

Riqueza y abundancia relativa de los batoideos de la pesquería artesanal en el archipiélago Espíritu Santo, BCS, México

Richness and relative abundance of batoids from the artisanal fishery in the Espiritu Santo archipelago, BCS, Mexico

Lozano del Valle González-González¹, Víctor Hugo Cruz-Escalona¹, Nicolás Roberto Ehemann¹, Gustavo De la Cruz-Agüero¹, Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas¹, Paola Andrea Mejía-Falla^{2,3} y Andrés Felipe Navia²

Recibido: 20 de diciembre de 2019.

Aceptado: 20 de marzo de 2020.

Publicado: abril de 2020.

RESUMEN

Antecedentes: El Golfo de California presenta una alta diversidad de organismos marinos y es una de las principales áreas de pesca en México. La pesquería de tiburones y rayas constituye una importante actividad económica con relevancia social. **Objetivo:** En el presente estudio se estima la riqueza y abundancia relativa (expresada como CPUE), de 15 especies de batoideos capturados por la pesca artesanal en la zona sur de la Isla Espíritu Santo, B.C.S. desde octubre del 2013 a diciembre de 2015. **Métodos:** Los ejemplares capturados fueron determinados taxonómicamente al nivel de especie, medidos, sexados y pesados. La riqueza específica correspondió al número total de especies capturadas durante el periodo de estudio. Los datos de CPUE fueron estandarizados a 100 metros de red por hora (x100 como factor de escalamiento) y evaluados entre especies y a diferentes escalas temporales (época, año, época por año y meses). **Resultados:** Se capturó un total de 2198 individuos, agrupados en cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 15 especies. El esfuerzo nominal empleado fue de 27560 metros de red y 1763 horas de remojo. Las especies *Rostroraja velezi*, *Pseudobatos glaucostigma*, *Urobatis maculatus* y *Mobula mobular* fueron adicionadas a los listados ictiofaunísticos existentes para la Isla Espíritu Santo. *Mobula munkiana* e *Hypanus dipterurus*, fueron las especies de batoideos con la mayor contribución en abundancia y peso durante el tiempo de la investigación. La primera está protegida por leyes nacionales e internacionales y la segunda es una especie aprovechada comercialmente. **Conclusiones:** La superposición parcial de los valores de CPUE más altos registrados en la época cálida, con la veda y la actividad reproductiva de algunas especies en verano, podría contribuir como un efecto de recuperación poblacional si se regula el esfuerzo pesquero posterior a la veda.

Palabras claves: CPUE, Elasmobranchios, Golfo de California, Rayas.

ABSTRACT

Background: The Gulf of California possesses a high diversity of marine ichthyofauna while representing one of the main fishing areas in Mexico. The shark and ray fishery constitute an important economic and social importance. **Goals:** In the present study, the richness and relative abundance was estimated (expressed as CPUE), for 15 batoids species taken by the artisanal fisheries in the southern zone of the Espiritu Santo Island, State of B.C.S. from October 2013 to December 2015. **Methods:** Batoids were taxonomically identified to species level, measured, sexed and weighed and species richness calculated. Catch as CPUE was standardized to 100 m of gillnet per hour (x100 as a scaling factor) and evaluated among species and at different spatial scales (season, year, season per year and month). **Results:** A total of 2198 individuals were captured and comprised of four orders, 10 families, 10 genera, and 15 species. The nominal capture effort used was 27560 m of bottom-set gillnet and 1763 h submerged time. Four species, *Rostroraja velezi*, *Pseudobatos glaucostigma*, *Urobatis maculatus* and *Mobula mobular*, were added to the existing ichthyofauna listing for the Espiritu Santo Island. Additionally, *Mobula munkiana* and *Hypanus dipterurus* represented the highest contribution in abundance and weight during the time of this study. The first species is currently protected by national and international laws, whereas the latter is a commercially exploited species. **Conclusions:** The partial overlap of the highest CPUE values recorded in the warm season, with the fishing ban and the reproductive activity of some species in summer, could contribute as a population recovery effect if the fishing effort after the ban is regulated.

Keywords: CPUE, Elasmobranchs, Gulf of California, Skates and rays.

¹ Departamento de Pesquerías y Biología Marina, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, 23096. México

² Fundación colombiana para la investigación y conservación de tiburones y rayas, SQUALUS. Calle 10A No. 72-35, Cali, 760033. Colombia

³ Wildlife Conservation Society, WCS Colombia. Av. 5N No. 22N-11, Cali, 760046. Colombia

***Corresponding author:**

Víctor Hugo Cruz-Escalona: e-mail: vescalon@ipn.mx

To quote as:

González-González L. V., V. H. Cruz-Escalona, N. R. Ehemann, G. De La Cruz-Agüero, L. A. Abitia-Cárdenas, P. A. Mejía-Falla & A. F. Navia. 2020. Riqueza y abundancia relativa de los batoideos de la pesquería artesanal en el archipiélago Espíritu Santo, BCS, México. *Hidrobiológica* 30 (1):37-47.

DOI: 10.24275/uam/izt/dobs/hidro/2020v30n1/Gonzalez

INTRODUCCIÓN

En México, la pesca dirigida o incidental de tiburones y rayas constituye una actividad importante desde el punto de vista económico y social (Castillo-Geniz *et al.*, 1998; Bizzarro *et al.*, 2009a; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013), debido a la generación de empleos en las diferentes fases de la cadena productiva, iniciando con la captura hasta la comercialización de productos y subproductos pesqueros; así como a los efectos económicos indirectos en empleos por fabricación, reparación, venta y distribución de embarcaciones, motores, de materiales para la pesca y transformación, entre otros (DOF, 2007).

La pesquería comercial de batoideos en el Golfo de California es relativamente reciente, ya que fue hasta finales de los años 80's cuando comenzó esta actividad (Márquez-Farías & Blanco-Parra, 2006; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013). A principio de los años 90's, debido a una disminución en la captura del tiburón *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882) y el aumento en la demanda del recurso en el mercado, los pescadores artesanales iniciaron la captura de diferentes especies de batoideos como especies objetivo, para su posterior comercialización (Cudney-Bueno & Turk-Boyer, 1998; Márquez-Farías & Blanco-Parra, 2006; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013).

La pesquería artesanal de batoideos en el Golfo de California se encuentra en desarrollo desde hace varias décadas (Márquez-Farías & Blanco-Parra, 2006), y su captura sigue en incremento hasta la fecha (CONAPESCA, 2016). La pesquería ribereña artesanal de batoideos del estado de Baja California Sur (BCS), se ubica en el tercer lugar a nivel nacional con un 16.8% de las 9483 toneladas registradas para México (CONAPESCA, 2016).

El Golfo de California alberga una diversidad y abundancia relevante de fauna marina, gracias a sus particularidades hidrológicas, geológicas y biológicas, que lo convierten, además, en una de las principales áreas de pesca de México (Castro-Aguirre *et al.*, 1995; Lluch-Cota *et al.*, 2007). Las zonas de fondos rocosos a profundidades menores a los 50 m, ubicadas en la costa occidental del Golfo, incluyendo sus islas aledañas, han sido reseñadas con una alta diversidad íctica, en comparación con la zona oriental del mismo (Barjau *et al.*, 2012; Del Moral-Flores *et al.*, 2013).

La Isla Espíritu Santo (IES) se destaca por su elevada riqueza biológica dentro del conjunto de islas presentes en BCS, y alberga una de las mayores diversidades de peces reportadas para la región, explicada por diferentes factores, entre los que pueden resaltarse: la ubicación geográfica de la isla, alta heterogeneidad de hábitats, entre otros (Del Moral-Flores *et al.*, 2013). En el presente trabajo se determina y actualiza la riqueza específica de batoideos en la zona de estudio. De igual manera, se estudia por primera vez la abundancia relativa de los batoideos capturados regularmente en la IES por la flota de pesca artesanal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El complejo Insular Espíritu Santo está ubicado en la porción suroccidental del Golfo de California, frente a las costas del Estado de Baja California Sur (CONANP, 2000). Este complejo, desde hace más de una década, ha sido declarado Área Federal Protegida con la modalidad de Parque Nacional Archipiélago Espíritu Santo (PNAES), incluyéndola den-

tro de las Áreas Naturales Protegidas del Golfo de California que forman parte del Patrimonio Natural Mundial de la Humanidad de la UNESCO, siendo el primer Parque Nacional Mexicano en obtener el Certificado Lista Verde de UICN (CONANP, 2000; Olmos-Martínez *et al.*, 2015; Ortega-Rubio *et al.*, 2019), restringiendo la práctica de la pesca artesanal principalmente a la zona sur del PNAES (Figura 1).

La IES 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 litoral oriental de la IES es de bordes escarpados y presenta una sola playa extensa en la zona sur llamada "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 IES, las cuales son áreas frecuentadas por pescadores ribereños para la pesca de tiburones y rayas (Figura 1).

Trabajo de campo

Se realizó un muestreo sistemático con base en campañas mensuales realizadas a bordo de una embarcación de la flota de pesca artesanal, entre octubre de 2013 y diciembre de 2015 (excepto septiembre y noviembre de 2014 y enero de 2015). Las faenas de pesca, con una duración promedio de tres días, fueron independientes de las jornadas de trabajo del pescador. Se utilizaron redes de enmalle de fondo (agalleras) con dos a cuatro lienzos, cada una de 100 m de longitud, 1.5 m de alto y con luz de malla de 25 cm (8"). Las redes fueron colocadas a profundidades entre los 5 y 65 m al atardecer y recuperadas a la mañana del siguiente día. Los ejemplares pertenecientes al género *Mobula* son especies protegidas por leyes nacionales e internacionales (DOF, 2007; IUCN, 2019), por lo tanto, fueron identificados, contados, y cuando fue posible medidos y pesados en la embarcación, para ser liberados vivos inmediatamente.

Los ejemplares del resto de las especies fueron llevados a la zona de desembarco conocida como campamento "El Morrito" para ser identificados empleando guías generales y específicas para este grupo de peces (Fischer *et al.*, 1995; McEachran & Notarbartolo-di-Sciara, 1995; Castro-Aguirre & Espinosa-Pérez, 1996; Corro-Espinosa & Ramos-Carillo, 2004; Mejía-Falla *et al.*, 2011). Los ejemplares fueron medidos con una cinta métrica (± 0.1 cm de precisión) y pesados con una báscula digital marca Rapala modelo Mini Digital Fish Scale (50 libras) (± 0.1 kg).

El arreglo sistemático de las especies identificadas y la validación de la nomenclatura científica se realizó de acuerdo con Last *et al.* (2016) y Fricke *et al.* (2020). Ejemplares de referencia fueron depositados en la Colección Ictiológica del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CI-CICIMAR-IPN), para su respectivo proceso de preservación y asignación de código de registro (<http://coleccion.cicimar.ipn.mx/>).

Organización de los datos

El tratamiento de datos se realizó tomando en consideración la variación temporal del muestreo. Esto permitió realizar un análisis a diferentes resoluciones temporales mediante el agrupamiento de los datos, así: por mes, por año, por época climática, y por época climática por año.

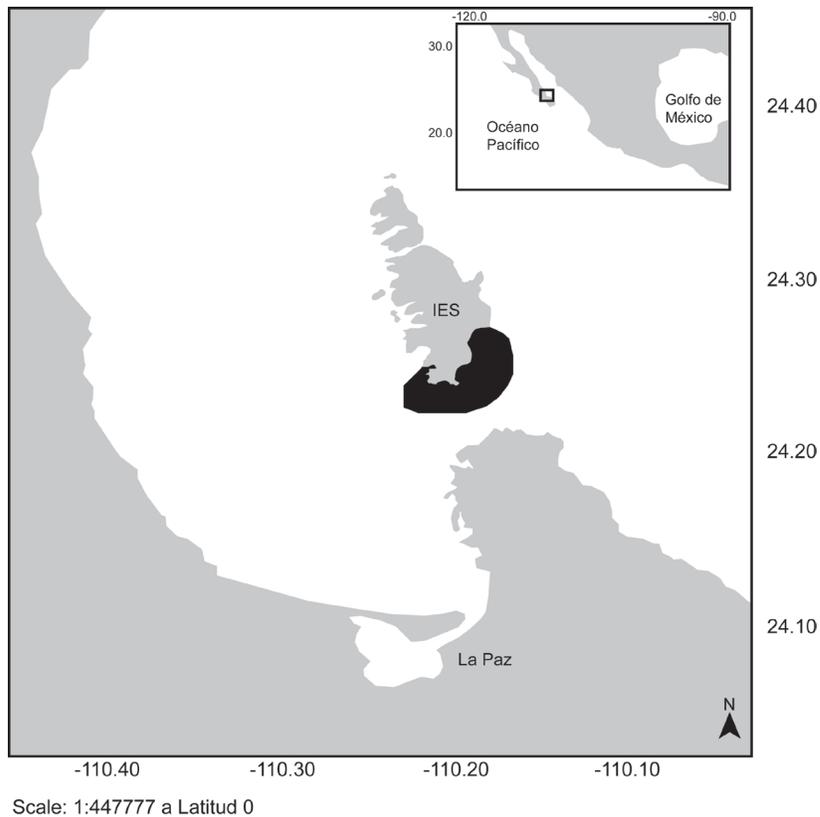


Figura 1. Área de captura de los batoideos (zona sombreada) en la Isla Espíritu Santo, BCS.

Para el año 2013 se muestreó solamente en el periodo octubre-diciembre, para el 2014 fueron 10 meses de muestreo (con excepción de septiembre y noviembre) y para el 2015, fueron muestreados todos los meses del año, exceptuando enero. Con base en esto, los meses de muestreo fueron agrupados en épocas climáticas siguiendo el criterio de Guevara-Guillén *et al.* (2015): época fría 2013-2014 (diciembre 2013 a mayo 2014), época cálida 2014 (junio, julio, agosto y octubre), época fría 2014-2015 (desde diciembre de 2014 a mayo del 2015), época cálida 2015 (junio a noviembre), y para el arreglo mensual, los meses iguales correspondientes de cada año fueron considerados réplicas y agrupados como uno solo. Una vez agrupados los datos, acorde a las diferentes escalas temporales, se realizaron comparaciones entre ellas, promediando los valores de cada muestreo para cada especie capturada en cada una de las épocas o meses, ponderadas por el número total de observaciones correspondientes.

Descripción de la comunidad

La riqueza específica se calculó como el número total de especies capturadas en los muestreos y el peso total se tabuló en aquellas especies para las cuales fue posible realizar el registro completo de la información, 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 los individuos por especie y el promedio de tallas capturadas con su desviación estándar. Para los ejemplares cuya única información registrada fue la talla, el peso fue estimado mediante la ecuación de la relación longitud-peso y las constantes *a* y *b* para cada especie de

acuerdo con lo publicado por Blanco-Parra *et al.* (2009), Froese *et al.*, (2014) y Ehemann *et al.* (2017a).

Estandarización del esfuerzo

Dado que el tamaño de la red y el tiempo efectivo de pesca fue relativamente heterogéneo entre los muestreos, la abundancia relativa de la CPUE fue estandarizada a una red de 100m de longitud por hora (x100 como factor de escalamiento) de la siguiente manera:

donde:

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

CPUE: Captura por Unidad de Esfuerzo empleando la abundancia relativa de los individuos capturados en 100m de red por hora para especie, épocas, años, época por año y meses.

C_i: número individuos capturados en la faena *i*.

t_i: número total de horas de la faena *i* (horas efectivas de pesca).

r_i: metros de la red de pesca en la faena *i*.

tst: tiempo estándar (1 hora).

n: número total de observaciones (lances) correspondiente a la variable calculada.

Posteriormente se generó una matriz de abundancia relativa de las especies como captura por unidad de esfuerzo (CPUE), considerando el número ejemplares de cada especie capturados para 100 m de red por hora (CPUE= ind*h⁻¹*100m red⁻¹).

La normalidad de los datos fue verificada empleando la prueba de Shapiro-Wilk. De ser el caso, se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en la CPUE entre las escalas temporales (años, meses, y épocas por años) y entre especies. En los casos en donde hubo diferencias significativas, se realizó una prueba de comparaciones múltiples no paramétrica. Para la escala temporal entre épocas (cálida y fría) se utilizó la prueba de Mann-Whitney.

RESULTADOS

Riqueza específica y peso: durante los 24 meses de estudio, se capturó un total de 2198 batoideos pertenecientes a cuatro órdenes, 10 familias, 10 géneros y 15 especies (Tabla 1). El esfuerzo total aplicado fue de 27560 metros de red y 1763 horas efectivas de pesca o remojo. La biomasa total registrada fue de 8283.8 kg, correspondiente a 1983 individuos capturados, medidos y pesados (Tabla 1). La diferencia del 9.7% en el número de ejemplares cuantificados y los empleados para la estimación del peso, se debe a que 190 ejemplares del género *Mobula* fueron devueltos al mar inmediatamente, sumado a 26 individuos de otras especies que se encontraron depredados por otros animales mientras permanecieron en la red.

El orden mejor representado fue Myliobatiformes (seis familias, seis géneros y 11 especies), cuya mayor riqueza específica (tres especies) fue registrada para el género *Urobatis* spp; mientras que *Gymnura* sp. y *Rhinoptera* sp. presentaron sólo una especie. El orden Rhinoprístiformes estuvo representado por dos familias (Rhinobatidae y Trygonorrhinidae), dos géneros y dos especies. Los órdenes Torpediniformes y Rajiformes estuvieron representados por una sola especie (Tabla 1).

Las especies con mayor contribución en peso total fueron: *H. dipterurus* (3604.4 kg), *M. munkiana* (2264.8 kg), *R. steindachneri* (879.6 kg) y *N. entemedor* (748.4 kg); sin embargo, el peso promedio por individuo fue mayor en *H. longus* (8.7 kg ±3.5), seguida de *H. dipterurus* (5.7 kg ±4.1), *R. steindachneri* (5.2 kg ±3.2) y *M. longirostris* (5.1 kg ±3.0). Caso contrario fue el registrado para las especies *U. concentricus* (1.6 kg ±0.6), *P. glaucostigma* (1.2 kg ±0.6), *U. halleri* (0.9 kg ±3.2) y *U. maculatus* (0.5 kg ±0.2), las cuales contribuyeron con los menores valores de biomasa (Tabla 1).

Abundancia relativa (CPUE): La CPUE difirió significativamente en todas las escalas temporales excepto para meses, esto es: épocas (U_(1, n= 112)= 1074; p= 0.007), años (H_(2, n= 112)= 27.933; p= 0.0001), épocas por años (H_(3, n= 99)= 30.755; p= 0.0001). La CPUE fue mayor durante la época cálida (Me= 54.4 ind*h⁻¹*100m red⁻¹) que durante la época fría (Me= 22.5 ind*h⁻¹*100m red⁻¹; Tabla 2; Figura 2a). El año 2015 registró la CPUE más alta (Me= 66.8 ind*h⁻¹*100m red⁻¹), estadísticamente diferente (p= 0.0001) de los otros dos años de estudio (Figura 2b).

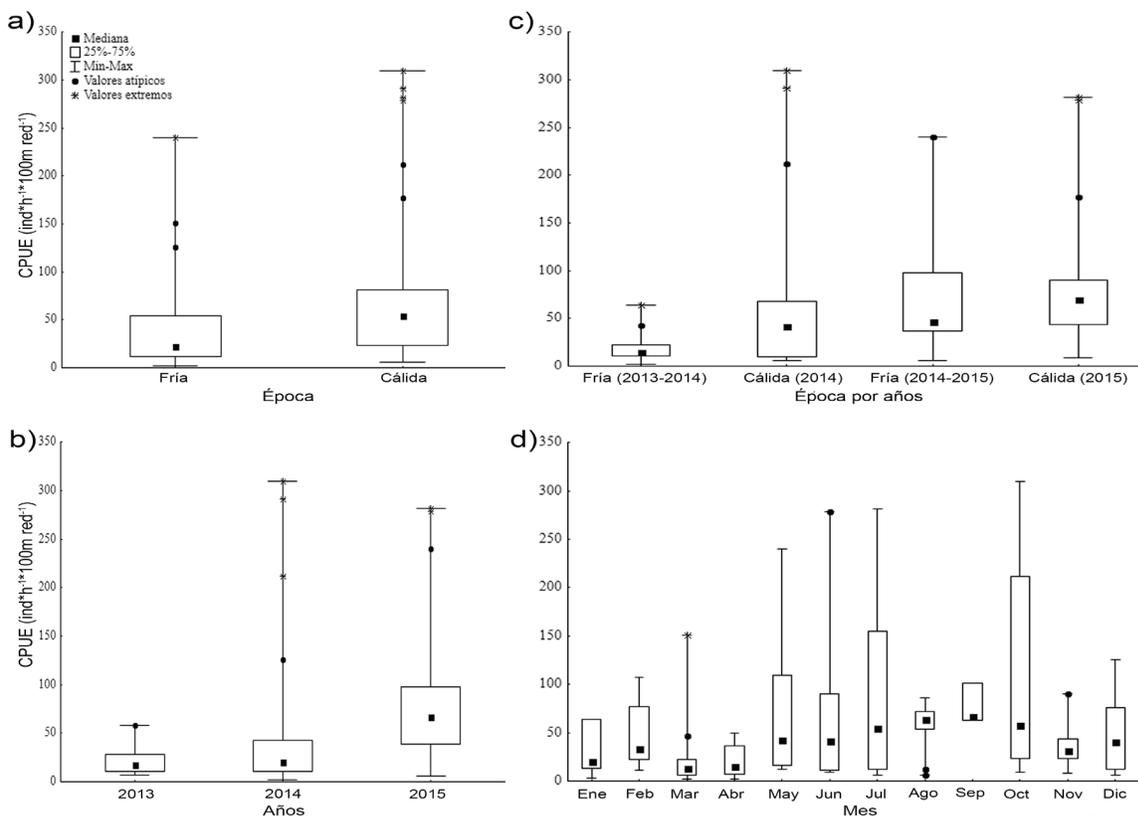


Figura 2. Variación de la CPUE de batoideos en la Isla Espíritu Santo: a) estacional-global, b) interanual, c) estacional-año, d) intermensual.

Tabla 1. 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 DE: desviación estándar.

| ORDEN/Familia/Especie | n | Peso (kg) | | | Talla (cm) | |
|--|-----|-----------|----------|------------------|--------------|------------------|
| | | Total | Min-Max | $\bar{X} \pm DE$ | Min-Max | $\bar{X} \pm DE$ |
| MYLIOBATIFORMES | | | | | | |
| Dasyatidae | | | | | | |
| <i>Hypanus dipterurus</i> (Jordan & Gilbert, 1880) | 636 | 3604.4 | 0.9-35.3 | 5.7 \pm 4.1 | 28.1-89 AD | 48.0 \pm 16.1 |
| <i>Hypanus longus</i> (Garman, 1880) | 54 | 469.1 | 1.1-36.6 | 8.7 \pm 3.5 | 30.3-110 AD | 63.5 \pm 16.3 |
| Gymnuridae | | | | | | |
| <i>Gymnura marmorata</i> (Cooper, 1864) | 12 | 34.4 | 0.5-8.2 | 2.9 \pm 2.5 | 38-93 AD | 59.9 \pm 18.3 |
| Mobulidae | | | | | | |
| <i>Mobula munkiana</i> Notarbartolo-di-Sciara, 1987 | 723 | 2264.8 | 0.6-17.0 | 3.1 \pm 2.0 | 41.1-112 AD | 64.0 \pm 10.2 |
| <i>Mobula mobular</i> (Bonnaterre, 1788) | 1 | 9.9 | - | - | 107.6 AD | - |
| Myliobatidae | | | | | | |
| <i>Myliobatis longirostris</i> Applegate & Fitch, 1964 | 16 | 81.4 | 1.0-11.8 | 5.1 \pm 3.0 | 42-97 AD | 70.1 \pm 15.6 |
| <i>Myliobatis californica</i> Gill, 1865 | 5 | 10.1 | 0.8-3.1 | 2.0 \pm 1.0 | 39.2-60.5 AD | 52.1 \pm 18.3 |
| Rhinopteridae | | | | | | |
| <i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann & Jenkins, 1891 | 169 | 879.6 | 2.2-14.9 | 5.2 \pm 3.2 | 54-91.6 AD | 69.1 \pm 16.6 |
| Urotrygonidae | | | | | | |
| <i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863) | 12 | 11.2 | 0.4-1.7 | 0.9 \pm 3.2 | 20-29 AD | 23.5 \pm 2.8 |
| <i>Urobatis concentricus</i> Osburn & Nichols, 1916 | 8 | 12.8 | 0.7-2.7 | 1.6 \pm 0.6 | 26.5-37.6 AD | 31.5 \pm 3.9 |
| <i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913 | 6 | 3.5 | 0.2-0.9 | 0.5 \pm 0.2 | 18.7-24.3 AD | 21.7 \pm 2.4 |
| RAJIFORMES | | | | | | |
| Rajidae | | | | | | |
| <i>Rostroraja velezi</i> (Chirichigno F., 1973) | 5 | 17.0 | 2.2-5.2 | 3.4 \pm 1.2 | 56.5-68.0 AD | 61.7 \pm 5.4 |
| RHINOPRISTIFORMES | | | | | | |
| Rhinobatidae | | | | | | |
| <i>Pseudobatos glaucostigma</i> (Jordan & Gilbert, 1883) | 26 | 30.2 | 0.7-1.8 | 1.2 \pm 0.6 | 59.5-75 LT | 68.8 \pm 3.6 |
| Trygonorrhinidae | | | | | | |
| <i>Zapteryx exasperata</i> (Jordan & Gilbert, 1880) | 59 | 107 | 1.3-3.2 | 1.8 \pm 0.3 | 64.5-80.4 LT | 73.2 \pm 3.4 |
| TORPEDINIFORMES | | | | | | |
| Narcinidae | | | | | | |
| <i>Narcine entemedor</i> Jordan & Starks, 1895 | 251 | 748.4 | 0.8-6.4 | 3.0 \pm 1.2 | 41.5-84 LT | 64.5 \pm 8.7 |

La CPUE estimada para la temporada fría 2013-2014 registró las capturas más bajas ($Me = 14.5 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 100\text{m red}^{-1}$), difiriendo significativamente con la época fría 2014-2015 ($Z = 3.921$; $p = 0.0001$) y cálida 2015 ($Z = 5.131$; $p = 0.0001$); sin embargo, no presentó diferencia con respecto a la época cálida 2014 (Tabla 2; Figura 2c). La mayoría de los meses fríos (enero, marzo y abril) presentaron las CPUEs más bajas (Tabla 2; Figura 2d).

Mobula munkiana ($Me = 10.9 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 100\text{m red}^{-1}$) e *H. dipterurus* ($Me = 8.8 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 100\text{m red}^{-1}$) presentaron los mayores valores de CPUE, seguidas por *N. entemedor* ($Me = 6.1 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 100\text{m red}^{-1}$) y *R. steindachneri* ($Me = 5.3 \text{ ind} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 100\text{m red}^{-1}$).

Únicamente la CPUE de *M. munkiana* y *H. dipterurus* presentaron diferencias significativas con respecto a las demás especies.

Para *M. munkiana* con *R. steindachneri* ($Z= 3.516$; $p<0.05$), *N. entemedor* ($Z= 3.8$; $p<0.05$), *Z. 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* ($Z= 4.4$; $p<0.01$), *G. marmorata* ($Z= 3.577$; $p<0.05$) y *U. maculatus* ($Z= 3.823$; $p<0.05$). Por otro lado, *H. dipterurus* con *Z. exasperata* ($Z= 4.315$; $p<0.01$), *H. longus* ($Z= 5.370$; $p<0.001$), *M. longirostris* ($Z= 4.061$; $p<0.01$) y *U. halleri* ($Z= 3.820$; $p<0.05$).

Los valores de la mediana de CPUE de cada especie para cada factor temporal estudiado se detallan en la Tabla 3.

Tabla 2. Valores del tamaño de muestra válido (n), mediana (Me), media, mínimos (Mín) y máximos (Máx) de la CPUE (# ind*h⁻¹*100m red⁻¹) para las distintas temporalidades calculadas.

| Temporalidad | | n | Me | Media | Mín | Máx |
|------------------------|------------------|----|------|-------|------|-------|
| Épocas | Cálida | 48 | 54.4 | 74.5 | 5.9 | 309.2 |
| | Fría | 64 | 22.5 | 40.6 | 2.2 | 240.0 |
| Años | 2013 | 14 | 17.7 | 20.9 | 6.4 | 58.0 |
| | 2014 | 48 | 20.3 | 41.6 | 2.2 | 309.2 |
| | 2015 | 50 | 66.8 | 77.7 | 5.8 | 281.3 |
| Épocas por años | Fría (2013-2014) | 37 | 14.5 | 19.2 | 2.2 | 64.2 |
| | Cálida (2014) | 15 | 41.4 | 77.8 | 5.9 | 309.2 |
| | Fría (2014-2015) | 21 | 46.1 | 67.8 | 5.8 | 240.0 |
| | Cálida (2015) | 26 | 69.4 | 84.8 | 8.6 | 281.3 |
| Meses | Enero | 7 | 20.7 | 32.5 | 3.0 | 64.2 |
| | Febrero | 10 | 33.5 | 49.8 | 11.1 | 107.4 |
| | Marzo | 14 | 13.7 | 26.0 | 2.3 | 151.1 |
| | Abril | 10 | 15.3 | 21.4 | 2.2 | 49.4 |
| | Mayo | 7 | 42.8 | 76.5 | 12.6 | 240.0 |
| | Junio | 7 | 41.4 | 76.2 | 9.3 | 278.8 |
| | Julio | 8 | 54.8 | 91.4 | 6.4 | 281.3 |
| | Agosto | 9 | 63.6 | 54.7 | 5.9 | 86.4 |
| | Septiembre | 3 | 67.0 | 76.9 | 62.5 | 101.3 |
| | Octubre | 11 | 58.0 | 111.4 | 8.9 | 309.2 |
| | Noviembre | 10 | 31.5 | 36.4 | 8.4 | 90.5 |
| | Diciembre | 16 | 40.6 | 47.4 | 6.4 | 125.5 |

DISCUSIÓN

Riqueza específica

A la fecha se han descrito 646 especies de batoideos a nivel mundial (Last et al., 2016; Weigmann, 2017), con reportes actuales de 98 especies (15.2%) para la Zona Económica Exclusiva de México, de los cuales el 8.5% (55 especies) se distribuyen en el Pacífico mexicano y Golfo de California (Ehemann et al., 2018). Para el Golfo de California han sido reportadas 36 especies de batoideos, 31 de las cuales ocurren en la Bahía de La Paz (Abitia-Cárdenas 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; González-Acosta et al., 2018; Burgos-Vázquez et al., 2019a).

Investigaciones relacionadas con batoideos en la IES han aumentado en años recientes (Burgos-Vázquez et al., 2017, 2018, 2019a; 2019b; Ehemann et al., 2017a; 2017b; 2019;). Del Moral-Flores et al. (2013) reportó ocho especies de batoideos para la IES [i.e. *Diplobatis ommata* (Jordan & Gilbert, 1890), *Narcine entemedor*, *Z. exasperata*, *Urobatis concentricus*, *U. halleri*, *Dasyatis dipterura* (*Hypanus dipterurus*), *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790) actualmente *Aetobatus laticeps* (Gill 1865) y *M. munkiana*]. Recientemente, Ehemann et al. (2017a) incluyeron a las especies, *Myliobatis longirostris* Applegate & Fitch 1964, *M. californica*, *Gymnura marmorata*, *H. longus* y *Rhinoptera steindachneri* a la lista de batoideos para la IES. La presente investigación adiciona las especies *M. mobular*, *P. glaucostigma*, *R. velezi* y *U. maculatus*, incrementando la riqueza conocida de batoideos de la IES a 17 especies (47.2% de las reportadas para el Golfo de California). Esto la convierte en la isla de mayor riqueza específica de batoideos en todo el Golfo de California, seguida de la Isla Cerralvo con 13 especies (36.11%; Del Moral-Flores et al., 2013).

La riqueza específica de batoideos reportada para la IES así como para Isla Cerralvo, puede estar relacionada con la presencia de “bajos” o montañas submarinas y de arrecifes rocosos en las Islas. Esto se asocia con hábitats que favorecen una alta diversidad y abundancia de alimento, así como procesos de enriquecimiento, producto del corte y transporte vertical de las corrientes, remolinos del Golfo de California, entre otros, que incrementan los recursos tróficos potenciales para la comunidad de batoideos (Del Moral-Flores, 2010; Restrepo-Gómez, 2017; Cabrera-Meléndez, 2018; González-Rodríguez et al., 2018; Ehemann et al., 2019).

El orden Rajiformes contribuye con la mayor riqueza específica global entre los batoideos y los condriictos (Nelson et al., 2016; Weigmann, 2016; Weigmann, 2017); sin embargo, en el presente estudio este taxón estuvo representado únicamente por la especie *R. velezi*. Una posible explicación a dicho resultado es que los rájidos se distribuyen generalmente en profundidades promedio de 300m (Robertson & Allen, 2015), en comparación a la máxima profundidad (63 metros) a la que fueron caladas las redes de pesca en este estudio.

Peso y abundancia relativa (CPUE)

Los valores reseñados como atípicos y extremos por los estadísticos (Figura 2) pueden ser asociados a procesos etológicos y migratorios característicos de *M. munkiana*, como ha sido descrito para la IES y para diversas zonas del Pacífico Occidental (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Francis & Jones, 2016; Díaz-Palacios, 2018).

Las diferencias interespecificas en peso son el resultado de la biomasa individual. Aunque *H. dipterurus* con un ancho de disco menor comparado con *M. munkiana*, su peso promedio fue mayor. Caso similar ocurrió con *H. longus*, cuyo peso promedio individual fue mayor que el de ejemplares de tallas más grandes de otras especies.

Valadez-González (2007) reportó para la costa de Jalisco siete especies de batoideos en común con esta investigación, pero con tallas y biomazas menores a este estudio. Estas diferencias posiblemente se deben a los diferentes artes de pesca empleados para la captura de los organismos en ambos estudios (redes de arrastre camaroneros vs. red de enmalle).

La mayor abundancia relativa de batoideos registrados en el presente estudio ocurrió durante la época cálida (Tabla 3), lo cual contrasta con lo previamente documentado para la costa oriental de BCS (Bizzarro *et al.*, 2009a). Estos autores señalan las mayores capturas durante marzo-mayo (119 individuos) y enero-febrero (95 individuos), lo cual corresponde con nuestra época fría. Estas diferencias podrían ser atribuidas, al arte de pesca empleado y al diseño del muestreo utilizados en cada estudio. En el presente estudio el diseño de muestreo fue sistemático (tres años continuos de muestreo, dirigido exclusivamente a especies de batoideos), mientras en el estudio de Bizzarro *et al.* (2009) los muestreos fueron de oportunidad, dado que el mayor esfuerzo de pesca estuvo dirigido a la captura de tiburones durante el verano y otoño, limitando la captura de batoideos.

Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio son congruentes con otras localidades del Golfo de California, específicamente para las costas de Sonora, donde la mayor captura de batoideos se presentó durante los meses de junio-agosto (60.7 individuos/barco/viaje), coincidiendo con la época cálida (Tabla 3; Bizzarro *et al.*, 2009b).

Los cambios en la temperatura superficial del mar del Golfo de California, la cual se expresa diferencialmente entre periodos (Bizzarro *et al.*, 2009a; 2009b; Barjau *et al.*, 2012) también constituyen una explicación fundamental en las diferencias o similitudes encontradas con la presente investigación. En la Bahía de La Paz, la variabilidad térmica puede presentar intervalos de hasta 10°C entre los meses de menor y mayor temperatura (Guevara-Guillén *et al.*, 2015), siguiendo un patrón relacionado con el ciclo estacional de la radiación solar sobre la Bahía (Reyes-Salinas *et al.*, 2003). Particularmente, en el año 2014, las condiciones oceanográficas en la Bahía de La Paz estuvieron afectadas por varios eventos naturales (*e.g.* año Niño, huracán Odile), fenómenos que pudieron tener un efecto reflejado en las bajas capturas obtenidas durante ese año, en comparación con el 2015 (Tabla 3).

Los resultados obtenidos referentes a las diferencias temporales en la CPUE permiten soportar la explicación originada por la dominancia de las principales especies capturadas en aguas locales (Tabla 3). Por ejemplo, *M. munkiana* está presente con mayor abundancia durante los meses cálidos (74.2%) aunque se presenta durante todo el año. 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. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a), *N. entemedor* (Villavicencio-Garayzar, 1993b) y *R. steindachneri* (Bizzarro *et al.*, 2007).

Por otro lado, las mayores capturas de *M. munkiana* (24.7% del total) 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. Por otra parte, en las costas de Sonora, las mayores CPUE correspondieron principalmente a *P. productus* (46.3%), seguido de *H. dipterurus* (15.7%), *Gymnura* spp. (12.9%) y *R. steindachneri* (11%) (Bizzarro *et al.*, 2009b), lo cual difiere de lo encontrado en este estudio. Las diferencias entre las capturas de las costas de Sonora y BCS, podrían ser explicadas o influenciadas por las características del hábitat, artes de pesca empleados, tipo de muestreo, entre otras. Además, 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, lo cual podría favorecer una mayor concentración de batoideos de hábitos bentónicos y someros, como el caso de *P. productus*, en comparación con *M. munkiana*, especie de hábitos pelágicos.

Las especies dominantes con base en la abundancia relativa durante el periodo de estudio fueron *M. munkiana* e *H. dipterurus*. En el caso de *M. munkiana*, su alta abundancia puede ser explicada por su comportamiento gregario, el cual está ampliamente documentado en la literatura (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Díaz-Palacios, 2018), donde se han reportado agregaciones masivas en el sur del Golfo de California con fines reproductivos. Con respecto a *H. dipterurus*, su alta abundancia podría estar influenciada por el tipo de arte de pesca utilizado y la ubicación del mismo en la columna del agua. Es de resaltar que esta es una de las pocas especies de batoideos con captura dirigida en el área de estudio.

A pesar que no se encontraron diferencias estadísticas en la CPUE entre meses, las medianas fueron más altas en el trimestre agosto-octubre, periodo posterior a la veda de este recurso pesquero para la zona de estudio (mayo-julio). Por lo tanto, la implementación de la veda nacional podría tener una implicación favorable en la pesca sustentable de este recurso pesquero, otorgando un “descanso” al constante esfuerzo de captura que se mantiene sobre estas especies por parte de la pesca artesanal en la zona estudiada. Durante este tiempo de veda, el esfuerzo pesquero artesanal es canalizado y dirigido a otros recursos marinos locales, principalmente al conocido como pescado de escama (*e.g.* *Lutjanus* spp., *Centropomus* spp., *Mugil* spp., entre otros). Este tiempo también es aprovechado para la reparación/adquisición de aparejos de pesca (*e.g.* agalleros) o de sus embarcaciones. Este tipo de rotación de recursos marinos ha sido previamente documentado para otras pesquerías artesanales de batoideos costeros-demersales (Tagliafico *et al.*, 2013; Tagliafico *et al.*, 2016).

Finalmente, las mayores abundancias relativas de batoideos en los meses de verano (mayo a septiembre) se sobreponen parcialmente con la veda nacional (mayo a julio), sugiriendo un efecto de protección para estas especies al reducir la presión pesquera durante estos meses. A este efecto de menor presión se suma que algunas especies en la zona desarrollan parte de su ciclo reproductivo durante los meses de verano, otorgando esta veda tiempo para el desarrollo de procesos de apareamiento, ovulación y nacimiento de *Rhinoptera steindachneri* (Burgos-Vázquez *et al.*, 2018) y de ovulación y crecimiento embrionario en *Narcine entemedor* (Burgos-Vázquez *et al.*, 2017). Sin embargo, para evitar un efecto de rebote en la CPUE al finalizar la veda, y así permitir que el efecto positivo de ésta se refleje en el reclutamiento y el tamaño poblacional de las especies, es importante mantener un control o límite del esfuerzo pesquero que se ejerce en los meses posteriores a la veda.

Tabla 3. Valores de la mediana (Me) de la CPUE (ind* h^{-1} *100m red $^{-1}$) para las distintas temporalidades calculadas por especie. Los valores más altos están resaltados en negrita. Especie (Sp.); Cálida (C); Fria (F); 2013 (13); 2014 (14); 2015 (15); Enero (E); Febrero (F); Marzo (Mz) Abril (Ab); Mayo (My); Junio (Jn); Julio (Jl); Agosto (Ag); Septiembre (S); Octubre (O); Noviembre (N); Diciembre (D); *Pseudobatos glaucostigma* (Pg); *Zapteryx exasperata* (Z.e); *Narcine entemedor* (N.e); *Rostroraja velezi* (R.v); *Gymnura marmorata* (G.m); *Hypanus dipterus* (H.d); *Hypanus longus* (H.l); *Urobatis concentricus* (U.c); *Urobatis halleri* (U.h); *Urobatis maculatus* (U.m); *Myliobatis californica* (M.c) *Myliobatis longirostris* (M.l); *Rhinoptera steindachneri* (R.s); *Mobula mobular* (M.mo) y *Mobula munkiana* (M.mu).

| Sp. | Época | | | | | | | | | | | | Años | | | | | | | | | | | | Época por año | | | | | | | | | | | | Meses | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|------|---------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|------|---------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|--|--|--|--|--|--|
| | C | F | 13 | 14 | 15 | F 13-14 | C 14 | F 14-15 | C 15 | E | Fe | Mz | Ab | My | Jn | Jl | Ag | S | O | N | D | C | F | 13 | 14 | 15 | F 13-14 | C 14 | F 14-15 | C 15 | E | Fe | 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 | 3.9 | 2.6 | 7.7 | 4.0 | 5.4 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 13.8 | 5.1 | 6.5 | 0.0 | 0.0 | 5.4 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 5.1 | 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 | 0.0 | 6.2 | 13.8 | 3.8 | 2.7 | 7.2 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 3.3 | 3.8 | 2.1 | 3.8 | 4.9 | 3.7 | 2.9 | 3.9 | 4.9 | 3.9 | 2.5 | 0.0 | 6.2 | 13.8 | 3.8 | 2.7 | 7.2 | 0.0 | 0.0 | 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 | 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 | 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 | 3.5 | 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 | 3.9 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 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 | 27.6 | 4.8 | 13.6 | 21.6 | 10.5 | 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 | 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 | 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 | 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 | 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 | 2.5 | 3.5 | 0.0 | 2.4 | 4.3 | 0.0 | 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 | 2.2 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 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 | 2.4 | 0.0 | 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 | 5.6 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 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 | 1.6 | 0.0 | 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 | 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 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 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 | 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 | | | | | | |

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Juan Higuera (pescador) y a su esposa por toda la ayuda en el trabajo de campo. Al CONACyT y al CICIMAR-IPN por el apoyo en la parte logística. La presente contribución forma parte de los proyectos de investigación SEP-CONACyT 180894 y SIP-IPN 20195579. VCH, GCA y LAAC agradecen los apoyos otorgados por los Programas COFAA y EDI del Instituto Politécnico Nacional, así como SNI-CONACyT. LVGG y NRE agradecen a las becas de estudio de posgrado CONACyT y BEIFI del Instituto Politécnico Nacional. PAMF y AFN agradecen a las becas de posdoctorado del proyecto SEP-CONACyT (SEP-CONACyT/CB-2012/180894).

REFERENCIAS

- 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. DOI:10.7773/cm.v20i2.963
- ARIZPE, O. 1997. La isla Espíritu Santo, B.C.S. *In: Urbán, R. & M. Ramírez (eds.). La Bahía de La Paz, investigaciones y conservación.* UABCS-CICIMAR-SCRIPPS, pp. 305-314.
- BALART, E. F., J. L. CASTRO-AGUIRRE, D. AURIOLAS-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. DOI: 10.15517/RBT.V60I2.3957
- BIZZARRO, J. J., W. D. SMITH, J. F. MÁRQUEZ-FARIAS & 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. DOI: 10.1016/j.fishres.2006.10.016
- 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. DOI: 10.3160/0038-3872-108.3.137
- BIZZARRO, J. J., W. D. SMITH, J. F. MÁRQUEZ-FARIAS, J. TYMINSKI & R. E. HUETER. 2009b. Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fisheries Research* 97(1): 103-117. DOI: 10.1016/j.fishres.2009.01.009.
- BLANCO-PARRA, M. P., F. MÁRQUEZ-FARÍA & F. GALVÁN-MAGAÑA. 2009. Fishery and morphometric relationships of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata* (Elasmobranchii, Rhinobatidae), from the Gulf of California, Mexico. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4 (4): 456-465.
- BURGOS-VÁZQUEZ M. I., P. A. MEJÍA-FALLA, V. H. CRUZ-ESCALONA & N. J. BROWN-PEETERSON. 2017. Reproductive Strategy of the Giant Electric Ray in the Southern Gulf of California. *Marine and Coastal Fisheries* 9 (1): 577-596. DOI: 10.1080/19425120.2017.1370042
- BURGOS-VÁZQUEZ, M. I., V. E. CHÁVEZ-GARCÍA, V. H. CRUZ-ESCALONA, A. F. NAVIA & P. A. MEJÍA-FALLA. 2018. Reproductive strategy of the Pacific cownose ray *Rhinoptera steindachneri* in the southern Gulf of California. *Marine and Freshwater Research* 70 (1): 93-106. DOI: 10.1071/MF18096
- BURGOS-VÁZQUEZ, M. I., V. H. CRUZ-ESCALONA & A. F. GONZÁLEZ-ACOSTA. 2019a. Biological Notes and Distribution of *Tetronarce californica* (Ayres 1855) (Elasmobranchii: Torpediniformes: Torpedinidae) from the Gulf of California, Mexico. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences* 35: 369-374. DOI: 10.1007/s41208-019-00136-4
- BURGOS-VÁZQUEZ, M. I., L. V. GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, P. A. MEJÍA-FALLA & V. H. CRUZ-ESCALONA. 2019b. First record of monoclasper in the Banded guitarfish, *Zapteryx exasperata* in the Gulf of California, Mexico. *CICIMAR Oceanides* 34 (1): 41-44.
- CABRERA MELÉNDEZ P. 2018. Hábitos alimentarios de *Narcine entemedor*, en la Bahía de La Paz, México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 79 p.
- CASTILLO-GENIZ, J. L., J. F. MÁRQUEZ-FARIAS, M. C. RODRÍGUEZ DE LA CRUZ, E. CORTES & A. CID DEL RADO. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Marine and Freshwater Research* 49 (7): 611-620. DOI:10.1071/MF97120
- 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 p.
- 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. *In: Urbán, R.J. & M. Ramírez (eds.). La Bahía de La Paz investigación y conservación.* UABCS – CICIMAR- SCRIPPS, pp. 139-150.
- CONAPESCA (COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA). 2016. Estadística Pesquera y Acuícola de México: Información estadística por especies y entidad. Disponible en línea en: http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad (consultado el 06 octubre 2019).
- 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 p.
- 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 p.
- CUDNEY-BUENO, R. & P. TURK-BOYER. 1998. *Pescando entre mareas del alto Golfo de California; una guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo*. CEDO intercultural, Serie técnica No. 1. Sonora, México. 166 p.

- DEL MORAL-FLORES, L. F. 2010. Diversidad y patrones biogeográficos de la ictiofauna asociada a los complejos insulares del Golfo de California. Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 269 p.
- 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 (1): 184-214. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2013.1.864
- DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2007. *Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento*. SAGARPA, México. D.F.19 p.
- DÍAZ-PALACIO M. L. 2018. The Nursery Area of the Devil Ray (*Mobula munkiana*) at a marine protected area in the Espíritu Santo Archipelago, Gulf of California, Mexico. Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 55 p.
- EHEMANN, N. R., X. A. PÉREZ-PALAFIX, P. MORA-ZAMACONA, M. I. BURGOS-VÁZQUEZ, A. F. NAVIA, P. A. MEJÍA-FALLA & V. H. CRUZ-ESCALONA. 2017a. Size-weight relationships of batoids captured by artisanal fishery in the southern Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 33 (5): 1051-1054. DOI: 10.1111/jai.13421
- EHEMANN, N. R., X. A. PÉREZ-PALAFIX, K. A. PABÓN-ALDANA, P. A. MEJÍA-FALLA, A. F. NAVIA & V. H. CRUZ-ESCALONA. 2017b. Biological notes on the reef stingray, *Urobatis concentricus*, an endemic species of Mexico. *Journal of Fish Biology* 91 (4): 1228-1235. DOI: 10.1111/jfb.13398
- EHEMANN, N. R., L. V. GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, J. G. CHOLLET-VILLALPANDO & J. DE LA CRUZ-AGÜERO. 2018. Updated checklist of the extant Chondrichthyes within the Exclusive Economic Zone of Mexico. *ZooKeys* 774: 17-39. DOI: 10.3897/zookeys.774.25028
- EHEMANN, N. R., L. A. ABITIA-CÁRDENAS, A. F. NAVIA, P. A. MEJÍA-FALLA & V. H. CRUZ-ESCALONA. 2019. Zeros as a result in diet studies, is this really bad? *Rhinoptera steindachneri* as a case study. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 99(7):1661-1666. DOI:10.1017/S0025315419000511
- 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.
- FRANCIS, M. P. & E. G. JONES. 2016. Movement, depth distribution and survival of spinytail devilrays (*Mobula japonica*) tagged and released from purse-seine catches in New Zealand. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 27(1): 219-236. DOI: 10.1002/aqc.2641
- FRICKE R., W. N. ESCHMEYER & R. VAN DER LAAN. 2020. *Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references*. California Academy of Sciences. Available online at: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (downloaded June 12, 2020).
- FROESE, R., J. T. THORSON & JR. R. B. REYES. 2014. A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology* 30(1): 78-85.
- GONZÁLEZ-ACOSTA, A. F., E. F. BALART, G. RUIZ-CAMPOS, H. ESPINOZA-PÉREZ, V. H. CRUZ-ESCALONA & A. HERNÁNDEZ-LÓPEZ. 2018. Diversidad y conservación de los peces de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89 (3): 705-740. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2018.3.2145
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ E., A. TRASVIÑA-CASTRO & A. RAMOS-RODRÍGUEZ. 2018. El Bajo de Espíritu Santo; punto caliente de abundancia biológica afuera de Bahía de La Paz. *CICIMAR Océanides* 33 (1): 13-22.
- 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 (1): 146-157. DOI: 10.4236/ojms.2015.51012
- IUCN. 2019. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2019-3. Available online at: <http://www.iucnredlist.org>. (downloaded December 10, 2019).
- LARA-MENDOZA, R. E., O. G. ZAMORA-GARCÍA & J. F. MÁRQUEZ-FARIAS. 2016. Elasmobranchios 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. 2016. *Rays of the World*. CSIRO PUBLISHING, Australia. 800 p.
- LLUCH-COTA, S. E., E. A. ARAGÓN-NORIEGA, F. ARREGUÍN-SÁNCHEZ, D. AURIOLAS-GAMBOA, J. JESÚS BAUTISTA-ROMERO, R. C. BRUSCA, R. CERVANTES-DUARTE, R. CORTÉS-ALTAMIRANO, P. DEL-MONTE-LUNA, A. ESQUIVEL-HERRERA, G. FERNÁNDEZ, M. E. HENDRICKX, S. HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, H. HERRERA-CERVANTES, M. KAHRU, M. LAVÍN, D. LLUCH-BELDA, D. B. LLUCH-COTA, J. LÓPEZ-MARTÍNEZ, S. G. MARINONE, M. O. NEVÁREZ-MARTÍNEZ, S. ORTEGA-GARCÍA, E. PALACIOS-CASTRO, A. PARÉS-SIERRA, G. PONCE-DÍAZ, M. RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, C. A. SALINAS-ZAVALA, R. A. SCHWARTZLOSE & A. P. SIERRA-BELTRÁN. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography* 73: 1-26.
- MÁRQUEZ-FARIAS J. F. & BLANCO-PARRA, M. P. 2006. *Las rayas del Golfo de California. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo*. INAPESCA, SAGARPA, México 20 p.
- McEACHRAN, J. D. & G. NOTARBARTOLO-DI-SCIARA. 1995. Mobulidae. Mantas, diablos. In: 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, pp. 759-764.
- 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.
- NELSON, J. S., T. C. GRANDE & M. V. WILSON. 2016. *Fishes of the World*. Fifth edition. Inc. Hoboken, New Jersey, USA. 707 p.
- 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.
- OLMOS-MARTÍNEZ, E., O. A. ARIZPE-COVARRUBIAS, R. M. IBAÑEZ-PÉREZ & A. ORTEGA-RUBIO. 2015. Servicios ecosistémicos con potencial turístico del parque nacional Archipiélago Espíritu Santo, México. *Teoría y Praxis* Número especial: 158-173.

- ORTEGA-RUBIO A., I. GONZÁLEZ-LÓPEZ, I. MARCH-MIFSUT, E. I. BUSTAMANTE-MORENO, M. A. PALMEROS-RODRÍGUEZ, N. BOJÓRQUEZ-GALEANA, A. SUÁREZ & B. BERMÚDEZ-ALMADA. 2019. Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago Espíritu Santo: Primer Área Natural Protegida de México con el Certificado Lista Verde de UICN. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. 5 (1): 43-68
- 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. DOI: 10.3989/scimar.03817.05A
- RESTREPO-GÓMEZ, D. C. 2017. Aspectos tróficos de la raya látigo *Dasyatis dipterura* en la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 74 P.
- 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. Also available at: <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/en/pages>
- 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 Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 73 p.
- TAGLIAFICO, A., N. RAGO & M. S. RANGEL. 2013. Pesquería y biología de *Rhinobatos percellens* (Rajiformes: Rhinobatidae) capturados por la pesquería artesanal de playa La Pared, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 61(1): 149-160.
- TAGLIAFICO, A., N. EHEMANN, M. S. RANGEL & N. RAGO. 2016. Exploitation and reproduction of the bullnose ray (*Myliobatis freminvillei*) caught in an artisanal fishery in La Pared, Margarita Island, Venezuela. *Fishery Bulletin* 114(2):144-152.
- VALADEZ-GONZÁLEZ, C. 2007. Distribución, abundancia y alimentación de las rayas bentónicas de la costa de Jalisco y Colima, México. Tesis Doctorado. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. México. 119 p.
- 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.
- 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. DOI: 10.1111/jfb.12874
- 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. DOI: 10.1111/jfb.13234.