



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudio de Posgrado

ANÁLISIS DE LA DIETA DE LA CURVINA GOLFINA
Cynoscion othonopterus (Jordán y Gilbert, 1882) EN EL
ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los recursos naturales
(Orientación Biología Marina)

P r e s e n t a

Edith Soraya Bajeca Serrano

La Paz, Baja California Sur, Febrero de 2016

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 11 del Mes de enero del 2016, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"ANÁLISIS DE LA DIETA DE LA CURVINA GOLFINA *Cynoscion othonopterus* (Jordán y Gilbert, 1882) EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA"

Presentada por la alumna:

Edith Soraya Bajeca Serrano

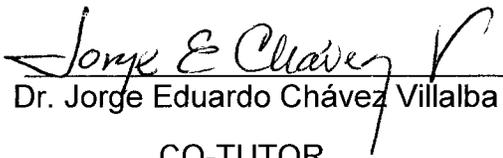
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **Biología Marina**

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

LA COMISION REVISORA


Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

DIRECTOR DE TESIS


Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

CO-TUTOR


Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata

CO-TUTOR


Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos.

Director de Tesis

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Co-Tutor

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Co-Tutor

Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata

Instituto Nacional de Pesca.

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata

Suplente

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Resumen

El Golfo de California es uno de los mares más estudiados del mundo y con mayor riqueza biológica, y toma mayor relevancia cuando se le ubica en el contexto pesquero nacional. El noroeste de México aporta del 50 al 65% de las capturas a nivel nacional. La curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) se captura en tres poblados: Golfo de Santa Clara, San Felipe y El Zanjón: localidades donde el soporte económico principal es la actividad pesquera. Debido a ésto el conocimiento de su biología básica es fundamental para mantener una pesquería sustentable. El objetivo del presente estudio fue determinar la dieta de curvina golfina mediante del análisis de su contenido estomacal. Las muestras se obtuvieron durante los meses de marzo y abril de 2013 y 2014 en el Alto Golfo de California. La recolecta se realizó con el arte de pesca denominado chinchorro de línea, con luz de malla de 5.75"pulgadas. A los organismos se les registró la longitud total (LT), longitud patrón (LP), peso, sexo y talla. Se recolectaron y fijaron los estómagos en solución Davidson para posteriormente analizarlos en el laboratorio. Se analizaron un total de 281 estómagos, donde el 58% presentaron algún contenido y el 42% restante se encontraron vacíos. Usando los métodos gravimétricos, frecuencia de ocurrencia y numérico, se encontró que la mayor proporción en los contenidos estomacales correspondió a sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*), seguida de camarón (*Litopenaeus* spp.) y jaiba (*Callinectes* spp). El índice de importancia colocó a *C. mysticetus* como la presa preferida por *C. othonopterus* durante su etapa reproductiva y en la región del Alto Golfo de California. El resultado de mayor relevancia es que la dieta no ha cambiado en más de 20 años desde que se realizó el primer estudio de contenido estomacal de curvina golfina en la región a pesar de los grandes cambios que han ocurrido en el hábitat de reproducción de la especie.

Palabras clave: Contenido estomacal, comportamiento de la dieta, Peces.

Vo.Bo. Director de Tesis:


Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega

Abstract

The Gulf of California is one of the most studied seas in the world because of its great biological richness, and it becomes more relevant when placed at the national fisheries context. In northwestern Mexico it contributes from 50 to 65% of catches nationwide. The Gulf corvina *Cynoscion othonopterus* is captured by three villages: Golfo de Santa Clara, San Felipe, and Zanjón, locations where the support of economic activity is fishing. One of the species of greatest economic value in those three communities is the Gulf corvina, so knowledge of its basic biology is essential to maintain a sustainable fishery. The aim of this study was to determine the diet of the Gulf corvina by analyzing its stomach contents. The samples were collected in the Upper Gulf of California during the months of March and April of 2013 and 2014. The collection was carried out with gillnet called locally as “chinchorro de línea” with a mesh size of 5.75 in. Total length (LT), standard length (SL), weight, sex and height were recorded from each individual. The stomachs were collected and fixed in DAVIDSON solution for further analyses in the laboratory. A total of 281 stomachs were analyzed, in which 58% had food remains and 42% were empty. The gravimetric, numerical, and frequency of occurrence methods were used. The sardine *Cetengraulis mysticetus* (called locally “bocona”) was found in greater proportion in the stomach contents. In smaller proportion the shrimp *Litopenaesus* sp. and the swimming crab *Callinectes* sp were found. The index of relative importance positioned *C. mysticetus* as the preferred prey by *C. othonopterus* at this life stage and in this region. The most important result is the diet has not changed for over 20 years since the first study of stomach contents of Gulf corvina in the region was made despite the great changes that have occurred in its breeding habitat.

Keywords: stomach content, feeding behavior, fish.

DEDICATORIA

"A MIS PADRES PORQUE SIEMPRE ME HAN APOYADO EN TODO MOMENTO"

"A MIS SUEGROS POR TODO EL APOYO BRINDADO DURANTE MIS ESTUDIOS"

"A MI ESPOSO ROLANDO POR SU GRAN APOYO DURANTE TODO ESTE TIEMPO QUE LLEVAMOS JUNTOS"

"A SAID POR QUE ES MI FORTALEZA PARA SALIR ADELANTE, ASI COMO PARA PODER EDUCARTE Y GUIARTE"

"A TODOS LOS QUE HICIERON POSIBLE MI TRABAJO DE TESIS"

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en su programa de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado a través de la beca No. 301939 para la realización de mis estudios.

Al Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega, director de esta tesis, por todo su apoyo y confianza para realizar este trabajo de investigación, por su tiempo y compartirme su conocimiento.

Al M. en C. Edgar Alcántara Razo, técnico titular del Laboratorio de Ecología Aplicada y Pesquerías, por su apoyo y colaboración en todo momento, por la revisión y sugerencias al trabajo, gracias.

A Ramón Francisco Bajeca Serrano y a mi hermana Itzel Guadalupe Bajeca Serrano porque siempre me motivaron a salir adelante, ya que soy la mayor y quería ser un buen ejemplo para ustedes, muchas gracias por estar siempre cuando los necesito.

A la M. en C. Diana Dorantes Salas por la edición del resumen en inglés, así como su apoyo durante mi estancia en la maestría en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

A mis amigos Vero, Mayra, Michelle, Gisela, Fabiola, Pablo, Erick, Demetrio, Jesús, Héctor que me apoyaron y me brindaron su amistad.

Al Ing. Xicohtécatl Galicia por su apoyo en el departamento de informática durante el desarrollo de mi maestría.

CONTENIDO

	Página
Resumen	i
Abstract	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Lista de Figuras	vii
Lista de Tablas	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Historia de la pesquería	4
2.2 Norma Oficial Mexicana para la captura de curvina golfinia	6
2.3 Veda	6
2.4 Comercialización	6
2.5 Artes de pesca	7
2.6 Historia e importancia del uso de los métodos cuantitativos	7
2.7 Importancia del análisis del contenido estomacal	8
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. HIPÓTESIS	11
5. OBJETIVOS	12
5.1 Objetivo general	12
5.2 Objetivos específicos	12
6. MATERIALES Y MÉTODOS	13
6.1 Area de estudio	13
6.2 Caracterización del área de estudio	14
6.3 Muestreo de campo	14
6.4 Preservación de las muestras	14
6.5 Análisis de laboratorio	15
6.6 Análisis de datos	15
6.6.1 Relación longitud talla-peso	15
6.6.2 Método volumétrico	16
6.6.3 Método de frecuencia de ocurrencia	16
6.6.4 Método numérico	17
6.6.5 Índice de importancia relativa (IIR)	17
6.6.7 Composición cualitativa de la dieta	18
6.6.8 Preferencia diaria de la alimentación	18
6.6.9 Estructura de tallas de las presas	19
6.6.10 Curva de acumulación de especies	19
7. RESULTADOS	21
7.1 Caracterización del área de estudio	21
7.2 Frecuencia de tallas para longitud total y peso	24

7.3 Frecuencia de pesos	26
7.4 Relaciones biométricas, tipo de crecimiento y proporción de sexos	27
7.5 Análisis de estómagos	30
7.6 Índices del contenido estomacal de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>)	31
7.6.1 Método volumétrico	31
7.6.2 Método de frecuencia y ocurrencia	32
7.6.3 Método numérico	33
7.6.4 Índice de importancia relativa	34
7.6.5 Espectro trófico de la especie	35
7.6.6 Preferencia diaria de alimentación	38
7.6.7 Estructura de tallas de las presas	38
7.6.8 Curva de acumulación de especies	39
8. DISCUSIONES	41
8.1 Caracterización del área de estudio	41
8.2 Hábitos alimenticios	41
8.3 Relaciones biométricas	42
8.4 Grado de repleción y digestión	43
8.5 Índices de contenido estomacal	43
8.6 Variación diaria de la alimentación	44
9. CONCLUSIONES	46
9.1 Recomendaciones	46
10. BIBLIOGRAFÍA	47

LISTA DE FIGURAS

	Página	
Figura 1	Localización del área de estudio.	12
Figura 2	Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) para el 2013 en el Alto Golfo de California (AGC).	19
Figura 3	Variación de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) para el 2014 en el Alto Golfo California.	20
Figura 4	Variación de la clorofila a (Cla-a) para el Alto Golfo de California (AGC) 2013.	21
Figura 5	Variación de la clorofila a (Cla-a) para el Alto Golfo de California (AGC) 2014	22
Figura 6	Frecuencia de tallas observadas del total de los organismos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California	23
Figura 7	Frecuencia de tallas observadas de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California para el 2013	23
Figura 8	Frecuencia de tallas observadas de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California (AGC) para el 2014	24
Figura 9	Frecuencia observada de peso (g) en datos globales de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>)	24
Figura 10	Frecuencia observada de peso (g) en los organismos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) para el 2013	25
Figura 11	Frecuencia observada de peso (g) en los organismos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) para el 2014	25
Figura 12	Relación longitud total-peso para sexos combinados de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>)	26
Figura 13	Relación longitud total-peso para hembras de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California (AGC).	26
Figura 14	Relación longitud total-peso para machos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California (AGC).	27
Figura 15	Grado de repleción en número de estómagos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California	29
Figura 16	Estructura trófica de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) en el Alto Golfo de California	29
Figura 17	Muestra del comportamiento del método gravimétrico de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>)	30

Figura 18	Muestra del comportamiento del método de frecuencia de ocurrencia para organismos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>)	31
Figura 19	Muestra del comportamiento del método numérico para organismos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>).	32
Figura 20	Índice de importancia relativa.	32
Figura 21	Porcentaje del grado de llenado de estómagos de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) muestreados en un periodo de 24 horas.	37
Figura 22	Estructuras de tallas de las presas.	38
Figura 23	Curva de acumulación de especies.	39

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Escala evaluativa usada en el método de frecuencia de ocurrencia (Lagler, 1978).	16
Tabla II. Escala evaluativa para la determinación de la importancia del grupo trófico de la curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) (Yáñez-Arancibia <i>et al.</i> , 1975).	17
Tabla III. Valores y parámetros de la longitud total-peso de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>) del Alto Golfo de California.	27
Tabla IV. Proporción de sexos global de curvina golfina (<i>Cynoscion othonopterus</i>), periodo 2013 - 2014.	28

1. INTRODUCCIÓN

En el Alto Golfo de California (AGC) se encuentra un área natural protegida decretada por el gobierno federal mexicano el 10 de junio de 1993 (Diario Oficial, 1993) como: Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (RBAGCDRC) que se encuentra en los estados de Sonora y Baja California Norte. Se ubica entre los paralelos 31°00'-32°10' N y 113°30'-115°15' W y posee una superficie de 934,756 hectáreas. En la reserva se han incluido dos zonas de manejo; la zona núcleo con 164,779 hectáreas, y la zona de amortiguamiento, con 769,976 hectáreas. La declaratoria como reserva de la biósfera fue debido a la necesidad de conservación de algunas especies que allí habitan de manera temporal o permanente, lo cual se relaciona con las características hidrográficas particulares (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Álvarez-Borrego, 2001).

Dentro de la reserva, el 70% representa zonas costeras marinas y el resto áreas desérticas terrestres y humedales. Hoy en día, es una de las 20 áreas naturales protegidas de mayor prioridad en México, especialmente en la frontera norte y se considera área de importancia para la conservación de especies marinas. De igual manera, se han encontrado especies endémicas con un marcado riesgo de extinción, tal es el caso de *Totoaba macdonaldi* (totoaba) y *Phocoena sinus* (vaquita marina).

Para comprender claramente el papel que ejercen los peces en los ecosistemas marinos, es necesario conocer aspectos de su biología como lo son sus hábitos de alimentación, reproducción (estado gonádico, tipo de desove, etc.), distribución, etc. (Lagler *et al.*, 1977).

Uno de los parámetros biológicos más importantes, desde el punto de vista ecológico, es el conocimiento de los hábitos alimenticios de los peces, ya que nos permite conocer los eslabones tróficos que ligan a estos ecosistemas, e incluso la ocurrencia y la abundancia de las especies que consumen (García-Cagidae *et al.*, 1994).

Los peces presentan una alimentación variada, dado que algunos de ellos se alimentan a distintas horas del día, y sus presas pueden ser de diferentes tamaños. Tales diferencias se relacionan con el tiempo de alimentación, tiempo de reproducción y el crecimiento de los organismos (Mckinley *et al.*, 1998).

No siempre estará disponible una presa en una forma constante, debido a la fluctuación en su distribución y abundancia.

Otro aspecto que influye en la selección del alimento es el tamaño de las presas, lo cual a su vez repercutirá en la composición o variedad de presas consumidas toda vez que ésto se relaciona directamente con la cantidad de organismos que pueda consumir y a la energía que requiera para atrapar a las presas y también la energía que las presas puedan suministrarle (Lagler *et al.*, 1977).

Es importante mencionar que la mayoría de los peces están adaptados en forma tal que aprovechan los alimentos que tienen a su disposición. Por lo tanto, el alimento ingerido y digerido proporcionará energía para los procesos biológicos, así también como para obtener una restauración de componentes celulares destruidos o desgastados.

La alimentación de los peces es influenciada por factores bióticos y abióticos. Dentro de los factores bióticos se pueden incluir la competencia, mencionando que no ocurre sólo por el alimento, también por el espacio en que se llegan a encontrar o bien para reproducirse (influencia de individuos en la cantidad de alimento), así como los sitios de reproducción, la conducta de alimentación, etc. Entre los factores abióticos se encuentran la temperatura, distribución latitudinal de los organismos y la luz (penetración en la columna del agua). En áreas de temperatura baja, los requerimientos reproductivos son más altos, en tanto los requerimientos de apetito son más bajos. En sitios donde la penetración de la luz es mayor, se presenta en algunos casos un incremento en la competencia y en la alimentación. Así, los estudios de la dinámica trófica son considerados como parte del conocimiento global de la estructura y funcionamiento de la población y de la comunidad (Chiappa-Carrara y Gallardo, 1993).

La familia *Sciaenidae* representa uno de los grupos de mayor importancia comercial dentro de los recursos demersales marinos en el ámbito mundial inclusive para México (Araya, 1984; Chao y Musick, 1977; Villamar, 1972). En el Golfo de California la familia está representada por 30 especies conocidas, de las cuales al menos tres se consideran endémicas: totoaba (*Totoaba macdonaldi*), el chano norteño (*Micropogonias megalops*) y la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*).

La curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) es un pez de la familia *Sciaenidae* comúnmente llamados corvinas, curvinas o roncadores. Su distribución conocida es desde la Paz, Baja California Sur, hasta el Delta del Río Colorado (Allen *et al.*, 1995). Los hábitos alimenticios de la curvina golfina han sido poco estudiados y la información con la que se cuenta es poco accesible. Por esta razón la información generada a partir de este estudio sobre el análisis de la dieta será de gran importancia para el conocimiento de la especie.

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar los hábitos alimenticios de la curvina golfina en el Alto Golfo de California, la cual es un recurso que sostiene una pesquería local que genera un ingreso regional muy importante, por lo que este estudio pretende ser en la medida de lo posible, una contribución que coadyuve en las estrategias de manejo y toma de decisiones para fortalecerla como una pesquería sustentable.

2. ANTECEDENTES

2.1 Historia de la pesquería.

Una de las pesquerías de escama en el Alto Golfo de California (AGC), está sostenida por la especie *C. othonopterus*, un pez marino que se asocia a fondos arenosos y suaves del Alto Golfo y que es además es una especie endémica del AGC.

La pesca de esta especie aparece registrada de 1917 a 1940, junto con la captura de totoaba (*T. macdonaldi*) posteriormente y de manera paulatina la especie dejó de migrar hacia el AGC, hasta que en los años 60 la pesquería de curvina golfina deja de operar por completo debido a que la especie desapareció del área. Posteriormente, la pesquería resurgió a inicios de los años 90, aunque realmente la actividad cobró importancia a partir de 1998. Hasta hace apenas dos años, las capturas se realizaban entre febrero y mayo, pero a partir de la entrada en vigor de la veda decretada para el recurso, la temporada de pesca permitida se limita de febrero a abril, siendo los últimos dos meses (marzo y abril) los de mayor abundancia. En esta pesquería su abundancia y sus capturas máximas se presentan a la par de su mayor demanda y consumo los cuales coinciden también con la cuaresma y semana santa.

Una de las observaciones documentadas sobre la pesca de curvina en el AGC fue hecha por Fitch (1949). El autor menciona que en los años 40, la curvina se capturaba incidentalmente durante la pesca de la totoaba. Se vendía localmente y se exportaba fileteada a Estados Unidos junto con la totoaba, principalmente al estado de California. Esta exportación se estimó en 60,000 libras anuales (27.3 toneladas). También se capturaba incidentalmente en menor escala por barcos de California en la entrada del Golfo de California, estimando su captura en 1000 libras anuales (450 kilos). Durante cierta época del año (posiblemente en primavera), se observaban grandes corridas de curvina hacia el Delta del Río Colorado, y todos los pobladores locales que no estuvieran pescando totoaba o

camarón salían a pescar curvina en canoas o realizando encierros desde la playa. Menciona también que en buenos días, entre dos o tres pescadores podían capturar hasta 44 kilos en una hora de pesca.

Pescadores viejos del Golfo de Santa Clara comentan: *“que antes de 1940 se pescaba principalmente con anzuelo y piola de algodón para consumo local y había gran abundancia de estos peces. Pero nadie sabía realmente de dónde o por dónde llegaban. Pero siempre entraban durante la navidad y se arrimaban a lo seco para alimentarse de sardina en los tiempos que bajaba el agua del río. Se pescaba hasta mayo, en ese tiempo se salaba y se vendía entera ya que casi no había mercado”*.

La curvina aparentemente dejó de migrar en grandes cardúmenes al Delta del Río Colorado por unos 30 años (a partir de 1960), pero fue registrada por pescadores de nuevo a principios de los años 90. Desde 1993 (año en que volvió a pescarse formalmente en el Golfo de Santa Clara) hasta la fecha, las capturas han ido aumentando constantemente, de unas 31 toneladas, hasta rebasar las 2,000 toneladas registradas sólo en Santa Clara, Sonora, en 1997. Aunque no se sabe con precisión lo que provocó que este pez dejara de migrar en los años 60, y que se volviera a ver en grandes cantidades en los años 90, pueden existir distintas explicaciones o una mezcla de ellas. Pescadores opinan que la principal causa de la desaparición fue la disminución del agua del Río Colorado y el eviscerado de pescado en las zonas de pesca que se solía practicar en ese tiempo, dejando un olor penetrante en el agua por las enormes cantidades de pescado que se evisceraban.

Es posible que la desaparición de curvina golfina en los años de 1938 a 1990 se haya debido a la falta del flujo del Río Colorado. Por supuesto, éstas sólo son teorías que deben ser estudiadas más a fondo para poder conocer con mayor certeza las causas de la “desaparición” y “reaparición” de la curvina golfina (*C. othonopterus*) (Cudney-Bueno y Turk-Boyer, 1998).

2.2 Norma Oficial Mexicana para la captura de curvina golfina.

La pesca de la curvina actualmente se rige por la NOM-063-PESC-2005. Pesca responsable de curvina golfina (*C. othonopterus*) en aguas de jurisdicción federal del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Esta Norma tiene como objetivo establecer condiciones bajo los siguientes términos: usar red agallera de monofilamento de 14.6 cm (5 ¾”), así como establece una talla mínima de captura de 65 cm Lt (longitud total) con una tolerancia de 35% del número de ejemplares por debajo de la talla mínima. Las actividades de pesca únicamente podrían realizarse durante el día. Los titulares que cuentan con permisos o concesiones de pesca comercial, así como los pescadores que capturen curvina golfina quedan obligados apoyar y participar en la ejecución de estudios biológico-pesqueros que desarrolle la Secretaría de Pesca y Alimentación, para el aprovechamiento de curvina y es de observancia obligatoria para personas que se dediquen a esta pesquería.

2.3 Veda.

Se establece veda temporal para captura de curvina golfina en las aguas marinas y estuarinas de la jurisdicción federal RBAGCDRC, durante el periodo del 1 de mayo al 31 de agosto de cada año.

2.4 Comercialización.

La curvina se comercializa principalmente eviscerada con cabeza, entera o en filete. Se filetea principalmente cuando el mercado está saturado. Aunque se recibe a un precio mayor fileteada (\$12.00-13.00 pesos/kilogramo), el rendimiento es muy bajo, entre 40-50% si se cuenta con un buen fileteado. El eviscerado se realiza en playa, participando un gran número de personas principalmente mujeres y niños. Una vez que se eviscera, se pasa a tinajas con agua y de ahí a los contenedores de los “trailers”. Se transporta enhielada, y la venta debe ser rápida, ya que la carne de este pez es blanda y se descompone fácilmente. Los

principales sitios de comercialización son locales y regionales como Puerto Peñasco, San Luis Río Colorado, Ensenada, Mexicali, Guadalajara, México D.F., etc. (Cudney-Bueno y Turk-Boyer, 1998).

2.5 Artes de pesca.

Actualmente, esta especie se captura por pescadores de San Felipe, del Golfo de Santa Clara, por la comunidad indígena Cucapá y por ejidos aledaños al Delta del Río Colorado. Se usan chinchorros de 5 $\frac{3}{4}$ " de luz de malla, con una longitud que varía desde las 40 a 60 brazas, pero predominan los que miden entre 100 a 150 brazas; como en muchas pesquerías del Alto Golfo, la pesca de curvina está fuertemente determinada por el ciclo mareal.

Los métodos de pesca artesanal se caracterizan por ser sumamente variados, dinámicos y cambiantes. Cada comunidad y cada pescador tienen sus propios secretos de pesca, siendo esto parte de la riqueza pesquera artesanal de la región.

2.6 Historia e importancia del uso de los métodos cuantitativos.

El estudio de los contenidos estomacales como medio de aproximación a la dieta y hábitos alimentarios de peces y otros vertebrados marinos, ha sido establecido como uno de los mecanismos estándar de trabajo a través del tiempo (Hyslop, 1980; Cortés, 1997). Durante décadas estos estudios se limitaron a una sencilla interpretación cualitativa o cuantitativa de las presas en las dietas, lo que servía como base para determinar la importancia de cada presa en los hábitos de su respectivo depredador. Hyslop (1980) realizó la primera revisión de métodos cuantitativos para el estudio de hábitos alimentarios en peces y posteriormente, Cortés (1997) publica un trabajo sobre la aplicación de técnicas estadísticas adecuadas en el análisis de los contenidos estomacales.

En los métodos cuantitativos revisados por Hyslop (1980) destacan el porcentaje en número (%N), el porcentaje en peso (%P) y el porcentaje de ocurrencia (%F), ya que han sido los más ampliamente usados. Posteriormente, y para tratar de suplir las limitaciones de los análisis que suponía tener los aportes de cada presa en términos de número, peso y ocurrencia por separado, y que subestimaban o sobreestimaban la importancia de cada presa en la dieta, se introdujo el uso de índices que combinaran todas las fuentes de información y que ya habían sido aplicados a peces óseos. Los cuales según Windell (1971) son más representativos. De estos índices, el coeficiente alimentario (Q) y el índice de importancia relativa (IIR) son los más comunes en nuestro medio. En este sentido, Cortés (1997) propone el porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) como medida para hacer los estudios de este tipo más comparativos entre sí.

La relevancia de tener estudios que describan rigurosamente la dieta de las especies (cambios ontogénicos, variación geográfica en la dieta, efecto del sexo, amplitud y sobreposición trófica, estructura gremial, etc.) ha sido reforzada recientemente por Schindler *et al.* (2002), quienes plantean que dicha información es de gran importancia para los modelos predictivos del impacto de la pesca sobre las relaciones depredador-presa en ambientes marinos. Asimismo, la información detallada sobre estos tópicos fortalece los diseños y análisis de modelos de balance de masas (Stevens *et al.*, 2000; Kitchell *et al.*, 2002), así como sirven de base para la construcción y análisis de redes tróficas (Goldwasser y Roughgarden, 1993; Menge, 1995; Pimm, 2002), facilitan la determinación topológica de especies clave (Jordán *et al.*, 2006; Benedek *et al.*, 2007), e incluso, enriquecen los análisis de estructura de redes con relación a la pérdida de biodiversidad y robustez de las redes tróficas (Dunne *et al.*, 2002; 2004).

2.7 Importancia del análisis del contenido estomacal.

Los estudios acerca del contenido estomacal de diferentes especies de peces, han servido como base para establecer estrategias de conservación para el manejo de especies que se encuentran ubicadas dentro de alguna Norma como especie

amenazada, o en peligro de extinción. Asimismo, ayudan a conocer y/o determinar el espectro trófico de la especie en la cadena alimentaria y a analizar si las especies presentan preferencia hacia algún tipo de alimento en particular.

3. JUSTIFICACION

Una de las relaciones inter-específicas dentro de las comunidades es la depredación. La depredación permite a los científicos establecer una organización por niveles tróficos, los *Sciaenidos* pertenecen al tercer nivel trófico (carnívoros), razón por la cual es de suma importancia conocer su función dentro del ecosistema y sobre todo en la etapa reproductiva, donde poco es lo que se conoce acerca de su espectro trófico. Cada especie de depredador tiene por lo menos tres regímenes dietéticos durante el crecimiento: la dieta larval, la dieta de los peces juveniles y dieta de los peces adultos; además de esto la alimentación depende del modo de vida y comportamiento del depredador, así como la abundancia y la disponibilidad del alimento, la distribución de las presas y la coincidencia de las áreas ecológicas del depredador y la presa. El depredador puede alimentarse de diversas especies. Por otra parte el estudio del régimen alimentario de una especie de tercer nivel trófico, puede proporcionar una idea de cómo se encuentra su entorno. Los estudios de la dinámica trófica son considerados como parte del conocimiento global de la estructura y funcionamiento de la población y de la comunidad. Este tipo de estudios generalmente se basan en el análisis del contenido estomacal ya que el estudio empírico de los hábitos alimenticios puede ayudar a conocer en parte el comportamiento de las pesquerías ribereñas y los beneficios económicos que de ella se derivan. En el Golfo de California, los *sciaenidos* forman un grupo de gran importancia comercial, actual e histórica. Destacando la totoaba y la curvina golfina quienes además de ser endémicos del Golfo de California realizan migraciones reproductivas a la región del Alto Golfo de California. Particularmente la curvina golfina, es la especie que se ha convertido en la segunda en importancia económica para la pesca artesanal del Alto Golfo de California, después de la de camarón. Este trabajo se realiza debido a la gran demanda que presenta este recurso y del cual se tiene muy poca información acerca de los hábitos alimenticios o no se encuentran disponibles en los medios comunes de acceso a la información científica; por lo que es necesario realizar este estudio con el fin de conocer su dieta y la interacción que tiene con las demás especies en el área

4. HIPÓTESIS

La especie de curvina golfina *C. othonopterus* en su paso por el Alto Golfo de California tiene un comportamiento alimenticio de tipo especialista durante su etapa migratoria-reproductiva.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general.

Determinar las principales especies que componen la dieta de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California.

5.1.1Objetivos específicos.

Realizar el análisis cuantitativo y cualitativo de los grupos tróficos que constituyen el alimento de dicha especie.

Determinar la taxonomía de los grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio.

La reserva marina se encuentra localizada geográficamente entre los paralelos 31°00′- 32°10′ de latitud Norte y entre los meridianos 113°30′- 115°15′ de longitud Oeste. Está ubicada en la parte norte del Golfo de California, dentro de municipios de San Luis Rio Colorado, Puerto Peñasco en Sonora y de Mexicali en Baja California. Sus primeros pobladores son del grupo indígena Cucapá, quienes ocuparon la reserva y continúan utilizando la riqueza de sus recursos naturales. Posee una superficie de 934,756 hectáreas; de la cual cerca del 80% representa la zona de amortiguamiento y el resto la zona núcleo “Delta del Río Colorado”. La diversidad de ambientes hace que la reserva sea de una especial relevancia por su biodiversidad y abundancia de recursos naturales, especialmente los pesqueros. La extensa zona marina y costera el área de estudio se caracteriza por presentar un importante número de especies de invertebrados y vertebrados acuáticos entre que destacan más de 250 especies de peces marinos con varias especies endémicas (Campoy, 1999).

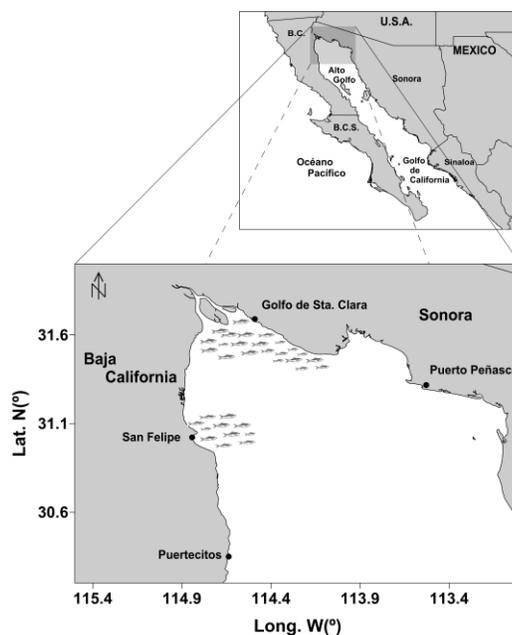


Figura 1. Localización del área de estudio.

6.2 Caracterización del área de estudio.

Las imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila-a (Cla-a), se derivaron de los sensores remotos MODIS-Aqua, MODIS-Terra y SeaWiFS con una resolución de pixel de 1 km, las cuales fueron proporcionadas por el Dr. Kahru (Scripps Institution of Oceanography, UCSD, <http://spg.ucsd.edu/people/Mati/>). Las imágenes fueron mensuales de 2013 a 2014 para Cla-a y del 2013 al 2014 para TSM. Las imágenes fueron delimitadas al área de estudio después se calcularon los estadísticos para cada mes con un mínimo, máximo y su promedio.

6.3 Muestreos de campo.

Los muestreos consistieron en la captura de curvina golfina en el Alto Golfo de California (AGC) durante las faenas en los meses de febrero a abril. A bordo de embarcaciones pequeñas usando una malla de luz de $5 \frac{3}{4}$, con una longitud que varía desde las 40 hasta las 150 brazas. Como muchas pesquerías del Alto Golfo, la pesca de curvina está fuertemente determinada por el ciclo mareal. Un día o dos después del “encuarte” (mareas muertas). Una vez recolectados los peces, el siguiente paso es registrar los datos biométricos tales como: longitud total (Lt), longitud patrón (Lp), identificación sexo, pesos total, peso gónada, peso estómago, peso eviscerado.

6.4 Preservación de las muestras.

Las muestras obtenidas se fijaron en solución Davison, la cual permitió mantener las muestras con una forma similar a su estado normal. Aplicando esta solución por medio de jeringas. A cada muestra se le puso una etiqueta la cual contenía fecha, lugar de captura, número de organismo, órgano que contenía.

6.5 Análisis de laboratorio.

Para la identificación del contenido estomacal de curvina golfina (*C. othonopterus*) se analizaron un total de 281 estómagos, a los cuales se le determinó el peso y volumen desplazado, posteriormente se realizó un corte longitudinal para la identificación del contenido.

6.6 Análisis de datos.

6.6.1 Relación longitud-peso

Para describir la relación entre la longitud y peso se utilizó una ecuación potencial (Sparre y Venema 1992):

$$PT = a * LT^b \quad (1)$$

donde:

PT = peso total.

LT = longitud total.

La ecuación se ajustó a los datos combinados para obtener los valores de los coeficientes a y b . Datos de LT y PT se transformaron logarítmicamente para ajustar de manera lineal la ecuación y resolverla a través de mínimos cuadrados. Se realizó una prueba t a la pendiente de la relación LT - PT respecto de 3 (crecimiento isométrico) para determinar el tipo de crecimiento. El valor de t se obtuvo a partir de la fórmula descrita por Walpole (Zar, 1996).

$$t = (\beta_1 - \beta_2) / Sb \quad (2)$$

donde:

t = Estadístico t de Student.

$\beta 1$ = Valor de pendiente obtenido en la relación longitud-peso.

$\beta 2 = 3$ (crecimiento isométrico).

Sb = Error típico del estimado.

Cuando el resultado es igual a 3, se determina que el crecimiento es simétrico. En los resultados contrarios se concluyó que presentan un crecimiento asimétrico. Posteriormente, se realizó una prueba t para determinar la significancia de los valores obtenidos.

Para el análisis cuantitativo de los contenidos estomacales se utilizaran varios métodos:

6.6.2 Método volumétrico (Lagler, 1978)

Mide volumen de las presas por desplazamiento de agua.

$$V_{cr} = v_t - v_p \quad (3)$$

donde:

V_{cr} = volumen de capacidad real.

v_t = volumen total que desplaza el estómago lleno.

v_p = volumen desplazado por el estómago vacío.

6.6.3 Método de frecuencia (Lagler, 1978)

Nos indica el porcentaje de estómagos en los que aparece un grupo taxonómico de presa determinado.

$$F = \left(\frac{n}{NE} \right) \times 100 \quad (4)$$

donde:

F = frecuencia de ocurrencia o periodicidad.

n = número de estómagos que contienen una determinada especie.

NE = total de estómagos analizados.

Para poder dar la interpretación a este método se uso la escala evaluativa de (Lagler, 1978) que se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Escala usada en el método de frecuencia de ocurrencia (Lagler, 1978).

Frecuencia de ocurrencia	Tipo de alimento
>50%	Primario
≤ 50% - ≥ 10%	Secundario
< 10%	Incidental

6.6.4 Método numérico

Numérico (%N): definido por Hyslop (1980)

$$\%N = 100 \times N_i / \sum_i^n N_i \quad (5)$$

donde:

N_i = es el número de individuos de cada categoría alimentaria en un estómago.

n = es el número total de estómagos analizados en esa especie.

6.6.5 Índice de importancia relativa (Yáñez Arancibia *et al.*, 1975)

Índice de importancia relativa

Cuantifica la importancia de un determinado grupo trófico con relación a la frecuencia de ocurrencia y al volumen del alimento.

$$IIR = \frac{F.O. \times V}{100} \quad (6)$$

donde:

IIR = índice de importancia relativa.

F.O. = frecuencia de ocurrencia del grupo trófico.

V = volumen del grupo trófico.

Para poder dar interpretación al índice de importancia relativa se usó la escala evaluativa usada por Yáñez Arancibia *et al.*, (1975) y así determinar el grupo trófico de mayor importancia en la dieta de curvina golfina (*C. othonopterus*).

Tabla II. Escala usada en el Índice de Importancia Relativa (Yáñez Arancibia *et al.*, 1975).

Valor de IIR	Tipo de alimento
41 – 100%	Primario
11 – 40%	Secundario
0-10%	Incidental

6.7 Composición cualitativa de la dieta.

Después de cuantificar los grupos tróficos presentes en el contenido estomacal se procedió a la identificación de las especies, la determinación se hizo hasta el nivel taxonómico más detallado que fue posible. La determinación específica se realizó con base en las claves de la FAO para la identificación de peces.

6.8 Variación diaria del peso del contenido estomacal.

Cada tres horas se tomaron muestras de estómagos iniciando a las horas 6:00 am y finalizamos a las 21.00 pm donde se hizo un muestreo biológico tales como:

longitud total, longitud patrón, grado de llenado de estómagos, sexo, peso total, peso eviscerado, peso de estómagos.

6.9 Estructura de tallas de las presas.

Se midieron las presas que se encontraron en el contenido estomacal de Curvina golfina (*C. othonopterus*) durante las temporadas antes mencionada se trabajó con la base de datos en Excel.

6.10 Curva de acumulación de especies.

Para construir una curva de acumulación de especies se tiene que realizar una matriz compuesta por el número de especies encontradas en cada uno de los estómagos, así como el número total de estómagos analizados para posteriormente analizarse mediante el programa *Statistica*; ésto permitió la evaluación de la suficiencia de los tamaños de muestra para una caracterización precisa de la dieta (Ferry y Cailliet, 1996; Wetherbee y Cortés, 2004). Las curvas acumulativas se generaron utilizando el método propuesto por Jiménez-Valverde y Hortal (2003) y siguiendo la ecuación de Clench.

$$S_{n=} = \frac{(a[1 - \exp(-b \cdot n)])}{b} \quad (7)$$

donde:

$S_{n=}$ es el número de especies observadas en cada muestra.

a = es la tasa de aumento de nuevas especies.

b = es el parámetro relacionado con la forma de la curva.

Estas curvas alcanzan un valor asintótico cuando el tamaño de la muestra se vuelve suficiente para describir toda la gama de la dieta. La asíntota de la curva predice el número total de especies posibles y se calcula como a/b .

Para evaluar la confiabilidad de los análisis, se tomaron en cuenta dos criterios: 1) cuando la proporción de presas es mayor que el 70% permite la estimación de la riqueza de especies (se estabiliza -valor asintótico-); y 2) los valores <0.1 en la asíntota de la curva indican que las nuevas presas son menos frecuentes. Incluso cuando la riqueza de especies fue considerada incompleta, si cumple el segundo criterio, se consideró fiable.

7. RESULTADOS

7.1 Caracterización del área de estudio

La temperatura tuvo poca variación en los meses de enero a junio de 2013 donde el mes más cálido fue mayo (Figura 2). Sin embargo, en el 2014 el patrón fue el mismo con la diferencia que los meses más cálidos fueron mayo y junio (Figura 3).

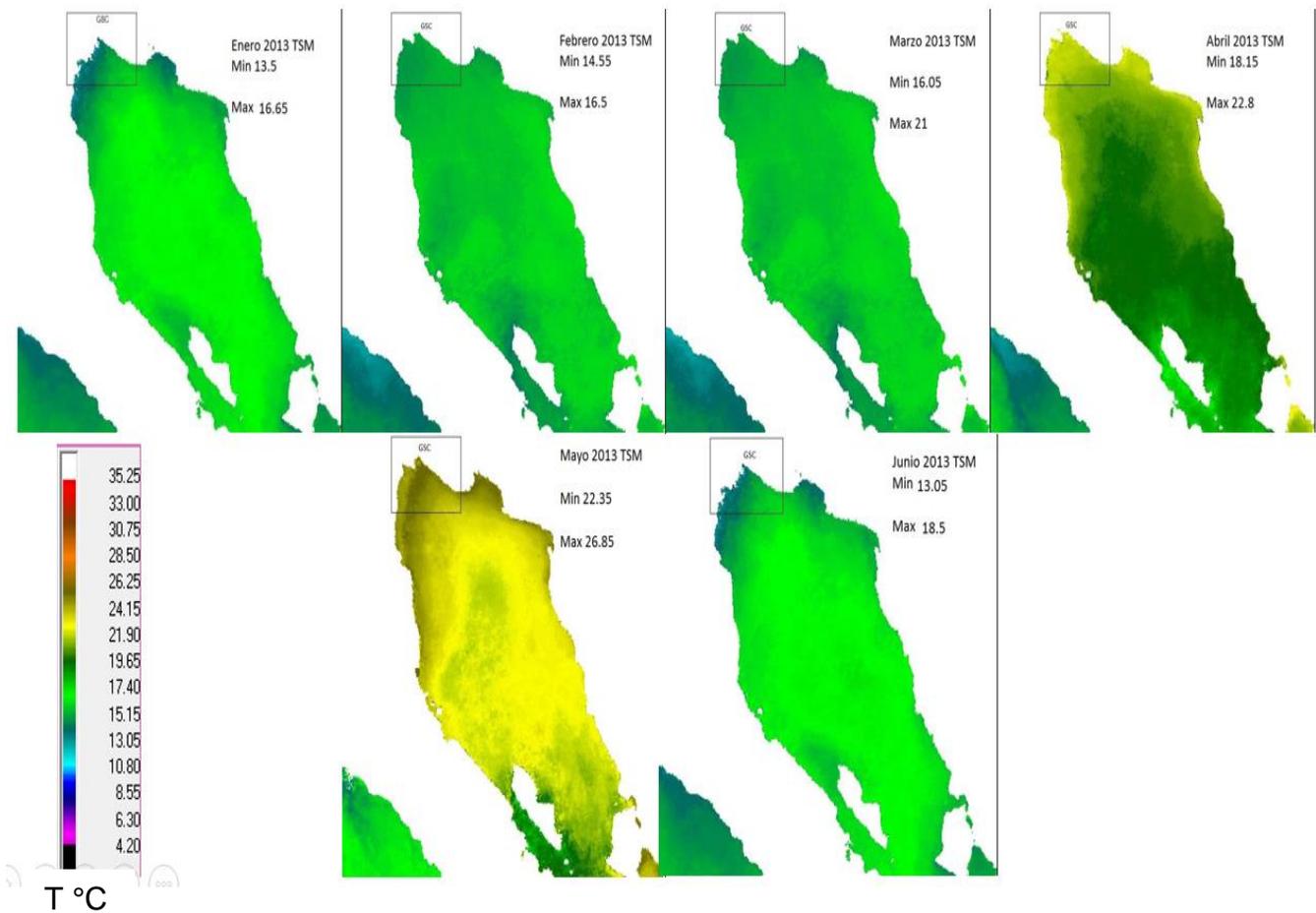


Figura 2. Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) para el 2013 en el Alto Golfo de California.

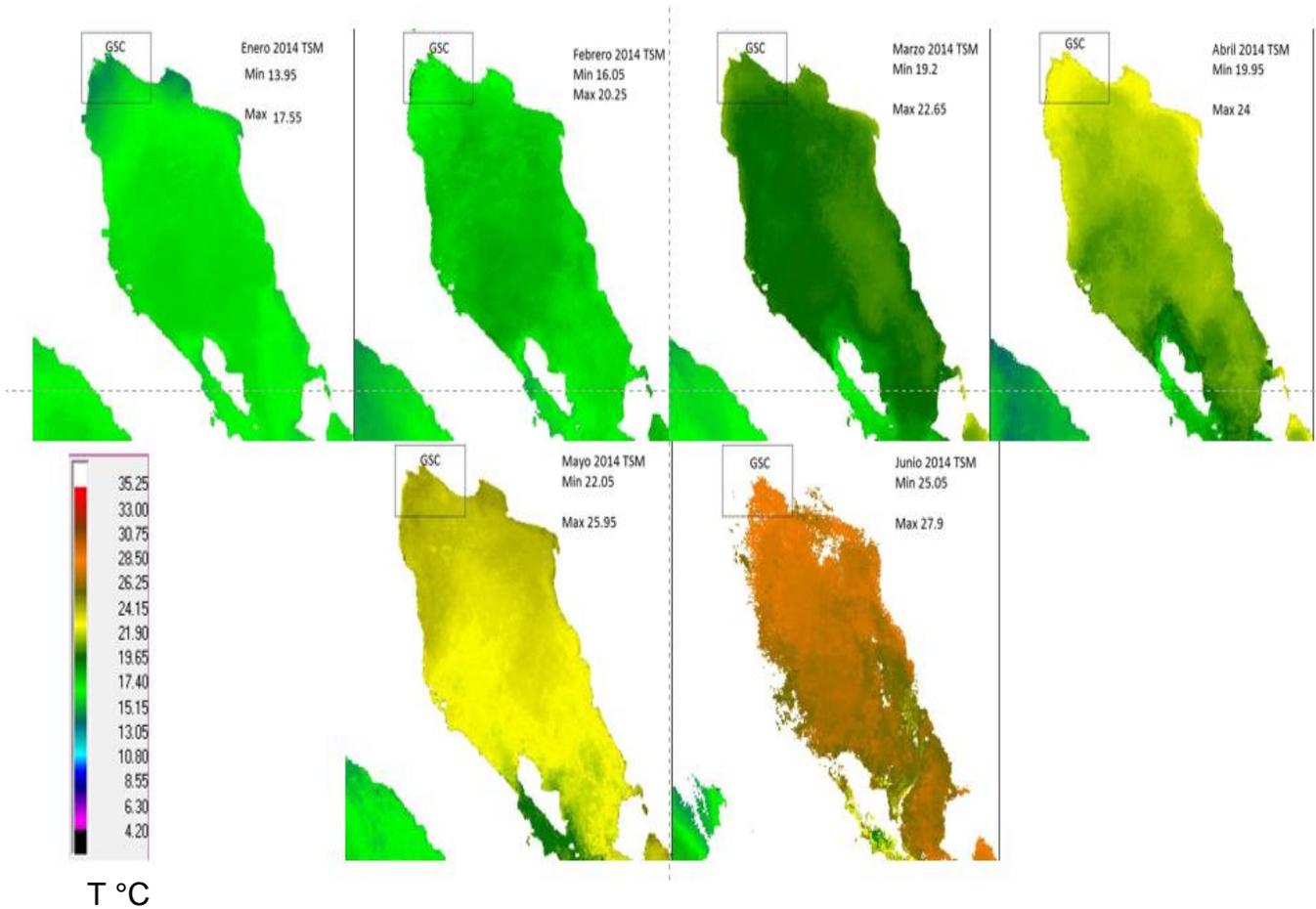


Figura 3. Variación de la temperatura superficial del mar (TSM) para el 2014 en Alto Golfo de California.

El patrón de la variable clorofila-a (Cla-a) para los meses de enero a junio 2013 mostró que los meses de mayor concentración de Cla-a en el área de estudio fueron marzo, febrero y mayo (Figura 4). Sin embargo, para el 2014 se encontró un aumento de la Cla-a de enero a mayo (Figura 5).

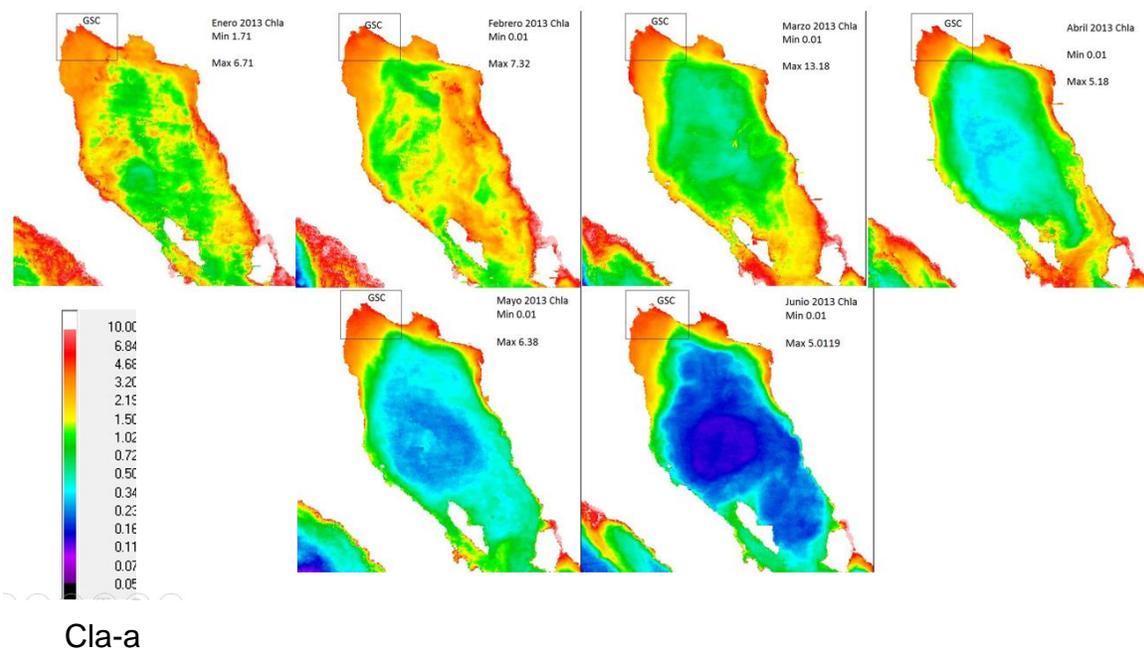


Figura 4. Variación de la clorofila a (Cla-a) para el 2013 en el Alto Golfo de California.

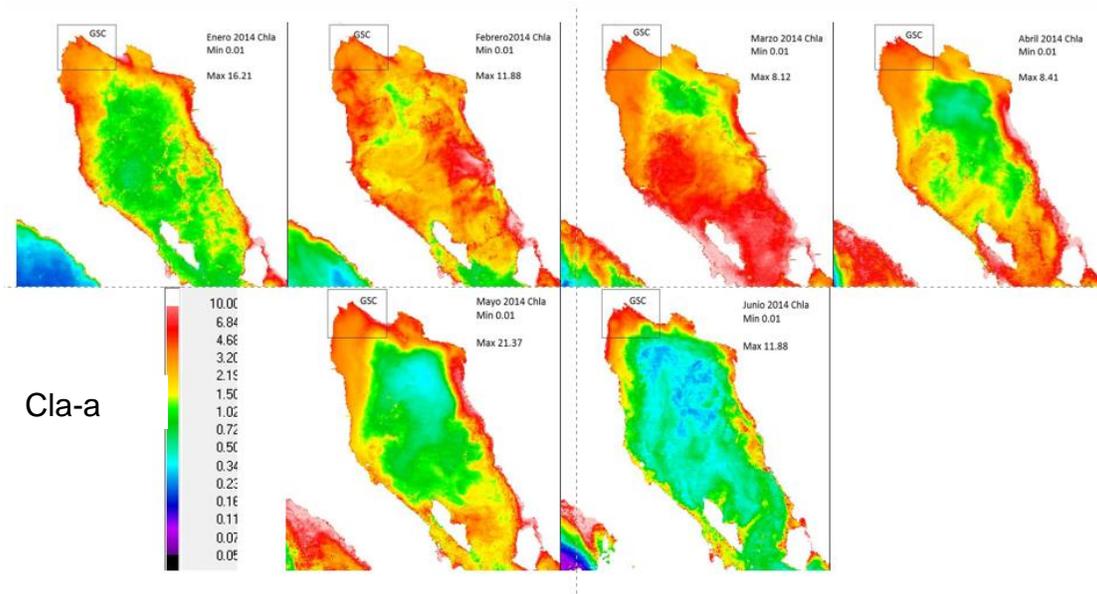


Figura 5. Variación de la clorofila *a* (Cla-*a*) para el 2014 en el Alto Golfo de California.

7.2 Frecuencia de tallas para la longitud total de ambos sexos

En el análisis de la frecuencia de tallas (longitud total en mm) de los datos totales (281 organismos) de *C. othonopterus*, durante todos los muestreos realizados en el Alto Golfo de California, se encontró que la moda estaba en los 670 mm (25%). Después, el intervalo de 690 estuvo representado con un 20% del total de organismos medidos (Figura 6). Sin embargo, para el global de datos del 2013 la moda para la longitud total fue de 690 mm con un 25% después la talla de 670 con un 23% (Figura 7). Para el 2014 la moda de datos globales fue de 670 mm con un 27% seguido del intervalo de 650 mm con un 22% (Figura 8).

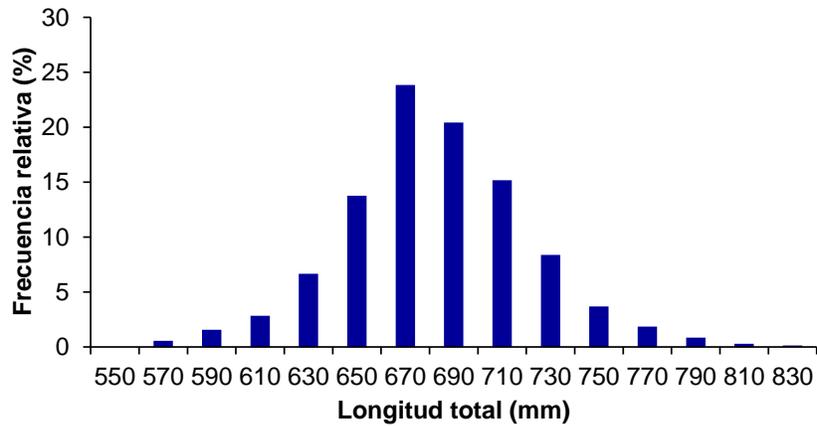


Figura 6. Frecuencia de tallas (longitud total mm) observadas del total de los organismos de curvina golfina (*C. othonopterus*) muestreados en el Alto Golfo de California.

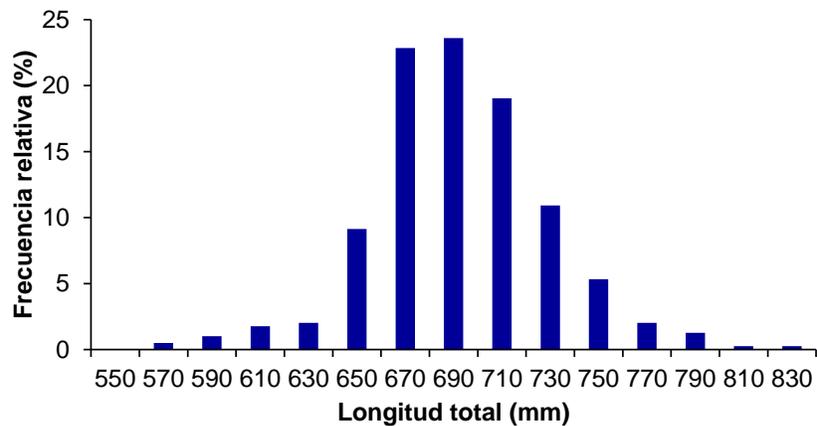


Figura 7. Frecuencias de tallas observadas de curvina golfina (*C. othonopterus*) en el Alto Golfo de California para el periodo 2013.

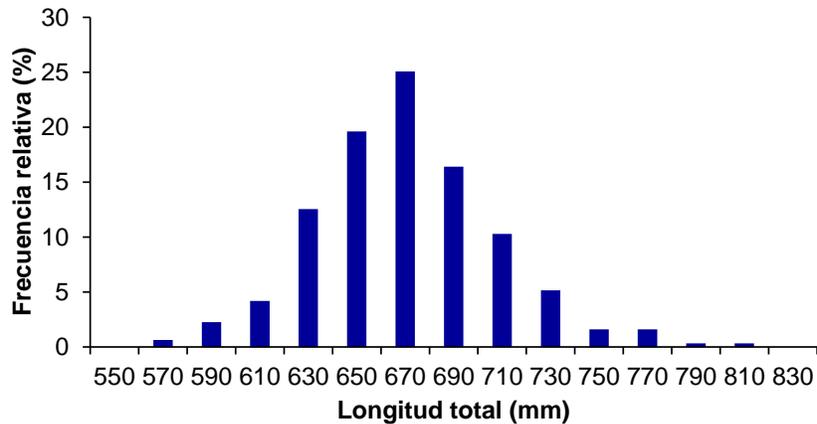


Figura 8. Frecuencias de tallas observadas de curvina golfina (*C. othonopterus*) en el Alto Golfo de California para el periodo 2014.

7.3 Frecuencias de pesos.

La moda para el peso total (g) observado en los datos totales de *C. othonopterus* durante el total de los muestreos realizados en el Alto Golfo de California fue de 2700 g con un 15% seguido de 3100 g con 14% (Figura 9). Sin embargo, para el total de datos de peso (g) del 2013 la moda se comportó de la siguiente manera: los 3100 g representó el 18% seguido del intervalo de 2700 g con un 16% (Figura 10). Para el 2014, la moda fue 2900 g con un 18% seguido de 3300 g con un 16% (Figura 11).

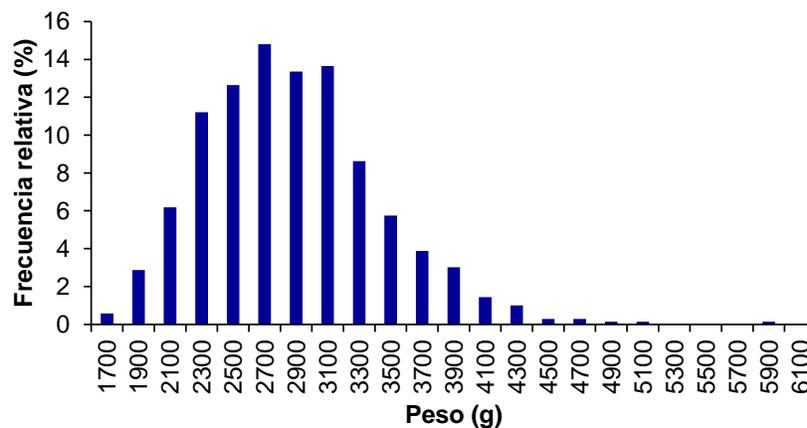


Figura 9. Frecuencia observada de peso (g) en datos globales de curvina golfina (*C. othonopterus*).

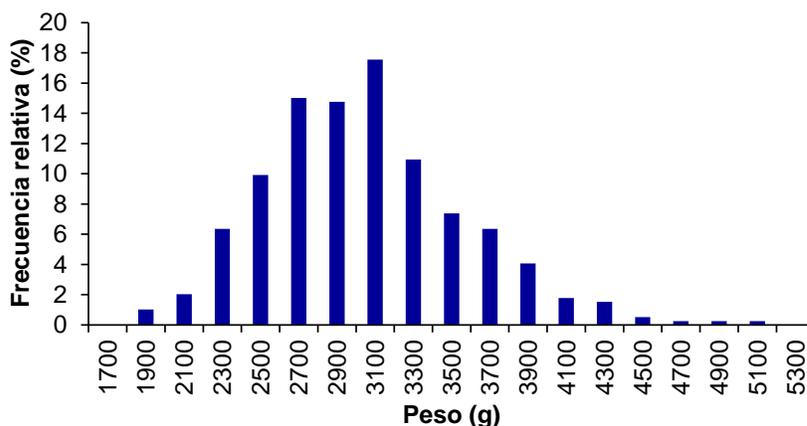


Figura 10. Frecuencia observada de peso (g) en los organismos de curvina golfina (*C. othonopterus*) para el 2013.

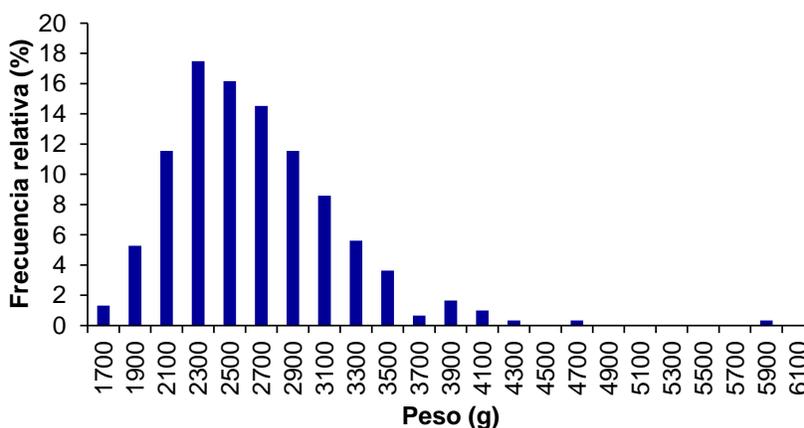


Figura 11. Frecuencia observada de peso (g) en los organismos de curvina golfina (*C. othonopterus*) para el 2014.

7.4 Relaciones biométricas, tipo de crecimiento y proporción de sexos

El resultado obtenido del análisis entre la relación de longitud total y peso de curvina golfina (*C. othonopterus*) durante todos los muestreos, usando la ecuación potencial, nos muestra que el crecimiento es de tipo isométrico utilizando todos los datos globales (Figura 12; ver Tabla III). Al desagregar los datos por sexos se

encontró que las hembras exhiben un crecimiento isométrico (Figura 13; ver Tabla III). Sin embargo, en los machos fue diferente su crecimiento ya que su crecimiento resultó ser asimétrico negativo, ya que el valor de $b = 2.663$ fue significativamente diferente de tres (Figura 14; ver Tabla III).

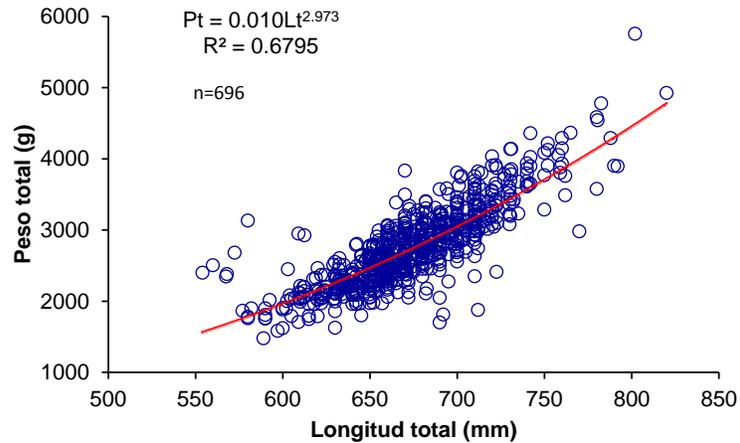


Figura 12. Relación longitud total–peso para sexos combinados de curvina golfina (*C. othonopterus*).

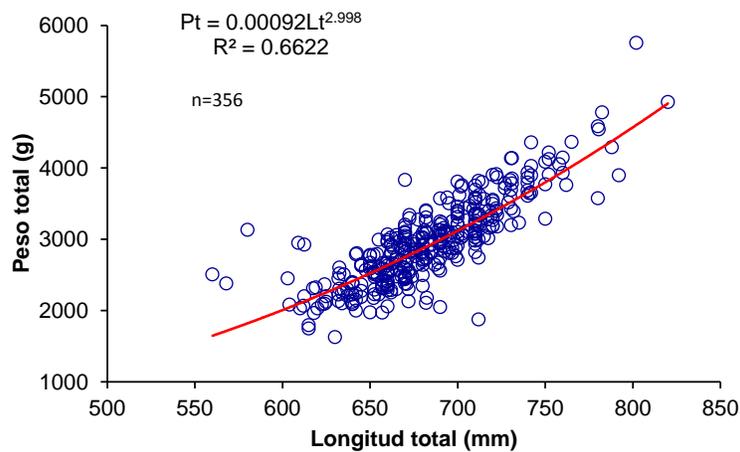


Figura 13. Relación longitud total-peso para hembras de curvina golfina (*C. othonopterus*).

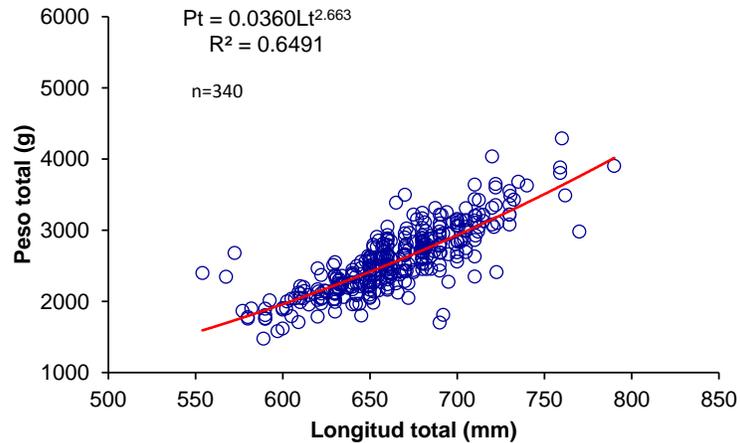


Figura 14. Relación longitud total-peso machos de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California.

Tabla III. Valores y parámetros de la longitud total-peso de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) del Alto Golfo de California.

Grupo	n	a	b	R ²	Tipo de crecimiento
Sexos combinados	696	0.010	2.973	0.6795	Isométrico
Hembras	356	0.00092	2.998	0.6622	Isométrico
Machos	340	0.036	2.663	0.6491	Asimétrico (-)

La proporción de sexos se comportó de la siguiente manera: Usando los datos globales fue de 1.06:1 (hembras:machos), para el periodo de muestreo 2013 fue de 1:1 y para el periodo de muestreo de 2014 obtuvimos 1.1:1 (Tabla IV).

Tabla IV. Proporción de sexos global, periodo 2013 y 2014 de Curvina golfina (*C. othonopterus*) en el Alto Golfo de California.

Año	Hembras	Machos
2013	1	1
2014	1.1	1

7.5 Análisis de los estómagos.

Se examinaron 281 estómagos de los cuales 103 estuvieron vacíos. Siguiendo los valores de proporción de repleción, éstos indican el 42% de los estómagos estuvieron vacíos, 46% tuvieron llenado medio y el 12% fueron estómagos llenos (Figura 15).

El índice de importancia relativa reveló que la principal presa fue la sardina bocona *Cetengraulis mysticetus*. Los crustáceos (camarón y jaibas) complementaron el espectro de su dieta (Figura 16).

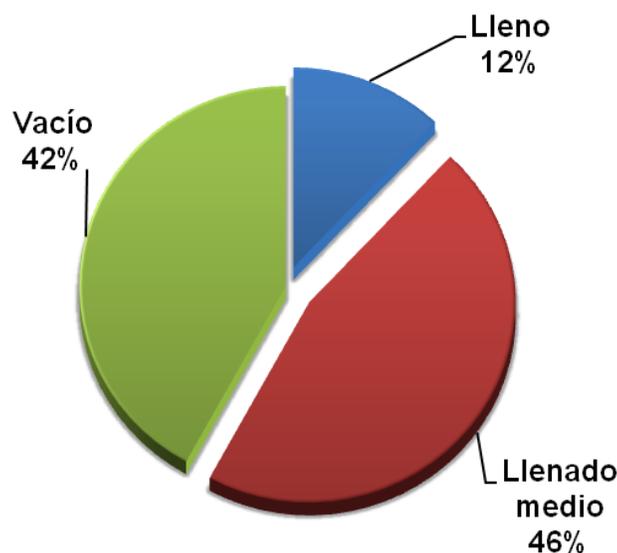


Figura 15. Grado de repleción en números de los estómagos de curvina golfina (*C. othonopterus*) en el Alto Golfo de California.

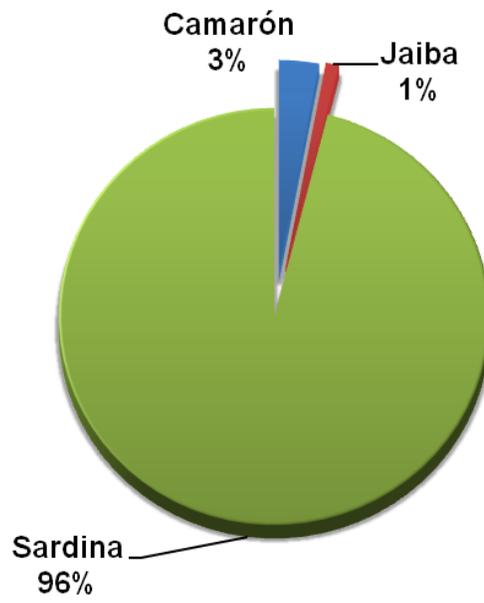


Figura. 16. Estructura trófica de las especies encontradas en la dieta de curvina golfina (*C. othonopterus*) en el Alto Golfo de California.

7.6 Índices de contenido estomacal de curvina golfina (*C. othonopterus*).

7.6.1 Método gravimétrico

El peso total de las presas fue de 4261.3 gramos, mismos que fueron aportados en mayor proporción por el grupo de los peces (sardina) y en menor proporción de los crustáceos.

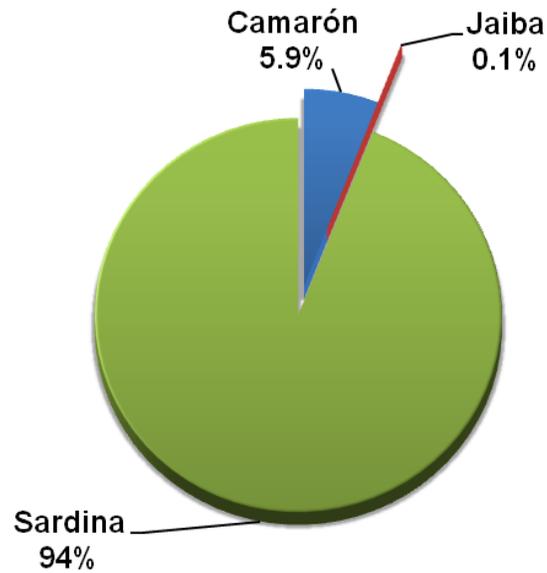


Figura 17. Muestra del comportamiento de las especies encontradas en la dieta de de curvina golfina (*C. othonopterus*) mediante el método gravimétrico.

7.6.2 Método de frecuencia de ocurrencia

Los grupos de mayor ocurrencia en el contenido estomacal de curvina golfina (*C. othonopterus*) fueron los peces considerando dentro de la escala evaluativa como alimento primario y con menor frecuencia crustáceos considerándose como un alimento incidental (ver Tabla II: en la sección de metodología).

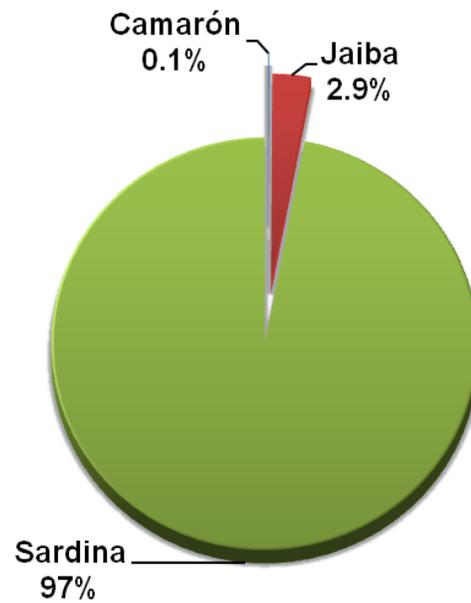


Figura 18. Muestra el comportamiento de las especies encontradas en la dieta de curvina golfina (*C. othonopterus*) mediante el método de frecuencia de ocurrencia.

7.6.3 Método numérico

Este método se tomó en cuenta un total de 693 presas donde la mayor cantidad fue sardina bocona con 325 de ahí el camarón con 11 y por último la jaiba con 1.

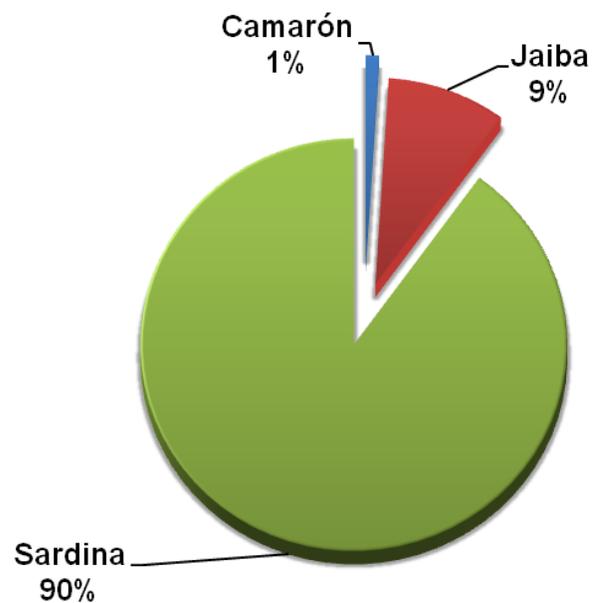


Figura 19. Muestra el comportamiento de las especies encontradas en la dieta de de curvina golfina (*C. othonopterus*) mediante el método numérico.

7.6.4 Índice de importancia relativa (IIR)

De acuerdo con el índice de importancia relativa (IIR), en el grupo de los peces fueron las presas de mayor importancia, en donde sardina bocona *Cetengraulis mysticetus* se encontró como la presa principal, seguido por el grupo de los crustáceos como camarón y jaiba (Figura 20).

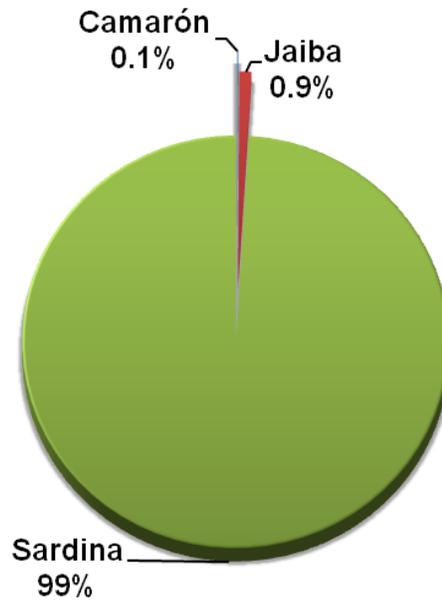


Figura 20. Espectro trófico de *C. othonopterus* expresado en porcentajes utilizando el Índice de Importancia Relativa (IIR).

7.6.5 Espectro trófico de la especie

Espectro trófico de la curvina golfina (*C. othonopterus*) se compone por vertebrados, el resto de este espectro se compone de invertebrados principalmente en crustáceos. A continuación se enlistan los grupos tróficos identificados hasta el menor nivel posible.

Jerarquía taxonómica (ITIS Report ⁽¹⁾):

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Orden: Decápoda

Suborden: Dendrobranchiata

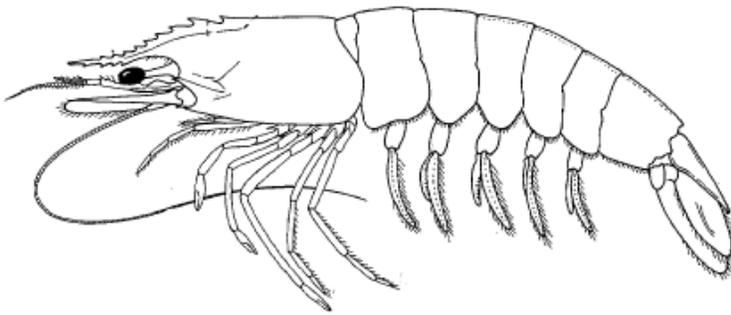
Superfamilia: Penaeoidea

Familia: Penaeidae

Género: *Litopenaeus*

(Boone, 1931)

Especie: *Litopenaeus* spp.



1 Obtenido el 08/01/2016 del Integrated Taxonomic Information System on-line database (<http://www.itis.gov>)

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Orden: Decápoda

Suborden: Pleocymata

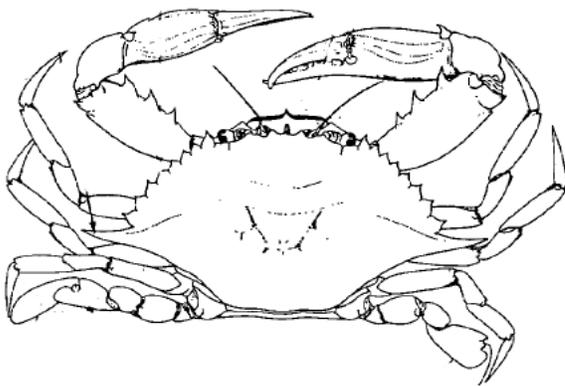
Superfamilia: Portunoidae

Familia: Portunidae

Género: *Callinectes*

Especie: *C. bellicosus*

(Stimpson, 1859)



Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Subclase: Neopterygii

Orden: Clupeiformes

Suborden: Clupeoidei

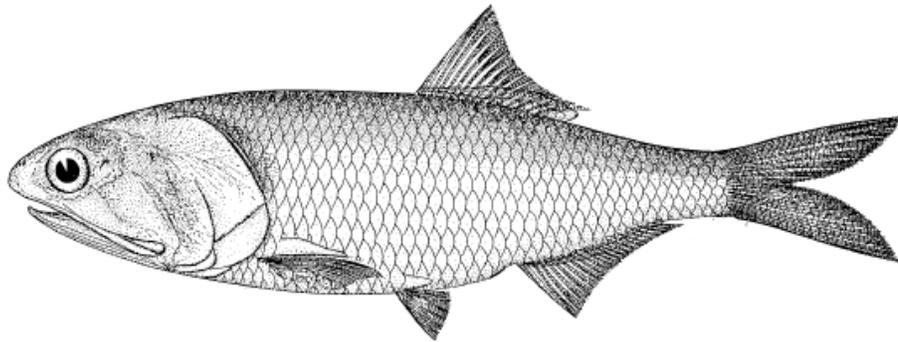
Superfamilia: Engraulinae

Familia: Engraulidae

Género: *Cetengraulis*

Especie: *C. mysticetus*

(Günther, 1867)



7.6.6 Preferencia diaria de la alimentación

Se realizó la recolecta de estómagos de curvina golfina (*C. othonopterus*) cada tres horas durante la segunda marea de pesca en la comunidad de El Golfo de Santa Clara, sin embargo, no fue posible recolectar a las 00:00 hr (12 de la noche) ni a las 03:00 hr. En la figura 21 se observa que el mayor grado de llenado de los estómagos se encontró a las 06:00 y a las 18:00 hr.

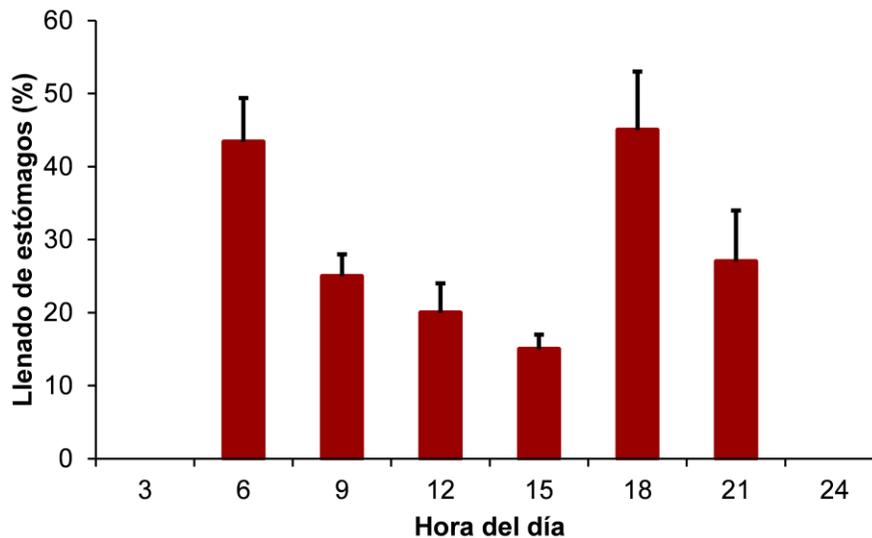


Figura 21. Porcentaje del grado de llenado de estómagos muestreados de curvina golfina (*C. othonopterus*) en un periodo de 24 horas.

7.6.7 Estructura de tallas de las presa

Se tomaron las medidas de las presas encontradas en el contenido estomacal de curvina golfina (*C. othonopterus*), y se sacaron promedios para cada una de las especies (Figura 22). Tanto las anchovetas como camarón rebasan los 100 mm de longitud total, pero la jaiba presentó 32 mm de ancho de caparazón.

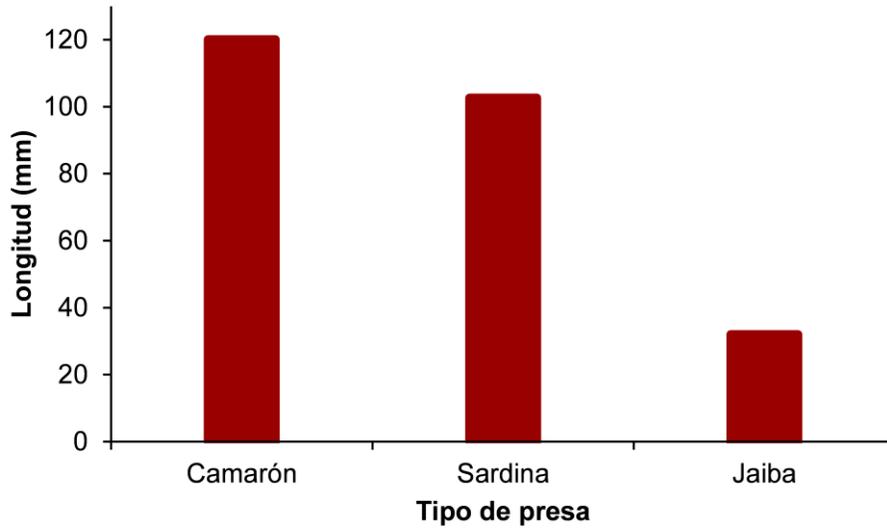


Figura 22. Tallas promedio de las tres principales presas encontradas en los estómagos de curvina golfina (*C. othonopterus*).

7.6.8 Curva de acumulación de especies.

Se analizaron 281 estómagos de los cuales 173 tenían al menos una presa y los vacíos fueron 108. La curva acumulativa alcanzó una asíntota (valores de asíntota 0.002) y las proporciones de la presa fueron > 80% y hasta un 90% los cuales indicaron que los 281 estómagos analizados eran confiables para describir la dieta de curvina golfina (*C. othonopterus*). El espectro trófico de curvina golfina se compone de ocho especies, y el componente principal fue sardina bocona (*C. mysticetus*).

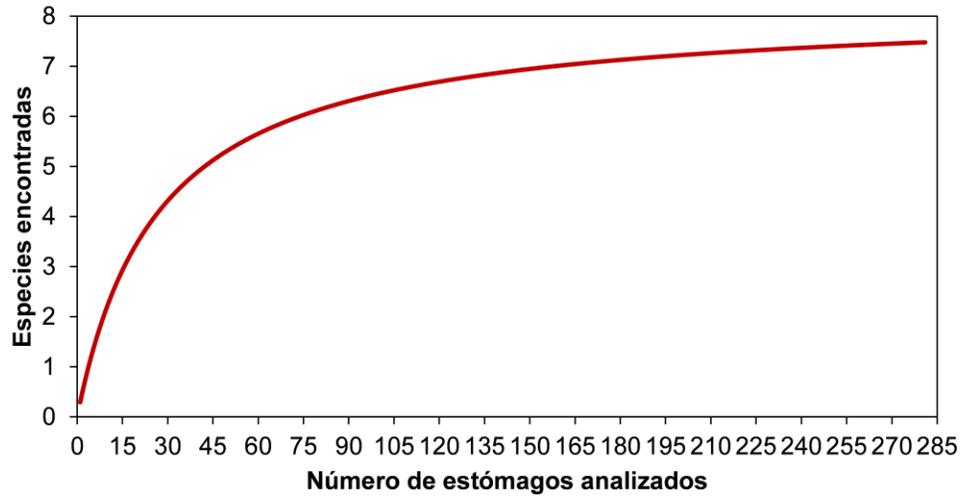


Figura 23. Evaluación de la suficiencia de los tamaños de muestra (número de los estómagos examinados) a través de las curvas acumulativas para una caracterización precisa de la dieta de *C. othonopterus*.

8. DISCUSIÓN

8.1 Caracterización del área de estudio.

Para comprender la importancia que representan el conocimiento de la alimentación y de los hábitos alimenticios de los organismos acuáticos en los ecosistemas marinos, especialmente los peces (Nikolsky, 1963), deben considerarse los factores que influyen la alimentación de estos organismos, entre los cuales están los factores abióticos físicos y químicos como la temperatura y el pH; los cuales tienen un gran efecto directo e indirecto sobre la productividad primaria acuática y pesquera, y por lo tanto afectan la disponibilidad del alimento y la reproducción. De esta manera los cambios en la temperatura del agua y la concentración de nutrientes, afectan la abundancia de los organismos de los cuales se alimenta la curvina golfina.

Por otra parte, la temperatura también juega un papel muy importante en la reproducción de curvina golfina (*C. othonopterus*) cuyos valores idóneos oscilan en un rango muy amplio que va de 13 a 23 °C, esto coincide con los meses en que la especie emigran al área desove (AGC) de enero a junio.

8.2 Hábitos alimenticios.

La curvina golfina es una especie carnívora que se alimenta principalmente de peces, específicamente de sardina bocona, considerada como el alimento primario durante su migración al Alto Golfo. Román (1999) menciona que se alimenta con mayor intensidad durante el mes de febrero que es cuando considera que empieza su temporada reproductiva, reduciendo posteriormente la ingesta de alimento durante el mes de abril. Al parecer no existen competidores para esta especie en el área de reproducción, aunque potencialmente podría incluirse a la totoaba como su más cercano competidor, ya que ambas especies pertenecen a la familia Sciaenidae por lo que sus hábitos alimentarios son muy semejantes. Ambas

especies se alimentan principalmente de sardina bocona *C. mysticetus* especialmente desde febrero hasta abril (Román-Rodríguez, 2000).

Las especies que realizan migraciones reproductivas, como curvina golfina, parecen necesitar de un alimento clave que contenga los ácidos grasos necesarios para detonar la madurez. Se ha comprobado en grupos de grandes vertebrados, como las ballenas, que necesitan de un contenido lipídico específico que sólo lo aporta el alimento en el sitio de reproducción (Hernández-Aguirre, 2012). Ese mismo fenómeno podría ser la explicación del por qué la curvina golfina (*C. othonopterus*) migra al Alto Golfo de California para obtener el alimento necesario para su reproducción.

Por otro lado Matlock y García (1983) mencionan que el alimento en *sciaenidos*, principalmente juveniles, depende de los hábitos de la presa más que de una preferencia selectiva por parte del depredador hacia ésta. En general, los grupos tróficos que se encuentran dentro de la dieta de los *sciaenidos*, son en su mayoría peces y crustáceos como lo mencionan los trabajos sobre contenidos estomacales y hábitos alimentarios de la familia *Sciaenidae* (Darnell, 1961; Hansen, 1970; Chao y Musick, 1977).

8.3 Relaciones biométricas

La curvina golfina (*C. othonopterus*) durante los meses de marzo y abril presentó un crecimiento isométrico. El crecimiento es isométrico cuando el valor de la exponente en la ecuación potencial de la relación longitud-peso es 3. Para ejemplificar esto, baste recordar la forma de un cubo. Es un valor que crece de igual forma en tres dimensiones (largo, ancho y alto) trasladado a los peces, es decir que el pez crece de igual forma para todos sus lados. En la presente investigación el valor fue de 2.99, pero no fue significativamente diferente de 3 en los datos globales, por lo que se le atribuye crecimiento isométrico.

8.4 Grado de repleción y digestión.

Por lo que respecta al grado de repleción, los resultados muestran que la actividad alimenticia de la curvina golfina (*C. othonopterus*) se ve suspendida cuando ocurren el máximo de desoves durante el mes de abril. El grado de repleción durante los dos meses de muestreo (por año) mostró la siguiente variación, a principios de marzo el 95% de los estómagos se encontraban con alimento, en cambio durante el pico de la época reproductiva en el mes de abril, se encontraron tanto estómagos casi vacíos así como completamente vacíos en su mayoría.

Se ha documentado que una elevada proporción de estómagos vacíos puede ser atribuida a dos factores: 1) producto de la expulsión violenta del alimento, causada por la contracción de los músculos esofágicos como reacción del animal a la violencia de la captura (Rojas, 1997), y 2) debido al método de captura utilizado por parte de los pescadores, en función al tiempo que dejan sus redes bajo el agua, ya que el proceso de digestión continúa degradando el alimento ingerido.

Dicho comportamiento se acentúa principalmente durante los meses de verano en el cual el proceso de digestión es más acelerado (Claro, 1983), pudiendo deberse esto a las mayores temperaturas que imperan en la zona durante ésta época. No obstante, es importante considerar que la velocidad de digestión no sólo depende de la temperatura, también depende del tipo de presa, de su tamaño y edad, y de la intensidad de su cubierta de escama. Otro aspecto que hay que tener en cuenta, es que la velocidad de digestión de los peces tropicales es mayor que la de los peces de aguas templadas.

8.5 Índices de contenido estomacal.

El análisis de contenido estomacal ha sido usado para evaluar la dieta y asignar niveles tróficos en redes alimenticias acuáticas (Cortés, 1997). Sin embargo, a menos que se cuente con un régimen intensivo de muestreo, el contenido estomacal puede subestimar y sólo proveer una fotografía de la dieta de las

especies. Diferentes tasas de digestión de presas, cambios temporales y presas poco comunes podrían confundir las conclusiones basadas en contenido estomacal, particularmente en poco número de muestras. Como se ha indicado con anterioridad, para definir el patrón alimenticio de los peces, es necesario analizar su dieta, así también el discutir tanto los métodos utilizados como los índices de importancia donde se combinan dichos métodos. Tomando en cuenta las diferentes limitantes de los métodos para la estimación de espectro trófico, se compararon diferentes índices que permitieran contar con una idea más precisa de la composición trófica del organismo en estudio (*C. othonopterus*). El índice de frecuencia de ocurrencia sólo considera presencia de algún tipo de alimento, pero no toma en cuenta ni su número ni su peso. Al considerar el resto de los índices, se logra tener una mayor visión de lo que cada grupo alimenticio de su dieta aporta al organismo. Con todos los métodos utilizados se encontró que el grupo de presas de mayor frecuencia fue el grupo de los peces, por los que son considerados el alimento primario, siendo la especie predominante *C. mysticetus* (sardina bocona) especie muy abundante en el Golfo de California (Olvera-Limas, 1975; Arvizu-Martínez, 1978). La amplitud del espectro trófico refleja el número de grupos que componen la dieta de los peces, también depende de la abundancia de las presas, en ocasiones cuando la abundancia es alta, ciertos organismos presentan una alimentación generalista y no se enfocan a una determinada presa (Lagler *et al.*, 1984). En términos de diversidad alimenticia, se considera que a mayor variabilidad del alimento disponible, es mayor la diversidad de elementos alimenticios ingeridos por la especie, ante esto, en el presente estudio se encontró que sólo la sardina bocona es la especie principal, pero no se ha encontrado un estudio que nos indique sobre la abundancia de ésta y las otras presas encontradas en su contenido estomacal.

8.6 Variación diaria de la alimentación.

El peso del pez y la temperatura del agua, constituyen los factores más importantes que inciden en la evacuación gástrica y en la determinación de la tasa

de consumo de alimento en peces. Dentro de una misma especie, la tasa de evacuación gástrica depende del tamaño del pez, generalmente expresado como peso húmedo del cuerpo; ésta aumenta exponencialmente, con el peso del cuerpo (Bromley, 1994), aunque no significativamente (Heand y Wurtsbaugh, 1993). Igualmente, la temperatura del agua y la evacuación gástrica, están relacionadas exponencialmente; aumentando la tasa de evacuación cuando aumenta la temperatura. Teniendo en cuenta lo anterior, es posible conocer la hora a la cual se alimenta un depredador, así como el tiempo transcurrido desde que la presa fue ingerida.

El peso promedio del contenido estomacal, tuvo su valor más alto en las primeras horas del día (06:00 hr) disminuyendo progresivamente, hasta las 15:00 hr (3 de la tarde) y volvió a incrementarse a las 18:00 hr. Los valores de la desviación típica respecto a la media se debieron a diferencias individuales en la cantidad de alimento consumido. Aunque, es común utilizar el peso húmedo del contenido estomacal para la estimación de la tasa de evacuación gástrica y de consumo de alimento en peces, se recomienda utilizar el peso seco para evitar los efectos relacionados con el tamaño de las alimentaciones. Además, es el método más conveniente para determinar el contenido de materia orgánica ingerido. En este estudio se usó solamente el peso húmedo.

Román-Rodríguez (2000) realizó un estudio sobre curvina golfina (*C. othonopterus*) en el cual se utilizaron datos de la temporada 1997-1999. Se analizó la alimentación de curvina y al compararlo con el presente estudio, la dieta no ha cambiado, ya que Román-Rodríguez reporta como alimento primario a la sardina bocona (*C. mysticetus*) teniendo una representación del 96% mientras que en el presente estudio se encontró un 99% de dicha especie como componente en la dieta.

9. CONCLUSIONES

La hipótesis planteada se acepta ya que los resultados obtenidos revelaron que la curvina golfina (*C. othonopterus*), en su paso por el Alto Golfo de California, presenta un comportamiento alimenticio de tipo especialista, ya que de acuerdo al Índice de Importancia Relativa (IIR), la presa principal representó el 99% de su dieta, correspondiendo éste resultado a la especie de sardina bocona (*C. mysticetus*).

9.1 Recomendaciones.

El siguiente paso en esta investigación es que se desarrolle un estudio a nivel bioquímico de las diferentes especies que componen la dieta de la curvina golfina, para probar si alguno de los componentes de la dieta (especies) aporta algún elemento nutricional que determine la preferencia por éste y contribuya de manera significativa en el proceso reproductivo a nivel de desarrollo gonádico.

De igual manera, es de suma importancia el poder llevar a cabo otros estudios que puedan llegar a complementar y/o apoyar los resultados aquí obtenidos, tales como el realizar muestreos de 24 hr de manera más intensiva en toda el área del AGC, investigar dónde se encuentra el organismo cuando no está presente en el AGC, de qué se alimenta durante ese periodo, así como también determinar su estado de madurez, hábitat preferente y la dinámica poblacional de la especie.

10. REFERENCIAS

Álvarez-Borrego, S. 2001 The Colorado River Estuary and Upper Gulf of California, México. pp. 332-340 en U. Seeliger y B. Kjerfue, publishers. Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies 144, Springer Verlag, Berlin.

Álvarez-Borrego, S. y R. Lara-Lara. 1991 The physical environment and primary productivity of the Gulf of California pp427-449. En J.P. Dauphin y B Simoneit, (ed.). The Gulf and peninsular province of the California.

Álvarez-Castillo, M. A. 2000. La pesca ribereña de curvina golfinia en San Felipe, B.C. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada 43pp.

Aragón- Noriega, E.A. 2006. Las áreas naturales protegidas como instrumento de manejo pesquero y conservación de la biodiversidad: caso de la reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. En B.S Fraijo- Sing, S.E. Echeverría-Castro y C.O Tapia- Follen (eds.). Desierto y Mar Estudios sociales en Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora, Guaymas, Sonora 312pp.

Arvizu- Martínez, 1987 Fisheries activites in the Gulf of California México. Cal.Coop.Ocean.Fish., 32-36pp. Vol. XXVIII

Benedek, Z., F. Jordán y A. Báldi. 2007. Topological key stone species complexes in ecological interaction networks. Community Ecol, 8(1): 1-7.

Brown, M.E. 1957. Experimental studies on growth. In: Brown , M.E. (Ed) Physiology of fishes. Academic press. Nueva York, 1:371-400.

Bromley, Peter. J. 1994. The role of gastric evacuation in quantifying the Feeding rates of predatory fish. Rev. Fish. Biol. Fisher. 4:(1) 36 -66.

Campoy Favela, J. 1999. Análisis de la situación pesquera en la reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado INE/SERMARNAP folleto.

Allen, G.R. *et al.* 1995. Peces Óseos. En: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V.H (eds.) Guia FAO para la identificación de especies para para los fines de la pesca. Pacifico centro-oriental. Volumen II. vertebrados-Parte 1 y 2. Roma, FAO. 799-1652pp

Chao, L. N. y J. A. Musick, 1977. Life history, feeding habits, and functional morphology of juvenile sciaenids fishes in the York River Estuary, Virginia. Fish. Bull. 75(4): 657- 702.

Chapa-Carrara, X. y M. Gallardo. 1993. Estudio del régimen y hábitos alimentarios de la anchoveta *Eugraulis mordax Girard* (pisces Engraulidae), en la Baja California, México Cien. Mar. Vol. 22 285-305pp.

Cudney-Bueno, R. y P. Turk-Boyer. 1998. Pescando entre mareas del Alto Golfo de California. Una guía sobre la pesca artesanal, su gente y sus propuestas de manejo (eds.) CEDO Tech. Ser. No 1 pp10-24.

Claro, R., 1983. Ecología y ciclo de vida de la rabirrubia, *Ocyurus chrysurus* (Bloch), en la plataforma cubana II. Edad y crecimiento, estructura de poblaciones y pesquerías. Rep. Invest. Inst. Oceanol. Acad. Cienc. Cuba 19, 1-33.

Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 726-738.

Darnell R.M, 1961 Trophic Spectrum of an estuarine community based on studies of Lake Pontchartrain. Louisiana. Ecology. 42: 553-568 pp.

De la Cruz González, T. J. 2002. Políticas de manejo y aspectos socioeconómicos en la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B.C. México. 121pp.

Dunne, J. A., R. J. Williams y N. D. Martinez. 2002a. Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecol. Lett.* 5: 558-567.

Dunne, J. A., R. J. Williams y N. D. Martinez. 2004. Network structure and robustness of marine food webs. *Mar. Ecol-Progres. Ser.* 273: 291-302.

Fitch, J.E. 1949. Mexican corvina and totoaba in the commercial fish catch of California for the year 1947 With an historical review 1916-1947. *Cal. Fish. Game.* 74:83-83.

García-Cagidae, A., R. Claro y B. V. Koshelev, 1994. Reproducción, en: Claro R Ecología de los peces marinos de Cuba. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigación de Quintana Roo (CIQRO), México 525p

Goldwasser, L y J. Roughgarden. 1993. Construction and analysis of a large Caribbean food web. *Ecology.* 74(4): 1216-1233.

Hansen, D.J. 1970. Food, growth, migration, reproduction, and abundance of pinfish, *Lagodon rhomboides*, and atlantic Croaker, *Micropogon undulatus*, near Pensacola, Florida, 1963-1965. *Fish. Bull.* 68:135-146

Hernández-Aguirre, D. L. 2012. Análisis de la composición de ácidos grasos en los estratos de la capa de grasa (blubber) de la ballena gris *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Tesis de Maestría del CIBNOR, La Paz, México 49pp.

He, E. y W.A. Wurtsbaugh. 1993. An Empirical Model of Gastric evacuation Rates for Fish and Analysis of Digestion in Piscivorous Brown Trout. *T. Am. Fish. Soc.* 122: 717- 730.

Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.* 17: 411-429.

Jordán, F., Liu, W.-C Davis, A.J, 2006. Topological keystone species: measures of positional importance in food webs. *Oikos*, 112: 535-546.

Lagler, F. J. Bandach M. Miller y D. May Passino, 1977. Ictiología AGT Editor S.A, México D.F 489pp.

Matlock, G.C. y M.A. García. 1983. Stomach contents of selected fishes from Texas bays. *Contrib. Mar. Sci.* 32:95-110.

Mckinley, S. G. Van Der Kraak y G.Power. 1998. Seasonal migration and reproductive patterns in the lake sturgeon, *Acipenser fulvenscens*, in the vicinity of hydroelectrucstations in northern Ontario. *Environ. Biol. Fish.* 51: 245-256.

Nikolsky, G.V. (1963). *Ecology of fishes*. Academic press, Nueva York. 352p.

Nikosky, G.V. (1969). *Theory of fish population dynamics*. As the biological back ground for rational exploitation and management of fisheries resources. Oliver & Boyd. Edinburgh 323p.

Rojas M. J. 1997. Hábitos alimenticios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 45(3):471-476.

Román, M. 1999. Estudio poblacional del chano norteño, *Micropogonias melalops* y la curvina golfina *Cysnocion othonopterus* (pisces:Scianidae). Especies endémicas del Alto Golfo de California, México. Informe final del proyecto aprobado de CONABIO. 137pp

Román-Rodríguez, M. J. 2000. Estudio poblacional del chano norteño, *Micropogonias megalopsy* la curvina Golfina *Cynoscion othonopterus* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae), especies endémicas del Alto Golfo de California, México. CONABIO proyecto No. L298. CONABIO, México, 143 pp.

Schindler, D. E., T. E. Essington, J. F. Kitchell, C. Boggs R. Hilborn. 2002. Sharks and tunas: fisheries impact predator swith constrating life histories. *Ecol. Appl.* 12(3): 735-748.

Stevens, J. D., R. Bonfil, K. Dulvy and P. A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyans) and the implications for marine ecosystems. *ICES. J. Mar. Sci.* 57: 476-494.

Weatherly, A. H. 1972. Growth and ecology of fish populations. Academic press, London. 293pp.

Yáñez, A.A 1975. relaciones tróficas de la fauna ictiológica del sistema lagunar costero de guerrero y aspectos parciales de la dinámica de poblaciones de los peces de importancia comercial. 280p. En: Informe final del programa de investigación del uso de la zona costera de los estados de Michoacán y Guerrero. Convenio comisión del Rio Balsas, S.R.H y Centro de Ciencias del Mar y Limnología. U.N.A.M. México, 750p