburones, se han generalizado en gran medida estas características, volcándose una mayor atención a la descripción del número de especies sin tomar en cuenta los aspectos ecológicos (Helfman *et al.*, 2009).

El Golfo de California es un área de gran importancia para México, debido a las características hidrológicas, geológicas y biológicas, que favorecen a una alta diversidad de organismos marinos, siendo una de las principales áreas para la pesca en el país (Castro-Aguirre *et al.*, 1995). Presenta una alta diversidad en sus fondos rocosos a una profundidad menor a los 50 m, principalmente a lo largo de las costas de la Península de Baja California y las islas que se encuentran a su alrededor (Barjau *et al.*, 2012; Del Moral-Flores *et al.*, 2013). La región suroeste del Golfo de California tiene importancia ecológica, comercial y turística porque en este ecosistema existe una gran riqueza íctica reportada (Castro-Aguirre *et al.*, 1995). Particularmente, en la Bahía de la Paz existe una diversidad taxonómica alta para los ambientes rocosos, lo cual se puede interpretar como una medida del estado de buena salud del área, en términos ecológicos (Barjau-González *et al.*, 2016).

Cambios o fluctuaciones estacionales en la temperatura del agua afectan el metabolismo de los peces, propiciando cambios principalmente en sus ciclos reproductivos y alimentación, que hace que realicen migraciones a lugares que brindan las condiciones adecuadas para satisfacer estas necesidades. La temperatura superficial del mar exhibe ciclos en escalas pequeñas, movimientos estacionales están relacionados por la temperatura y cambios en el clima. Algunos peces realizan migraciones por reproducción en verano cuando la temperatura del agua aumenta, además, en primavera y verano son tiempos de máxima productividad de alimentos. Entonces, estos cambios en la temperatura del agua desencadenan que los peces realicen migraciones, ya sea por la reproducción o para tomar ventajas de los cambios estacionales en la disponibilidad de alimentos (Helfman *et al.*, 2009).

Variaciones estacionales en cuanto a número de especies y abundancia, se han evidenciado en batoideos tanto en el Golfo de California como a lo largo de la costa del Pacífico mexicano (Bizzarro *et al.*, 2007; Smit *et al.*, 2007; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013), donde se ha reportado migraciones en algunos meses del año en especies como *Pseudobatos productus* y *Myliobatis californicus* (Bizzarro *et al.*, 2007) concluyendo que los cambios en la temperatura del agua juegan un papel importante en las migraciones estacionales de muchas especies de

elasmobranquios que se observan en las aguas costeras (Ramírez-Amaro *et al.*, 2013).

En este contexto y en virtud que el desarrollo de estudios ecológicos comunitarios aporta información referente a la estructura de las comunidades, en el presente trabajo se abordó el estudio de la estructura comunitaria de batoideos en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, en diferentes escalas temporales, a partir de tres enfoques ecológicos de la diversidad: el descriptivo, taxonómico y funcional.

2. ANTECEDENTES

Se han realizado muchos trabajos que incluyen la diversidad ecológica en peces, algunos se han enfocado en describir la diversidad taxonómica (Warwick & Clarke, 1995; Clarke & Warwick, 1998; Warwick & Clarke, 1998; Clarke & Warwick, 1999; Clarke & Warwick, 2001a; Sosa-López *et al.*, 2005; Barjau-González *et al.*, 2014a; Barjau-González *et al.*, 2014b; Barjau-González *et al.*, 2016) y otros tantos solo en la diversidad funcional (Petchey & Gaston, 2002; Mason *et al.*, 2003; Mason *et al.*, 2005; Salgado-Negret *et al.*, 2015); incluso, hay algunos que han implementado estas dos aproximaciones en conjunto para intentar explicar de forma integral la estructura de las comunidades biológicas (Sommerfield *et al.*, 2008; Escobar-Toledo *et al.*, 2013; Herrera-Valdivia *et al.*, 2016), sin embargo, cabe destacar que dicha estrategia se ha utilizado principalmente en peces óseos y no hay trabajos que hayan utilizado estos tres enfoques metodológicos de forma simultánea para describir comunidades de batoideos.

En términos generales son pocos los estudios enfocados exclusivamente a los batoideos para el Golfo de California y Pacífico mexicano. Algunos de ellos corresponden a listados ictiofaunísticos (Abitia-Cárdenas *et al.*, 1994; Chávez-Ramos & Galván-Magaña, 1994; De La Cruz-Agüero *et al.*, 1994; Rodríguez-Romero *et al.*, 1994; Balart *et al.*, 1995; Galván-Magaña *et al.*, 1996; Castro-Aguirre & Balart, 1997; Palacios-Salgado *et al.*, 2012; Salomón-Aguilar, 2015), y otros a pesquerías (Bizzarro, 2005; Bizzarro *et al.*, 2009a; Bizzarro *et al.*, 2009b; Smith *et al.*, 2009; Cartamil *et al.*, 2011; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013; Lara-Mendoza *et al.*, 2016); sin embargo, solo son recuentos de las especies encontradas en un determinado lugar.

Otros trabajos abordan aspectos más específicos: reproductivos (Villavicencio-Garayzar, 1996; Bizzarro *et al.*, 2007), tróficos (Valadez-González, 2007; Espinoza *et al.*, 2012; Navarro-González *et al.*, 2012; De La Rosa-Meza *et al.*, 2013; Flores-Ortega *et al.*, 2015), de edad y crecimiento (Rodríguez-Lorenzo, 2007; Smith *et al.*, 2007) y demográficos (Márquez-

Farías, 2007), los cuales constituyen un importante aporte al conocimiento de la biodiversidad, biología y ecología de las rayas para la región.

Dentro de los listados ictiofaunísticos enfocados exclusivamente a elasmobranquios se destacan Del Moral-Flores *et al.* (2016), quienes han registrado un total de 37 especies de batoideos para la Provincia de Cortés; Bizarro *et al.* (2009a) enlistan 19 especies de batoideos para la costa oriental de Baja California Sur; Smith *et al.* (2009) capturan 15 especies de batoideos de un total de 32 especies (46.9%) de elasmobranquios para la costa oriental de Baja California; y Bizarro *et al.* (2009b) identificaron por lo menos 20 especies de batomorfos de 43 (46.5%) elasmobranquios reportados para las costas de Sonora.

En otras áreas cercanas a Bahía de La Paz, Galván-Magaña *et al.* (1996) reportaron seis especies de batoideos (3.5%) entre las 174 especies de peces en Isla Cerralvo; por su parte Palacios-Salgado *et al.* (2012) registraron 10 especies de batoideos (3.4%) de 298 especies de peces, en las islas San José, San Francisquito y El Pardito.

Específicamente para la Bahía de La Paz, Abitia-Cárdenas *et al.* (1994) reportaron 17 batoideos (4.4% de las 390 especies de peces enlistadas), y Balart *et al.* (1995) identificaron 13 especies de batoideos (9.9% de los 132 nuevos registros para la zona). Cabe mencionar que aunque el trabajo de Del Moral-Flores *et al.* (2013) es una revisión sobre los peces de todas las islas del Golfo de California, la cual incluyó información bibliográfica, así como datos de colecciones ictiológicas y museos, citaron para la Isla Espíritu Santo un total de ocho especies de batoideos.

Solo un estudio para la Bahía de La Paz (Payán-Alcacio, 2015) ha incluido los tres enfoques mencionados con anterioridad (tradicional, taxonómico y funcional), para caracterizar espacial y temporalmente de la diversidad de la comunidad de peces en esta área. Este autor encontró diferencias temporales en los atributos ecológicos estimados (época cálida mayores valores) y dos grupos funcionales (bentónicos y no bentónicos).

3. JUSTIFICACIÓN

Aunque en la Bahía de La Paz y zonas aledañas se han realizados varios estudios ictiofaunísticos que han reportado varias especies de batoideos, es importante señalar que estos estudios no estaban dirigidos a la descripción de las características comunitarias de esta taxocenosis; la mayoría de los estudios de esta naturaleza han sido enfocados al grupo de los

osteíctios. En la literatura científica, los batoideos han sido catalogados como mesodepredadores (Navia *et al.*, 2010) sin revisar a detalle el resto de las funciones que desempeñan dentro del ecosistema.

Además, se ha reportado que la estructura comunitaria de un ensamble puede variar dependiendo de la época de estudio (Helfman *et al.*, 2009; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013) donde normalmente la época cálida suele concentrar una mayor abundancia de peces, en comparación con la época fría o templada (Helfman *et al.*, 2009; Payan-Alcacio, 2015). Considerando lo anterior, en el presente trabajo se estudió la estructura comunitaria de los batoideos desde un enfoque descriptivo, taxonómico y funcional en diferentes escalas temporales, para complementar y ampliar el escaso conocimiento de la diversidad ecológica de los batoideos.

4. HIPÓTESIS

Dado los distintos alcances del presente estudio, se ha planteado la formulación de varias hipótesis:

Considerando que la riqueza de especies de batoideos reportados para la zona de estudio (Isla Espíritu Santo), generalmente deriva de trabajos enfocados a otros grupos taxonómicos, se espera que la diversidad y riqueza de batomorfos reportados en el presente estudio, sea mayor, debido a que el muestreo está dirigido completamente al estudio de este grupo de especies.

Existen variaciones temporales en los descriptores comunitarios como lo son la riqueza de especie y abundancia de las mismas que ya han sido reportados en otros trabajos para la Bahía de La Paz. Ya que las condiciones ambientales favorecen a procesos biológicos como la alimentación y reproducción, se espera que un estudio cuyo objetivo sea la caracterización de su estructura comunitaria, la diversidad de especies sea mayor en la época cálida.

Por ser un grupo taxonómico con diferentes características morfológicas y que ocupa distintos hábitats, se espera la conformación de más de un grupo funcional, lo que permitiría aportar información referente a esta comunidad.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Caracterizar la variación temporal en la composición de los peces batoideos presentes en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, BCS, bajo una perspectiva descriptiva, taxonómica y

funcional.

5.2 Objetivos específicos

- Describir la estructura de la taxocenosis de batoideos presentes en la zona sur de la Isla Espiritu Santo a través de índices ecológicos.
- Estimar la diversidad taxonómica de la comunidad de batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espiritu Santo.
- Definir los grupos funcionales de la comunidad de batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espiritu Santo.
- Describir la variación temporal en la estructura comunitaria de los batoideos en la Isla Espiritu Santo a través de diferentes métricas de la diversidad.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El complejo Insular Espíritu Santo está ubicado en el Golfo de California, frente a las costas del Estado de Baja California Sur (CONANP, 2000). La Isla Espíritu Santo es la de mayor extensión de las seis islas que conforman el complejo, y está separada de la península por el canal de San Lorenzo, el cual tiene un ancho de 6 km. Las dimensiones de la Isla Espíritu Santo son 19 km de largo, 5.5 de ancho y una superficie de 99 km². El litoral oriental de la Isla es de bordes escarpados y solo presenta en el sur una playa extensa denominada La Bonanza. En contraste, el litoral occidental del complejo insular está entrecortado por una docena de pequeñas bahías, ensenadas y caletas que presentan playas arenosas (Arizpe, 1997). El área de muestreo del presente estudio estuvo localizada hacia la zona sur y sureste de la Isla Espíritu Santo, por ser el área de faena utilizada por el pescador (Fig. 1).

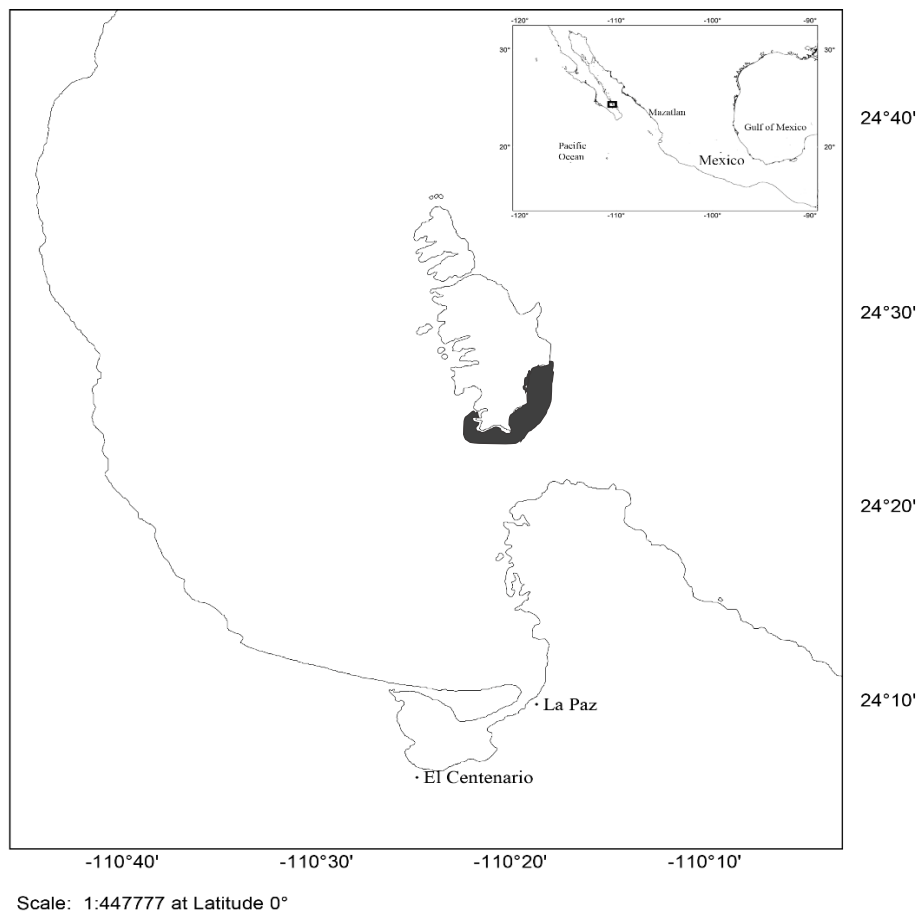


Figura 1. Área de captura de los batoideos (zona sombreada gris oscura) en la Isla Espíritu Santo, BCS.

6.2. Trabajo de campo

Se realizaron muestreos mensuales entre octubre 2013 y diciembre 2015 (excepto septiembre y noviembre del 2014 y enero del 2015), con una duración de tres días de faena. Para la captura de los especímenes se utilizaron redes de enmalle de tipo agallera con dos a cuatro lienzos, cada una de 100 m de longitud, 1.5 m de alto y con luz de malla de 10 pulgadas. Las redes fueron tendidas al atardecer y recuperadas a la mañana del otro día a profundidades entre los 5 y 65 m, aproximadamente. Los ejemplares pertenecientes al género *Mobula*, fueron identificados, contados, medidos y pesados en la embarcación, y liberados inmediatamente, por estar protegidos por leyes internacionales. Los ejemplares de las otras especies fueron llevados a la zona de desembarco conocida como campamento “El Morrito”, donde fueron identificados, medidos con una cinta métrica (± 0.1 cm de precisión) y pesados con una balanza de campo (± 0.1 kg). En aquellos casos en los que la identificación de la especie fue dudosa, el ejemplar fue preservado para su posterior identificación en el laboratorio.

6.3. Identificación y clasificación de los individuos

Para la verificación y validación taxonómica se utilizaron guías de identificación generales y específicas (Fischer *et al.*, 1995; McEachran & Notarbartolo-di-Sciara, 1995; Castro-Aguirre & Espinosa-Pérez, 1996; Corro-Espinosa & Ramos-Carillo, 2004; Mejía-Falla *et al.*, 2011; Sáez & Lamilla, 2012). El arreglo sistemático de las especies identificadas y la actualización y validación de la nomenclatura científica se realizó de acuerdo con los trabajos de Last *et al.* (2016) y Eschmeyer *et al.* (2017). De cada una de las especies identificadas y certificadas en cuanto a su diagnóstico taxonómica, se conservaron ejemplares de referencia, los cuales fueron depositados y catalogados en la Colección Ictiológica del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN).

6.4. Organización de los datos

Las temporadas climáticas se definieron según Guevara-Guillén *et al.* (2015), los cuales propusieron para la Bahía de La Paz dos épocas principales: época fría (diciembre a mayo) y época cálida (junio a noviembre).

El año 2013 abarcó de octubre a diciembre, el 2014 incluyó todos los meses de ese año exceptuando septiembre y noviembre, y el 2015 estuvo conformado de febrero a diciembre. La

época fría 2013-2014 se considero de diciembre 2013 a mayo 2014, la cálida 2014 estuvo integrada por junio, julio, agosto y octubre de ese año, la época fría 2014-2015 se conformó de diciembre 2014 a mayo 2015 exceptuando enero, y la cálida 2015 abarcó de junio a noviembre de ese mismo año.

Finalmente, los meses se agruparon de manera genérica, esto es, todos los eneros fueron agregados en un solo grupo, los febreros en otro grupo, y así sucesivamente (Anexo 1). Para realizar las comparaciones entre temporadas, los meses de cada temprada fueron agrupados promediando los valores de cada muestreo para cada especie capturada en el mes correspondiente, y se ponderaron por el número de observaciones (Anexo 2).

Con la información obtenida se construyeron cuatro matrices dependiendo de los índices calculados, a estimar: 1) matriz de abundancia relativa o bien de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE; número ejemplares de cada especie capturados para 100 m de red por hora en cada muestreo por 10^2) que fue utilizada para el análisis temporal de los índices ecológicos tradicionales (diversidad, equidad y dominancia); 2) matriz con los datos correspondientes al peso de las especies por cada muestreo; 3) matriz con información de la composición taxonómica o filogenética (especies con sus niveles taxonómicos y CPUE de las mismas), la cual se utilizó para realizar el contraste de los taxones y evaluar los índices de diversidad taxonómica; 4) matriz con la información referente a los atributos funcionales de cada especie para realizar las agrupaciones correspondientes.

6.5. Descripción de la comunidad

Riqueza específica: número total de especies capturadas en los muestreos.

Peso: Se tabuló, el peso total por especie de los individuos a los cuales fue posible tomar este dato, con el peso mínimo y máximo por especie junto con su promedio y desviación estándar. De igual forma, se reportó el intervalo de tallas de estos individuos por especie y el promedio de tallas capturadas con su desviación estándar. Esto se realizó con la finalidad de expresar un aproximado del peso capturado por especies, ya que no fue posible su estandarización por no poseer todos los valores de los pesos en cada muestreo.

Abundancia relativa (Captura por Unidad de Esfuerzo): dado que el tamaño de la red y el tiempo de la misma en el agua varió entre los muestreos (Anexo 2), la abundancia se estandarizó a 100 m de longitud de red por hora por 10^2 (como factor de escala para no tener

valores menores a 1) de la siguiente manera:

$$CPUE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i * 100 * tst}{t_i * r_i} \right)}{n} * 10^2$$

Donde:

CPUE: Abundancia relativa de los individuos capturados en 100 m de red por hora.

C_i : Individuos capturados en la red $_i$.

t_i : Número total de horas que estuvo la red $_i$ en remojo.

r_i : Metros de la red $_i$.

tst: Tiempo estándar (1 hora).

n: Número de muestras.

En el paquete estadístico STATISTICA 10 (StatSoft, 2011) se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar si los datos seguían una distribución normal. Posteriormente, con el mismo paquete estadístico, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en la CPUE en las siguientes escalas temporales: años, época por años, meses y entre especies (en este último caso los valores de CPUE se multiplicaron por el \log_{10} para una mejor visualización gráfica de todas las especies). En los casos en donde hubo diferencias significativas, se realizó una prueba de comparaciones múltiples no paramétrica. Para la escala temporal épocas (cálida y fría), se utilizó la prueba de Mann-Whitney.

Los valores estandarizados que fueron presentados en CPUE, en los índices ecológicos tradicionales y en la diversidad taxonómica (Δ) en el apartado de Resultados, corresponden a individuos en 100 m red por hora por 10^2 , sin embargo, no se hará referencia a ello para mayor fluidez en la lectura.

6.6. Índices ecológicos

Dominancia: para evaluar la dominancia de las especies se utilizó el índice de valor biológico (IVB) de Sanders (1960), el cual asigna un valor de importancia a cada especie en función de su abundancia en cada muestra, y es expresada a manera de puntajes o puntos, y de este modo las especies más constantes durante todos los muestreos tendrán una mayor importancia que aquellas con altas abundancias en menor número de muestreos (Loya-Salinas

& Escofet, 1990). El cálculo se efectuó tomando en cuenta todas las especies capturadas, para las épocas (cálida y fría), los años (2014 y 2015), el año 2013 fue descartado por tener solo tres meses de muestreos, y por época por año, mediante la siguiente expresión:

$$IVB_i = \sum_{j=1} p u_{ij}$$

Donde:

i: Corresponde a la especie.

j: Temporalidad de muestreo.

$p u_{ij}$: Puntaje de la especie *i* en el muestreo *j* que se otorgará de acuerdo con la abundancia de cada especie por el valor ponderal para el puntaje de importancia otorgado.

Diversidad: se estimó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual considera tanto el número de especies (*S*) como la abundancia de cada una de éstas (Southwood & Henderson, 2000):

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

Donde:

p_i : Proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de organismos, donde:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i : Número de individuos de la especie *i*

N: Número total de individuos de todas las especies.

Este índice fue calculado con el paquete estadístico PAST 3.19 (Hammer & Harper, 2006). Para evaluar diferencias temporales en el índice de diversidad de Shannon-Wiener, se aplicó la prueba *t* de Hutcheson (Zar, 2010), mediante la siguiente formula:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{VarH'_1 + VarH'_2}}$$

Donde:

H'_1 y H'_2 : Diversidad de la muestra 1 y de la muestra 2, respectivamente.

$VarH'_1 + VarH'_2$: Varianza de la diversidad para la muestra 1 y la muestra 2, respectivamente, la cual fue calculada de la siguiente manera:

$$VarH' = \frac{\sum f_i (\ln f_i)^2 - \frac{(\sum f_i \ln f_i)^2}{n}}{n^2}$$

Donde:

f_i : Número de observaciones en la categoría i y n el número total de individuos de la muestra.

La estimación de los grados de libertad se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$df = \frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{\frac{(VarH'_1)^2}{n_1} + \frac{(VarH'_2)^2}{n_2}}$$

Equidad: se estimó con la finalidad de conocer cómo estaba distribuida la abundancia de los individuos entre las especies. Para ello, se usó el índice de equidad de Pielou (J'), el cual tiene como valor máximo uno (1) cuando todas las especies son igualmente abundantes y tiende a cero (0) cuando la abundancia relativa de pocas especies es muy alta. Este índice también fue calculado con el paquete estadístico PAST 3.19 (Hammer & Harper, 2006).

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

Donde:

H' : Índice de diversidad de Shannon y Wiener.

H'_{max} : Valor máximo posible del índice de diversidad dado por S (número de especies). Esta se define como: $H'_{max} = \ln S$.

6.7. Índices de diversidad taxonómica

Los índices de diversidad taxonómica son aquellos que consideran la información taxonómica y filogenética de las especies mediante la distancia que existe entre ellas en un árbol de clasificación taxonómica, ponderadas por la abundancia o por la presencia/ausencia de las especies, según sea el caso (Warwick & Clarke, 1995; Clarke & Warwick, 1998).

La diversidad taxonómica está empíricamente relacionado a la diversidad de especies de Shannon (H'), pero con un componente adicional, que es la jerarquía taxonómica de las especies, pudiéndose considerar de esta manera, más cercano a un índice de biodiversidad que H' (Warwick & Clarke, 1995). El uso de estos índices se hizo con la finalidad de evaluar la estructura taxonómica del listado de especies de batoideos de la zona y no sólo considerar la riqueza de especies.

La **diversidad taxonómica** (Δ) toma en cuenta la abundancia de las especies y calcula la distancia promedio que existe en el número de categorías taxonómicas diferentes que existen entre cada par de especie comparada, ponderada por la abundancia (Clarke & Warwick, 1998). Se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta = \frac{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij} \chi_i \chi_j}{[n(n - 1)/2]}$$

Donde:

X_i : Abundancia de la especie i .

ω_{ij} : Peso dado por la distancia taxonómica que relaciona a las especies i y j dentro de la jerarquía taxonómica.

n : Número total de individuos en la muestra en CPUE.

La **distintividad taxonómica promedio** (Δ^+) es un indicador cualitativo, donde sólo se considera la presencia/ausencia de las especies para su cálculo. Esto no es más que el promedio de la distancia taxonómica de cada par de individuos de la muestra, es decir, la longitud de la trayectoria esperada entre dos individuos al azar. Para su estimación, se sumó la longitud de las rutas a través de un árbol taxonómico, conectando todos los pares de especies en la lista y dividiéndolo por el número de rutas (Clarke & Warwick, 1998).

$$\Delta^+ = \frac{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}}{S(S - 1)/2}$$

Donde:

ω_{ij} : Peso dado por la distancia taxonómica que relaciona a las especies i y j dentro de la jerarquía taxonómica.

S : Número de especies observadas.

La **variación de la distintividad taxonómica** (Λ^+) hace referencia a la varianza de las distancias taxonómicas con respecto al valor de su media (Clarke & Warwick, 2001a). Para esto, se utilizó la equidad de la distribución del nivel taxonómico en el árbol taxonómico, representada por la siguiente ecuación:

$$\Lambda^+ = \frac{\sum_{i < j} (\omega_{ij} - \Delta^+)^2}{S(S-1)/2}$$

Los índices de diversidad taxonómica derivan de una matriz de agregación general de las especies recolectadas a lo largo de los muestreos que se les denomina “lista maestra”, la cual se podría definir como el rango biogeográfico o el hábitat específico, y es utilizada para comparar si el subconjunto de especies observadas es representativo de la biodiversidad expresada en el inventario completo de especies de la zona (Clarke & Warwick, 2001b).

Esta lista es ordenada en una escala taxonómica jerárquica (de especie a clase) en la cual, existen distancias taxonómicas con un peso que va desde 0 a 100 que son proporcionales a la cantidad de taxones manejados, en este caso las distancias van de 20 en 20 hasta llegar a 100 (Clarke & Warwick, 1999). La lista maestra se constituyó con base en lo reportado en la literatura para el Golfo de California, Bahía de La Paz y lo capturado en el presente estudio (Anexo 3).

A partir de estos índices, se implementó la prueba estadística de túnel de variabilidad, TAXDTEST del programa PRIMER, con el cual se realizó una prueba de 1000 aleatorizaciones que definieron a los intervalos de confianza y una ‘media esperada’ que se derivó de la lista maestra, con la finalidad de comparar el valor calculado de Δ^+ y Λ^+ con el valor de la ‘media esperada’ de un número de especies definida y evaluar si se encuentra dentro de los intervalos de confianza (Clarke & Warwick, 2001b; Clarke & Gorley, 2006). Por lo tanto, si el valor calculado cae fuera del 95% de los valores simulados, se consideraron que se alejaron significativamente de la expectativa y podrían interpretarse como pérdida de biodiversidad en un lugar y tiempo determinado (Clarke & Warwick, 2001b).

Primero se realizó una comparación entre localidades: la riqueza de la Bahía de La Paz con la riqueza del grupo de especies capturadas para la Isla Espíritu Santo en el Golfo de California (lista maestra). Posteriormente, se realizaron comparaciones temporales (épocas,

años, época por año y meses) para las especies capturadas en la Isla Espíritu Santo en el Golfo de California.

6.8. Grupos funcionales

Los grupos funcionales son un tipo de clasificación formal de las especies en un conjunto basados en sus rasgos morfológicos (Salgado-Negret & Paz, 2015) y se determinaron con base en atributos relacionados con el hábitat, morfología y hábitos alimentarios de las especies capturadas (Tabla I). La aproximación se basa en agrupar aquellas especies que presentaron el mayor número de caracteres o categorías similares (Sommerfield *et al.*, 2008).

Según Fonseca & Granade (2001) en la clasificación de especies en grupos funcionales se debería considerar al menos los siguientes criterios: 1) el criterio por el cual deben ser clasificadas las especies en grupos funcionales, 2) definir el tipo de comunidad biológica a estudiar, 3) elegir los atributos o rasgos clave a evaluar, 4) definir intervalos (subcategorías) de cada rasgo o característica que permita calificar a cada especie de la mejor manera y, 5) construir una matriz especies-rasgos. Finalmente aplicar técnicas multivariadas adecuadas que permitan discriminar los grupos funcionales sobre la base de características morfo-funcionales.

La información referente a profundidad, talla máxima de captura y peso máximo de captura fueron obtenidas en los muestreos. El resto de la información de los atributos fue recolectado de bases de datos mundiales como fishbase (Froese & Pauly, 2017), IUCN (2017) y literatura específica publicada sobre las diferentes especies que conforman la comunidad de batoideos de la Isla Espíritu Santo, BCS (Serrano-López, 2009; Macesic & Kajiura, 2010; Blanco-Parra *et al.*, 2012; De la Rosa-Meza *et al.*, 2013; Last *et al.*, 2016; Ehemann *et al.*, 2017).

Tabla I. Atributos utilizados para realizar la clasificación por grupos funcionales.

ATRIBUTOS	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Distribución en la columna de agua	Bentónico	Viven constantemente sobre el fondo
	Bento-Pelágico	Nadan por encima del fondo
	Pelágico	Viven nadando o flotando en la columna de agua
Profundidad	>5 <15m	
	>15 <25m	
	>25 <35m	
	>35 <45m	
	>45 <55m	

	>55 <65m	
Forma general del cuerpo	Ovalado Circular Romboidal Triangular De Corazón Diamante	
Forma de las aletas pectorales	Triangulares Redondeadas	
Tipo de nado	Axial ondulatorio Ondulatorio Oscilatorio	
Forma de aleta caudal	Redondeada Sin caudal Elasmo-asimétrica	
Número de aleta dorsal	2 aletas dorsales 1 aleta dorsal Sin aleta dorsal	
Posición de la boca	Subterminal Ventral Ventral/Protráctil Ventral/Protráctil/Tubular	
Talla máxima capturada	Pequeños Medianos Grandes	Entre 18 y 48 cm Entre 48 y 80 cm Entre 80 y 112 cm
Peso máximo capturado	<1kg 1kg a 5kg 5kg a 10kg 10kg a 15kg 15kg a 20kg >20kg	
Nivel Trófico	<3.5 3.51-4 >4	
Gremio trófico	Invertívoro Ictio-invertívoro Piscívoro Planctívoro	Se alimenta predominantemente de invertebrados Se alimenta de invertebrados y peces Se alimenta solo de peces Se alimenta solo de plancton
Reproducción	Ovíparo Vivíparo aplacentario lecitotrófico Vivíparo aplacentario	Las crías nacen de huevos en el medio externo Las crías se alimentan dentro de la madre exclusivamente por saco vitelino Las crías se alimentan dentro de

Cinco de los 17 atributos funcionales considerados inicialmente con los que se contaba con la información de las especies, fueron descartados del análisis de clasificación, dado que una de las categorías aglomeró por los menos el 80% de las especies.

Se realizó una matriz binaria donde 1 significó presencia y 0 ausencia para las categorías (Anexo 4) y en el paquete estadístico PAST 3.15, se llevó a cabo un análisis multivariado de aglomeración jerárquica, a partir del índice de similaridad de Jaccard, que permitió reflejar que tan similar es cada especie con otra, según los rasgos funcionales que comparten, y de esta manera poderlas agrupar. A partir de esto, se generó un dendograma con las similitudes de cada grupo conformado. Esta medida de similitud se escala desde 0 (sin rasgos en común) a 100 (comparten todos los rasgos) y fue expresado como porcentaje, considerándose grupos funcionales aquellos que tuvieran especies con más del 50% de similitud.

7. RESULTADOS

7.1. Descripción de la comunidad

Riqueza específica: se capturó un total de 2198 batoideos en 27560 metros de red para un total de 1763.02 horas de red en remojo en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, lo que equivale a 4.5 individuos por 100m/h x 10³ desde octubre 2013 hasta diciembre 2015, agrupándose de la siguiente manera: cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 15 especies. El orden mejor representado fue el de los Myliobatiformes (seis familias, seis géneros y 11 especies), con la familia Urotrygonidae (un género y tres especies) como la más importante, en cuanto a riqueza. El género con mayor número de especies fue *Urobatis*, con tres especies: *Urobatis concentricus*, *U. halleri* y *U. maculatus* (Tabla II). El orden Torpediniformes estuvo representado por una sola especie, *Narcine entemedor*, al igual que los Rajiformes con *Rostroraja velezi*.

Tabla II. Clasificación taxonómica de las especies de batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, desde octubre 2013 hasta diciembre 2015 siguiendo a Last *et al.* (2016).

Órden	Familia	Género	Especie
Rhinopristiformes	Rhinobatidae	<i>Pseudobatos</i>	<i>Pseudobatos glaucostigmus</i> (Jordan & Gilbert, 1883)
	Trygonorrhinidae	<i>Zapteryx</i>	<i>Zapteryx exasperata</i> (Jordan & Gibert, 1880)
Torpediniformes	Narcinidae	<i>Narcine</i>	<i>Narcine entemedor</i> Jordan & Starks, 1895
Rajiformes	Rajidae	<i>Rostroraja</i>	<i>Rostroraja velezi</i> (Chirichigno, 1973)
Myliobatiformes	Gymnuridae	<i>Gymnura</i>	<i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864)
	Dasyatidae	<i>Hypanus</i>	<i>Hypanus dipterurus</i> (Jordan & Gilbert, 1880)
			<i>Hypanus longus</i> (Garman, 1880)
	Urotrygonidae	<i>Urobatis</i>	<i>Urobatis concentricus</i> Osburn & Nichols, 1916
			<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)
			<i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913
	Myliobatidae	<i>Myliobatis</i>	<i>Myliobatis californicus</i> Gill, 1865
Rhinopterae	<i>Rhinoptera</i>	<i>Myliobatis longirostris</i> Applegate & Fitch, 1964	
		<i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891	
Mobulidae	<i>Mobula</i>	<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788)	
			<i>Mobula munkiana</i> Notarbartolo-di-Sciara, 1987

Las especies que mayor contribución tuvieron al peso total fueron: *H. dipterurus* (2704.6 kg), *M. munkiana* (1417.8 kg), *R. steindachneri* (833.8 kg) y *N. entemedor* (718.4 kg); sin embargo, el peso promedio por especie fue mayor en *H. longus* (7.6 ± 7.3), *R. steindachneri* ($5.2 \text{ kg} \pm 2.3$), *H. dipterurus* ($5.1 \text{ kg} \pm 3.6$) y *M. longirostris* ($4.5 \text{ kg} \pm 2.2$). Caso contrario fue el registrado para las especies *U. concentricus* ($1.4 \text{ kg} \pm 0.5$), *Pseudobatos glaucostigmus* ($1.2 \text{ kg} \pm 0.3$), *U. halleri* ($0.9 \text{ kg} \pm 0.4$) y *U. maculatus* ($0.5 \text{ kg} \pm 0.2$) las cuales contribuyeron con los menores valores de biomasa (Tabla III).

Tabla III. Número total de individuos de batoideos capturados y pesados por especie (*n*). AD: ancho de disco; LT: longitud total; Min: mínimo; Max: máximo; \bar{X} : promedio y SD: desviación estándar.

Especie	<i>n</i>	Peso			Talla	
		Total(kg)	Min-Max (kg)	$\bar{X} \pm \text{SD}$	Min-Max (cm)	$\bar{X} \pm \text{SD}$
<i>H. dipterurus</i>	525	2704.6	1.0-35.3	5.1 ± 3.6	28.1-89 AD	46.9 ± 8.2
<i>M. munkiana</i>	480	1417.8	0.8-16.4	2.9 ± 1.9	41.3-110.5 AD	62.7 ± 9.5
<i>R. steindachneri</i>	159	833.8	2.5-14.9	5.2 ± 2.3	54-91.6 AD	69.2 ± 8.4
<i>N. entemedor</i>	239	718.4	0.8-6.4	3.0 ± 1.2	41.5-84 LT	64.6 ± 8.7
<i>H. longus</i>	46	349.7	1.1-36.6	7.6 ± 7.3	30.3-110 AD	60.6 ± 16.5
<i>Z. exasperata</i>	53	107	1.6-3.2	2.0 ± 0.3	66.5-80.4 LT	73.6 ± 3.3
<i>M. longirostris</i>	12	53.8	1.0-8.1	4.5 ± 2.2	42-83 AD	67.05 ± 13.8
<i>G. marmorata</i>	12	34.4	0.5-8.2	2.9 ± 2.5	38-93AD	59.9 ± 18.3
<i>P. glaucostigmus</i>	26	30.2	0.7-1.8	1.2 ± 0.3	59.5-75 LT	68.8 ± 3.6
<i>U. concentricus</i>	7	10.1	0.7-2.1	1.4 ± 0.5	26.5-35 AD	30.7 ± 3.4
<i>M. mobular</i>	1	9.9	-	-	107.6 AD	-
<i>U. halleri</i>	11	9.6	0.4-1.7	0.9 ± 0.4	20-29 AD	23.5 ± 2.8
<i>M. californicus</i>	4	7.6	0.8-3.1	1.9 ± 1.0	39.2-60.5 AD	51 ± 9.2
<i>R. velezi</i>	2	4.8	2.2-2.6	2.4 ± 0.3	56.5-66.5 AD	61.5 ± 7.1
<i>U. maculatus</i>	5	2.6	0.2-0.8	0.5 ± 0.2	18.7-24.3 AD	21.4 ± 2.5

Abundancia relativa (CPUE): las estimaciones de la CPUE (# individuos en 100m/h x 10²) no se ajustaron a una distribución de tipo normal ($W = 72325$; $g.l. = 111$; $p < 0.001$), por lo que se utilizaron pruebas no paramétricas para su tratamiento. La CPUE presentó diferencias significativas en todas las escalas temporales analizadas, esto es: épocas ($U = 1074$; $p = 0.007$), años ($H_{(2, n=112)} = 27.933$; $p < 0.001$), épocas por años ($H_{(3, n=99)} = 30.755$; $p < 0.001$) y meses ($H_{(11, n=112)} = 21.572$; $p = 0.028$).

La época cálida presentó mayores valores [máximos y mediana (*Me*)] de CPUE que la

época fría ($Me= 54.4$; Fig. 2a). En la escala anual, 2015 registró una mayor CPUE ($Me= 66.8$; Fig. 2b), y fue diferente significativamente tanto del 2013 ($Z= 3.946$; $p<0.001$) como del 2014 ($Z= 4.614$; $p<0.001$); 2013 presentó valores máximos muy bajos (Tabla IV; Fig. 2b).

Tabla IV. Valores de la mediana (Me), media, mínimos (Min) y máximos (Max) de la CPUE (individuos por 100m/h x 10^2) para las distintas temporalidades calculadas.

Temporalidad		Me	Media	Min	Max
Épocas	Cálida	54.4	74.5	5.9	309.2
	Fría	22.5	40.6	2.2	240.0
Años	2013	17.7	20.9	6.4	58.0
	2014	20.3	41.6	2.2	309.2
	2015	66.8	77.7	5.8	281.3
Épocas por años	Fría (2013-2014)	14.5	19.2	2.2	64.2
	Cálida (2014)	41.4	77.8	5.9	309.2
	Fría (2014-2015)	46.1	67.8	5.8	240.0
	Cálida (2015)	69.4	84.8	8.6	281.3
Meses	Enero	20.7	32.5	3.0	64.2
	Febrero	33.5	49.8	11.1	107.4
	Marzo	13.7	26.0	2.3	151.1
	Abril	15.3	21.4	2.2	49.4
	Mayo	42.8	76.5	12.6	240.0
	Junio	41.4	76.2	9.3	278.8
	Julio	54.8	91.4	6.4	281.3
	Agosto	63.6	54.7	5.9	86.4
	Septiembre	67.0	76.9	62.5	101.3
	Octubre	58.0	111.4	8.9	309.2
	Noviembre	31.5	36.4	8.4	90.5
	Diciembre	40.6	47.4	6.4	125.5

La temporada fría 2013-2014 registró las capturas más bajas ($Me= 14.5$; Fig. 2c), difiriendo significativamente con la época fría 2014-2015 ($Z= 3.921$; $p<0.001$) y cálida 2015 ($Z= 5.131$; $p<0.001$), las cuales presentaron valores más altos (Tabla IV).

La CPUE fue altamente variable entre meses. En la mayoría de los meses fríos se registraron las menores capturas ($Me_{mar}= 13.7$; $Me_{abr}= 15.3$; $Me_{ene}= 20.7$; Tabla IV); mientras que, en la mayoría de los meses cálidos, la CPUE fue mayor ($Me_{sep}= 67.0$; $Me_{ago}= 63.6$; $Me_{oct}= 58.0$; Fig. 2d).

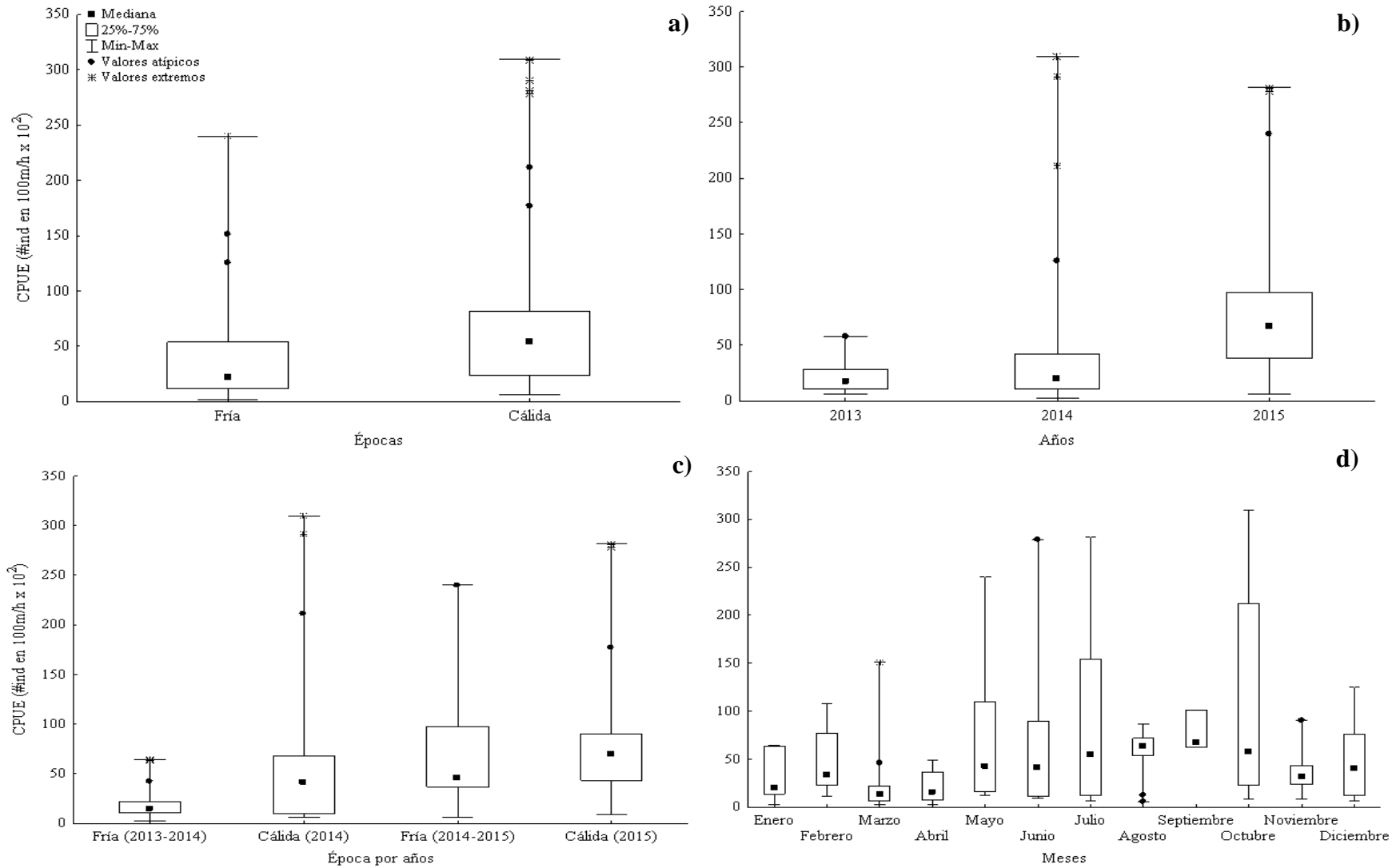


Figura 2. Variación de la CPUE de batoideos en la Isla Espíritu Santo: a) estacional-global, b) interanual, c) estacional-año, d) intermensual.

La CPUE global por especie fue estadísticamente diferente ($H_{(14, n=368)}=97.609$; $p<0.001$), presentando *Mobula munkiana* ($Me=10.9$ ind. en $100m/h \times 10^2$) e *Hypanus dipterurus* ($Me=8.8$) los mayores valores de CPUE, seguidas por *Narcine entemedor* ($Me=6.1$) y *Rhinoptera steindachneri* ($Me=5.3$; Fig. 3).

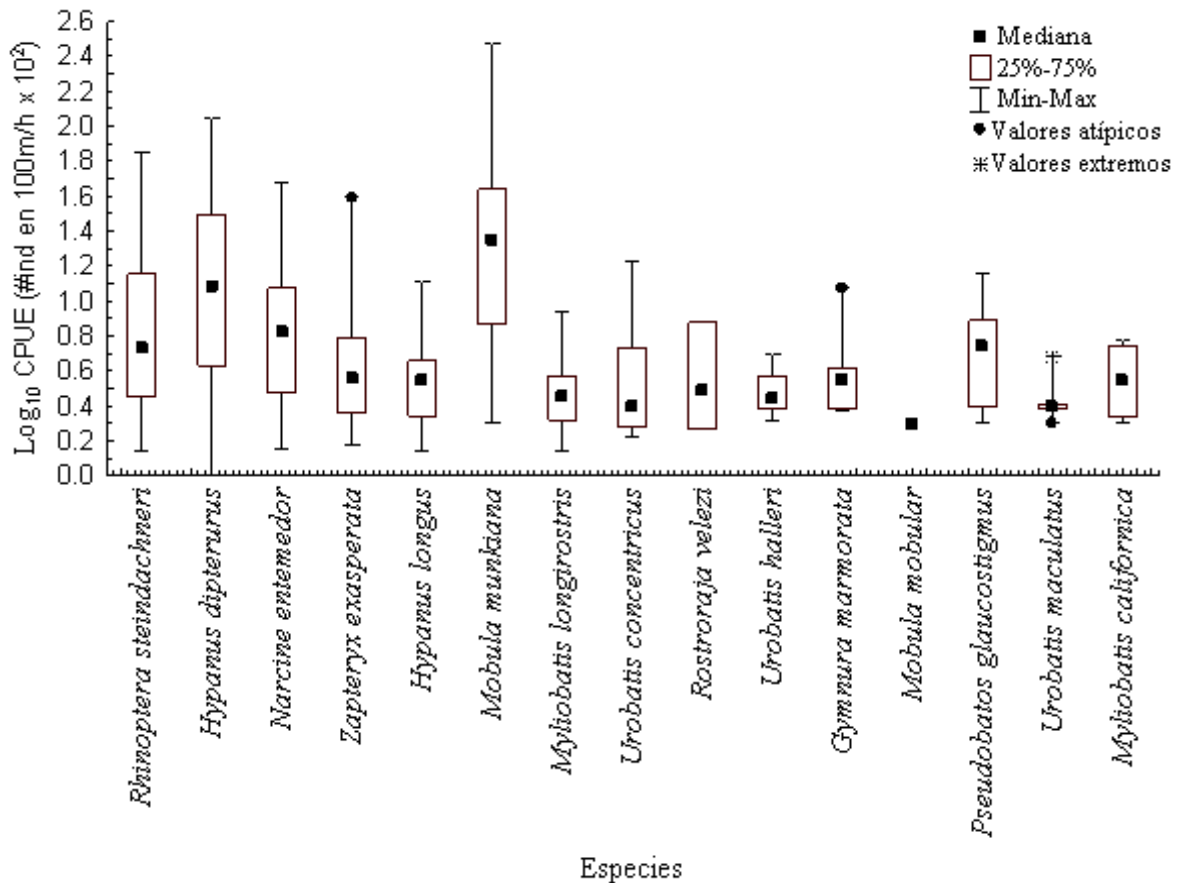


Figura 3. CPUE de las especies capturadas en la zona sur de la Isla Espíritu Santo durante el periodo 2013-2015.

Las dos primeras son las únicas especies que presentaron diferencias estadísticamente significativas con el resto de las especies: *M. munkiana* con *R. steindachneri* ($Z=3.516$; $p<0.05$), *N. entemedor* ($Z=3.8$; $p<0.05$), *Zapteryx exasperata* ($Z=5.087$; $p<0.001$), *H. longus* ($Z=6.119$; $p<0.001$), *Myliobatis longirostris* ($Z=4.674$; $p<0.001$), *U. halleri* ($Z=4.4$; $p<0.01$), *Gymnura marmorata* ($Z=3.577$; $p<0.05$) y *U. maculatus* ($Z=3.823$; $p<0.05$); *H. dipterurus* con *Z. exasperata* ($Z=4.315$; $p<0.01$), *H. longus* ($Z=5.370$; $p<0.001$), *M. longirostris* ($Z=4.061$; $p<0.01$), *U. halleri* ($Z=3.820$; $p<0.05$).

En la época cálida *M. munkiana* fue la especie con la mayor CPUE ($Me=30.5$; Anexo 5), al igual que para el año 2013 ($Me=20.4$), 2015 ($Me=30.5$), cálida 2014 ($Me=28.4$),

cálida 2015 ($Me= 30.4$) y los meses de marzo ($Me= 11.1$), mayo ($Me= 16.2$), junio ($Me= 43.6$), julio ($Me= 42.1$), agosto ($Me= 36.8$), septiembre ($Me= 31.2$), octubre ($Me= 54.6$) y noviembre ($Me= 25.8$). En la época fría, la especie que predominó en CPUE fue *H. dipterurus* ($Me= 18$), al igual que para los meses de febrero ($Me= 21.4$) y abril ($Me= 11.2$).

7.2. Índices ecológicos

Los valores estimados para el índice de valor biológico (IVB), fueron similares entre las diferentes escalas temporales utilizadas para las especies *M. munkiana*, *H. dipterurus* y *N. entemedor*. *Mobula munkiana* fue la especie de mayor importancia, seguida de *H. dipterurus* y *N. entemedor* en la época cálida (Fig. 4a), en el año 2015 (Fig. 4d) y en la época cálida 2015 (Fig. 4h). Caso contrario ocurrió en la época fría, ya que fue *H. dipterurus* la especie de mayor importancia biológica, seguida de *M. munkiana* y *N. entemedor* (Fig. 4b), mismo patrón que se conserva en la fría 2014-2015 (Fig. 4g).

La comparación entre los años de muestreo muestra en el 2014 a *N. entemedor* e *H. dipterurus* como las especies más relevantes, seguidas de *M. munkiana* (Fig. 4c). En la época fría 2013-2014, *N. entemedor* e *H. dipterurus* ocupan el primer y segundo lugar, respectivamente, y en el tercer lugar se posiciona *R. steindachneri* (Fig. 4e). *Mobula munkiana*, *N. entemedor* y *R. steindachneri* ocuparon el primer, segundo y tercer lugar, respectivamente para la época calida 2014 (Fig. 4f).

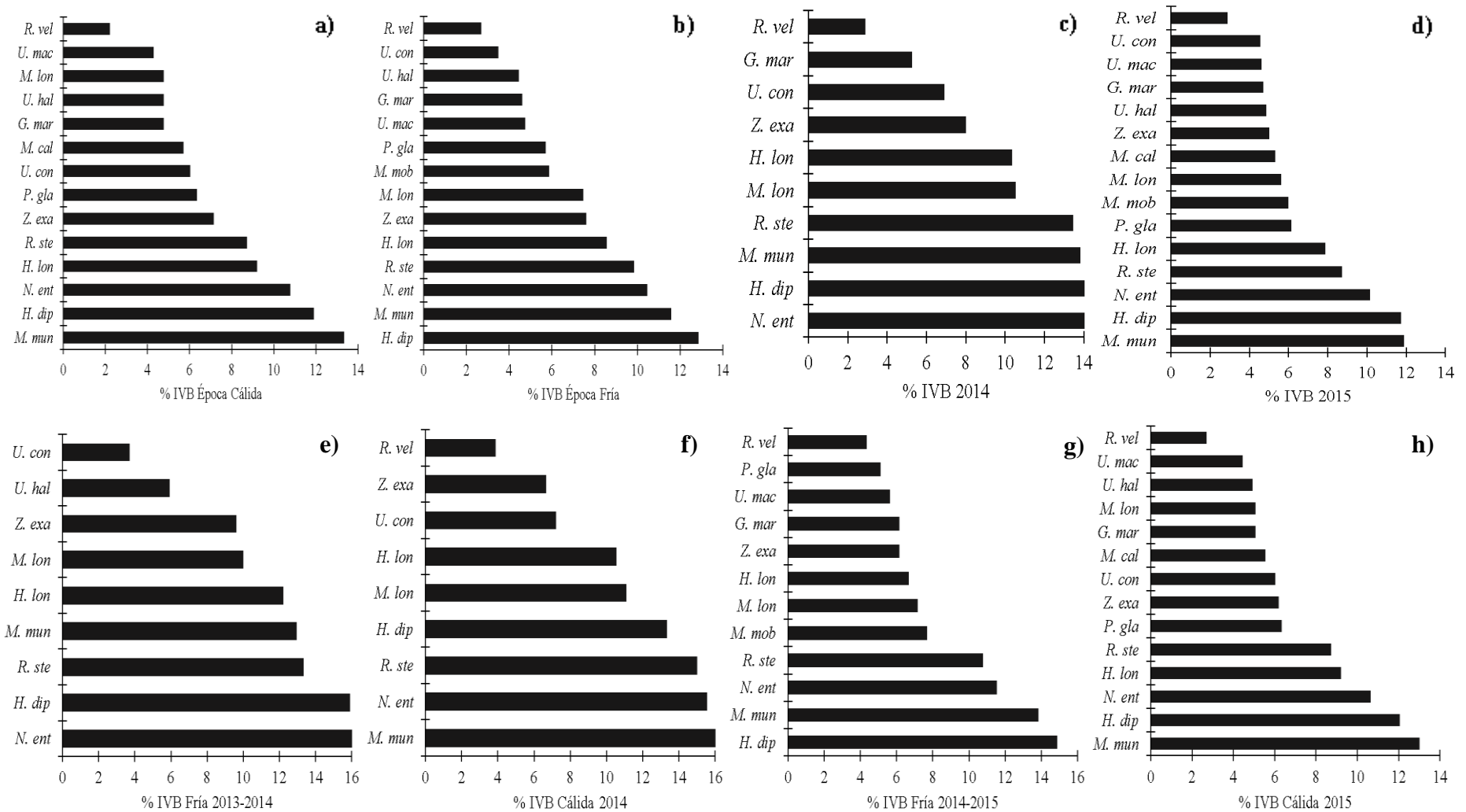


Figura 4. Índice de valor biológico (IVB) por: a) época cálida, b) época fría, c) año 2014, d) año 2015, e) fría 2013-2014, f) cálida 2014, g) fría 2014-2015 y h) cálida 2015 de los batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo.

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y de equidad de Pielou (J') presentaron los valores más altos durante la época fría ($H'= 2.28$; $J'= 0.86$; Fig. 5a). En cuanto a los años, la mayor diversidad se registró durante el 2015 ($H'= 2.17$), al igual que la mayor equidad ($J'= 0.80$) y riqueza ($S= 15$; Fig. 5b; Anexo 6).

Con relación a la variación estacional por año, durante la temporada fría 2013-2014 se presentó la mayor diversidad ($H'= 2.07$) y equidad ($J'= 0.94$), situación similar a la encontrada para la temporada fría 2014-2015 y cálida 2015 (Anexo 6). Caso contrario ocurrió en la época cálida 2014, durante la cual se presentaron los menores valores de diversidad, equidad (Fig. 5c) y riqueza.

Con respecto a la variación intermensual, la mayor diversidad fue obtenida durante septiembre ($H'= 1.97$), junio ($H'= 1.96$) y mayo ($H'= 1.91$) y la menor en octubre ($H'= 0.98$). Durante abril, mayo y diciembre fueron estimados los mayores valores de equidad ($J'= 0.87$) y los menores en octubre ($J'= 0.56$), marzo y julio ($J'= 0.64$); mientras que para junio ($S= 12$) y enero ($S= 5$) se obtuvo la mayor y menor riqueza, respectivamente (Fig. 5d; Anexo 6).

Las pruebas t de Hutcheson para los valores de diversidad, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las épocas, años, épocas por año (cálida 2014 con fría 2013-2014, fría 2014-2015 y cálida 2015) y entre la mayoría de los meses (excepto febrero con julio y noviembre; marzo con enero y julio; abril con mayo, agosto y diciembre; mayo con junio y septiembre; junio con septiembre; julio con noviembre; agosto con diciembre; Anexo 7).

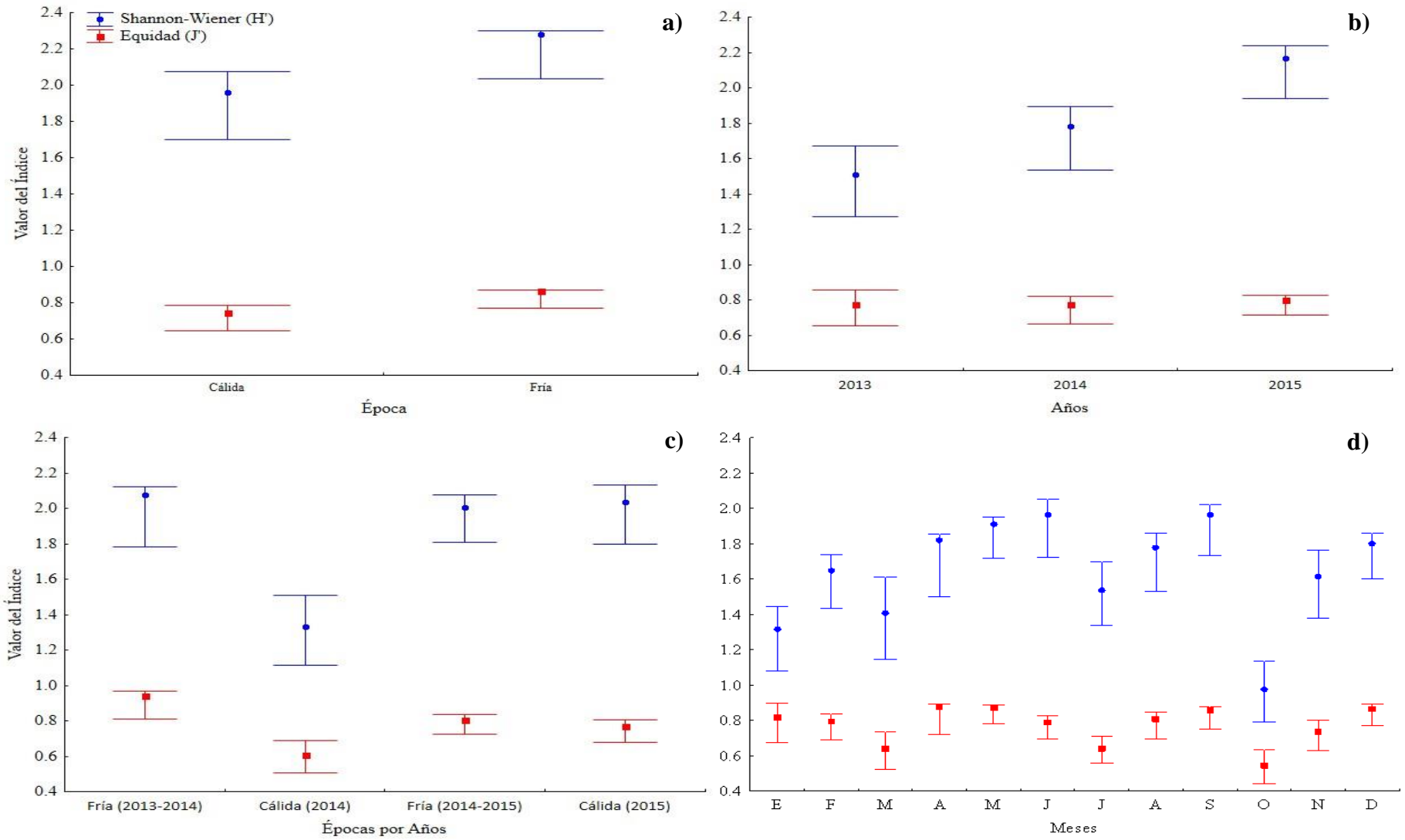


Figura 5. Valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Equidad de Pielou (J') en las distintas escalas temporales: a) épocas, b) años, c) épocas por años y d) meses.

7.3. Índices de diversidad taxonómica

Los valores de diversidad taxonómica entre las épocas cálida ($\Delta= 50.9$) y fría ($\Delta= 59.3$) fueron más elevados para la segunda (Tabla V). En cuanto a los años, el mayor valor se obtuvo en el 2015 ($\Delta= 55.9$) y el menor en 2013 ($\Delta= 46.7$; Tabla V).

Tabla V. Diversidad taxonómica (Δ), distintividad taxonómica promedio (Δ^+) y variación de la distintividad taxonómica (Δ^+) para las localidades Bahía de La Paz e Isla Espiritu Santo, épocas cálida y fría, años 2013, 2014 y 2015, época fría 2013-2014, cálida 2014, fría 2014-2015 y cálida 2015, y meses del año, de los batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espiritu Santo.

Factores	Categorías	Δ	Δ^+	Δ^+
Localidad	Bahía de La Paz	-	70.0	252.4
	Isla Espiritu Santo	-	67.0	228.4
Época	Cálida	50.9	67.7	226.5
	Fría	59.3	67.7	226.5
Año	2013	46.7	68.6	212.2
	2014	49.5	69.8	153.3
	2015	55.9	67.0	228.4
Época por Año	Fría (2013-2014)	60.0	66.1	218.2
	Cálida (2014)	37.4	70.6	166.4
	Fría (2014-2015)	55.2	70.0	172.7
	Cálida (2015)	54.0	67.7	226.5
Meses	Enero	51.3	70.0	340.0
	Febrero	50.8	67.9	181.1
	Marzo	40.3	70.6	166.4
	Abril	52.5	66.4	258.7
	Mayo	57.7	70.0	166.7
	Junio	54.0	69.4	208.7
	Julio	43.8	66.5	262.6
	Agosto	52.7	70.0	166.7
	Septiembre	57.6	66.7	302.2
	Octubre	28.2	64.0	224.0
	Noviembre	46.1	66.1	218.2
	Diciembre	56.3	70.7	185.2

Con respecto a la variación estacional por año, la diferencia en diversidad taxonómica fue mayor entre la época fría 2013-2014 ($\Delta= 60.0$) y la temporada cálida 2014 ($\Delta= 37.4$; Tabla V). Entre los meses, los valores más bajos de diversidad taxonómica se presentaron en octubre ($\Delta= 28.2$), marzo ($\Delta= 40.3$) y julio ($\Delta= 43.8$). Por su parte, mayo ($\Delta= 57.7$), septiembre ($\Delta= 57.6$) y diciembre ($\Delta= 56.3$) presentaron los valores más altos de diversidad taxonómica (Tabla V).

El valor de la distintividad taxonómica promedio (Δ^+) para la Bahía de La Paz ($\Delta^+= 70.0$) fue similar al estimado para la Isla Espiritu Santo ($\Delta^+= 67.0$); mientras que las dos

épocas de estudio (cálida y fría) presentaron el mismo valor ($\Delta^+ = 67.7$; Tabla V).

Entre años, la distintividad taxonómica promedio para el 2014 ($\Delta^+ = 69.8$) fue mayor con respecto al 2015 ($\Delta^+ = 67.0$; Tabla V). La temporada cálida 2014 y fría 2014-2015 registraron los valores más altos y similares entre si ($\Delta^+ = 70.6$ y $\Delta^+ = 70.0$, respectivamente); mientras la temporada fría 2013-2014 presentó el valor más bajo ($\Delta^+ = 66.1$).

El intervalo de valores de distintividad taxonómica promedio mensual varió entre 64.0 (octubre) y 70.7 (diciembre). Los meses de diciembre ($\Delta^+ = 70.7$), marzo ($\Delta^+ = 70.6$), enero ($\Delta^+ = 70.0$), mayo ($\Delta^+ = 70.0$) y agosto ($\Delta^+ = 70.0$) registraron los valores más altos de este atributo (Tabla V).

La variación de la distintividad taxonómica (Λ^+) fue menor en la Isla Espíritu Santo ($\Lambda^+ = 228.4$) que en la Bahía de La Paz ($\Lambda^+ = 252.4$). Entre épocas, la variación de la distintividad taxonómica fue igual ($\Lambda^+ = 226.5$), pero entre años, fue menor en el 2014 ($\Lambda^+ = 153.3$) y mayor en el 2015 ($\Lambda^+ = 228.4$). La variación de la distintividad taxonómica estacional por año fue mayor durante la época cálida 2015 ($\Lambda^+ = 226.5$) mientras que la época cálida 2014 presentó el valor más bajo ($\Lambda^+ = 166.4$).

Entre los meses, la variación de la distintividad taxonómica fue más notoria, donde marzo ($\Lambda^+ = 166.4$), mayo ($\Lambda^+ = 166.7$), agosto ($\Lambda^+ = 166.7$) y diciembre ($\Lambda^+ = 185.2$) presentaron los valores más bajos, mientras enero ($\Lambda^+ = 340.0$) y septiembre ($\Lambda^+ = 302.2$) presentaron los valores más altos (Tabla V).

Los embudos de variabilidad para la distintividad taxonómica promedio (Δ^+) y de la variación de la distintividad taxonómica (Λ^+), no mostraron diferencias estadísticamente significativas en términos espaciales (Fig. 6a y 7b) ni temporales (Fig. 6b, 6c, 6d, 6e, 7b, 7c, 7d, 7e), ya que todos los valores se ubicaron dentro de los intervalos de confianza. Sin embargo, Bahía de La Paz mostró un valor que es similar a la media de la distribución de probabilidad para un total de 28 especies reportadas; mientras que la Isla Espíritu Santo registró un valor muy por debajo de la media de la distribución esperada, con un total de 15 especies (Fig. 6a).

La época fría y cálida presentaron valores por debajo a la media esperada para 14 especies (Fig. 6b). Con respecto a los años, el 2014 estuvo por encima de la media de la distribución de probabilidad y el 2015, con 15 especies, estuvo por debajo a la media esperada. La temporada cálida 2014 (con nueve especies) y fría 2014-2015 (con 12 especies), estuvieron por encima de la media esperada, mientras la temporada fría 2013-2014 (9 especies) y cálida 2015 (14 especies) estuvieron por debajo de la media de la distribución esperada (Fig. 6d).

Enero (5 spp.), diciembre (8 spp.), marzo (8 spp.) mayo (10 spp.) y junio (12 spp.) estuvieron por encima de la media de distribución de probabilidad. El resto de los meses estuvieron por debajo de la media de distribución de probabilidad.

Entre las localidades, los valores de la variación de la distintividad taxonómica (Λ^+) fueron similares, sin embargo, la Isla Espíritu Santo se ubicó por debajo de la media de probabilidad calculada y Bahía de La Paz sobre la media (Fig. 7a). En el caso de de las épocas de estudio los valores fueron iguales y estos se ubicaron por debajo de la media de probabilidad calculada (Fig. 7b). Durante el año 2014 se presentó la menor variación con respecto a la media, ya que en 2013 y 2015 la variación fue similar a la media de probabilidad calculada (Fig. 7c). La temporada cálida 2014 y cálida 2015, presentaron una variación similar a la media de la distribución de probabilidad; a diferencia de la fría 2013-2014 y fría 2014-2015, que presentaron una variación menor (Fig. 7d).

Con respecto a los meses, cuatro de ellos se observaron por encima de la media esperada: enero, abril, julio y septiembre, representando enero la mayor variación para 5 especies. Febrero, marzo, diciembre, agosto, mayo, noviembre y junio presentaron una variabilidad por debajo de la media de probabilidad calculada. Solo octubre, se ubicó sobre la media esperada (Fig. 7e).

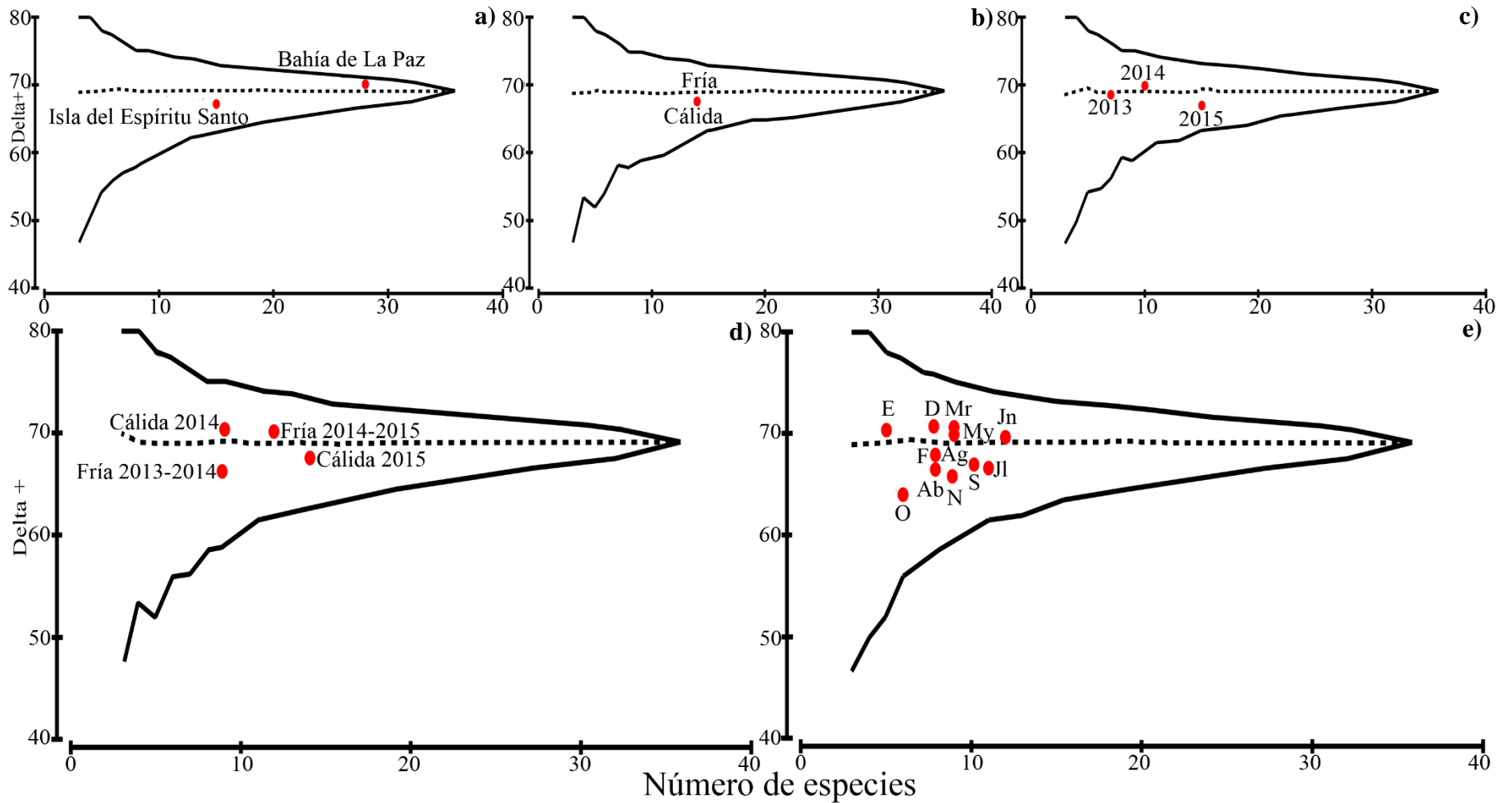


Figura 6. Túnel de variación de la distintividad taxonómica promedio (Δ^+) entre: a) localidades del Golfo de California; b) épocas, c) años, d) época por años y e) meses de las capturas de batoideos en la Isla Espíritu Santo.

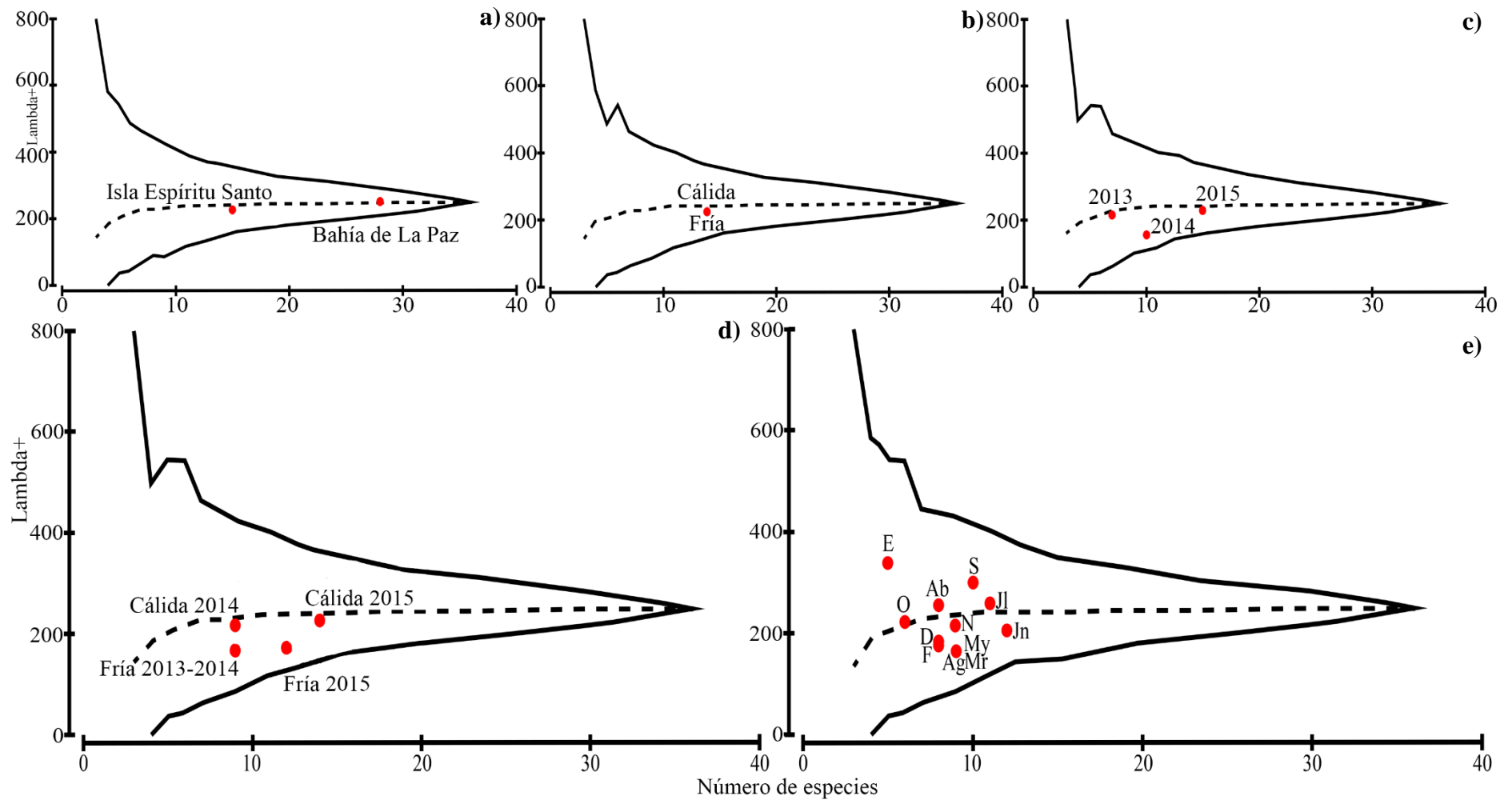


Figura 7. Túnel de variación de la varianza en la distinción taxonómica (Λ^+) entre: a) localidades del Golfo de California; b) épocas, c) años, d) época por años y e) meses de las capturas de batoideos en la Isla Espiritu Santo.

7.4. Grupos funcionales

Un total de 12 atributos funcionales, junto con sus categorías, fueron los que se utilizaron para integrar los grupos funcionales de los batoideos. La mayoría de las especies presentan hábitos bentónicos (53.3%; Fig. 8a), en profundidades entre los 15 y 45 m (20.6%; Fig. 8b) nadando de manera ondulatoria y oscilatoria (40%; Fig. 8g) y un nivel trófico entre lo 3.5 y 4 (60%; Fig. 8c) alimentándose principalmente de invertebrados (53.3%; Fig. 8l). Con relación a la parte morfológica, el 40% posee una forma general del cuerpo de tipo diamante (Fig. 8e) con aletas pectorales triangulares (73.3%; Fig. 8f), con una posición de la boca de tipo ventral (68.4%; Fig. 8h) y 40% de las sin aleta dorsal (Fig. 8i) y sin aleta caudal (53.3%; Fig. 8j).

La mayoría de los batoideos tenían una talla máxima de captura grande (46.6%; Fig. 8k) y un peso máximo de captura que oscilaba entre 1 y 5kg (40%; Fig. 8d), con una reproducción de tipo vivíparo aplacentario matotrófico (73.3%; Fig. 8m).

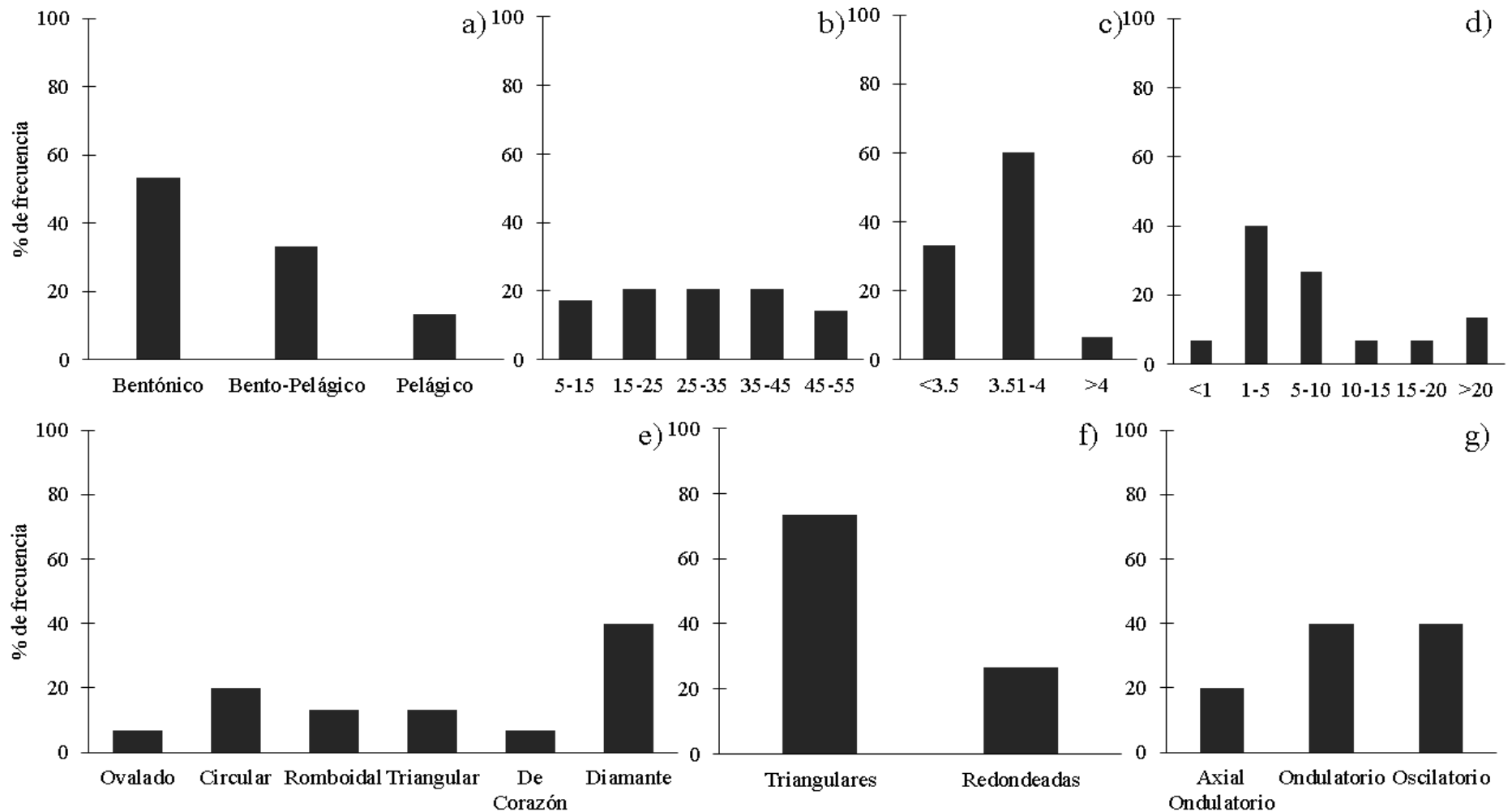


Figura 8. Histogramas de los porcentajes de frecuencia de los atributos funcionales con sus categorías que se utilizaron para la clasificación de grupos funcionales: a) distribución en la columna de agua, b) profundidad, c) nivel trófico, d) peso máximo capturado, e) forma general del cuerpo, f) forma de las aletas pectorales, g) tipo de nado.

Continuación de la Figura 8.

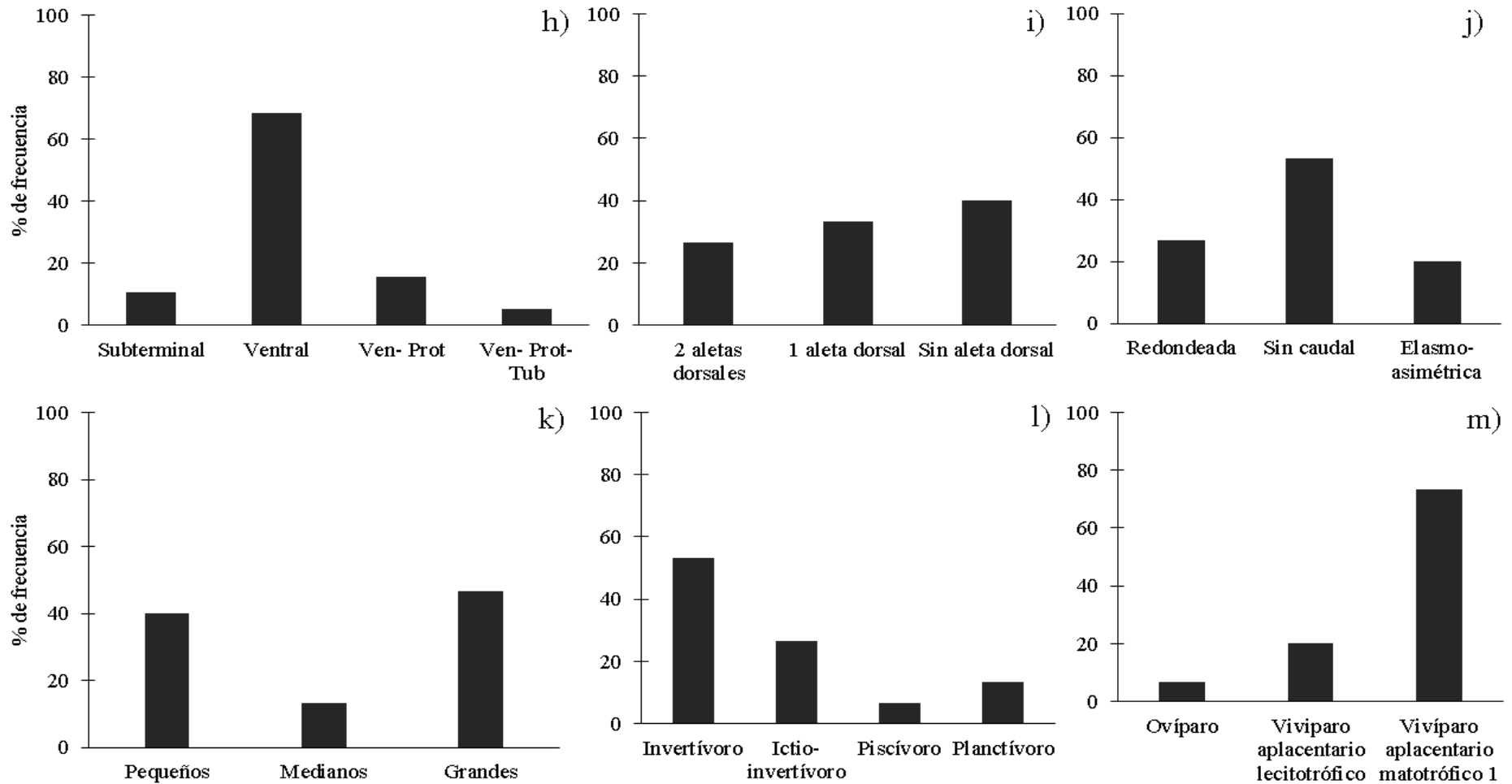


Figura 8. Histogramas de los porcentajes de frecuencia de los atributos funcionales con sus categorías que se utilizaron para la clasificación de grupos funcionales: h) posición de la boca, i) número de aleta dorsal, j) forma de aleta caudal, k) talla máxima capturada, l) gremio trófico y m) reproducción.

La conformación de los grupos funcionales mediante características biológicas y morfológicas de las especies, permitió detectar ocho grupos: las especies *H. dipterurus* e *H. longus* conformaron el grupo *F* con una similitud de 100% (Fig. 9) y presentan una forma corporal de tipo romboidal y un peso máximo de captura mayor a 20 kg (característica exclusiva para estas especies; Anexo 4), aletas pectorales triangulares con un nado de tipo ondulatorio que les permite mantenerse, principalmente, en la zona bentónica, donde se alimentan de invertebrados (Tabla VI).

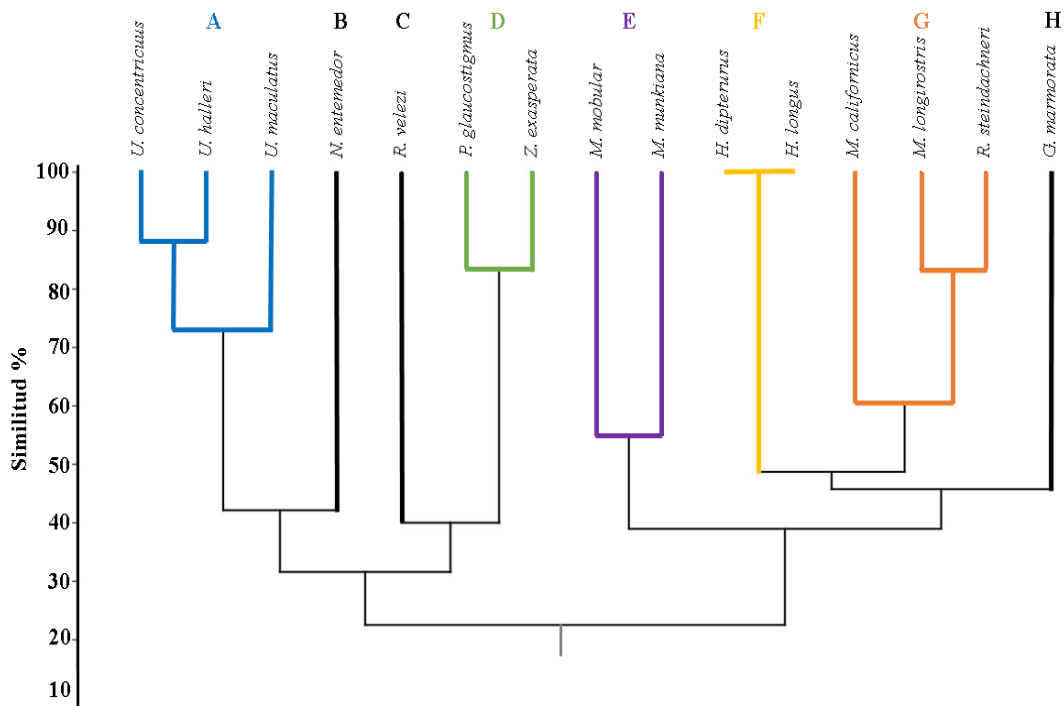


Figura 9. Dendrograma de las especies de batoideos muestreadas, indicando los valores de similitud de los grupos funcionales generados.

Con un 84% de similitud, aproximadamente (Fig. 9) se conformó el grupo *D*, con las especies *P. glaucostigmus* y *Z. exasperata*, las cuales se consideran batoideos de tallas pequeñas que habitan en la zona bentónica donde se alimentan de invertebrados (*P. glaucostigmus*) y peces (*Z. exasperata*) con una forma corporal de tipo triangular (rasgo que solo comparten estas especies en el presente estudio; Anexo 4) con un nado axial ondulatorio y dos aletas dorsales. Además, poseen un tipo de reproducción vivíparo donde los embriones obtienen sus nutrientes exclusivamente de un saco vitelino (Tabla VI).

El grupo funcional *A* lo constituyen las especies del género *Urobotis*, que se agruparon con una similitud mayor al 70% (Fig. 9), las cuales se caracterizaron por poseer una forma del cuerpo circular y alcanzan tallas máximas pequeñas, que viven en la zona

bentónica a profundidades someras (Tabla VI). Sin embargo, *U. concentricus* y *U. halleri* se alimentan principalmente de invertebrados y peces, mientras *U. maculatus* consume principalmente invertebrados (Anexo 4).

Tabla VI. Grupos funcionales de acuerdo con las características morfo-funcionales utilizadas para la clasificación de los batoideos capturados en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, durante el periodo 2013-2015.

Grupo funcional	Especies del grupo funcional	Características en común
A	<i>Urobatis concentricus</i> , <i>U. maculatus</i> y <i>U. halleri</i> .	Bentónico, cuerpo circular, pectorales redondeadas, ondulatorio, caudal redondeada, sin aleta dorsal, boca ventral, tallas pequeñas, vivíparo aplacentario matotrófico.
B	<i>Narcine entemedor</i>	Bentónico, profundidades entre los 5 y 65m, cuerpo ovalado, aletas pectorales redondeadas, nado axial ondulatorio, caudal redondeada, dos aletas dorsales, boca ventral protractil y tubular, talla pequeña, nivel trófico <3.5, vivíparo aplacentario lecitotrófico.
C	<i>Rostroraja velezi</i>	Bentónico, profundidades entre 25 y 55m, cuerpo de corazón, aletas pectorales triangulares, nado ondulatorio, caudal elasmosimétrica, dos aletas dorsales, boca ventral, talla mediana, nivel trófico entre 3.5 y 4, ovíparo.
D	<i>Pseudobatos glaucostigmus</i> y <i>Zapteryx exasperata</i> .	Bentónico, cuerpo triangular, pectorales triangulares, axial ondulatorio, caudal elasmosimétrica, dos aletas dorsales, ventral, tallas medianas, vivíparo aplacentario lecitotrófico.
E	<i>Mobula mobular</i> y <i>M. munkiana</i> .	Pelágico, cuerpo de diamante, pectorales triangulares, oscilatorio, sin caudal, una aleta dorsal, subterminal, planctívoro, vivíparo aplacentario matotrófico.
F	<i>Hypanus dipterurus</i> e <i>H. longus</i> .	Bento-pelágico, profundidades entre 5 y 65m, cuerpo romboidal, pectorales triangulares, ondulatorio, sin caudal, sin aleta dorsal, boca ventral protractil, invertívoros, vivíparo aplacentario matotrófico.
G	<i>Myliobatis californicus</i> , <i>M. longirostris</i> y <i>Rhinoptera steindachneri</i> .	Bento-pelágico, cuerpo de diamante, pectorales triangulares, oscilatorio, sin caudal, una aleta dorsal, boca ventral, invertívoros, vivíparo aplacentario matotrófico 1.
H	<i>Gymnura marmorata</i>	Bentónico, profundidades entre los 5 y 45m, cuerpo de diamante, aletas pectorales triangulares, nado oscilatorio, sin caudal y aleta dorsal, boca ventral, talla grande, nivel trófico entre 3.5 y 4, vivíparo aplacentario matotrófico.

Con un 60% de similitud, aproximadamente (Fig. 9), está el grupo G: *M. longirostris*,

R. steindachneri y *M. californicus*. Estas especies presentaron principalmente una forma corporal de tipo diamante, habitan profundidades entre los 5 y 55 metros en la columna del agua, pero ocasionalmente hacen inmersiones al fondo marino. *Myliobatis longirostris* y *R. steindachneri* alcanzan tallas grandes, mientras que *M. californicus*, alcanza tallas medianas (Tabla VI; Anexo 4).

Las especies del género *Mobula* (*M. mobular* y *M. munkiana*), conforman el grupo funcional *E* con un 55% de similitud (Fig. 9). Estos organismos permanecen preferentemente en la columna de agua y poseen una boca de tipo subterminal y son organismos principalmente filtradores (únicas características de estas dos especies; Tabla VI; Anexo 4). *Mobula munkiana* se considera un batoideo que alcanza pesos entre 15 a 20 kg, en comparación con *M. mobular* que alcanzó un peso entre los 5 a 10 kg, aunque es importante destacar que solo fue capturado un ejemplar de esta última especie.

También se registraron especies que no lograron agruparse dentro de estos grupos funcionales, ya que representaron un valor de similitud por debajo del 50% (Fig. 9), conformando de esta manera cada una de ellas un grupo funcional singular: *N. entemedor* (*B*), *R. velezi* (*C*) y *G. marmorata* (*H*).

8. DISCUSIÓN

8.1. Descripción de la comunidad

Riqueza específica

En los últimos años la división Batomorphi (*sensu* Nelson *et al.*, 2016) ha presentado modificaciones y arreglos con respecto a los taxones que los integran, y aunque se ha establecido claramente que se trata de un grupo monofilético, su clasificación aún no ha sido concluida debido a las interrelaciones evolutivas que existe dentro de este amplio grupo (Aschliman *et al.*, 2012). Al revisar la sistemática y taxonomía de este grupo de organismos, se puede notar que, en las últimas décadas han sido presentado diversas propuestas; así, Compagno (1999) siguiendo lo planteado por Nishida (1990), propuso seis órdenes, separando a los Rhinidae de los Rhinobatiformes, resultando el siguiente esquema: Pristiformes, Rhiniformes, Rhinobatiformes, Torpediniformes, Rajiformes y Myliobatiformes.

Posteriormente, McEachran & Aschliman (2004), Nelson (2006) y Nelson *et al.* (2016) promueven una clasificación en donde se restringen a cuatro órdenes: Torpediniformes, Pristiformes, Rajiformes y Myliobatiformes. Anteriormente, Aschliman *et al.* (2012) propusieron una clasificación provisional en donde muchos grupos están emparentados y los integran en el orden de los Rajiformes, que junto con los Torpediniformes y Myliobatiformes, conformarían a los batoideos. Weigmann (2016) retomó la propuesta de Compagno (1999) en su lista actualizada de los condriictios del mundo.

Finalmente, en la actualidad la clasificación de cuatro órdenes que propusieron Last *et al.* (2016), y que fue validada por Eschmeyer *et al.* (2017) y Weigmann (2017), se reconocen a los Torpediniformes, Rajiformes, Rhinopristiformes y Myliobatiformes, clasificación que es adoptada en el presente estudio para realizar el arreglo sistemático de los batoideos capturados en la Isla Espíritu Santo (Tabla I). Entre las principales modificaciones de la actual propuesta están el nuevo orden Rhinopristiformes el cual incluye a la familia Trygonorrhinidae y el reacomodo de *Pseudobatos glaucostigmus* (antiguamente *Rhinobatos glaucostigma*). También están los cambios en *Rostroraja velezi* (*Raja velezi*), el restablecimiento del género *Hypanus* (*Dasyatis*) y *Mobula mobular* (antes *Mobula japonica*).

A nivel mundial se han descrito a la fecha un total de 646 batomorfos (Weigmann, 2017), de los cuales, 95 (14.7%) fueron reportados por Del Moral-Flores *et al.* (2016) para la Zona Económica Exclusiva de México y 55 para el Pacífico mexicano y Golfo de

California, y que corresponde al 8.5% de los batoideos descritos en el mundo. Para el Golfo de California han sido reportadas 36 especies y para Bahía de La Paz 28 (Abitia *et al.*, 1994; Balart *et al.*, 1995; Castro-Aguirre & Balart, 1997; Del Moral-Flores *et al.*, 2013; Lara-Mendoza *et al.*, 2016; Last *et al.*, 2016). El presente trabajo presenta el registro más alto de batoideos para la Isla Espíritu Santo, con un 41.6% del total de especies reportadas para el Golfo de California.

Del Moral-Flores *et al.* (2013) en su revisión de diversas colecciones científicas y de literatura especializada para las islas del Golfo de California, consideraron ocho especies de batomorfos para la Isla Espíritu Santo: *Diplobatis ommata*, *Narcine entemedor*, *Zapteryx exasperata*, *Urobatis concentricus*, *U. halleri*, *Dasyatis dipterura* (*Hypanus dipterurus*), *Aetobatus narinari* (*Aetobatus laticeps*) y *Mobula munkiana*, coincidiendo solamente en seis especies de las reportadas en este trabajo, lo cual, permite aportar al menos nueve especies como nuevos registros de batoideos para la Isla Espíritu Santo; y al considerar ambas investigaciones, resultando a la fecha en una riqueza de 17 especies.

Del Moral-Flores *et al.* (2013), reportaron que la Isla Espíritu Santo es una de las zonas con mayor riqueza específica en cuanto a teleósteos (307 especies), seguida de la Isla Cerralvo (287 especies). Sin embargo, en el caso de los batoideos, dicho patrón no se cumple, ya que Isla Cerralvo, es la zona que presenta el mayor número de registros de batoideos (13 especies), seguida de Isla Tiburón (Sonora; 10 especies), Isla San Jorge (Sonora; 9 especies) e Isla Espíritu Santo (BCS; 8 especies; Del Moral-Flores *et al.*, 2013). Este relativo elevado número de especies de batoideos reportadas en las islas adyacentes a la península de Baja California (Isla Cerralvo e Isla Espíritu Santo), puede estar relacionada con la presencia de “bajos” o montañas submarinas en las inmediaciones y de arrecifes rocosos en las Islas. Lo anterior debido a que se ha documentado que estos hábitats presentan condiciones ambientales que favorece una alta diversidad y abundancia de plancton y otros recursos tróficos potenciales para la comunidad de batoideos (Del Moral-Flores, 2010).

Los resultados sobre la composición de especies de batoideos obtenidos en el presente trabajo concuerdan con lo reportado por Del Moral-Flores (2010), quien señaló que el orden de los Myliobatiformes es el que presenta mayor número de especies de batomorfos para las islas del Golfo de California, con 19 especies, 27.9% del total de condriictios reportados. A nivel mundial, el orden de los Rajiformes concentra la mayor riqueza de especies de batoideos (Del Moral-Flores *et al.*, 2016; Nelson *et al.*, 2016; Weigmann, 2016; Weigmann, 2017); sin embargo, en el presente estudio estuvieron escasamente representadas, con excepción de *R. velezi*. Una posible explicación a dicha diferencia puede

estar en que los Rajidae se distribuyen principalmente en zonas profundas (Robertson & Allen, 2015), lo cual contrasta fuertemente con la batimetría del área de estudio (profundidad máxima <65 m).

Peso y abundancia relativa (CPUE)

Los valores de pesos obtenidos de los batoideos posiblemente se deba a que fueron pesados un número mayor de ejemplares de la raya látigo diamante (*H. dipterurus*) que de la raya cubana; sin embargo, al comparar el peso promedio individual de las especies *H. longus* y *R. steindachneri*, los pesos promedios fueron relativamente mayores a los de *H. dipterurus* y *M. munkiana*, a partir de lo cual se puede inferir, que los ejemplares de *H. longus* y *R. steindachneri*, tienen mayor masa muscular en promedio, que el resto de los individuos de las otras especies capturadas.

Valadez-González (2007) en un estudio realizado sobre las rayas bentónicas de las costas de Jalisco, reportó de manera general, individuos de tallas más pequeñas y con menor biomasa que lo observado en la presente investigación para las siguientes especies: *G. marmorata*, *Dasyatis longus* (*H. longus*), *N. entemedor*, *R. glaucostigma* (*P. glaucostigmus*), *U. concentricus*, *U. halleri* y *Z. exasperata*. Estas diferencias posiblemente se deban al arte de pesca utilizado, ya que las muestras de la zona de Jalisco provienen de arrastres camaroneros, los cuales están equipados con redes con mallas de menor abertura (1.5 pulgadas) que las utilizadas en el presente estudio (8-10 pulgadas). La pesca proveniente de este tipo de pesquerías se caracteriza por la captura de ejemplares de menor tamaño, que en su mayoría son desechados por no representar una importancia comercial. Este es un claro ejemplo de la importancia que tiene el arte de pesca utilizado en la selectividad de los especímenes capturados, ya que, al tener una abertura de malla mucho más grande (10''), los individuos de tallas pequeñas y poco peso no son capturados.

Las mayores abundancias encontradas durante la época cálida (Tabla IV), difiere de lo reportado previamente por Bizzarro *et al.* (2009a) para la costa este de BCS. Ellos documentaron que las mayores capturas de batoideos se presentaron durante la primavera (marzo-mayo= 119 ind) e invierno (enero-febrero= 95 ind), estaciones que correspondieron a la época fría del presente trabajo.

Estas diferencias posiblemente sean atribuibles a que en su estudio los autores dependieron de la pesca artesanal y en varios de los campamentos visitados, las capturas fueron diversas y de oportunidad, ya que son pocos los permisionarios que se enfocan exclusivamente a la captura de elasmobranquios. Además, el mayor esfuerzo de pesca es dirigido hacia los tiburones de tallas grandes durante el verano y otoño, limitando la captura

de batoideos y otras especies de menor tamaño en estas épocas. Adicionalmente, es importante tomar en consideración que el esfuerzo para documentar las actividades en muchos campos pesqueros fue insuficiente y poco constante, a diferencia del empleado en el presente estudio.

En otras localidades del Golfo de California, específicamente para las costas de Sonora, Bizzarro *et al.* (2009b) reportaron que la mayor captura de batoideos se presentó durante el verano: junio-agosto (60.7 ind/barco/viaje), lo cual coincide con lo reportado en el presente estudio, para los meses cálidos (Tabla IV). No obstante, la segunda mayor captura se presentó en primavera: marzo-mayo (53.3 ind/barco/viaje) y en este estudio durante los meses de marzo y abril se obtuvieron las menores capturas (13.7 y 15.3 individuos por 100m/h x 10², respectivamente).

Estas variaciones temporales en la CPUE, posiblemente estén asociadas a los cambios en la temperatura superficial del Golfo de California, con variación diferencial entre periodos (Bizzarro *et al.*, 2009a; 2009b; Barjau *et al.*, 2012). En la Bahía de La Paz, la temperatura superficial del mar varía entre los meses del año, con diferencias de hasta 10 °C entre los meses de menor y mayor temperatura (Guevara-Guillén *et al.*, 2015; Fig. 10), las cuales son debidas a la mezcla inducida por la turbulencia derivada de la interacción de las corrientes de marea con el fondo, lo cual en una escala interanual, genera que la temperatura promedio presente un patrón estacional determinado por el ciclo estacional de la radiación solar sobre la Bahía (Reyes-Salinas *et al.*, 2003). Particularmente en el año 2014 las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz estuvieron afectadas por varios eventos, entre otros, El Niño y el huracán Odile, los cuales afectaron de forma general la zona costera de BCS, fenómenos que pudieron tener un efecto sobre las comunidades acuáticas que allí habitan y verse reflejado en las bajas capturas obtenidas durante ese año, en comparación con el 2015 (Tabla IV).

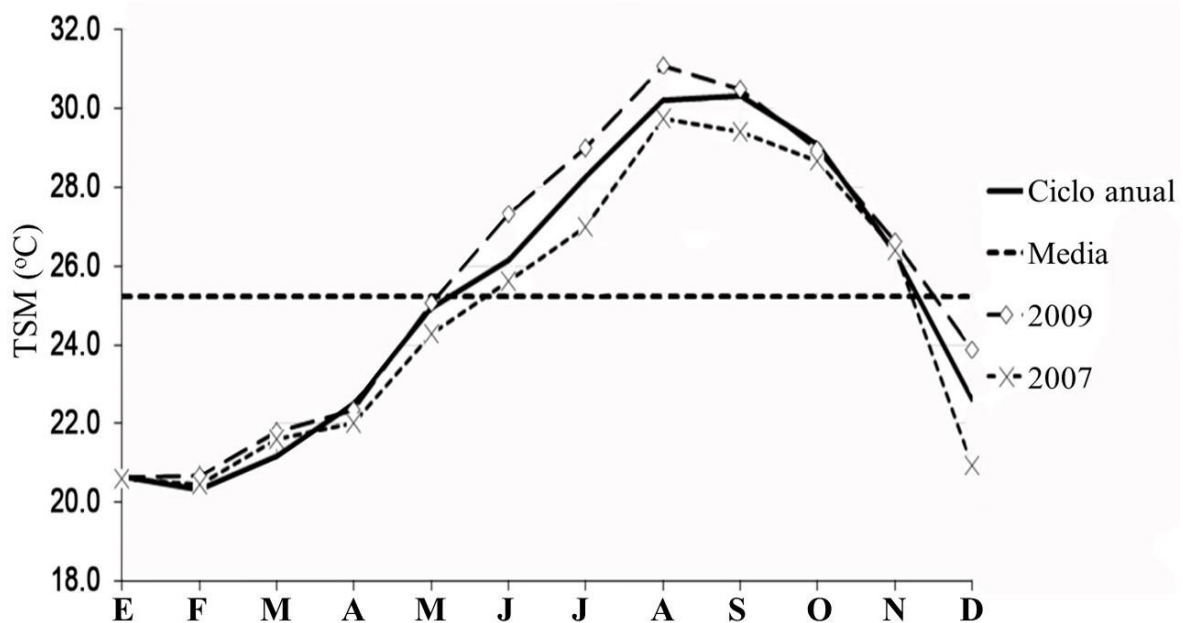


Figura 10. Ciclo anual de la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM) en la Bahía de La Paz (línea sólida) y la variabilidad mensual en el 2007 (el año más frío) y el 2009 (el año más caliente), calculado para los años 2000 hasta 2010. (Figura tomada y modificada de Guevara-Guillen *et al.*, 2015).

Así mismo, las diferencias temporales en la CPUE pueden ser atribuidas a la dominancia de las principales especies capturadas en aguas locales. Por ejemplo, *M. munkiana* se presentó en mayor número durante los meses cálidos (74.2%; Anexo 5) aunque, estuvo presente durante todo el año, pero en menor cantidad. Variaciones en la abundancia de esta especie han sido relacionadas con procesos migratorios, alimenticios o reproductivos (Serrano-López, 2009). Lo mismo se presenta para otras especies de batoideos en el Pacífico mexicano, entre ellas *P. productos* (Villavicencio-Garayzar, 1993a), *N. entemedor* (Villavicencio-Garayzar, 1993b) y *R. steindachneri* (Bizzarro *et al.*, 2007).

Por otro lado, las altas capturas de *M. munkiana* (24.7%) e *H. dipterurus* (20.3%), concuerdan con lo reportado por Bizzarro *et al.* (2009a) para otras zonas del Golfo de California (*M. munkiana*= 30.8% e *H. dipterurus*= 12.1%). Estos autores observaron que en varios campos pesqueros existía una pesca dirigida hacia algunas especies de mobúlidos (especialmente *M. munkiana*) en primavera e invierno, lo que podría estar afectando el número de capturas de los mismos. Por otra parte, en las costas de Sonora (Bizzarro *et al.*, 2009b), las mayores CPUE correspondieron a *P. productos* (46.3%), seguido de *H. dipterurus* (15.7%), *Gymnura* spp. (12.9%) y *R. steindachneri* (11%), difiriendo de lo encontrado en este estudio. Estas diferencias entre las capturas de las costas de Sonora y BCS, podrían estar influenciadas por las características del hábitat. Considerando que la

plataforma continental del lado oriental del Golfo de California es de mayor amplitud con respecto a la que se encuentra en las costas occidentales del Golfo, es posible que esta condición favorezca una mayor concentración de batoideos de hábitos bentónicos y someros, como el caso de *P. productus*, en comparación con *M. munkiana* que tiende a ser de hábitos más pelágicos.

Para la raya cubana *M. munkiana*, se acepta que es la única especie de mobúlido en el Golfo de California que nada constantemente en agregaciones (Notarbartolo-di-Sciara, 1988). Este comportamiento fue observado también en el presente estudio, donde en una oportunidad fueron desmalladas más de 200 individuos de esta especie en una sola localidad de muestreo, lo cual denota de alguna manera la conducta gregaria de la especie. Sumado a lo anterior, la morfología de aletas cefálicas podría influir en que esta especie sea más susceptible a caer en las redes y quedar atrapadas, a diferencia de otras especies de batoideos (con morfologías corporales diferentes), lo cual podría traer como consecuencia una alta captura incidental de ejemplares de la especie.

8.2. Índices ecológicos

Sobre la base de los registros de la frecuencia de captura y abundancia, atributos que de alguna forma están contenidos en el índice del valor biológico (IVB) se puede mencionar que hay un conjunto de especies que dominan en mayor o menor medida en las diferentes escalas temporales de análisis. Sin embargo, de manera recurrente son las mismas entidades taxonómicas: *H. dipterurus*, *M. munkiana*, *N. entemedor* y *R. steindachneri* las que predominan. Al parecer, las condiciones de hábitat y de alimento, se mantienen favorables de manera constante para este conjunto de especies, lo cual pudiera explicar su relativa constancia dentro de la comunidad de batoideos estudiada.

Hypanus dipterurus ha sido descrita como una especie que posee una estrategia alimentaria de especialización poblacional sobre bivalvos y estomatópodos, presas que forman una fracción importante de la epifauna en las zonas de muestreo del presente estudio (Restrepo-Gómez, 2016). Otros estudios sobre hábitos alimentarios en otras especies de batoideos para el área de Isla Espíritu han reportado diferencias en el consumo de las presas preferentes. Así, Cabrera-Meléndez (2018) encontró que *N. entemedor*, se alimenta principalmente de sipuncúlidos y poliquetos, con una estrategia alimentaria hacia la especialización. Asimismo, Ehemann (2018) al estudiar las preferencias de *R. steindachneri*, aunque registró un alto índice de vacuidad (95%), señaló que su espectro alimentario fue poco diverso, constituyéndose de misidáceos y opistobranquios; sin embargo, recomienda

tomar con cautelas sus resultados debido al reducido número de estómagos con alimento. Por otro lado, Navarro-González *et al.* (2012) describieron que el espectro alimentario de *R. steindachneri* en las costas de Nayarit y Sinaloa, se conformó principalmente por ofiuros, seguido de moluscos y algunos teleósteos.

González-Medina *et al.* (2006) reportaron que la heterogeneidad del sustrato, la exposición y la pendiente, pudieran ser algunos de los factores más importantes que determinan el gradiente espacial en las comunidades macrobentónicas del sublitoral somero de la Isla Espíritu Santo, dominando el sustrato rocoso en el litoral oriental expuesto, mientras que el litoral occidental semiprotegido se presenta un sustrato más heterogéneo (roca, arena y material calcáreo) en un ambiente menos inclinado y más somero. Lo que tienen en común las tres especies de batomorfos citadas con anterioridad además de sus altos valores de dominancia, es que se alimentan principalmente de especies presas de la comunidad macrobentónica, explotando cada una de ellas, un nicho en particular. La excepción a lo anterior, está representado por *M. munkiana*, especie que se desplaza en toda la columna de agua alimentándose de plancton, lo que indicaría que estas cuatro especies, no estarían compitiendo por los recursos y les permitiría estar permanentemente en esta localidad.

Durante la época fría se obtuvo una mayor diversidad ($H' = 2.28$), porque, aunque se presentó una menor abundancia de individuos (44.3%), la riqueza específica fue mayor, además las relativas menores abundancias estuvieron mejor distribuidas dentro de las especies capturadas (mayor equidad). Lo anterior contrastó fuertemente con lo observado durante la época cálida ($H' = 1.96$), en donde se presentó solamente una especie dominante, *M. munkiana*, la cual, al tener una alta abundancia en comparación con las otras especies (32.9%), influye fuertemente en el bajo valor de equidad, así como en la baja diversidad estimada.

Otros autores también han reportado diferencias en la diversidad biológica en comunidades de peces óseos entre épocas. Galván-Piña *et al.* (2003) para los peces capturados en la Bahía de La Paz, reportaron diferencias estacionales en dicho atributo, registrando los valores más altos en verano ($H' = 2.79$) y otoño ($H' = 2.94$; época cálida) y, los valores más bajos en invierno ($H' = 2.77$) y primavera ($H' = 2.63$; época fría). Campos-Dávila *et al.* (2005) reportaron que la mayor diversidad de peces en la Bahía de Loreto se presenta durante el verano y la menor en invierno. De forma similar, Barjau *et al.* (2012) reportaron una menor diversidad en la temporada fría ($H' = 5.51$) que en la temporada cálida ($H' = 5.85$) para la Isla San José. La diferencia en la diversidad de los resultados de los

autores anteriores con los del presente trabajo, podrían corresponder a los cambios temporales en la composición específica y abundancia de los organismos estudiados en los diferentes trabajos, ya que en estos últimos trabajos la riqueza específica y los peces formadores de cardúmenes se presentaron en mayor proporción durante la época cálida, con presencia también de algunos peces de origen tropical y subtropical, pero con poca abundancia, haciendo de esta manera que aumente la diversidad en esta época; a diferencia que en el presente estudio la taxocenosis de batoideos estuvo constituida en las dos épocas por 14 especie, pero el dominio de una sola especie en la época cálida, reduce la diversidad en términos generales.

En latitudes tropicales y subtropicales, la variación en las especies de peces de una comunidad puede estar relacionada con cambios en la temperatura del agua, la disponibilidad del alimento y variaciones climáticas (Longhurst & Pauly, 1987; Godínez-Domínguez *et al.*, 2000; Galvan-Piña *et al.*, 2003; Campos-Dávila *et al.*, 2005; Barjau *et al.*, 2012). Las diferencias inter anuales la diversidad se deba posiblemente a condiciones más favorables en la zona de estudio para el año 2015, así como una mayor disponibilidad de alimento, mejores condiciones ambientales, etc., que hicieron que aumentara tanto la riqueza específica como la abundancia de las especies capturadas, en comparación con los otros dos años estudiados.

La baja diversidad encontrada en la época cálida 2014 en comparación con la época fría 2013-2014, probablemente sea consecuencia de la alta abundancia con la que fue capturada *M. munkiana*. Los altos valores de abundancia de la raya cubana en las épocas cálidas posiblemente se deban a procesos de alimentación. Notarbartolo-di-Sciara (1998) observó que aunque su principal alimento, el misidáceo *Mysidium* sp., disminuye durante los meses de verano, también puede alimentarse del eufásido *Nictiphanes simplex*, presa que suele ser abundante durante en esta época. También se ha propuesto que la disminución de *M. munkiana* en algunos meses del año puede ser atribuida a la competencia entre especies congéneres de mayor tamaño (*e.g.* *M. mobular* y *M. thurstoni*; Notarbartolo-di-Sciara, 1988), sin embargo, esta posibilidad es descartada en el presente estudio, dado que solamente se capturó un ejemplar de *M. mobular* durante todo el periodo de muestreo.

Con respecto a la variabilidad inter mensual, se presentaron los valores más bajos de diversidad y equidad en el mes de octubre. Una posible explicación de lo anterior sea la relativa extraordinaria dominancia de *M. munkiana*, en comparación con el resto de las otras especies capturadas. La alta abundancia de *M. munkiana*, pudiera ser un efecto del comportamiento gregario que caracteriza a la especie, ya que en la literatura se ha

documentado que algunos de estos batoideos presentan “pulsos” de ocurrencias en determinadas localidades costeras durante varios días con fines alimenticios, para posteriormente continuar con sus movimientos migratorios a lo largo de la costa (Notarbartolo-di-Sciara, 1988). Derivado de lo anterior se podría inferir que, particularmente durante el mes de octubre, la faena de pesca coincidió con un evento migratorio de la especie, siendo un evento muy puntual ($\bar{\chi} = 107.9$ individuos por $100\text{m/h} \times 10^2$).

8.3. Índices de diversidad taxonómica

A pesar de la dominancia de algunas especies en algunas escalas temporales que abarcó el estudio (épocas, años, época por años y meses), los valores de diversidad taxonómica son relativamente constantes, a excepción de algunos casos. Esto probablemente se deba al número de especies que constituyen esta taxocenosis, siendo la mayoría de ellas monoespecíficas y monogenéricas, incluso algunas familias y órdenes están representados por una sola especie.

Existen varias causas que podrían explicar por qué los índices de diversidad taxonómica pueden variar. Una de ellas es que ciertos factores ambientales pueden actuar como ‘filtros de nicho’, favoreciendo la presencia de especies taxonómicamente cercanas y con atributos particulares. En otras palabras, sus nichos ecológicos son considerados más similares dentro de grupos de especies más cercanas filogenéticamente hablando (Sosa-López *et al.*, 2005). Y un aumento en la magnitud de algunos factores ambientales como, cambios en las condiciones hidrológicas, pesquerías y otras actividades antropogénicas (*e.g.* contaminación), podría conducir a una disminución de los índices de diversidad taxonómica entre individuos y/o especies (Sosa-López *et al.*, 2005).

Esto podría ser el caso del mes de octubre en el que la diversidad taxonómica disminuyó notablemente, ya que en el mes anterior (septiembre de 2014) se presentó un fenómeno meteorológico local (huracán Odile) causando ráfagas de viento muy altas que tuvieron efectos en la columna de agua. Ante esto, muy probablemente se vieron afectadas la mayoría de las especies más vulnerables por los cambios ocurridos en el hábitat, alterándose temporalmente de esta manera la distribución de la abundancia; y otras, como *M. munkiana*, tal vez no se vieron tan perjudicadas, ya que su abundancia fue notablemente mayor. Al ser la raya cubana una especie dominante en el mes de octubre, en comparación con el resto de las especies capturadas para ese mes, influye en el cálculo de la diversidad taxonómica, ya que las abundancias no están distribuidas equitativamente y como consecuencia disminuye la diversidad.

Otra de las explicaciones a los cambios temporales en los índices de diversidad taxonómica ha sido la heterogeneidad del hábitat. Especies cercanas taxonómicamente, se espera que utilicen hábitats y recursos semejantes, entonces, al presentarse cambios en las condiciones de ese lugar, quizás modifique el número de nichos disponibles y como consecuencia, disminuye la posibilidad de coexistencia de especies más lejanas taxonómicamente en la zona, porque la disponibilidad de recursos y diversidad de hábitats, estarían limitados para satisfacer las diferentes necesidades de las especies, y de esta manera disminuiría la diversidad taxonómica (Sosa-López *et al.*, 2005).

Caso contrario, parece estar ocurriendo en la zona de estudio ya que la presencia permanente en casi todas las escalas temporales, de varias especies que pertenecen a distintas familias, incluso órdenes (*M. munkiana*, *H. dipterurus*, *H. longus*, *N. entemedor*, *Z. exasperata*, *R. steindachneri*) estaría indicando que existen los recursos para que estas especies que poseen distintas necesidades ecológicas, estén coexistiendo gran parte del tiempo, y de esta manera, se mantiene estable la diversidad taxonómica de batoideos en la zona.

Algunos índices diseñados para estimar la diversidad taxonómica, como el del promedio de la distintividad taxonómica, se han utilizado en los últimos años porque se ha documentado que describen de mejor forma la biodiversidad que otros índices de su tipo, lo cual es debido a la relativa independencia del esfuerzo de muestreo (Warwick & Clarke, 1998).

En el presente estudio, la distintividad taxonómica promedio fue poco variable en la mayoría de las escalas temporales consideradas. Esto posiblemente se deba a que esta taxocenosis está conformada principalmente por órdenes y familias monogenéricas y monoespecíficas. Es decir, cuando se observan muchas familias representadas por una sola especie (monoespecífica), el efecto es una menor distintividad taxonómica de la comunidad. Por el contrario, si se presenta un mayor número de familias con distintas especies, la variabilidad taxonómica dentro del árbol de clasificación Linneana sería mayor.

Por ejemplo, en el mes de diciembre la captura estuvo representada por un mayor número de órdenes y familias conformadas por una sola especie (siete de las ocho familias), la distancia taxonómica promedio entre ellas fue relativamente corta, lo cual se tradujo en una variabilidad menor. Situación contraria sucedió en los meses de septiembre y enero, durante los cuales las distancias taxonómicas promedios entre las entidades que conformaron la captura fueron relativamente grandes, lo cual se traduce en una mayor variabilidad taxonómica.

Tomando en cuenta que la totalidad de los valores del promedio y variación de la distintividad taxonómica se ubicaron dentro de los intervalos de confianza de los túneles de variación, es posible decir que los grupos taxonómicos que se presentan en las distintas escalas de tiempo utilizadas en el presente estudio son recurrentes. Sin embargo, se presentaron algunas diferencias en la estructura taxonómica en algunas de las escalas temporales, que podrían atribuirse a algunos cambios oceanográficos de escala local reportadas para la zona (*e.g.* la presencia del fenómeno El Niño, el huracán Odile). Tal es el caso de los cambios estacionales de la TSM que influyen en la permanencia de las especies de batoideos que poseen conductas migratorias y prefieran aguas más cálidas o templadas, que trae como consecuencia cambios temporales en la composición taxonómica de la comunidad.

8.4. Grupos funcionales

La separación principal de la mayoría de los Myliobatiformes del resto de las especies (exceptuando a las *Urobatis*) se presentó a nivel del rasgo morfológico *aleta caudal*. Las especies de los géneros *Hypanus*, *Gymnura*, *Myliobatis*, *Rhinoptera* y *Mobula*, no presentan una aleta caudal, en el caso de las especies del género *Urobatis*, las cuales si poseen una aleta caudal, fueron agrupadas junto con aquellas que no comparten este principal carácter. La diversidad funcional al considerar el conjunto de caracteres morfo-funcionales que definen a una determinada especie, ésta tiene un efecto sobre las propiedades del ecosistema. Un ecosistema con alta diversidad funcional opera de mejor manera en cuanto a productividad, resistencia o recuperación a cambios en el tiempo, ya que un relativo mayor número de grupos funcionales con mayor diversidad de especies taxonómicas, incrementará la redundancia funcional, por tanto aumentará la resiliencia del ecosistema para responder a distintos tipos de alteraciones, ya que habrá un número mayor de especies que realicen la misma función. Escenario contrario se presentaría si los grupos funcionales estuvieran conformados con un bajo número de especies, situación que compromete su integridad si se perdiera una sola especie (Naeem *et al.*, 1994; Tilman, 2001; Palacios-Salgado, 2011; Herrera-Valdivia *et al.*, 2016).

Se pudiera pensar que la comunidad de batomorfos de la Isla Espíritu Santo está conformado por un relativo reducido número de grupos funcionales, los cuales a su vez están representados por una baja riqueza específica. Sin embargo, al observar que los batoideos capturados representan el 41.7% del total de especies reportadas para el Golfo de California, se destaca la representatividad de las especies que allí habitan, dentro de los ocho grupos

funcionales conformados. Al tomar en cuenta esta información, la taxocenosis de los batomorfos agrupados generalmente como mesodepredadores, pudiesen ser separados en un mayor número de grupos funcionales de acuerdo con los diferentes roles que cumplen los batoideos dentro del ecosistema marino estudiado, evitando conglomerarlos en un solo conjunto taxonómico.

El grupo funcional A fueron batoideos bentónicos caracterizados por presentar un disco muy aplanado ovalado a redondeado con las aletas pectorales continuas alrededor de los lados de la cabeza y según Robertson & Allen (2015) poseen un hocico redondeado, angular a puntiagudo, cola delgada, estrecha y con espina venenosa grande. Estas especies fueron capturadas principalmente entre los 10 y 47 m de profundidad, con un promedio de 24 m para *U. halleri* y *U. maculatus* y de 38 m para *U. concentricus* (Anexo 4). Debido a la posición y forma de la boca, tienden a consumir preferentemente presas bentónica que se encuentran en los sedimentos marinos como poliquetos, moluscos, crustáceos y peces (Flores-Ortega *et al.*, 2015).

También poseen una coloración que les permite camuflarse con el fondo marino en donde normalmente habitan (al igual que el grupo funcional D y F) para pasar desapercibidos de sus depredadores o acechar de mejor manera sus presas. El grupo D habitan principalmente en fondos arenosos a veces adyacentes a arrecifes y muy común en bahías, poseen dos aletas dorsales grandes triangulares, de igual tamaño y cuerpo delgado (Robertson & Allen, 2015). Según Robertson & Allen (2015), el grupo funcional F posee un disco romboidal, aproximadamente tan amplio como largo, con una fila central de dentículos dérmicos en forma de pequeños aguijones, cola larga y delgada que finaliza en una punta, sin aleta caudal ni aletas dorsales. Los grupos E y G, se les consideró principalmente pelágicos, en general se mantienen nadando en la columna de agua, gracias a la forma del cuerpo y sus aletas pectorales, rasgos morfológicos mejor adaptados para un desplazamiento más eficiente, lo cual explica en cierta medida la capacidad migratoria de este tipo de especie.

Si bien, la conformación de los grupos funcionales no debe coincidir estrictamente con la agrupación taxonómica a la cual pertenezcan, en el presente estudio, los ocho grupos funcionales conformados, coincidieron en gran medida, representando las distintas familias de los batoideos capturadas en la Isla Espíritu Santo. Con esto se confirmó nuevamente, que existe una alta representación de este grupo de batoideos en la zona de estudio, en donde se registró a un grupo heterogéneo que pareciera estar explotando los diferentes recursos que se encuentran distribuidos en la zona de estudio, lo cual permite inferir que existe un equilibrio entre las especies que allí residen.

9. CONCLUSIONES

La elevada riqueza y abundancia de especies de batoideos encontradas en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, representa una actualización significativa para los inventarios ictiofaunísticos de la Bahía de La Paz, específicamente la Isla Espíritu Santo. Destaca el hecho de que, aunque el esfuerzo se restringe a una zona específica de la misma, la riqueza específica representa en términos comparativos, cuarenta por ciento de la reportada para todo el Golfo de California.

Con base a la frecuencia de aparición y abundancia relativa, destacan por sus relativos altos valores, *Mobula munkiana* e *Hypanus dipterurus*, las cuales además mantienen un estatus de especies dominantes durante todo el periodo de estudio. En el caso de *M. munkiana*, su relativa alta abundancia puede ser explicada con base a su comportamiento gregario, el cual está ampliamente documentado en la literatura, donde se han reportado agregaciones masivas en el sur del Golfo de California con fines reproductivos. Con respecto a *H. dipterurus*, su condición dominante dentro de la estructura comunitaria de los batoideos en la Isla Espíritu Santo pudiera estar influenciada por el aprovechamiento de los recursos en la región que brinda condiciones óptimas para mantener altas abundancias a lo largo del año.

Indicadores de diversidad tradicionales (*e.g.* riqueza, diversidad beta, equidad) presentan variaciones en diferentes escalas temporales (anuales, estacionales, mensuales), lo cual probablemente esté asociado a cambios en la temperatura superficial del mar. Es ampliamente reconocido que las especies necesitan de ventanas ambientales óptimas para poder sobrevivir y desarrollarse, lo cual en cierta medida restringe la presencia de algunas especies cuando las condiciones de un determinado lugar cambian.

Las medidas de diversidad y distintividad taxonómica promedio mostraron un patrón relativamente constante durante todo el periodo de estudio, lo cual de alguna manera refleja la relativa estabilidad de la estructura de la comunidad de batoideos en la Isla Espíritu Santo. La existencia de un mayor número de especies más alejadas filogenéticamente, podría interpretarse como un uso más adecuado de los distintos nichos ecológicos presentes en la zona de estudio.

En lo general, la comunidad de batoideos presentes en la Isla Espíritu Santo, pueden ser aglomerados en cinco grupos funcionales, lo cual de alguna manera contribuye a romper con paradigmas ecológicos relacionados con el grupo, esto es, en muchos estudios enfocados a la modelación sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas en los que están presentes, en lo general se les considera cómo un solo grupo funcional: mesodepredadores.

Caso contrario, en otros tantos, los grupos funcionales son definidos sobre un criterio exclusivamente taxonómico. Por lo tanto, la definición de los grupos funcionales de la comunidad de los batoideos de la Isla Espíritu Santo, sobre la base de criterios morfo-ecológicos más estrictos, significan una contribución importante para los interesados en la modelación de las tramas tróficas.

En síntesis, los tres enfoques ecológicos permitieron abordar el estudio comunitario de los batoideos de la Isla Espíritu Santo, cada una de las aproximaciones aporta información complementaria sobre varios aspectos que caracterizan a las especies que conforman esta particular comunidad de especies. En términos sucintos, indican que el conjunto de especies de batoideos presentes en la zona de estudio, representa una taxocenosis biológica conformada por una relativa alta riqueza específica, con una estructura taxonómica constante y grupos funcionales adaptados a la variabilidad de recursos disponibles del archipiélago para aprovecharlos al máximo.

LITERATURA CITADA

- Abitia-Cárdenas, L.A., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña, J. De La Cruz-Agüero & H. Chávez-Ramos. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 20(2): 159-181.
- Arizpe, O. 1997. La isla Espíritu Santo, B.C.S. pp. 305-314. *En*: Urbán, R. & Ramírez, M. (Eds). *La Bahía de La Paz, investigaciones y conservación*. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS.
- Aschliman, N.C., K.M. Claeson & J.D. McEachran. 2012. Phylogeny of Batoidea. *En*: Carrier, J.C., J.A. Musick & M.R. Heithaus (Eds). *Biology of Sharks and their Relatives*. Second edition. Boca Raton, Florida, USA. 57-95 pp.
- Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre, D. Auriol-Gamboa, F. García-Rodríguez & C. Villavicencio-Garayzar. 1995. Adiciones a la ictiofauna de Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*. 5(1, 2): 79-85.
- Barjau, E., J. Rodríguez-Romero, F. Galván, F. Gutiérrez & J. López. 2012. Estructura temporal y espacial de la comunidad de peces arrecifales de la Isla San José, Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*. 60(2): 649-667.
- Barjau-González, E., J. Rodríguez-Romero & F. Galván-Magaña. 2014a. Diversidad taxonómica del ensamble de peces arrecifales en la costa oeste de la bahía de La Paz, BCS, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 2(2): 117-125.
- Barjau-González, E., D. Juaristi-Videgaray, E. Vadillo-Romero & A.K. Piera-Romo. 2014b. Variation in taxonomic diversity of the fish assemblage associated with soft bottoms in San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, Mexico. *Journal Biodiversity, Bioprospecting and Development*. 1(2): 1-8.
- Barjau-González, E., J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña & M. Maldonado-García. 2016. Seasonal shift in the taxonomic diversity of rocky reef fishes in the southwestern Gulf of California. *Revista de Biología Marina y Oceanográfica*. 51(1): 11-19.
- Bizzarro, J.J. 2005. Fishery biology and feeding ecology of rays in Bahía Almejas, Mexico. Thesis for the degree Master of Science. San Francisco State University. San Francisco, California. 468 pp.
- Bizzarro, J.J., W.D. Smith, J.F. Márquez-Farías & R.E. Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the Golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fisheries Research*.

84: 137-146.

- Bizzarro, J.J., W.D. Smith, R.E. Hueter & C.J. Villavicencio-Garayzar. 2009a. Activities and catch composition of artisanal elasmobranch fishing sites on the Eastern coast of Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Science*. 108(3): 137-151.
- Bizzarro, J.J., W.D. Smith, J.F. Márquez-Farías, J. Tyminski & R.E. Hueter. 2009b. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fisheries research*. 97(1), 103-117.
- Blanco-Parra, M.P., F. Galván-Magaña, J.F. Márquez-Farías & C.A. Niño-Torres. 2012. Feeding ecology and trophic level of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, inferred from stable isotopes and stomach contents analysis. *Environmental Biology of Fishes*. 95: 65-77.
- Cabrera-Meléndez, P. 2018. Hábitos alimentarios de *Narcine entemedor* en la Bahía de La Paz, México. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur. 67 pp.
- Campos-Dávila. L., V.H. Cruz-Escalona, F. Galván-Magaña, A. Abitia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez & E.F. Balart. 2005. Fish assemblages in a Gulf of California marine reserve. *Bulletin of Marine Science*. 77(3): 347-362.
- Cartamil, D., O. Santana-Morales, M. Escobedo-Olvera, D. Kacev, L. Castillo-Geniz, J.B. Graham, R.D. Rubin & O. Sosa-Nishizaki. 2011. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California, Mexico. *Fisheries Research*. 108(2): 393-403.
- Castro-Aguirre, J.L., E.F. Balart & J. Arvizu-Martínez. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*. 5(1-2): 57-78.
- Castro-Aguirre, J.L. & H. Espinosa-Pérez. 1996. *Listados faunísticos de México. VII. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideomorpha)*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 75 pp.
- Castro-Aguirre, J.L. & E.F. Balart. 1997. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de fondos blandos y someros de la ensenada y bahía de La Paz, B.C.S. En: Urbán, R.J. & M. Ramírez (Eds). *La Bahía de La Paz investigación y conservación*. UABCS – CICIMAR- SCRIPPS. 139-150 p.
- Chávez-Ramos, H. & F. Galván-Magaña. 1994. La ictiofauna marina de Baja California Sur,

- México, desde la perspectiva de un trabajo museológico. *Investigaciones Marinas CICIMAR*. 9(1): 43-49.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*. 35: 523-531.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 1999. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*. 184: 21-29.
- Clarke, K.R. & R.W. Warwick. 2001a. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*. 216: 265-278.
- Clarke, K.W. & R.W. Warwick. 2001b. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition*. PRIMER-E, Plymouth, 172 pp.
- Clarke, K. & R. Gorley. 2006. *Primer v6: user manual/tutorial*. PRIMER-E, Plymouth. 192 pp.
- Compagno, L.J.V. 1999. Systematics and Body Form. En: Hamlett, W.C. (Ed). *Sharks, Skates, and Rays – The Biology of Elasmobranch Fishes*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, USA. 1-42 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2000. *Programa de manejo Complejo Insular del Espíritu Santo*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. La Paz, B.C.S, México. 164 pp.
- Corro-Espinosa, D. & S. Ramos-Carrillo. 2004. *Guía para la identificación de las principales especies de rayas de México en el Océano Pacífico (para fines pesqueros)*. SAGARPA-CONAPESCA, México. 3 pp.
- De La Cruz-Aguero, J., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero & F.J. Gutiérrez-Sánchez. 1994. Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur (México). *Ciencias Marinas*. 20(1): 17-31.
- De La Rosa-Meza, K., O. Sosa-Nishizaki & H. De La Cueva-Salcedo. 2013. Feeding habits of the speckled guitarfish *Rhinobatos glaucostigma* (Elasmobranchii, Batoidea) in the southeastern Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 39(3): 277-290.
- Del Moral-Flores, L.F. 2010. Diversidad y patrones biogeográficos de la ictiofauna asociada a los complejos insulares del Golfo de California. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 269 pp.
- Del Moral-Flores, L.F., A.F. González-Acosta, H. Espinoza-Pérez, G. Ruiz-Campos & J.L.

- Castro-Aguirre. 2013. Lista anotada de la ictiofauna de las islas del golfo de California, con comentarios sobre sus afinidades zoogeográficas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 184-214.
- Del Moral-Flores, L.F., J.J. Morrone, J. Alcocer & G. Pérez-Ponce de León. 2016. Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. *Revista de Biología Tropical*. 64(4): 1469-1486.
- Ebert, D.A & P.D. Cowley. 2003. Diet, feeding behaviour and habitat utilisation of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters. *Marine Freshwater Research*. 54: 957-965.
- Ehemann, N.R. 2018. Ecología trófica de *Rhinoptera steindachneri* en la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, BCS. 46 pp.
- Ehemann, N.R., X.A. Pérez-Palafox, P. Mora-Zamacona, M.I. Burgos-Vásquez, A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla & V.H. Cruz-Escalona. 2017. Size-weight relationships of batoids captures by artisanal fishery in the southern Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. 33(5): 1051-1054.
- Eschmeyer, W.N., R. Fricke & R. Van Der Laan (Eds). 2017. *Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. Versión electrónica. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>).
- Escobar-Toledo, F.D., M. Parrado-Cortes, L.O. Duarte & M. Zetina-Rejón. 2013. Incidencia de la Pesca Artesanal Sobre la Diversidad Taxonómica y Funcional de la Comunidad de Peces en el Mar Caribe de Colombia. *Proceedings Gulf Caribbean Fisheries Institute* 65. 62: 346-351.
- Espinoza, M., T.M. Clarke, F. Villalobos-Rojas & I.S. Wehrtmann. 2012. Ontogenetic dietary shifts and feeding ecology of the rasptail skate *Raja velezi* and the brown smoothhound shark *Mustelus henlei* along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Journal of Fish Biology*. 81(5): 1578-1595.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental*. FAO, Roma. 1813 pp.
- Flores-Ortega, J.R., E. Godínez-Domínguez & G. González-Sansón. 2015. Ecología trófica

- de siete especies de batoideos (Batoidea) en el Pacífico Central Mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 50(3): 521-533.
- Fonseca, C. R. & G. Ganade. 2001. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology*. 89: 118-125.
- Froese, R. & D. Pauly (Eds). 2017. Fishbase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Galván-Magaña, F., L.A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero, H. Pérez-España & H. Chávez-Ramos. 1996. Lista sistemática de los peces de la isla Cerralvo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 22(3): 295-311.
- Galván-Piña, V.H., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez & J. Rodríguez-Romero. 2003. Seasonal structure of fish assemblages in rocky and Sandy habitats in Bahía de La Paz, Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 72(1): 19-35.
- Godínez-Domínguez, E., J.A. Rojo-Vázquez, V.H. Galván-Piña & B. Aguilar-Palomino. 2000. Changes in the structure of a coastal fish assemblage exploited by a small scale gillnet fishery during an El Niño-La Niña event. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 51(6): 773-787.
- González-Medina, F.J., O.E. Holgín-Quiñones & G. De La Cruz-Agüero. 2006. Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 32(1): 33-44.
- Guevara-Guillén, C., B. Shirasago-Germán & E.L. Pérez-Lezama. 2015. The influence of large-scale phenomena on La Paz Bay hydrographic variability. *Open Journal of Marine Science*. 5:146-157.
- Guisande, C., B. Patti, A. Vaamonde, A. Manjarres-Hernández, P. Pelayo-Villamil, E. García-Rosello, J. González-Dacosta, J. Heine & C. Granado-Lorencio. 2013. Factors affecting species richness of marine elasmobranchs. *Biodiversity and Conservation*. 22: 1703-1714.
- Hammer, O. & D.A.T. Harper. 2006. Paleontological Data Analysis. Blackwell.
- Helfman, G., B. Collette, D. Facey & B. Bowen. 2009. *The diversity of fishes: Biology, evolution and ecology*. 2^{da} Edición. Hoboken, NJ: Blackwell. 720 pp.
- Herrera-Valdivia, E., J. López-Martínez, S. Castillo-Vargasmachuca & A.R. García-Juárez. 2016. Diversidad taxonómica y funcional en la comunidad de peces de la pesca de arrastre de camarón en el norte del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*. 64(2): 587-602.

- IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2017-2. <http://www.iucnredlist.org>
- Lara-Mendoza, R.E., O.G. Zamora-García & J.F. Márquez-Farías. 2016. Elasmobranquios capturados en la pesquería escamero de arrastre del centro-oriente del Golfo de California, México. *Ciencias Pesqueras*. 24: 145-151.
- Last, P., W. White, B. Séret, G. Naylor, M. de Carvalho & M. Stehmann. (Eds). 2016. *Rays of the World*. CSIRO PUBLISHING.
- Longhurst, A.R. & D. Pauly. 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, London. 407 pp.
- López Ordoñez, J.P., F.G. Stiles & J.L. Parra Vergara. 2015. Capítulo 3: Protocolo para la medición de rasgos funcionales en aves. pp 81-125. En: Salgado-Negret, B. (Ed). *La Ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 236 pp.
- Loya-Salinas, D. & A. Escofet. 1990. Aportaciones al cálculo del índice de valor biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*. 16(2): 97-115.
- Macesic, L.J & S.M. Kajiura. 2010. Comparative punting kinematics and pelvic fin musculature of benthic batoids. *Journal of Morphology*. 271: 1219-1228.
- Margalef, R. 1980. Diversidad, estabilidad y madurez en los ecosistemas naturales. *En: Dobben, V. & W.H Lower McConnell (Eds). Conceptos unificadores en ecología*. Blume Barcelona, España. 190-202 pp.
- Márquez-Farías, J.F. 2007. Demografía del pez guitarra, *Rhinobatos productus* (Ayres, 1854), del Golfo de California. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California, Sur. 147 pp.
- Mason, N.W.H., K. MacGillivray, J.B. Steel & J.B. Wilson. 2003. An index of functional diversity. *Journal of Vegetation Science*. 14(4): 571-578.
- Mason, N.W.H., D. Mouillot, W.G. Lee & J.B. Wilson. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: The primary components of functional diversity. *Oikos*. 111(1): 112-118.
- McEachran, J.D. & G. Notarbartolo-di-Sciara. 1995. Mobulidae. Mantas, diablos. pp. 759-764. *En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter & V. Niem. (Eds). Guía FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental*. FAO, Rome. 3.

- McEachran, J. & N. Aschliman. 2004. Phylogeny of Batoidea. *En: Carrier, J., J. Musick & M. Heithaus (Eds). Biology of sharks and their relatives.* Boca Ratón, Florida, USA. 79-113 pp.
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia & V. Puentes. 2011. *Guía para la identificación de especies de tiburones, rayas y quimeras de Colombia.* Fundación Squalus, Bogotá. 325 pp.
- Naeem, S., S.P. Lawler, L.J. Thompson, J.H. Lawton & R.M. Woodfin. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature.* 368: 734-737.
- Navarro-González, J.A., J. Bohórquez-Herrera, A.F. Navia & V.H. Cruz-Escalona. 2012. Diet composition of batoids on the continental shelf off Nayarit and Sinaloa, Mexico. *Ciencias Marinas.* 38(2): 347-362.
- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla & A. Giraldo. 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology.* 7(1): 8.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world.* Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA. 624 pp.
- Nelson, J.S., T.C. Grande & M.V. Wilson. 2016. *Fishes of the World.* Fifth edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA. 707 pp.
- Nishida, K. 1990. Phylogeny of the suborder Myliobatidoidei. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University.* 37(1/2):1-108.
- Notarbartolo-di-Sciara, G. 1988. Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. *Fishery Bulletin.* 86(1): 45-66.
- Palacios-Salgado, D. 2011. Patrones latitudinales de composición y diversidad funcional de peces asociados a la pesca de camarón del Pacífico mexicano. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, BCS. 168 pp.
- Palacios-Salgado, D.S., X.G. Moreno-Sánchez, L.A. Abitia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez-Sánchez & J. Rodríguez-Romero. 2012. Ichthyodiversity of San Jose, San Francisquito, and El Pardito islands in the southwestern Gulf of California, Mexico. *Acta Ichthyologica et Piscatoria.* 42(3): 177-191.
- Payan-Alcacio, J.A. 2015. Diversidad funcional de la comunidad de peces en hábitats de manglar en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur. 96 pp.
- Pélissier, R., P. Couteron, S. Dray & D. Sabatier. 2003. Consistency between ordination techniques and diversity measurements: two strategies for species occurrence

- data. *Ecology*. 84(1), 242-251.
- Petchey, O.L. & K.J. Gaston. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*. 5: 402-411.
- Ramírez-Amaro, S.R., D. Cartamil, F. Galván-Magaña, G. González-Barba, J.B. Graham, M. Carrera-Fernández, O. Escobar-Sánchez, O. Sosa-Nishizaki & A. Rochin-Alamillo. 2013. The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico, management implications. *Scientia Marina*. 77(3): 473-487.
- Restrepo-Gómez, D.C. 2016. Aspectos tróficos de la raya látigo *Dasyatis dipterura* en la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, BCS. 63 pp.
- Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R.A. Morales-Pérez & J.E. Valdez-Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B.C.S. *Hidrobiológica*. 13(2): 103-110.
- Robertson, D.R. & G.R. Allen. 2015. Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: online information system. Versión 2.0. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá. <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/en/pages>
- Rodríguez-Lorenzo, S. 2007. Edad y crecimiento de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper, 1863) del Alto Golfo de California, México. Tesis Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. 80 pp.
- Rodríguez-Romero, J., L.A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña & H. Chávez-Ramos. 1994. Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 20(3): 321-350.
- Sáez, S. & J. Lamilla. 2012. Claves taxonómicas para el reconocimiento dentario en taxa del superorden Rajomorphii de Chile (Chondrichthyes, Batoidea). *Latin America Journal of Aquatic Research*. 2(40): 282-291.
- Salgado-Negret, B. 2015. *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 236 pp.
- Salgado-Negret, B. & H. Paz. 2015. Escalando de los rasgos funcionales a procesos poblacionales, comunitarios y ecosistémicos. pp 12-35. En: Salgado-Negret, B. (Ed). 2015. *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de

- Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 236 p.
- Salomón-Aguilar, C.A. 2015. Zonas prioritarias de conservación de rayas y mantarrayas en el noreste del Pacífico mexicano. *Ciencia pesquera*. 23(2): 77-99.
- Sanders, H. 1960. Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the soft bottom community. *Limnology Oceanography*. 5: 138-153.
- Sarmiento, F.O. 2000. *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Editorial Abya Yala. 226 pp.
- Serrano-López, J.N. 2009. Estudio comparativo de la reproducción de tres especies del género *Mobula* (Chondrichthyes: Mobulidae) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 73 pp.
- Smith, W.D., G.M. Cailliet & E.M. Melendez. 2007. Maturity and growth characteristics of a commercially exploited stingray, *Dasyatis dipterura*. *Marine and Freshwater Research*. 58: 54-66.
- Smith, W.D., J.J. Bizzarro & G.M. Cailliet. 2009. The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, Mexico: Characteristics and management considerations. *Ciencias Marinas*. 35(2): 209-236.
- Somerfield, P.J., K.R. Clarke, R.M. Warwick & N.K. Dulvy. 2008. Average functional distinctness as a measure of the composition of assemblages. *ICES Journal of Marine Science*, 65(8), 1462-1468.
- Sosa-López, A., J. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernández, D. Mouillot & T. Do Chi. 2005. Evidencias de cambios en la diversidad ictiofaunística de la Laguna de Términos México: Una aplicación de índices de diversidad taxonómica. *JAINA Boletín Informativo*. 15(1), 7-13.
- Southwood, T.R.E. & P.A. Henderson. 2000. *Ecological methods*. Third edition. Blackwell Science. 575 pp.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- Tilman, D. 2001. Functional diversity. *En*: Levin, S.A. (Ed). *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press. 109-120 pp.
- Tilman, D., J., Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie, E. Siemann. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*. 277: 1300-1302.

- Valadez-González, C. 2007. Distribución, abundancia y alimentación de las rayas bentónicas de la costa de Jalisco y Colima, México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. 119 pp.
- Villavicencio-Garayzar, C. 1993a. Biología reproductiva de *Rhinobatus productus* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*. 41(3): 777-782.
- Villavicencio-Garayzar, C. 1993b. Observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Olfers) (PICIES: NARCINIDAE), en Bahía Almejas, B.C.S., México. *Revista de Investigación Científica*. 4(1): 95-98.
- Villavicencio-Garayzar, C. 1996. Reproductive biology of the Pacific cownose, *Rhinoptera steindachneri*, in Baja California, México. Abstract. American Elasmobranch Society 12th Annual Meeting, June 13-19. New Orleans, Louisiana, U.S.A.
- Warwick, R.M. & K.R. Clarke. 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*. 129(1-3): 301-305.
- Warwick, R.M. & K.R. Clarke. 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied ecology*. 35(4): 532-543.
- Weigmann, S. 2016. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*. 88: 837-1037.
- Weigmann, S. 2017. Reply to Borsa (2017): Comment on 'Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity by Weigmann (2016)'. *Journal of fish biology*. 90(4): 1176-1181.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Fifth Edition. Pearson Prentice Hall. 944 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Diseño de las temporalidades comparadas en el presente estudio.

Temporalidad	Se divide en:	Conformada por el promedio de la CPUE de:
Época	Cálida	Octubre y noviembre 2013. Junio, julio, agosto y octubre 2014. Junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre 2015.
	Fría	Diciembre 2013. Enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre 2014. Febrero, marzo, abril, mayo y diciembre 2015.
Años	2013	Octubre, noviembre y diciembre 2013.
	2014	Enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre y diciembre 2014.
	2015	Febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre 2015.
Épocas por año	Fría (2013-2014)	Diciembre 2013. Enero, febrero, marzo, abril y mayo 2014.
	Cálida (2014)	Junio, julio, agosto y octubre 2014.
	Fría (2014-2015)	Diciembre 2014. Febrero, marzo, abril y mayo 2015.
	Cálida (2015)	Junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre 2015.
Meses	Enero	Enero 2014.
	Febrero	Febrero 2014 y febrero 2015.
	Marzo	Marzo 2014 y marzo 2015.
	Abril	Abril 2014 y abril 2015.
	Mayo	Mayo 2014 y mayo 2015.
	Junio	Junio 2014 y junio 2015.
	Julio	Julio 2014 y julio 2015.
	Agosto	Agosto 2014 y agosto 2015.
	Septiembre	Septiembre 2014.
	Octubre	Octubre 2013, octubre 2014 y octubre 2015.
	Noviembre	Noviembre 2013 y noviembre 2015.
	Diciembre	Diciembre 2013, diciembre 2014 y diciembre 2015.

Anexo 2. Abundancia de especies para cada esfuerzo de muestreo utilizados en los lances para cada mes muestreado.

Año	Mes	Lance	Longitud de red (m)	Tiempo red en remojo (horas)	Especie	Individuos capturados por especie
2013	Octubre	1	300	17.17	<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Mobula munkiana</i>	8
2013	Octubre	2	300	14.93	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	25
2013	Octubre	3	300	25.25	<i>Hypanus dipterurus</i>	12
					<i>Hypanus longus</i>	3
					<i>Narcine entemedor</i>	2
2013	Noviembre	1	300	19.92	<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2013	Noviembre	2	300	20.45	<i>Hypanus dipterurus</i>	16
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
2013	Noviembre	3	200	15.25	<i>Hypanus dipterurus</i>	15
					<i>Hypanus longus</i>	1
2013	Noviembre	4	300	20.2	<i>Hypanus dipterurus</i>	16
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2013	Diciembre	1	200	16.47	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2
2013	Diciembre	2	200	15.66	<i>Hypanus dipterurus</i>	2
2013	Diciembre	3	200	23.8	<i>Hypanus dipterurus</i>	5
2013	Diciembre	4	200	22.7	<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Mobula munkiana</i>	1
2013	Diciembre	5	300	16.35	<i>Mobula munkiana</i>	4
					<i>Narcine entemedor</i>	3
2013	Diciembre	6	300	15.58	<i>Hypanus dipterurus</i>	2

					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Urobatis halleri</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2013	Diciembre	7	300	16.28	<i>Narcine entemedor</i>	6
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Urobatis halleri</i>	1
2014	Enero	1	200	15.72	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	13
					<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Narcine entemedor</i>	3
2014	Enero	2	200	15.57	<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	9
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	8
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2014	Enero	3	200	17.53	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	5
					<i>Narcine entemedor</i>	2
2014	Enero	4	200	16.88	<i>Narcine entemedor</i>	4
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	2
2014	Enero	5	400	16.45	<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	3
					<i>Zapteryx exasperata</i>	3
2014	Enero	6	200	16.6	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	11
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2

					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2014	Febrero	1	300	17.6	<i>Mobula munkiana</i>	2
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	5
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	4
2014	Febrero	2	300	16.5	<i>Narcine entemedor</i>	5
2014	Febrero		300	16.5	<i>Mobula munkiana</i>	1
2014	Febrero		300	16.5	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	5
2014	Febrero	3	200	22.53	<i>Narcine entemedor</i>	4
					<i>Mobula munkiana</i>	1
2014	Febrero	4	300	22.53	<i>Narcine entemedor</i>	11
					<i>Mobula munkiana</i>	5
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2014	Marzo	1	200	17.22	<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	3
2014	Marzo	2	200	17.5	<i>Zapteryx exasperata</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
2014	Marzo	3	200	21.78	<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2014	Marzo	4	200	22.25	<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
2014	Marzo	5	200	22.48	<i>Mobula munkiana</i>	5
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	2

2014	Marzo	6	300	23.23	<i>Mobula munkiana</i>	7
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2014	Marzo	7	200	15.47	<i>Hypanus longus</i>	4
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
2014	Marzo	8	300	15.43	<i>Zapteryx exasperata</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
2014	Marzo	9	300	18.88	<i>Zapteryx exasperata</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	3
2014	Marzo	10	300	19.83	<i>Urobatis concentricus</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	5
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	3
2014	Abril	1	200	14.8	<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	3
2014	Abril	2	200	15.13	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2
2014	Abril	3	300	14.83	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
2014	Abril	4	200	18.45	<i>Hypanus dipterurus</i>	9
					<i>Myliobatis longirostris</i>	3
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2014	Abril	5	200	17.73	<i>Hypanus dipterurus</i>	8
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2

					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2014	Mayo	1	200	13.5	<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2014	Mayo	2	200	14.03	<i>Narcine entemedor</i>	3
					<i>Hypanus dipterurus</i>	6
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2014	Mayo	3	200	23.8	<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Hypanus longus</i>	2
2014	Mayo	4	200	24.18	<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	3
2014	Junio	1	200	17.42	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	3
2014	Junio	2	300	17.83	<i>Rostroraja velezi</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	4
2014	Junio	3	200	24.15	<i>Hypanus dipterurus</i>	13
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1

2014	Junio	4	300	24.38	<i>Hypanus dipterurus</i>	11
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	6
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2014	Julio	1	300	14	<i>Mobula munkiana</i>	6
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	11
2014	Julio	2	300	26.07	<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Mobula munkiana</i>	3
2014	Julio	3	200	16.1	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	4
2014	Julio	4	300	17.53	<i>Zapteryx exasperata</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Urobatis concentricus</i>	1
2014	Agosto	1	200	14.15	<i>Mobula munkiana</i>	10
					<i>Hypanus dipterurus</i>	3
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	3
2014	Agosto	2	200	13.27	<i>Mobula munkiana</i>	18
2014	Agosto	3	400	25.25	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	5
2014	Agosto	4	200	14.93	<i>Narcine entemedor</i>	5
					<i>Mobula munkiana</i>	11
2014	Octubre	1	200	13.75	<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	77
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	2

2014	Octubre	2	200	13.93	<i>Mobula munkiana</i>	56
					<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2014	Octubre	3	200	14.07	<i>Mobula munkiana</i>	84
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	3
2014	Diciembre	1	200	12.75	<i>Hypanus dipterurus</i>	10
					<i>Gymnura marmorata</i>	3
					<i>Mobula munkiana</i>	18
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	8
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2014	Diciembre	2	200	13.75	<i>Hypanus dipterurus</i>	9
					<i>Mobula munkiana</i>	3
2015	Febrero	1	300	13	<i>Hypanus dipterurus</i>	30
					<i>Hypanus dipterurus</i>	10
					<i>Mobula munkiana</i>	4
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2015	Febrero	2	300	14	<i>Hypanus dipterurus</i>	5
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	4
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2015	Febrero	3	200	13.5	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	19
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	2
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1

2015	Febrero	4	260	13.5	<i>Narcine entemedor</i>	6
					<i>Hypanus dipterurus</i>	6
					<i>Mobula munkiana</i>	8
					<i>Narcine entemedor</i>	7
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	3
2015	Febrero	5	300	14	<i>Gymnura marmorata</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	36
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Gymnura marmorata</i>	2
2015	Marzo	1	300	13	<i>Hypanus dipterurus</i>	18
2015	Marzo	2	300	13.88	<i>Mobula munkiana</i>	16
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2015	Marzo	3	300	22.03	<i>Rostroraja velezi</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2015	Marzo	4	300	14.12	<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Mobula munkiana</i>	61
2015	Abril	1	300	13.5	<i>Hypanus dipterurus</i>	16
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2015	Abril	2	300	17.27	<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Mobula munkiana</i>	14
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1

2015	Abril	3	300	13.63	<i>Mobula mobular</i>	1
2015	Abril	4	400	12.85	<i>Mobula munkiana</i>	3
2015	Abril	5	300	13.63	<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	5
					<i>Mobula munkiana</i>	2
2015	Mayo	1	300	13.5	<i>Zapteryx exasperata</i>	4
					<i>Mobula munkiana</i>	9
					<i>Narcine entemedor</i>	19
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	1
					<i>Urobatis maculatus</i>	1
2015	Mayo	2	300	13.75	<i>Hypanus dipterurus</i>	33
					<i>Mobula munkiana</i>	40
					<i>Narcine entemedor</i>	13
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	6
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	3
					<i>Urobatis maculatus</i>	2
					<i>Zapteryx exasperata</i>	2
2015	Mayo	3	300	13.05	<i>Hypanus dipterurus</i>	6
					<i>Mobula munkiana</i>	4
					<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	27
					<i>Urobatis maculatus</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	3
2015	Junio	1	300	13	<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	17

					<i>Myliobatis californicus</i>	2
					<i>Myliobatis longirostris</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	4
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	3
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	5
					<i>Urobatis concentricus</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2015	Junio	2	300	13.33	<i>Zapteryx exasperata</i>	10
					<i>Hypanus dipterurus</i>	13
					<i>Hypanus longus</i>	3
					<i>Rostroraja velezi</i>	3
					<i>Urobatis halleri</i>	1
2015	Junio	3	200	16.68	<i>Zapteryx exasperata</i>	13
					<i>Hypanus dipterurus</i>	4
					<i>Mobula munkiana</i>	63
					<i>Myliobatis californicus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	10
2015	Julio	1	300	11	<i>Rhinoptera steindachneri</i>	7
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	10
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	2
					<i>Urobatis halleri</i>	1
2015	Julio	2	400	12.52	<i>Mobula munkiana</i>	35
					<i>Hypanus dipterurus</i>	7
					<i>Hypanus longus</i>	4
					<i>Myliobatis californicus</i>	1

					<i>Narcine entemedor</i>	7
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	8
					<i>Urobatis halleri</i>	2
					<i>Urobatis maculatus</i>	1
2015	Julio	3	200	12.42	<i>Mobula munkiana</i>	42
					<i>Narcine entemedor</i>	2
2015	Julio	4	200	12.62	<i>Mobula munkiana</i>	64
					<i>Narcine entemedor</i>	7
2015	Agosto	1	200	12.02	<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2015	Agosto	2	200	13.22	<i>Gymnura marmorata</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	18
2015	Agosto	3	200	12.15	<i>Mobula munkiana</i>	9
					<i>Hypanus dipterurus</i>	10
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Gymnura marmorata</i>	1
2015	Agosto	4	200	12.7	<i>Mobula munkiana</i>	6
					<i>Hypanus dipterurus</i>	7
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
2015	Agosto	5	300	12.33	<i>Narcine entemedor</i>	8
					<i>Hypanus dipterurus</i>	13
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	2
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Urobatis concentricus</i>	2
					<i>Zapteryx exasperata</i>	1

2015	Septiembre	1	300	13.87	<i>Narcine entemedor</i>	9
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	13
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	1
					<i>Urobatis concentricus</i>	1
					<i>Urobatis halleri</i>	1
2015	Septiembre	2	300	13.92	<i>Narcine entemedor</i>	4
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Mobula munkiana</i>	8
					<i>Urobatis concentricus</i>	7
					<i>Urobatis halleri</i>	1
					<i>Urobatis maculatus</i>	1
					<i>Zapteryx exasperata</i>	3
2015	Septiembre	3	300	13.82	<i>Mobula munkiana</i>	17
					<i>Hypanus dipterurus</i>	15
					<i>Gymnura marmorata</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	5
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	3
					<i>Urobatis maculatus</i>	1
2015	Octubre	1	300	15	<i>Hypanus longus</i>	4
					<i>Hypanus dipterurus</i>	8
					<i>Mobula munkiana</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	4
2015	Octubre	2	200	13.47	<i>Mobula munkiana</i>	7
					<i>Hypanus dipterurus</i>	4

2015	Octubre	3	200	13.52	<i>Urobatis halleri</i>	1
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	30
					<i>Mobula munkiana</i>	8
2015	Octubre	4	300	13.43	<i>Narcine entemedor</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	5
					<i>Mobula munkiana</i>	22
					<i>Urobatis halleri</i>	2
2015	Noviembre	1	300	14	<i>Hypanus dipterurus</i>	22
					<i>Hypanus longus</i>	1
					<i>Gymnura marmorata</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	13
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1
					<i>Hypanus dipterurus</i>	6
					<i>Narcine entemedor</i>	3
					<i>Myliobatis californicus</i>	1
2015	Noviembre	2	300	14.57	<i>Mobula munkiana</i>	9
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	4
2015	Noviembre	3	300	15.48	<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	1
					<i>Narcine entemedor</i>	1
2015	Noviembre	4	200	18.4	<i>Mobula munkiana</i>	3
					<i>Hypanus dipterurus</i>	13
2015	Noviembre	5	300	19.37	<i>Mobula munkiana</i>	24
					<i>Hypanus dipterurus</i>	10
					<i>Rhinoptera steindachneri</i>	2

					<i>Zapteryx exasperata</i>	1
2015	Diciembre	1	200	14.5	<i>Hypanus dipterurus</i>	25
					<i>Gymnura marmorata</i>	1
					<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	4
					<i>Hypanus dipterurus</i>	14
					<i>Hypanus longus</i>	2
					<i>Urobatis halleri</i>	1
2015	Diciembre	2	200	14.43	<i>Hypanus dipterurus</i>	16
					<i>Gymnura marmorata</i>	1
2015	Diciembre	3	200	14.02	<i>Hypanus dipterurus</i>	16
					<i>Gymnura marmorata</i>	1
					<i>Mobula munkiana</i>	7
					<i>Narcine entemedor</i>	2
2015	Diciembre	4	200	14.78	<i>Mobula munkiana</i>	25
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	5
2015	Diciembre	5	200	15.47	<i>Mobula munkiana</i>	2
					<i>Hypanus dipterurus</i>	2
					<i>Narcine entemedor</i>	9
Total		317	27560	1763.02		2198

Anexo 3. Lista maestra utilizada en los análisis de Diversidad Taxonómica de acuerdo con lo reportado por los siguientes autores: Abitia *et al.* (1994); Balart *et al.* (1995); Castro-Aguirres & Balart (1997); Del Moral-Flores *et al.* (2013); Lara-Mendoza *et al.* (2016); Last *et al.* (2016); Presente estudio.

Especie	Género	Familia	Orden	Clase
<i>Pseudobatos glaucostigmus</i>	Pseudobatos	Rhinobatidae	Rhinopristiformes	Chondrichthyes
<i>Pseudobatos leucorhynchus</i>	Pseudobatos	Rhinobatidae	Rhinopristiformes	Chondrichthyes
<i>Pseudobatos productus</i>	Pseudobatos	Rhinobatidae	Rhinopristiformes	Chondrichthyes
<i>Zapteryx exasperata</i>	Zapteryx	Trygonorrhinidae	Rhinopristiformes	Chondrichthyes
<i>Diplobatis ommata</i>	Diplobatis	Narcinidae	Torpediniformes	Chondrichthyes
<i>Narcine entemedor</i>	Narcine	Narcinidae	Torpediniformes	Chondrichthyes
<i>Narcine vermiculata</i>	Narcine	Narcinidae	Torpediniformes	Chondrichthyes
<i>Platyrrhinoidis triseriata</i>	Platyrrhinoidis	Platyrrhinidae	Torpediniformes	Chondrichthyes
<i>Tetronarce californica</i>	Tetronarce	Torpedinidae	Torpediniformes	Chondrichthyes
<i>Beringraja cortezensis</i>	Beringraja	Rajidae	Rajiformes	Chondrichthyes
<i>Beringraja inornata</i>	Beringraja	Rajidae	Rajiformes	Chondrichthyes
<i>Rostroraja equatorialis</i>	Rostroraja	Rajidae	Rajiformes	Chondrichthyes
<i>Rostroraja velezi</i>	Rostroraja	Rajidae	Rajiformes	Chondrichthyes
<i>Bathyraja spinosissima</i>	Bathyraja	Arhyncobatidae	Rajiformes	Chondrichthyes
<i>Gymnura crebripunctata</i>	Gymnura	Gymnuridae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Gymnura marmorata</i>	Gymnura	Gymnuridae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Hypanus dipterurus</i>	Hypanus	Dasyatidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Hypanus longus</i>	Hypanus	Dasyatidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes

<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	Pteroplatytrygon	Dasyatidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urobatis concentricus</i>	Urobatis	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urobatis halleri</i>	Urobatis	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urobatis maculatus</i>	Urobatis	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urotrygon aspidura</i>	Urotrygon	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urotrygon chilensis</i>	Urotrygon	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urotrygon munda</i>	Urotrygon	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urotrygon nana</i>	Urotrygon	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Urotrygon rogersi</i>	Urotrygon	Urotrygonidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Myliobatis californicus</i>	Myliobatis	Myliobatidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Myliobatis longirostris</i>	Myliobatis	Myliobatidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Aetobatus laticeps</i>	Aetobatus	Aetobatidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	Rhinoptera	Rhinopteridae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Mobula birostris</i>	Mobula	Mobulidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Mobula mobular</i>	Mobula	Mobulidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Mobula munkiana</i>	Mobula	Mobulidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Mobula tarapacana</i>	Mobula	Mobulidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes
<i>Mobula thurstoni</i>	Mobula	Mobulidae	Myliobatiformes	Chondrichthyes

Anexo 4. Matriz binaria de presencia/ausencia de las características de los atributos utilizados para la formación de los grupos funcionales.

CARACTERÍSTICA	ESPECIES															
	<i>N. ent</i>	<i>P. gla</i>	<i>Z. exa</i>	<i>R. vel</i>	<i>H. dip</i>	<i>H. lon</i>	<i>G. mar</i>	<i>M.mob</i>	<i>M. mun</i>	<i>M. cal</i>	<i>M. lon</i>	<i>R. ste</i>	<i>U. con</i>	<i>U. hal</i>	<i>U. mac</i>	
Bentónico	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	
Bento-Pelágico	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
Pelágico	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
>5<15	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	
>15<25	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
>25<35	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
>35<45	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	
>45<55	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	
>55<65	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Ovalado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Circular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Romboidal	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Triangular	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Corazón	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diamante	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Triangulares	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Redondeadas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Axial ondulatorio	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ondulatorio	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Oscilatorio	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Redondeada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Sin caudal	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Elasmo-asimétrica	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 aletas dorsales	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

1 aleta dorsal	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Sin aleta dorsal	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
Subterminal	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Ventral	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Protráctil	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubular	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pequeños	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Medianos	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Grandes	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
<3.5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
3.5-4	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
>4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invertívoro	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Ictio-invertívoro	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Piscívoro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Planctívoro	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Ovíparo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vivíparo aplacentario lecitotrófico	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vivíparo aplacentario matotrófico	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<1kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1-5kg	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
5-10kg	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
10-15kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15-20kg	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
>20kg	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5. Valores de la mediana (*Me*) de la CPUE (individuos por 100m/h x 10²) para las distintas temporalidades calculadas por especie.

Especie	Época		Años			Época por año				Meses											
	Cálida	Fría	2013	2014	2015	Fría 13-14	Cálida 14	Fría 14-15	Cálida 15	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
<i>P.g</i>	5.1	6.5	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	5.2	5.1	0.0	0.0	0.0	3.9	2.6	7.7	4.0	5.4	4.8	0.0	0.0	13.8
<i>Z.e</i>	3.3	3.8	2.1	3.8	4.9	3.7	2.9	3.9	4.9	3.9	2.5	2.6	0.0	6.2	13.8	3.8	2.7	7.2	0.0	1.7	3.0
<i>N.e</i>	6.4	6.7	2.6	5.8	12.9	6.7	6.0	3.9	9.8	7.8	10.1	2.3	4.9	7.4	7.5	14.0	10.6	12.1	4.3	2.2	6.6
<i>R.v</i>	4.7	3.0	0.0	1.9	5.3	0.0	1.9	3.0	7.5	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>G.m</i>	2.4	3.6	0.0	11.8	3.5	0.0	0.0	7.7	2.4	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	2.4	0.0	2.4	3.5
<i>H.d</i>	15.7	18.0	8.6	9.2	20.6	6.3	5.8	34.4	18.1	4.7	21.4	4.5	11.2	15.1	15.0	3.8	27.6	4.8	13.6	21.6	10.5
<i>H.l</i>	4.4	3.1	3.1	3.1	4.8	3.1	4.9	3.0	6.1	1.5	2.4	2.2	3.1	3.6	4.1	8.0	4.1	4.8	6.4	2.8	4.1
<i>U.c</i>	4.0	1.7	0.0	1.8	5.4	1.7	1.9	0.0	5.4	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	2.6	1.9	5.4	9.6	0.0	0.0	0.0
<i>U.h</i>	3.0	2.8	2.1	0.0	3.4	2.1	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	3.5	0.0	2.4	4.3	0.0	2.1
<i>U.m</i>	2.2	3.3	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	2.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
<i>M.c</i>	2.4	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	2.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0
<i>M.l</i>	2.6	3.7	1.6	4.3	2.6	3.7	5.0	2.8	2.6	0.0	3.7	2.9	2.8	3.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0
<i>R.s</i>	6.0	5.0	0.0	5.0	11.7	3.7	7.2	38.1	4.8	20.0	8.5	2.9	2.5	7.3	2.9	21.2	3.3	0.0	7.4	2.9	0.0
<i>M.mo</i>	0.0	1.9	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>M.mu</i>	30.5	10.6	20.4	9.2	30.5	4.5	28.4	28.5	30.4	0.0	5.6	11.1	6.1	16.2	43.6	42.1	36.8	31.2	54.6	25.8	9.5

Anexo 6. Valores de riqueza (S), diversidad de Shannon-Wiener (H') y equidad (J') para las distintas temporalidades estudiadas.

Temporalidad		Riqueza (S)	Shannon-Wiener (H')	Equidad (J')
Época	Cálida	14	1.96	0.74
	Fría	14	2.28	0.86
Año	2013	7	1.51	0.78
	2014	10	1.78	0.77
	2015	15	2.17	0.80
Época por año	Fría (2013-2014)	9	2.07	0.94
	Cálida (2014)	9	1.33	0.61
	Fría (2014-2015)	12	2.01	0.81
	Cálida (2015)	14	2.04	0.77
Meses	Enero	5	1.32	0.82
	Febrero	8	1.65	0.79
	Marzo	9	1.41	0.64
	Abril	8	1.82	0.87
	Mayo	9	1.91	0.87
	Junio	12	1.96	0.79
	Julio	11	1.54	0.64
	Agosto	9	1.78	0.81
	Septiembre	10	1.97	0.85
	Octubre	6	0.98	0.55
	Noviembre	9	1.61	0.73
	Diciembre	8	1.80	0.87

Anexo 7. Valores de la prueba *t* de Hutcheson para los valores de diversidad de los distintos factores temporales calculados (épocas, años, épocas por años y meses). Se indican en rojo aquellos valores que estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

ÉPOCAS	Cálida	Fría
Cálida		
Fría	5.79	

AÑOS	2013	2014	2015
2013			
2014	3.85		
2015	9.99	6.91	

ÉPOCAS -AÑOS	Fría (2013-14)	Cálida (2014)	Fría (2014-15)	Cálida (2015)
Fría (2013-14)				
Cálida (2014)	12.94			
Fría (2014-15)	1.53	11.56		
Cálida (2015)	0.74	4.76	0.63	

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E												
F	5.62											
M	1.28	3.44										
A	7.77	2.90	5.53									
M	11.16	5.64	7.79	1.65								
J	10.84	5.85	7.93	2.34	1.10							
J	3.58	1.90	1.80	4.46	7.29	7.35						
A	7.70	2.41	5.26	0.70	2.76	3.36	4.12					
S	11.34	6.24	8.23	2.53	1.31	0.12	7.75	3.62				
O	5.62	12.32	6.18	13.87	19.42	17.9	9.68	14.44	18.79			
N	4.28	0.49	2.61	2.90	4.90	5.26	1.12	2.45	5.51	9.64		
D	8.85	3.18	5.97	0.35	2.64	3.27	4.98	0.47	3.58	16.53	3.02	