

Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México

Trophic interactions between five pelagic fish species cohabiting in the coast of Oaxaca, Mexico

Ruiz-Pérez Nancy Elizabeth¹, Genoveva Cerdaneres-Ladrón de Guevara^{1,2},
Dora Liney López-Herrera¹ y I. R. Altamirano-Ramírez¹

¹Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Cd Universitaria s/n Puerto Ángel, Municipio de San Pedro Pochutla, Oaxaca. 70902. México

²Laboratorio de Dinámica de Poblaciones, Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Cd Universitaria s/n Puerto Ángel, Municipio de San Pedro Pochutla, Oaxaca. 70902. México
e-mail: gclg@angel.umar.mx

Ruiz-Pérez N. E., G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, D. L. López-Herrera y I. R. Altamirano-Ramírez. 2016. Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México. *Hidrobiológica* 26 (1): 77-85.

RESUMEN

Actualmente se promueve el manejo de las pesquerías con base en un enfoque ecosistémico, donde conocer las interacciones entre los componentes del ecosistema pelágico es de crucial importancia. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las interacciones tróficas entre cinco especies del ecosistema pelágico marino de la costa oaxaqueña. Se analizaron los contenidos estomacales de ejemplares capturados durante los torneos de pesca deportiva y comercial (mayo, 2000 a julio, 2002). Se obtuvieron un total de 645 especímenes de: *Istiophorus platypterus*, *Coryphaena hippurus*, *Thunnus albacares*, *Euthynnus lineatus* y *Carcharhinus falciformis*. Las especies *Portunus xantusii* y *Auxis thazard* fueron las especies presa más importante ya que todos los depredadores las consumieron en menor o mayor grado. Todas las especies presentaron una amplitud de nicho estrecha ($BA < 0.3$), aunque consumen una amplia diversidad de presas; su alimentación está dominada por unas cuantas especies, catalogándolas como especialistas. El índice de traslape de nicho, mostró traslape trófico significativo entre *C. hippurus* y *C. falciformis* (98%) que tienen a *P. xantusii* como el principal componente alimentario y entre *E. lineatus* y *T. albacares* (71%) e *I. platypterus* y *E. lineatus* (56%), que comparten diversas especies de crustáceos en su alimentación. Aun cuando habitan el mismo ambiente, los pelágicos mayores se reparten los recursos a través de diferencias en el área de alimentación, hora de ingesta o en las especies que depredan preferentemente con el objetivo de reducir la competencia.

Palabras clave: Competencia, ecología trófica, Golfo de Tehuantepec.

ABSTRACT

Fisheries management based on an ecosystem approach is currently promoted and, to this end, knowledge of interactions between the components of pelagic ecosystem is crucial. The aim of this study was to evaluate the trophic interactions between some components of marine pelagic ecosystem off the coast of Oaxaca. The stomach contents of five species of fishes caught during fishing tournaments and commercial fishing at the coast of Oaxaca, from May 2000 to July 2002 were analyzed. We analyzed stomach contents of 645 specimens of large predatory fishes, namely *Istiophorus platypterus*, *Coryphaena hippurus*, *Thunnus albacares*, *Euthynnus lineatus*, and *Carcharhinus falciformis*. Major forage species were *Portunus xantusii* and *Auxis thazard*: all predators consumed them in greater or lesser amounts. All fish species had narrow trophic niche breadths ($BA < 0.3$); although they eat a wide variety of food items, their feeding is dominated by a few species, categorized as specialist feeders. The niche overlap index showed biologically significant diet overlap between *C. hippurus* and *C. falciformis* (98%), which share *P. xantusii* as the main component of their diet; and between *E. lineatus* and *T. albacares* (71%); and *I. platypterus* and *E. lineatus* (56%), which share few crustacean items in their diets. Despite the fact that large pelagic species share the same environment, resources are partitioned in spatial or temporal ways to reduce the pressure of competition between contending species.

Key words: Competition, Gulf of Tehuantepec, Trophic ecology.

INTRODUCCIÓN

El pez vela, pez espada, atunes, sábalo, marlín, dorados, algunas especies de tiburones y mamíferos marinos entre otros, conforman el grupo de pelágicos mayores. Este grupo de especies ejercen una influencia sustancial sobre otros componentes del ecosistema pelágico de los océanos del mundo, por encontrarse en los niveles más altos de la red trófica. Adicionalmente las poblaciones de peces de este grupo soportan importantes pesquerías a nivel global, las cuales se han visto reducidas por la sobre-explotación (Myers & Worm, 2003; Collete *et al.*, 2011; Worm & Tittensor, 2011) y en algunos casos no ha sido posible establecer su estado por la falta de información (Hinton & Maunder, 2014). Particularmente en México el conocimiento del estado de explotación de especies pelágicas no es del todo conocido, ya que únicamente los túnidos y los tiburones son especies objetivo en pesquerías de gran importancia económica para el país. En el caso de los túnidos, por tratarse de una especie altamente migratoria, es la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical (CIAT) la encargada de su administración, agencia que reporta un estado de explotación al máximo (Minte-Vera *et al.*, 2014). Con respecto a los tiburones, recientemente se ha implementado el Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México (PANMCT), en el cual se menciona que la escasa información no permite conocer el estado de explotación de este grupo de organismos (CONAPESCA-IMP, 2004). Por otro lado, existen especies con menores volúmenes de captura pero no por ello menos importantes; como el barrilete negro o las especies de importancia deportivo-recreativa, las cuales por su escala de explotación se considera que sus poblaciones no se encuentran en riesgo, pero se recomienda un enfoque precautorio en el que no se incrementa el esfuerzo de pesca (INAPESCA, 2012; Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.* 2012).

En todos estos casos las recomendaciones de manejo se han proporcionado a partir de evaluaciones monoespecíficas, lo cual puede limitar o ignorar el impacto sobre otras poblaciones con las cuales interactúan (Olson & Watters, 2003). Actualmente se promueve el manejo de las pesquerías con base en un enfoque ecosistémico para lograr el ordenamiento adecuado de las mismas y poder mantener pesquerías sostenibles y ecosistemas sanos (Olson & Watters, 2003).

En este sentido, los estudios sobre alimentación de peces, en particular los enfocados directamente a la dieta y hábitos alimentarios, permiten conocer la dinámica trófica de un ecosistema; es decir, el conjunto de relaciones de depredación y competencia entre organismos, sus variaciones en la distribución (vertical y horizontal), abundancia, preferencia de hábitat y la repartición de los recursos alimentarios, así como la preferencia por ciertas especies (McLean, 2005; Varghese *et al.*, 2014).

Los estudios sobre este tópico en pelágicos mayores son comunes, los cuales indican en general, que estos organismos se alimentan principalmente de cefalópodos, peces y crustáceos, aunque en diferentes proporciones (Olso & Galván-Magaña, 2002; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Ravi & Sekar, 2010; Duffy *et al.*, 2015). Las especies *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 y *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) se les considera oportunistas que se alimentan de una variedad de presas, pero que dependen de la disponibilidad y abundancia de las mismas (Olson & Galván-Magaña, 2002; Duffy *et al.*, 2015), mientras que *Isiophorus platypterus* (Shaw, 1792) es más selectiva al consumir un

mayor porcentaje de peces y cefalópodos (Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Ravi & Sekar, 2010; Hernández-Aguilar *et al.*, 2012) y *Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788, es considerada que posee un amplio intervalo de alimentación con altos requerimientos energéticos (Olson *et al.*, 2014).

En contraste, los estudios que abordan la evaluación de interacciones tróficas entre las especies, no son tan comunes debido a que se requiere de mayor información (Olson & Watters, 2003; Moteki *et al.*, 2001; Varghese *et al.*, 2014). En este tipo de estudios se ha encontrado que los pelágicos mayores dividen los recursos presentando tres tipos de depredación: de amplio espectro trófico, consumidores epipelágicos y consumidores mesopelágicos (Moteki *et al.*, 2001). Otra manera de resolver el problema de la competencia por alimento de los grandes depredadores además de limitar el tipo de sus especies presas, son las diferencias en profundidad y hora de alimentación (Varghese *et al.*, 2014). La repartición de los recursos en espacio, tiempo o nivel trófico puede incrementar la tolerancia en el traslape de nichos y reducir la presión de competencia entre las especies (Papastamatiou *et al.*, 2006).

El presente trabajo presenta un acercamiento a la dinámica trófica en el ambiente pelágico de algunas especies del Golfo de Tehuantepec a través del análisis de la amplitud y traslape del nicho de las dietas de *Euthynnus lineatus* Kishinouye 1920, *T. albacares*, *I. platypterus*, *C. hippurus* y *C. falciformis*, especies que comparten el mismo hábitat. Se espera que esta información sea útil como herramienta para la implementación de medidas de manejo, necesarias para estas especies, debido a la derrama económica que representan.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió las principales zonas de desembarco de las unidades pesqueras deportivas y ribereñas del estado de Oaxaca: Puerto Escondido, Puerto Ángel, Santa Cruz Huatulco y Salina Cruz (Fig. 1). Esta zona se caracteriza por la presencia de aguas provenientes de la Corriente Costera de Costa Rica, Norecuatorial y se encuentra al sur de la llamada Alberca de Agua Cálida del Pacífico tropical mexicano (Kessler, 2006). Presenta una plataforma continental muy angosta (4 a 6 km) con un talud pronunciado, donde se pueden alcanzar profundidades mayores a los 4000 m (frente a Puerto Ángel) a corta distancia de la línea de costa, lo que permite el acceso a recursos pelágicos mayores presentes en la zona.

Se realizó un muestreo mensual de 3 días durante mayo del 2000 a julio del 2002, durante el cual se realizaron registros de las capturas obtenidas por la flota artesanal. Los equipos de pesca activos utilizados fueron curricanes, rúpalas; cuya especie objetivo es el barrilete negro (*E. lineatus*) y el atún aleta amarilla (*T. albacares*), y boyas (palangre modificado) con las que se captura atún aleta amarilla, pez vela (*I. platypterus*) y dorado (*C. hippurus*). En tanto que los equipos pasivos son palangres (llamados localmente "cimbras") y redes de enmalle, los cuales son utilizados para la pesca de tiburón (*C. falciformis*) aunque incidentalmente también se captura pez vela y dorado. En el caso de la pesca deportiva, los muestreos se realizaron en los meses de mayo, junio y noviembre de los mismos años. El arte de pesca fue caña y carete utilizando como carnada *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793).

Los organismos de una submuestra del desembarco total fueron pesados, medidos y se les realizó una disección para la obtención de

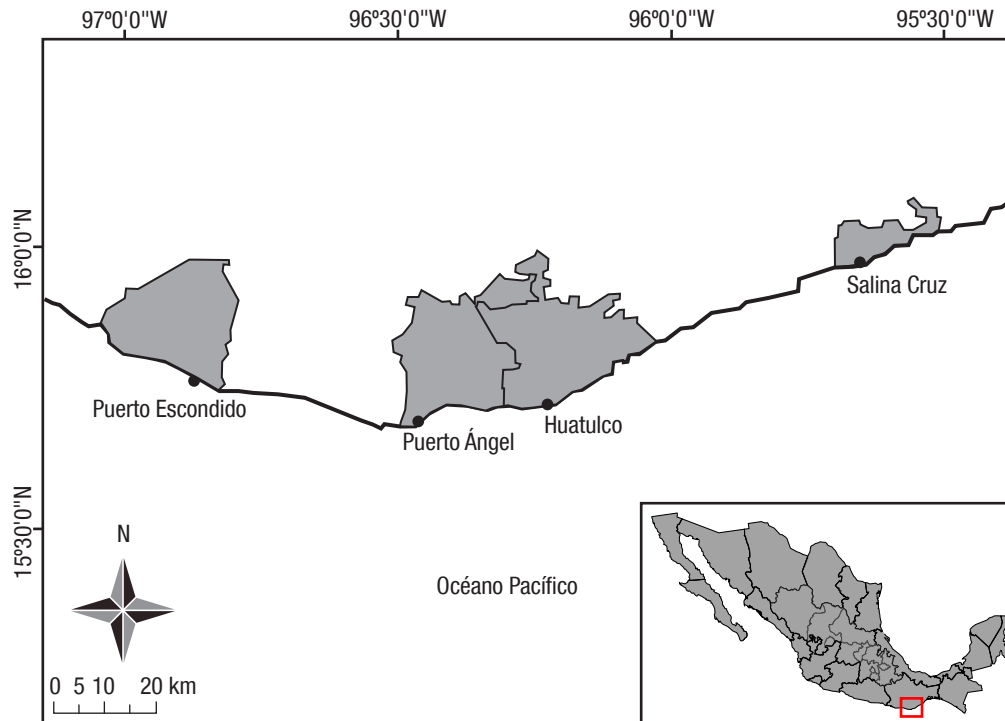


Figura 1. Costa de Oaxaca, México. Se indican localidades de muestreo: Puerto Escondido, Puerto Ángel, Santa Cruz Huatulco y Salina Cruz.

los contenidos estomacales. Las muestras biológicas fueron etiquetadas y fijadas en formalina (10%) y neutralizada con borato de sodio, para su posterior análisis en el laboratorio de la Universidad del Mar.

Para la determinación del espectro trófico de cada especie, se identificaron las especies presas al menor nivel taxonómico posible dependiendo de su estado de digestión. La identificación taxonómica de los ejemplares completos de los peces se determinó con las claves de Fischer *et al.* (1995a, 1995b, 1995c); mientras que la identificación de peces digeridos, por medio de la comparación de las estructuras esqueléticas encontradas (urostilo, cráneo, vertebrae, espinas, etc.) con ejemplares de esqueletos de la colección de referencia del Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera (LIBP, UMAR, *campus* Puerto Ángel); para crustáceos se utilizaron los trabajos de Hendrickx (1984); Hendrickx y Salgado-Barragán (1991) y Rodríguez de la Cruz (1987). Los cefalópodos se identificaron mediante las claves de Fischer *et al.* (1995a), o bien por medio de sus mandíbulas con las claves de Clarke (1962, 1986), Iverson y Pinkas (1971), Lu y Ickeringill (2002) y Wolff (1982, 1984).

Para evaluar la representatividad del tamaño de muestra se utilizó la función de Clench (Soberón & Llorente, 1993) cuya ecuación es:

$$S_n = \frac{(a * n)}{(1 + b * n)}$$

Donde S_n es el número de especies acumuladas, n es el número de unidades de muestreo (estómagos), a y b son parámetros del modelo.

Se utilizó este modelo ya que ha demostrado un buen ajuste en la mayoría de las situaciones reales y está recomendado para estu-

dios en sitios de áreas extensas y para protocolos en los que, cuanto más tiempo se pasa en el campo, mayor es la probabilidad de añadir nuevas especies al inventario (Soberón & Llorente, 1993). Se utilizó el programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2004), para la obtención de muestras aleatorias y el número de especies acumuladas, como entrada para ajustar la ecuación de Clench (Soberón & Llorente, 1993) a las muestras simuladas.

Para la caracterización de la dieta fueron estimados el índice numérico %N; gravimétrico %P y frecuencia de aparición %Fa, información utilizada para estimar el índice de importancia relativa (%IIR = (%P_i + %N_i) * %Fa_i) (Pinkas *et al.*, 1971; Cortés, 1997), que valora la importancia de los ítems alimentarios en el espectro trófico de cada especie (Liao *et al.*, 2001). También se calculó el índice de vacuidad: $V = Ne/Ns$, donde Ne es el número total de estómagos vacíos y Ns es el número total de estómagos examinados.

La amplitud del espectro trófico, que permite evaluar el nivel de especialización de cada especie, se determinó mediante el índice estandarizado de Levin (Hurlbert, 1978) que considera la uniformidad de la distribución de los individuos entre los diversos recursos alimentarios. El índice presenta una escala entre 0 cuando el depredador es considerado especialista al ser selectivo sobre cierto tipo de presas y 1, al ser un generalista (Krebs, 1999). Se calculó con la siguiente ecuación:

$$BA = \frac{\left(\frac{1}{\sum P_j^2} - 1\right)}{n - 1}$$

Donde BA es la medida de amplitud de nicho, P_j es la proporción con la cual el ítem j contribuye a la dieta (%Fa) y n total de los ítems.

El traslape de dietas se evaluó con el índice simplificado de Morisita (Horn, 1966) (C_H) (Krebs, 1999):

$$C_H = \frac{2 \sum_i^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_i^n P_{ij}^2 + \sum_i^n P_{ik}^2}$$

Donde P_{ij} es la proporción de la frecuencia de aparición del ítem i en la dieta del depredador j y P_{ik} es la proporción de la frecuencia de aparición del ítem i en la dieta del depredador k .

El solapamiento se determina con base a los valores que toma el índice; cuando los valores se ubican entre 0 y 0.29 indican la no existencia de traslape en el componente trófico, y valores de 0.6 a 1 consideran un traslape biológicamente significativo (Krebs, 1999). Con la finalidad de verificar que el valor del índice de traslape de nicho trófico observado es el resultado de un proceso biológico y no solo causado por el azar, se realizó un contraste contra el modelo nulo, por cada par

de especies depredadoras. El modelo nulo se construyó a partir de la matriz de datos observados del %IIR, considerándose éste, como el grado de utilización del recurso por cada depredador. Se obtuvieron 1000 simulaciones utilizando el algoritmo de aleatorización RA3 dentro del paquete EcosimR versión 1.00 (Gotelli & Ellison, 2013) y se consideró que valores observados mayores que el 95% del valor del índice simulado, es un indicador significativo del índice observado.

RESULTADOS

Se revisaron un total de 645 estómagos de los cuales solo el 31% (198) contenía algún tipo de alimento; 5.64% pertenecieron a *Euthynnus lineatus*; 6.26% a *Thunnus albacares*; 8.92% a *Istiophorus platypterus*, 4.23% a *Coryphaena hippurus* y 5.95% a *Carcharhinus falciformis*. La talla de los organismos analizados fluctuó entre 36.5 cm de longitud furcal (LF) que presentó *C. hippurus*, hasta 210 cm de longitud de la parte anterior del ojo a la furca (LOF) en *I. platypterus* (Tabla 1).

Tabla 1. Número de ejemplares analizados (n), índice de vacuidad, intervalo de talla y peso de los depredadores pelágicos en la costa de Oaxaca, México. Longitud ojo-furca para *I. platypterus* y longitud total para *C. falciformis*, el resto se refiere a longitud furcal. Desviación estándar (s).

Especie	n	% de Vacuidad	Longitud (cm)			Peso (Kg)		
			Min	Máx	s	Min	Máx	s
<i>Euthynnus lineatus</i>	72	50.0	36.0	57.0	3.8	1.1	3.9	0.5
<i>Thunnus albacares</i>	160	25.0	53.0	161.0	14.1	5.7	62.0	11.6
<i>Istiophorus platypterus</i>	223	74.4	128.0	210.0	17.8	20.7	51.1	6.0
<i>Coryphaena hippurus</i>	89	69.7	36.5	162.0	18.5	0.4	20.0	4.4
<i>Carcharhinus falciformis</i>	101	62.4	80.0	221.0	29.7	1.7	73.5	11.1

En las curvas de acumulación de especies presa de los cinco depredadores, se observó que el mejor representado fue *E. lineatus* con el 84% de los ítems que teóricamente se esperan encontrar, considerando que el número de estómagos analizado fue suficiente para describir su dieta (Fig. 2). Las especies *T. albacares* (65%), *I. platypterus* (58%) y *C. falciformis* (58%), mostraron una tendencia para alcanzar la asíntota, lo que sugiere que el tamaño de muestra analizado estuvo cercano de considerarse suficiente para una descripción de la dieta de estas especies. Mientras que para *C. hippurus* (35%) se obtuvo un tamaño limitado de muestra para la descripción adecuada de su dieta.

La dieta del total de las especies estuvo representada por 71 tipos de presa (ítems), de las cuales 40 pertenecieron a la clase Actinopterygii, 25 a la clase Malacostraca, cuatro a la clase Cephalopoda, una a la clase Reptilia y otra a la clase Gasterópoda. *Portunus xantusii* (Stimpson, 1860) fue consumido por el total de los depredadores y en algunos casos fue el ítem dominante. *Auxis thazard* (Lacepède, 1800) fue el segundo en importancia, consumido por *T. albacares*, *I. platypterus* y *C. hippurus*. Al menos cuatro especies consumieron cefalópodos y restos de peces de la familia Scombridae, aunque representaron valores bajos del IIR.

Para *E. lineatus* se identificaron 27 ítems, de los cuales 21 pertenecieron a la clase Malacostraca, tres a Actinopterygii, dos a Cephalopoda

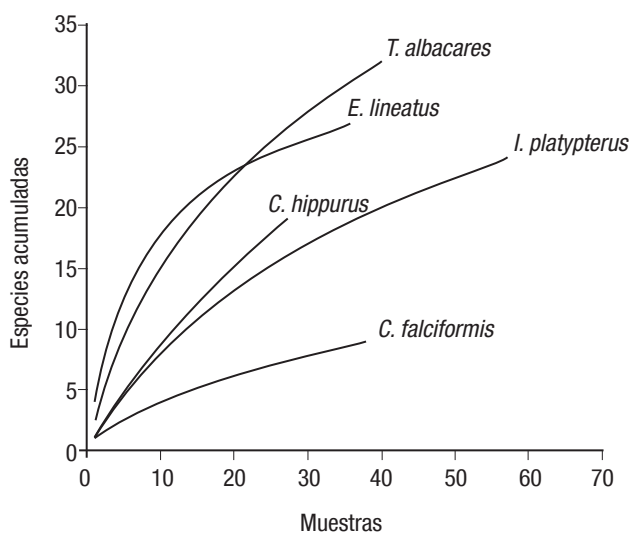


Figura 2. Curva de acumulación de especies para las cinco especies de peces pelágicos depredadores analizadas en las costas de Oaxaca, México.

y uno a la clase Gasterópoda. De acuerdo al %IIR de *E. lineatus*, su dieta estuvo compuesta principalmente por *Opisthonema medirastre* Berry y Barrett, 1963 (35 %IIR) y *Meiosquilla dawsoni* Manning, 1970 (19 %IIR), que juntas representaron más del 50% del IIR (Fig. 3a).

La dieta de *T. albacares* estuvo conformada por 32 ítems de los cuales 19 fueron peces, 10 crustáceos y tres cefalópodos. Los ítems con mayor importancia (82.62 %IIR), en la dieta de esta especie fueron *A. thazard*, *P. xantusii*, *Squilla* sp. y *Bregmaceros bathymaster* Jordan y Bollman 1890 (Fig. 3b).

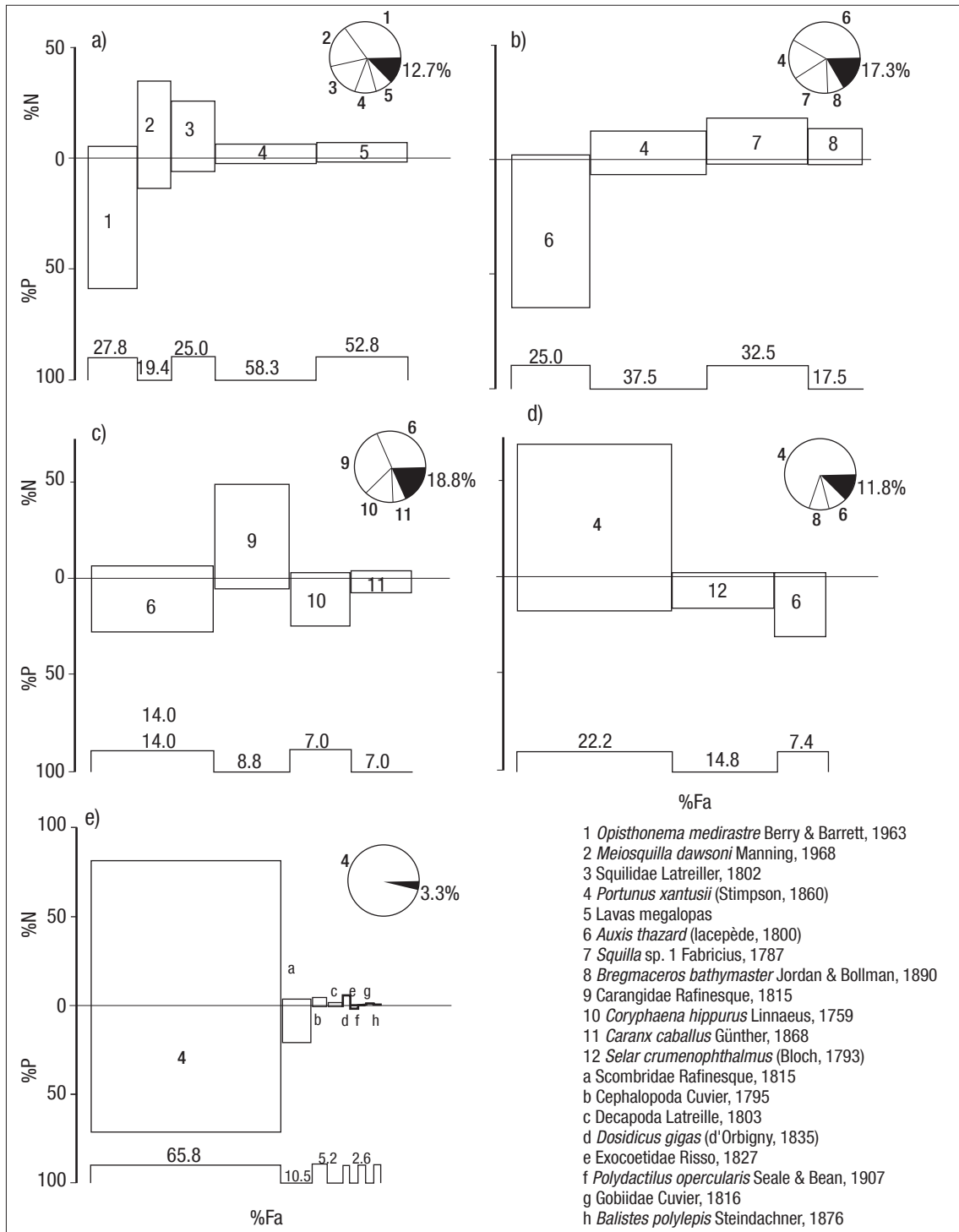


Figura 3 a-e. Ítems que dominaron en la dieta de cada uno de los peces depredadores pelágicos de las costas de Oaxaca, México. Importancia Numérica (%N), Peso (%P), Frecuencia de aparición (%Fa). El gráfico circular representa el Índice de Importancia Relativa (%IIR). a) *Euthynnus lineatus*, b) *Thunnus albacares*, c) *Istiophorus platypterus*, d) *Coryphaena hippurus*, e) *Carcharhinus falciformis*

Para *I. platypterus* se identificaron 25 ítems de los cuales 19 pertenecieron a la clase Actinopterygii, cinco a Malacostraca y uno perteneció a la clase Gasterópoda. Fueron especies de peces óseos su dieta principal, sobresaliendo *A. thazard* (31 %IIR) y miembros de la familia Carangidae (44 %IIR) (Fig. 3c). Es de observarse que *I. platypterus* depreda sobre individuos juveniles de *C. hippurus*.

En el caso de *C. hippurus* se identificaron 19 ítems de los cuales 12 fueron peces, cinco crustáceos, un cefalópodo y una especie de quelonio. Las especies presa más importantes (88.17 %IIR) fueron tres, donde sólo *P. xantusii* aportó el 69.5 % de la dieta, otras especies importantes fueron *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793) (9.8 %IIR) y *A. thazard* (8.9 %IIR) (Fig. 3d). También se registraron organismos recién nacidos de *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829).

Por último para *C. falciformis* se identificaron nueve ítems de los cuales cinco correspondieron a peces, dos a cefalópodos y dos a crustáceos. En este caso el 96.66% del IIR, fue aportado por *P. xantusii*, los scombridos fueron el segundo en importancia con el 2.6% del IIR (Fig. 3e). Este depredador mostró la dieta más restringida en cuanto al número de ítems.

La amplitud de nicho de Levin de *E. lineatus* fue de BA=0.143, *T. albacares* presentó el nicho más amplio (BA = 0.263), *I. platypterus* presentó una amplitud de BA=0.122, mientras que *C. hippurus* y *C. falciformis* presentaron una amplitud estrecha de su nicho trófico (BA=0.06), lo que indica una estrategia especialista en la dieta de todos los depredadores. Se puede observar que *E. lineatus* consume principalmente crustáceos pequeños; *T. albacares* presenta un amplio espectro, consume tanto pequeños crustáceos como peces; *I. platypterus* y *C. hippurus* son ictiófagos, pero *C. hippurus* también aprovecha la disponibilidad de *P. xantusii* y por último *C. falciformis* que consume casi exclusivamente *P. xantusii*.

El índice simplificado de Morisita (Horn, 1966) mostró que *C. hippurus* y *C. falciformis* presentan un traslape muy importante en sus dietas (0.98), ya que comparten a *P. xantusii* como principal componente de su alimentación. Mientras que en *E. lineatus* y *T. albacares* el traslape es biológicamente significativo (0.71) por compartir diversas especies de crustáceos en su alimentación. Las interacciones entre *E. lineatus* e *I. platypterus*, *C. hippurus* y *T. albacares* y entre *T. albacares* y *C. falciformis* son importantes al poseer valores intermedios (0.32-0.56). El resto de la interacciones fue limitada al presentar valores < 0.16, indicando que no hay competencia entre esas especies (Tabla 2). El análisis de traslape de nicho trófico utilizando modelos nulos, reveló que el valor promedio del índice de traslape trófico observado (0.30) fue mayor que el obtenido por simulación (0.04 y s=0.03) con una probabilidad mayor al 99%, revelando significancia del traslape de nicho entre las especies.

DISCUSIÓN

En estudios sobre hábitos alimentarios, donde conocer el espectro trófico de las especies presa es importante, es posible observar sesgos causado por la falta de representatividad en las muestras. En el presente estudio, el índice de vacuidad fue alto (69%), situación que al parecer es frecuente en este tipo de estudios, donde reportan niveles aproximados (Hernández-Aguilar *et al.*, 2012; Varghese *et al.*, 2014). De acuerdo a Olson y Boggs (1986), este tipo de especies presenta una alta

tasa de evacuación, debido a sus altos requerimientos energéticos para nadar continuamente, mantener su equilibrio hidrostático y ventilar sus branquiespinas. Estos autores, consideran que también el tipo de presas afecta significativamente la tasa de evacuación.

Se ha reportado para *C. hippurus*, *T. albacares* y *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), una duración de su digestión de 6 a 18 horas (Magnuson, 1969; Olson & Boggs, 1986; Olson & Galván-Magaña, 2002), indicándose que en peces pelágicos la tasa metabólica puede ser hasta tres veces más alta que en otro tipo de especies de peces en condiciones naturales (Ware, 1975). Adicionalmente, el músculo y tejidos blandos se digieren rápidamente, mientras que otros tejidos como quitina y hueso primero son suavizados para ser posteriormente evacuados en forma lenta (Karpevitch & Bakoff, 1937). También es de tomarse en cuenta que el tiempo de digestión dependerá del contenido de lípidos en la presa, dirigiéndose más rápido aquellas que presentan un bajo contenido lipídico (Olson & Boggs, 1986). Entre las presas observadas estuvieron, larvas de crustáceos, juveniles de peces óseos y calamares; especies que se consideran de fácil digestión. El músculo blando de los cefalópodos es digerido rápidamente quedando solo los picos como único indicio de su consumo (Galván-Magaña *et al.*, 2013). Adicionalmente, de acuerdo a la teoría de maximización en la tasa neta de energía asimilada, cuando los organismos se alimentan de recursos tróficos energéticamente pobres, presentarán tiempos de retención cortos (Bozinovic, 1993). En el caso de *P. xantusii* y *A. thazard*, principales recursos alimentarios, López-Herrera (2015) menciona que estas especies representan un bajo aporte energético para sus depredadores, pero su valor energético está ligado a la biomasa y frecuencia con que éstos son consumidos.

Los pelágicos mayores se alimentan principalmente de peces, crustáceos y moluscos, aunque se considera que estas especies son oportunistas por consumir una gran variedad de tipos de presas (Young *et al.*, 2010; Varghese *et al.*, 2014; Duffy *et al.*, 2015). En este estudio, las especies fueron catalogadas como especialistas con una amplitud de nicho < 0.3 como resultado de que fueron pocos los ítems que dominaron en su alimentación. Se ha observado que este es el comportamiento en especies pelágicas.

No obstante la alta diversidad de presas, en la mayoría de los casos son pocos los componentes alimentarios los que contribuyen en mayor medida a la dieta, lo que ha llevado a concluir que estas especies pueden ser consideradas depredadores especialistas al consumir especies que se encuentran en mayor abundancia (Rosas-Alayola *et al.*, 2002; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Hernández-Aguilar *et al.*, 2012; Tsai

Tabla 2. Traslape de dietas de los cinco peces depredadores pelágicos en la costa de Oaxaca, México. En negritas se indican los traslapes importantes.

Especie	<i>E. lineatus</i>	<i>I. platypterus</i>	<i>C. hippurus</i>	<i>T. albacares</i>
<i>I. platypterus</i>	0.5642			
<i>C. hippurus</i>	0.1627	0.0248		
<i>T. albacares</i>	0.7123	0.0431	0.3687	
<i>C. falciformis</i>	0.1379	0.0129	0.9818	0.3206

et al., 2014). Este mismo comportamiento puede observarse en otras especies de pelágicos grandes como marlines, atún, dorado y tiburón (Alverson, 1963; Abitia-Cárdenas *et al.*, 2011; Abitia-Cárdenas *et al.*, 1999; Olson & Galván, 2002; Cabrera-Chávez-Costa *et al.*, 2010; Tripp-Valdez *et al.*, 2010; Varghese *et al.*, 2014).

Las especies presa más importantes fueron *P. xantusii*, y *A. thazard*, especies que se consideran forrajeras por sus altas densidades e importancia en las dietas de diversos depredadores (Alverson, 1963; Abitia-Cárdenas *et al.*, 1999; Cabrera-Chávez-Costa *et al.*, 2010; Tsai *et al.*, 2014). Los decápodos al parecer presentan grandes concentraciones en el Pacífico sur mexicano (Blackburn, 1985), donde se incluyen especies de estomatópodos y portunidos. Por otra parte se considera que *P. xantusii* desempeña un papel ecológico equivalente a *P. planipes* (Stimpson, 1860) en aguas frente a la península de Baja California en el Pacífico norte de México, donde esta especie es consumida por *C. falciformis* (Cabrera-Chávez-Costa *et al.*, 2010).

El papel ecológico de los cefalópodos en el ecosistema marino es relevante ya que está documentado que puede llegar a ser el principal alimento de picudos, dorados, atunes, tiburones y mamíferos marinos (Abitia-Cárdenas *et al.*, 1999; Rosas-Alayola *et al.*, 2002; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Cabrera-Chávez-Costa *et al.*, 2010; Tripp-Valdez *et al.*, 2010; Galván-Magaña *et al.*, 2013). Sin embargo, en el presente estudio no figuran entre las especies más importantes, pero al menos cuatro de las cinco especies consumieron este tipo de presas y como ya se mencionó, es común subestimar la importancia de este tipo de presas, debido a que la mayoría de las veces solo se observan los picos (Hernández-Aguilar *et al.*, 2012; Galván-Magaña *et al.*, 2013).

Al analizar el nicho trófico de estos depredadores pelágicos, encontramos que todos presentan una amplitud estrecha del mismo. No obstante, *C. hippurus* y *C. falciformis* presentan un traslape en sus dietas, donde el ítem principal fue *P. xantusii*. Otro traslape con valoración biológicamente significativa fue el de *E. lineatus* y *T. albacares*. Varghese *et al.* (2014) consideran que en aguas oceánicas oligotróficas estos grandes depredadores comparten un mismo hábitat, con una repartición de los recursos, ya sea limitando sus especies presas, la profundidad de forrajeo u hora de alimentación con la finalidad de evitar la competencia trófica.

Si bien, es alto el traslape del nicho trófico entre *C. hippurus* y *C. falciformis*, es posible que la repartición del recurso se realiza al alimentarse en áreas diferentes. La captura de *C. hippurus* por la flota artesanal y deportiva en el Golfo de Tehuantepec se realiza en áreas costeras a no más de 40 Km, mientras que la pesca de tiburón se realiza en aguas oceánicas a más de 50 Km. Esto indica que las zonas de alimentación para ambas especies son diferentes y en toda ésta zona se ha reportado a *P. xantusii* como una especie abundante (Alverson, 1963; Jarde, 1970).

La repartición de los recursos alimentarios entre *E. lineatus* y *T. albacares*, estuvo en función de la importancia relativa de las presas. Se ha reportado que *T. albacares* en etapas juveniles forma cardúmenes mixtos con especies de tallas similares (Minte-Vera *et al.*, 2014), es posible que esta convivencia se esté reflejando al compartir algunos ítems con *E. lineatus*. La dieta de *E. lineatus* estuvo basada en *O. meridastre* y *M. dawsoni*, mientras que *T. albacares* consumió principalmente *P. xantusii* y otro tipo de estomatópodo *Squilla* sp. (16.2% IIR). En

sentido amplio estas especies no comparten sus principales presas, y en las especies que comparten, la valoración del IIR para cada especie es opuesta. Así, *E. lineatus* se puede clasificar como consumidor de crustáceos, mientras que *T. albacares* tiende a consumir una mayor cantidad de peces.

En conclusión, los pelágicos mayores para el Golfo de Tehuantepec son considerados depredadores tope, cuya alimentación se basa principalmente en crustáceos, peces y moluscos. Los principales recursos alimentarios en el área son *P. xantusii* y *A. thazard*. Es necesario prestar particular atención a los cefalópodos ya que estos son frecuentes, pero su importancia se reportó subestimada. El presente estudio estuvo limitado por el tamaño de muestra en varias especies, atribuido a las altas tasas de evacuación que presentan estas especies. A pesar de ello los principales resultados son consistentes con los reportados en otras regiones para las mismas especies, pero es deseable en el futuro incrementar el tamaño de muestra por especie y considerar otras especies depredadoras que también se encuentran en la zona, como marlines y cetáceos.

AGRADECIMIENTOS

Al SIBEJ-CONACyT por el financiamiento recibido a través del proyecto 20000506007. A los pescadores de Puerto Ángel y organizadores de los torneos de pesca, por facilitarnos la toma de muestras. A profesores y alumnos del Laboratorio de Biología Pesquera, por su apoyo en el trabajo de campo. A los revisores anónimos que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

REFERENCIAS

- ABITIA-CÁRDENAS, L. A., F. GALVÁN-MAGAÑA, F. J. GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, J. RODRÍGUEZ-ROMERO, B. AGUILAR-PALOMINO & A. MOEHL-HITZ. 1999. Diet of blue marlin *Makaira mazara* off the coast of Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Fisheries Research* 44 (1): 95-100.
- ABITIA-CÁRDENAS, L. A., F. GALVÁN-MAGAÑA, V. H. CRUZ-ESCALONA, M. S. PETERSON & J. RODRÍGUEZ-ROMERO. 2011. Daily food intake of *Kajikia audax* (Philippi, 1887) off Cabo San Lucas, Gulf of California, México. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39 (3): 449-460.
- ALVERSON, F. G. 1963. The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 7 (5): 293-396.
- ARIZMENDI-RODRÍGUEZ, D. I., L. A. ABITIA-CÁRDENAS, F. GALVÁN-MAGAÑA & I. TREJO-ESCAMILLA. 2006. Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* of Mazatlán, Sinaloa, México. *Bulletin of Marine Science* 79 (3): 777-791.
- BLACKBURN, M. 1985. Micronekton of the eastern tropical pacific ocean: family composition, distribution, abundance, and relations to tuna. *Fishery Bulletin* 67 (1): 71-115.
- BOZINOVIC, F. 1993. Fisiología ecológica de la alimentación y digestión en vertebrados: modelos y teorías. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 375-382.
- CABRERA-CHÁVEZ-COSTA, A. A., F. GALVÁN-MAGAÑA. & O. ESCOBAR-SÁNCHEZ. 2010. Food habits of the silky *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle,

- 1839) off the western coast of Baja California Sur, México. *Journal of Applied Ichthyology* 26: 499-503.
- CERDENARES-LADRÓN DE GUEVARA, G., E. MORALES-BOJÓRQUEZ, S. RAMOS-CARRILLO & G. GONZÁLEZ-MEDINA. 2012. Variation in relative abundance and mean size of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught by the artisanal fleet in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Ciencias Marinas* 38: 551-562.
- CLARKE, M. R. 1962. The identification of cephalopod beaks and their relationship between beak size and total body weight. *Bulletin of the British Museum (Natural History)* 8 (10): 422-480.
- Clarke, M. R. (Ed.). 1986. *A Handbook for the Identification of Cephalopod Beaks*. Clarendon Press, Oxford. 273 p.
- COLLETTE, B. B., K. E. CARPENTER, B. A. POLIDORO, M. J. JUAN-JORDPÁ, A. BOUS-TANY, D. J. DIE, C. ELFES, W. FOX, J. GRAVES, L. R. HARRISON, R. McMANUS, C. V. MINTE-VERA, R. NELSON, V. RESTREPO, J. SCHRATWIESER, C.-L. SUN, A. AMORIM, M. BRICK PERES, C. CANALES, G. CÁRDENAS, S.-K. CHANG, W.-C. CHIANG, N. DE OLIVEIRA LEITE, JR., H. HARWELL, R. LESSA, F. L. FREDOU, H. A. OXENFORD, R. SERRA, K.-T. SHAO, R. SUMAILA, S.-P. WANG, R. WATSON, E. YAÑEZ. 2011. High Value and Long Life – Double Jeopardy for Tunas and Billfishes. *Science* 333: 291-292.
- COLWELL, R. K. 2004. ESTIMATES: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Version 7.5.
- CONAPESCA-INP (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca- Instituto Nacional de Pesca), 2004. *Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80 p. Disponible en línea en: ftp://ftp.fao.org/fi/document/IPOAS/nacional/mexico/PANMCT_VERSIONFINAL.pdf
- CORTÉS, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 726-738.
- DUFFY, L. M., R. J. OLSON, C. E. LENNERT-CODY, F. GALVÁN-MAGAÑA, N. BOCANEGRA-CASTILLO & P. M. KUHNERT. 2015. Foraging ecology of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, captured by the tuna purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean. *Marine Biology* 162 (3): 571-593.
- FISCHER, W., F. KRUPP, W. SCHNEIDER, C. SOMMER, K.E. CARPENTER, & V. H. NIEM. 1995a. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I: Plantas e invertebrados*. FAO, 1-646 p.
- FISCHER, W., F. KRUPP, W. SCHNEIDER, C. SOMMER, K.E. CARPENTER, & V. H. NIEM. 1995b. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II: Vertebrados*. FAO, pp. 647-1200.
- FISCHER, W., F. KRUPP, W. SCHNEIDER, C. SOMMER, K. E. CARPENTER, & V. H. NIEM. 1995c. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen III: Vertebrados*. FAO, 1201-1813 p.
- GALVÁN-MAGAÑA, F., C. POLO-SILVA, S. B. HERNÁNDEZ-AGUILAR, A. SANDOVAL-LONDOÑO, M. R. OCHOA-DÍAZ, N. AGUILAR-CASTRO, D. CASTAÑEDA-SUÁREZ, A. CABRERA-CHÁVEZ-COSTA, A. BAIGORRÍ-SANTACRUZ, Y. E. TORRES-ROJAS & L. A. ABITIA-CÁRDENAS. 2013. Shark predation on cephalopods in the Mexican and Ecuadorian Pacific Ocean. *Deep-Sea Research II* 95: 52-62.
- GOTELLI, N. J. & A. M. ELLISON. 2013. EcoSimR 1.00. Available online at: <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html> (downloaded Jun 1st, 2015)
- HENDRICKX, M. E. 1984. Studies of the coastal marine fauna of Southern Sinaloa, México. II. The decapod crustaceans of Estero El Verde. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM* 11(1): 23-48.
- HENDRICKX, M. E. & J. SALGADO-BARRAGÁN. 1991. Los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico mexicano. *Publicación Especial del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*. 10: 1-200.
- HERNÁNDEZ-AGUILAR, S. B., A. ABITIA-CÁRDENAS, X. G. MORENO-SÁNCHEZ, M. ARELLANO-MARTÍNEZ & E. GONZÁLES-RODRÍGUEZ. 2012. Trophic spectrum of the sailfish *Istiophorus platypterus* caught off Acapulco in the southern Mexican Pacific. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93 (4): 1097-1104.
- Hinton, M. G. & M. N. Maunder. 2014. Status of sailfish in the eastern Pacific Ocean in 2011 and outlook for the future. IATTC Stock Assessment Report 14: 224-251. Available online at: <https://www.iatct.org/PDFFiles2/StockAssessmentReports/SAR14/SAR-14-SFA.pdf> (downloaded February 19, 2015).
- HORN, H. S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *American Naturalist* 100: 419-424.
- HURLBERT, S. H. 1978. Measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59 (1): 67-77.
- INAPESCA (Instituto Nacional de la Pesca). 2012. Carta Nacional Pesquera. ACUERDO por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. México D.F. Agosto 24: p. 21. También disponible en línea en: <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/CARTA%20NACIONAL%20PESQUERA/24082012%20SAGARPA.pdf> (consultado el 05 de mayo de 2015).
- IVERSON, I. K. & L. PINKAS. 1971. A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific cephalopods. *California Department of Fish and Game, Fish Bulletin* 152: 83-105.
- JARDE, C. W. 1970. Notes on the Distribution of *Portunus xantusii affinis* and *Euphyllax dovii* (Decapoda Brachyura, Portunidae) in the Eastern Tropical Pacific. *Crustaceana* 19 (1): 84-88.
- KARPEVITCH, A. & E. BAKOFF. 1937. The rate of digestion in marine fishes. *Zoologicheskii zhurnal* 16: 28: 44.
- KESSLER, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 181-217.
- KREBS, C. J. 1999. *Ecological Methodology* 2a ed. University of British Columbia, USA. 620 p.

- LIAO, C. H., C. L. PIERCE & J. G. LARSCHEID. 2001. Empirical assessment of indices of prey importance in the diets of predacious fish. *Transactions of the American Fisheries Society* 130: 583–591.
- LÓPEZ-HERRERA, D. L. 2015. Caracterización de la energía de ingesta de *Istiophorus platypterus* (Shaw 1792) y *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758, a través de sus principales presas en la costa de Oaxaca, México. Tesis de Maestría en Ecología Marina, Universidad del Mar, México. 75 p.
- LU, C. C. & R. ICKERINGILL. 2002. Cephalopod beak identification and biomass estimation techniques: tools for dietary studies of southern Australian finfishes. *Museum Victoria Science Reports* 6: 1-65.
- MAGNUSON, J. J. 1969. Digestion and food consumption by skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Transaction of American Fishery Society* 98: 379-392.
- MCLEAN, K. 2005. *Tropical scombrid feeding habits in the central Pacific*. Stanford Economics Association 19 p.
- MINTE-VERA, C. V., A. AIRES-DA-SILVA & M. N. MAUNDER. 2014. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2012 and outlook for the future. Inter-American Tropical Tuna Commission Stock Assessment Report 14: 3-18. Available online at: <https://www.iattc.org/PDFFiles2/StockAssessmentReports/SAR14/SAR-14-YFT.pdf>
- MOTEKI, M., M. ARAI, K. TSUCHIYA & H. OKAMOTO. 2001. Composition of piscine prey in the diet of large pelagic fish in the eastern tropical Pacific Ocean. *Fisheries Science* 67: 1063-1074.
- MYERS, R. A., B. WORM. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423: 280-283.
- OLSON, R. J. & C. H. BOGGS. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43 (9): 1760-1775.
- OLSON, R. J. & F. GALVÁN-MAGAÑA. 2002. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin* 100 (2): 279- 298.
- OLSON, R. J. & G. M. WATTERS. 2003. A model of the pelagic ecosystem in the Eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 22 (3): 1-17.
- OLSON, R. J., L. M. DUFFY, P. M. KUHNERT, F. GALVÁN-MAGAÑA, N. BOCANEGRACASTILLO & V. ALATORRE-RAMÍREZ. 2014. Decadal diet shift in yellowfin tuna *Thunnus albacares* suggests broad-scale food web changes in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 497: 157–178.
- PAPASTAMATIOU, Y. P., B. M. WERHERBEE, C. G. LOWE & G. L. CROW. 2006. Distribution and diet of four species of carcharhinid shark in the Hawaiian Islands: evidence for resource partitioning and competitive exclusion. *Marine Ecology Progress Series* 320: 239-251.
- PINKAS, L., S. M. OLIPHANT & K. L. IVERSON. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *California Department of Fish and Game, Fish Bulletin* 152: 1-105.
- RAVI, V. & SEKAR V. 2010. Dietary composition of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw & Nodder, 1792) from Parangipettai, southeast coast of India. *Journal of Marine Biological Association of India* 52 (1): 102–104.
- RODRÍGUEZ DE LA CRUZ, R. C. 1987. *Crustáceos decápodos del Golfo de California*. Secretaría de Pesca, México, 306 p.
- ROSAS-ALAYOLA, J., A. HERNÁNDEZ-HERRERA., F. GALVÁN-MAGAÑA., L. A. ABITIA-CÁRDENAS, & A. F. MUHLIA-MELO. 2002. Diet composition of Sailfish (*Istiophorus platypterus*) from the southern Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 57: 185–195.
- SOBERÓN, J. & J. LLORENTE. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7 (3): 480-488.
- TRIPP-VALDEZ, A., F. GALVÁN-MAGAÑA & S. ORTEGA-GARCÍA. 2010. Feeding habits of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the southeastern Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology* 26 (4): 578–582.
- TSAI, C. N., W. C. CHIANG, C. L. SUN, K.T. SHAO, S.Y. CHEN & S.Z. YEH. 2014. Trophic size-structure of sailfish *Istiophorus platypterus* in eastern Taiwan estimated by stable isotope analysis. *Journal of Fish Biology* 84 (2): 354–371.
- VARGHESE, S. P., V. S. SOMVANSHI, & R. S. DALVI. 2014. Diet composition, feeding niche partitioning and trophic organization of large pelagic predatory fishes in the eastern Arabian Sea. *Hydrobiologia* 736 (1): 1-16.
- WARE, D. M. 1975. Growth, Metabolism, and Optimal Swimming Speed of a Pelagic Fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32 (1): 33-41.
- WOLFF, G. A. 1982. A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopod species with relationships between their beak dimensions and size. *Fisheries Bulletin* 80(2): 1-14.
- WOLFF, G. A. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS: 17-50.
- WORM, B. & D. P. TITTENSOR. 2011. Range contraction in large pelagic predators. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States* 108 (29): 11942-11947.
- YOUNG, J. W., M. J. LANSDELL, R. A. CAMPBELL, S. P. COOPER, F. JUANES & M. A. GUEST. 2010. Feeding ecology and niche segregation in oceanic top predators off eastern Australia. *Marine Biology* 157 (11): 2347–2368.

Recibido: 23 de junio de 2015.

Aceptado: 08 de enero de 2016.