



Universidad del Mar

Campus Puerto Ángel

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

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias: Ecología Marina

Presenta:

Biol. Mar. Dora Liney López Herrera

Dirigido por:

Dra. Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara

Oaxaca, México 2015

Puerto Ángel, Oaxaca, Agosto del 2015

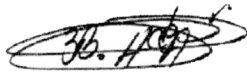
DRA. MARÍA DEL ROSARIO ENRÍQUEZ ROSADO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DE LA UNIVERSIDAD DEL MAR
P R E S E N T E

Después de haber analizado y evaluado la tesis: “**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**” que presenta la **Bióloga Marina Dora Liney López Herrera**.

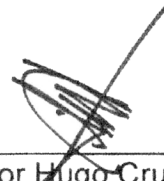
Por este conducto, le comunicamos que la tesis si cumple con los requisitos académicos para que el (la) citado (a) tesista presente el correspondiente examen profesional.

Sin más por el momento, quedamos de Usted.

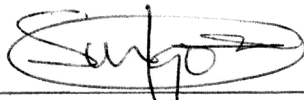
Atentamente



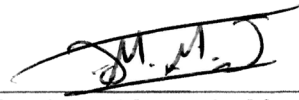
Dra. Sandra Berenice Hernández Aguilar
Prof.Inv. CIBNOR-CONACYT
Revisor



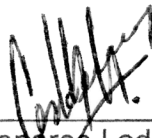
Dr. Víctor Hugo Cruz Escalona
Prof.Inv. CICIMAR-IPN
Revisor



Dra. Ivonne Sandra Santiago Morales
Prof.Inv. Universidad del Mar
Revisor



Dr. Juan Mentado Morales
Prof.Inv. Universidad del Mar
Revisor



Dra. Genoveva Cerdanés Ladrón de Guevara
Director del Instituto de Recursos
Universidad del Mar
Director de Tesis

DEDICATORIA

A la familia López–Herrera porque significan todo para mí.

A mi persona favorita 😊

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Mar, por brindarme la oportunidad de seguir con mi preparación profesional a través de su programa de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico brindado durante mis estudios de maestría.

A mi directora de tesis, Dra. Genoveva Cerdaneres Ladrón de Guevara, por aceptar guiarme en esta etapa profesional, por su apoyo incondicional, entusiasmo por este trabajo y por creer mí.

A mis asesores:

Dra. Ivonne S. Santiago Morales, por el asesoramiento y guía en el montaje de los métodos del análisis proximal, además de su paciencia y apoyo.

Dr. Juan Mentado Morales, por el asesoramiento en el montaje del método de calorimetría de combustión, así como de facilitar el uso del equipo e instalaciones necesarias.

Dra. S. Berenice Hernández Aguilar, por su amable disposición y valiosos consejos para el desarrollo de este trabajo.

Dr. Víctor Hugo Cruz Escalona, por su asesoría, consejos y crítica científica que enriquecieron esta tesis.

A los jefes de laboratorio en turno, Dr. Vicente Anislado Tolentino, Ing. Samuel Ramos Carrillo, Hidrobiol. Gabriela González Medina, M.C. Fátima K. Delgado Vidal, por permitirme el uso de las instalaciones a sus cargos; y a los técnicos Tania, Pablito, Zag (Xag) y Susi, por instruirme en el uso del material y equipos requeridos, además de hacerme amena la estancia en sus áreas de trabajo.

A mis compañeros de generación: Fátima, Denis, Fer, Daniel, Angie, Ever, Denisse, por la agradable convivencia.

A mis amigos: Emmanuel, Judith, Quero, Hisol, Alex, Maribel, Miriam, Mariana, Chely y demás que no alcanzaría a enumerar, a quienes agradezco sinceramente los ánimos para seguir adelante y su amistad que me ha llenado de buenas vibras.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABLAS	IV
RESUMEN	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
2.1 <i>Istiophorus platypterus</i>	5
2.2 <i>Coryphaena hippurus</i>	7
3. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS	10
4. OBJETIVOS	11
4.1 Objetivo general.....	11
4.2 Objetivos particulares.....	11
5. ÁREA DE ESTUDIO	12
6. MATERIAL Y MÉTODOS	14
6.1 Recolección de muestras.....	14
6.2 Trabajo de laboratorio.....	15
6.2.1 Análisis proximal.....	15
6.2.1.1 Preparación de réplicas.....	15
6.2.1.2 Determinación de cenizas	15
6.2.1.3 Determinación de proteína bruta	16
6.2.1.4 Extracción de lípidos totales.....	17
6.2.2 Calorimetría de combustión.....	19
6.2.2.1 Determinación del contenido energético.....	19
6.3 Análisis estadísticos.....	21

7. RESULTADOS	22
7.1 Datos biométricos	22
7.1.1 Espectro trófico de <i>Istiophorus platypterus</i>	22
7.1.2 Espectro trófico de <i>Coryphaena hippurus</i>	26
7.2 Composición proximal y determinación calorimétrica	28
7.2.1 Dietas generales.....	28
7.2.2 Especies presa de <i>Istiophorus platypterus</i>	30
7.2.3 Especies presa de <i>Coryphaena hippurus</i>	34
8. DISCUSIÓN	38
8.1 Biometría de los organismos depredadores.....	38
8.2 Espectro trófico de <i>Istiophorus platypterus</i> y <i>Coryphaena hippurus</i> en la costa oaxaqueña.....	39
8.3 Evaluación de la energía de ingesta	42
8.3.1 Dietas generales.....	42
8.3.2 Especies presa de <i>Istiophorus platypterus</i>	46
8.3.3 Especies presa de <i>Coryphaena hippurus</i>	47
8.4 Energía digerible	48
9. CONCLUSIONES	51
10. LITERATURA CITADA	52

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representación esquemática de la fisiología energética en peces.
Traducido de la versión original del NRC (1981). 2
- Figura 2. Localización del área de estudio donde se indican los puertos con actividad importante de las flotas deportiva y ribereña. 13
- Figura 3. a) *Istiophorus platypterus* (pez vela), b) *Coryphaena hippurus* (dorado). 22
- Figura 4. Composición del espectro trófico general de *Istiophorus platypterus* en la zona de Oaxaca. La descripción se realiza sobre la base de ejemplares capturados en las principales áreas de operación de la flota de pesca deportiva de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013). Solo se muestran las presas más importantes acorde al Índice de Importancia Relativa (IIR). 1) *Auxis thazard*, 2) *Uraspis helvola*, 3) *Argonauta* spp, 4) *Vinciguerria lucetia*, 5) *Lagocephalus lagocephalus*, 6) *Caranx caballus*, 7) *Selar crumenophthalmus*, 8) *Decapterus macarellus*, 9) *Hemiramphus saltator*, 10) *Chloroscombrus orqueta*, 11) *Fistularia corneta* y 12) *Selene peruviana*. 24
- Figura 5. Composición del espectro trófico general de *Coryphaena hippurus* en la zona de Oaxaca. La descripción se realiza sobre la base de ejemplares capturados en las principales áreas de operación de la flota de pesca deportiva de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013). Solo se muestran las presas más importantes acorde al Índice de Importancia Relativa (IIR). 1) *Portunus xantusii*, 2) *Selar crumenophthalmus*, 3) *Dosidicus gigas* y 4) *Balistes polylepis*. 27

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Categorías taxonómicas encontradas en la dieta de <i>Istiophorus platypterus</i> en la costa de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013).	23
Tabla II. Composición del espectro trófico de <i>Istiophorus platypterus</i> , en la costa de Oaxaca, México de 2008 y 2009. Se reportan los valores absolutos, porcentajes y porcentajes acumulados del método gravimétrico (IP) e Índice de Importancia Relativa (IIR).	25
Tabla III. Categorías taxonómicas encontradas en la dieta de <i>Coryphaena hippurus</i> en la costa de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013).	26
Tabla IV. Composición del espectro trófico de <i>Coryphaena hippurus</i> , en la costa de Oaxaca, México de 2008 y 2009. Se reportan los valores absolutos, porcentajes y porcentajes acumulados del método gravimétrico (IP) e Índice de Importancia Relativa (IIR).	28
Tabla V. Composición proximal de las dietas de <i>Istiophorus platypterus</i> y <i>Coryphaena hippurus</i> . Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.	29
Tabla VI. Determinaciones energéticas de las dietas generales de <i>Istiophorus platypterus</i> y <i>Coryphaena hippurus</i> obtenidas a 298.15 K y 0.1 MPa. Se reportan los valores promedio en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) con su respectiva incertidumbre, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco (PF) y peso seco (PS).	30
Tabla VII. Composición proximal de las especies presa de <i>Istiophorus platypterus</i> . Se reportan los valores promedio con su respectiva	

desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.	31
Tabla VIII. Determinaciones energéticas de las especies presa de <i>Istiophorus platypterus</i> obtenidas a 298.15 K y 0.1 MPa. Se reportan los valores promedio en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) con su respectiva incertidumbre, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco (PF) y peso seco (PS).	32
Tabla IX. Aporte energético de las presas principales consumidas por <i>Istiophorus platypterus</i> . Se reportan valores absolutos, promedios en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) y porcentajes, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco.	33
Tabla X. Cuantificación del N proteico para el crustáceo de la dieta de <i>Coryphaena hippurus</i> . Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.	34
Tabla XI. Composición proximal de las especies presa de <i>Coryphaena hippurus</i> . Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.	35
Tabla XII. Determinaciones energéticas de las especies presa de <i>Coryphaena hippurus</i> obtenidas a 298.15 K y 0.1 MPa. Se reportan los valores promedio en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) con su respectiva incertidumbre, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco (PF) y peso seco (PS).	36
Tabla XIII. Aporte energético de las presas principales consumidas por <i>Coryphaena hippurus</i> . Se reportan valores absolutos, promedios en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) y porcentajes, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco.	37

RESUMEN

El estudio del balance entre la ingesta, gasto y aumento de la energía obtenida a través del alimento, ofrece una forma alternativa de valorar la utilización de los componentes de la dieta en los animales, a través del enfoque denominado bioenergética, en donde se considera que la cantidad de energía que un animal necesita, depende de los requerimientos fisiológicos y de las condiciones ambientales. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el aporte energético de las principales presas de *Istiophorus platypterus* y *Coryphaena hippurus*, capturados en el área de pesca de la flota deportiva de Oaxaca, durante el periodo 2008-2009. El análisis energético se realizó a través de métodos de análisis proximal y calorimetría de combustión aplicados a las principales presas que aportaron las mayores biomásas en el consumo de estos depredadores. El aporte energético en la dieta de *I. platypterus* osciló de $1.02 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ a $1.62 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$, aportados por peso fresco (PF) de *Fistularia corneta* y *Uraspis helvola* respectivamente, mientras que para *C. hippurus* varió entre $1.14 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ a $1.29 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ en PF aportados por *Portunus xantusii* y *Selar crumenophthalmus*. Las presas más importantes para ambos depredadores contribuyeron con más de la mitad del aporte energético de la dieta, con un 63% para *Auxis thazard* y 66.25% para *P. xantusii*. El valor energético promedio del alimento consumido por *I. platypterus* fue de $1.22 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ PF y un consumo total de 32,214.06 kcal; mientras que *C. hippurus* registró $1.14 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ PF por alimento ingerido y un consumo total de 7,158.15 kcal. Se observó que *I. platypterus* consumió más presas con mayor contenido energético, mientras que *C. hippurus* recursos alimentarios de menor contenido energético pero con mayor abundancia en la zona.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del balance entre la ingesta, gasto y aumento de la energía a través del alimento, representa una forma alternativa de evaluar la utilización de los componentes de la dieta en los animales. Esto debido a que la alimentación, el crecimiento y la producción se describen en términos del fraccionamiento de la energía alimentaria, produciendo componentes entre el catabolismo como combustibles y el anabolismo como almacenamiento en los tejidos. A este enfoque se le denomina bioenergética o energética nutricional (Bureau *et al.*, 2002).

Ahora bien, la cantidad de energía que un animal necesita para mantener su metabolismo depende de la etapa del ciclo biológico en que se encuentra, de la estación y de las condiciones ambientales. Los animales jóvenes, en crecimiento, necesitan para su mantenimiento más energía, por unidad de masa corporal, que los maduros, aunque, en estos, las necesidades energéticas se ven temporalmente incrementadas debido a los procesos reproductivos (Cho *et al.*, 1982).

Se han utilizado diversos términos para describir el flujo de energía que se produce en los animales. Esto es especialmente evidente en la biología de los peces, donde las nomenclaturas y modos de expresión de intercambios de energía son diversos. En 1981, el National Research Council (NRC) propuso una terminología sistemática para la descripción de la utilización de energía por los animales, incluidos los peces (Fig. 1), y ha sido ampliamente adoptada por los fisiólogos de animales (Bureau *et al.*, 2002).

La energía bruta (Gross Energy = GE) es el término utilizado para la entalpía (ΔH) de combustión en la nutrición. Sin embargo, a diferencia de la entalpía, la GE está representada por un signo positivo (+). Bajo este contexto, la energía de ingesta (Intake Energy = IE) es la notación adoptada por el NRC (1981) para la ingesta de un animal de GE. La IE es la GE producto del consumo de alimento (Bureau *et al.*, 2002).

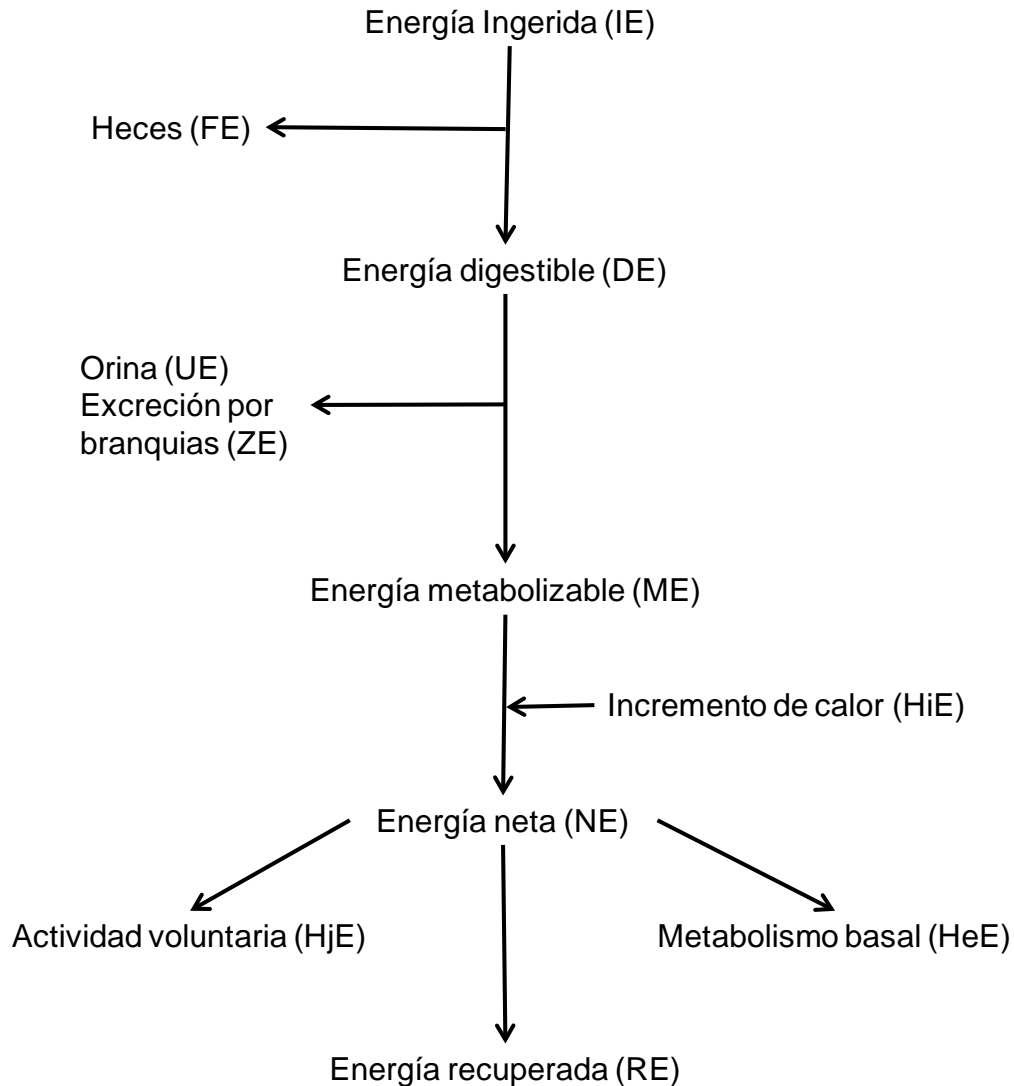


Figura 1. Representación esquemática de la fisiología energética en peces. Traducido de la versión original del NRC (1981).

La GE contenida en un alimento se mide generalmente por calorimetría de combustión (Bureau *et al.*, 2002). En dicho método, el carbono y el hidrógeno presentes en las muestras se oxidan completamente a dióxido de carbono y agua, como sucede *in vivo*. Sin embargo, el nitrógeno se convierte en óxidos, que no ocurre *in vivo*. Los óxidos de nitrógeno interactúan con el agua para producir ácidos fuertes, a través de una reacción endérgica. Estos ácidos se valoran

para aplicar una corrección por la diferencia entre la combustión en una atmósfera de oxígeno y el catabolismo *in vivo* (Blaxter, 1989).

La GE contenida en un alimento depende de su composición química. En Alemania durante la década 1870, desarrollaron un método para la evaluación de los ingredientes de piensos y alimentos terminados, denominado análisis proximal. Dicho método consiste en el fraccionamiento de nutrientes y no nutrientes del alimento, en las categorías de humedad, proteína cruda, extracto etéreo (lípidos), fibra cruda, cenizas y carbohidratos (extractos libres de nitrógeno, Bureau *et al.*, 2002). En animales acuáticos, los valores medios de GE para carbohidratos, proteínas y lípidos son 4.11, 5.64 y 9.43 kcal*g⁻¹, respectivamente (Brafield y Llewellyn, 1982; Blaxter, 1989). Las cenizas (minerales) no tienen GE porque estos componentes no son combustibles.

Respecto al comportamiento alimentario, la Teoría óptima de forrajeo (MacArthur y Pianka, 1966; Emlen, 1966) explica cómo las especies cambian entre sus recursos alternativos de alimento de acuerdo a los costos y beneficios que la elección de una captura les provea (Gerking, 1994).

Para el grupo de los peces, los hábitos alimentarios tienen una estrecha relación con la disponibilidad de alimentos (García de Jalón *et al.*, 1993) y su adaptabilidad trófica (Gerking, 1994; Dill, 1983). En este sentido, se utilizan los términos generalista, especialista y oportunista, en donde, las especies generalistas son aquellas que utilizan un amplio espectro trófico de alimentos, mientras que las especialistas presentan un espectro mucho más restringido. Una especie oportunista es aquella que aprovecha un alimento distinto del que generalmente se sirve cuando está más al alcance, o en proporciones inusualmente abundantes.

Con base en estas definiciones, la mayoría de los peces son oportunistas. No obstante, los alimentos elegidos pueden fluctuar en el tiempo, y dependiendo de su abundancia y disponibilidad, un organismo especialista puede volverse

generalista cuando la fuente principal de alimentación se vuelve escasa, o viceversa (Gerking, 1994).

Vistos desde el ámbito ecológico y económico, los peces como recurso tienen gran importancia en el ecosistema, ya que algunos de sus procesos biológicos y de comportamiento son indicadores de las condiciones del medio. Para ello, los modelos bioenergéticos aportan un marco funcional que relaciona las tasas de crecimiento y alimentación de los peces con las condiciones ambientales, proporcionando información sobre las relaciones causales entre estas variables (Allen y Wootton, 1982).

Bachok *et al.* (2004) señalan que los estudios del comportamiento alimentario sobre peces marinos son necesarios para la evaluación de los stocks pesqueros, la modelación del ecosistema, y representan la línea base de información para establecer planes de manejo y administración de los recursos, sobre todo de las especies que, por su importancia comercial, son sujetas a explotación pesquera.

De tal forma, que el presente trabajo se enfocó en las dos principales especies pelágicas con mayor importancia en la pesca deportiva en la costa de Oaxaca, el pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792) y el dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758. A estos depredadores se les realizó una estimación general de la energía de ingesta, basada en los aportes de biomasa y contenido energético que les proveen sus presas principales. Para lo que se emplearon los métodos de análisis proximal y calorimetría de combustión. La estimación tomó como base el trabajo de López-Herrera (2013), en donde reportó el espectro trófico de *I. platypterus* y *C. hippurus* capturados por la flota de pesca deportiva y de manera incidental por la pesca ribereña en la costa de Oaxaca, México, durante el periodo 2008 y 2009.

2. ANTECEDENTES

Las especies *I. platypterus* y *C. hippurus* son consideradas depredadores tope, como tal ocupan los niveles tróficos más altos de la trama alimentaria (Gerking, 1994). Su papel ecológico es mantener densoreguladas las poblaciones de presas a niveles que disminuyen la competencia intraespecífica.

2.1 *Istiophorus platypterus*

I. platypterus es una especie oceánica y epipelágica, que muestra una fuerte tendencia a acercarse a la costa permaneciendo sobre la termoclina. En el Pacífico Mexicano sus desplazamientos estacionales de norte a sur parecen coincidir con los movimientos estacionales de la isoterma de los 28°C (Nakamura, 1985). Para este depredador se ha documentado un crecimiento rápido en los primeros años de vida; el cual se estabiliza en los años posteriores (Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1998; Chiang *et al.*, 2004; Ramírez-Pérez *et al.*, 2011; Cerdanarés-Ladrón de Guevara *et al.*, 2011).

La conducta alimentaria *I. platypterus* reportada por Nakamura (1985) describe que, cuando uno o varios individuos localizan un cardumen de presas potenciales, comienza una persecución, primero a velocidad media, con las aletas medio plegadas, posteriormente se dirigen hacia el cardumen a una gran velocidad, con las aletas completamente plegadas, y capturan a sus presas realizando giros bruscos con las aletas expandidas, formando una barrera contra el cardumen golpeándolo con el pico. Subsecuentemente engulle a los peces aturdidos o muertos por el golpe, ingiriéndolos primero por la cabeza hasta la cola.

Sus preferencias alimentarias cambian a lo largo de su ciclo vital y por época del año (Ovchinnikov, 1971), considerándolo un depredador especialista (Evans y Wares, 1972; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Amezcua-Gómez, 2007; Romero-Ramírez, 2009; Hernández-Aguilar *et al.*, 2013; López-Herrera, 2013). Los machos consumen mayor cantidad de alimento que las hembras (Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006; Amezcua-Gómez, 2007), y se considera que ésta mayor

voracidad se debe a que necesitan alcanzar la madurez sexual a tallas menores comparado con las hembras, maximizando de esta manera el potencial reproductivo (Hernández-Herrera, 2001; Hernández-Aguilar, 2012).

Se ha reportado que la composición de presas del espectro alimentario de *I. platypterus* varía latitudinalmente en el Pacífico mexicano. Esto es, en la región norte, el grueso de la dieta lo conforman cefalópodos pelágicos y en menor grado peces (Evans y Wares, 1972; Elbridge y Wares, 1974; Rosas-Alayola *et al.* 2002; Arizmendi-Rodríguez *et al.*, 2006), mientras que en las regiones centro y sur el espectro alimentario está constituido principalmente por peces epipelágicos, seguidos de cefalópodos y eventualmente crustáceos del área oceánica (Perez-España *et al.*, 2002; Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.*, 2003; Cerdaneres-Ladrón de Guevara, 2005; Amezcua-Gómez *et al.*, 2006; Romero-Ramírez, 2009; Hernández-Aguilar *et al.*, 2013; López-Herrera, 2013).

Por la característica de ser una especie que presenta gran movimiento, no se ha determinado la tasa de ración diaria para *I. platypterus*, ya que para ello, es necesario establecer la tasa de evacuación gástrica (Arizmendi-Rodríguez, 2004; Hernández-Aguilar, 2012). Sin embargo, existe un método empírico propuesto por Palomares y Pauly (1998), sobre la predicción del consumo de alimento para peces marinos y de agua dulce, y toma como base la temperatura del hábitat, el peso asintótico, una variable morfológica (características de la aleta caudal o índices de la forma del cuerpo) y el tipo de alimento preferente del pez. Dicho método, puede ser utilizado para establecer parámetros en modelos tróficos de ecosistemas y aplicaciones similares.

Sobre los estudios bioenergéticos enfocados a *I. platypterus*, son escasos y están ligados a sus aspectos reproductivos (Granados-Alcantar, 2011; Hernández-Aguilar, 2012). Sin embargo, se reportan los aportes energéticos de sus presas principales como lo son: *Dosidicus gigas* (1.57 kcal*g⁻¹), *Argonauta* spp (1.07 kcal*g⁻¹), *Balistes* spp (1.47 kcal*g⁻¹), *Mugil cephalus* (1.22 kcal*g⁻¹), *Auxis* spp (1.51kcal*g⁻¹) y *Opisthonema* spp (1.23 kcal*g⁻¹) reportados en peso fresco

(Granados-Alcantar, 2011); *Fistularia corneta* (6.11 kcal*g⁻¹), *F. commersonii* (6.03 kcal*g⁻¹) y *Auxis thazard* (5.59 kcal*g⁻¹) reportados en peso seco (Hernández-Aguilar, 2012).

2.2 *Coryphaena hippurus*

C. hippurus es una especie pelágica oceánica, con tendencia a acercarse a las costas (López-Martínez, 2007). Su distribución parece estar limitada principalmente por la isoterma de 20°C (Gibbs y Collete, 1959). A esta especie se le atribuyen tasas de crecimiento altas y metabolismo elevado (Massutí *et al.*, 1999; Olson y Galvan, 2002).

Es un depredador ágil y capaz de capturar presas de rápido movimiento (Welsh, 1950; Palko *et al.*, 1982; Brill, 1996; Varghese *et al.*, 2013), su estrategia de alimentación consiste en golpear horizontalmente contra sus presas para aturdir las e ingerirlas posteriormente (Bone y Moore, 2008). Generalmente se les asocia con objetos flotantes (OF) naturales o artificiales a la deriva (Fischer *et al.*, 1995; Bocanegra-Castillo, 2007; Varghese *et al.*, 2013), y se ha sugerido que ingiere pedazos de sargazo, plástico y otros materiales no convencionales mientras se alimenta de las especies presa asociadas con los OF (Gibbs y Collette, 1959; Rose y Hassler, 1974; Manooch *et al.*, 1983; Varghese *et al.*, 2013) y solamente se aleja cuando existe la posibilidad de capturar presas de tallas más grandes (Kojima, 1963). Sin embargo, estudios posteriores indicaron que son atraídos hacia los OF por factores distintos al alimento (Kojima, 1967).

Presenta una actividad alimentaria diurna y nocturna (Gibbs y Collette, 1959; Oxenford y Hunte, 1999; Pope *et al.*, 2001; Varghese *et al.*, 2013) y se ha considerado que la actividad de forrajeo nocturno, es un mecanismo por el cual los elementos de la fauna batipelágica que realizan migraciones verticales durante la noche, contribuyen al alimento de formas epipelágicas (Rothschild, 1964; Varghese *et al.*, 2013).

Es un depredador voraz y oportunista que se alimenta de lo que está disponible en los alrededores (Varghese *et al.*, 2013), por lo que se considera que su selectividad alimentaria no es un factor importante (Ronquillo, 1953; Gibbs y Collette, 1959), sin embargo, Magnuson y Heitz (1971) mencionan que independientemente del modo de selección (anatómica, de comportamiento o perceptual), sus capacidades selectivas parecen estar asociados con la anatomía del aparato branquial. Mientras que, Shcherbachev (1973) indica que la visión de *C. hippurus* y al parecer sus órganos estatoacústicos de la línea lateral están involucrados en la búsqueda de alimento.

Los machos de *C. hippurus*, son depredadores más activos que las hembras de talla similar, ya que se ha observado en los estómagos de machos una cantidad mayor de alimento que en las hembras. Rose y Hassler (1974) sugieren que, como los machos son considerablemente más pesados que las hembras de la misma edad, éstos requieren una mayor cantidad de alimento para mantener su metabolismo.

La composición de presas de *C. hippurus* en todo el Pacífico mexicano está constituida por tres grandes grupos: peces (principalmente de la familia Exocoetidae), cefalópodos y crustáceos portúnidos (Aguilar Palomino *et al.*, 1998; Moteki *et al.*, 2001; Olson y Galván, 2002; Velasco y Galván-Magaña, 2002; Amezcua-Gómez *et al.*, 2006; González Medina *et al.*, 2006; Bernal-Espinosa, 2010; López Herrera, 2013). En lo general no se reportan grandes variaciones latitudinales en la composición de la dieta, sin embargo, existen reportes de variaciones en los componentes debido a la edad y sexo principalmente (Prejs y Colomine, 1981).

Sobre los estudios bioenergéticos de *C. hippurus*, Olson y Galván (2002) evaluaron los hábitos alimenticios y tasas de consumo de *C. hippurus* en el Pacífico tropical oriental, en donde encontraron que la periodicidad de alimentación varió por área geográfica, argumentando una posible relación con la digestibilidad y el contenido energético de las presas.

Las estimaciones promedio de las tasas de consumo fueron de un 5.6% de peso corporal por día. De igual forma reportaron una estratificación por sexo, zona, y clases de talla, en donde las raciones diarias oscilaron de 9.6% para los machos grandes, hasta 19.8% para pequeños dorados en la zona Este (Olson y Galván, 2002).

3. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

A pesar de que tanto *I. platypterus* y *C. hippurus*, son dos de los principales recursos de importancia en la pesca deportiva para la costa oaxaqueña, los estudios referentes a estas especies se enfocan a pesquerías y algunos aspectos básicos de su biología (Alejo-Plata *et al.*, 2003; Cardeña-López *et al.*, 2007; Alejo-Plata *et al.*, 2011a; Alejo-Plata *et al.*, 2011b; Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.*, 2011; Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.*, 2012; Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.*, 2013).

Por lo que, profundizar en sus aspectos alimenticios, específicamente en la determinación de su energía de consumo, aportará bases importantes para conocer el papel que desempeñan en la dinámica trófica del ecosistema marino de la costa oaxaqueña, relacionado con los flujos de energía, su almacenamiento, distribución y utilización por parte de los peces y así entender procesos metabólicos relacionados con el crecimiento y la reproducción (Faahraeus-Van Ree y Spurrell, 2003).

En este contexto y tomando como base el método calorimétrico y análisis proximal de alimentos, en la presente investigación, se analizará el aporte energético de la dieta de *I. platypterus* y *C. hippurus* de la costa de Oaxaca con la finalidad de validar o descartar la siguiente hipótesis.

Con base en los comportamientos y características de alimentación de cada depredador, se asume que, si *I. platypterus* es un depredador activo especialista en la captura de presas vivas asociadas en cardúmenes de alto movimiento, y *C. hippurus* es un depredador oportunista de organismos asociados a objetos flotantes; entonces, se espera que las principales presas consumidas por *I. platypterus* sean de un mayor contenido energético en comparación con las consumidas por *C. hippurus*.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Cuantificar la energía de ingesta y evaluar la composición de las dietas de *Istiophorus platypterus* y *Coryphaena hippurus* desembarcados en los principales puertos con actividad de pesca deportiva de la costa de Oaxaca.

4.2 Objetivos particulares

- Estimar el aporte energético de las principales especies presa que conforman la dieta de *I. platypterus*.
- Evaluar la composición proximal: humedad, cenizas, proteínas y lípidos, de las principales especies presa de *I. platypterus*.
- Cuantificar el aporte energético de las principales especies presa que conforman la dieta de *C. hippurus*.
- Evaluar la composición proximal: humedad, cenizas, proteínas y lípidos, de las principales especies presa de *C. hippurus*.
- Comparar la energía de ingesta de *I. platypterus* y *C. hippurus* en el periodo de 2008 a 2009.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Fig. 2) abarca las principales zonas de desembarco de las flotas deportivas y ribereñas del estado de Oaxaca: Puerto Escondido, Puerto Ángel, Santa Cruz Huatulco y Salina Cruz. Está comprendida entre los 15° 50' 43'' latitud N; 97° 04' 59'' longitud O (Puerto Escondido) y los 16° 12' 08'' latitud N; 95° 09' 46'' longitud O (Salina Cruz). Esta zona se ubica al sur de la llamada alberca de agua cálida del Pacífico Tropical Mexicano y se caracteriza por la presencia de aguas provenientes de la Corriente Costera de Costa Rica (Kessler, 2006). De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (2004), se encuentra dentro de la región AWO que corresponde a un clima tropical subhúmedo con lluvias en verano, y un rango de temperatura atmosférica anual de entre 26° y 28 °C.

A lo largo de la costa este del estado de Oaxaca (costa chica), se presenta una plataforma continental muy angosta, de 4 a 6 km de ancho, con un talud pronunciado donde se pueden alcanzar profundidades que van de los 4 a 4.5 km (frente a Puerto Ángel) a corta distancia de la línea de costa (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998), en ésta área se ubican las primeras tres localidades: Puerto Escondido, Puerto Ángel y Santa Cruz Huatulco. Por otra parte, Salina Cruz, se localiza en la región del Golfo de Tehuantepec, se caracteriza por presentar una plataforma continental relativamente amplia, 100 km de ancho (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998).

De acuerdo a la información hidrográfica del archivo histórico revisado por Trasviña y Barton (1997), el Golfo de Tehuantepec se caracteriza como un sistema de dos capas. La primera es la capa somera superficial, típicamente de 50 m, exhibe variaciones estacionales debidas al ciclo anual de radiación, así como a las fluctuaciones en la circulación costera, representada aquí por la Corriente Costera de Costa Rica. La segunda capa abarca la composición inmediatamente debajo de la termoclina (determinada por el avance hacia el norte del Agua Subsuperficial Subtropical) y la composición de profundidades intermedias (que son dominadas por las características del Agua Intermedia del Antártico).

En escalas de tiempo cortas, mensual, el forzamiento local del viento modifica la composición de las aguas cercanas a la superficie y el grosor de la capa mezclada superficial. En la termoclina del golfo oriental, la formación de una “cresta” perpendicular a la costa reduce el espesor de la capa superficial a menos de 20 m. Al mismo tiempo, en el golfo occidental, el grosor de la capa superficial sobrepasa los 100 m de profundidad debido a la formación de giros cálidos (Trasviña y Barton, 1997).

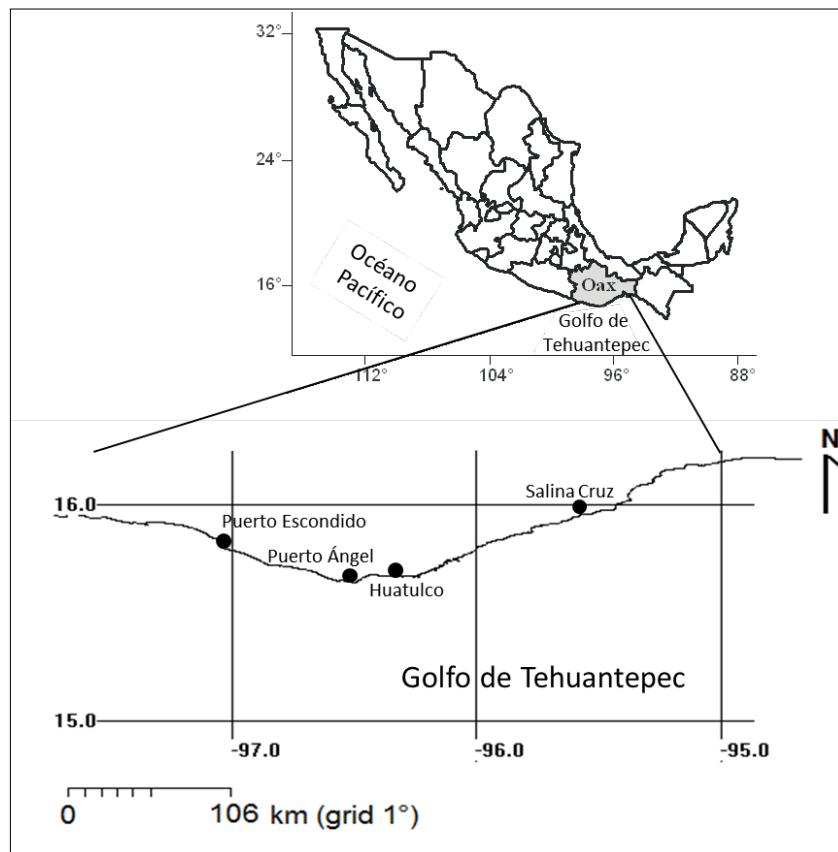


Figura 2. Localización del área de estudio donde se indican los puertos con actividad importante de las flotas deportiva y ribereña.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Sobre la base de las presas reportadas como las más importantes en el trabajo de López-Herrera (2013), se consideraron los componentes alimentarios que en conjunto sumaron el 96% y el 98% del Índice de Importancia Relativa (IIR, índice que integra la importancia gravimétrica, numérica y la frecuencia de aparición de cada presa) de los espectros alimentarios de *I. platypterus* y *C. hippurus* respectivamente, para realizar los análisis relacionados con la bioenergética de ambas especies.

6.1 Recolección de muestras

Los contenidos estomacales de tres individuos de *I. platypterus* y *C. hippurus*, fueron mezclados para representar la dieta promedio de cada depredador. Los ejemplares de las especies presa se recolectaron según la talla promedio registrada (menor o mayor a 10 cm), por lo que se utilizaron tres ejemplares frescos por réplica. En el caso de ejemplares que fueran mayores a 10 cm solo se tomó una fracción de un conglomerado equivalente a 200 g, en el caso de ejemplares menores a 10 cm, se utilizaron tantos ejemplares como fueran necesarios para completar los 200 g requeridos. Para la dieta promedio de *I. platypterus* y *C. hippurus*, así como sus especies presa se constituyeron tres réplicas para cada uno.

Para el análisis proximal (tratamiento 1), las determinaciones de cada réplica se realizaron por triplicado, mientras que en el análisis calorimétrico (tratamiento 2) las determinaciones se efectuaron por quintuplicado. Las muestras fueron mantenidas en congelación hasta su análisis en el Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera de la UMAR, unidad Puerto Ángel.

6.2 Trabajo de laboratorio

6.2.1 Análisis proximal

6.2.1.1 Preparación de réplicas

Se midió la talla y el peso húmedo de cada organismo de la muestra, posteriormente se homogeneizaron en una licuadora (Oster Serie Profesional BPST02-B00), agregando el volumen suficiente de agua medido en una probeta graduada de 100 ml (para conocer el porcentaje de humedad adherido y corregir a la humedad real). La humedad de las muestras se determinó por diferencia de peso en balanza analítica, entre una masa inicial (de 20 a 200 g) a temperatura ambiente y la resultante de la muestra llevada a desecación, en horno eléctrico de secado a 65 °C hasta peso constante obtenido de 3 a 7 días. El porcentaje de humedad se calculó con la ecuación 1:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_{mh} - P_{ms}}{P_m} \times 100 \quad (1)$$

En donde:

P_{mh} → Peso del recipiente con muestra húmeda

P_{ms} → Peso del recipiente con la muestra seca

P_m → Peso de la muestra

El total de muestra seca de cada charola fue retirada con una espátula, posteriormente fue macerada en un mortero de porcelana con pistilo, y se depositó dentro de sobres de papel aluminio etiquetados y sellados en bolsas herméticas.

6.2.1.2 Determinación de cenizas

Se empleó el procedimiento 923.03 de la Asociación de Comunidades Analíticas (AOAC, 2000). En un crisol a peso constante se quemaron 0.7 g de muestra seca

en parrillas eléctricas (Equipo construido por la UTM), posteriormente la muestra quemada fue incinerada en un horno mufla (Carbolite Elf 11/6) a 550 °C por cuatro horas, hasta quedar únicamente el residuo de materia inorgánica. Al término de este tiempo se dejaron enfriar los crisoles en la mufla y posteriormente se transportaron en un desecador para registrar nuevamente el peso del crisol con las cenizas en una balanza analítica (Ohaus EP213C) con una precisión de 0.001 g. El porcentaje de cenizas se calculó con la ecuación 2:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_{cc} - P_c}{P_m} \times 100 \quad (2)$$

En donde:

P_{cc} → Peso del crisol con las cenizas

P_c → Peso del crisol vacío

P_m → Peso de la muestra

6.2.1.3 Determinación de proteína bruta

Se utilizó el método micro Kjeldahl modificado para 0.3 g de muestra seca, tomado del método 955.04 de la AOAC (2000) para la determinación de nitrógeno total. Este se basó en la destrucción de materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formando sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio liberó amoniaco, el cual se destiló recibiendo en ácido bórico para formar borato de amonio y fue valorado con ácido clorhídrico (HCl 0.1 N). El contenido de proteína está expresado como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por el factor de conversión correspondiente, aquí se utilizó 6.25 (contenido de nitrógeno promedio de las proteínas en todas las carnes y pescados) y la ecuación 3:

$$\%N_{2 \text{ total}} = \frac{(V)(N)(0.014)}{P_m} \times 6.25 \quad (3)$$

En donde:

V → Volumen de HCl utilizado en la titulación

N → Normalidad del HCl

P_m → Peso de la muestra

0.014 → Miliequivalente del nitrógeno

En la dieta de *C. hippurus*, para la especie presa *Portunus xantusii*, por ser organismos con exoesqueleto de quitina, el cual es un carbohidrato cuya estructura química presenta una sección nitrogenada, se determinó el nitrógeno no proteico que pudiera estar afectando en la cuantificación de nitrógeno proteico total.

Para esto se aplicó el método de extracción de quitina de Percot *et al.* (2003) a 1 g de muestra seca, el cual consistió en la desmineralización de la muestra durante 15 min en 50 ml de HCl 0.25 M, seguido de la eliminación de las proteínas en 50 ml de NaOH 1 M a 90 °C durante 6 h, transcurrido este periodo se prosiguió al filtrado y lavado con agua destilada, el residuo básico fue neutralizado y la muestra obtenida se recuperó en un filtro para su posterior secado. A ésta muestra desproteinizada se le aplicó el método previamente descrito resultando en la determinación de nitrógeno no proteico, de tal forma que, el % N_{2 proteico} para esta especie presa resultó de la diferencia: % N_{2 proteico} = % N_{2 total} - % N_{2 no proteico}.

6.2.1.4 Extracción de lípidos totales

Se empleó el método de Bligh y Dyer (1959) modificado para 0.3 g de muestra seca, el cual consistió en mezclar solventes binarios de cloroformo y metanol (2 CHCl₃ : 1 CH₃OH) en tubos de ensayo de 15 ml con tapa, se incluyeron perlas de

maceración a cada tubo para ser vortados y sonicados por 5 min y se dejaron bajo congelación 3 días.

Posteriormente, toda la mezcla fue trasferida a otro tubo con la ayuda de una pipeta Pasteur (exceptuando las perlas) para centrifugar la solución a 5000 rpm durante 5 min a 23-24 °C. A continuación fue extraído el sobrenadante (mezcla de metanol-lípidos) con una pipeta Pasteur hacia un tercer tubo de ensayo, en donde se añadieron de 5 a 6 ml de agua destilada y fueron vortados y sonicados por 5 min, se dejó bajo congelación por 3 días. A la par, se pusieron a peso constante una serie de tubos de ensayo de 5 ml (tubo 4).

Concluido el tiempo de reposo se formaron dos fases en el tubo 3 (fase acuosa arriba y fase metanol-lípidos abajo). Con una pipeta Pasteur se obtuvo la fase inferior y se colocó en el tubo 4. Finalmente, el tubo 4 con la fase metanol-lípidos, se pusieron a secar a 90 °C por 3 días, para evaporar el metanol y así obtener los lípidos totales. Para los cálculos se empleó la ecuación 4:

$$\% \text{ Lípidos totales} = \frac{P_g - P}{P_m} \times 100 \quad (4)$$

En donde:

P_g → Peso del tubo con grasa

P → Peso del tubo 4

P_m → Peso de la muestra

Los resultados obtenidos de los análisis proximales, se expresaron en porcentaje por gramo de peso seco de la dieta general de *I. platypterus* y *C. hippurus*, así como de cada una de sus especies presa.

6.2.2 Calorimetría de combustión

La determinación del contenido energético del peso seco de las muestras orgánicas, se llevo a cabo en los Laboratorios de Investigación del área de Química y Biología, UMAR, Pto. Ángel en un calorímetro de micro-combustión de bomba estática, en atmosfera de oxígeno de alta pureza ($x=0.9999$), cuyo equivalente calorimétrico fue de ($\varepsilon=1497.39 \pm 0.37$) $J \cdot K^{-1}$, determinado con ácido benzoico 39j adquirido del NIST y validado con ácido salicílico y 1,2,4-Triazol (Mentado y Mendoza, 2013).

6.2.2.1 Determinación del contenido energético

Se preparó el material necesario para llevar a cabo la combustión del estándar primario (un crisol de platino, 5 cm de hilo de platino, 6 cm de hilo de algodón, la masa del ácido benzoico y la bomba calorimétrica). El crisol de platino y el hilo de platino, se expusieron a la flama de un mechero de Fisher de alta temperatura por un periodo de 5 min, para eliminar posibles residuos en el platino de experimentos anteriores.

La masa de cada uno de los materiales utilizados en la combustión, se midió empleando una balanza analítica (Ohaus DV215CD) con una precisión de 0.01 mg. El registro de la masa de los materiales se inició con el hilo de algodón, seguido por el hilo de platino, el crisol de platino, la tableta del ácido benzoico (0.02 g) y finalizando con la muestra (0.03 g) previamente compactadas con una pastilladora.

Posteriormente, se colocó el material en el cabezal de la bomba, es decir, el hilo de algodón se sujetó al hilo de platino y este último se conectó a los electrodos del cabezal de la bomba para cerrar el circuito eléctrico. Después, se puso el crisol con la muestra dentro del arillo del cabezal de la bomba, conectando la pastilla con el hilo de algodón. Seguido a esto, se agregó 0.1 ml de agua desionizada al fondo de la bomba y se colocó el cabezal dentro de la bomba y ésta se cerró con la tapa de rosca.

Una vez cerrada la bomba, se realizó una serie de tres purgas consecutivas con oxígeno de alta pureza, presurizando a 30 atm y vaciando para desplazar el aire e impurezas contenidas dentro de ella, después de las purgas, se cerró la válvula de aguja y se presurizó a 30 atm. Una vez cargada, la bomba se introdujo cuidadosamente en la cubeta calorimétrica y se adicionaron 0.3262 kg de agua destilada, cantidad medida con una balanza (Mettler Toledo MS12001L/03) con una precisión de 0.1 g.

Posteriormente, la cubeta calorimétrica se colocó dentro de la chaqueta y se realizaron las conexiones para la ignición y cerrar el circuito eléctrico. Finalmente, se conectaron los dispositivos de agitación, de medición de temperatura y se inició la agitación mecánica del sistema.

El incremento de la temperatura del agua de la cubeta calorimétrica, se monitoreó con un termistor (HartScientific) conectado a un multímetro digital (Keysight 34401A) de 6 ½ dígitos, que a su vez se acopló a una computadora en donde se registraron los datos de resistencia convertidos a datos de temperatura. Al término de 30 min de haber agitado con un recirculador PolySciencie (Advanced Digital 9102) y registrado la temperatura del sistema, se aseguró que el incremento de temperatura fuera constante, y se dio inicio al experimento, manteniendo la agitación a una temperatura de alrededor de 295.65 K para que la temperatura final fuera lo más cercano a 298.15 K. El registro del incremento de temperatura se llevó a cabo en periodos de 10 s durante 30 min, registrando 180 lecturas. En la lectura número 60 (a los 10 min) se dio ignición con una unidad de ignición (Parr 2901) que libera 4.184 J, energía que sirve para llevar a cabo la reacción de combustión.

Una vez finalizado cada experimento, se desmontó el sistema y se liberaron los gases de la bomba producidos por la reacción de combustión. Debido a la naturaleza orgánica de las muestras se produjo ácido nítrico por la reacción, el cual libera cierta cantidad de energía que debe ser cuantificada.

Para realizar esta corrección, se tomaron muestras de dos experimentos por especie presa que se analizaron por triplicado. La toma de muestra consistió en, una vez liberados cuidadosamente los gases dentro de la bomba, ésta se desmontó y evitó perder cualquier cantidad de líquido que se halla formado dentro. Posteriormente se lavó con agua destilada tanto el interior como el cabezal de la bomba y, a través de un embudo de cristal se depositó el líquido con residuos en un matraz de aforación de 100 ml, el cual fue aforado, etiquetado y dispuesto en almacenamiento para su posterior valoración con NaOH [0.04 N], que previamente fue valorado con diftalato ácido de potasio [0.01 N].

6.3 Análisis estadísticos

Los porcentajes de los análisis proximales y los valores energéticos (tratamientos) estimados para las réplicas, se evaluaron con el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis debido al reducido número de datos, para comprobar la igualdad entre las determinaciones de cada una de las réplicas. Posteriormente se aplicó un ANOVA de 1 vía en donde se evaluaron las diferencias entre las dietas generales de ambos depredadores, así como entre cada una de sus especies presa. Todas la pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de significancia de al menos $\alpha = 0.05$.

7. RESULTADOS

7.1 Datos biométricos

Las tallas y peso de los ejemplares de *Istiophorus platypterus* (Fig. 3a) utilizados por López-Herrera (2013) y que fueron tomados como referentes para este trabajo fueron las siguientes: longitud furcal mínima = 111 cm, longitud furcal máxima = 313 cm, peso mínimo 10.6 kg, peso máximo 47 kg. En los ejemplares de *Coryphaena hippurus* (Fig. 3b) las tallas y pesos correspondientes fueron: longitud furcal mínima= 34.5 cm, longitud furcal máxima = 137 cm, peso mínimo 0.938 kg y peso máximo 20.2 kg.

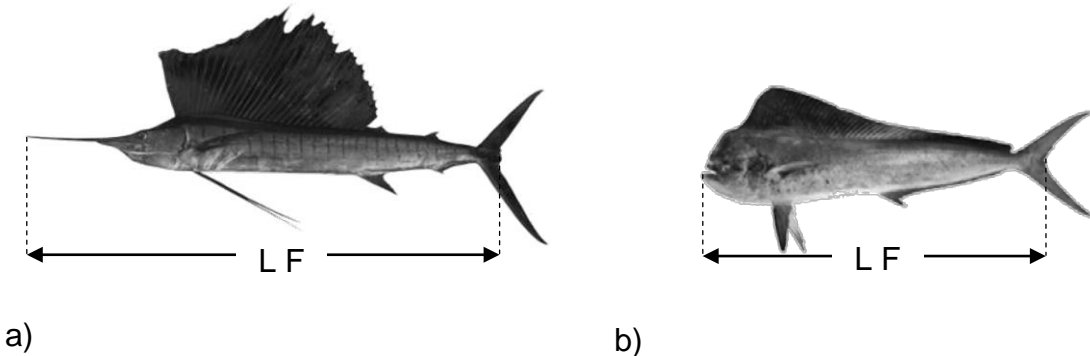


Figura 3. a) *Istiophorus platypterus* (pez vela), b) *Coryphaena hippurus* (dorado).

7.1.1 Espectro trófico de *Istiophorus platypterus*

Sobre la base de la revisión de trabajos previos se observó que la mayoría coinciden en que el espectro alimentario de *I. platypterus* está conformado principalmente por presas de los grupos de los peces y los cefalópodos. Particularmente, para la costa de Oaxaca, López-Herrera (2013) reporta que el espectro alimentario está conformado por más de 50 componentes alimentarios, destacan por su contribución peces de las familias Carangidae (con 13 especies presa) y Scombridae (Tabla I).

Tabla I. Categorías taxonómicas encontradas en la dieta de *Istiophorus platypterus* en la costa de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013).

Phylum	Clase	Familias	Géneros	Especies
Chordata	Actinopterygii	23	36	45
Mollusca	Cephalopoda	6	7	8

De acuerdo al método gravimétrico (IP) e Índice de Importancia Relativa (IIR, Fig. 4), solo 12 especies presa constituyeron el 86.7% de IP acumulado y estas mismas acumularon el 96.4% de IIR de su dieta general, mientras que el 13.3% de IP y 3.6% de IIR restantes lo constituyeron 41 especies.

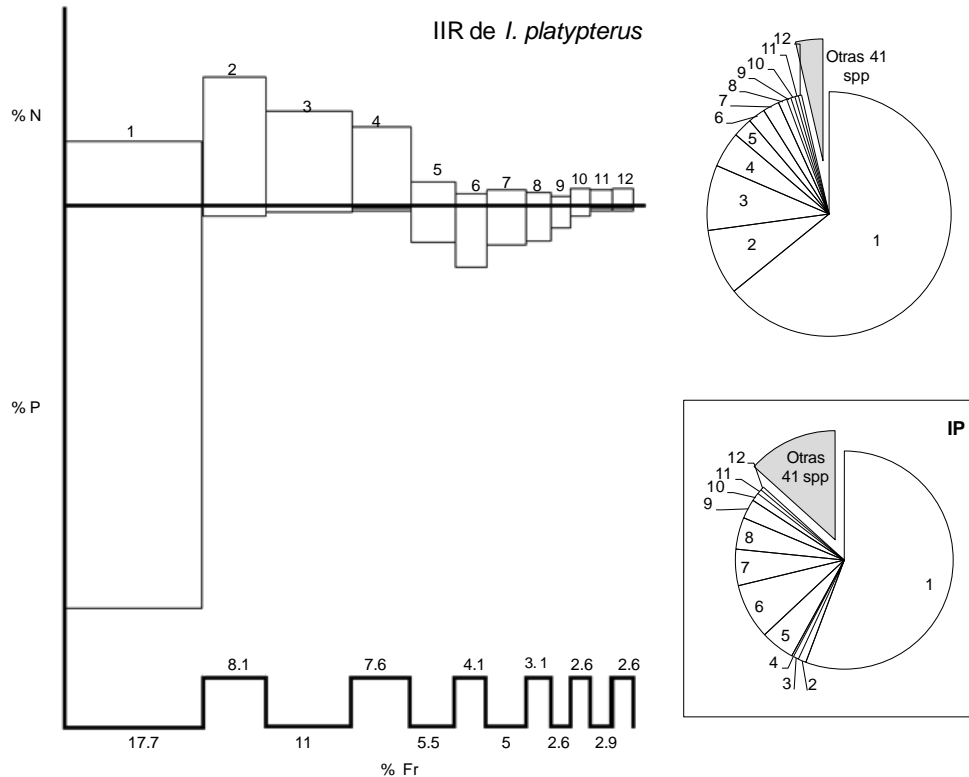


Figura 4. Composición del espectro trófico general de *Istiophorus platypterus* en la zona de Oaxaca. La descripción se realiza sobre la base de ejemplares capturados en las principales áreas de operación de la flota de pesca deportiva de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013). Solo se muestran las presas más importantes acorde al Índice de Importancia Relativa (IIR). 1) *Auxis thazard*, 2) *Uraspis helvola*, 3) *Argonauta* spp, 4) *Vinciguerria lucetia*, 5) *Lagocephalus lagocephalus*, 6) *Caranx caballus*, 7) *Selar crumenophthalmus*, 8) *Decapterus macarellus*, 9) *Hemiramphus saltator*, 10) *Chloroscombrus orqueta*, 11) *Fistularia corneta* y 12) *Selene peruviana*.

El peso promedio de los contenidos estomacales de *I. platypterus* fue de 162.9 g. En total se contaron 1,343 individuos presa que en conjunto sumaron 32,985.3 g. Con base a los valores del índice gravimétrico, los componentes más importantes fueron *Auxis thazard* (55.7 %), *Caranx caballus* (8.2 %), *Selar*

crumenophthalmus (5.4 %), *Lagocephalus lagocephalus* (5 %) y *Decaptherus macarellus* (4.7 %, Tabla II).

Tabla II. Composición del espectro trófico de *Istiophorus platypterus*, en la costa de Oaxaca, México de 2008 y 2009. Se reportan los valores absolutos, porcentajes y porcentajes acumulados del método gravimétrico (IP) e Índice de Importancia Relativa (IIR).

Especies presa	n	P (g)	% P	% P _{ACUM}	% IIR	% IIR _{ACUM}
<i>A. thazard</i>	120	18,384.0	55.7	55.7	64.2	64.2
<i>U. helvola</i>	240	388.4	1.2	56.9	8.7	72.8
<i>Argonauta</i> spp	177	264.8	0.8	57.7	8.6	81.5
<i>V. lucetia</i>	144	92.8	0.3	58.0	4.7	86.2
<i>L. lagocephalus</i>	45	1,659.1	5.0	63.0	2.6	88.8
<i>C. caballus</i>	23	2,703.3	8.2	71.2	2.3	91.0
<i>S. crumenophthalmus</i>	31	1,778.4	5.4	76.6	2.2	93.2
<i>D. macarellus</i>	26	1,555.6	4.7	81.3	1.2	94.4
<i>H. saltator</i>	14	948.0	2.9	84.2	0.6	94.9
<i>C. orqueta</i>	33	409.6	1.2	85.4	0.5	95.5
<i>F. corneta</i>	30	227.8	0.7	86.1	0.5	95.9
<i>S. peruviana</i>	32	177.1	0.5	86.7	0.4	96.4
41 spp	428	4,396.4	---	13.3	---	3.6
Total	1,343	32,985.3				

7.1.2 Espectro trófico de *Coryphaena hippurus*

Sobre la base de la revisión de trabajos previos se observó que la mayor parte de los trabajos coinciden que el espectro alimentario de *C. hippurus* está conformado principalmente por presas de los grupos de los peces, cefalópodos y crustáceos. Particularmente, para la costa de Oaxaca, López-Herrera (2013) reporta que el espectro alimentario está conformado por más de 30 componentes alimentarios, destacan por su contribución peces de la familia Carangidae (con ocho especies) y un crustáceo de la familia Portunidae (Tabla III).

Tabla III. Categorías taxonómicas encontradas en la dieta de *Coryphaena hippurus* en la costa de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013).

Phylum	Clase	Familias	Géneros	Especies
Chordata	Actinopterygii	16	24	25
Mollusca	Cephalopoda	8	8	8
Arthropoda	Malacostraca	3	3	3

De acuerdo al método gravimétrico (IP) e Índice de Importancia Relativa (IIR, Fig. 5), solo 4 especies presa constituyeron el 84.6 % de IP acumulado y estas mismas acumularon el 98.3 % de IIR de su dieta general, mientras que el 15.4 % de IP y 1.7 % de IIR restantes lo constituyeron 32 especies.

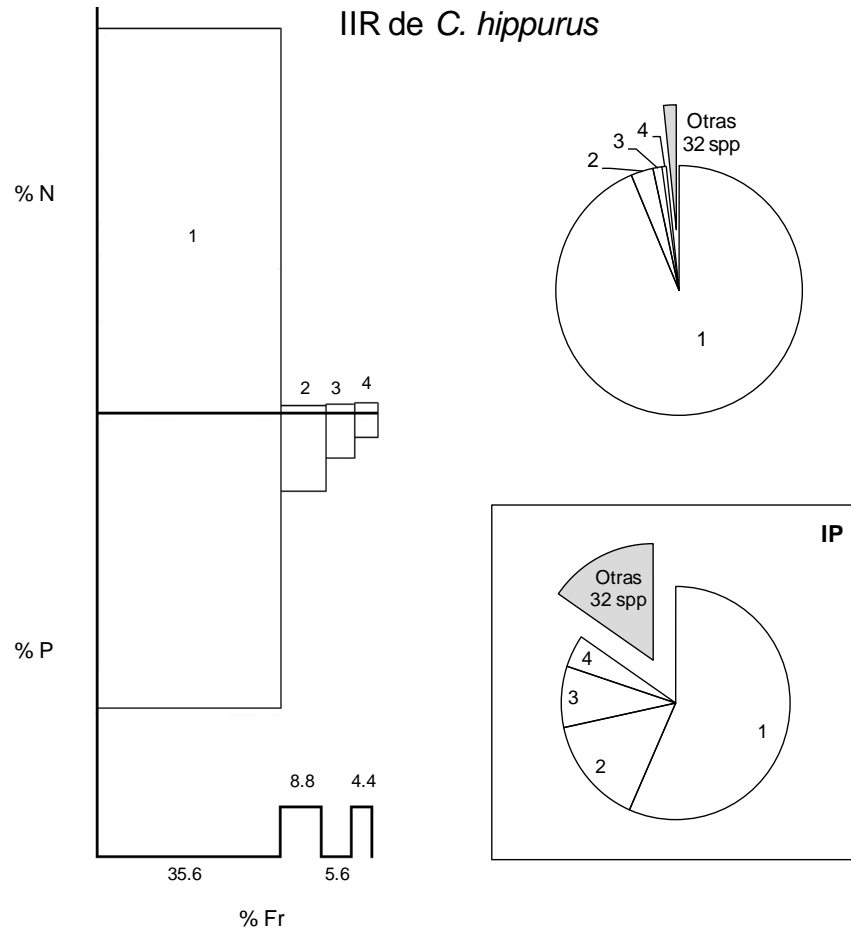


Figura 5. Composición del espectro trófico general de *Coryphaena hippurus* en la zona de Oaxaca. La descripción se realiza sobre la base de ejemplares capturados en las principales áreas de operación de la flota de pesca deportiva de Oaxaca, México durante 2008 y 2009 (López-Herrera, 2013). Solo se muestran las presas más importantes acorde al Índice de Importancia Relativa (IIR). 1) *Portunus xantusii*, 2) *Selar crumenophthalmus*, 3) *Dosidicus gigas* y 4) *Balistes polylepis*.

El peso promedio de los contenidos estomacales de *C. hippurus* fue de 78.1 g. En total se contaron 1,197 individuos presa que en conjunto sumaron 7,339 g. Con base a los valores del índice gravimétrico, los componentes más importantes fueron el crustáceo *Portunus xantusii* (56.6 %), el pez *S. crumenophthalmus* (15

%), el calamar *Dosidicus gigas* (8.5 %) y el pez *Balistes polylepis* (4.5 %, Tabla IV).

Tabla IV. Composición del espectro trófico de *Coryphaena hippurus*, en la costa de Oaxaca, México de 2008 y 2009. Se reportan los valores absolutos, porcentajes y porcentajes acumulados del método gravimétrico (IP) e Índice de Importancia Relativa (IIR).

Especies presa	n	P (g)	% P	% P _{ACUM}	% IIR	% IIR _{ACUM}
<i>P. xantusii</i>	882	4151.6	56.6	56.6	93.7	93.7
<i>S. crumenophthalmus</i>	18	1102.8	15.0	71.6	2.9	96.6
<i>D. gigas</i>	20	626.0	8.5	80.1	1.2	97.8
<i>B. polylepis</i>	25	330.1	4.5	84.6	0.6	98.3
32 spp	252	1128.4	---	15.4	---	1.7
Total	1,197	7,339.0				

7.2 Composición proximal y determinación calorimétrica

7.2.1 Dietas generales

La humedad promedio de ambas dietas no presentó diferencias significativas ($F_{(1,12)} = 0.004$, $p = 0.953$). El valor promedio de cenizas en la dieta de *C. hippurus* fue equivalente al 21.8 %, mientras que para *I. platypterus* fue de 14.6 %, las diferencias fueron significativas ($F_{(1,16)} = 8.2$, $p = 0.011$). Respecto a los porcentajes de lípidos, los valores del 9.8 % para *I. platypterus* y 8 % para *C. hippurus* fueron diferentes significativamente ($F_{(1,16)} = 5.9$, $p = 0.027$). En el caso

de las proteínas, no se encontraron diferencias significativas ($F_{(1,16)} = 0.07$, $p = 0.794$) entre el porcentaje encontrado en la dieta de *C. hippurus* (51.4 %) y el porcentaje de la dieta de *I. platypterus* (52.4 %, Tabla V).

Tabla V. Composición proximal de las dietas de *Istiophorus platypterus* y *Coryphaena hippurus*. Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.

Dietas generales	% Humedad	% Cenizas	% Lípidos	% Proteínas
<i>I. platypterus</i>	77.6 ± 0.6	14.6 ± 2.0	9.8 ± 0.7	52.4 ± 7.2
<i>C. hippurus</i>	77.5 ± 3.9	21.8 ± 7.3	8.0 ± 2.1	51.4 ± 9.5

El aporte energético promedio de los contenidos estomacales para ambas especies osciló de 5.07 a 5.26 kcal*g⁻¹ en peso seco y los valores de incertidumbre fueron relativamente bajos (< 0.01), las diferencias en el consumo energético entre ambas especies fueron significativa ($F_{(1,4)} = 344.5$, $p < 0.05$, Tabla VI).

Tabla VI. Determinaciones energéticas de las dietas generales de *Istiophorus platypterus* y *Coryphaena hippurus* obtenidas a 298.15 K y 0.1 MPa. Se reportan los valores promedio en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) con su respectiva incertidumbre, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco (PF) y peso seco (PS).

Dietas generales	% Humedad	$\frac{-\Delta_c U^p}{\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}}$ PF	$\frac{-\Delta_c U^p}{\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}}$ PS
<i>I. platypterus</i>	77.6 \pm 0.6*	1.18 \pm 0.001	5.26 \pm 0.006
<i>C. hippurus</i>	77.5 \pm 3.9*	1.14 \pm 0.002	5.07 \pm 0.009

*Desviación estándar

7.2.2 Especies presa de *Istiophorus platypterus*

La humedad promedio fluctuó en un intervalo de 71.5 % para *U. helvola* a 82.1 % para *H. saltator*, las diferencias fueron significativas ($F_{(11,84)} = 3.8$, $p < 0.05$) en al menos dos especies presas. El valor promedio de cenizas más alto se estimó para el cefalópodo *Argonauta* spp (25.4 %), mientras que el valor promedio más bajo fue para el teleósteo *A. thazard* (11 %), resultando en una diferencia significativa en al menos dos especies presa ($F_{(11,123)} = 27.2$, $p < 0.05$). Respecto a los porcentajes de lípidos, el valor promedio más alto se obtuvo para el ojetón *S. crumenophthalmus* con un 17.2 %, mientras que el valor promedio más bajo se obtuvo para el pez corneta *F. corneta* con un 2.9 %, las diferencias fueron estadísticamente significativas ($F_{(11,92)} = 4.8$, $p < 0.05$). Los porcentajes de proteínas presentaron diferencias significativas ($F_{(11,95)} = 2.7$, $p < 0.05$), en un intervalo que osciló de 39.4 % para *Argonauta* spp hasta un valor de 63.4 % para *C. orqueta* (Tabla VII).

Tabla VII. Composición proximal de las especies presa de *Istiophorus platypterus*. Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.

Especies presa	% Humedad	% Cenizas	% Lípidos	% Proteínas
<i>A. thazard</i>	78.6 ± 1.0	11.0 ± 1.5	9.4 ± 1.3	63.2 ± 5.5
<i>U. helvola</i>	71.5 ± 2.7	12.9 ± 1.9	10.2 ± 3.4	58.6 ± 1.3
<i>Argonauta</i> spp	75.0 ± 3.5	25.4 ± 2.4	15.1 ± 0.4	39.4 ± 5.4
<i>V. lucetia</i>	74.7 ± 1.1	19.1 ± 3.0	11.0 ± 0.7	50.2 ± 9.1
<i>L. Lagocephalus</i>	76.0 ± 1.0	13.8 ± 2.2	9.0 ± 1.9	57.3 ± 9.0
<i>C. caballus</i>	81.1 ± 2.4	16.4 ± 2.3	5.1 ± 1.2	59.6 ± 14.4
<i>S. crumenophthalmus</i>	76.6 ± 1.9	13.5 ± 1.0	17.2 ± 13.3	54.5 ± 8.3
<i>D. macarellus</i>	76.5 ± 4.8	13.4 ± 1.3	9.0 ± 1.6	60.9 ± 10.1
<i>H. saltator</i>	82.1 ± 2.5	16.8 ± 3.7	6.4 ± 3.0	56.1 ± 12.0
<i>C. orqueta</i>	72.7 n = 1*	21.6 ± 0.7	4.3 ± 2.6	63.4 ± 0.3
<i>F. corneta</i>	79.3 ± 5.5	23.5 ± 0.5	2.9 ± 0.5	47.9 ± 7.2
<i>S. peruviana</i>	76.2 ± 6.9	15.9 ± 1.1	5.1 ± 4.1	50.5 ± 5.1

*El conglomerado de organismos recolectados solo registró 29.6 g en PH

Para las especies presa de *I. platypterus*, los valores energéticos promedio oscilaron en un intervalo de 4.94 kcal*g⁻¹ en peso seco para *F. corneta* a 5.69 kcal*g⁻¹ en peso seco para *U. helvola*, dichas diferencias fueron significativas (F_(11,34) = 122.5, p < 0.05, Tabla VIII).

Tabla VIII. Determinaciones energéticas de las especies presa de *Istiophorus platypterus* obtenidas a 298.15 K y 0.1 MPa. Se reportan los valores promedio en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) con su respectiva incertidumbre, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco (PF) y peso seco (PS).

Especies presa	% Humedad	$\frac{-\Delta_c U^p}{\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}}$ PF	$\frac{-\Delta_c U^p}{\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}}$ PS
<i>A. thazard</i>	78.6 \pm 1.0*	1.11 \pm 0.002	5.19 \pm 0.01
<i>U. helvola</i>	71.5 \pm 2.7*	1.62 \pm 0.001	5.69 \pm 0.002
<i>Argonauta</i> spp	75.0 \pm 3.5*	1.28 \pm 0.006	5.13 \pm 0.02
<i>V. lucetia</i>	74.7 \pm 1.1*	1.29 \pm 0.003	5.11 \pm 0.01
<i>L. Lagocephalus</i>	76.0 \pm 1.0*	1.24 \pm 0.004	5.18 \pm 0.02
<i>C. caballus</i>	81.1 \pm 2.4*	0.97 \pm 0.001	5.12 \pm 0.005
<i>S. crumenophthalmus</i>	76.6 \pm 1.9*	1.29 \pm 0.006	5.51 \pm 0.02
<i>D. macarellus</i>	76.5 \pm 4.8*	1.19 \pm 0.009	5.09 \pm 0.04
<i>H. saltator</i>	82.1 \pm 2.5*	0.94 \pm 0.002	5.22 \pm 0.01
<i>C. orqueta</i>	72.7 n = 1	1.37 \pm 0.003	5.00 \pm 0.01
<i>F. corneta</i>	79.3 \pm 5.5*	1.02 \pm 0.006	4.94 \pm 0.03
<i>S. peruviana</i>	76.2 \pm 6.9*	1.34 \pm 0.003	5.63 \pm 0.01

*Desviación estándar

La presa *A. thazard* fue el componente alimentario con mayor contribución gravimétrica en la dieta de *I. platypterus* y aportó el 63.25 % del total del consumo energético, en cambio las presas secundarias *C. caballus*, *S. crumenophthalmus*, *L. lagocephalus* y *D. macarellus* aportaron entre el 5.77 % y 8.15 % del consumo energético (Tabla IX).

Tabla IX. Aporte energético de las presas principales consumidas por *Istiophorus platypterus*. Se reportan valores absolutos, promedios en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) y porcentajes, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco.

Especies presa	Biomasa consumida (g)	$\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ PF	kcal consumidas	% aporte a la dieta
<i>A. thazard</i>	18,384.00	1.11	20,376.33	63.25
<i>C. caballus</i>	2,703.30	0.97	2,624.78	8.15
<i>S. crumenophthalmus</i>	1,778.40	1.29	2,289.77	7.11
<i>L. lagocephalus</i>	1,659.10	1.24	2,057.37	6.39
<i>D. macarellus</i>	1,555.60	1.19	1,857.63	5.77
<i>H. saltator</i>	948	0.94	887.75	2.76
<i>U. helvola</i>	388.4	1.62	630.11	1.96
<i>C. orqueta</i>	409.6	1.37	559.92	1.74
<i>Argonauta spp</i>	264.8	1.28	339.95	1.06
<i>S. peruviana</i>	177.1	1.34	237.02	0.74
<i>F. corneta</i>	227.8	1.02	233.41	0.72
<i>V. lucetia</i>	92.8	1.29	120.02	0.37
TOTALES	28,588.90		32,214.06	

La biomasa total del alimento consumido por *I. platypterus* durante el período 2008-2009 fue de 32,985.3 g, el valor energético promedio del alimento fue de $1.22 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco, con una estimación de consumo total de 32,214.06 kcal.

7.2.3 Especies presa de *Coryphaena hippurus*

La humedad promedio fluctuó en un intervalo de 75.3 % del crustáceo *P. xantusii* a 80.6 % del calamar *D. gigas*, encontrando diferencias significativas ($F_{(3,33)} = 8.6$, $p < 0.05$) en al menos dos especies presa. El valor promedio de cenizas más alto se estimó para *P. xantusii* (30.7%), mientras que el valor promedio más bajo fue para el cefalópodo *D. gigas* (10%), resultando en una diferencia significativa en al menos dos especies presa ($F_{(3,63)} = 1058.9$, $p < 0.05$). Respecto a los porcentajes de lípidos, el valor promedio más alto se obtuvo para *S. crumenophthalmus* con un 17.2 %, mientras que el valor promedio más bajo se obtuvo para *B. polylepis* con un 6.7 %, las diferencias fueron estadísticamente significativas ($F_{(3,38)} = 3.6$, $p < 0.05$). Los porcentajes de proteínas presentaron diferencias significativas ($F_{(3,31)} = 54.1$, $p < 0.05$), en un intervalo que osciló de 19 % para *P. xantusii* hasta un valor de 65.9 % para el calamar *D. gigas* (Tabla X y XI).

Tabla X. Cuantificación del N proteico para el crustáceo de la dieta de *Coryphaena hippurus*. Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.

Espece presa	% N _{total}	% N _{quitina}	% N _{proteico}
<i>Portunus xantusii</i>	33.8 ± 8.9	14.8 ± 3.9	19.0 ± 6.3

Tabla XI. Composición proximal de las especies presa de *Coryphaena hippurus*. Se reportan los valores promedio con su respectiva desviación estándar, las estimaciones fueron hechas con base al peso seco.

Especies presa	% Humedad	% Cenizas	% Lípidos	% Proteínas
<i>P. xantusii</i>	75.3 ± 1.1	30.7 ± 1.6	8.7 ± 1.4	19.0 ± 6.3
<i>S. crumenophthalmus</i>	76.6 ± 1.9	13.5 ± 1.0	17.2 ± 13.3	54.5 ± 8.3
<i>D. gigas</i>	80.6 ± 0.6	6.6 ± 0.3	10.0 ± 0.4	65.9 ± 5.3
<i>B. polylepis</i>	76.3 ± 3.9	17.1 ± 1.5	6.7 ± 0.7	60.4 ± 3.9

Para las especies presa de *C. hippurus*, los valores energéticos promedio oscilaron en un intervalo de 4.63 kcal*g⁻¹ en peso seco para *P. xantusii* a 5.51 kcal*g⁻¹ en peso seco para *S. crumenophthalmus*, dichas diferencias fueron estadísticamente significativas ($F_{(3,13)} = 318.9$, $p < 0.05$, Tabla XII).

Tabla XII. Determinaciones energéticas de las especies presa de *Coryphaena hippurus* obtenidas a 298.15 K y 0.1 MPa. Se reportan los valores promedio en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) con su respectiva incertidumbre, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco (PF) y peso seco (PS).

Especies presa	% Humedad	$\frac{-\Delta_c U^p}{\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}}$ PF	$\frac{-\Delta_c U^p}{\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}}$ PS
<i>P. xantusii</i>	75.3 \pm 1.1*	1.14 \pm 0.008	4.63 \pm 0.03
<i>S. crumenophthalmus</i>	76.6 \pm 1.9*	1.29 \pm 0.006	5.51 \pm 0.02
<i>D. gigas</i>	80.6 \pm 0.6*	0.98 \pm 0.003	5.04 \pm 0.01
<i>B. polylepis</i>	76.3 \pm 3.9*	1.16 \pm 0.002	4.89 \pm 0.008

*Desviación estándar

El crustáceo *P. xantusii* fue el componente alimentario que mayor contribución en peso tuvo en la dieta de *C. hippurus* y aportó el 66.25% del total del consumo energético, en cambio las presas secundarias *S. crumenophthalmus*, *D. gigas* y *B. polylepis* aportaron entre el 5.35% y 19.84% del consumo energético (Tabla XIII).

Tabla XIII. Aporte energético de las presas principales consumidas por *Coryphaena hippurus*. Se reportan valores absolutos, promedios en kilocalorías por gramo ($\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$) y porcentajes, las estimaciones fueron hechas con base al peso fresco.

Especies presa	Biomasa consumida (g)	$\text{kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ PF	kcal consumidas	% aporte a la dieta
<i>P. xantusii</i>	4,151.6	1.14	4,742.63	66.25
<i>S. crumenophthalmus</i>	1,102.8	1.29	1,419.91	19.84
<i>D. gigas</i>	626.0	0.98	612.29	8.55
<i>B. polylepis</i>	330.1	1.16	383.32	5.35
TOTALES	6,210.5		7,158.15	

La biomasa total del alimento consumido por *C. hippurus* durante el período 2008-2009 fue de 7,339 g, el valor energético promedio del alimento fue de $1.14 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco, con una estimación de consumo total de 7,158.15 kcal.

8. DISCUSIÓN

8.1 Biometría de los organismos depredadores

Se ha reportado que la talla promedio de *Istiophorus platypterus* presenta una tendencia descendente latitudinalmente. En promedio son más grandes y pesados los individuos capturados en el sureste del Pacífico mexicano en comparación con los registrados en el noroeste del país (Ramírez-Pérez *et al.*, 2011; Cerdanars-Ladrón de Guevara *et al.*, 2012; Fitchett y Ehrhardt, 2012; Hernández-Aguilar, 2012). Este comportamiento ha llevado a considerar que el potencial reproductivo de la especie es mayor en el Pacífico sur mexicano (Hernández-Aguilar, 2012; Cerdanars-Ladrón de Guevara *et al.*, 2013), lo que a su vez posiblemente se esté reflejando en requerimientos alimentarios diferenciados (Hernández Aguilar *et al.*, 2012).

Los estudios sobre los hábitos alimentarios de *I. platypterus* en la costa oaxaqueña, reportan que las descripciones de las dietas se han realizado en individuos de un intervalo de tallas que oscila entre 93 a 216.5 cm de longitud ojo-furca (LOF) y pesos de 15.2 a 51.1 kg (Romero-Ramírez, 2009; Hernández-Aguilar, 2012). Estas biometrías son comparables con el intervalo reportado por López-Herrera (2013), de 111 a 313 cm de longitud furcal (LF) y pesos de 10.6 a 47 kg.

Para *C. hippurus*, la estructura de tallas presenta diferencias latitudinales. Mientras que en el norte del Pacífico mexicano la estructura de tallas tiende a ser unimodal con diferencias en la talla promedio entre hembras y machos (Zuñiga-Flores, 2009), en el Golfo de Tehuantepec, la estructura de tallas es claramente bimodal; la primera moda alrededor de los 55 cm y la segunda moda alrededor de los 105 cm de LF (Alejo-Plata *et al.*, 2014). Si bien la tendencia de la estructura de tallas es diferente, no lo es el intervalo y tallas promedio, por lo que tal vez no se observan diferencias en los requerimientos alimentarios entre los organismos de

estas áreas (Aguilar Palomino *et al.*, 1998; González-Medina *et al.*, 2006; Bernal-Espinosa, 2010; Tripp-Valdez *et al.*, 2010; López Herrera, 2013).

El intervalo de tallas que se ha reportado en estudios de índole alimentario oscila entre 20.5 a 148 cm de LF (González-Medina *et al.*, 2006; Bernal-Espinosa, 2010; Tripp-Valdez *et al.*, 2010). Estas biometrías son comparables con el intervalo reportado por López-Herrera (2013), de 34.5 a 137 cm de LF.

Se observa que, el intervalo de tallas de *I. platypterus* capturado por la flota de pesca deportiva no es amplio, debido a que en esta actividad de competencia el esfuerzo es dirigido a organismos de tallas grandes (Alvarado-Castillo y Félix-Uraga, 1998), y para el caso de *C. hippurus* son capturados principalmente los machos debido a que el dimorfismo sexual de la especie, les da características atractivas que los hacen susceptible de pesca por parte de esta flota.

8.2 Espectro trófico de *Istiophorus platypterus* y *Coryphaena hippurus* en la costa oaxaqueña

En la costa de Oaxaca, los espectros tróficos reportados para *I. platypterus* y *C. hippurus* registran componentes alimentarios recurrentes.

En el litoral oaxaqueño, la dieta de *I. platypterus* es representada en más del 80 % del IIR por peces escombridos, principalmente por *Auxis thazard* y *Euthynnus lineatus*, y como especies presa secundarias se registran a *Caranx caballus*, *Lagocephalus lagocephalus* y *Decapterus macarellus* (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.*, 2003; Cerdenares-Ladrón de Guevara, 2005; Romero-Ramírez, 2009; Hernández-Aguilar, 2012). Dicha composición alimentaria y las proporciones del IIR son consistentes a las que reporta López-Herrera (2013).

En general estas especies presa tienen una distribución tropical y subtropical, son epipelágicas en aguas neríticas y oceánicas, ocurren preferentemente por arriba de la termoclina, y las especies de escómbridos y carángidos forman cardúmenes que se desplazan con rápidos movimientos

(Froese y Pauly, 2014). De acuerdo a esto, *I. platypterus* en el Pacífico sur mexicano, es un depredador ictiófago que se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos formadores de cardúmenes, aunque en ocasiones también se alimenta de organismos mesopelágicos y se le considera especialista ya que consume preferentemente pocos tipos alimentarios (Hernández-Aguilar et al., 2013; López-Herrera, 2013)

La recurrencia de estas especies presa en los espectros tróficos históricamente reportados, sugieren que, en el litoral oaxaqueño estas especies encuentran las condiciones apropiadas que les permiten formar poblaciones estables y abundantes.

Ahora bien, para el mismo litoral, la dieta de *C. hippurus* es representada en más del 80 % del IIR por los peces *Canthidermis maculatus*, *Balistes polylepis*, *Selar crumenophthalmus*, el cefalópodo *Dosidicus gigas* y el decápodo *Portunus xantusii* (González-Medina et al., 2006; Bernal-Espinosa, 2010). Esto concuerda con la composición alimentaria reportada por López-Herrera (2013), pero, en este último predominó *P. xantusii* sobre las demás especies presa, con un registro de más del 90 % de IIR.

Respecto a las especies presa de *C. hippurus*, éstas presentan una distribución tropical y subtropical, son especies pelágicas de aguas neríticas. Los peces, principalmente juveniles se les encuentra asociados a objetos flotantes, a excepción del ojetón *S. crumenophthalmus* que forma cardúmenes (Froese y Pauly, 2014). Mientras que *P. xantusii* registra tallas pequeñas y altas densidades, principalmente en substrato lodoso o arenoso, en lechos de pastos marinos, y ocasionalmente nada en la superficie del agua por efecto de fototactismo (Garth y Abbott, 1980).

Se ha reportado para el litoral de Colima y Jalisco, una tendencia general de los portúnidos a migrar hacia aguas someras, coincidiendo con el enfriamiento del agua ocasionado por la influencia de la corriente de California, y un

desplazamiento a aguas profundas durante el hundimiento de la termoclina y agua cálida (Godínez-Domínguez y González-Sansón, 1999; Landa-Jaime *et al*, 2001), esto sugiere que las variaciones temporales en la dominancia en asociaciones demersales de crustáceos se relacionan con cambios estacionales en las condiciones ambientales (Fariña *et al.*, 1997).

Con base en lo anterior, el predominio de *P. xantusii* en la dieta de *C. hippurus*, podría ser el resultado de las condiciones particulares del Golfo de Tehuantepec durante el periodo de estudio de López-Herrera (2013), ya que, para dicha zona, particularmente los años 2008 y 2009 fueron considerados años Niña, con presencia de surgencias, aguas superficiales frías y productivas (Wolter y Timlin, 2011; Machain-Castillo *et al.*, 2012), lo cual posiblemente se vio reflejado en una mayor abundancia de *P. xantusii* en la zona. Así también, se ha reportado a esta especie como la más abundante en ambientes costeros de los litorales de Guerrero, Colima, Jalisco, Nayarit (Paul y Hendrickx, 1980; Hendrickx, 1985; Godínez-Domínguez y González-Sansón, 1999; Landa-Jaime *et al*, 2001).

C. hippurus es considerado un depredador de hábitos alimentarios diurnos y nocturnos, consumidor de cangrejos pelágicos y peces juveniles asociados a objetos flotantes. Se le cataloga como depredador oportunista y se han llegado a registrar objetos de plástico o madera dentro de sus estómagos tal vez resultado de su voracidad (López-Herrera, 2013; Varghese *et al.*, 2013).

Para ambos depredadores, los estudios previos (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.*, 2003; Cerdenares-Ladrón de Guevara, 2005; González-Medina *et al.* 2006; Romero-Ramírez, 2009; Hernández-Aguilar, 2012; López-Herrera, 2013), resaltan la importancia en número del grupo de cefalópodos, ya que se registraron una gran cantidad de picos. Sin embargo, se ha subestimado su importancia del aporte en peso, ya que el aparato mandibular (pico) es usualmente el único vestigio encontrado en los estómagos, porque el músculo blando del cefalópodo es digerido y evacuado rápidamente (Robertson y Chivers, 1997). Por

lo que, el IIR podría incrementarse para estas especies en caso de que se tomen en cuenta la biomasa real de este grupo.

8.3 Evaluación de la energía de ingesta

8.3.1 Dietas generales

La energía no es un nutriente, es más bien un producto terminal de los nutrientes absorbidos cuando se oxidan y metabolizan. Todos los componentes orgánicos de una dieta para peces liberan calor tras su combustión, esto es, son fuentes potenciales de energía. Sin embargo, son los lípidos y las proteínas los que constituyen las fuentes primarias de energía de la dieta de un organismo. Por lo tanto, la utilización de la energía y los nutrientes de cada dieta dependerá del nivel de su ingesta y de su composición (Cho *et al.*, 1982).

En este sentido, en el presente trabajo se registró que el contenido estomacal de *I. platypterus* le aportó un promedio de $5.26 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ en PS, y presentó 14.6, 9.8 y 52.4 % de cenizas, lípidos y proteínas respectivamente; mientras que para *C. hippurus*, el aporte promedio fue $5.07 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ en PS y presentó 21.8, 8.0 y 51.4 % de cenizas, lípidos y proteínas respectivamente.

La diferencia en el aporte energético de ambas dietas, podría estar relacionada con la mayor concentración de lípidos en la dieta de *I. platypterus* con respecto a la de *C. hippurus*. Esto debido a que los lípidos son las macromoléculas que aportan el valor medio más alto de GE (Brafield y Llewellyn, 1982; Blaxter, 1989). Además, los lípidos consumidos a través de la dieta representan una fuente de ácidos grasos esenciales (AGE) y recientemente se demostró en peces marinos y dulceacuícolas que los requerimientos de AGE, se diferencian considerablemente entre especies (Watanabe, 1987).

Al respecto, una diferenciación bioquímica importante en peces a gran escala, es la clasificación entre peces magros y peces grasos ó también llamados blancos y azules (Shulman, 1974 *en* Hernández-Aguilar, 2012). Los peces magros

son aquellos en los cuales la reserva de lípidos se encuentra en la región hepática, mientras que los peces grasos presentan esta reserva lipídica en diferentes tejidos como el músculo. En este contexto los peces de pico por su tipo de metabolismo son considerados como especies grasas. En general, los individuos de las especies azules suelen ser activos, pelágicos, buenos nadadores y con musculatura bien desarrollada (Hernández-Aguilar, 2012).

Otro factor que pudo influir aunque de manera indirecta en la diferencia de las dietas en el presente estudio, fue la mayor concentración de cenizas en la dieta de *C. hippurus* con respecto a la de *I. platypterus*, por lo que, podría sugerirse que una porción considerable del alimento de *C. hippurus* no es viable energéticamente. Esta diferencia se debe al tipo de organismos que consumió *C. hippurus* (López-Herrera, 2013), además de la posible ingesta de madera, plástico y otros materiales no convencionales que no le aportan energía (López-Herrera, 2013; Varghese *et al.*, 2013).

Con respecto a las proteínas, éstas fueron el componente principal de ambas dietas con más del 50 %, concordando con el hecho de que los peces en la naturaleza, consumen alimentos ricos en proteínas y pobres en glúcidos y grasas (Castelló, 2000). Particularmente *I. platypterus* y *C. hippurus*, presentan tasas de crecimiento altas (Massutí *et al.*, 1999; Olson y Galvan, 2002; Ramírez-Pérez *et al.*, 2011; Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.*, 2011) por lo que sus requerimientos proteicos son altos, ya que las proteínas cumplen básicamente las funciones de mantenimiento, reparación de tejidos dañados y crecimiento (Higuera, 1987; Mambrini y Guillaume, 2001).

Durante las primeras etapas del desarrollo de los peces, la energía obtenida a través del alimento es destinada principalmente al crecimiento, hasta alcanzar la madurez, etapa durante la cual la mayor parte de la energía es canalizada al evento de reproducción (Bryan *et al.*, 1996; MacKinnon, 2011), tal como sucede para *I. platypterus* y otras especies de picudos (Abitía-Cárdenas *et al.*, 1998, 2002; Granados-Alcantar, 2011; Hernández-Aguilar, 2012).

Estudios enfocados al análisis del aporte energético a través de las presas consumidas, demuestran que existen variaciones estacionales las cuales pueden ser debidas a la calidad del alimento ingerido (Bryan *et al.*, 1996; Kelso, 1973).

En el caso de *I. platypterus*, dicho patrón es similar, es decir, durante los meses fríos se observa una mayor acumulación de energía, probablemente debido a una mayor intensidad en la frecuencia de alimentación (Granados-Alcantar, 2011; Hernández-Aguilar, 2012), por lo que se propone que esta tendencia podría ser el efecto de una adecuación de los organismos previo al evento reproductivo durante los meses de la época cálida (Hernández-Herrera, 2001; Granados-Alcantar, 2011; Hernández-Aguilar, 2012).

Para la costa de Oaxaca, Romero-Ramírez (2009) también señala una variación estacional en la composición alimentaria de *I. platypterus*, en donde observó para la época de lluvias (mayo a noviembre) un mayor número de especies presa e importancia diferente de éstas en comparación con la época de secas (diciembre a abril), y atribuye esta variación a las características migratorias de esta especie.

Al respecto, en el presente trabajo se evaluaron algunas de las especies reportadas por el autor antes mencionado, sin embargo, a pesar de la diferencia en los valores energéticos y composición proximal de las presas, es de resaltar que durante la temporada de lluvias *I. platypterus* se alimenta de organismos de tallas grandes, de rápido movimiento y que forman cardúmenes (Romero-Ramírez, 2009), lo que implicaría un aporte energético mayor durante dicha temporada.

Esto podría encajar con el patrón observado acerca de que *I. platypterus* se prepara para el evento reproductivo, pues la temporada de lluvias reportada por Romero-Ramírez (2009), precede y abarca el periodo de aumento de hembras de *I. platypterus* en condiciones de desove durante la temporada de julio a noviembre en el litoral de Oaxaca (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.*, 2013; Hernández-Aguilar, 2012).

Hernández-Aguilar (2012) puntualiza que el éxito reproductivo está ligado a la cantidad y calidad del alimento consumido y por ende de las reservas alimenticias y a la capacidad del individuo para acumularlas durante los meses de alimentación. Ya que, una deficiencia en las reservas energéticas causaría, en especial en las hembras, un fallo reproductivo, abortando el proceso de cúmulo de vitelo y por tanto no se realizaría el desove de esa temporada, lo que resalta la importancia de conocer la alimentación y aporte energético de las presas.

Con respecto *C. hippurus*, se reporta un comportamiento de forrajeo durante el día y la noche (Olson y Galván, 2002), lo que hace alusión a la hipótesis de saciedad constante propuesta por Giancomini *et al.* (2013), en donde sugieren que los peces tienden a ajustar su actividad de forrajeo para mantener los niveles de ingestión razonablemente constantes, de cara a la variación de la densidad o la calidad de las presas.

Tripp-Valdez *et al.* (2010) y Bernal-Espinosa (2010) coinciden en que *C. hippurus* presenta cambios estacionales en la alimentación, observándose un mayor aprovechamiento de las especies presa que aumentan su abundancia durante las temporadas de alta productividad primaria. Al respecto, López-Herrera (2013) no realizó el análisis por temporadas para la dieta de *C. hippurus*, sin embargo, registró como la especie presa más importante para la dieta de *C. hippurus* a una especie de macroinvertebrado que probablemente aprovechó los fenómenos de productividad primaria en la zona durante la temporada de estudio.

El presente estudio coincide con lo el hecho de que *C. hippurus* se alimenta principalmente de presas de tamaño pequeño (<5 cm), lo que indica que se alimenta de los juveniles de diferentes especies, probablemente asociados a objetos flotantes, o en áreas donde hay grandes agregaciones de especies presa, dando lugar a una ventaja energética con pequeñas necesidades de energía para la actividad de forrajeo (Tripp-Valdez *et al.*, 2010).

8.3.2 Especies presa de *Istiophorus platypterus*

Se destaca el hecho de que los registros energéticos más altos de las presas, no fueron para el ítem representativo de la dieta de *I. platypterus* que fue *A. thazard*. En la región de Sinaloa, Granados-Alcantar (2011) reporta para *Auxis* spp un aporte energético de $1.51 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PF, mientras que, para la costa oaxaqueña, Hernández-Aguilar (2012) registra $1.32 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PF para *A. thazard*, lo que sustenta el registro obtenido para ésta especie presa en el presente trabajo.

Con base en los resultados del análisis proximal, en el presente trabajo, los promedios de humedad y cenizas para *A. thazard* fueron mayores que los reportados por Granados-Alcantar (2011) para *Auxis* spp y el registro de Chaijan *et al.* (2013) para dos tipos de músculos en esta especie (75.5 y 73.7 % humedad, 1.08 y 1.19 % cenizas de músculo ordinario y oscuro). No obstante, estos porcentajes se encuentran dentro del intervalo reportado para otros túnidos (Mazorra-Manzano *et al.*, 2000).

Para la costa de Oaxaca, Hernández-Aguilar (2012) registra aportes energéticos de 1.18 a $1.52 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PF para *C. caballus* y *L. lagocephalus*, dicho rango se encontró dentro de lo reportado por el presente trabajo. Pero el valor obtenido para *F. corneta* ($1.02 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PF y $4.94 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PS) no concuerda con los $1.88 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PF registrado por Hernández-Aguilar (2012) y los $6.14 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PS de *Fistularia* spp reportado por Abitia-Cárdenas *et al.* (1997), esta diferencia podría ser el efecto de la condición misma de la presa.

Para el cefalópodo *Argonauta* spp los porcentajes de cenizas y humedad obtenidos en el presente trabajo, resultaron por arriba de los reportados por Granados-Alcantar (2011). El alto porcentaje de cenizas obtenido para esta presa podría deberse a que se incluyeron organismos con su concha, lo que posiblemente contribuyó al aporte de materia inorgánica en forma de carbonato de calcio, que es el componente estructural de la concha en estos organismos. Además aportó la mayor cantidad de lípidos después del ojetón *S.*

crumenophthalmus, esto podría deberse al hecho de que los cefalópodos adultos son ricos en fosfolípidos, colesterol y ácidos grasos poliinsaturados (Sinanoglou y Miniadis-Meimaroglou, 1998; Navarro y Villanueva, 2000, 2003), por lo que se ha sugerido un predominio del papel estructural sobre el energético (O´dor *et al.*, 1984; Moltschaniwskyj y Johnston, 2006), es decir, que esta especie más que aportar energía, aportó los nutrientes.

8.3.3 Especies presa de *Coryphaena hippurus*

Este es el primer reporte a nivel mundial sobre el aporte energético de las presas de *C. hippurus*. Pero, ya que *C. hippurus* comparte especies presa con otros depredadores tope en el Pacífico mexicano, se puede utilizar la información generada por Granados-Alcantar (2011) y Hernández-Aguilar (2012).

En la costa de Oaxaca, Hernández-Aguilar (2012) registra para *S. crumenophthalmus* un aporte de $1.39 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ en PF, valor que coincide con el registrado para esta especie en el presente trabajo. Además fue el aporte energético promedio más alto entre las presas de *C. hippurus*, esto podría estar en función a la concentración de lípidos que la especie presenta.

Por el contrario, para el calamar *D. gigas* y el pez *B. polylepis* se registró un aporte energético menor al que reportan Granados-Alcantar (2011) y Hernández-Aguilar (2012) para Sinaloa y Guerrero. La diferencia en estos aportes podría deberse a las tallas analizadas, ya que en el presente estudio se analizaron ejemplares iguales o menores a 15 cm de longitud total, mientras que para la región de centro y norte del Pacífico mexicano se reportan tallas mayores a 30 cm de longitud de manto y longitud total para estas especies presa (Bazzino-Ferreri, 2008; Hernández-Velasco, 2010).

Con base en los resultados del análisis proximal, en el presente trabajo, el registro de humedad promedio del cefalópodo *D. gigas* coincide con el rango históricamente reportado que oscila de 78.9 a 89.5 % para la especie (Gómez-Guillén *et al.*, 1997; Abugoch *et al.*, 1999; Granados-Alcantar, 2011; Ochoa, 2014).

El valor más alto de proteínas de la dieta de *C. hippurus* fue el registrado para *D. gigas*, incluyendo las presas de la dieta de *I. platypterus*, sin embargo, su valor quedó por debajo de los valores reportados en otros trabajos para la especie, los cuales oscilan entre 78.5 y 94.3 % (Gómez-Guillén *et al.*, 1997; Abugoch *et al.*, 1999; Martínez-Vega *et al.*, 2000).

Con respecto a los porcentajes promedio de lípidos y cenizas de *D. gigas*, el presente estudio coincidió con los intervalos de 1.8 a 7.1 % de lípidos y de 5.0 a 7.37 % de cenizas reportados en estudios anteriores (Gómez-Guillén *et al.*, 1997; Abugoch *et al.*, 1999; Martínez-Vega *et al.*, 2000; Granados-Alcantar, 2011; Ochoa, 2014).

Para el decápodo *P. xantusii*, se registró el promedio más bajo de proteínas de todas las especies presa analizadas, esto se debió a que más del 14 % del nitrógeno total constituyó la porción de quitina del exoesqueleto. Sin embargo, este porcentaje de proteínas parece ser característico de las especies de la familia Portunidae y otros cangrejos (Morillo *et al.* 2010; Sudhakar *et al.*, 2011).

Respecto al contenido de lípidos y cenizas de *P. xantusii*, los registros del presente trabajo fueron mayores a los registrados para otras especies de portunidos (Sudhakar *et al.*, 2011). El porcentaje de cenizas podría deberse a la composición quitinosa del exoesqueleto de este decápodo.

8.4 Energía digerible

Considerando que el alimento tiene un balance adecuado de nutrientes, los peces pueden, dentro de ciertos límites, compensar un bajo contenido energético de la dieta consumiendo una mayor cantidad de la misma (Cho *et al.*, 1982).

Al respecto, el presente estudio coincidió totalmente con lo reportado por Hernández-Aguilar (2012), sobre las tasas de consumo de *I. platypterus* y el aporte energético promedio de sus presas en la costa de Oaxaca; la misma situación se registró para Guerrero y Sinaloa en donde los consumos totales en

peso húmedo fueron de 65,850 y 20,088 g y aportes energéticos de 70.57 y 38.63 % respectivamente (Hernández-Aguilar, 2012). Esto es evidenciado de que *I. platypterus* es un depredador que consume las presas que están en mayor abundancia en sus zonas de alimentación, con las que satisface sus necesidades energéticas y nutricionales disponiendo de las especies que tiene a la mano, y que si bien, localmente es catalogado como especialista a nivel regional es un depredador oportunista.

La evaluación general de la dieta de *I. platypterus* en la costa de Oaxaca, indicó un consumo de 32,985.3 g con un valor energético promedio del alimento de 1.22 kcal*g⁻¹ en PF y una estimación de la energía de ingesta de 32,214.06 kcal.

Al respecto, Abitía-Cárdenas *et al.* (2002) y Granados-Alcantar (2011) mencionan que para los picudos, el valor energético de las presas está subestimado, debido a que más del 70 % de los estómagos que se analizan presentan un llenado menor al 50 %. Por lo tanto, se tiene que considerar el porcentaje real de ingesta que puede tener un depredador como *I. platypterus*, así como su comportamiento de forrajeo, ya que al ser un depredador activo que se alimenta de cardúmenes de rápido movimiento, se verá ocasionalmente obligado a tener lapsos amplios sin alimentarse y otros en los que se alimentará hasta satisfacer sus requerimientos. Una evidencia posible de esto son las observaciones *in situ* de úlceras gástricas en los estómagos de los organismos analizados.

En la dieta de *C. hippurus*, el aporte de *P. xantusii* estuvo ligado a la biomasa y frecuencia de aparición de esta presa en los contenidos estomacales. Al respecto, Bernal-Espinosa (2010) reportó que *C. hippurus* presenta una mayor actividad de alimentación en los meses de marzo y junio, y asocia este comportamiento a las condiciones oceanográficas del Golfo de Tehuantepec, con base en esto se podría sugerir que, bajo dichas condiciones el decápodo proliferó exitosamente y se volvió la presa principal de este depredador oportunista.

Los bajos aportes energéticos de las presas de *C. hippurus*, podrían deberse, a que este depredador tiene una preferencia a alimentarse de organismos de tallas pequeñas durante toda su historia de vida (Rudershausen *et al.* 2010). Dicha preferencia se observó en el presente estudio, destacando la alta frecuencia de organismos de tallas menores a 10 cm y agrupados en grandes cantidades, lo que sugiere que este depredador se alimenta en áreas que tienden a aglomerar organismos juveniles o donde se da una alta abundancia de organismos de fácil acceso, como los objetos flotantes, tal como lo sugieren Tripp-Valdez *et al.* (2010).

Por lo tanto, la variación de la composición de los espectros tróficos de estos depredadores depende de las fluctuaciones naturales de las abundancias de sus presas (Rosas-Alayola *et al.*, 2002; Hernández-Aguilar, 2012), pero también del tipo de comportamiento de forrajeo (MacArthur, 1972) y sus necesidades nutricionales, lo que sugiere que los depredadores eligen dietas que maximizan el rendimiento neto de energía por unidad de tiempo de forrajeo (Hughes, 1979).

9. CONCLUSIONES

- ✓ *Istiophorus platypterus* consume presas con elevados valores energéticos, destacando especies epipelágicas-oceánicas, pelágicos-demersales y migradores verticales.
- ✓ El análisis proximal de los componentes alimentarios de *I. platypterus*, mostró que se alimenta de altos porcentajes proteicos y lipídicos.
- ✓ *Coryphaena hippurus* consume en su mayoría presas con aportes energéticos bajos, con excepción del ojetón *S. crumenophthalmus*.
- ✓ El análisis proximal de los componentes alimentarios de *C. hippurus*, mostró que la mayoría de las presas presentan elevados porcentajes proteicos y lipídicos, con excepción de su presa más importante *P. xantusii*.
- ✓ *I. platypterus* es un depredador nadador activo, que consume presas pelágicas de contenido energético alto quienes le reditúan el gasto en la actividad de forrajeo; Mientras que *C. hippurus* aprovecha en menor grado presas pelágico-demersales, y presenta un consumo oportunista de presas con bajo aporte energético pero con mayor accesibilidad y menor esfuerzo en la actividad de forrajeo.

10. LITERATURA CITADA

- Abitia-Cárdenas, L. A., A. Muhlia-Melo, V. H. Cruz-Escalona, y F. Galván- Magaña. 2002. Trophic dynamic and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* in the southern Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 57(3): 287-295.
- Abitia-Cárdenas, L. A., F. Galván-Magaña, y A. Muhlia. 1998. Trophic spectrum of striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) off the coast of Cape San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 33(2): 277–290.
- Abitia-Cárdenas, L. A., F. Galván-Magaña, y J. Rodríguez-Romero. 1997. Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fishery Bulletin* 95(2): 360–368.
- Abugoch, L., A. Guarda, L. M. Pérez, y P. Paredes. 1999. Determinación de la composición químico-proximal y la formulación de un producto tipo gel jibia (*Dosidicus gigas*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 45(2): 156-161.
- Aguilar-Palomino, B., F. Galván-Magaña, L. A. Abitia-Cárdenas, A. F. Muhlia-Melo, y J. Rodríguez-Romero. 1998. Aspectos alimentarios del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 24(3): 253-265.
- Alejo-Plata, M. C., G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, y G. González-Medina. 2003. Larvas de *Anisakis* sp (Nemátoda: Anisakidae) presentes en el pez dorado (*Coryphaena hippurus*), en las costas de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 7(20): 45-49.
- Alejo-Plata, M. C., J. L. Gómez, y S. J. Serrano-Guzmán. 2014. Variabilidad en la abundancia relativa, estructura por tallas y proporción de sexos del dorado *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Tropical* 62(2): 611-626.

- Alejo-Plata, M. C., J. L. Gómez-Márquez, y I. H. Salgado-Ugarte. 2011a. Edad y crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus*, en el Golfo de Tehuantepec, México. *Revista Biología Marina y Oceanografía* 46(2): 125-134.
- Alejo-Plata, M. C., P. Díaz-Jaimes, y I. H. Salgado-Ugarte. 2011b. Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) captured in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Fisheries Research* 110(1): 207-216.
- Allen, J. R. M., y R. J. Wootton. 1982. The effect of ration and temperature on the growth of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *Journal of Fish Biology* 20(4): 409-422.
- Alvarado-Castillo, R., y R. Félix-Uraga. 1998. Crecimiento de *Istiophorus platypterus* en la boca del Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 46 (1): 115-118.
- Amezcuca-Gómez, C. A. 2007. Relaciones tróficas entre el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) en la costa de los estados de Jalisco y Colima, México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México.
- Amezcuca-Gómez, C. A., F. Galván-Magaña, y M. Saucedo-Lozano. 2006. Hábitos alimentarios del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en la costa de Jalisco y Colima, México. p. 47, *In: X Congreso Nacional de Ictiología*. Sociedad Ictiológica Mexicana, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17a ed., Maryland, EUA.
- Arizmendi-Rodríguez, D. I. 2004. Hábitos alimenticios del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) en el área de Mazatlán Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México.

- Arizmendi-Rodríguez, D. I., L. A. Abitia-Cárdenas, F. Galván-Magaña, y I. Trejo-Escamilla. 2006. Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* off Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 79(3): 777–791.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vásquez-Domínguez, J. González-Cano, R. R. Jiménez, L. E. Muñoz, y S. V. Aguilar-Sierra. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México, 198 pp.
- Bachok, Z., M. I. Mansor, y R. M. Noordin. 2004. Diet composition and food habits of demersal and pelagic marine fishes from Terengganu waters, east coast of Peninsular Malaysia. *NAGA, WorldFish Center Quarterly* 27(3): 41-47.
- Bazzino-Ferreri, G. A. 2008. Estructura poblacional, movimientos horizontales y migraciones verticales del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California y en el Océano Pacífico frente a la Península de Baja California. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, B.C.S., México.
- Bernal-Espinosa, J. O. 2010. Estudio trófico del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en la costa chica de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., México.
- Blaxter, K. 1989. *Energy Metabolism in Animals and Man*. Cambridge University Press, Cambridge, 339 pp.
- Bligh, E. G., y W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37(8): 911-917.
- Bocanegra-Castillo, A. E. 2007. Relaciones tróficas de los peces pelágicos asociados a la pesquería del atún en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México.

- Bone, Q., y R. H. Moore. 2008. Biology of fishes. 3a ed., Taylor y Francis Group, USA, 478 pp.
- Brafield, A. E., y M. J. Llewellyn. 1982. Animal energetics. Blackie Glasgow, London, 168 pp.
- Brill, R. W. 1996. Selective advantages conferred by the high performance physiology of tunas, billfishes, and dolphin fish. *Comparative Biochemistry and Physiology* 113A(1): 3–15.
- Bryan, S. D., A. S. Craig, G. D. Walter, y C. E. Freiburger. 1996. Caloric densities of three predatory fishes and their prey in Lake Oahe, South Dakota. *Journal of Freshwater Ecology* 11(2): 153- 161.
- Bureau, D., S. Kaushik, y C. Cho. 2002. Cap 1 Bioenergetics. Pp: 1-59 *In*: Halver, J. E., y R. W. Hardy (ed.), *Fish Nutrition*. 3a ed., Elsevier Science, USA.
- Cardeña-López, R., G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, M. C. Alejo-Plata, A. Montoya-Márquez, G. González-Medina, y S. Ramos-Carrillo. 2007. Caracterización biológica y pesquera del dorado (*Coryphaena hippurus*) en el Pacífico Sur de México. Reporte SAGARPA-2003-C01-225.
- Castelló, O. F. 2000. Alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y juveniles de peces marinos. Pp 550-569, *In*: IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Avances en Nutrición Acuícola, La Paz, B.C.S., México.
- Cerdaneres-Ladrón de Guevara G., E. Morales-Bojórquez, C. Rodríguez-Jaramillo, A. Hernández-Herrera, y L. A. Abitia-Cárdenas. 2013. Seasonal reproduction of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the southeast Mexican Pacific. *Marine Biology Research* 9(4): 407-420.
- Cerdaneres-Ladrón de Guevara G., M. C. Alejo-Plata, y G. González-Medina. 2003. Pesquerías de pelágicos y condiciones oceanográficas asociadas, en la costa de Oaxaca. Informe Final de Proyecto SIBEJ-CONACYT, Universidad del Mar, Oaxaca, México.

- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G. 2005. Caracterización biológica del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1792) capturado en la costa de Oaxaca. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de México, D. F., México.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., E. Morales-Bojórquez, S. Ramos-Carrillo, y G. González-Medina. 2012. Variabilidad de la abundancia relativa y talla promedio del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1792) del Golfo de Tehuantepec, México. *Ciencias Marinas* 38(3): 551–562.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., E. Morales-Bojórquez, y R. Rodríguez-Sánchez. 2011. Age and growth of the sailfish *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Marine Biology Research* 7(5): 488-499.
- Chaijan, M., S. Klomkiao, y S. Benjakul. 2013. Characterisation of muscles from frigate mackerel (*Auxis thazard*) and catfish (*Clarias macrocephalus*). *Food Chemistry* 139 (1-4): 414–419.
- Chiang, W. C., C. L. Sun, y S. Z. Yeh. 2004. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan. *Fishery Bulletin* 102(2): 251-263.
- Cho, C. Y., S. J. Slinger, y H. S. Bayler. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73(1): 25-41.
- Dill, L. M. 1983. Adaptive flexibility in the foraging behavior of fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40(4): 398-408.
- Eldrige, M. B., y P. G. Wares. 1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean. Pp 1967-1970 *In*: Shomura, R. S. y F. Williams (eds.), *Proceedings of International Billfish Symposium*. U. S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. NMFS-SSRF-675, Washington, D. C.

- Emlen, J. M. 1966. The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist* 100(916): 611-617.
- Evans, D. H., y P. G. Wares. 1972. Food habits of the striped marlin and sailfish of México and southern California. Fish and Wildlife Service, Research Report 76: 1-10.
- Fahraeus-Van Ree, G. E, y D. R. Spurrell. 2003. Structure of and energy reserves in the liver of wild and cultured yellowtail flounder, *Limanda ferruginea*. *Marine Biology* 143(2): 257–265.
- Fariña, A. C., J. Freire, y E. González-Gurriarán. 1997. Megabenthic decapod crustacean assemblages on the Galician continental shelf and upper slope (north-west Spain). *Marine Biology* 127: 419–434.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, y V. H. Niem. 1995. Pacífico centro-oriental. Volumen III, Vertebrados-Parte 2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Fitchett, M. D., y N. M. Ehrhardt (eds.). 2012. A growth model for Indo-Pacific sailfish, *Istiophorus platypterus*, in the eastern tropical Pacific Ocean using mixture distributions from length frequency data to statistically discern age groups. Central American Billfish Association, disponible en línea: www.caba.rsmas.miami.edu/research/sailfish-growth-study.
- Froese, R., y D. Pauly. 2014. FishBase. Publicación electrónica World Wide Web. www.fishbase.org, versión (11/2014).
- García de Jalón, D., M. Mayo, F. Hervella, E. Barcelo, y T. Fernández. 1993. Principios y gestión de la pesca en aguas continentales. Mundi-Prensa, Madrid, 247 pp.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5a ed., Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, 90 pp.

- Garth, J. S., y D. Abbott, D. 1980. Brachyura: The true crabs. Pp: 594–630 *In*: Harding, R., y D. Abbott (eds.), Intertidal Invertebrates of California, Stanford University Press, California.
- Gerking, S. D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, U. S. A., 416 pp.
- Giacomini, H. C., B. J. Shuter, y N. P. Lester. 2013. Predator bioenergetics and the prey size spectrum: Do foraging costs determine fish production?. *Journal of Theoretical Biology* 332: 249–260.
- Gibbs, R. H., y B. Collette. 1959. On the identification, distribution, and biology of the dolphins *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 9(2): 117-152.
- Godínez-Domínguez, E., y G. González-Sansón. 1999. Diversidad de macroinvertebrados de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas* 25(4): 609–627.
- Gómez-Guillén, M. C., A. J. Borderías, y P. Montero. 1997. Salt, nonmuscle proteins, and hydrocolloids affecting rigidity changes during gelation of giant squid (*Dosidicus gigas*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(3): 616-621.
- González-Medina G., G. Cerdaneres-Ladrón de Guevara, M. C. Alejo-Plata, y S. Ramos-Carrillo. 2006. Hábitos alimentarios del dorado común (*Coryphaena hippurus*) en el Pacífico Sur de México. p 27, *In*: IX Foro Nacional sobre el Atún y I Foro de Intercambio Científico Sobre Pelágicos Mayores. La Paz, B.C.S., México.
- Granados-Alcantar, S. 2011. Bioenergética de la reproducción del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) del área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.

- Hendrickx, M. E. 1985. Cap: 3, Diversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. Pp: 95-148, *In*: Arancibia, A. Y. (Ed.), Recursos Potenciales Pesqueros de México. La pesca acompañante del camarón. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto Nacional de Pesca. UNAM. México.
- Hernández-Aguilar, S. B. 2012. Ecofisiología de la reproducción del pez vela *Istiophorus platypterus* en el Océano Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México.
- Hernández-Aguilar, S. B., L. A. Abitia-Cárdenas, X. E. Moreno-Sánchez, M. Arellano-Martínez, y E. González-Rodríguez. 2013. 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.
- Hernández-Herrera, A. 2001. Biología del pez vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw y Nodder, 1971) al sur del Golfo de California. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C., La Paz, B. C. S., México.
- Hernández-Velasco, A. J. 2010. Efecto de la pesca artesanal en la estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso del noreste del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.
- Higuera, M. 1987. Capítulo 8 Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. Pp 53-98 *In* Espinosa de los Monteros, J., y U. Labarta (eds.), Nutrición en acuicultura, Volumen II. Plan de Formación de Técnicos Superiores, Programa Especial de I + D de Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT), Madrid, España.

- Hughes, R. N. 1979. Optimal diets under the energy maximization premise: the effects of recognition time and learning. *The American Naturalist* 113(2): 209-221.
- Kelso, J. R. M. 1973. Seasonal energy changes in walleye and their diet in West Blue Lake, Manitoba. *Transactions of the American Fisheries Society* 102(2): 363-368.
- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69(2-4): 181-217.
- Kojima, S. 1963. Studies on fishing conditions of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western Region of the Sea of Japon-VII. Relationship between the stomach contents and the pelagic fauna of juveniles. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 29: 407-414.
- Kojima, S. 1967. Studies on fishing conditions of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western Regions of the Sea of Japan-XIII. "Tsukegi" as a source of food for dolphins. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 33(4): 320-324.
- Landa-Jaime, V., J. E. Michel-Morfín, y J. Arciniega-Flores. 2001. Variación estacional de los crustáceos de la familia Portunidae en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 35(2): 178-197.
- López-Herrera, D. L. 2013. Comparación de los hábitos alimentarios del pez vela (*Istiophorus platypterus* (Shaw and Nodder, 1792)) y el dorado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758), en la costa de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México.
- López-Martínez, J. (Ed.). 2007. Evaluación Biológico-pesquera del dorado (*Coryphaena hippurus* y *C. equiselis*) en el Océano Pacífico. Región I. Programa Ecología Pesquera. Centro de Investigaciones Biológicas del

- Noroeste, S.C., Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, Instituto Nacional de la Pesca, México, 258 pp.
- MacArthur, R. H. 1972. Geographical Ecology. Harper y Row, New York, 269 pp.
- MacArthur, R. R., y E. R. Pianka. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist* 100(916): 603-609.
- Machain-Castillo, M. L., X. A. Nava-Fernández, R. Thunell, y E. Tappa. 2012. Respuesta de los foraminíferos planctónicos a las variaciones oceánicas del periodo 2006-2009 en el noreste del Golfo de Tehuantepec. p 282, *In*: Delgado-Argote, L. A., y L. Pérez-Cruz (eds.), Boletín Informativo de la Unión Geofísica Mexicana, A. C., GEOS 32(1): 1-320.
- MacKinnon, J. C. 2011. Summer storage of energy and its use for winter metabolism and gonad maturation in American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29(12): 1749-1759.
- Magnuson, J. J., y J. G. Heitz. 1971. Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. *Fishery Bulletin* 69(2): 361-370.
- Mambrini, M., y J. Guillaume. 2001. Protein nutrition. Pp: 81-109 *In*: Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot, y R. Métailler (eds.), Nutrition and feeding on fish and crustaceans. Springer-Praxis Publishing, Chichester, UK.
- Manooch, C. S., D. L. Mason, y R. S. Nelson. 1983. Food and gastrointestinal parasites of *Coryphaena hippurus* collected along the southeastern Gulf coast of the United States. NOAA technical memorandum NMFS SEFC; 124. 36 pp.
- Martínez-Vega, J. A., L. E. Cruz-Suárez, y D. Ricque-Marie. 2000. Composición corporal y el proceso de secado del calamar gigante *Dosidicus gigas*. *Ciencia y Mar* 4(11): 35-38.

- Massutí E., B. Morales-Nin, y S. Deudero. 1999. Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial purse nets. *Scientia Marina* 63(3-4): 219-227.
- Mazorra-Manzano, M. A., R. Pacheco-Aguilar, E. I. Díaz-Rojas, y M. E. Lugo-Sánchez. 2000. Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. *Journal of Food Science* 65(5): 774-779.
- Mentado, J., y E. Mendoza. 2013. Calibration and testing of an isoperibolic micro-combustion calorimeter developed to measure the enthalpy of combustion of organic compounds containing C, H, O and N. *Journal of Chemical Thermodynamics* 59: 209–213.
- Moltschaniwskyj, N., y D. Johnston. 2006. Evidence that lipid can be digested by the dumpling squid *Euprymna tasmanica*, but is not stored in the digestive gland. *Marine Biology* 149(3): 565-572.
- Morillo, N., J. Belandria, M. Andara, y N. Berrio. 2010. Composición proximal de la carne de cangrejo (*Callinectes sapidus*) pasteurizada en el estado Zulia, Venezuela. *Revista Científica SciELO* 20(3): 306-311.
- Moteki M., M. Arai, K. Tsuchiya, y H. Okamoto. 2001. Composition of piscine prey in the diet of large pelagic fish in the eastern tropical Pacific Ocean. *Fisheries Science* 67(6): 1063-1074.
- Nakamura, I. 1985. Vol. 5 Billfishes of the world: An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. *FAO Fisheries Synopsis* 5(125): 65 pp.
- National Research Council. 1981. *Nutritional Energetics of Domestic Animals and Glossary of Energy Terms*. 2nd rev. ed. National Academy Press, Washington, D. C.

- Navarro, J. C., y R. Villanueva. 2000. Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. *Aquaculture* 183(1-2): 161-177.
- Navarro, J. C., y R. Villanueva. 2003. The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food: deviation from their natural fatty acid profile. *Aquaculture* 219(1-4): 613-631.
- O'dor, R. K., K. Mangold, R. Boucher-Rodoni, M. J. Wells, y J. Wells. 1984. Nutrient absorption, storage and remobilization in *Octopus vulgaris*. *Marine Behaviour and Physiology* 11(3): 239-258.
- Ochoa T., D. 2014. Análisis estacional de las características químico proximales del calamar gigante *Dosidicus gigas*, recolectado en Santa Rosalía, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.
- Olson, J. R., y F. Galván-Magaña. 2002. Food habits and consumptions rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin* 100(2): 279-298.
- Ovchinnikov, V. 1971. Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean: ecology and functional morphology. Translated from Russian by H. Mills, Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 77 pp.
- Oxenford, H. A., y W. Hunte. 1999. Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. *Scientia Marina* 63(3-4): 303-315.
- Palko, B. J., G. L. Beardsley, y W. J. Richards. 1982. Synopsis of the Biological data on Dolphin-Fishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis* Linnaeus. FAO. NOAA Technical Report NMFS Circular 443.
- Palomares, M. L. D., y D. Pauly. 1998. Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics, temperature and salinity. *Marine and Freshwater Research* 49(5): 447-453.

- Paul, R. K., y M. Hendrickx. 1980. Crustaceans in the shrimp by-catch from off the coasts of Sinaloa and Nayarit, Mexico. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences* 79(3): 109-111.
- Percot A., C. Viton, y A. Domard. 2003. Optimization of chitin extraction from shrimp shells. *BioMacromolecules* 4(1): 12–18.
- Perez-España, O., M. Saucedo, y C. A. Amezcua-López. 2002. Hábitos alimentarios del pez vela *Istiophorus platypterus* en el Pacífico central mexicano. p: 31, *In: VIII Congreso Nacional de Ictiología*. Sociedad Ictiológica Mexicana, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México.
- Pope, K. L., M. L. Brown, W. G. Duffy, y P. H. Michaletz. 2001. A caloric-based evaluation of diet indices for largemouth bass. *Environmental Biology of Fishes* 61(3): 329-339.
- Prejs, A., y G. Colomine. 1981. Métodos para el estudio de los alimentos y relaciones tróficas de los peces. Imprenta Universitaria, U.C.V., Caracas, Venezuela. 129 pp.
- Ramírez-Pérez, J. S., C. Quiñonez-Velázquez, L. A. Abitia-Cárdenas, y F. N. Melo-Barrera. 2011. Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw in Shaw and Nodder, 1792) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Environmental Biology of Fishes* 92(2): 187-196.
- Robertson, K. M., y S. J. Chivers. 1997. Prey occurrence in pantropical spotted dolphin *Stenella attenuata*, from the eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin* 95: 334-348.
- Romero-Ramírez, J. G. 2009. Hábitos alimentarios del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1792) en la costa de Oaxaca. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México.
- Ronquillo, I. A. 1953. Food habit of tuna and dolphins based upon the examination of their stomach contents. *Philippine Journal of Fisheries* 2(1): 71-83.

- Rosas-Alayola, J., A. Hernández-Herrera, F. Galván-Magaña, L. A. Abitia-Cárdenas, y A. Muhlia-Melo. 2002. Diet composition of sailfish (*Istiophorus platypterus*) from the southern Gulf of California, México. *Fisheries Research* 57(2): 185-195.
- Rose, C. D., y W. W. Hassler. 1974. Food habits and sex ratios of dolphin *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off Hattera, North Carolina. *Transactions of the American Fisheries Society* 103(1): 94-100.
- Rothschild, B. J. 1964. Observations on dolphins (*Coryphaena* spp) in the Central Pacific Ocean. *Copeia* 1964(2): 445-447.
- Rudershausen, P. J., J. A. Buckel, J. Edwards, D. P. Gannon, C. M. Butler, y T. W. Averett. 2010. Feeding Ecology of Blue Marlins, Dolphinfish, Yellowfin Tuna, and Wahoos from the North Atlantic Ocean and Comparisons with Other Oceans. *Transactions of the American Fisheries Society* 139(5): 1335-1359.
- Shcherbachev, Y. N. 1973. The biology and distribution of the dolphins (Pisces, Coryphaenidae). *Journal of Ichthyology* 13: 182-191.
- Sinanoglou, V. J., y S. Miniadis-Meimaroglou. 1998. Fatty acid of neutral and polar lipids of (edible) Mediterranean cephalopods. *Food Research International* 31(6-7): 467-473.
- Sudhakar M., K. Raja, G. Anathan, y P. Sampathkaumar. 2011. Compositional Characteristics and Nutritional Quality of *Podophthalmus vigil* (Fabricius, 1798). *Asian Journal of Biological Sciences* 4(2): 166-174.
- Trasviña, A., y E. D. Barton. 1997. Capítulo 2 Los Nortes del Golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. *In* Levín, M. F. (ed.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Unión Geofísica Mexicana, México, 272 pp.

- Tripp-Valdez, A., F. Galván-Magaña, y S. Ortega-García. 2010. Feeding habits of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the southeastern Gulf of California, México. *Journal of Applied Ichthyology* 26(4): 578–582.
- Varghese, S. P., V. S. Somvanshi, M. E. John, y R. S. Dalvi. 2013. Diet and consumption rates of common dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in the eastern Arabian Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 29(5): 1022–1029.
- Velasco T., P. M., y F. Galván-Magaña. 2002. Hábitos alimenticios del dorado *Coryphaena hippurus*, Linnaeus 1758 (Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en Punta Lobos y Los Barriles, Baja California Sur, México. p 138, *In: VIII Congreso Nacional de Ictiología*. Sociedad Ictiológica Mexicana, Puerto Ángel, Oaxaca, México.
- Watanabe, T. 1987. Capítulo 9 Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. Pp 99-166, *In J. Espinosa de los Monteros, y U. Labarta (eds.), Nutrición en acuicultura, Volumen II. Plan de Formación de Técnicos Superiores, Programa Especial de I + D de Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT), Madrid, España.*
- Welsh, J. P. 1950. A preliminary study of food and feeding habits of Hawaiian kawakawa, mahimahi, ono, aku, and ahi. Division of Fish and Game, Fisheries Program 1(2): 1-26.
- Wolter, K., y M. S. Timlin. 2011. El Niño / Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *International Journal of Climatology* 31(7): 1074-1087.
- Zuñiga-Flores, M. S. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur, México: implicaciones para su manejo. Tesis de Doctorado, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México.