



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FES Zaragoza

BIOLOGÍA DEL DORADO *Coryphaena
hippurus* (LINNAEUS, 1758) Y SUS
IMPLICACIONES PARA LA PESQUERÍA
ARTESANAL DEL PACÍFICO SUR DE
MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

P R E S E N T A

MARÍA DEL CARMEN ALEJO PLATA

TUTOR PRINCIPAL: Dr. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
COMITÉ TUTOR: DRA. LAURA SAN VICENTE AÑORVE
DR. PÍNDARO DÍAZ JAIMES



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 31 de octubre de 2011, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTORA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del (la) alumno (a) **ALEJO PLATA MARÍA DEL CARMEN** con número de cuenta **80123608** con la tesis titulada "**Biología del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) y sus implicaciones para la pesquería artesanal del Pacífico sur de México**", realizada bajo la dirección del (la) **DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**:

Presidente: DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA
Vocal: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
Secretario: DR. PÍNDARO DÍAZ JAIMES
Suplente: DR. LUIS AMADO AYALA GARCÍA
Suplente: DRA. LAURA SANVICENTE AÑORVE

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 27 de Marzo de 2012.


DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

Agradecimientos

Al posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

El financiamiento de los proyectos: Biología del dorado *Coryphaena hippurus* en el Golfo de Tehuantepec (SAGARPA-CONACYT, clave 225) y Evaluación biológica pesquera del dorado *Coryphaena hippurus* en el Océano Pacífico región 2 (Gobierno del Estado de Oaxaca-CONAPESCA, 2IR0502), hizo posible cubrir los objetivos planteados en este estudio.

La Universidad del Mar brindó todas las facilidades y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Al Programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP).

Al comité tutorial: Dra. Laura San Vicente Añorve, Dr. Pindrao Díaz Jaimes y Dr. Isaías Salgado Ugarte, se agradece la paciencia, apoyo y comprensión durante el desarrollo de éste trabajo.

La ayuda de los pescadores artesanales de Oaxaca y Chiapas a la hora de proporcionar muestras fue decisiva. Samuel Ramos, Gabriela González y Genoveva Cerdenares, colegas de la UMAR por el trabajo conjunto en campo y por las discusiones académicas. Ada Núñez, Susana Jiménez, Daniel Palacios, Edith Ávila y Germán Romero, su apoyo fue invaluable en la recopilación de datos biométricos y para la obtención de gónadas. Samuel Ramos proporcionó los dibujos de los artes de pesca. Sac-nicté Herrera y Omar Valencia realizaron el trabajo de limpieza y montaje de escamas.

Isaías Salgado Ugarte, mi director de tesis, por el apoyo incondicional, por la confianza, su paciencia y por la amistad que me ha brindado desde siempre.

Así mismo se agradece a Laura San Vicente por sus atinadas observaciones al enfoque del trabajo y por realizar una exhaustiva corrección al primer borrador de esta tesis. Píndaro Díaz sugirió incluir nuevos elementos en el capítulo sobre propuestas de manejo y reviso detalladamente el capítulo sobre reproducción, además de su apoyo logístico para el desarrollo de los tutorales

Elaine Espino Barr y Heriberto Santana revisaron y discutieron el borrador del capítulo sobre variación en la composición de las capturas artesanales. Pedro Cervantes apoyó en la obtención e interpretación de las imágenes satelitales y a Edgar Robles por sus comentarios al Capítulo 7.

José Luis Gómez Márquez fue una pieza importante en este trabajo. Tuve el privilegio de contar con su amistad, sus enseñanzas y conocimientos sobre edad y crecimiento. Se agradece a Bertha Peña, Píndaro Díaz, Luis Amado Ayala, José L. Gómez y Manuel Casillo por su participación y orientación en el examen de candidatura.

Sac se encargó de alimentarme y se aseguro de que terminará la tesis. Mientras yo concluía la escritura de este trabajo, las estudiantes del grupo de cefalópodos: Dulce, Lore, Tania, Alejandra y Sairi me aligeraron la chamba de laboratorio y campo.

Finalmente a la estudiante Erika Pinzon por su ayuda en la entrega de documentos, y a Germán Calva y Armando Rodríguez Reyes por su apoyo y paciencia en los trámites para obtención de grado.

A Sac y Jorge por todo su amor, apoyo y paciencia

A los pescadores artesanales de Oaxaca y Chiapas

ÍNDICE

Capítulos

Resumen	iii
Abstract	v
1. Capítulo 1. Introducción y antecedentes	
1.1. Introducción general.....	1
1.2. Sinopsis biológica de la especie	4
1.3. Distribución.....	6
1.4. Importancia económica.....	7
1.5. Antecedentes.....	11
1.6. Área de estudio	18
1.7. Estructura de la tesis	25
2. Capítulo 2. Relaciones biométricas y tallas	
2.1. Introducción.....	28
2.2. Material y Métodos.....	31
2.3. Resultados	36
2.3.1. Colecciones.....	36
2.3.2. Biometrías.....	36
2.3.3. Dimorfismo sexual.....	42
2.3.4. Relación talla-peso.....	42
2.3.5. Estimadores de densidad por Kernel y evaluación de multimodalidad.....	46
2.4. Discusión.....	53
2.4.1. Biometrías y relación talla – peso	53
2.4.2 Estimadores de densidad por Kernel y evaluación de multimodalidad.....	54
3. Capítulo 3. Edad y crecimiento	
3.1. Introducción.....	56
3.2. Material y Métodos.....	58
3.3. Resultados	69
3.3.1. Análisis de precisión de las lecturas.....	69
3.3.2. Incremento marginal (IM).....	71
3.3.3. Estructura de edades	73

3.3.4. Retrocálculo de longitudes.....	74
3.3.5. Crecimiento en longitud.....	79
3.3.6. Estimadores de densidad por Kernel (EDKs).....	79
3.3.7 ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis)	86
3.3.8. Mortalidad y longevidad.....	89
3.4. Discusión.....	92
3.4.1. Análisis de precisión de las lecturas.....	92
3.4.2. Incremento marginal.....	93
3.4.3. Estructura de edades	95
3.4.4 Retrocálculo de longitudes.....	96
3.4.5. Estimadores de densidad por Kernel (EDKs)	97
3.4.6. ELEFAN I.....	98
3.4.7. Modelo crecimiento.....	100
3.4.8. Mortalidad y longevidad.....	102
4. Capítulo 4. Biología reproductiva	
4.1. Introducción.....	107
4.2. Materiales y métodos.....	109
4.3. Resultados	114
4.3.1. Distribución de tallas y proporción de sexos.....	114
4.3.2. Clasificación de madurez y desarrollo de ovocitos	116
4.3.3. Estación de desove	121
4.3.4. Talla a la madurez.....	126
4.3.5. Estimación de la fecundidad por camada y frecuencia del desove.....	128
4.4. Discusión.....	130
4.4.1. Distribución de talla y proporción de sexos.....	130
4.4.2. Clasificación de madurez y desarrollo de ovocitos	132
4.4.3. Estación de desove	135
4.4.4. Talla a la madurez.....	138
4.4.5. Estimación de la fecundidad por camada y frecuencia del desove.....	139
5 Capítulo 5. Variación de las capturas artesanales	
5.1. Introducción.....	144
5.2. Material y métodos.....	145
5.3. Resultados	149

5.3.1 Aspectos de la pesquería.....	149
5.3.2. Análisis de la captura y su relación con la TSM y la concentración de <i>Cl a</i>	158
5.4. Discusión.....	162
5.4.1. Aspectos pesqueros.....	162
5.4.2. Análisis de la captura y su relación con la TSM y la concentración de <i>Cl a</i>	164
6. Capítulo 6. Pesca deportiva	
6.1. Introducción.....	169
6.2. Material y métodos.....	171
6.3. Resultados	173
6.4. Discusión.....	177
7. Capítulo 7. Implicaciones para su manejo	
7.1. Ecología trófica	181
7.2. Evaluación de las pesquerías artesanales.....	184
7.3. Consideraciones sociales, económicas y de subsistencia.....	186
7.4. Pesca deportiva vs pesca artesanal.....	190
7.5. Migración.....	194
7.6. Análisis de los parámetros poblacionales y manejo de la pesquería.....	200
7.7. Propuesta de recomendaciones para la explotación, manejo y conservación del dorado en el Pacífico Sur de México	206
8. Capítulo 8. Conclusiones y Recomendaciones	
8.1. Conclusiones.....	210
8.2. Recomendaciones.....	214
9. Literatura citada	216
10. Apéndice.....	236



Resumen

El dorado *Coryphaena hippurus* es un pez epipelágico oceánico, se distribuye en aguas tropicales y subtropicales. Son peces con alta capacidad de dispersión por su migración a gran escala, es la especie objetivo de pesquerías comerciales y deportivas. En México es una especie reservada por ley a la pesca deportiva dentro de una franja de 50 millas de la costa, sin embargo se registra como parte importante de la captura incidental en las pesquerías artesanales del Pacífico mexicano. La información sobre los parámetros de historia de vida a lo largo de las zonas de captura constituye información útil para la elaboración de un plan de manejo del recurso. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la biología reproductiva, estimar los parámetros poblacionales y describir la pesquería del dorado capturado en el Pacífico Sur de México.

Los resultados están basados en el análisis de datos de 3,494 hembras y 3,877 machos capturados por pesca artesanal en 6 localidades pesqueras en el periodo comprendido entre 2004 y 2007. La longitud furcal (L_f) varió entre 20.5 y 152 cm, con cambios en la proporción de sexos y en la distribución mensual de las tallas. Se estimó la edad mediante el conteo de anillos de crecimiento en escamas de 266 peces. Se identificó una periodicidad anual en las marcas de crecimiento; el incremento marginal indicó que el anillo se formó en abril-mayo y coincide con el inicio del desove. Se identificaron edades de cuatro años, valores similares fueron obtenidos por medio de los estimadores de densidad por Kernel. Los resultados de la ecuación de crecimiento de von Bertalaffy determinados por el método de regresión no lineal simple fueron: $L_\infty = 125.82$ cm, $k = 0.9955$ año⁻¹, $t_0 = -0.037$ para hembras, y $L_\infty = 126.29$ cm, $k = 1.0$ año⁻¹, $t_0 = -0.0385$ para machos. Utilizando el análisis mensual de distribuciones de frecuencia-longitud de 7,371 dorados se obtuvo una $L_\infty = 166.5$ cm y $k = 1.1/\text{año}$ en las hembras; $L_\infty = 167.7$ cm y $k = 1.3$ año⁻¹ en los machos. No se encontró diferencias en el modelo de crecimiento por sexos. Los parámetros de crecimiento estimados se encuentran dentro del intervalo de valores reportados en otras latitudes y muestran el rápido crecimiento de la especie durante los primeros seis meses de edad, tanto en longitud como en peso. La relación L_f -peso mostró una alometría negativa en hembras y positiva en machos.

Las estimaciones preliminares de mortalidad total (Z) con el método de captura linealizada basado en edades, varían de 1.28 a 1.42 por año; por el método alternativo de Beverton-



Holt los valores van de 1.47 a 1.78 por año. La mortalidad natural (M) estimada fue de 0.86 a 0.97 por año, con una longevidad de 3.5 años.

La actividad reproductiva fue evaluada usando histología de gónadas, desarrollo de ovocitos, tamaño máximo de ovocitos enteros, madurez e índice gonadosomático. La proporción de sexos ♂:♀ fue 1:1, excepto en abril-mayo (1:1.5, $P < 0.05$) y noviembre (1:0.5, $P < 0.05$). Las tallas menores a 75 cm L_f fueron principalmente hembras, mientras que los machos predominan en las clases de tallas grandes (> 100 cm L_f). La talla estimada de madurez poblacional (L_{50}) en hembras fue de 48.38 ± 0.84 cm y de 50.57 ± 2.16 cm L_f en machos, con una edad aproximada de 0.5 a 0.7 años. La fecundidad por camada en hembras de 49 a 129 cm L_f alcanzó de 45,022 a 1,930,245 ovocitos hidratados por hembra. El intervalo promedio entre desove fue de 2.0 días. La distribución de tamaño de los ovocitos, con al menos siete grupos de ovocitos en los ovarios sugieren que *C. hippurus* es un desovador múltiple con una estación de desove extendida en el área de estudio. Los resultados sugieren una migración pre-desove y evidencian dos principales eventos de desove que se producen en mayo-julio y noviembre-enero.

La abundancia de dorado siguió en términos generales las variaciones en la concentración de clorofila *a*, se observaron dos pulsos, el más intenso en noviembre-enero, y el otro de abril a mayo. La captura por unidad de esfuerzo promedio mensual mostró diferencias significativas en cada uno de los años analizados, presentó variaciones de 0.5 a 1.32 peces por viaje. La variación estacional en la abundancia del dorado se encuentra relacionada con la migración pre-desove en estrecha relación con el régimen lluvias-estiaje y el fenómeno de surgencia eólica durante la temporada de tehuanos. Por todo ello, se puede concluir que el dorado utiliza intensamente la zona costera del Golfo de Tehuantepec como un área de reproducción, exhibiendo una conducta de agregación durante el desove. A partir de las características de la pesquería y los parámetros poblacionales derivados del presente estudio, es posible vislumbrar restricciones en el número de permisos de pesca, así como en el tipo y # de anzuelo para que se aprovechen organismos mayores a 60 cm L_f , que es cuando ya han alcanzado la edad de madurez y han tenido al menos un periodo reproductivo.

Palabras clave: *Coryphaena hippurus*, dinámica poblacional, reproducción, pesca artesanal, Golfo de Tehuantepec



Abstract

The dolphinfish (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758), is an oceanic epipelagic fish found worldwide in tropical and subtropical waters. It is a fast-swimming top-level predator, with a high dispersal capability via large-scale migrations and is targeted by both recreational and commercial fisheries. A significant catch is taken along the Pacific coast of Mexico by artisanal fisheries, even though the area within 80 km of the coastline is reserved by law for sport fishing. Information on life history parameters over the capture zones is useful for developing a resource management plan. The objectives of this study, were to determine the reproduction biology, to estimate population parameters, and to describe the fishery of the dolphinfish caught in the South Pacific of Mexico. Results were based on 3,494 females, and 3,877 males obtained from artisanal fisheries catches during the period of December 2004 to December 2007. Dolphinfish size ranged from 20.5 to 152 cm Fork Length (FL).

Age was estimated by counting growth rings in scales of 266 fish. We found significant linear relationship between FL and scale radius. An annual periodicity was identified in growth mark: marginal Increment Index indicated that a single annulus is formed yearly in April-May, which is related to the gonadosomatic index. Scales reading analysis allowed determining up to four growth rings. Similar data were obtained from length frequency analysis by kernel density estimators. Results of von Bertalanffy's growth function obtained by simple non linear regression were: $L_{\infty} = 125.82$ cm, $k = 0.9955/\text{year}$, $t_0 = -0.037$ years for females, and $L_{\infty} = 126.29$ cm, $k = 1.0/\text{year}$, $t_0 = 0.0385$ years for males. From the analysis of monthly length frequency distribution of 7371 dolphinfish, the values obtained were: $L_{\infty} = 166.5$ cm, $k = 1.1/\text{year}$ for females, and $L_{\infty} = 167.7$ cm, $k = 1.3/\text{year}$ for males. No differences in growth were found between sexes. Estimated growth parameters were within the range of previous values reports for the dolphinfish at other latitudes and showed the rapid growth of the species. The length-weight relationship showed negative allometry in females and positive in males. Preliminary estimates of annual total mortality (Z) using the catch curve vary from 1.28 to 1.42 per year, and the alternative estimate using the Beverton-Holt method was 1.47-1.78 per year. The estimate of natural mortality (M) was from 0.86 to 0.97 per year, longevity is estimated as 3.5 years.



The reproductive activity was assessed using gonad histology, oocyte development, maximum whole oocyte size, maturity, and gonadosomatic index. The sex ratio (males:females) was 1:1, except in April-May (1:1.5, $P < 0.05$) and November (1:0.5, $P < 0.05$). The sex ratio at different size classes showed a significant bias towards females at smaller sizes (< 75 cm FL), whereas the males were predominant in the larger size classes (> 100 cm FL). The estimated size-at-50%-maturity for females was 48.38 ± 0.84 cm, whereas for males it was 50.57 ± 2.16 cm. The batch fecundity for female fish between 49 and 129 cm FL was 45,022-1,930,245 hydrated oocytes per female. The average interval between spawns was 2.0 days. The size distribution of oocytes, with at least two groups of oocytes in the ovaries, suggests that *C. hippurus* is a multiple spawner with an extended spawning season in the study area. The results suggest a pre-spawning migration and evidence of two main spawning events occurring in May-July and November-January.

Abundance of dolphinfish generally followed variation in the concentration of chlorophyll a. Two pulses were observed, the strongest in November-January, and the other from April to May. Catch per unit effort monthly average showed significant differences in each of the examined years, with variations from 0.5 to 1.32 fish per trip.

Seasonal variation in abundance of dolphinfish is related with the pre-spawning migration which is closely related to the rain-dry regime and to the wind upwelling during the “Tehuano” season. Therefore, we may conclude that *C. hippurus* uses intensely the coastal zone of the Gulf of Tehuantepec as an area for reproduction, with aggregation behavior during spawning.

Based on the characteristics of the fishery and population parameters of the present study, we suggest two measures to be enforced for the dolphinfish in the Gulf of Tehuantepec: restrictions on the number of fishing licenses, and on the type and size of the hooks, so that the fishing effort is applied to organisms larger than 60 cm LF, which already have reached maturity and therefore have reproduced at least once.

Keywords: *Coryphaena hippurus*, population dynamics, Reproduction, Artisanal fishery, Gulf Tehuantepec.

Capítulo 1

Introducción General





Capítulo 1

Introducción General

1.1. Introducción general

Las pesquerías ribereñas, también llamadas artesanales o de pequeña escala, se caracterizan por ser poco especializadas ya que utilizan diferentes artes de pesca y sus capturas se constituyen por una gran variedad de especies. Generalmente estas pesquerías pueden verse como una actividad de vida informal e integral dentro de una comunidad, geográficamente limitada e intrínsecamente dependiente de los recursos locales (Ralston y Polovina, 1982; Misund *et al.*, 2005; Salas *et al.*, 2007; Espino-Barr *et al.*, 2008).

Aunque las pesquerías artesanales constituyen una actividad económica y social importante, no se les ha dado la atención que merecen y presentan problemas fundamentales de administración. En México la pesca artesanal de especies marinas es un abanico conformado por diversas especies, poco tecnificada y por lo general con volúmenes bajos de captura. La importancia de esta actividad radica en el papel que desempeña como fuente productora de alimento para consumo humano directo y como generadora de empleos en las comunidades ribereñas, situación que resulta particularmente evidente en las localidades pesqueras de zonas de bajo desarrollo económico en el Pacífico Sur.

La pesca artesanal marina en la costa sur de México se caracteriza por efectuarse en la franja de las primeras 50 millas desde el litoral. Debido a las características fisiográficas de la región, la flota artesanal incide con más frecuencia sobre las especies pelágicas. Los recursos a los que se dirigen son el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), barrilete negro (*Euthynnus linneatus*), barrilete de diente (*Katsuwonus pelamis*) y varias especies de tiburón, principalmente el tiburón gris (*Carcharhinus falciformis*) y el tiburón martillo



(*Sphyrna lewini*). En las capturas incidentales predominan el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y dorado (*Coryphaena hippurus*), ambas especies reservadas por ley para la pesca deportiva-recreativa dentro de las 50 millas náuticas de la costa (Diario Oficial de la Federación, 1995).

Entre de las especies pelágicas, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) es importante por su amplia distribución, por su abundancia en las capturas artesanales debido a sus hábitos costeros y por la excelente calidad de su carne. Se han reportado grandes abundancias de dorado alrededor de los cabos y en el Golfo de California. También se ha reconocido una segunda área con abundancia principal frente al sur de México en el Golfo de Tehuantepec (Santana-Hernández, 2001). Prácticamente todas las unidades pesqueras artesanales dirigidas a peces capturan dorado, si bien la selectividad de los artes de pesca juega un papel importante en la incidencia de captura de esta especie, suele presentarse de manera frecuente aún cuando la pesca no sea dirigida.

Debido a esta situación su régimen de explotación ha sido cuestionado, en cuanto a la conveniencia de mantener un recurso abundante como reservado a la pesca deportiva. En este sentido la Carta Nacional Pesquera (CNP, 2010) considera al dorado como un recurso con potencial de desarrollo, capaz de soportar una pesquería comercial por cooperativas de pescadores artesanales en la zona costera.

En el Océano Pacífico el dorado presenta una amplia distribución geográfica, tamaños poblacionales importantes y ausencia de diferenciación genética a grandes escalas geográficas. Un problema en el estudio de especies migratorias, es la incertidumbre sobre la definición de las unidades de pesca o reproductivas. Es común dar por hecho que las capturas de una misma especie en lugares distantes, corresponden a la misma población, y



las diferencias en la talla, reclutamiento, madurez y desove son atribuidas a las condiciones oceanográficas o a interacciones de estas con la disponibilidad de alimento, el crecimiento y la mortalidad. Sin embargo las diferencias podrían estar relacionadas a la existencia de subpoblaciones de la misma especie, por lo que se ha reconocido la importancia de la genética poblacional para delimitar subpoblaciones e identificar stocks o unidades de manejo (Allendorf *et al.*, 1987; Hedrick, 2000).

El concepto de stock es ampliamente discutido por su importancia en el manejo de pesquerías, con atributos definibles de interés administrativo, que a su vez contemplan aspectos de migración y uso del hábitat (Begg *et al.*, 1999). Los stocks que se definen como grupos intraespecíficos de individuos con intercambio genético e integridad espacial y temporal, suelen estar adaptados a condiciones locales (Allendorf *et al.*, 1987). Por su parte Brooke (1999), enfatiza que cualquier concepto de stock debe ser aplicado con base en el uso de marcadores heredables y que debe ser concebido como un grupo específico de peces junto con su hábitat. Lo anterior, refleja la necesidad de evaluar la homogeneidad de la población del dorado a lo largo de su distribución en el Océano Pacífico, con la finalidad de definir unidades de manejo y conservación. Sin embargo, lo óptimo es que la información que develen los análisis genéticos sea complementada con datos de esfuerzo pesquero regional, así como de estudios de dinámica poblacional y ecología de la especie, que deriven de métodos tradicionales, para proponer estrategias de manejo particulares y globales que encaminen a un uso sustentable y beneficio bioeconómico del recurso (Mahon y Oxenford, 1999).

Si bien existen intentos para el manejo de esta pesquería, la información sobre la biología y dinámica poblacional de la especie es muy escasa. La investigación sobre los parámetros de



historia de vida en las zonas de principal abundancia del dorado, debe de mejorar el conocimiento sobre las unidades de manejo de esta especie. Con el fin de estimar los parámetros biológicos más importantes que sirven de base en la definición de medidas de regulación pesquera, se estableció el objetivo de estudiar la biología reproductiva, dinámica poblacional y pesquera del dorado en el Pacífico Sur de México, partiendo del análisis de muestras biológicas recolectadas de la pesca artesanal durante 2004 al 2007. La información anterior permitirá la elaboración de un análisis integral desde un punto de vista biológico-pesquero.

1.2. Sinopsis biológica de la especie

La familia Coryphaenidae pertenece a la clase Osteichthyes o Teleósteos y al orden Perciformes. Sin embargo, existe debate acerca de la clasificación de ésta familia dado que las similitudes con los miembros del orden aún no son claras (Palko *et al.*, 1982). Al respecto, Nelson (1994) sugirió que la familia Coryphaenidae es hermana de la familia Rachycentridae y Echenidae, y juntas forman un grupo monofilético. Esto fue posteriormente validado mediante análisis filogenético (O'toole, 2002).

Coryphaena hippurus (Linnaeus 1758) pertenece a la familia Coryphaenidae, que se compone de un sólo género, que consta de dos especies, *C. equiselis* y *C. hippurus*. Ambas difieren en el número y forma de radios en las aletas, número de vértebras, tamaño y forma de parches dentales y la coloración de los peces en estado juvenil (Gibbs y Collette, 1959; Patthoff, 1980; Palko *et al.*, 1982). Existe una gran similitud morfológica entre ambas especies por lo que su identificación se basa en características diagnósticas propuestas por Collete (1995) que consisten en la observación de la forma del parche de dientes que



presenta en la boca. En *C. hippurus* es pequeño y oval, en *C. equiselis* trapezoidal; además de la forma de la aleta anal que es cóncava y no convexa como en *C. equiselis* (Fig. 1). Rocha-Olivares y Chávez-González (2008) diseñaron un método rápido y confiable para la identificación de especies del género, mediante amplificación por PCR de fragmentos de ADN diagnósticos del gen mitocondrial citocromo *b*. Metodología que también es útil para la cuantificación de productos de ambas especies que llegan a los mercados.

Coryphaena hippurus se conoce comúnmente como dorado, mahi mahi, lampuga, perico, o por su nombre en inglés dolphinfish. Tiene cuerpo alargado y comprimido, altura máxima menos de 25% de la longitud estándar en los adultos; cuerpo esbelto y perfil de la cabeza levemente convexo en ejemplares jóvenes (hasta 30 cm); en machos grandes el perfil de la cabeza llega a ser vertical por el desarrollo de una cresta ósea. Área dentada de la lengua pequeña y ovalada; bandas de dientes presentes en las mandíbulas, en el vómer y el paladar. Una sola aleta dorsal que se extiende desde una línea vertical a través del ojo hasta casi la aleta caudal, con 55 a 65 radios; aleta anal cóncava, extendida desde el ano hasta la aleta caudal; aletas pectorales más de la mitad de la longitud de la cabeza; aleta caudal profundamente ahorquillada; 31 vértebras. El color de los dorados va de tonalidades de oro intenso en los lados, con azules metálicos y verdes en la parte posterior y lados, con blanco y amarillo en la parte ventral. Presenta manchitas negras en forma de puntos en la cabeza y cuerpo (Palko *et al.*, 1982).

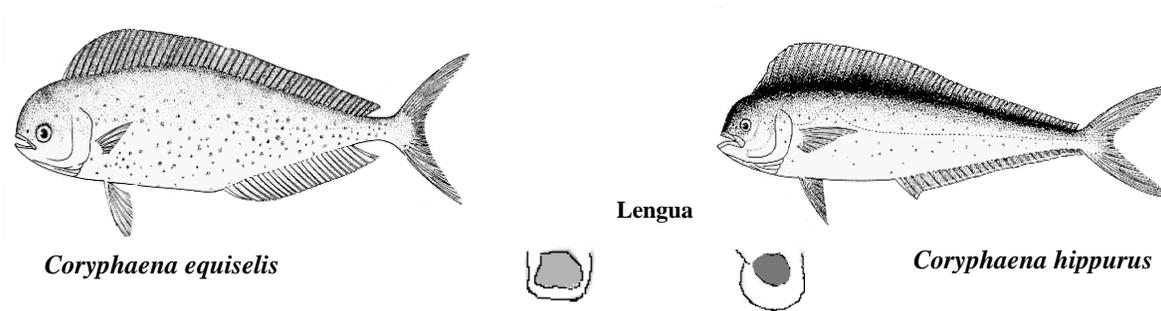


Figura 1. Principales características taxonómicas para *Coryphaena equiselis* y *Coryphaena hippurus*. (Adaptado de Collete, 1995).

1.3. Distribución

Los dorados son organismos circumtropicales oceánicos epipelágicos (Palko *et al.*, 1982), restringidos a aguas cálidas con temperaturas superiores a los 20°C (Gibbs y Colette, 1959; Collete, 1995). Se distribuyen tanto en aguas costeras como oceánicas, de los 46° N a 38° S. Se congregan bajo objetos flotantes y siguen a barcos. *C. hippurus* es abundante en el Golfo de México y a lo largo del Caribe. En el Océano Atlántico Oriental se encuentra entre la Bahía Vizcaya (Francia) y la boca del Congo Sur de África. Las poblaciones del Océano Pacífico Oriental van de la costa de Oregón y Baja California Sur, a las Islas Galápagos y Perú, siendo prevalecientes en el Golfo de California, Golfo de Tehuantepec, Bahía de Panamá y las aguas peruanas (<http://www.fao.org/fishery/species/3130/en>). En el Pacífico mexicano se distribuye a lo largo del Golfo de Tehuantepec y el sur de la Península de Baja California, incluyendo el Golfo de California. Destacan como zonas de abundancia: Cabo San Lucas, La Paz, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Oaxaca y Chiapas (Santana-Hernández, 2001).



1.4. Importancia económica

1.4.1. Situación pesquera internacional

Coryphaena hippurus es un recurso pesquero valioso, aporta importantes volúmenes de alimento en las islas del Caribe y del Pacífico. Representa una de las principales pesquerías comerciales de Ecuador, Costa Rica y Florida; siendo sus consumidores primarios Estados Unidos (EUA), Japón, Europa y la región Caribeña (Oxenford y Hunte, 1999). Además el dorado tiene importancia en la acuicultura, la especie se ha caracterizado por poseer altas tasas de reproducción y de crecimiento (9 kg en un año), así como alta fecundidad en cautiverio (200, 000 ovocitos por hembra), lo que ha permitido que en lugares como Hawaii se realice esta actividad de forma usual y con altos rendimientos (Kraul, 1999). En la actualidad se ha presentado un aumento de casi 35% en su demanda y consumo, que corresponde a un incremento de 150.5% en los últimos cinco años (<http://www.newbusinesshunter.net/archives/501>). Esa actividad se ha extendido a Australia y Japón (Kingsford y DeFries, 1999; Mosig y Fallu, 2004).

En años recientes la captura de esta especie se ha incrementado, principalmente en los países latinoamericanos como Guatemala, Panamá, Ecuador y Perú, debido a la intensa exportación que se lleva a cabo hacia EUA y la Unión Europea. Por ejemplo, en el 2008 Ecuador exportó 6,000 toneladas de filete de dorado, con una ganancia de 37.5 millones de dólares (<http://www.pescablanca.com/>). En consecuencia, Ecuador y Perú tienen planes de obtener la certificación ecológica internacional de esta pesquería, dada la demanda de los compradores por pescados certificados y capturados de manera sostenible (<http://www.fis.com/fis/worldnews/worldnews.asp?l=s&ndb=1&id=28190>).



A pesar de la importancia económica del dorado, así como el desarrollo de tecnologías para su cultivo, es evidente el escaso conocimiento científico sobre su biología básica y la carencia de un manejo específico en la mayoría de los países que se dedican a su explotación tanto deportiva como comercial (Oxenford, 1999). En 1998 se elaboró un plan de manejo para el dorado y el wahoo (*Acantocybium solandri*) en región norte del Atlántico Oeste a partir del estudio de los parámetros biológicos. Sin embargo, dadas las diferencias en las pesquerías regionales no se pudo concretar. Para el 2002 el departamento de Comercio de EUA aprobó su continuidad, con la condicionante de separar regionalmente el plan de manejo, incluyendo sólo la costa Atlántica de EUA. Para el 2003 se logró establecer el plan de manejo para la pesquería de ambas especies, en particular en Florida, norte de Carolina y Georgia. Se implementaron medidas como tallas mínimas de captura (45.7 a 50.8 cm *Lf*) y límites de captura de 10 a 15 dorados por pescador/día (<http://www.safmc.net/Library/Dolphin/Wahoo/tabid/410/Default.aspx>).

Ecuador es el único país en el Océano Pacífico Tropical Oriental, donde se cuenta con un plan de manejo para el dorado. Establece una veda, talla mínima de captura, define el uso de anzuelo “jota” y circular; además se prohíbe la captura dirigida, así como la posesión y comercialización de dorados con tallas inferiores a 80 cm *Lt* (http://www.subpesca.gob.ec/subpesca121-medidas-de-ordenamiento-y-regulacion_pesquera.html)

En cuanto a la adopción de medidas internacionales de conservación y ordenación de especies catalogadas como altamente migratorias, en las que se incluye a los dorados, se han redactado diversos documentos en los cuales se especifican los derechos y obligaciones que tienen los estados en cuanto al establecimiento de las mismas, dentro de un marco jurídico e institucional adecuado (FAO, 1994). Así, la necesidad de un manejo



internacional para especies migratorias ha sido reconocida, ya que cualquier decisión que se tome de manera unilateral no sería efectiva (Sosa, 1998).

1.4.2. Situación pesquera en México

En México la NOM-017-PESCA-1994 reserva la captura de dorado al uso exclusivo de pesca deportiva dentro de las 50 millas náuticas (Fig. 2), situación que ha generado la pesca comercial clandestina. Esto ha sido fuente de controversia e incluso de conflictos entre los pescadores ribereños y las autoridades estatales y federales, debido a la incongruencia de mantener un recurso abundante como reservado a la pesca deportiva.

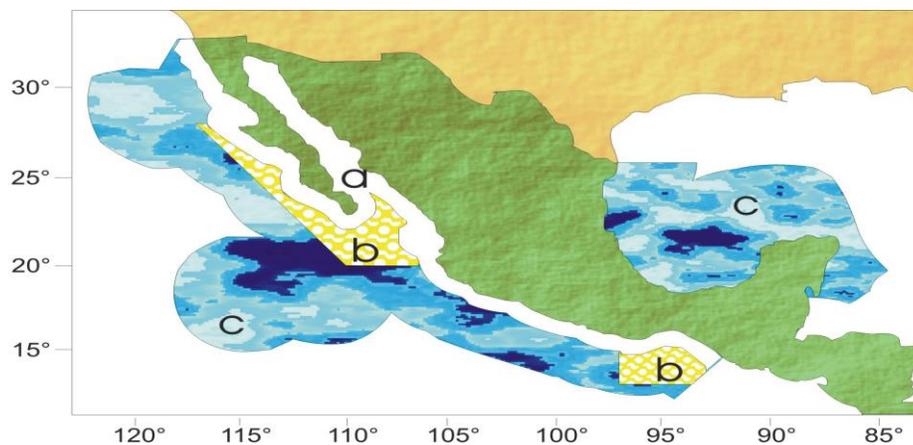


Figura 2. Delimitación de áreas para la pesca deportiva. a) zona reservada para la pesca deportiva (50 millas náuticas), b) zonas de protección para picudos, c) Zona Económica Exclusiva (Tomado de Sosa, 1998).

Para los pescadores deportivos, el carácter altamente migratorio del dorado puede implicar que su explotación por parte de una flota comercial local puede tener repercusiones sobre la actividad turística en estados como Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, cuya dependencia económica de la afluencia turística y en especial de la pesca deportiva es muy



fuerte. Comparativamente con la zona norte, hacía la costa sur del país, la pesca deportiva aún se encuentra en desarrollo pese a la notoria abundancia del dorado y pez vela en el Golfo de Tehuantepec.

La realidad es que el dorado a pesar de su estatus de reservado para la pesca deportiva es capturado por los pescadores ribereños del Pacífico Sur, no obstante, el riesgo de ser penalizados con el decomiso de los artes de pesca, motor, lancha y el producto capturado. Otro problema que enfrentan los pescadores es la comercialización de las capturas, ninguna de las cooperativas cuenta con la infraestructura para almacenar o procesar el producto.

La demanda por ambos sectores pone en disyuntiva si el estatus de exclusividad del dorado debería desaparecer y su pesca abrirse a la flota artesanal. Por otra parte, al ser una especie altamente migratoria el dorado rebasa fronteras fuera del territorio nacional donde su aprovechamiento no es exclusivo a la pesca deportiva, esta situación representa un costo de oportunidades económicas para los pescadores mexicanos. Desafortunadamente no se cuenta con información suficiente acerca de stocks propuestos para tomar medidas de manejo (Díaz-Jaimes *et al.*, 2006; Rocha-Olivares *et al.*, 2006; Tripp-Valdez *et al.*, 2010). En vista de lo anterior, se hace necesario establecer un ordenamiento de la pesca de dorado dentro de un marco de legalidad de su captura, que lleve a recopilar información fidedigna de su biología, reproducción, biometría, así como de dinámica poblacional y pesquera.

En la pesca artesanal del Pacífico Sur, los dorados son frecuentemente capturados junto con túnidos, tiburón y pez vela, lo que sugiere que esta pesca multiespecífica puede permanecer viable, incluso si la abundancia de alguna de las especies es baja. Por sus elevados niveles de captura en las regiones costeras, el dorado ha sido considerado como un recurso potencial, capaz de ser explotado por cooperativas de pescadores artesanales (CNP, 2010).



1.5. Antecedentes

Coryphaena hippurus tiene un alto potencial de desplazamiento; sin embargo, por sus características biológicas es posible que las condiciones ambientales u oceanográficas puedan impedir movimientos a gran escala; su distribución se encuentra limitada por la isoterma de 20 °C en ambos hemisferios (Gibbs y Collete, 1959; Palko *et al.*, 1982). La pesca comercial y deportiva del dorado ocurre a través de estas regiones permanentes y estacionales (Lleonart *et al.*, 1999; Sakamoto y Kojima, 1999; Zúñiga *et al.* 2008). Las investigaciones sobre su biología y pesquería se han desarrollado principalmente en el Océano Atlántico y revelan un interés creciente por este recurso (Morales-Nin, 1995, 1997; Castro *et al.*, 1999; Massutí *et al.*, 1999a; Schwenke y Buckel, 2008). No obstante, para el Pacífico Central Oriental los estudios son incipientes.

1.5.1 Contexto internacional

Coryphaena hippurus representa una de las principales pesquerías comerciales de Florida, Costa Rica y Ecuador (Rose y Hassler, 1968; Patterson y Martínez, 1991; Campos *et al.*, 1993). Su carne es de excelente calidad, por lo que es muy apreciada en E.U.A. y países orientales a donde se realizan las principales exportaciones (Hassler y Hogarth, 1977; Patterson y Martínez, 1991). La tendencia del dorado a agregarse de manera natural a objetos flotantes, ha propiciado desde inicios de los 70s la utilización de dispositivos de agregación (FADs en inglés; DAPs en español) para optimizar su pesquería (Kihara, 1981). Se han realizando diversos estudios sobre dispositivos de agregación, tradicionales y experimentales (D'Anna *et al.*, 1999; Kingsford y DeFries, 1999) así como de la fauna asociada a ellos (Deudero *et al.*, 1999; Massutí *et al.*, 1999a; Riera *et al.*, 1999).



En EUA, principalmente en la región de Hawai, se menciona al dorado como una especie susceptible para el maricultivo ya que desova casi todo el año, de fácil manejo y puede ser cultivado en 3 o 4 meses, con tallas de 55 a 70 cm Lf y pesos de 1.3 a 3 kg (Nel, 1990; Ostrowski *et al.*, 1990; Benetti *et al.*, 1995; Kraul, 1999). Con el desarrollo tecnológico esta actividad se ha extendido a Australia y Japón (Kingsford y DeFries, 1999; Mosig y Fallu, 2004).

Los hábitos alimentarios del dorado se han estudiado desde hace tiempo en diversas regiones (Ronquillo, 1953; Gibss y Collete, 1959; Kojima, 1961, 1965; Palko *et al.*, 1982; Manooch *et al.*, 1984). Trabajos más recientes han permitido un mejor entendimiento de su dinámica trófica. Para el Mar Caribe, Oxenford y Hunte (1999) presentan un análisis de sus hábitos alimentarios, así como correlaciones entre la talla del dorado y las de sus presas. Por su parte Campos *et al.* (1993), Aguilar-Palomino *et al.* (1998), Lasso y Zapata (1999) y Olson y Galván-Magaña (2002) se han enfocado al Pacífico Oriental.

Los aspectos reproductivos del dorado son un tópico de los más estudiados, como muestran la revisión de Shcherbachev (1973) y estudios regionales para Carolina del Norte (Schwenke y Buckel, 2008), Florida (Beardsley, 1967), Perú (Goldberg y Tresierra, 1985) y Centroamérica (Lasso y Zapata, 1999). En el Mar Mediterráneo se ha analizado su dimorfismo sexual, proporción de sexos, fecundidad y talla de primera madurez (Bannister, 1976; Ditty *et al.*, 1994; Massuttí y Morales-Nin, 1995, 1997; Castro *et al.*, 1999; Potoschi *et al.*, 1999). Se ha descrito también el desarrollo de sus ovocitos y los patrones de desove (Arocha *et al.*, 1999). Una revisión de la biología de este recurso fue elaborada por Oxenford (1999) para la región del Atlántico Central Oeste, reportó altas tasas de crecimiento, madurez temprana, estacionalidad en la fecundidad por camada y un corto



periodo de vida. Otros autores concuerdan en que presenta desoves múltiples a lo largo del año, con pulsos en períodos asociados a zonas geográficas (Beardsley, 1967; Palko *et al.*, 1982; Ditty *et al.*, 1994). La ocurrencia de sus huevos y larvas ha sido estudiada por Powles (1981) y Sánchez (2008) y la temperatura de desove por Ditty *et al.* (1994). Se han observado huevos pelágicos a lo largo del año, con pulsos en primavera o verano dependiendo del área geográfica (Palko *et al.*, 1982; Ditty *et al.*, 1994), lo anterior ha sido considerado una estrategia reproductiva (Arocha *et al.*, 1999). Para el Pacífico Central Norte, Uchiyama y Boggs (2006) analizan la condición del dorado y sus efectos estacionales sobre el desove y la migración.

En cuanto a la determinación de edad y crecimiento se ha utilizado el conteo de anillos de crecimiento en escamas (Beardsley, 1967; Rose y Hassler, 1968; Zúñiga, 2009); vértebras y otolitos (Oxenford y Hunte, 1983; Uchiyama *et al.*, 1986; Massutí *et al.*, 1999). Estudios realizados en el Mar Mediterráneo (Massutí *et al.*, 1999) y el Mar Caribe (Rivera y Appeldoorn, 2000) han considerado la determinación de edad mediante otolitos como un método aún subjetivo. Castro *et al.* (1999) mencionan una alta correspondencia entre la lectura de escamas y el análisis de progresión modal; Schwenke y Buckel (2008) mencionan la utilidad de las escamas para determinar el crecimiento anual y el de otolitos para incrementos diarios. Beardsley (1967), Palko *et al.* (1982) y Oxenford y Hunte (1983) concluyeron que no existen diferencias significativas en el crecimiento de machos y hembras, aunque generalmente los machos son más grandes que las hembras.

En el contexto de identificación de poblaciones de dorado, a partir de parámetros biológicos como fecundidad, crecimiento, madurez sexual y alimentación, Oxenford y Hunte (1986) realizaron una investigación preliminar sobre la estructura de la población del dorado en el



Atlántico Central Oeste. Sugieren dos unidades de pesca o stocks independientes; uno correspondiente a la región sur de EUA y otro en las Islas del Caribe. La hipótesis se basó en la estacionalidad de los pulsos de abundancia de la especie y la talla media de los dorados capturados por pesca deportiva y comercial, derivado de esto se plantearon dos circuitos de migración para la especie. Los ejemplares de este estudio se analizaron posteriormente mediante la variabilidad genética de isoenzimas, lo cual apoyó el resultado previo. Posteriormente Pla y Pujolar (1999) trabajaron en el Mar Mediterráneo e Islas Canarias aplicando la misma metodología, donde encontraron homogeneidad genética en la zona. Otro estudio con isoenzimas en Malta y Túnez corroboró la homogeneidad genética del dorado en el Mar Mediterráneo (Morales-Nin, 2003). Kojima (1965) observó que los dorados presentan patrones de migraciones que pueden significar separaciones poblacionales, al respecto Oxenford y Hunte (1986) observaron una discontinuidad en la distribución de las poblaciones de dorado en el Atlántico Central, por lo que se considera que esta especie exhibe una estructura poblacional relativamente compleja (Castro *et al.*, 1999).

Los factores que definen su distribución son diversos; sin embargo, la temperatura debe considerarse como uno de los más importantes, la isoterma de 20°C limita la distribución de esta especie en los hemisferios Norte y Sur, además de tener efecto sobre la tasa de alimentación (Uchiyama y Boggs, 2006). Para California, Norton y Crooke (1994) señalan que su abundancia se ve afectada por los eventos de alta presión del Pacífico Oriental. Con una aparente extensión de hábitat hacia el polo norte que coincide con el incremento de las temperaturas oceánicas y una disminución en las zonas de surgencias en la costa norte mexicana (Norton, 1999). Con todo, a la fecha existen pocos estudios que analicen



estrechamente esta relación y por tanto el posible efecto que pudieran tener los eventos anómalos como El Niño y La Niña. Se sabe que existe una gran influencia en las poblaciones de Dorado cuando se presenta el evento climático El Niño, provocando en algunos casos desplazamiento de su distribución alejados de la costa del este del Pacífico, originando una mayor disponibilidad a las flotas pesqueras de otras zonas (Peralta, 2006).

El dorado es una especie altamente migratoria (FAO, 1994), únicamente en la región del Carolina del Norte y Florida (EUA); a partir del 2002 a la fecha ha existido un proyecto de marcado, con el objetivo de conocer las rutas migratorias a lo largo del Atlántico Oeste Central (Hammond, 2008). Se han derivado importantes resultados e información precisa sobre la duración y distancia de sus desplazamientos, así como algunas particularidades del comportamiento biológico de la especie y la asociación tan estrecha que guarda con los objetos flotantes (Farrell, 2009).

1.5.2. Contexto nacional

Santana-Hernández (2001) reportó que el dorado es una de las nueve especies de pelágicos mayores representativas en la pesquería palangrera de tiburón, aportando 5.4% de las capturas. Identificó dos zonas en las que se obtuvieron los rendimientos más altos, la primera frente a la boca del Golfo de California y la segunda frente al Golfo de Tehuantepec. Concluye que el dorado se encuentra asociado a las masas de agua cálidas de la Corriente Norecuatorial, la Contracorriente Norecuatorial y la Corriente Costera de Costa Rica, con temperaturas superficiales por arriba de los 26 °C.

En el Pacífico mexicano son limitadas las investigaciones referentes al dorado. En el Pacífico Norte los reportes científicos para esta especie aportan fragmentos de información



importante sobre intervalos de talla y peso (Madrid y Beltrán-Pimienta, 2001) y alimentación (Olson y Galván-Magaña, 2002). El dorado se caracteriza como forrajero oportunista, altamente voraz, con elevadas tasas metabólicas y con un amplio espectro trófico y hábitos alimentarios estrechamente ligados con el ambiente epipelágico. Ejerce una alta presión de depredación sobre cefalópodos, peces voladores y langostillas (Aguilar-Palomino *et al.*, 1998).

Para los Cabos y Golfo de California, Zúñiga *et al.* (2008) realizaron un estudio referido a la variación estacional e interanual de las tasas de captura, concluyen que la distribución del dorado es directamente afectada por la temperatura superficial del mar (TSM), presentando las mayores abundancias entre 26 y 29°C. El dorado es un recurso pesquero importante en la costa occidental del Pacífico mexicano, Zúñiga (2009) realizó una investigación donde abordó aspectos de su biología reproductiva, edad, crecimiento y mortalidad. En la costa sur de Jalisco se han observado capturas importantes en otoño-invierno relacionadas con la alta productividad de la región como resultado de la temporada de lluvias y la presencia de surgencias (Jiménez *et al.*, 2006). Así mismo se han recolectado larvas de dorado con tallas de 2 a 15 mm de longitud patrón, lo que indica un área importante de desove, la cual se encuentra estrechamente ligada a las isotermas de 24 °C y 28 °C (Sánchez, 2008).

Sobre evaluación de la estructura genética poblacional, Rocha-Olivares *et al.* (2006) utilizaron el gen mitocondrial NADH1 y analizaron su variabilidad genética mediante fragmentos de restricción en muestras del Pacífico Mexicano y Hawái, encontrado heterogeneidad genética entre Hawái y las muestras de la costa mexicana. Utilizando secuencias del mismo gen mitocondrial que los autores anteriores, Díaz-Jaimes *et al.* (2006) reportan homogeneidad genética espacial y temporal entre muestras del Pacífico mexicano



y evidencia de fluctuaciones significativas en el tamaño de las poblaciones, relacionada con eventos glaciales del Pleistoceno. Por su parte Tripp-Valdez *et al.* (2010) utilizando microsátélites no detectaron diferencias genéticas significativas en frecuencia de alelos en muestras del Golfo de California, sugieren que en esta región el dorado forma una sola población panmíctica con alta variación genética y flujo de genes. Los dos últimos autores a pesar de haber utilizado dos técnicas metodológicas distintas, coinciden en que no existe suficiente evidencia para distinguir diferentes poblaciones de dorado y que si bien se observaron algunas ligeras diferencias genéticas someras, estas pueden deberse a fenómenos estocásticos asociadas a la capacidad de dispersión de la especie (Tripp-Valdez *et al.*, 2010). Por su parte Díaz-Jaimes *et al.* (2010) utilizando el gen ADNmit, abordan la estructura y diversidad genética de *C. hippurus* en todo su rango de distribución, mencionan que la falta de una señal de divergencia de las poblaciones separadas por el Istmo de Panamá revela que la deriva genética no ejerce una fuerte influencia sobre las especies pelágicas tropicales caracterizadas por grandes tamaños de efectivos poblacionales.

Los antecedentes existentes sobre la actividad pesquera y los recursos pesqueros en el Golfo de Tehuantepec son abundantes, con el inconveniente de que en general consisten en informes inéditos, planes y programas de desarrollo regional. De los antecedentes publicados que abordan aspectos de la problemática pesquera en Oaxaca y Chiapas, así como de sus recursos pesqueros, se encuentran los de Bassols *et al.* (1974), Virgen *et al.* (1981), Díaz *et al.* (1984), Acosta (1989), Acal y Arias (1990), Tapia-García *et al.* (1994), Tapia-García (1998), Toledo (1994), Secretaría de Pesca (1990), INP (2006), Alejo-Plata *et*



al. (2006, 2007), los últimos cinco documentos integran información de los trabajos inéditos.

1.6. Área de estudio

El área de estudio pertenece a la región oceanográfica del Pacífico Tropical Oriental, cuyos límites son $13^{\circ}30' - 16^{\circ}30' \text{ N } 92^{\circ}30' - 96^{\circ}00' \text{ O}$; su extensión aproximada es de $125,000 \text{ km}^2$. Comprende seis localidades pesqueras de los estados Oaxaca (Puerto Escondido, Puerto Ángel, Huatulco, Salina Cruz) y Chiapas (Paredón y Puerto Chiapas), ubicadas en la 2^a región pesquera del Pacífico Sur mexicano, que abarca el Golfo de Tehuantepec (Fig. 3).

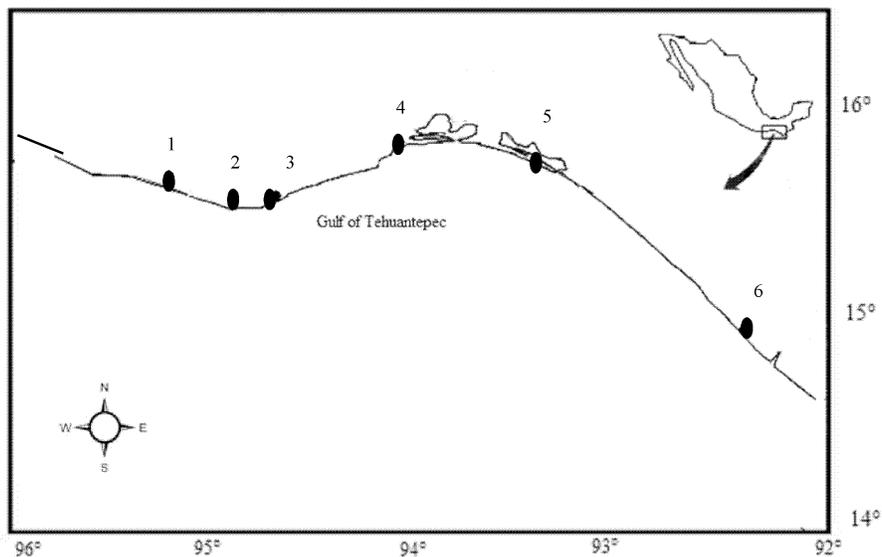


Figura 3. Lugares de muestreo del área de estudio en el Golfo de Tehuantepec, México. 1. Puerto Escondido, 2. Puerto Ángel, 3. Huatulco, 4. Salina Cruz, 5. Paredón, 6. Puerto Chiapas.



1.6.1. Fisiografía de la zona

Desde el punto de vista geológico, las costas de Oaxaca y Chiapas se pueden dividir en dos regiones: 1) porción oriental, comprende la mayor parte del Golfo de Tehuantepec (Salina del Márquez en Oaxaca a Río Suchiate en Chiapas), se tiene una llanura costera en desarrollo, de amplitud moderada, asociada a una plataforma continental amplia (Carranza-Edwards *et al.*, 1975) (Fig. 4). Este litoral se caracteriza por contar con costas secundarias por depositación marina. 2) porción occidental, abarca la costa chica de Oaxaca de Salina del Márquez hasta los límites con el estado de Guerrero, la costa oaxaqueña pertenece a la provincia fisiográfica conocida como Zona Montañosa del la Costa del Suroeste. Frente a ella la plataforma continental es muy angosta y la costa es principalmente rocosa y solamente en escasas porciones se desarrolla una incipiente planicie costera. En esta zona predominan las costas primarias formadas por procesos diastróficos y en menor proporción costas secundarias generadas por erosión, por oleaje o por depositación marina. Tectónicamente, el litoral de Oaxaca es parte de la costa de colisión continental, afectada por el contacto de la Placa de América con la Placa de Cocos (Carranza-Edwards *et al.*, 1975).

El efecto que la batimetría del fondo marino puede tener en las concentraciones de los pelágicos mayores ha sido referido en varios estudios; Shapiro (1950) menciona que el conocimiento de las corrientes y de la presencia de arrecifes, bajos e islas ha sido de gran importancia para que los pescadores japoneses localicen cardúmenes de atunes y otros peces como los picudos. Laurs *et al.* (1984) y Galván-Magaña (1988) mencionan que las altas abundancias y agregaciones de pelágicos mayores en las zonas de bajos, islas y montañas submarinas se deben a que son zonas de enriquecimiento y concentración de alimento, además de ser también zonas importantes de reproducción para estos organismos.

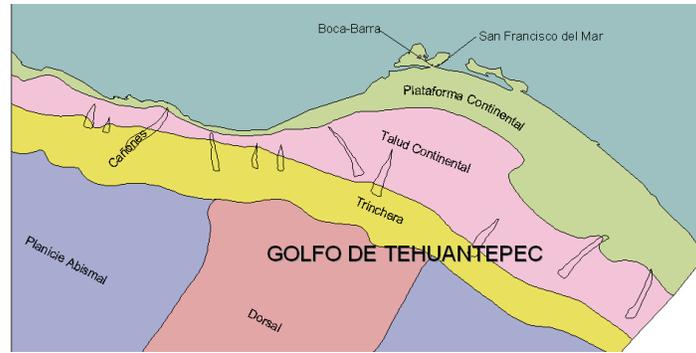


Figura 4. Morfología submarina del Golfo de Tehuantepec (Tomado de Serrano-Guzmán, 2007)¹

1.6.2. Dinámica oceánica

La dinámica oceanográfica está influenciada por la Corriente Norecuatorial (CNE) que es alimentada por la Corriente de California a lo largo de la costa sur de Baja California y por aguas que fluyen del este de la Contracorriente Norecuatorial (CCNE), la cual es el flujo de masas de agua más importante y está presente durante sólo una parte del año originando que la circulación marina varíe estacionalmente (Trasviña y Barton, 1997).

En un ciclo anual, la CCNE inicia su formación entre mayo y julio, de agosto a diciembre presenta su máximo flujo con dirección a la línea de costa, convergiendo desde el norte con la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) cuyo flujo es del sur; durante este periodo, ambos flujos penetran en la región de la Corriente Norecuatorial (CNE). Entre febrero y abril, la CCNE y la CCCR no son evidentes en el Golfo de Tehuantepec (Trasviña y Barton, 1997).

¹ Serrano-Guzmán, 2007. Plan de manejo acuícola y pesquero de la zona Huave. Informe Técnico, Universidad del Mar, Puerto Ángel Oaxaca, 458 pp.



La CCCR confluye con la Corriente de California (CC) aproximadamente frente a la boca del Golfo de California, de allí se separa de la costa para configurar el inicio de la corriente Noercuatorial (Pares-Sierra *et al.*, 1997). La CC constituye el brazo oriental del gran giro Subtropical del Pacífico norte, fluye lentamente hacia el sur desde el norte de Alaska, hasta el extremo de la Península de Baja California (Badán, 1997). En una revisión reciente sobre las corrientes del Pacífico Central Oriental, Kessler (2006) menciona que la cuenca de Tehuantepec (localizada en isoterma de 12°C y cerca de los 200 m de profundidad) produce una corriente fuerte hacia el noreste a lo largo de la costa de Oaxaca, la Corriente Occidental Mexicana (COM), la cual transporta agua caliente y se vuelve costera, se alimenta eventualmente la CNE. La COM no parece ser una continuación de la CRCC y el autor propone que es la conexión del Golfo de Tehuantepec con el Golfo de California (Fig. 5).

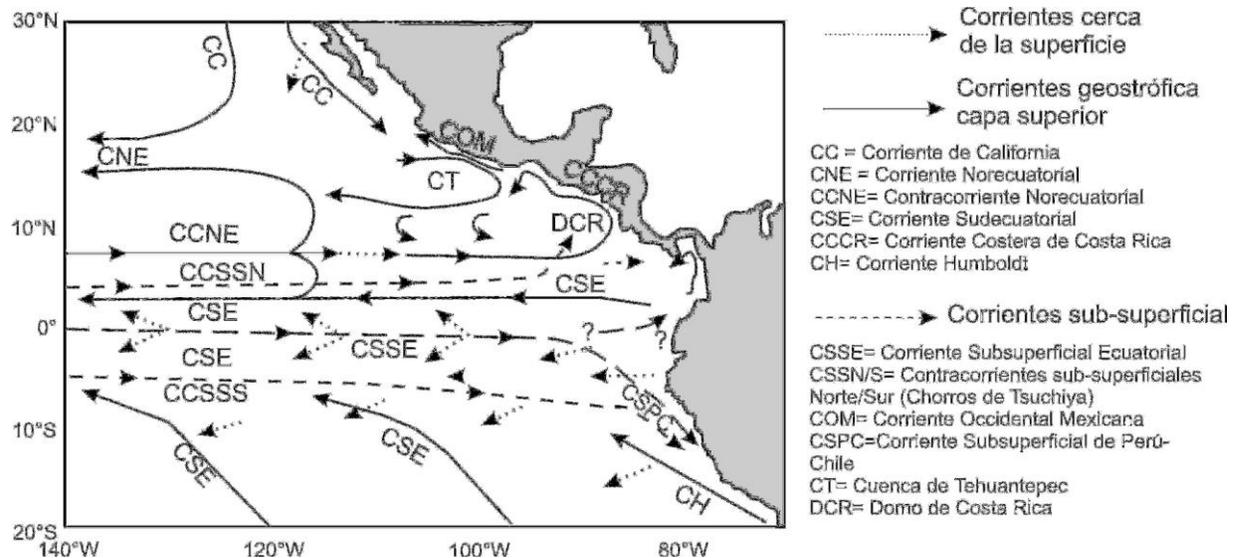


Figura 5. Esquema de la circulación media del Pacífico tropical oriental obtenido a partir de la hidrografía histórica (Figura tomada de Kessler, 2006).



1.6.3. Variabilidad climática anual e interanual

En el Istmo de Tehuantepec la Sierra Madre del Sur con elevaciones promedio de 2000 m sobre el nivel medio del mar, forma un paso de aproximadamente 40 km de ancho y altura promedio de 250 m, denominado “Paso de Chivela” (Fig. 6). Entre los meses de octubre-abril, en procesos de corta duración (3 a 7 días), las ondas frías que pasan a través de este agostamiento producen una aceleración de aire frío y seco en forma de chorros de gran velocidad (10 a 20 ms⁻¹), conocidos como Tehuanos, que soplan en forma perpendicular a la costa de Salina Cruz, con una duración promedio de tres a cuatro días, con máximos de noviembre a febrero (Lavin *et al.*, 1992; Barton, 1993; Trasviña y Barton, 1997). Estos vientos fríos y secos disminuyen su velocidad al transferir energía al océano, su influencia se extiende cientos de kilómetros mar adentro con rachas superiores a los 25 ms⁻¹ (Lavín *et al.*, 1992). La respuesta del océano a los vientos Tehuanos es rápida, con un descenso del nivel del mar en la costa, casi simultáneo con la variación del viento y la generación de dos giros a mesoescala, uno anticiclónico sobre la región occidental y otro ciclónico sobre la región oriental del golfo. La presencia de este último giro no siempre es detectable. En consecuencia, ante un evento de viento Tehuano cerca de la costa de Salina Cruz la circulación es paralela a la costa (Trasviña y Barton, 1997).

Durante el invierno, la presencia del giro anticiclónico en la porción occidental del Golfo de Tehuantepec presenta una temperatura superficial mayor a 27 °C y concentración de clorofila *a* (*Cla*) entre 0.1 a 0.15 mg*m³. En contraste lengüetas de agua fría con temperaturas alrededor de 16°C y concentración de *Cla* entre 0.25 y 0.30 mg*m³, originadas por la surgencia y mezcla vertical ocupan la periferia del giro. La mezcla lateral



de estas aguas, favorece el desove, crianza y alimentación de especies, algunas de ellas de importancia comercial (Trasviña y Barton, 1997; Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006).

Los cambios en el patrón de vientos marcan las temporadas de sequía y de lluvias, que de acuerdo al ciclo anual de la precipitación sobre el sureste de México, tiene un máximo durante los meses de mayo-junio y de septiembre a octubre, con una relativa disminución de la lluvia a la mitad del verano que corresponde a julio (Magaña, 1999). El invierno se caracteriza, por las sequías y por la influencia de los vientos sobre el mar, que conducen a descensos de la temperatura superficial del mar, hasta 8°C de diferencia con respecto al máximo de 31°C (Barton *et al.*, 1993).

Durante la temporada de lluvia se observan vientos de alta velocidad debido al paso de huracanes que se presentan con una frecuencia media de dos por mes en el punto culminante de la estación (septiembre). Inducen el desplazamiento y mezcla de masas de agua a mesoescala que permiten el ascenso de agua fría y rica en nutrientes que disminuyen la temperatura superficial del océano (Lavin *et al.*, 1992).



Figura 6. Confluencia de la Sierra Madre Oriental y Occidental, con la Sierra Madre del Sur y discontinuidad o “Paso de Chivela” en el Istmo de Tehuantepec (Modificado de Google Earth).



La variación climática interanual está determinada básicamente por eventos del tipo ENOS (El Niño Oscilación del Sur); los trabajos de Luch-Cota *et al.* (1997), Chávez *et al.* (1999) y Müller-Karger y Fuentes-Yaco (2000) indican que se observa una fuerte disminución en la biomasa fitoplanctónica durante los eventos de El Niño, en gran medida originada por el retraso en los eventos de surgencia.

El Pacífico Tropical Mexicano presenta alternancia entre zonas de aguas frías en invierno y calientes en verano. En el Golfo de Tehuantepec se localiza una franja de baja temperatura, durante los meses de octubre a marzo. Por otro lado, frente a las costas de Guerrero y Michoacán se forma una alberca de agua caliente ($> 28^{\circ}\text{C}$) durante el verano. Tanto la ‘franja de agua fría’ como la ‘alberca de agua caliente’, presentan variaciones estacionales e interanuales, moduladas por el ciclo anual de las corrientes y de la insolación. En los años del Niño, la lengüeta de agua fría desaparece y crece la alberca de agua caliente. En años de la Niña sucede lo contrario, al crecer la lengua fría, la alberca cálida disminuye de tamaño (Trasviña *et al.*, 2000).

El Golfo de Tehuantepec es un sitio netamente tropical del sureste de México, con un alto potencial pesquero debido a sus características fisiográficas y batimétricas, que en combinación con la estacionalidad de procesos atmosféricos y oceanográficos lo hacen mantener una productividad relativamente alta prácticamente a lo largo del año (Gallegos-García y Barberán-Falcón 1998; Lara-Lara *et al.*, 1998) favoreciendo el desove de diferentes especies marinas. Esto lo convierte también en un lugar de crianza y alimentación de especies marinas con importancia comercial y lugar de importantes pesquerías como el camarón, atún y sardina entre otras especies (Ortega-García *et al.*,



2000) que son explotadas por parte de la flota arrastrera de Sonora y Sinaloa que se desplaza hacia esta región (Acal y Arias, 1990).

A pesar de que el área de estudio es una región importante debido a que junto con el Golfo de Papagayo y el Domo de Costa Rica representan las únicas fuentes de enriquecimiento de nutrientes por procesos de surgencia en toda la costa del Pacífico de Centroamérica, el Golfo de Tehuantepec es una de las regiones del mundo con la menor información sobre comunidades marinas y variabilidad ambiental (Ortega-García *et al.*, 2000). Esta carencia de información se refleja prácticamente en todos los grupos de especies marinas, particularmente en las especies migratorias.

1.7. Estructura de la tesis

El objetivo principal de este trabajo es aportar información sobre la biología, dinámica poblacional y pesquera de *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México, a partir de la captura de la flota artesanal y proponer algunas medidas de regulación para su manejo.

El objetivo principal se conseguirá a través de varios objetivos parciales:

- Establecer la correlación entre las distintas variables biométricas utilizadas en evaluación pesquera.
- Analizar la estructura poblacional por tallas (estimadores de densidad por kernel) y sexos a lo largo del periodo de estudio.
- Estimar la edad y describir el crecimiento de *C. hippurus* mediante la lectura de anillos de crecimiento en estructuras duras (escamas).



- Determinar la tasa instantánea de mortalidad total (Z), mortalidad por pesca (F) y mortalidad natural (M), así como la tasa de explotación de la especie en estudio.
- Describir y analizar el patrón reproductivo en *Coryphaena hippurus* por medio del análisis de los cambios morfológicos en el ovario y su relación con los índices de madurez gonádica, la talla de primera madurez y la fecundidad por camada.
- Describir los aspectos generales de la pesquería y plantear algunas medidas de manejo para la explotación sustentable de esta especie con base a los parámetros poblacionales estimados.

La tesis está organizada en ocho capítulos, en un sentido cronológico desde la estructura de tallas, edad, crecimiento y reproducción a la pesquería. Cada capítulo está estructurado con su propia introducción, metodología, resultados y discusión. El capítulo uno consiste en una descripción general de la importancia de las pesquerías artesanales para las comunidades costeras y el estatus de explotación del dorado, antecedentes y descripción del área de estudio. El capítulo dos tiene como objetivo determinar relaciones biométricas utilizadas en evaluación pesquera, tallas de los ejemplares capturados por pesca artesanal; así mismo, se presenta el uso del estimador de densidad por Kernel (EDKs) como una herramienta para analizar la distribución de frecuencias de tallas de *C. hippurus*. El capítulo tres se enfoca a aspectos de la edad, crecimiento y la tasa instantánea de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M). En el capítulo cuatro se abordan varios aspectos sobre la biología reproductiva del dorado. Para ello se analizó la composición por sexos de la población, el desarrollo sexual, la talla a la madurez, fecundidad y la estación de desove. En el capítulo cinco se



describe la pesquería artesanal y se analiza la presencia del dorado en la zona de estudio bajo la hipótesis de que esta especie se ha acoplado al ciclo estacional de afloramiento costero característico de esta área. El capítulo seis describe la pesca deportiva. En el capítulo siete se hace una valoración de la pesquería del dorado en el Pacífico Sur a partir del análisis de la información biológica, estadístico-pesquera y socioeconómica de los grupos de pescadores. De acuerdo a los parámetros poblacionales estimados se definen algunas medidas de manejo para el uso sostenible de esta especie. Se concluye la tesis con un capítulo sobre las conclusiones más relevantes aportadas por este trabajo. Al final se enlista la bibliografía consultada. En el apéndice se incluye información sobre *Coryphaena equiselis*, obtenida durante los muestreos de campo.

Con la información contenida en el capítulo tres de esta tesis se escribió un artículo, el cual fue publicado en la Revista de Biología Marina y Oceanografía [46(2): 125-134, agosto 2011]. Un segundo artículo derivado de capítulo cuatro, se publicó en Fisheries Research [110(2011): 207-216, abril 2011]. Una copia de ambos trabajos aparece como apéndice de esta tesis. De manera similar con información del capítulo cinco y siete se preparó un manuscrito el cual se encuentra sometido a evaluación en la revista Latin American Journal of Aquatic Research.

Capítulo 2

Relaciones biométricas y tallas



Capítulo 2

Relaciones biométricas y tallas

2.1. Introducción

La talla o longitud del cuerpo de los peces se mide de varias maneras; la forma de hacerlo depende de cómo se han efectuado tradicionalmente las mediciones en la especie de interés. Por lo general se utiliza la longitud total, la longitud furcal (longitud a la horquilla) y la longitud estándar. Esta última es menos precisa que las otras medidas y se debería utilizar únicamente en especies con aletas muy frágiles que, por lo general se encuentran rotas o dañadas al momento de realizar las mediciones (Gulland y Rosenberg, 1992; Sparre y Venema, 1997). Al graficar una de estas medidas en relación a otra de ellas, usualmente se obtiene una línea recta, debido a que los registros corresponden a la medición del mismo material, aunque efectuado de forma diferente (Sparre y Venema, 1997). En lo que respecta a la aplicación de los métodos de evaluación basados en la talla, no tiene importancia cual longitud se utilice, a condición de que se maneje siempre la misma medida (Gulland y Rosenberg, 1992). Las relaciones morfométricas permiten conocer el tipo de proporción que existe entre el crecimiento de dos o más estructuras corporales de un organismo, además se pueden convertir los valores entre una medida y otra (McMahon y Tyler-Boner, 1986).

En los estudios de dinámica poblacional, uno de los elementos clave, es el análisis de la función que relaciona el peso con la talla, esta permite formular el crecimiento y pueden calcularse las ganancias de biomasa utilizable bajo esquemas de producción (Ehrhardt, 1981). También la relación entre el peso y la talla proporciona un índice para cuantificar los



estados de condición fisiológica de un individuo, ya sea a través de diferentes épocas del año, como en diferentes etapas de su ciclo de vida (Weatherley y Gill, 1987).

En los últimos años ha aumentado considerablemente el interés por los métodos basados en la talla, ya que representan un valioso conjunto de instrumentos para evaluar las poblaciones de peces. En los estudios sobre pesquerías se ha promovido el uso de las modas en las distribuciones de frecuencia de tallas como una manera de identificar grupos de organismos con edad semejante (Gulland y Rosenberg, 1992). Así, el análisis de la distribución de la frecuencia de tallas ha sido ampliamente usado en estudios pesqueros para estimar el crecimiento basado en el modelo de von Bertalanffy, que considera la longitud como una función de la edad del pez (Pauly, 1984; Gulland y Rosenberg, 1992; Sparre y Venema, 1997).

Tradicionalmente el análisis de la distribución de tallas se ha llevado a cabo a través de histogramas y polígonos de frecuencia (PF), a pesar de su amplio uso, estas aproximaciones graficas pueden proporcionar estimaciones poco precisas, generando sesgo en las distribuciones resultantes que pueden afectar la eficacia de los métodos para estimar el crecimiento (Salgado-Ugarte, 1995; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). En este sentido, se ha sugerido el uso de los estimadores de densidad por kernel (EDK), los cuales resultan en figuras más suavizadas que los histogramas tradicionales y PF permitiendo un fácil reconocimiento de características de las distribuciones como valores aislados, sesgo, kurtosis y multimodalidad. Los EDKs eliminan la subjetividad al seleccionar el origen y la amplitud de banda (intervalo) al construir los histogramas tradicionales, proporcionan resultados continuos (suaves), poseen un respaldo estadístico objetivo para la amplitud de banda utilizada y facilitan la comparación de resultados con los obtenidos en otros estudios



(Salgado-Ugarte *et al.*, 1994, 1997, 2005; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2003). En la última década, los EDKs se han convertido en una herramienta moderna que se emplea para analizar la distribución de tallas y estimar el crecimiento en peces (Salgado-Ugarte *et al.*, 2000, 2002, 2005) y otros organismos acuáticos (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2003; Galindo, 2005; Áyala-Pérez *et al.*, 2008; Gómez-Márquez *et al.*, 2008; Granados, 2009; Gallardo-Cabello *et al.*, 2010; Rivera-Velázquez *et al.*, 2010).

Por lo anterior, los EDKs son considerados como un procedimiento estadístico que satisface el análisis de las frecuencias de tallas en comparación con los estimadores tradicionales (Salgado-Ugarte, 1995). Con esta información puede determinarse la composición de edades de cada clase de talla y a partir de ello estimar las tasas de mortalidad (Holden y Raitt, 1975; Salgado-Ugarte, 1995).

Para el dorado, son escasos los estudios publicados acerca de la composición por tallas y relaciones biométricas. Estos se enfocan a datos provenientes de la pesca deportiva en la región del Pacífico Norte: Torres-Alfaro (1996) en la Península de Baja California; Zuñiga *et al.* (2008) para la región sur del Golfo de California; Madrid y Beltran-Pimienta (2001) en Baja California, Sonora y Nayarit, quienes además incluyeron datos de las capturas artesanales. Considerando el estatus de manejo para esta especie y la escasa disponibilidad de antecedentes sobre datos de captura por la pesca artesanal, el presente capítulo tiene como objetivo obtener las relaciones biométricas utilizadas en evaluación pesquera, así como la distribución de frecuencia de tallas y tamaños medios de los dorados capturados por la pesca artesanal en el Pacífico Sur



2.2. Material y Métodos

2.2.1. Recolección de muestras

De diciembre del 2004 a diciembre del 2007 se realizaron muestreos semanales en los sitios de desembarco de la flota artesanal en Puerto Escondido, Puerto Ángel y Huatulco (región occidental) y mensuales en Salina Cruz, Paredón y Puerto Chiapas (región oriental del Golfo de Tehuantepec). El dorado se captura de manera incidental en la pesca de escama y tiburón. Se emplean embarcaciones menores de fibra de vidrio con motor fuera de borda (6.71-7.61 m de eslora) y se utilizan diversos artes de pesca y aparejos artesanales: (palangre de superficie modificado, palangre de superficie, curricanes de madera y redes de enmalle. Para detalles ver cap. 5).

Coryphaena hippurus es miembro de la familia Coryphaenidae que solo comprende el género *Coryphaena* y otra especie integrante, *C. equiselis* (ver Apéndice), la cual se distribuye preferentemente en aguas oceánicas; sin embargo, se puede presentar en las capturas costeras. La similitud entre ambas especies es significativa en la etapa juvenil, la identificación de la especie se realizó mediante la descripción de Collete (1995).

Las muestras analizadas fueron obtenidas directamente de las capturas efectuadas por la pesca artesanal. Para cada individuo se registró la longitud total (L_t), furcal (L_f), estándar (L_e) y contorno (C) con una cinta métrica flexible de 1.5 m, al 0.5 centímetro más cercano (Fig. 2.1). El Peso total (P , kg) con una precisión de 50 g. El sexo se reconoció por la presencia de una pronunciada cresta ósea en los machos maduros, pero ausente en las hembras (Fig. 2.2); en los peces jóvenes por observación directa de las gónadas.

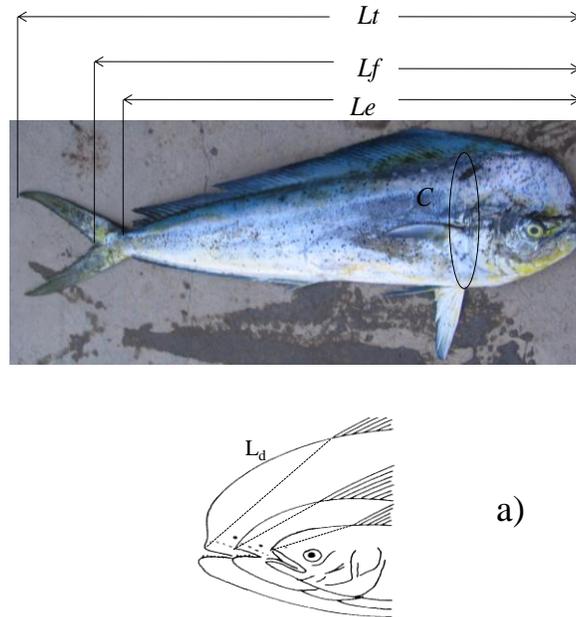


Figura 2.1. Principales medidas corporales registradas a *Coryphaena hippurus*, Lt = Longitud total, Le = Longitud estándar, Lf = Longitud furcal, C = Contorno, Ld = distancia de la mandíbula superior al inicio de la aleta dorsal (cresta ósea). a) Tomado de Massutí y Morales-Nin (1997).

2.2.2. Biometrías

Para este análisis se consideró la Longitud furcal (Lf) como variable independiente, la Longitud total (Lt), Longitud estándar (Le) y Contorno (C) como variables dependientes. No se consideró a la Lt como variable independiente debido a que con frecuencia la aleta caudal se daña o rompe, ya sea al momento de la captura o antes, por lo que el número de observaciones es menor o el sesgo en la medición es mayor. Para facilitar la comparación con otros trabajos que reportan sus resultados en una medida distinta de Lf , se utilizó una regresión lineal para la conversión entre medidas. La biometría usada a lo largo de este reporte es la Lf .



Figura 2.2. Dimorfismo sexual en adultos de *Coryphaena hippurus*.

2.2.3. Relación peso - talla

La relación peso-talla fue calculada con la función potencial entre el peso total (P) y la longitud furcal (L_f), se determinó para hembras, machos y sexos combinados:

$$P = aL_f^b$$

Donde (en la ecuación linealizada por transformación logarítmica) a es la ordenada al origen y b es la pendiente, la cual, que en caso de haber isometría tendrá un valor de tres. Se evaluó la isometría de la pendiente obtenida con la prueba t -Student para pendientes por regresión lineal (Zar, 1999). Esta relación fue determinada para el total de datos y por mes. Además se aplicó el estadístico t -Student para comprobar si había diferencias significativas entre machos y hembras en cuanto al parámetro b .

2.2.4. Distribución de frecuencia de tallas

2.4.1. Estimadores de densidad por Kernel (EDKs)

Para la determinación de la distribución de frecuencia por tallas, se aplicaron los estimadores de densidad por kernel (EDK) (Rosenblatt, 1956) y definido como:



$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

donde,

$\hat{f}(x)$ = estimación de densidad de la variable x

n = número de observaciones

h = amplitud de banda (intervalo) o parámetro de suavización

X_i = longitud del i ésimo espécimen

K = función Kernel

x = longitud furcal de dorados

Se empleó la función Kernel Gausiana

$$K_{(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)$$

$$z = \frac{(x - X_i)}{h}$$

La amplitud de banda óptima h fue seleccionada con base en la regla de Silverman (1986):

$$h = \frac{0.9A}{n^{1/5}}$$

donde,

$$A = \min \left[\left(\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)^{1/2}, \left(\frac{H \text{dispersión}}{1.349} \right) \right]$$

en la cual

1.349 = constante función normal estándar

\bar{x} = media aritmética de x



2.2.4.2. Evaluación de la multimodalidad

Es bien conocido el carácter multimodal de los datos de frecuencia de tallas en biología pesquera, lo que indica que las capturas se componen de varias distribuciones unimodales mezcladas, los EDKs proporcionan formas para probar y evaluar la multimodalidad. Para especificar el ancho de banda adecuado se aplicó la prueba de Silverman (1986), basada en un muestreo repetitivo con reemplazamiento (bootstrap) con las rutinas para Stata 9.0 (Stata Corporation, 2003) propuestas por Salgado-Ugarte *et al.* (2002, 2005). Esta prueba sugiere un ancho de intervalo resultante en un número de modas estadísticamente significativo en cada mes de muestreo. Los EDKs con la banda apropiada de cada mes se emplearon para determinar las clases de longitud y su distribución temporal.

La representación de la estadística descriptiva por mes de la estructura por tallas se realizó mediante diagramas de violín. La gráfica de violín combina el resumen estadístico básico del gráfico de caja y bigotes con la información visual proporcionada por un estimador local de densidad (EDK). El objetivo es revelar la distribución de la estructura en una variable. Tal como una gráfica de caja, la gráfica de violín despliega la mediana como una corta línea horizontal, los cuartiles primero y tercero (25 y 75) se presentan como una caja negra, y el intervalo de valores del máximo al mínimo sin ser extraordinarios (adyacentes) se presenta como una línea vertical, mientras que los valores extraordinarios quedan indicados por el engrosamiento del contorno de la densidad. Estas cajas de datos son rodeadas por curvas de densidad en espejo y se etiqueta en el eje de las Ys los valores de datos observados mínimo, máximo y mediana (Hintze y Nelson, 1988). En todos los casos el estimador de densidad Gaussiano fue el utilizado incorporando el ancho de banda óptima de Silverman.



2.3. Resultados

2.3.1. Colecciones

Durante 37 meses de muestreo se midieron 7,371 dorados. Se registraron 3,494 hembras en un intervalo de tallas de 20.5 a 152 cm *L_f*; 3,877 machos en el intervalo de 25 a 152 cm *L_f*. Debido a la dinámica de la pesca artesanal, únicamente se registró el peso total de 1,480 dorados. Inicialmente se trabajó con los datos separados de la región occidental y oriental del Golfo, debido a que no se encontraron diferencias entre las tallas (Kruskal-Wallis: $H_{(3, 7,321)} = 23.69, P = 0.05$), se decidió trabajar con los datos agrupados. Un alto porcentaje de dorados fueron recolectados de la pesca artesanal en Puerto Ángel (56.8%) y Puerto Chiapas (25.7%) (Tabla 2.1). En la Tabla 2.2 se presenta el resumen estadístico de las biometrías registradas separadas por sexo.

2.3.2. Biometrías

Se consideró la Longitud furcal como variable independiente, la Longitud total, Longitud estándar y Contorno como variables dependientes. El análisis se realizó para machos, hembras y sexos agrupados, en todas las relaciones el modelo fue significativo ($P < 0.05$) (Tabla 2.3 y Fig. 2.3).



Tabla 2.1. Especímenes de *Coryphaena hippurus* capturados por pesca artesanal en el Pacífico Sur de México, durante el periodo diciembre del 2004 a diciembre del 2007. n = número de organismos; * sin capturas.

	Mes	Sexo	n	Intervalo L_f (cm)
2004	dic	H	47	46.0 - 117.0
		M	132	57.0 - 136.5
2005	ene	H	7	100.0 - 119.0
		M	16	84.5 - 130.0
	feb	H	41	43.0 - 128.0
		M	71	53.0 - 135.0
	mar	H	3	63.0 - 114.0
		M	3	113.0 - 120.0
	abr	H	106	27.0 - 129.0
		M	92	45.0 - 141.0
	may	H	228	37.0 - 74.0
		M	115	35.5 - 76.0
	jun	H	30	48.0 - 63.0
		M	34	48.5 - 78.0
	jul	H	13	42.0 - 92.0
		M	12	62.5 - 133.0
	ago	H	18	24.0 - 86.0
		M	10	61.0 - 125.0
	sep	H	26	54.0 - 111.5
		M	28	50.0 - 135.0
	oct	H	87	40.0 - 120.0
		M	79	48.0 - 144.0
nov	H	121	41.0 - 117.0	
	M	240	44.0 - 138.0	
dic	H	122	25.0 - 115.0	
	M	154	25.5 - 139.0	
2006	ene	H	191	38.0 - 122.0
		M	163	43.5 - 152.0
	feb	H	136	20.5 - 125.0
		M	202	43.0 - 128.0
	mar	H	134	45.0 - 129.0
		M	142	44.5 - 129.0
abr	H	97	49.5 - 118.0	
	M	60	49.0 - 135.0	



Tabla 2.1. Cont.

Mes	Sexo	<i>N</i>	Intervalo <i>L_f</i> (cm)
may	H	292	42.0 - 101.0
	M	196	44.0 - 132.0
jun	H	21	51.0 - 88.0
	M	21	51.0 - 127.0
jul	H	8	55.0 - 80.0
	M	6	76.0 - 127.0
ago	H	50	55.0 - 128.0
	M	41	64.0 - 130.0
sep	H	22	71.0 - 113.0
	M	25	55.0 - 125.0
oct	H	3	81.0 - 96.0
	M	3	72.0 - 116.5
nov	H	13	84.0 - 142.0
	M	25	96.0 - 122.0
dic	H	1	48 -
	M	1	55 -
2007	H	0	*
	M	0	*
feb	H	115	39.0 - 140.0
	M	142	40.0 - 142.0
mar	H	154	40.5 - 116.0
	M	130	38.0 - 129.0
abr	H	324	33.0 - 103.0
	M	279	45.0 - 119.0
may	H	205	43.0 - 92.0
	M	164	44.0 - 143.0
jun	H	99	41.0 - 86.0
	M	90	45.0 - 131.0
jul	H	111	41.0 - 89.0
	M	82	47.5 - 120.0
ago	H	0	*
	M	1	96.0 -
sep	H	65	58.5 - 108.0
	M	52	53.0 - 131.0
oct	H	196	66.0 - 119.0
	M	209	55.0 - 129.0
nov	H	369	34.0 - 130.0
	M	711	55.0 - 148.0
dic	H	39	81.0 - 110.0
	M	146	89.0 - 127.0
Total	H	3,494	
	M	3,877	



Tabla 2.2. Resumen estadístico de las biometrías realizadas a *Coryphaena hippurus* capturado en el el Pacífico Sur de México. *P* = Peso total (kg), *Lt* = Longitud total (cm), *Lf* = Longitud furcal (cm), *Le* = longitud estándar (cm), *L_d* = Distancia entre la mandíbula superior y el origen de la aleta dorsal (cm), *C* = Contorno (cm), *DE* = desviación estándar

	Machos					Hembras				
	<i>n</i>	Media	Mín.	Máx.	<i>DE</i>	<i>n</i>	Media	Mín.	Máx.	<i>DE</i>
<i>Pt</i>	289	5.82	0.2	31.3	5.58	285	2.82	0.15	17.6	3.18
<i>Lt</i>	1797	109.96	30	188	30.43	1628	88.41	30	169	27.99
<i>Lf</i>	2646	95.59	25	152	22.92	2171	79.30	20.5	142	23.75
<i>Le</i>	1726	84.18	25	141	22.84	1547	68.99	21	128	21.93
<i>L_d</i>	174	18.01	7.5	30	4.30	121	15.92	6	26	4.13
<i>C</i>	2233	49.98	12	112	13.44	1805	36.69	10	90	11.05



Tabla 2.3. Relaciones de conversión entre las variables biométricas seleccionadas para *Coryphaena hippurus* en el el Pacífico Sur de México. Longitud furcal (L_f), Longitud total (L_t), Longitud estándar (L_e), Contorno (C), n = número de organismos.

Población	Ecuaciones	n	r^2
Hembras	$L_f = 0.8437 L_t + 0.0739$	1627	0.9898
	$L_t = 1.173 L_f + 0.985$	1627	0.9898
Machos	$L_f = 0.8266 L_t + 0.9614$	1796	0.9839
	$L_t = 1.189 L_f + 0.681$	1796	0.9839
Sexos agrupados	$L_f = 0.8305 L_t + 0.7992$	3423	0.9875
	$L_t = 1.1891 L_f + 0.2927$	3423	0.9875
Hembras	$L_f = 1.0795 L_e + 1.2103$	1547	0.9834
Machos	$L_f = 1.0966 L_e + 0.3568$	1718	0.9900
Sexos agrupados	$L_f = 1.0903 L_e + 0.7107$	3265	0.9880
Hembras	$L_f = 0.2029 C + 5.6481$	1806	0.9223
Machos	$L_f = 1.6024 C + 15.97$	2233	0.9008
Sexos agrupados	$L_f = 1.6476 C + 16.455$	4039	0.9005

L_f vs L_t , L_t vs L_f , L_f vs L_e , L_f vs C

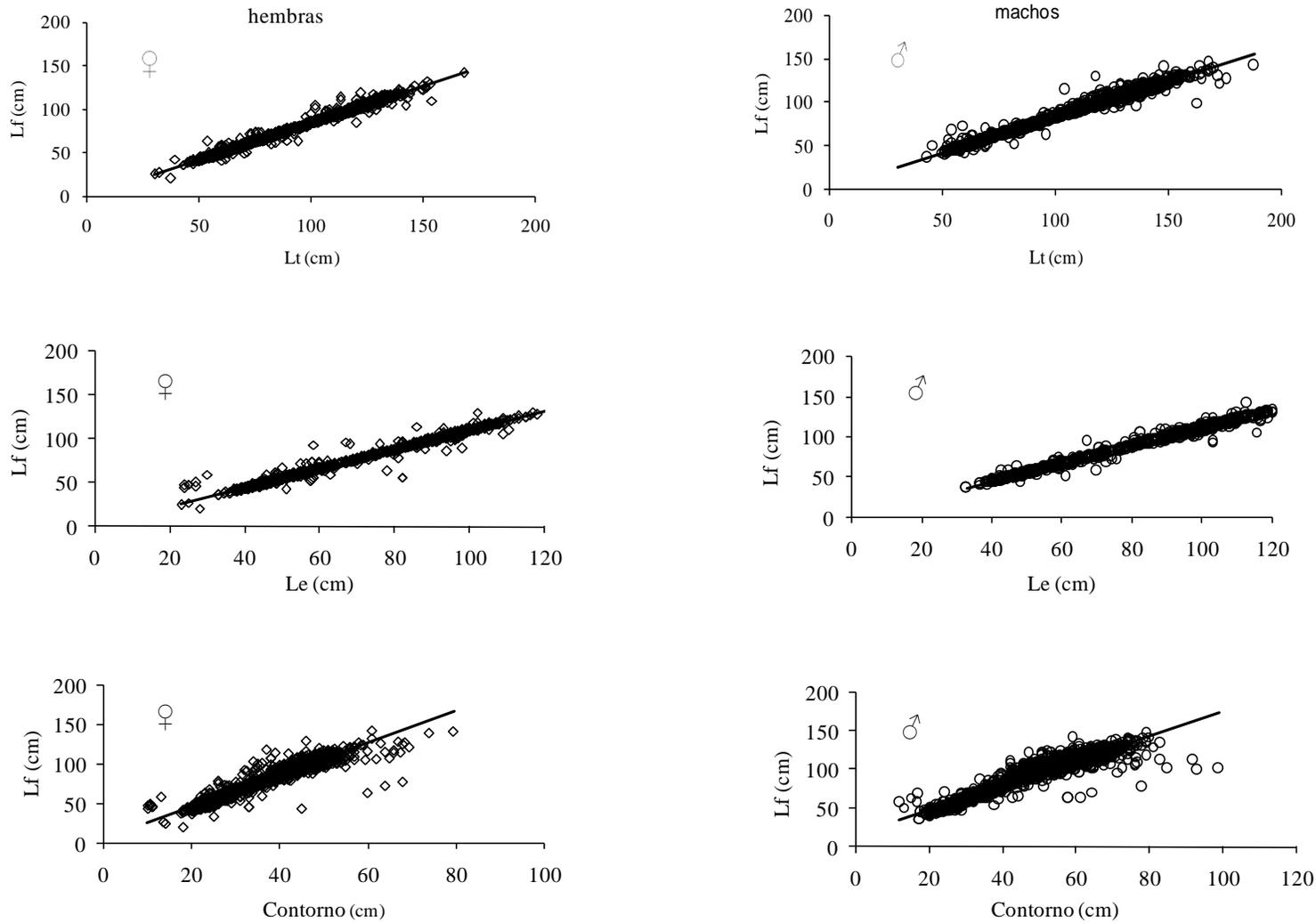


Figura 2.3. Relaciones lineales entre las variables biométricas seleccionadas para *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México.



2.3.3. Dimorfismo sexual

Los machos desarrollaron una cresta ósea que comienza a formarse en individuos de alrededor de 40 cm L_f , los organismos con tallas menores no presentan dimorfismo sexual externo. A partir de 100 cm L_f , los machos presentan la cresta bastante desarrollada parecida a una cabeza de toro (Fig. 2.4).

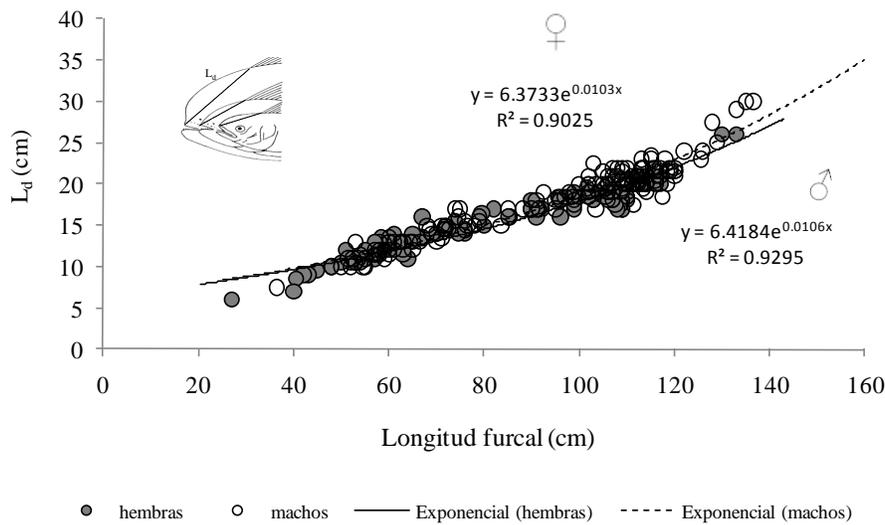


Figura 2.4. Relación entre la longitud furcal (L_f) y la distancia entre la mandíbula superior y el origen de la aleta dorsal (L_d), para machos y hembras de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004-diciembre 2007; $n = 294$.

2.3.4. Relación talla-peso

La relación entre la longitud (L_f) y el peso total (P) fue alométrica positiva en los machos, $P = 4 \times 10^{-6} L_f^{3.1435}$ ($t = 3.4863$, $P < 0.01$), y alométrica negativa en las hembras, $P = 1.2 \times 10^{-5} L_f^{2.8482}$ ($t = 3.4690$, $P < 0.01$) (Tabla 2.4). Las curvas ajustadas sugieren que los machos fueron más pesados que las hembras a partir de los 35 cm L_f (Fig. 2.5). Al



comparar la relación peso-longitud entre machos y hembras se encontraron diferencias significativas ($t = 8.57, P < 0.01$).

La relación peso-talla no mostró diferencias significativas a lo largo del año. En ambos sexos se observaron los valores más altos de la pendiente en marzo-abril y octubre-noviembre (Tablas 2.5 y 2.6). La mayoría de los peces de más de 110 cm L_f y 12 kg, fueron machos.

Tabla 2.4. Parámetros de la relación talla-peso estimados por ecuación de regresión exponencial ($P = aLf^b$). n = número de organismos; SE = error estándar de la pendiente.

Población	n	a	b	SE	r^2
Hembras	723	0.000012	2.8782	0.1539	0.9228
Machos	757	0.000004	3.1435	0.1726	0.9357
Sexo agregados	1,480	0.000018	2.8333	0.1094	0.9357

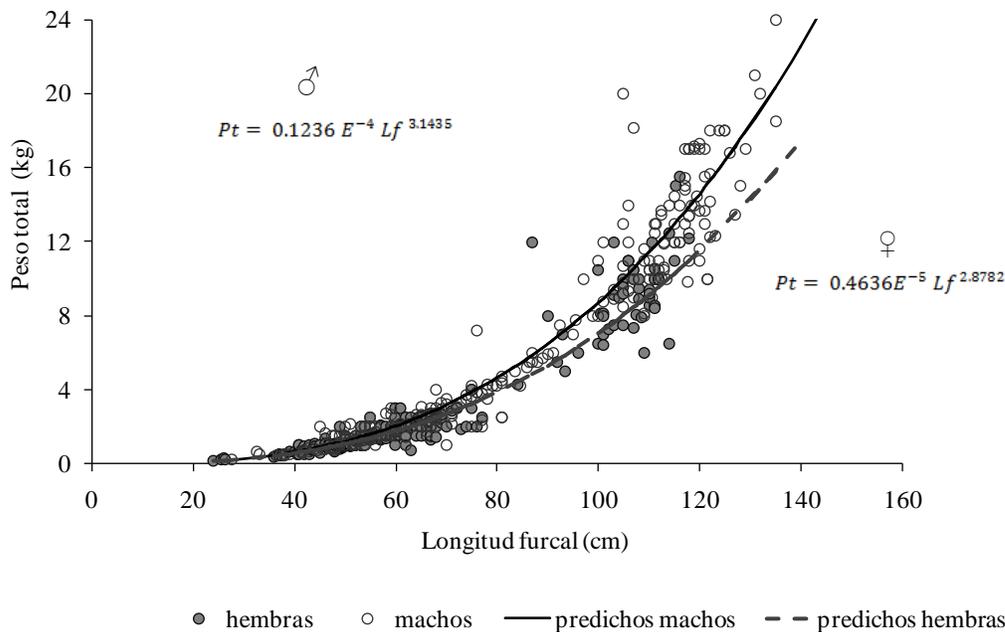


Figura 2.5. Curva de la relación talla-peso para machos (♂) y hembras (♀) de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004-diciembre 2007; $n = 1,480$.



Tabla 2.5. Relación Peso total (P) y Longitud furcal (L_f) para hembras de *Coryphaena hippurus*, capturados en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004-diciembre 2007.

Mes	Modelo: $P = a L_f^b$		coeficiente	exponente	Intervalo de tamaño			
	r^2	n			P (kg)		L_f (cm)	
			a	b	Min.	Máx.	Min.	Máx.
enero	0.9630	13	6E-5	2.6899	1.14	10	52	112
febrero	0.9170	75	3E-5	2.7183	0.75	12.2	43.0	118
marzo	0.9459	19	9E-6	2.9610	0.63	15.5	40.5	116
abril	0.9791	108	1E-5	2.8937	1.0	15.0	49.5	115.4
mayo	0.7887	83	3E-4	2.0559	0.53	2.1	37	67
junio	0.8076	82	2E-6	2.7630	0.5	3.0	41	76
julio								
agosto	0.9630	5	6E-6	2.5599	0.15	2.0	24	64
septiembre	0.9567	4	9E-5	2.9637	5.0	9.5	87	108
octubre	0.646	10	2E-5	2.7985	4.3	10.0	84	108
noviembre	0.9874	211	5E-6	3.1102	0.5	11.0	42	115
diciembre	0.9757	121	3E-5	2.6897	0.22	10.0	26	117



Tabla 2.6. Relación Peso total (P) y Longitud furcal (L_f) para machos de *Coryphaena hippurus*, capturados en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004-diciembre 2007.

Mes	Modelo: $P = a L_f^b$		coeficiente	exponente	Intervalo de tamaño			
	r^2	n			P (kg)		L_f (cm)	
			a	b	Min.	Máx.	Min.	Máx.
enero	0.9658	14	1E-5	2.9882	1.5	12.4	55	123
febrero	0.9478	101	9E-6	2.9969	1.25	16.8	52.0	126
marzo	0.9819	30	2E-5	2.7955	0.51	18	38.0	125
abril	0.9845	110	2E-5	2.8355	1.25	18.5	52.0	135
mayo	0.9264	36	2E-5	2.8052	0.77	17.0	42.0	129
junio	0.8413	71	5E-6	2.5783	2.9	21.0	45.0	131
julio	0.9847	7	5E-6	3.1241	2.14	18.0	62.0	128
agosto		2						
septiembre	0.9784	9	2E-5	2.8463	1.5	24	53.0	135
octubre		2						
noviembre	0.9867	256	2E-6	3.3267	10.0	20.0	107	132
diciembre	0.9706	130	3E-5	2.7352	0.20	15.0	25.5	121.5



2.3.5. Estimadores de densidad por Kernel y evaluación de multimodalidad

Los resultados de la prueba de Silverman para los datos totales de L_f sugieren la presencia de 4 a 6 modas; estas se presentan para un amplio intervalo de tallas (20.5 a 148 cm L_f) y un valor de h entre 1.84 y 3.41 cm, con un promedio 2.63 cm. Para 2005 y 2006 la actividad pesquera incidió sobre las tallas de 50 a 70 cm y de 100 a 115 cm de L_f . En 2007 la mayor proporción de organismos (85.3%) se capturaron entre 100 y 110 cm de L_f . Las tallas entre 80 y 90 cm L_f son las menos representadas en las capturas anuales (~ 5%).

Los resultados obtenidos al aplicar la prueba de multimodalidad de Silverman utilizando los datos mensuales de L_f para machos y hembras se resumen en las Tablas 2.7 y 2.8. De acuerdo a la prueba, sólo se incluye el número de modas más probable, agregando el valor de P correspondiente, en todos los casos la hipótesis nula en cuanto al número de modas postulado no se rechaza ($P > 0.40$). Se anexa el intervalo de valores de h dentro de los cuales se obtiene el estimado de P con su valor promedio. Con la selección de las amplitudes de banda para cada mes se generaron los EDKs, que posteriormente fueron transformados en frecuencias suavizadas y se obtuvieron distribuciones multimodales.

El número de modas detectado por mes varió entre dos y cuatro, con una talla modal mínima de 37 y una máxima de 140 cm L_f (Fig. 2.6). La amplitud de banda óptima empleada para la construcción de los EDKs varió de 1.01 a 24.74 de acuerdo a las reglas de Silverman (1986). En los histogramas suavizados (EDKs) se observaron dos y tres modas dominantes, las cuales se consideran grupos de peces con edad similar (cohortes).



Tabla 2.7. Estimación del número de modas y amplitudes de banda según la prueba de Silverman (1986). Datos mensuales de *Lf* para hembras de *Coryphaena hippurus* capturadas en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004-diciembre 2007.

	Muestra	No. de modas	Amplitud de banda (mm)		Valor de <i>P</i>
			Intervalo	Promedio	
2005	dic	2	5.07-6.75	5.91	0.44
	ene**	----	----	----	----
	feb				
	mar			no encontrado	
	abr			no encontrado	
	may	3	1.22-1.73	1.48	0.56
	Jun	2	4.36-8.50	6.43	0.54
	Jul				
	ago			3.68*	
	sep	3	3.43-5.01	4.22	0.75
	oct	2	3.39-11.95	7.67	0.92
	nov	2	4.09-10.63	7.36	0.70
2006	dic	2	3.91-20.9	12.4	0.99
	ene	2	4.67-14.43	9.55	0.56
	feb	2	8.32-24.26	16.29	0.71
	mar	2	2.82-4.36	3.59	0.99
	abr	3	2.88-4.36	3.62	0.76
	may	3	1.77-2.92	2.35	0.56
	jun	2	3.46-5.34	4.4	0.41
	jul				
	ago	2	3.89-5.08	4.48	0.61
	sep	3	1.96-4.17	3.06	0.97
	oct			no encontrado	
	nov	4	1.36-3.30	2.33	0.86
2007	dic**	----	----	----	----
	ene**	----	----	----	----
	feb	2	6.16-7.08	6.62	0.4
	mar	3	3.78-6.22	5.0	0.57
	abr	4	1.61-2.80	2.21	0.64
	may	2	3.58-7.23	5.40	0.52
	jun	2	4.01-5.86	4.93	0.40
	jul			no encontrado	
	ago**	----	----	----	----
	sep	2	3.07-7.82	2.4	0.46
	oct	4	1.46-1.98	1.72	0.47
	nov	2	1.88-2.88	2.34	0.63
dic	2	1.62-2.94	2.228	0.75	

** Sin capturas de dorado por mal tiempo; no encontrado: pocos datos para el análisis; *Scott



Tabla 2.8. Estimación del número de modas y amplitudes de banda según la prueba de Silverman. Datos mensuales de *Lf* para machos de *Coryphaena hippurus* capturados en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004-diciembre 2007.

	Muestra	No. de modas	Amplitud de banda (mm)		Valor de <i>P</i>
			Intervalo	Promedio	
2005	dic	2	3.73-4.66	4.11	0.5
	ene**	----	----	----	----
	feb				
	mar			no encontrado	
	abr			no encontrado	
	may	5	1.01-1.58	1.30	0.84
	Jun	3	5.01-7.05	6.03	0.50
	Jul				
	ago			3.87*	
	sep	4	3.43-5.01	4.22	.76
	oct	2	3.39-13.38	8.38	.99
	nov	2	3.62-13.69	8.66	0.78
2006	dic	2	4.55-24.74	14.64	1.0
	ene	2	3.09-13.64	8.37	0.97
	feb	2	2.93-8.43	5.68	0.90
	mar	2	3.96-15.51	9.74	1.0
	abr	3	4.01-15.9	9.95	0.99
	may	2	2.44-4.88	3.66	0.47
	jun	2	5.80-8.34	7.07	0.40
	jul				
	ago	2	3.64-8.90	6.27	0.89
	sep	4	2.41-3.94	3.17	0.41
	oct			no encontrado	
	nov	1	2.35-2.59	2.47	0.80
2007	dic**	----	----	----	----
	ene**	----	----	----	----
	feb	2	7.12-19.01	13.06	0.72
	mar	2	6.27-24.95	15.61	0.92
	abr	3	2.66-5.09	3.88	0.60
	may	2	6.31-20.36	13.33	0.85
	jun	2	3.28-19.4	11.34	1.0
	jul			no encontrado	
	ago**	----	----	----	----
	sep	3	4.01-6.42	5.22	0.62
	oct	4	1.7-2.7	2.2	0.68
	nov	1	4.20-4.92	4.56	0.43
dic	1	2.06-3.36	2.71	0.65	

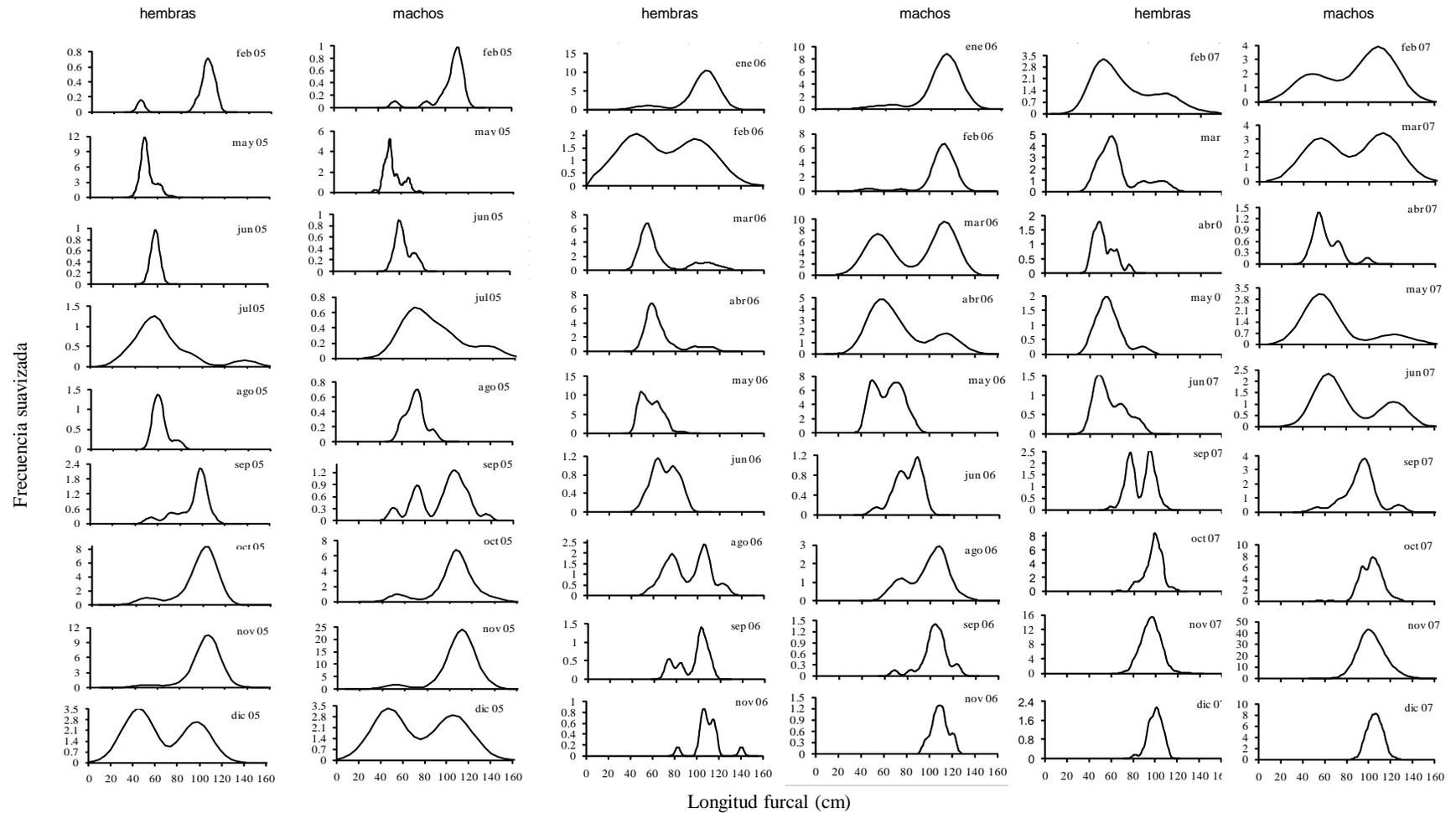


Figura 2.6. Secuencia de histogramas suavizados para machos y hembras de *Coryphaena hippurus* capturados en Pacífico Sur de México, durante diciembre del 2004 a diciembre del 2007.



Las capturas presentaron una distribución multimodal con un amplio intervalo de tallas; sin embargo, la actividad pesquera incidió particularmente sobre los organismos representados en las modas de 50 y 100 cm *Lf*. Las modas de 80 y 90 cm *Lf* fueron las menos abundantes en las capturas artesanales. A partir de marzo y hasta mayo, aumentó la presencia de hembras con tallas menores a 60 cm *Lf*, mientras que de mayo a julio sólo se capturan peces pequeños < 75 cm *Lf*. En mayo se identificaron 3 modas con tallas entre 35 y 75 cm *Lf*, y con la mayor presencia de hembras (1♂:1.5♀). De junio a agosto el dorado prácticamente desaparece del área de pesca de las embarcaciones artesanales. A partir de julio se incorporan dorados con tallas mayores a 100 cm *Lf*, y con una disminución en la proporción de hembras (1♂:1.3♀). En septiembre se observaron cuatro modas, con tallas mayores a 55 cm *Lf* y una proporción 1♂:1♀; a partir de octubre se incorporan tallas menores a 50 cm *Lf* y se observó un incremento en las capturas. Noviembre es la temporada más importante de pesca del dorado, la captura está conformada por un amplio intervalo de tallas (23 a 152 cm *Lf*) y con dos grupos modales, las tallas mayores a 100 cm *Lf* son las más abundantes. Durante noviembre y diciembre se presentó la mayor proporción de machos con tallas mayores a 100 cm *Lf* (1♂:0.5♀). En los diagramas de violín se representa la estadística descriptiva de las muestras mensuales para *C. hippurus* por sexos y año (Figs. 2.7 y 2.8).

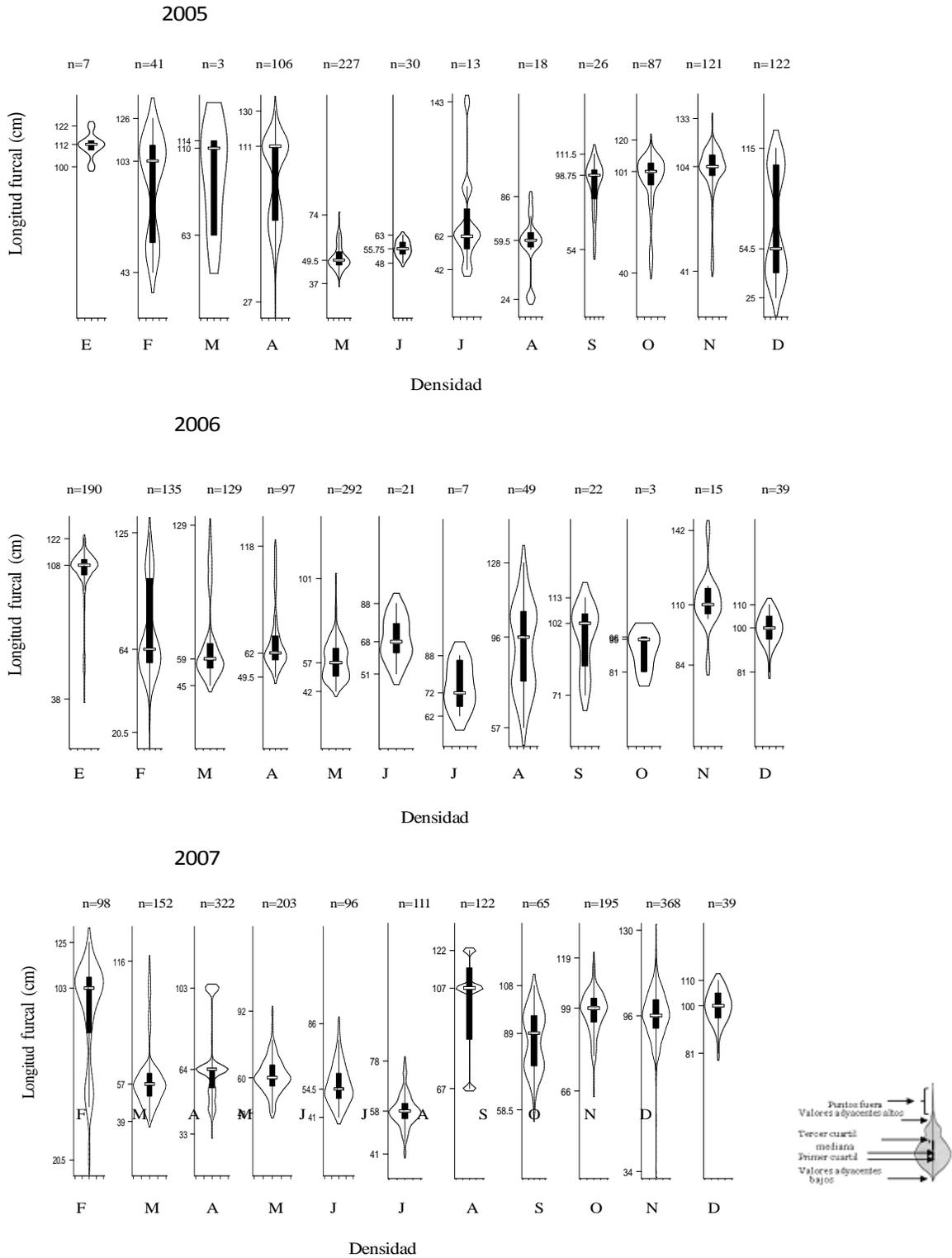


Figura 2.7. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas, hembras *Coryphaena hippurus* capturadas en el Pacífico Sur de México, 2005 – 2007.

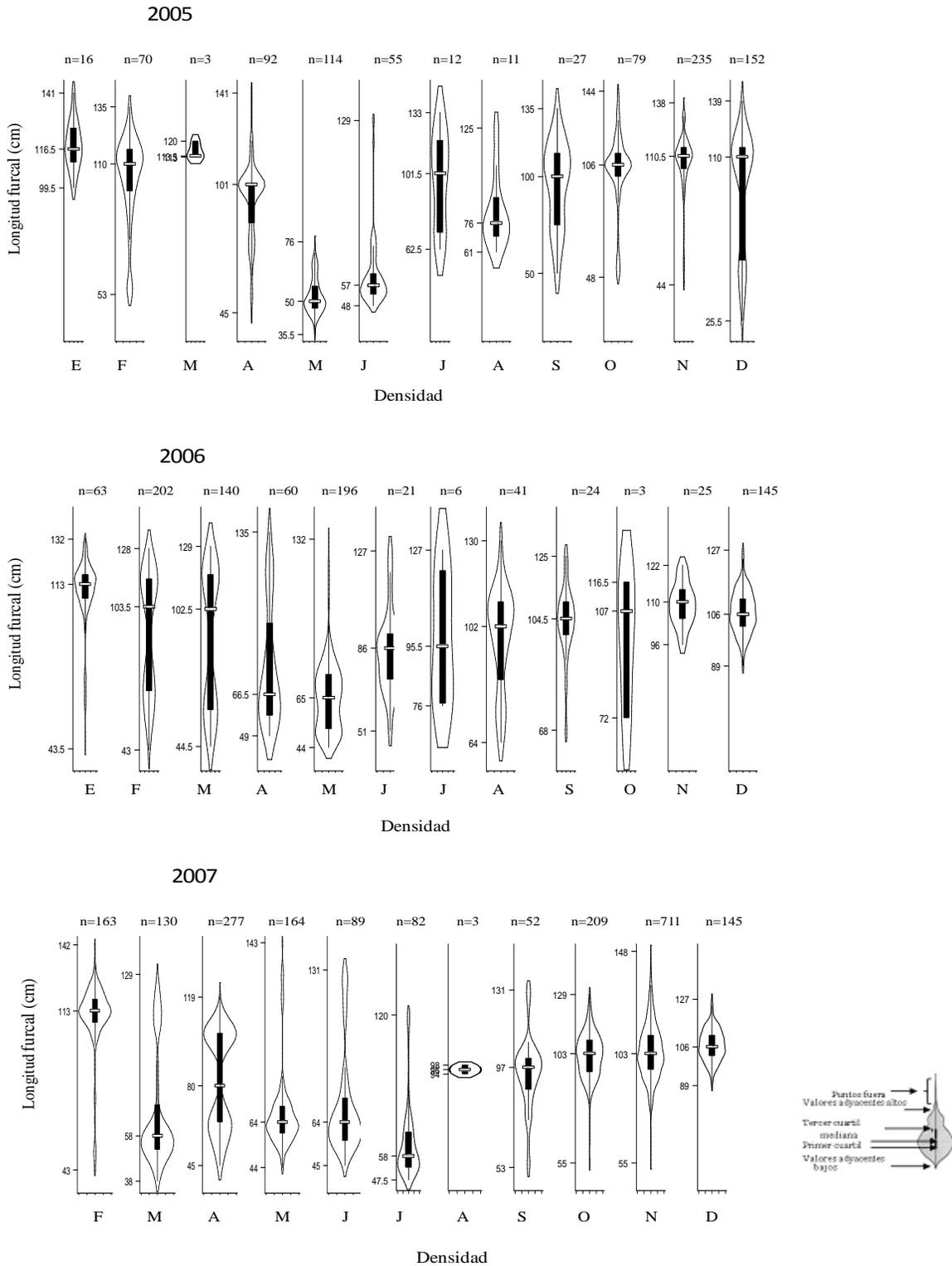


Figura 2.8. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas, machos *Coryphaena hippurus* capturados en el Pacífico Sur de México, 2005 – 2007.



2.4.4. Discusión

2.4.1. Biometrías y relación talla - peso

En la evaluación de los recursos pesqueros es usual utilizar las capturas comerciales para determinar la estructura de tallas y edad de las poblaciones explotadas (Hilborn y Walters, 1992; Sparre y Venema, 1997). Sin embargo, los datos que se obtienen durante los muestreos son muy escasos, siendo necesario calcular las tallas o pesos de los organismos completos mediante las relaciones biométricas previamente establecidas. En este trabajo se presentan las ecuaciones de conversión entre las variables útiles en evaluación pesquera. La forma del dorado y el tipo de crecimiento lineal, indican una mayor correlación entre la L_t , L_f y L_e , en comparación con el contorno (C).

La función que relaciona el peso con la talla de los individuos es necesaria para convertir a pesos las medidas de longitud registradas en el mar, y los datos de peso obtenidos en las capturas comerciales a longitudes. Esto es muy útil para examinar los patrones en la condición corporal o robustez del pez (Uchiyama y Boggs, 2006). Además, sirve como mecanismo de transformación de los modelos de crecimiento en longitud, a modelos de crecimiento en peso (Ehrhardt, 1981). Los modelos de dinámica de poblaciones típicamente usados en la evaluación de stocks de peces requieren la predicción del peso a partir de alguna medida de longitud.

La relación talla-peso mostró una alometría negativa en hembras y positiva en los machos, la diferencia en el peso para una longitud dada, parece aumentar gradualmente con el incremento de la longitud. La diferencia en el crecimiento probablemente se encuentre relacionada con la madurez sexual anticipada en las hembras, y con el desove continuo; así como a los diferentes patrones de crecimiento por el dimorfismo sexual, los machos crecen



más rápido y alcanzan tallas más grandes que las hembras. En esta especie es característica la presencia de una pronunciada cresta ósea en los machos que comienza a formarse alrededor de los 40 cm *Lf*. Estos patrones han sido documentados para la especie en el Atlántico Central (Arocha *et al.*, 1999). La relación talla-peso mensual sugiere comportamiento bimodal que bien puede estar relacionado con los patrones de abundancia estacional en el Golfo de Tehuantepec.

Son varios los trabajos que mencionan un crecimiento alométrico para el dorado, con valores promedio relativamente más bajos en las hembras que en los machos (Lasso y Zapata, 1999; Massutí *et al.*, 1999; Oxenford, 1999; Rivera y Appeldoorn, 2000; Galindo, 2005; Schwenke y Buckel, 2008; Zúñiga, 2009); y sólo algunos mencionan isometría (Castro *et al.*, 1999; Madrid y Beltran-Pimienta, 2001; Peralta, 2006). Las diferencias se pueden deber a la condición física que presenta el dorado en distintas etapas de su ciclo de vida; o bien a las características del muestreo, o el método de análisis de la información (interactivo o linearizado).

2.4.2. Estimadores de densidad por Kernel y evaluación de multimodalidad

El conocimiento de las poblaciones por medio de las tallas es fundamental ya que una población o stock está formado por grupos de generaciones anuales o cohortes cuya composición de frecuencias de tallas o edades generan una estructura poblacional dada (Sparre y Venema, 1997).

El análisis de los datos de longitud de *C. hippurus* separadas de manera mensual utilizando los EDKs y sus procedimientos estadísticos asociados, mostró la existencia de estructuras multimodales complejas para la mayoría de los meses estudiados. La distribución de tallas

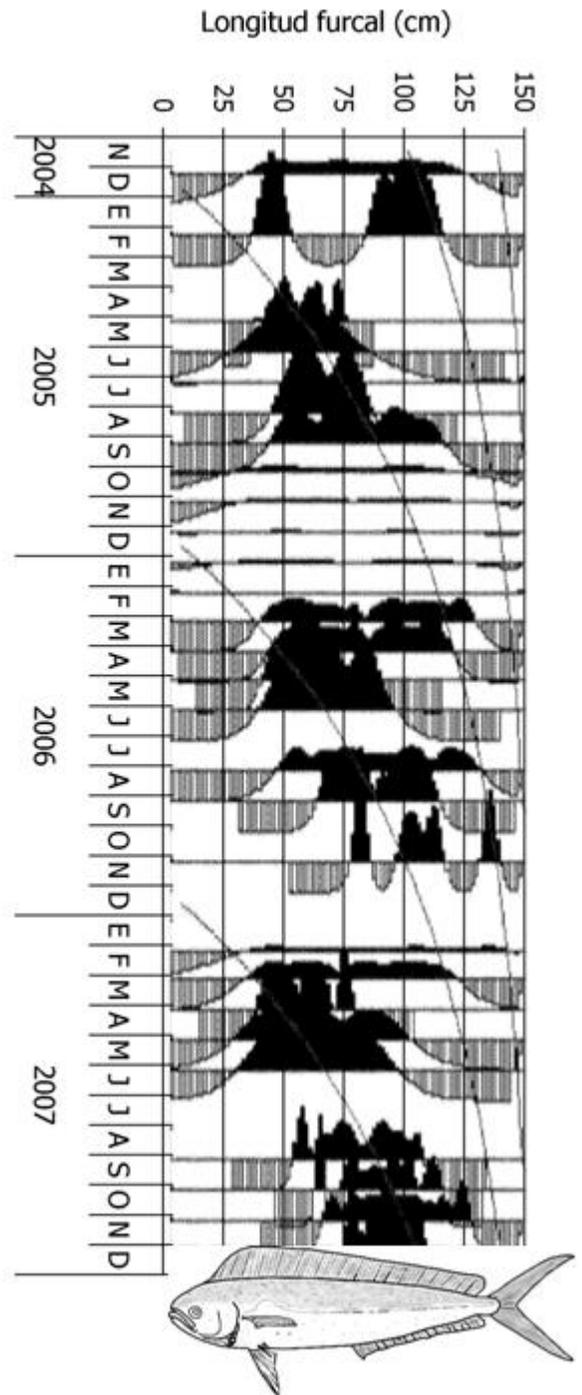
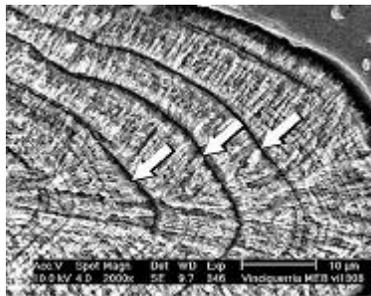


por mes es un indicativo de la incorporación permanente de individuos pequeños a la zona de pesca (20- 40 cm L_f) y el corrimiento de modas a la derecha corresponde al crecimiento de la población a lo largo del año. Durante el periodo de muestreo se observaron dos modas principales, la primera aparece antes de la temporada de lluvias (marzo-abril) y una segunda moda al inicio de la temporada de surgencias. En el Golfo de Tehuantepec el reclutamiento estaría relacionado con los períodos de mayor intensidad reproductiva de la especie, que ocurren entre marzo y abril (peces con tallas de 50 a 80 cm L_f) y de octubre-febrero ($L_f > 100$ cm), esto a su vez guardaría relación con el régimen lluvias-estiaje característico de la región. Estas oscilaciones estacionales del reclutamiento han sido reportadas en zonas tropicales (Pauly y Navaluna, 1983). Lo anterior podría estar indicando la presencia de por lo menos dos cohortes en el año, esto ha sido observado por Massuti y Morales-Nin (1995) en el Atlántico y por Kraul (1999) para el Pacífico norte.

La aplicabilidad de los métodos de análisis de frecuencia de tallas depende, sin duda, de la estructura de los datos. Los resultados obtenidos demuestran la confiabilidad de las estimaciones y son evidencia de las ventajas que puede representar el empleo del método de análisis de la distribución de frecuencia de tallas por medio de los EDKs para el análisis de tallas del dorado.

Capítulo 3

Edad y Crecimiento





Capítulo 3

Edad y crecimiento

3.1. Introducción

El dorado *Coryphaena hippurus* es una especie de rápido crecimiento, alcanza más de dos metros de longitud con un peso de hasta 30 kg, llega a la madurez sexual alrededor de los 50 cm de longitud furcal (Palko *et al.*, 1982). El dorado representa una fuente importante de alimento en el Mediterráneo, Caribe, Pacífico Tropical Oriental y EUA (Norton y Crooke, 1994; Massutí y Morales-Nin, 1995; Arocha *et al.*, 1999; Lasso y Zapata, 1999; Mahon y Oxenford, 1999; Patterson y Martínez, 1991; Schwenke y Buckel, 2008).

En el Pacífico mexicano se ha reportado una abundancia importante de dorado desde el Golfo de Tehuantepec, hasta el sur de la Península de Baja California y al interior del Golfo de California (Santana-Hernández, 2001). Por su abundancia y alta demanda del mercado, el dorado es una parte importante de la captura de la flota artesanal que opera con permisos para tiburón y peces demersales, contribuyendo con el 55 % de las capturas artesanales (Madrid y Beltrán-Pimienta, 2001). Además, se captura incidentalmente tanto por la flota atunera con redes de cerco sobre objetos flotantes, como por la pesca palangrera de tiburón. En esta última pesquería, el dorado constituye 5.2 % del total de las capturas y las aguas cercanas al Golfo de Tehuantepec presentan el mayor rendimiento (Santana-Hernández, 2001).

La determinación de la estructura por edades de una población y la tasa de crecimiento individual son importantes para el diseño de medidas de manejo de la pesquería (Beamish, 1992). La edad y crecimiento en el dorado ha sido estudiada en detalle usando anillos de crecimiento en escamas (Beardsley, 1967; Rose y Hassler, 1968; Schwenke y Buckel,



2008); por incrementos diarios en otolitos (Oxenford y Hunte, 1986; Uchiyama *et al.*, 1986; Bentivoglio, 1988; Massuti *et al.*, 1999b; Rivera y Appeldoorn, 2000; Schwenke y Buckel, 2008) y por medio de análisis de progresión modal (Wang, 1979; Patterson y Martínez, 1991; Lasso y Zapata, 1999). Además algunos estudios se han realizado en peces de edad conocida criados en cautiverio (ej. Hassler y Hogarth, 1977; Benetti *et al.*, 1995).

La estimación de la tasa de mortalidad natural (M), en el manejo de los recursos pesqueros, es crítica en el establecimiento de una correcta estrategia de explotación. Resulta difícil estimar el valor de esta tasa (Gracia, 1989); sin embargo, Vetter (1988) señala que su estimación es indispensable, ya que la mayoría de los modelos usados en pesquerías utilizan a M como el principal parámetro poblacional de entrada.

En diferentes poblaciones explotadas de peces, particularmente en zonas templadas, se han reportado un gran número de modelos que permiten estimar el valor de M (Ricker, 1975). Usualmente, los valores de M se pueden estimar mediante la aplicación de uno o varios de los siguientes métodos: (a) análisis de curvas de captura para stock ligeramente explotados (Robson y Chapman, 1961; Ricker, 1975); (b) mediante la relación entre la tasa de mortalidad total y el esfuerzo de pesca (Beverton y Holt, 1957; Paloheimo, 1980); (c) técnicas de estimación directa, usualmente costosas y limitadas (ej. marcaje) y (d) parámetros de la historia de vida y variables ambientales utilizando modelos empíricos o relaciones (Beverton, 1963; Rickhter y Efanov, 1976; Pauly, 1980; Hoening, 1983). Entre estos métodos, los modelos empíricos son los más utilizados para determinar M , ya que demandan poca información, algunos de estos modelos han sido retomados y evaluados mediante ensayo y error en zonas tropicales. En el caso del dorado, las estimaciones de



mortalidad son muy escasas (en el Caribe, Murray, 1985; en Barbados, Oxenford, 1999; en B.C.S. México, Zúñiga, 2009).

El objetivo de este apartado fue estimar la edad y determinar los parámetros de crecimiento, así como la tasa instantánea de mortalidad total (Z), mortalidad natural (M) y mortalidad por pesca (F) del dorado capturado por la pesquería artesanal en el Pacífico Sur de México. Los resultados obtenidos representan un punto de referencia con miras hacia una mejor planificación de la pesquería.

3.2. Material y Métodos

3.2.1. Toma de muestras y procesamiento

De diciembre del 2004 a diciembre del 2007 se realizaron muestreos mensuales en seis sitios de desembarco de la flota artesanal en el Golfo de Tehuantepec: Puerto Ángel, Huatulco, Puerto Escondido, Salina Cruz, Paredón y Puerto Chiapas ($13^{\circ}30' - 16^{\circ}30'N$ $92^{\circ}30' - 96^{\circ}00'W$). Las zonas de pesca están localizadas de 5 a 50 millas mar adentro.

A cada dorado se le registró la longitud furcal (L_f) con una cinta métrica flexible al 0.5 centímetro más cercano, el peso total (P , 0.1 kg) y peso de las gónadas (al 0.1 g más cercano). El sexo se reconoció por las características externas permanentes (Collete, 1995) y en los peces jóvenes por el examen macroscópico de las gónadas. La madurez gonádica se asignó mediante la observación macroscópica de las gónadas (Beardsley, 1967).

El análisis de edad y crecimiento se realizó a partir de una muestra de 266 dorados. Se removieron de 10 a 15 escamas por encima de la línea lateral al nivel de la aleta pectoral (Fig. 3.1), posteriormente fueron lavadas con KOH al 5% y montadas entre dos



portaobjetos. Las imágenes de las escamas fueron obtenidas utilizando un microscopio estereoscópico Olympus SZX-TR30 acoplado a una cámara digital Leica de 7.4 mega píxeles y a una computadora. Las imágenes digitales fueron utilizadas para medir el radio de la escama (R = distancia del foco al margen anterior de la escama) y la distancia del foco a cada uno de los anillos formados (Fig. 3.2), utilizando el programa de análisis de imagen (Motic Images Plus, version 2.0 ML, Multi Language vers. Motic Group Corporation).

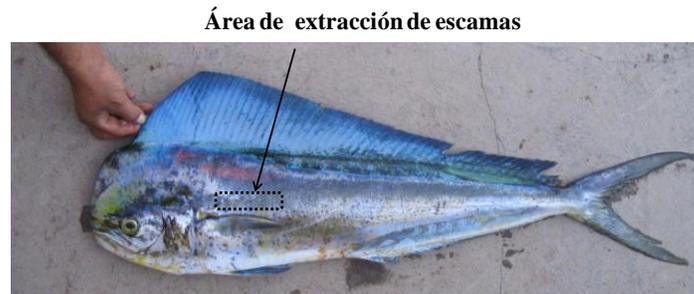


Figura 3.1. Región de extracción de escamas en *Coryphaena hippurus*, de acuerdo a Beardsley (1967).



Figura 3.2. Escama de un ejemplar de *Coryphaena hippurus* de cuatro años de edad. Se muestra el eje de medición (R).

3.2.2. Precisión de las lecturas

Las lecturas de los anillos de crecimiento fueron llevadas a cabo por dos lectores independientes en diferentes tiempos, siguiendo el método descrito por Holden y Raitt (1975). El sesgo de edad y la precisión del conteo de anillos, se examinaron usando la



gráfica de error de edad (Campana *et al.*, 1995) y el Índice del Error Promedio Porcentual (*IAPE*) (Beamish y Fournier, 1981) entre las dos lecturas de las escamas.

$$I A P E = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right] * 100$$

donde,

N = número de muestras, R es el número de veces que se leerá la muestra, X_{ij} es la edad i determinada para el pez j y X_j es el promedio de las edades determinadas para el pez j .

Asimismo se estimó el promedio del coeficiente de variación entre las lecturas (CV):

$$C V = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}}{R - 1}$$

3.2.3. Incremento marginal

La relación entre la longitud furcal (L_f) y el radio de la escama (R) se estimó mediante el modelo lineal ($L_f = a + b R$) y se comparó por sexo utilizando el análisis de covarianza (ANCOVA). Para establecer la fecha en que se formó el anillo de crecimiento y para validar su periodicidad, se estimó el incremento marginal (IM) usando la relación propuesta por Lai y Liu (1979):

$$I M = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

donde, R es el radio de la escama, r_n es la distancia del foco al borde inferior del último anillo, r_{n-1} es la distancia que va del foco al penúltimo anillo.

Para medir el IM únicamente se utilizaron peces que presentaron al menos un anillo en sus escamas. La formación de las marcas de crecimiento en las escamas se relacionó con el



índice gonadosomático ($IGS = \text{peso de la gónada} / \text{peso del cuerpo} \times 100$), madurez gonádica y actividad de desove.

3.2.4. Validación

Estimadores de densidad por Kernel (EDKs) y Bhattacharya (1967)

Para comparar y validar la lectura de escamas se utilizó el método indirecto de análisis de distribución de frecuencia de tallas a través de los estimadores de densidad por kernel (EDKs) en conjunto con el método de de Bhattacharya (1967), para determinar los componentes de las curvas polimodales (Salgado-Ugarte *et al.* 1994, Salgado-Ugarte 2002). Para especificar el ancho de banda adecuado, se aplicó la prueba de Silverman (1986) basada en un muestreo repetitivo con reemplazamiento (bootstrap) con las rutinas para Stata 9.0 (Stata Corporation 2003) propuestas por Salgado-Ugarte *et al.* (2002, 2005). Esta prueba sugiere un ancho de intervalo resultante en un número de modas estadísticamente significativo en cada mes de muestreo (Ver capítulo 2). Los EDKs con la banda apropiada de cada mes se emplearon para determinar las clases de talla y su distribución temporal.

3.2.5. Retrocálculo de longitudes

El análisis retrospectivo o retrocálculo es una técnica que permite utilizar la información para estimar longitudes corporales en edades o etapas previas de la historia de vida a través de relaciones entre mediciones realizadas en la estructura dura y las dimensiones del pez (Araya y Cubillos, 2001). Para cada ejemplar muestreado se estimó la longitud probable de cada una de las edades anteriores de su captura. Este análisis se realizó para hembras y machos. Para ello se relacionaron los radios parciales correspondientes y el radio total de la



escama, así como la longitud del organismo de acuerdo a la ecuación de Fraser-Lee (Francis, 1990):

$$Lf_i = a + \left(\frac{Rn_{(i)}}{Rt} \right) * (Lf - a)$$

donde,

Lf_i = la longitud furcal retrocalculada a la edad i (cm)

$Rn_{(i)}$ = Radio parcial de la escama a marca de la edad i

Rt = Radio total de la escama

Lf = Longitud furcal observada (cm)

a = intercepto del modelo lineal entre el Rt de la escama y la Lf

3.2.6. Parámetros de crecimiento

El crecimiento fue descrito usando la función de crecimiento de von Bertalanffy (*FCVB*):

$$Lf = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

donde,

Lf es la longitud furcal a la edad t

L_{∞} , es la longitud asintótica o talla máxima a la que tiende un organismo muy longevo

k , es la tasa de crecimiento o constante catabólica

t_0 , es la edad teórica que el pez debería tener cuando su longitud fuera cero, o el momento a partir de donde el individuo empieza a crecer.

Los parámetros de crecimiento de la *FCVB* se estimaron para la población, hembras y machos. Los valores medios obtenidos de los componentes gaussianos determinados en los EDKs y de la lectura de los anillos de crecimiento en las escamas, fueron utilizados para estimar los parámetros de la *FCVB* mediante los siguientes métodos:

• Gráfico de Gulland y Holt (1969). Considerado como una variación del gráfico de Ford-Walford. El método se basa en el uso de un constante intervalo de tiempo Δt . Los



parámetros de crecimiento derivan de Sparre y Venema (1997). Por este método se estima el valor de L_{∞} y k .

- Gráfico de Beverton y Holt (1957). Se utilizó para estimar k y t_0 para una L_{∞} dada, la cual puede obtenerse de alguno de los métodos mencionados.
- Pauly (1984). Estimación de L_{∞} utilizando la relación: $L_{\infty} = L_{max} / 0.95$, donde L_{max} es la longitud del organismo más grande de la muestra.
- Los parámetros L_{∞} , k y t_0 fueron estimados a partir de la regresión no lineal simple usando el algoritmo de Marquardt, usando las rutinas de Stata 9.0 propuestas por Salgado-Ugarte *et al.* (2005). Las diferencias entre FCVB por sexos se analizaron utilizando la prueba T^2 de Hotelling (Bernard 1981, Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

Para valorar que método es el mejor en cuanto al ajuste a los valores observados, se realizaron pruebas de bondad de ajuste usando la prueba de χ^2 cuadrada y de correlación de Pearson.

La relación entre el peso total (P) y la longitud furcal (L_f) fue calculada con la función $P = a \cdot L_f^b$ (Zar, 1999). Se evaluó la isometría de la pendiente obtenida con la prueba t -Student. El peso para todas las edades fue obtenido con los datos de crecimiento en longitud y la función peso-longitud. El crecimiento en peso se obtuvo sustituyendo la L_f y L_{∞} para P y P_{∞} (peso asintótico) respectivamente, en la ecuación de von Bertalanffy.

3.2.6.1. ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis)

Los parámetros L_{∞} y k fueron validados por un método independiente basado en longitudes, utilizando ELEFAN I, procedimiento incluido en el paquete FiSAT II (FAO-Iclarm Stock Assessment Tools) (Pauly y Gaschütz, 1979). Se aplicó para toda la población y para los dorados con tallas menores a 70 cm L_f .



Con el valor de amplitud de banda sugerido por la prueba de Silverman en conjunto con las marcas de clase para las muestras mensuales, se estimaron las densidades correspondientes y éstas se convirtieron en frecuencias (número de individuos). Posteriormente se obtuvieron las frecuencias suavizadas, cada una con su correspondiente amplitud de banda, evitando así asignar un valor único para todas las muestras mensuales pero calculadas en todos los casos en los mismos puntos (equivalentes a marcas de clase), se incorporaron los valores al programa FiSAT II. A través de la rutina ELEFAN I se estimaron los valores de los parámetros L_{∞} y k del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Gayanilo *et al.*, 1989; Gayanilo *et al.*, 2002). Los valores de crecimiento (L_{∞} y k) fueron seleccionados del mejor ajuste, de acuerdo a la técnica de superficie de respuesta. Este algoritmo se aplicó para toda la población y para los dorados con tallas menores a 70 cm L_f .

3.2.6.2. Prueba de T^2 de Hotelling

Se empleó la prueba T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) para comparar las curvas de crecimiento para cada sexo. Esta prueba asume que los estimados de L_{∞} , k y t_0 fueron obtenidos de dos distribuciones normales de probabilidad conjunta, con tres variables y una varianza común. Por este procedimiento, las diferencias en los parámetros de la FCVB de dos grupos de peces se evalúan simultáneamente con las covarianzas de todos los valores de los parámetros incluidos en la prueba (Bernard, 1981; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$T^2 = \frac{N_1 N_2}{N_1 + N_2} [\vec{P}_1 - \vec{P}_2]' S^{-1} [\vec{P}_1 - \vec{P}_2]$$

donde N_1 y N_2 es el número de peces de cada grupo; \vec{P}_1 y \vec{P}_2 son vectores columna de los valores paramétricos estimados a partir de las medias de cada edad y longitud en dos



grupos de peces, $[\vec{P}_1 - \vec{P}_2]$ es la matriz transpuesta de $[\vec{P}_1 - \vec{P}_2]$, siendo ésta un vector columna de las diferencias entre los estimados de los mismos parámetros de crecimiento de los dos grupos de peces y S^{-1} es la inversa de la matriz varianza-covarianza de los parámetros de crecimiento de ambos grupos. El valor calculado del estadístico T^2 se utilizó para probar la hipótesis nula $H_0: \vec{P}_1 = \vec{P}_2$ contra la hipótesis alternativa $H_A: \vec{P}_1 \neq \vec{P}_2$.

Debido a que la T^2 es la generalización multivariada de la t -Student univariada, el valor de las tablas del estadístico F (con algunas modificaciones) se utiliza para probar la significancia del valor de T^2 de acuerdo a la siguiente equivalencia:

$$T_0^2 = \frac{3(N_1 + N_2 - 2)}{N_1 + N_2 - 4} F_{\alpha: 3, N_1 + N_2 - 4}$$

Donde F es obtenida de una tabla estándar (o calculada con la fórmula o procedimiento correspondiente incluidas en hojas de cálculo o paquetes estadísticos) con 3 y $N_1 + N_2 - 4$ grados de libertad. Si el valor de $T^2 < T_0^2$ no se rechaza H_0 ; si $T^2 > T_0^2$, se rechaza H_0 .

Debido a que esta prueba exige que los parámetros L_∞ , k y t_0 sean estimados conjuntamente y que éstos se encuentren correlacionados en el modelo de crecimiento utilizado para su estimación, sólo se pueden comparar los resultados obtenidos mediante la técnica de regresión lineal simple (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

3.2.7. Estimación del índice de crecimiento estándar ϕ'

Como criterio para comparar las curvas de crecimiento obtenidas por diferentes autores, se utilizó el índice de crecimiento estándar ($\phi' = \log k + 2 \log L_\infty$) (Munro y Pauly, 1983), el



cual proporciona un parámetro unificado de crecimiento y no muestra variaciones marcadas como L_{∞} y k en forma individual (Defeo *et al.*, 1992; Leonce-Valencia y Defeo, 1997).

3.2.8. Mortalidad y longevidad

3.2.8.1. Mortalidad Total (Z)

Los modelos empleados para estimar M y Z fueron utilizados por diferentes autores en pesquerías de dorado en otras latitudes (Bentivoglio, 1988; Oxenford, 1999; Zúñiga, 2009).

Para la estimación de la mortalidad total (Z) se emplearon dos métodos basados en la edad: *i*) el método de la curva de captura linealizada (Robson y Chapman, 1961), *ii*) el modelo de Beverton y Holt (1957). En la aplicación de ambos métodos se utilizó información de composición por edades de las capturas obtenidas de los registros mensuales durante tres años. El análisis se realizó para la población total y por sexos.

➤ Método de Robson y Chapman (1961)

Este método proporciona una estimación del coeficiente Z a partir de los datos de capturas totales por grupos de edad, es aplicado cuando el esfuerzo de pesca y la mortalidad total se consideran constantes o sin tendencia neta durante el periodo de estudio. La relación es:

$$\ln C (t_1, t_2) = a - b * t$$

donde,

$C (t_1, t_2)$ = número de organismos entre dos edades

t = edad

El valor de de la pendiente (b) representa una estimación promedio de la mortalidad total (Z).

La fracción que sobrevive es:

$$S = e^{-Z}$$



➤ Método de Beverton y Holt (1957)

En la aplicación de este método fue necesario utilizar la longitud de madurez poblacional (L_{50}) (estimada en el capítulo 4), así como los parámetros de crecimiento del *FCBV*. La expresión del método de Beverton y Holt (1957) basada en edades es la siguiente:

$$Z = \frac{1}{\bar{t} - t'}$$

donde,

Z = Mortalidad total

t' = Edad en la que todos los peces de esa edad y más viejos están sometidos a una explotación plena

\bar{t} = Edad media de todos los peces de edad t'

Para la determinación de t' , se usaron las longitudes de madurez poblacional. La elección de la L_{50} como la L' que es equivalente a t' , fue debido a que se considera que a esa talla/edad, los dorados llegan a someterse a la explotación por parte de la pesquería artesanal en el área de estudio. Para estimarla se utilizó la siguiente fórmula:

$$t' = t_0 - \frac{1}{k} * \ln \left(1 - \frac{L'}{L_{\infty}} \right)$$

3.2.8.1. Mortalidad Natural (M)

La estimación de la tasa de mortalidad natural (M) se realizó para machos, hembras y sexos combinados. Se emplearon los siguientes modelos:



Modelo de Taylor (1960)

A partir de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (1938) y el tiempo requerido para que un organismo obtenga el 95% de L_{∞} ($A_{0.95}$):

$$M = \frac{2.996}{A_{0.95}}$$

$$A_{0.95} = \ln(1-0.95)/k + t_0.$$

donde, M es la tasa de mortalidad natural, $A_{0.95}$ es la longevidad máxima que alcanza un organismo en la población, k y L_{∞} son parámetros de crecimiento de la *FCVB*, 2.996 es una constante que indica el tiempo requerido para que un reproductor obtenga el 95% de L_{∞} .

Método de Pauly (1980)

Este modelo proporciona una estimación de M en función de k , L_{∞} y el registro promedio anual de la temperatura superficial del mar (TSM, °C):

$$M = 0.8 * \exp[-0.0152 - 0.279 * \ln L_{\infty} + 0.6543 * \ln k + 0.463 * \ln T]$$

Los registros históricos de TSM se obtuvieron de las mediciones por boya contenidas en Climate Diagnostic Center of the National Oceanography and Atmospheric Administration (NOAA, http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/IGOSS/.nmc/.Reyn_SmithOIV2/.monthly/.sst/) Se obtuvo el promedio anual de la TSM en las coordenadas: 13°30' - 16°30' N 92°30' - 96°00' O.

Para calcular la tasa de mortalidad por pesca (F) se utilizó la relación que existe entre la mortalidad total (Z) y natural (M) (Ricker, 1975):

$$F = Z - M$$



La variabilidad de M estimada a través de los diferentes métodos se realizó mediante remuestreo con reemplazo o bootstrap (Efron, 1985) evaluado numéricamente por medio de ensayos de Monte Carlo que básicamente consistió en generar muestras aleatorias desde una distribución de probabilidades conocidas. La variabilidad, se midió en términos de la desviación estándar del análisis de Monte Carlo y para asegurar la estabilidad de los estimadores, se utilizaron 1000 muestras. La desviación estándar se expresó como:

$$d. e. (M) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (M_i - \bar{M})^2}{m - 1}}$$

Donde, m es el número de muestras (1000) y M_i es la tasa de mortalidad natural para la muestra i , siendo la mortalidad natural promedio:

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^m M_i}{m}$$

En la obtención de las muestras aleatorias de M , se emplearon los errores estándares de los parámetros de las ecuaciones de los diferentes métodos citados.

3.3. Resultados

3.3.1. Análisis de precisión de las lecturas

Durante el periodo de estudio se midieron 7,371 dorados, de estos 3,494 fueron hembras y 3,877 machos. El intervalo de talla fue de 20.5 a 152 cm L_f para los machos y de 20.5 a 129 cm L_f en las hembras. A tallas mayores a 100 cm L_f se observó una proporción de 67% machos y 33% hembras (Fig. 3.3).



La determinación del número de marcas depositadas en cada escama se realizó en 266 peces, alcanzando un buen nivel de acuerdo entre los dos lectores (90.6%, $n = 241$ mediciones), mientras que 5.6% ($n = 15$) presentaron dudas entre lectores y 3.76% ($n = 10$) fueron no legibles, por lo que se excluyeron. La comparación en el conteo de anillos entre ambos lectores no indicó un sesgo apreciable (Fig. 3.4) y el valor del *IAPE* (1.32%) y del *CV* (1.8695) se consideraron aceptables. Las lecturas de ambos lectores pueden considerarse indistintamente (Campana, 2001), en este trabajo se usaron las lecturas del primer lector.

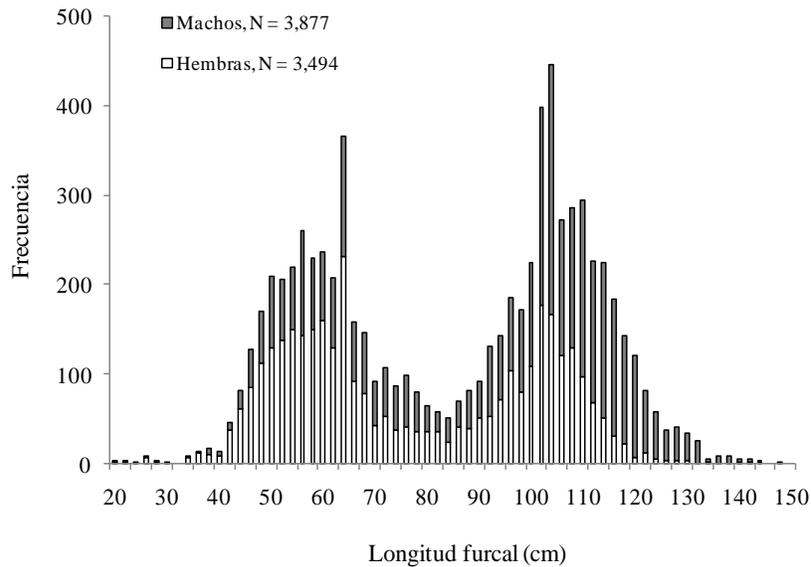


Figura 3.3. Distribución de frecuencia de longitud para hebras y machos de *Coryphaena hippurus* capturados por pesca artesanal en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004 a diciembre del 2007.

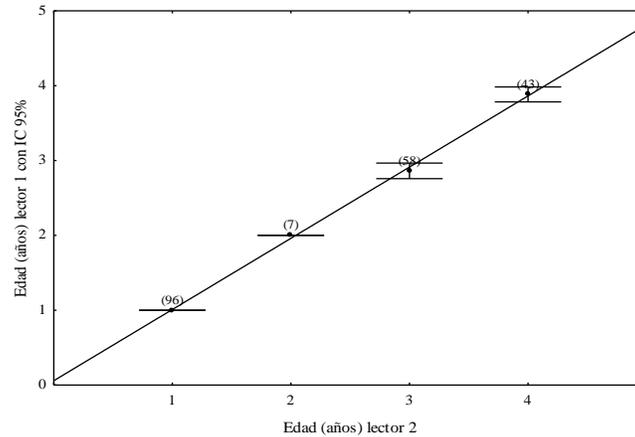


Figura 3.4. Gráfica de error de edad para comparaciones pareadas de los conteos de anillos realizados por dos lectores de edad independientes. Cada barra de error representa el intervalo de confianza al 95% para la edad media asignada por uno de los lectores a todos los peces a los cuales les asignó una edad el otro lector. Se representa también línea de equivalencia 1:1.

3.3.2. Incremento marginal (*IM*)

La relación lineal *Lf* - radio de la escama (Fig. 3.5) fue significativa para machos y hembras ($r^2 = 0.9216$, $P < 0.01$). El análisis de covarianza de *Lf* y *R* indicó que no hay diferencias significativas entre sexos (ANCOVA: $F = 0.13$, $gl = 2$, $P = 0.7156$) (Tabla 3.1) y la relación *Lf* - *R* fue descrita para sexos combinados por una función lineal ($P < 0,01$). Lo anterior indica que las escamas son estructuras adecuadas para estimar el tamaño (*Lf*) del dorado.

La relación entre el crecimiento del pez y el crecimiento de la escama no está influenciada por el sexo (ANCOVA: $P = 0.7156$). Así, el *IM* se estimó únicamente con la relación de sexos combinados y es válido tanto para hembras como para machos. Para medir el *IM* únicamente se usaron peces que presentaron al menos un anillo en sus escamas. Para los peces que tienen uno y dos anillos se observó un valor mínimo del *IM* en abril-mayo y en



noviembre-diciembre. En mayo no se capturan organismos grandes por la pesca artesanal, por lo que no se cuenta con muestras suficientes para determinar la formación de los anillos tres y cuatro; sin embargo, se observa una tendencia a la disminución del *IM* a partir de abril.

En la Figura 3.6 se presenta el análisis del *IM* mensual incluyendo los cuatro anillos. La fluctuación mensual de *IM* muestra una dispersión importante en el ancho del margen de la escama, lo cual es debido a que para el análisis se utilizaron organismos en un amplio intervalo de tallas (45-135 cm *Lf*). El crecimiento marginal fue claramente variable (ANOVA: $P = <0.001$), esta variabilidad refleja diferencias individuales en el momento de inicio del crecimiento y en la tasa de crecimiento durante la temporada en que ocurre el incremento. Los cambios del *IM* promedio mensual presentaron una tendencia decreciente a partir de abril, con una abrupta disminución en mayo, lo que indica que durante este período se ha estado formando un anillo en el borde de la escama. Posteriormente dio inicio la formación de una nueva zona de crecimiento en la escama, reflejándose en un aumento del *IM* en agosto. Lo anterior sugiere la formación de un anillo anual. De mayo a septiembre (temporada de lluvias) se registraron los menores valores de *IM* y valores de $TSM > 29$ °C para todo el estudio, independientemente del indicativo de la formación del anillo (Fig. 3.7).

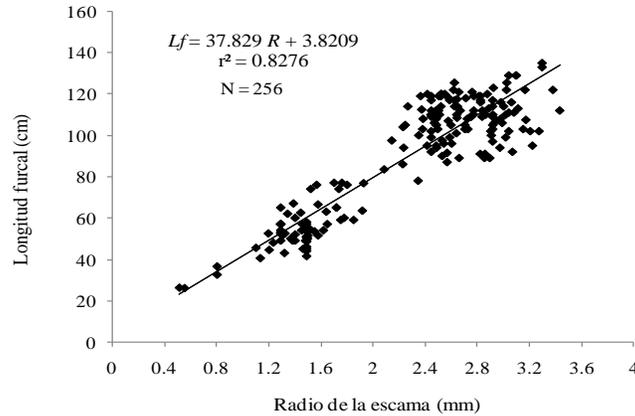


Figura 3.5. Relación radio de la escama y la longitud furcal (cm) para sexos combinados de *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México.

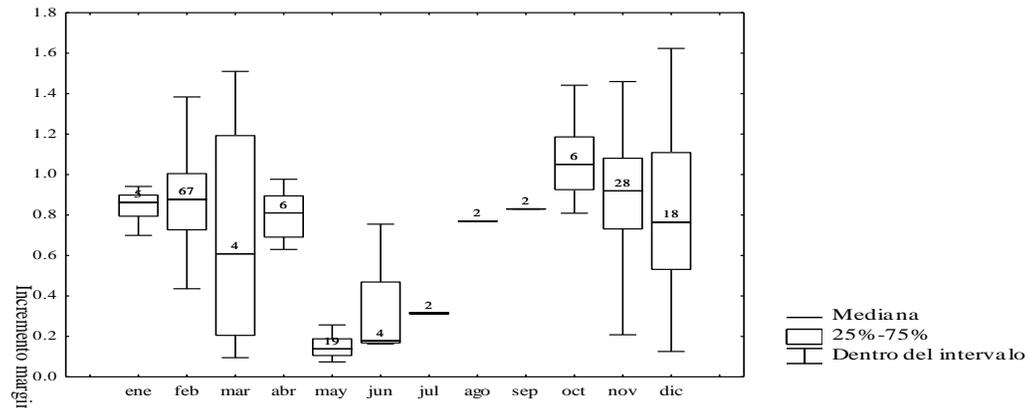


Figura 3.6. Cambios mensuales en el incremento marginal para sexos combinados de *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México. El número dentro de la caja indica el tamaño de muestra.

El IGS mostró diferencias significativas a lo largo del año ($H_{(11, 732)} = 610.666, P < 0.001$), con los valores más altos de septiembre a noviembre, y de febrero a marzo; valores significativamente bajos se observaron en mayo (Fig. 3.8), donde además se presentó la mayor proporción de hembras en actividad de desove (E IV). Por lo que se desprende que el periodo de formación del anillo coincide con el inicio de la estación de desove.

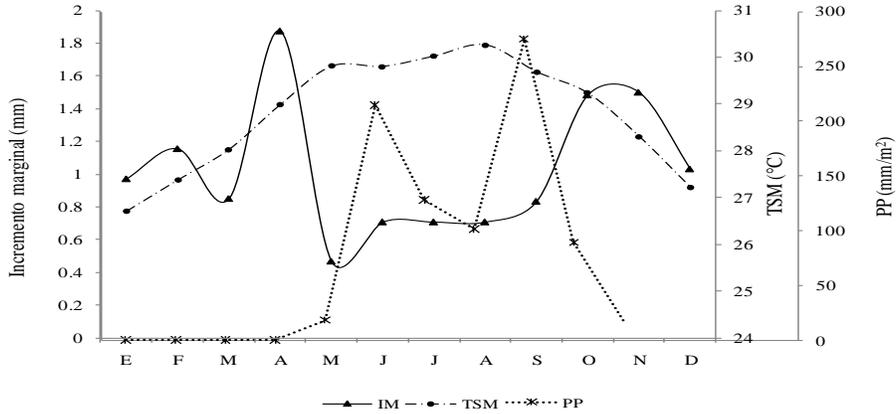


Figura 3.7. Incremento marginal mensual (*IM*) con respecto a la temperatura superficial del mar (*TSM*) y la precipitación pluvial (*PP*).

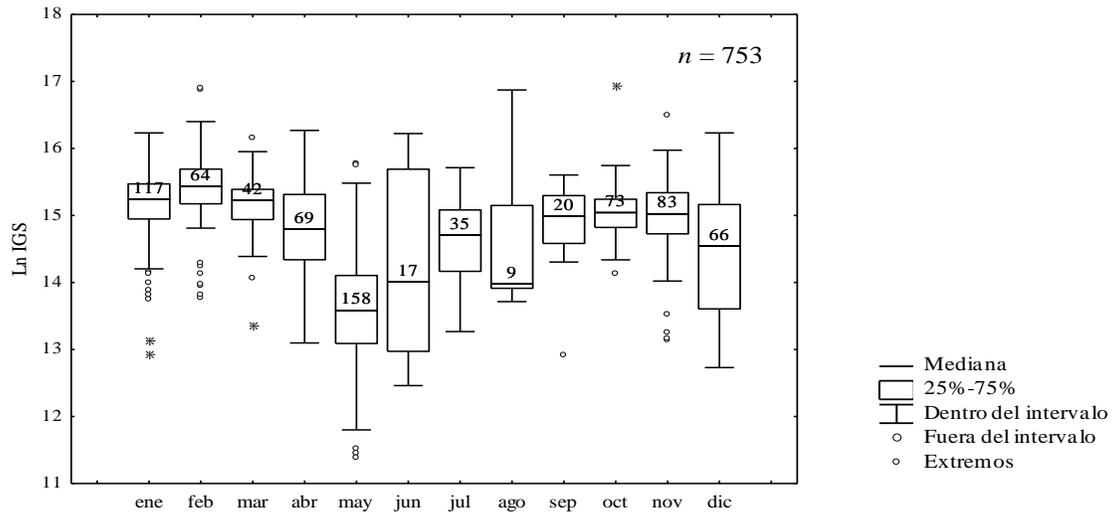


Figura 3.8. Diagrama de cajas del logaritmo natura (*Ln*) del índice gonadosomático (*IGS*) para hembras de *Coryphaena hippurus*. El número dentro de la caja indica el tamaño de muestra.

3.3.3. Estructura de edades

Las longitudes a edad 0+ fueron altamente variables 26-59 cm *Lf*, quedando bien representados los dorados pequeños y se reduce la variabilidad asociada con longitudes a la edad cero, los sexos se encuentran igualmente bien representados. 40% de las escamas no



presentaron anillo de crecimiento, se consideraron en edad 0+. El análisis de escamas identificó cinco grupos de edad en ambos sexos (Tabla 3.1 y Figura 3.9). Más de la mitad de la captura artesanal correspondió a las edades de 0+ y 1 año, con una longitud promedio de 58 cm L_f (Fig. 3.10).

Tabla 3.1. Intervalo de talla por grupo de edad de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México. n = número de escamas; L_f = Longitud furcal; DE = desviación estándar.

Edad	machos					hembras				
	n	Promedio (L_f)	DE	Intervalo L_f (cm)	%	n	Promedio (L_f)	DE	Intervalo L_f (cm)	%
0+	32	43.0	6.711	37-54	23.8	79	46.9	10.587	26-59	52.2
1	17	57.7	12.196	57-84	16.2	18	58.4	9.469	46-76	13.2
2	7	103.9	10.494	89-114	6.7	11	103.7	7.322	91-114	8.1
3	29	111.8	6.949	96-124	27.6	19	111.4	3.976	104-120	14.0
4	27	125.9	4.914	120-135	25.7	17	125.5	3.970	120-135	12.5

3.3.4. Retrocálculo de longitudes

Un método adicional para estimar el crecimiento se llevó a cabo mediante el uso del retrocálculo, a partir de la lectura de anillos en escamas y considerando sexos combinados debido a que no existen diferencias significativas en el crecimiento de las escamas entre los sexos (ANCOVA, $P > 0.05$; $F = 13.0$) (Tablas 3.2).

Si se consideran las longitudes promedio de larvas de dorado en preflexión (5.1 mm) reportadas por Sánchez (2008) para el Pacífico mexicano y de acuerdo a las longitudes obtenidas con el retrocálculo, se infiere que durante el primer año de vida los dorados



incrementan su tamaño en 99.1%; para el segundo año 20%, disminuyendo a un 12% en el tercer y cuarto año. El crecimiento del dorado, es muy rápido ya que en dos años alcanza tallas mayores a 80 cm *Lf*.

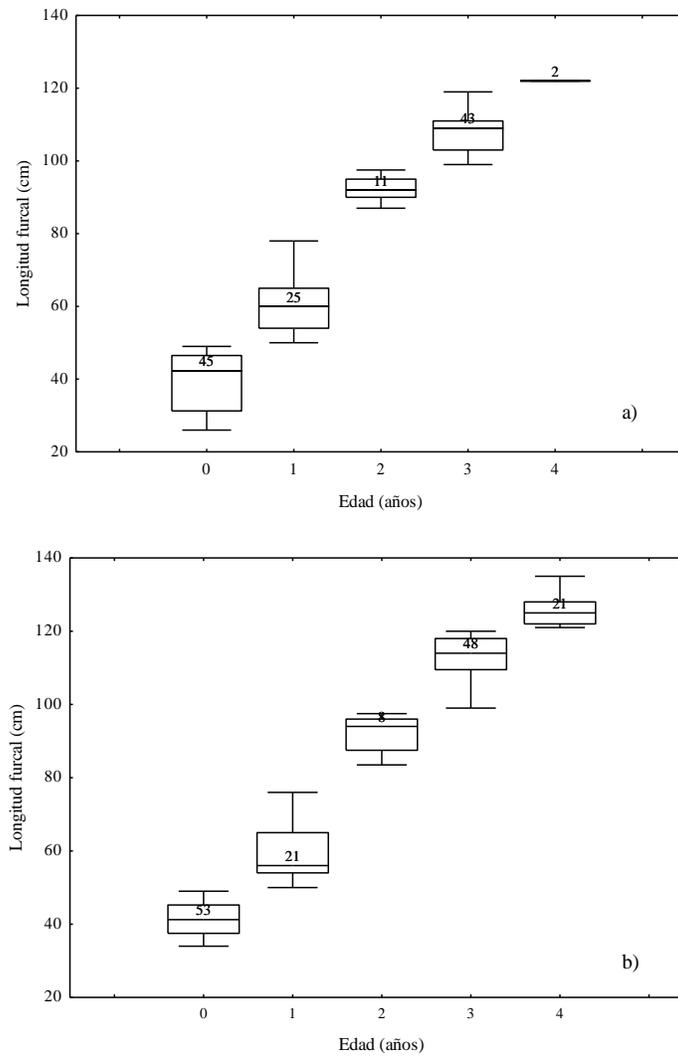


Figura 3.9. Distribución de edades mediante el uso de escamas para *Coryphaena hippurus*, capturado en el Pacífico Sur de México, a) hembras y b) machos.



Tabla 3.2. Análisis de retrocálculo por el método de Fraser-Lee para sexos combinados de *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México; n = número de escamas, longitud furcal = L_f (cm), DE = desviación estándar.

Edad	L_f min	L_f máx.	L_f promedio	DE	n
0+	26	49	40.4	6.8304	98
1	45.0	95.4	76.20	13.5340	35
2	80.7	107.3	94.85	5.6214	18
3	82.6	116.1	104.33	6.0689	48
4	110.7	125.9	116.46	3.6596	44

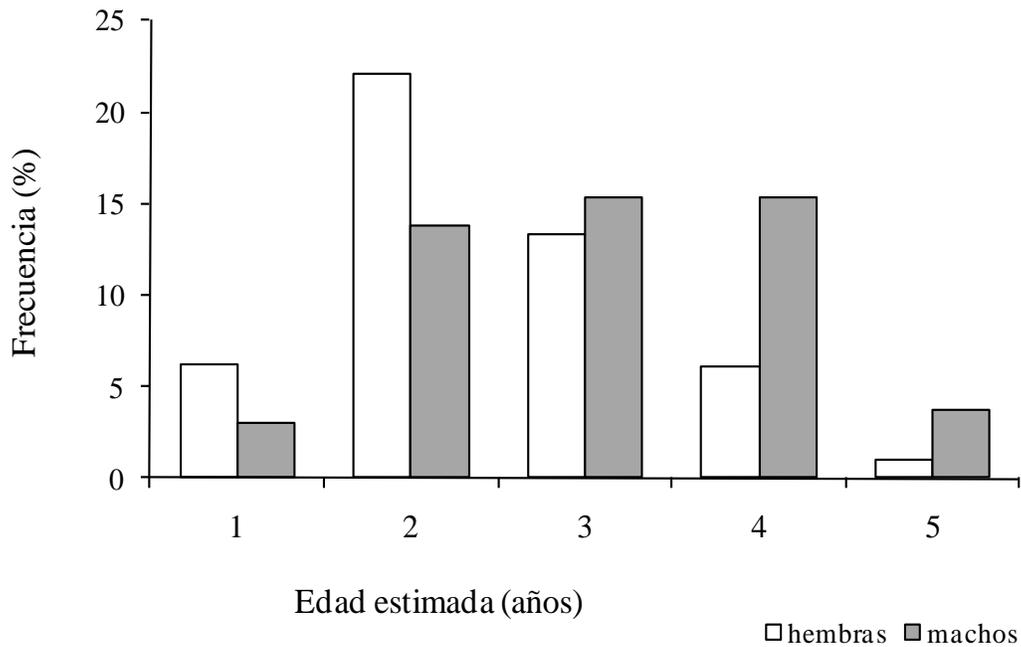


Figura 3.10. Distribución de individuos por edad estimada (años) del dorado *Coryphaena hippurus* en las capturas artesanales en el Pacífico Sur de México.



En la Tabla 3.3 se muestra la clave talla-edad para sexos combinados; en las tablas 3.4 y 3.5 se presenta la composición por edades de las capturas anuales de dorado por la pesca artesanal

Tabla 3.3. Talla-edad para el dorado capturado por pesca artesanal en el Pacífico Sur de México

Grupo de talla (cm)	Edad				
	0	1	2	3	4
25-30	1				
30-35	1				
35-40	1				
40-45	1				
45-50	0.89	0.11			
50-55	0.11	0.89			
55-60		1			
60-65		1			
65-70		1			
70-75		1			
75-80		0.88	0.12		
80-85			1		
85-90			1		
90-95			0.92	0.08	
95-100			0.30	0.70	
100-105				1	
105-110				1	
110-115				1	
115-120				1	
120-125					1
125-130					1
130-135					1



Tabla 3.4. Composición por edades de las capturas artesanales para hembras de *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México.

Grupo Talla (cm)	2005 captura	Edad					2006 captura	Edad					2007 captura	Edad					
		0	1	2	3	4		0	1	2	3	4		0	1	2	3	4	
25-30	3	3					2	2					2	2					
30-35	4	4					0						0						
35-40	7	7					0						2	2					
40-45	47	47					21	21					22	22					
45-50	72	64.1	7.9				38	33.8	4.2				82	73	9				
50-55	108	11.9	96.1				92	10.1	81.9				87	9.6	77.4				
55-60	89		89				109		109				154		154				
60-65	93		93				154		154				197		197				
65-70	51		51				121		121				242		242				
70-75	14		14				79		79				64		64				
75-80	19		16.7	2.3			50		44	6			39		34.3	4.7			
80-85	11			11			26			26			39			39			
85-90	9			9			16			16			56			56			
90-95	14			12.9	1.1		15			13.8	1.2		74			68	6		
95-100	25			7.5	17.5		16			4.8	11.2		134			40.2	93.8		
100-105	52			0	52		33				33		171				171		
105-110	73			0	73		73				73		209				209		
110-115	68			0	68		124				124		98				98		
115-120	101			0	101		57				57		26				26		
120-125	13			0	0	13	15					15	9						9
125-130	4			0	0	4	14					14	6						6
130-135	3			0	0	3	3					3	2						2
135-140	2			0	0	2	1					1	0						0

Tabla 3.5. Composición por edades de las capturas artesanales para machos de *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México.

Grupo Talla (cm)	2005 captura	Edad					2006 captura	Edad					2007 captura	Edad					
		0	1	2	3	4		0	1	2	3	4		0	1	2	3	4	
25-30	0						0						0						
30-35	2	2					0						0						
35-40	2	2					0						0						
40-45	8	8					0						2	2					
45-50	21	18.7	2.3				11	9.8	1.2				14	12.5	1.5				
50-55	60	6.6	53.4				50	5.5	44.5				45	5	40				
55-60	70		70				46		46				109		109				
60-65	39		39				62		62				108		108				
65-70	22		22				62		62				158		158				
70-75	22		22				60		60				60		60				
75-80	17		15	2.04			64		56.3	7.7			43		37.8	5.2			
80-85	21			21			44			44			28			28			
85-90	3			3			18			18			37			37			
90-95	16			14.72	1.28		25			23	2		55			50.6	4.4		
95-100	20			6	14		15			4.5	10.5		113			33.9	79.1		
100-105	38				38		36				36		189				189		
105-110	109				109		88				88		363				363		
110-115	112				112		126				126		237				237		
115-120	130				130		111				111		192				192		
120-125	82					82	126					126	106						106
125-130	25					25	53					53	67						67
130-135	39					39	26					26	36						36
135-140	5					5	3					3	27						27



3.3.5. Crecimiento en longitud

En la tabla 3.6 se presentan los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (L_{∞} , k y t_0) estimados utilizando diferentes métodos. Se tomaron en consideración los valores de r^2 , el mejor método en todos los casos fue la regresión no lineal que además permitió estimar los tres parámetros a la vez (Fig. 3.11).

La curva de crecimiento de los valores estimados del peso asintótico fueron $P_{\infty} = 25.26$ kg en las hembras, y $P_{\infty} = 38.83$ kg en machos. Hasta el primer año de edad no hay diferencias en peso y longitud entre ambos sexos; en dorados de 1+ años los machos presentan un mayor crecimiento en peso y longitud que las hembras (Fig. 3.12). No se encontraron diferencias en el modelo de crecimiento por sexos ($T^2 = 0.8034$, $P > 0.01$).

3.3.6. Estimadores de densidad por Kernel (EDKs)

Los estimadores de densidad por Kernel se aplicaron conjuntamente con una versión computarizada del método de Bhattacharya (1967) para la identificación y caracterización de los componentes Gaussianos (las modas) en distribuciones mezcladas. Al generar cada componente Gaussiano se determinó la talla para cada moda en las distribuciones correspondientes a cada mes (Tablas 3.7 y 3.8). A partir de los resultados anteriores se consideró que ningún mes contiene una muestra representativa de la población y se optó por agrupar los datos de noviembre a febrero (periodo 2005-2006), debido a que son los meses en los que se presenta el fenómeno de surgencia, abarcan un amplio intervalo tallas y presentan una distribución multimodal (Tabla 3.9), aunado a que es el pulso de abundancia más importante del año.



Tabla 3.6. Valores de los parámetros para el modelo de von Bertalanffy a partir de la lectura de anillos de crecimiento en escamas de *Coryphaena hippurus*, estimados por diferentes métodos, N = número de anillos; L_{∞} = longitud asintótica (Lf, cm); k = coeficiente de crecimiento en 1/año; t_0 = longitud a la edad 0; r^2_{aj} = coeficiente de regresión; ϕ' = índice de crecimiento estándar.

Sexos combinados

Parámetro	Método		
	Regresión no lineal	Pauly, Beverton-Holt	Gulland y Holt
L_{∞}	126.0	147.36	123.78
k	0.9506	0.4360	1.1236
t_0	-0.0394	-0.3015	-----
r^2	0.9941	0.7297	0.7520
ϕ'	4.1789	3.9762	4.2559
N	4	4	4
Hembras			
L_{∞}	125.83	142.0	123.48
k	0.9975	0.5043	1.1481
t_0	-0.0357	-0.2191	-----
r^2	0.9958	0.9309	0.7827
ϕ'	4.1987	4.0072	4.2432
N	4	4	4
Machos			
L_{∞}	126.28	147.34	124.91
k	1.0012	0.4495	1.1187
t_0	-0.0385	-0.3175	-----
r^2	0.9959	0.9349	0.8402
ϕ'	4.0232	3.9858	4.2419
N	4	4	4

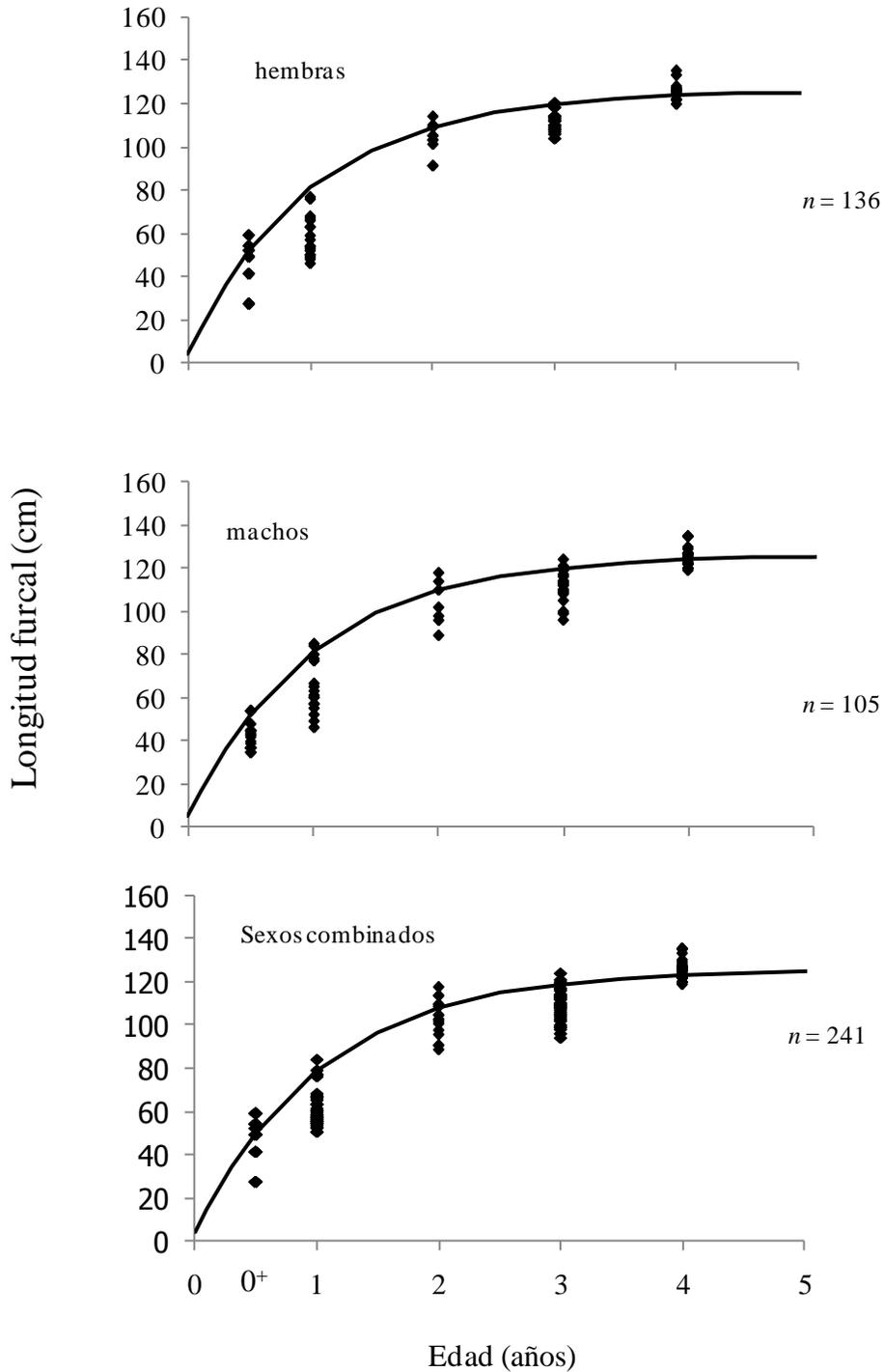


Figura 3.11. Curvas de crecimiento (función de von Bertalanffy) determinadas contando los anillos de crecimiento en escamas: hembras, b) machos y c) población total de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004-diciembre 2007.

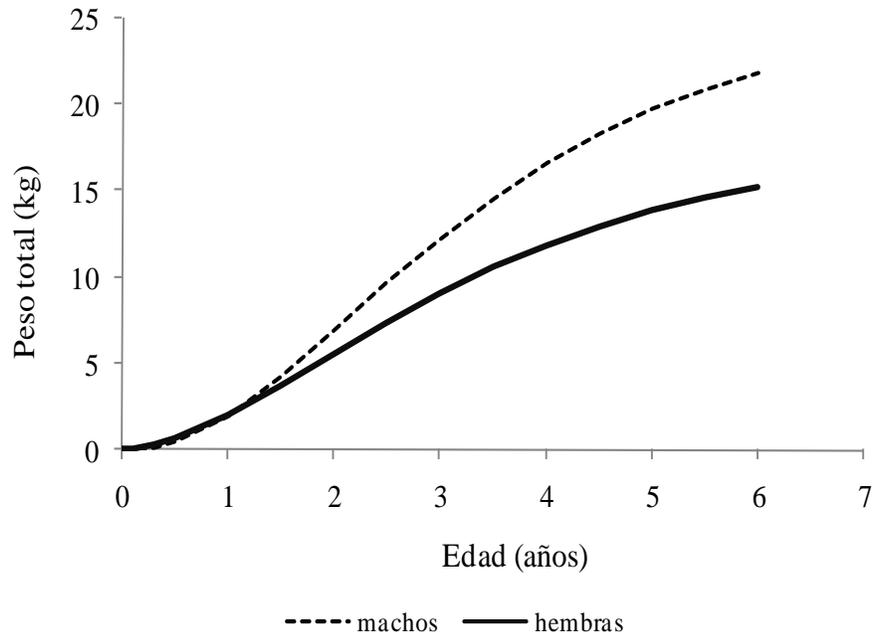


Figura 3.12. Curva de crecimiento en peso para machos y hembras de *Coryphaena hippurus*, capturado en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004-diciembre 2007.

Los resultados de la prueba de Silverman indican un comportamiento multimodal para ambos sexos. Las modas de 91 y 90 cm, en machos y hembras respectivamente, no fueron incluidas en la Tabla 3.10, por considerarse que es resultado de la sobre posición de componentes adyacentes (esta conclusión esta soportada por el hecho de que es la última moda en aparecer como una reducción del ancho de banda de la estimación de densidad). Los valores de las constantes de la FCVB estimados por diferentes métodos se presentan en la Tabla 3.11.



Tabla 3.7. Resultados del análisis de Bhattacharya, muestras mensuales de frecuencia de tallas de hembras de *Coryphaena hippurus*. Muestras obtenidas en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004-diciembre 2007.

fecha muestreo	cuarta componente	tercera componente	segunda componente	primera componente
dic-04		101.1	72.7	43.8
feb-05			103.5	43.6
may-05		70.8	60.4	48.5
jun-05				57.9
jul-05			137.6	56.3
ago-05			76.9	59.9
sep-05		98.7	73.1	54.6
oct-05			102.8	50
nov-05			105.1	51.7
dic-05			96.8	44.9
ene-06			107.6	55.6
feb-06			99.9	45.6
mar-06		108.6	98.5	53.9
abr-06		112.6	97.5	59.3
may-06		84.7	62.7	48.7
jun-06			77.5	64
ago-06		123.4	106.3	77
sep-06		103.5	83.5	73.6
nov-06	140.7	116	107	82.9
feb-07			106.3	50.7
mar-07		104.8	88.1	59.9
abr-07	75.8	64.2	59.3	49
may-07			87.6	55
jun-07		82.5	68.1	48.9
sep-07		94.3	76.2	58.7
oct-07	114.3	99.3	81.3	66
nov-07			127.7	97
dic-07			101.3	81.4



Tabla 3.8. Resultados del análisis de Bhattacharya, muestras mensuales de frecuencia de tallas de machos de *Coryphaena hippurus*. Muestras obtenidas en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004-diciembre 2007.

fecha muestreo	quinta componente	cuarta componente	tercera componente	segunda componente	primera componente
dic-04			102.7	75.2	59.6
feb-05			111	83.5	54.6
may-05	76.1	66.1	55.7	49.8	36.9
jun-05				73.1	60.3
jul-05				134.4	71.7
ago-05				87.6	73
sep-05		134.8	106.3	72.6	51.6
oct-05				107	54.3
nov-05				111	52.7
dic-05				106.2	47.5
ene-06				112.6	65
feb-06			113.7	75	47.4
mar-06				113.4	55.6
abr-06				114.6	56.7
may-06				70.2	49.2
jun-06			87.5	73.5	51.4
ago-06				106.9	74.3
sep-06		123.7	104	83	68.7
nov-06				120.71	109.9
feb-07				108	45.4
mar-07				111	54.9
abr-07			97.6	71.2	53.8
may-07				121.5	55.1
jun-07				122.4	64.6
sep-07			127.1	95.5	52
oct-07		104	95	65.7	55.2
nov-07					101
dic-07					106.4



Tabla 3.9. Ancho de banda crítico y estimación de niveles significativos para hembras y machos de *Coryphaena hippurus* capturados en el Pacífico Sur de México durante la temporada surgencias 2005-2006.

Número de modas	Hembras		Machos	
	Amplitud de banda crítica	<i>P</i>	Amplitud de banda crítica	<i>P</i>
1	15.44	0	13.81	0
2	4.33	0	4.73	0.12
3	2.96	0.01	1.94	0.01
4	1.92	0.67	1.86	0.99
5	1.78	0.96	1.64	0.87

Hembras: los valores de *P* se obtuvieron de $B = 400$ muestras bootstrap de tamaño 253. Ancho de banda sugerido = $(1.92 + 2.96)/2 = 2.44$

Machos: los valores de *p* se obtuvieron de $B = 400$ muestras bootstrap de tamaño 415. Ancho de banda sugerido = $(1.86 + 1.94)/2 = 1.9$

Tabla 3.10. Estimados de los componentes gaussianos para hembras y machos de *Coryphaena hippurus*, capturados en el Pacífico Sur de México durante la temporada surgencias 2005-2006. *DE* = Desviación estándar, *Lf* = Longitud furcal.

Grupo	Hembras			Machos		
	Media (<i>Lf</i>)	<i>DE</i>	Frecuencia (número)	Media (<i>Lf</i>)	<i>DE</i>	Frecuencia (número)
1	53.27	2.6161	24	53.00	3.5458	34
2	110.02	5.5158	284	107.24	6.0724	176
3	126.41	6.3814	59	122.81	2.4659	7
4	137.33	1.8479	1	133.08	1.8063	1



Tabla 3.11. Valores de los parámetros para el modelo de von Bertalanffy a partir de los EDKs, estimados por diferentes métodos para *Coryphaena hippurus* capturados en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004 a diciembre del 2007.

Parámetro	Hembras			Machos		
	Regresión no lineal	Pauly, Beverton-Holt	Gulland y Holt	Regresión no lineal	Pauly, Beverton-Holt	Gulland y Holt
L_{∞}	135.51	142.11	135.54	139.98	147.37	140.01
k	1.0311	0.7461	0.9588	1.0223	0.7292	0.9521
t_0	-0.0517	-0.2801	-----	-0.0529	-0.2857	-----
r^2_{aj}	0.9993	0.9887	0.9532	0.9993	0.9879	0.9514
ϕ'	4.28	4.18	4.25	4.30	4.18	4.27
N	4	4	4	4	4	4

3.3.7 ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis)

ELEFAN I se basa en el ajuste de curvas de crecimiento sobre distribuciones de frecuencia de tallas arregladas secuencialmente en el tiempo, dando una combinación de parámetros de la FCVB. El algoritmo ELEFAN I identifica picos y valles de una o varias distribuciones de frecuencia de tallas previamente reestructurada para trazar curvas de crecimiento sobre estas. Para cada combinación de k y L_{∞} se calcula una función de puntaje llamada Rn , que es máxima cuando la curva de crecimiento alcanza las mayor cantidad de picos (residuales positivos de la frecuencia re-estructurada), lo que indica que los valores de los parámetros pueden ser los apropiados.

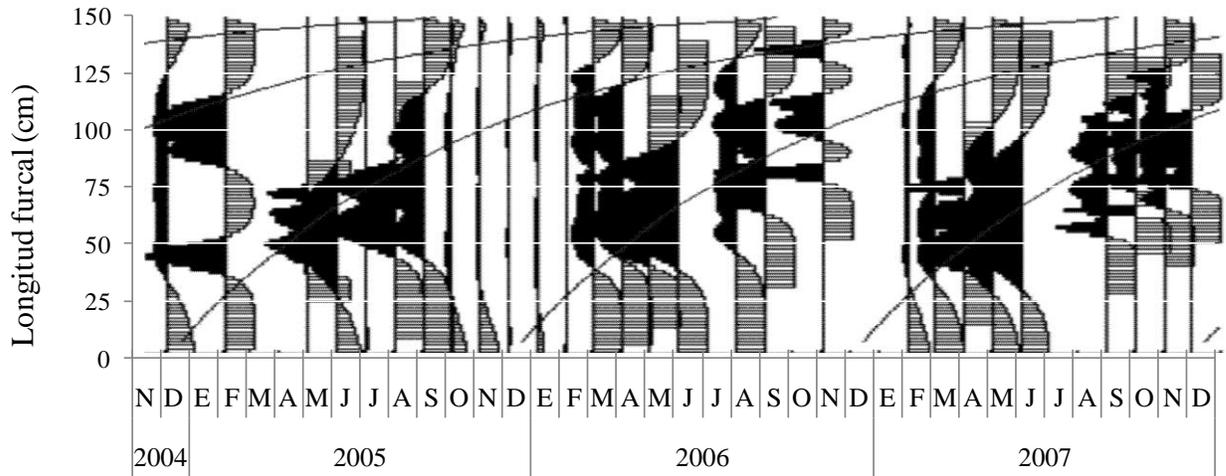
Los resultados obtenidos de versiones discretizadas de los EDKs mensuales para las capturas de 2005 a 2007 fueron introducidos a la rutina ELEFAN I del FiSAT. Las estimaciones de crecimiento iniciaron en la muestra 1, probando diferentes longitudes



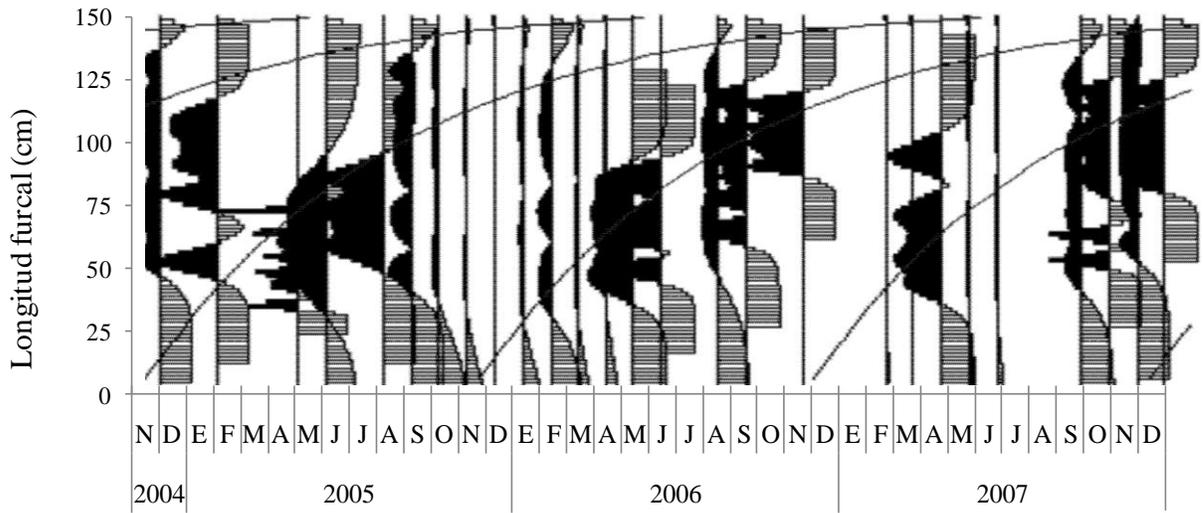
iniciales tomando en cuenta que la muestra inicial presenta una moda en 53 cm L_f . Para machos se obtuvo un intervalo de valores para k de 1.0 a 3.1, una L_∞ entre 167.1 y 168.8 cm L_f ; en hembras k varió de 1.0 a 3.9, L_∞ entre 165.9 y 167.1 cm L_f . En ambos casos se observó poca variación en los valores máximos absolutos de Rn ($s = 0.0157$, machos; $s = 0.0139$, hembras.). Por este método se ajustó una curva de crecimiento con tasa constante de crecimiento sin oscilaciones estacionales que pasa por la mayoría de los picos modales (Fig. 3.13). La aplicación de este procedimiento a dorados jóvenes (20 a 70 cm L_f) proporcionó un parámetro de curvatura relativamente elevado ($k = 1.84 \text{ año}^{-1}$) (Tabla 3.12).

Tabla 3.12. Valores de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy, obtenidos por diferentes métodos. LFA: análisis frecuencia de longitud (ELEFAN I); S = lectura en escamas; EDK: kernel; n = número de organismos; L_∞ = longitud asintótica (L_f , cm); k = coeficiente de crecimiento en 1/año; t_o = longitud a la edad 0; r^2_{aj} = coeficiente de regresión ajustado; $*t_o$ a partir de Beverton y Holt (1957); Rn = índice de bondad de ajuste; ϕ' = índice de crecimiento estándar.

Población	método	n	L_∞	k	t_o	r^2_{aj}	Rn	ϕ'
hembras	S	136	125.83	0.9955	- 0.037	0.99		4.20
machos	S	105	126.28	1.0012	- 0.385	0.99		4.20
todos	S	241	126.03	0.9506	- 0.0319	0.99		4.18
hembras	EDK	253	135.51	1.0311	0.0568	0.99		4.28
machos	EDK	415	139.98	1.0233	0.0529	0.99		4.30
hembras	LFA	534	166.5	1.1	- 0.052*	—	0.152	4.48
machos	LFA	734	166.7	1.3	- 0.052*	—	0.132	4.56
jóvenes	LFA	698	67.2	1.84	- 0.074*	—	0.150	3.92



a)



b)

Figura 3.13. Distribución mensual de frecuencia de tallas (por EDKs) de *Coryphaena hippurus* capturados en el Pacífico Sur de México, diciembre 2004 a diciembre 2007, a) hembras y b) machos.



3.3.8. Mortalidad y longevidad

3.3.8.1. Mortalidad Total (Z)

Los estimadores de la tasa de mortalidad total (Z) obtenidos por el método de la curva de captura linearizada para hembras fue $Z = 1.4016 \text{ año}^{-1}$ y para los machos $Z = 1.2849 \text{ año}^{-1}$, mientras que para la población total $Z = 1.4175 \text{ año}^{-1}$ (Figura 9). En las hembras los grupos de edad del 1 al 4 (con los cuales se analizó la curva de captura) fueron los más abundantes en las capturas y en menor proporción el grupo 0^+ ; para los machos los grupos de edad 2, 3 y 4 (con los cuales se analizó la curva de captura) fueron los más capturados y en menor intensidad los grupos 0^+ y 1.

Por el métodos de Beverton y Holt (1957) se obtuvo una $Z = 1.78 \text{ año}^{-1}$ en las hembras, $Z = 1.47 \text{ año}^{-1}$ en los machos y para la población total $Z = 1.61 \text{ año}^{-1}$.

3.3.8.2. Mortalidad Natural (M)

El valor de la longevidad (t máxima) estimada para el total del dorado capturado en la región fue de 3.47 años. Al separar por sexos, el valor más bajo fue estimado en las hembras (Tabla 3.13).

Los valores de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) estimados por diferentes métodos se presentan en la tabla 4. Los valores promedio de M para la población del dorado durante el periodo del 2004 al 2007 fluctuaron de 0.8631 año^{-1} a 0.9722 año^{-1} . La varianza asociada al método de Pauly en ambos sexos fue menor que la correspondiente al modelo de Taylor (Tabla 3.14).



Tabla 3.13. Parámetros de entrada para los diferentes modelos de la estimación de la mortalidad: crecimiento (L_{∞} y k), longevidad ($A_{95\%}$) y valores de mortalidad natural (M) para *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México.

	L_{∞} (cm)	k año ⁻¹	$A_{95\%}$ (años)	TSM (°C)
Sexos combinados	126.02	0.9506	3.5	29.1
Hembras	125.83	0.9975	3.4	29.1
Machos	126.28	1.0012	3.4	29.1

Tabla 3.14. Parámetros de la tasa instantánea de mortalidad total (Z), mortalidad natural (M), mortalidad por pesca (F); sobrevivencia (S), tasa de mortalidad (A), longevidad ($A_{95\%}$) para toda la población y para cada sexo de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México.

Parámetro	Población	Hembras	Machos
Z	1.4175 ($P = 0.0339$)	1.4016 ($P = 0.0226$)	1.2849 ($P = 0.0369$)
S(%)	24.23	24.62	26.67
A(%)	75.77	75.38	72.33
$A_{95\%}$	3.4711	3.3666	3.377
M (Taylor, 1960) *	0.8631	0.8899	0.8872
M (Pauly, 1980) **	0.8908	0.9651	0.9722
F *	0.5544	0.5117	0.3977
F **	0.5267	0.4322	0.3126

F* = utilizando los valores de M (Taylor, 1960); F** = utilizando los valores de M (Pauly, 1980).

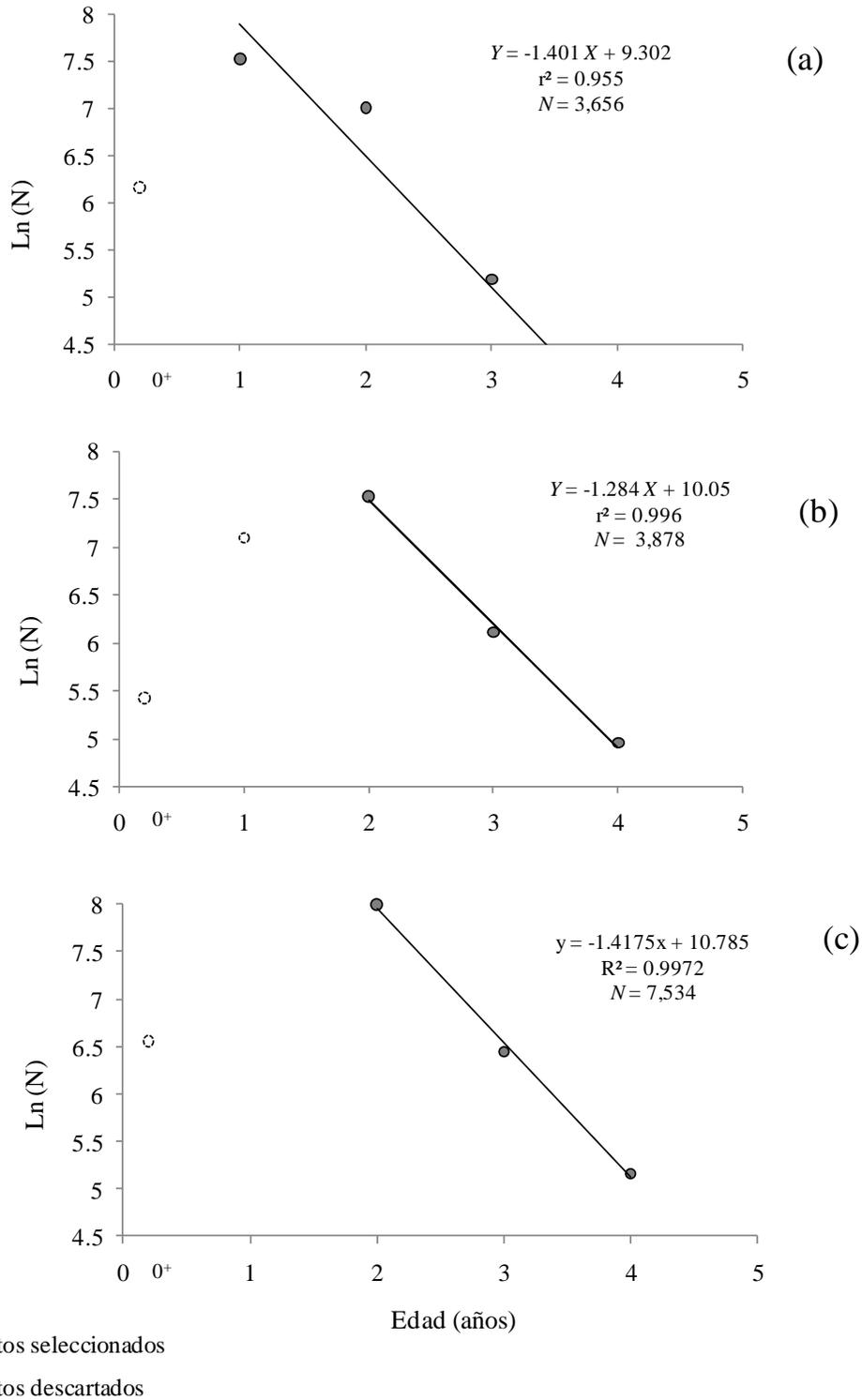


Figura 3.14. Curva de captura de las edades promedio del *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México durante diciembre del 2004 a diciembre del 2007, (a) hembras, (b) machos y (c) población.



4. Discusión

3.4.1. Lectura de marcas de crecimiento en escamas

Las estructuras duras que se han utilizado para la estimación de la edad y crecimiento en el dorado son las escamas (Beardsley, 1967; Rose y Hassler, 1968; Massuti *et al.*, 1999; Schwenke y Buckel, 2008), otolitos sagita y lapillus (Morales-Nin *et al.*, 1999; Schwenke y Buckel, 2008) y en menor grado las vértebras (Morales-Nin *et al.*, 1999; Núñez-Orozco, 2008). Las escamas son la estructura más adecuada para la lectura de anillos de crecimiento, ya que en el caso de los otolitos se vuelve difícil de leer los anillos diarios en peces de más de un año, debido principalmente a la concavidad y a la fragilidad que adquiere el otolito conforme aumenta la edad del pez, lo que ocasiona que las zonas marginales del otolito se pierdan durante el pulido, produciendo una clara subestimación de la edad (Massuti *et al.*, 1999; Morales-Nin *et al.*, 1999).

La estimación de la edad en años (escamas) es la base para estudios poblacionales y de producción (Casselman, 1987). En contraste, la estimación por incrementos diarios (otolitos) se dirige principalmente a cuestiones de reclutamiento y determinación de edad en peces jóvenes (Pannela, 1971; Campana y Neilsen, 1985). En este trabajo se obtuvo un buen ajuste en la relación lineal entre el radio total de la escama y la longitud furcal. A la fecha, las escamas se han utilizado para determinar la edad en años de dorados adultos, estudios en el Atlántico (Beardsley, 1967; Rose y Hassler, 1968; Schwenke y Buckel, 2008), Pacífico (Tórres-Alfaro, 1996; Zúñiga, 2009) y Mediterráneo (Massuti *et al.*, 1999) han reportado resultados similares utilizando este método (Tabla 3.15).

Schwenke y Buckel (2008) mencionan que los anillos de crecimiento en edades de más de un año son relativamente fáciles de interpretar con los criterios establecidos por Beardsley



(1967). En este trabajo el examen de las escamas permitió observar y discriminar con claridad los anillos de crecimiento, se obtuvo un buen acuerdo entre lectores, $IAPE = 1.32\%$ y $CV = 1.87$. Al respecto, Campana (2001) encontró que los coeficientes de variación (CV) de las lecturas realizadas por diferentes lectores en estudios de edad y crecimiento en elasmobranquios fueron mayores al 10%. De acuerdo a Chang (1982) en ausencia de sesgo, el $IAPE$ y el CV son igualmente sensibles entre los lectores, aunque el CV es estadísticamente más riguroso y más sensible. El uso extensivo de estos dos índices ha hecho difícil la comparación entre muchos estudios, si bien Chang (1982) deriva una ecuación indicando que el valor del CV será siempre superior al del $IAPE$.

A pesar de que estos índices son los más empleados, Cailliet y Goldman (2004) mencionan que el $IAPE$ bien puede servir para indicar qué lector fue el que tuvo menos sesgo en sus lecturas, pero no para discernir si dichas lecturas fueron correctas. Por tanto se propuso para estimar la precisión de las lecturas el uso del Porcentaje de Acuerdo (PA), que mide la congruencia en las lecturas y también el nivel de inconsistencia en la edad observada (Goldman, 2004). En este trabajo, las mayores diferencias en el número de edades estimadas por ambos lectores se localizaron en los intervalos de error ± 3 y ± 4 años.

3.4.2. Incremento marginal

En el presente estudio se efectuó el análisis del IM para cada uno de los anillos, y con todos los datos incluidos, se obtuvieron resultados similares para los anillos 1 y 2. Lessa *et al.* (2006) mencionan que la variabilidad en las medidas del análisis del IM puede ser consecuencia de diversos factores, entre los cuales se encuentran la variabilidad en el crecimiento individual y un periodo de reproducción de varios meses. El ancho del



incremento marginal (*IM*) de la escama se encuentra correlacionado con la talla del cuerpo; y por tanto, las diferencias mensuales en la *Lf* media, pueden afectar el incremento mensual en el ancho del margen, lo cual ha sido observado por Beardsley (1967), Schwenke y Buckel (2008) y en éste trabajo.

Coryphaena hippurus es muy sensible a los cambios de temperatura, su tasa de alimentación disminuye cuando ésta cae por debajo de los 23°C y cesa a 18°C (Hassler y Hogarth, 1977). En zonas tropicales presenta una tasa de crecimiento alta y disponibilidad de alimento durante todo el año, por lo que se puede esperar un crecimiento continuo (Uchiyama *et al.*, 1986). Los resultados obtenidos en el presente trabajo señalan la formación del anillo de crecimiento en mayo (mes cálido), debido a que se observó un decremento notable en el valor del IM en mayo, precedido de valores altos.

Este evento puede atribuirse a las variaciones del metabolismo causadas por la madurez gonádica y los gastos de energía producto de la actividad de desove. En la zona de estudio la talla de primera madurez del dorado se estimó a los 48.38 ± 0.84 cm *Lf* (Capítulo 4), sigue una estrategia reproductiva asincrónica y con el primer desove masivo en mayo. Este hecho confirma el rápido crecimiento durante las primeras etapas de su vida antes de la madurez sexual, y apoya la hipótesis que el lento crecimiento somático es debido a que buena parte de la energía destinada a este proceso fisiológico es canalizada hacía la producción de gametos. A partir de junio se observó un incremento somático posterior a la reproducción y por tanto, después de que se formó el anillo de crecimiento esto es coincidente con el aumento en la disponibilidad de alimento debido a las lluvias y a la descarga de los sistemas fluvio-lagunares en la zona costera del Golfo de Tehuantepec



3.4.3. Estructura de edades

El crecimiento en longitud y peso del dorado en el primer año es particularmente rápido, con estimaciones de 58 cm L_f en promedio y peso de alrededor de 3 kg. La más notable característica acerca de su crecimiento es la amplia gama de tallas de los organismos con un anillo de crecimiento. Los dorados que fueron capturados durante mayo-junio son más pequeños que los capturados en noviembre-febrero. La afluencia de peces pequeños a la zona de pesca en mayo, puede representar la entrada de una nueva cohorte. El muestreo de dos cohortes sucesivas pertenecientes a una misma clase de edad es probable, dada la naturaleza altamente migratoria del dorado, esto se ha reportado para las poblaciones del Atlántico (Massuti y Morales-Nin, 1995) y el Pacífico Norte (Kraul, 1999).

En la literatura se ha referido una edad de 3 años para los dorados capturados en la costa de Carolina del Norte (Beardsley, 1967; Schwenke y Buckel, 2008) y Mar Mediterráneo (Massuti *et al.*, 1999b); de 4 años para Florida EUA (Rose y Hassler, 1968) y de 5 años para las costas de Japón (Kojima, 1965) (Tabla 3.15). En este estudio se determinó una edad de 4 años; sin embargo, es probable la existencia de hasta 5 marcas en las escamas, debido a que se registraron cinco dorados machos ($L_f > 140$ cm) con un borde después del cuarto anillo; además el análisis de frecuencia de longitud mostró 5 curvas de crecimiento, esto se puede deber a que los machos crecen más debido a que el gasto energético en gónadas es menor. Lo anterior sugiere que en el Pacífico Sur los dorados pueden alcanzar los 5 años de edad; no obstante, estos organismos grandes están siendo poco accesibles a los artes de pesca de la flota ribereña porque al estar lejos de la costa son menos vulnerables que las hembras. La distribución de tallas por mes mostró la incorporación



permanente de individuos pequeños a la zona de pesca que corresponde al crecimiento de la población a lo largo del año.

Para la determinación de los parámetros de crecimiento se consideraron únicamente organismos con al menos un anillo bien formado. El valor de L_{∞} se observó subestimado debido al escaso número de escamas de ejemplares mayores a 120 cm L_f , no obstante, representa la longitud máxima promedio de las capturas artesanales y k estaría representando la tasa de crecimiento de dorados adultos. Estos parámetros se encuentran en el intervalo de valores reportado para esta especie en diferentes regiones geográficas (Tabla 3.15). Las curvas de crecimiento en peso de la *FCVB* establecidas en el presente estudio, para cada sexo, constituyen las primeras estimaciones realizadas para *C. hippurus* en aguas del Pacífico mexicano.

3.4.4 Retrocálculo de longitudes

Existen varios problemas y consideraciones asociados a la técnica del retrocálculo, en especial cuando se trabaja con escamas; estas no se desarrollan desde la eclosión del pez sino un tiempo después, a esto se le conoce como el efecto de Rosa Lee (Ehrhardt, 1981). Entonces, se da un sesgo entre longitudes observadas y longitudes retrocalculadas, esto es, que las segundas son consistentemente más pequeñas que las primeras (Campana, 1990). En este estudio, las tallas promedio retrocalculadas son menores a las tallas observadas para los individuos de las edades 0^+ , 1 y 2 años.

Busacker *et al.* (1990) sugieren que las posibles causas de este fenómeno están relacionadas con problemas asociados con la falta de una representación adecuada de los diferentes intervalos de clases de la población, que influyen en los datos obtenidos de la regresión



lineal con los cuales se ajusta a la fórmula de retrocálculo, así como la variabilidad individual en las tallas de los organismos de la muestra. Finalmente, la técnica de retrocálculo no fue muy útil en este trabajo debido a que el dorado presenta escaso número de grupos de edad, a diferencia de otros pelágicos mayores como los peces de pico y tiburón que presentan mayor longevidad y que se ha logrado obtener buenos resultados mediante esta técnica, generando longitudes de edades que no se pudieron obtener directamente de la captura (Ramírez-Pérez, 2005; Jakes-Cota, 2008; Anislado, 2009).

3.4.5. Estimadores de densidad por Kernel (EDKs)

El análisis de los datos de longitud de *C. hippurus* separadas de manera mensual, utilizando los EDKs y sus procedimientos estadísticos asociados, mostró la existencia de estructuras multimodales complejas para la mayoría de los meses estudiados. La distribución de tallas por mes mostró la incorporación permanente de individuos pequeños (≤ 30 cm *Lf*) a la zona de pesca que corresponde al reclutamiento de los juveniles a la población pesquera a lo largo del año. Durante el periodo de muestreo se observaron dos modas principales, la primera aparece antes de la temporada de lluvias (marzo-abril) y una segunda moda al inicio de la temporada de surgencias (noviembre-abril), por lo que se sugiere un reclutamiento bimodal asociado a las condiciones lluvias-surgencias.

Debido a lo anterior y a que ningún mes contiene una muestra representativa de la población, se optó por agrupar los datos de los meses en los que se presentan las surgencias (noviembre a febrero). En esta temporada se observó los valores más altos de productividad primaria y el pulso de abundancia de dorado más importante del año, además la población se encuentra bien representada por individuos en un amplio intervalo de tallas. Los



resultados sugieren la existencia de 4 grupos modales para ambos sexos, el ajuste con la ecuación no lineal de crecimiento realizado con el programa Stata (2003) convergió hacia un valor asintótico adecuado. Los estimados de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy por los métodos tradicionales y por la técnica de regresión no lineal son muy cercanos entre si.

De acuerdo con Gulland y Rosenberg (1992), el ajuste de las curvas de crecimiento para los valores modales identificados en una muestra es fácil para los peces con tallas pequeñas en los cuales el valor de k puede determinarse con bastante precisión, pero entre los peces grandes el seguimiento de las cohortes es más difícil y puede no estar claro qué edad deberá asignarse a estos. Salgado-Ugarte *et al.* (2005) mencionan que el análisis de la frecuencia de longitud tiende a agrupar las clases finales de edad si sus medias están muy cercanas o contienen porcentajes pequeños de organismos. Los dorados mayores a 135 cm L_f fueron poco accesibles a los artes de pesca artesanales, no detectándose la moda, por lo que L_∞ tiende a ser menor que el organismo más grande presente en las capturas. Así, las estimaciones de crecimiento obtenidas en este trabajo son válidas para el intervalo de tallas comprendido en las muestras.

La correspondencia de las medias de longitud a cada edad obtenida, a partir de la lectura de escamas con las medias de los componentes gaussianos obtenidos de los EDKs multimodales, permite validar el método directo de estimación de edades.

3.4.6. ELEFAN I

En la zona de estudio el dorado crece rápidamente, la más notable característica acerca del crecimiento es el amplio intervalo de tallas en las capturas. Los parámetros de crecimiento



obtenidos para los dos grupos de la población, juveniles y adultos, fueron muy diferentes debido a los distintos intervalos de longitud considerados. Los resultados sugieren que los adultos crecen mucho más lento que los juveniles. La progresión modal en las capturas de dorados juveniles mostró una rápida tasa de crecimiento, que se vio reflejada en el aumento de casi el doble de longitud media mensual desde finales de abril hasta principios de julio. Este rápido crecimiento ha sido reportado en otras latitudes por Murray (1985), Oxenford y Hunte (1986), Massuti *et al.* (1999) y en cultivos de dorado (e.g. Bennetti *et al.*, 1995). Esta especie es de vida corta, con valores altos en la tasa de crecimiento ($k = 1.3 \text{ año}^{-1}$) y que alcanza la madurez sexual antes de cumplir un año de edad.

De acuerdo con Gulland y Rosenberg (1992) el procedimiento suavizado que utiliza ELEFAN 1 (ideado para histogramas tradicionales) es sensible al tamaño del intervalo de tallas utilizado, si éste es demasiado amplio en comparación con la amplitud de las modas, los detalles se pueden perder y si es demasiado estrecho, el suavizado ocultará gran parte de las características de las modas. Debido a esto en el presente estudio, se utilizaron EDKs (histogramas mejorados). De esta forma a cada muestra mensual se le estimó un valor de amplitud de banda (h) de acuerdo a la distribución de sus correspondientes datos de longitud y cada valor de h fue considerado conjuntamente con el intervalo de clase establecido para estimar las frecuencias para cada mes. De esta manera se obtuvieron estimaciones apropiadas de la distribución de cada muestra y se evitó asignar un valor de amplitud único que pudiera ser adecuado para alguna muestra pero no para las otras. Las distribuciones multimodales obtenidas en los EDKs indican cohortes que pudieron ser seguidas por el método ELEFAN I y que llevan a estimaciones de crecimiento válidas para el intervalo de tallas comprendido en las muestras.



ELEFAN I tiene el riesgo de identificar modas falsas en los animales más viejos para las especies de ciclo de vida intermedio o largo, lo que provoca la sobreestimación de los parámetros (Sparre y Venema, 1997). Al respecto Gulland y Rosenberg (1992) mencionan que ELEFAN 1 presenta una mejor eficiencia cuando la estructura de la población está completa. Por su parte Galindo (2005) comparó diferentes algoritmos en especies con ciclos de vida distintos, concluye que ELEFAN 1 tiene un mejor desempeño en especies con ciclo de vida corto y crecimiento rápido. Tal es el caso del dorado con $k > 1\text{año}^{-1}$ y una longevidad de 4 años, por lo que en este trabajo ELEFAN I proporcionó resultados adecuados congruentes con la biología del dorado.

Los resultados obtenidos resaltan la confiabilidad y dan evidencia de las ventajas del uso de los EDKs en combinación con métodos originalmente diseñados para histogramas (ELEFAN I).

3.4.7. Modelo crecimiento

La aplicabilidad de los métodos de análisis de frecuencia de tallas depende, sin duda, de la estructura de los datos. Gulland y Rosenberg (1992) mencionan que a pesar de la estrecha relación entre k y L_{∞} para cada especie en particular, la talla máxima promedio será siempre sensible a la naturaleza del intervalo de longitudes que han cubierto las muestras. En las últimas dos décadas ha aumentado considerablemente el interés por los métodos basados en el análisis de la distribución de frecuencia de tallas para estimar el crecimiento. Esto ha sido impulsado por el desarrollo de metodologías mejoradas para analizar los datos de talla y desarrollo de programas de computadora con la capacidad de cálculo necesario para aprovechar algunos de los nuevos métodos. Esto cobra interés en la evaluación de recursos



pesqueros, debido a la dificultad de obtener estructuras duras con marcas periódicas en especies provenientes de la pesca comercial, lo cual ha hecho de los métodos indirectos una alternativa viable para las estimaciones de la edad y crecimiento. Así la elección del método apropiado para estimar el crecimiento dependerá de las características particulares de cada población que se estudie, del tiempo y del costo de cada método. Para la representación del crecimiento individual del dorado, el modelo más utilizado en la literatura es el de von Bertalanffy.

Las diferencias en los parámetros de crecimiento para *C. hippurus* en distintas áreas geográficas se deben entre otras razones, a los métodos de laboratorio para la lectura de marcas de crecimiento en estructuras duras, a diferencias genéticas, a condiciones ambientales (ej. temperatura del agua, disponibilidad de alimento, niveles de explotación) (Davis *et al.* 2008) y a la escases de organismos pequeños y grandes en las capturas (Campana, 2001). Estas diferencias se compensan con la evaluación del índice de crecimiento estándar (ϕ'), que muestra valores similares entre las poblaciones, lo que indica un mismo patrón de crecimiento (Tabla 3.15). Utilizando únicamente otolitos *saggita* los valores son más altos porque las edades y crecimiento fueron determinados usando incrementos diarios en todas las tallas del pez, este método puede subestimar la edad de los peces grandes y viejos (Massuti *et al.*, 1999). Varios autores (Massuti *et al.*, 1999; Rivera y Appeldoorn, 2000; Schwenke y Buckel, 2008) mencionan que al usar de manera combinada incrementos diarios en otolitos de peces juveniles y anillos en escamas de dorados adultos, los parámetros k y L_{∞} proporcionan resultados más cercanos al crecimiento del dorado.

Debido a que los parámetros de crecimiento son utilizados para evaluaciones del recurso y podrían darse sobre o subestimaciones en sus valores, se debe probar más de un método



para estimar el crecimiento de las especies (Sparre y Venema, 1997). Para el dorado, en este trabajo se sugiere utilizar el análisis de incrementos diarios en otolitos, combinado con la determinación del crecimiento anual en escamas. Así mismo, usar como método rápido de rutina el algoritmo ELEFAN I combinado con los EDKs, método que proporcionó resultados satisfactorios congruentes con la historia de vida de la especie.

3.4.8. Mortalidad y longevidad

3.4.8.1. Mortalidad Total (Z)

Los trabajos que han abordado la mortalidad del dorado en diferentes regiones del mundo son escasos debido a las dificultades en su estimación. La población de dorado presente en el Atlántico Central Oeste ha sido la más estudiada por diferentes autores, los cuales usaron tanto modelos como valores de los parámetros de crecimiento diferentes; sin embargo, Oxenford (1999) observó que la mortalidad anual es similar, con intervalos entre el 98 y 99%.

Este es el primer trabajo que reporta valores de Z y M para la población presente en el Golfo de Tehuantepec. Los valores estimados de Z por los métodos de curva de captura linealizada (Robson y Chapman, 1961) y el método alternativo de Beverton y Holt (1957), se presentaron por debajo de los reportados por otros autores (Tabla 13). Esto es básicamente por los valores de entrada que se utilizaron, además de la estructura de edades presente en las capturas durante los años de muestreo.



3.4.8.2. Mortalidad Natural (M)

Como en otras poblaciones marinas, son muy difíciles de obtener buenos resultados de mortalidad natural; sin embargo, el intervalo en que varían los estimados de M para el dorado del Golfo de Tehuantepec está incluido dentro del patrón consistente de 0.66-2.56 año⁻¹ determinado por el Método de Pauly (1983) para la especie en el Atlántico y el Pacífico Noreste (Tabla 16). No obstante la obtención de valores por debajo de las estimaciones en las otras regiones, puede suponer que la mortalidad del dorado, por lo menos en el Pacífico mexicano no es tan alta, lo que nos indicaría una condición saludable para las poblaciones de esta especie.

Como parte integral de la evaluación del recurso dorado en el Golfo de Tehuantepec, M es importante para la planificación adecuada de una estrategia de explotación. Sin embargo, la estimación de esta tasa no es fácil debido a la calidad de los diferentes tipos de información poblacional con la que se cuenta. Cuando esto último ocurre Vetter (1988) señaló que es recomendable el uso de diferentes modelos para comparar, analizar y acotar un intervalo razonable de M.

La tasa de mortalidad natural se encuentra íntimamente ligada a los parámetros de crecimiento y ha constituido siempre un reto su estimación en los estudios poblacionales, por lo que han sido de mucha utilidad los patrones observados en diferentes poblaciones (Jensen, 1997). Son pocos los estudios que han abordado la mortalidad de *C. hippurus*, la mayor parte de ellos corresponde a la población de dorado del Atlántico Central Oeste. Estos trabajos usaron modelos diferentes y valores de los parámetros de crecimiento obtenidos a partir de lecturas diarias en otolitos (Oxenford y Hunte, 1986; Bentivoglio,



1988) y análisis de estructura de tallas (Murray, 1985). Para el Pacífico Noroeste de México se tiene el trabajo de Zúñiga (2009) a partir de la lectura de marcas anuales en escamas.

3.4.8.3. Longevidad

Son pocos los estudios que estiman la longevidad de *C. hippurus*. Beardsley (1967), Rose y Hassler (1968) y Palko (1982), indican una edad máxima de cuatro años para los dorados del Atlántico; por su parte Zúñiga (2009) determina una longevidad de 3.5 años para la población de BCS. En este estudio se estimó una longevidad de 3.5 años, las edades mayores a tres años fueron poco representativas en las capturas.

Varios estudios han determinado que la estructura del stock y los patrones de migración del dorado son más complejos de lo que se ha demostrado (Oxenford y Hunte 1986; Rivera y Appeldoorn 2000; Díaz-Jaimes *et al.*, 2006; Tripp-Valdez *et al.*, 2010). Así, para una especie que se captura tanto por la pesca deportiva como por la pesca comercial, la información sobre los parámetros de su historia de vida en las zonas de principal abundancia, debe mejorar el conocimiento sobre las formas de manejo y explotación racional para esta especie.



Tabla 3.15. Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy reportados para *C. hippurus* en diferentes regiones geográficas. L_{∞} = longitud asintótica (L_f , cm); k = coeficiente de crecimiento en 1/año; t_0 = longitud a la edad = 0; ϕ' = índice de crecimiento estándar.

Área	grupo	L_{∞}	k	t_0	Método	ϕ'	Referencia
Pacífico México	Sur hembras	125.83	0.99	-0.036	Escamas	4.2	Presente trabajo
	machos	126.28	1.00	-0.039	Escamas	4.2	
	todos	126.03	0.95	-0.039	Escamas	4.2	
	hembras	135.51	1.03	-0.052	EDK	4.3	
	machos	139.98	1.02	-0.052	EDK	4.3	
	hembras	166.5	1.1	-0.052	LFA	4.5	
	machos	166.7	1.3	-0.052	LFA	4.6	
	juveniles	67.2	1.84	-0.074	LFA	3.9	
B.C.S. México	todos	160	0.65		ELEFA N	4.2	Peralta, 2006
	todos	162	0.85		NSLCA	4.4	
B.C.S. México	hembras	102.8	1.68	-0.09	Escamas		Zúñiga, 2009
	machos	122.7	1.14	-0.10			
	todos	117.4	1.20	-0.13			
Carolina del Norte	del Norte todos	159.7	0.40	-0.964	Escamas	4.0	Rose y Hassler, 1968
Carolina del Norte	hembras	123.7	1.1	-0.116	Otolitos,	4.2	Schwenke y Buckel, 2008
	machos	129.9	1.18	-0.089	Escamas	4.3	
	todos	129.9	1.08	-0.086		4.2	
Estrecho de Florida	de Florida todos	164.0	0.68	0.155	Escamas	4.3	Beardsley, 1967
Golfo México	todos	194.0	1.12	0.033	Otolitos	4.6	Bentivoglio 1988
Puerto Rico	todos	145.7	2.19	-0.46	Otolitos, Escamas	4.7	Rivera y Appeldoorn, 2000
Mediterráneo	todos	102.4	1.9	0.023	Otolitos	4.5	Massuti <i>et al.</i> ,1999
Barbados	hembras	122.1	3.43	0.063	Otolitos	4.7	Oxenford, 1999
	machos	126.0	5.24	0.089	Otolitos	4.9	
	todos	120.8	3.49	0.055	Otolitos	4.7	
Panamá y Colombia	todos	194.0	0.91	0.105	Tallas	4.5	Lasso y Zapata, 1999
Ecuador	todos	195.0	0.41		Tallas	4.2	Patterson y Martínez, 1991
Ecuador	todos	161.0	0.40		ELEFA N	4.0	Peralta, 2006
Ecuador	todos	167.0	1.30		NSLCA	4.6	Peralta, 2006



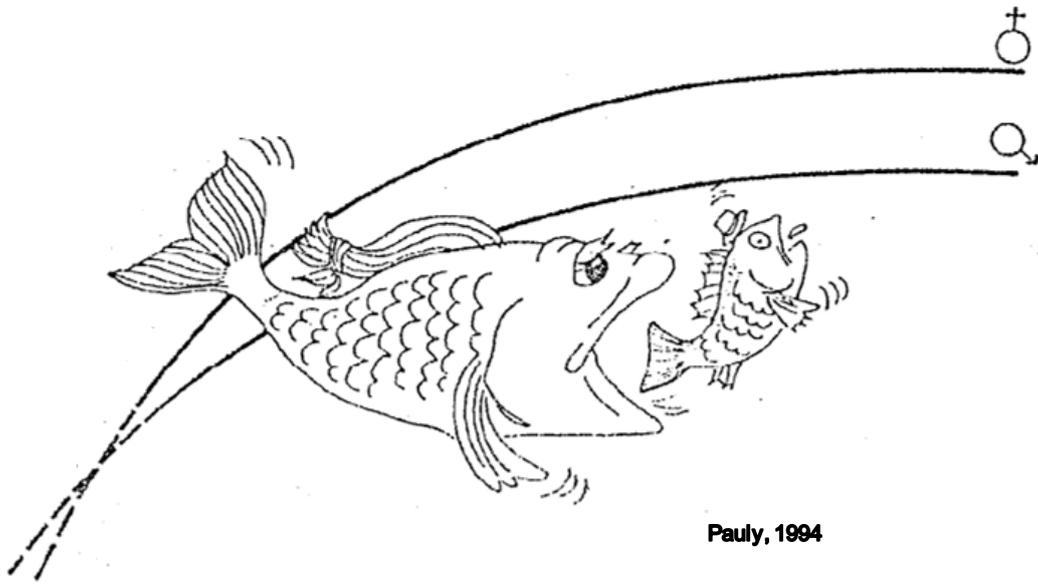
Tabla 3.16. Valores estimados de los parámetros de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M), del dorado *Coryphaena hippurus*, en diferentes regiones del mundo.

Localidad	Parámetro de mortalidad	Modelo	Población	Tasa instantánea de mortalidad (anual)	Referencia
Golfo de México	Total (Z)	Curva de captura Robson y Chapman (1961)	Todos	8.18	Bentivoglio (1988)
Barbados	Total (Z)	Curva de captura Ricker (1975)	Todos	3.93	Oxenford (1999)
			Todos	5.84	
	Natural (M)	Beverton y Holt (1957) Pauly (1980)	Todos	2.56	
			Hembras	2.52	
Machos			3.30		
Santa Lucia	Total (Z)	Curva de captura Robson y Chapman (1961)	Todos	3.53	Murray (1985)
	Natural (M)	Pauly (1980)	Todos	0.66	
B. C. S. México	Total (Z)	Curva de captura Robson y Chapman (1961)	Todos	2.59	Zúñiga (2009)
			Hembras	2.03	
			Machos	2.07	
			Todos	2.00	
			Hembra	1.84	
	Natural (M)	Beverton y Holt (1957) Pauly (1980)	Machos	2.52	
			Todos	1.30	
			Hembra	1.67	
			Machos	1.26	
Pacífico Sur de México	Total (Z)	Curva de captura Robson y Chapman (1961)	Todos	1.42	Presente trabajo
			Hembras	1.40	
			Machos	1.28	
	Total (Z)	Beverton y Holt (1957)	Todos	1.78	
			Hembra	1.47	
			Machos	2.52	
	Natural (M)	Taylor (1960)	Todos	1.61	
			Hembras	0.89	
			Machos	0.88	
	Natural (M)	Pauly (1980)	Todos	0.89	
			Hembras	0.96	
			Machos	0.97	
	Pesca (F*)	Ricker, 1975	Todos	0.53	
Hembras			0.43		
Machos			0.31		

F*= utilizando los valores de M (Pauly, 1980).

Capítulo 4

Biología Reproductiva



Pauly, 1994



Capítulo 4

Biología reproductiva

4.1. Introducción

Un problema en el estudio de especies migratorias, es la incertidumbre sobre la definición de las unidades de pesca o reproductivas. Es común dar por hecho que las capturas de una misma especie en lugares distantes, corresponden a la misma población y las diferencias en la talla, reclutamiento, madurez y desove son atribuidas a las condiciones oceanográficas o a interacciones de estas con la disponibilidad de alimento, el crecimiento y la mortalidad. Sin embargo las diferencias podrían estar relacionadas a la existencia de subpoblaciones de la misma especie.

En la administración de pesquerías se ha reconocido la importancia de la genética poblacional para delimitar subpoblaciones e identificar stocks o unidades de manejo (Allendorf *et al.*, 1987); así mismo se requiere disponer de información sobre los parámetros de la población reproductiva de peces marinos, que son esenciales para obtener estimaciones precisas de los efectos de la pesca sobre el potencial reproductivo de las poblaciones (Mace, 1993). La talla de primera madurez, la fecundidad y proporción de sexos son parámetros fundamentales utilizados en los modelos estructurados por edad para la evaluación de las poblaciones de los grandes peces pelágicos. Además, la temporada de desove y localización de las áreas de pesca son instrumentos importantes para establecer vedas espacio-temporales, proteger los hábitats esenciales para los peces e implementar artes de pesca adecuados (McAllister *et al.*, 2000).

El dorado presenta amplia distribución geográfica, tamaños poblacionales importantes y ausencia de diferenciación genética a grandes escalas geográficas. La abundancia



estacional y reproducción de *C. hippurus* ha sido asociada a su comportamiento migratorio en diferentes regiones del mundo, en el Pacífico (Kraul, 1999; Lasso y Zapata, 1999; Wu *et al.*, 2001), el Atlántico y Caribe (Arocha *et al.*, 1999; Schwenke y Buckel, 2008), y el Mediterráneo (Massutí y Morales-Nin, 1995, 1997; Oxenford, 1999).

En la región norte del Pacífico mexicano, algunos aspectos sobre la reproducción y dinámica poblacional del dorado han sido estudiados por Madrid y Beltrán-Pimienta (2001) y Zúñiga (2009). Para el sur del Pacífico mexicano este es el primer trabajo que aborda aspectos de la dinámica poblacional y biología reproductiva del dorado. Los estudios sobre estructura genética de la población evaluada por secuencias de mtADN (Díaz-Jaimes *et al.*, 2006; Rocha-Olivares *et al.*, 2006), no detectaron heterogeneidad genética, mientras que Tripp-Valdez *et al.* (2010) mediante marcadores moleculares microsatelitales observaron diferencias significativas en la frecuencia de alelos entre muestras del Golfo de California. Debido a esto, la información sobre biología reproductiva y estrategias de reproducción en las principales áreas de abundancia del dorado debe mejorar el conocimiento de las unidades de manejo de las poblaciones de esta especie.

El objetivo de este estudio fue examinar los aspectos de la biología reproductiva del dorado en el Pacífico Sur de México. Para ello, la composición por sexos de la población, el desarrollo sexual, la talla a la madurez, fecundidad y la estación de desove se analizaron a partir de material recolectado de las capturas de la pesca artesanal entre diciembre de 2004 y diciembre de 2007.



4.2. Materiales y métodos

4.2.1 Recolección de muestras y procesamiento

El Golfo de Tehuantepec está localizado en la costa sur de México ($13^{\circ}30' - 16^{\circ}30'N$ $92^{\circ}30' - 96^{\circ}00'W$), en aguas del Pacífico Tropical Oriental. Es un sitio netamente tropical, influenciado por corrientes oceánicas cálidas, la temperatura superficial del mar (TSM) mensual promedio se encuentra por arriba de los $26^{\circ}C$ a lo largo del año (Trasviña y Barton, 1997). Existen dos principales estaciones climáticas; una seca y ventosa (noviembre-abril), y una segunda con predominancia de lluvias (mayo-octubre). Un aspecto relevante en la oceanografía del Golfo es la surgencia inducida por los fuertes vientos (8 ms^{-1}) originados en el Golfo de México, que fluyen a través del Istmo de Tehuantepec de noviembre a febrero, los denominados “tehuanos”. Lo cual genera una lengüeta de aguas frías que contrastan con las aguas cálidas circundantes y que tienen un efecto en la distribución y abundancia de muchas especies pelágicas (Trasvina y Barton, 1997).

De diciembre de 2004 a diciembre de 2007 se realizaron muestreos mensuales en seis sitios de desembarco de la flota artesanal. Las zonas de pesca están localizadas en el Golfo de Tehuantepec 5-50 millas mar adentro. La pesquería artesanal utiliza para su operación pangas de 22 a 25 pies de longitud con motor fuera de borda y son maniobradas por uno a tres pescadores. Se usan como artes de pesca, palangre de superficie, curricanes de madera artesanales, redes de deriva y redes de enmalle de superficie con luz de malla de entre 3.5 y 8 pulgadas.

A cada espécimen se le registró la longitud furcal (L_f , cm) con una cinta métrica flexible al 0.5 cm más cercano, el peso total (P , kg) al 0.1 kg más cercano. El sexo se clasificó por medio de las características externas, presencia de una pronunciada cresta ósea en los machos maduros pero ausente en las hembras (Collete, 1995); en los peces



inmaduros fue determinado por examen macroscópico de las gónadas. Las gónadas fueron removidas y transportadas al laboratorio. La obtención de gónadas con información del pez se dificultó, debido a que la mayoría de dorados llegan a la playa eviscerados. Además de que las gónadas de hembras maduras son consideradas un plato especial para los pescadores y lugareños.

La proporción de sexos fue basada en la razón hembras/machos. Se utilizó el análisis de ji cuadrada ($\chi^2_{.05,1}=3.841$) para determinar si la proporción de sexos por intervalo de longitud y por mes, se desvió de la relación 1:1 (Zar, 1999).

Una vez en el laboratorio se pesaron las gónadas ($\pm 0,01$ g), el estado de madurez se asignó por el examen macroscópico de las gónadas usando los criterios de Beardsley (1967). Las secciones histológicas se prepararon a partir de 180 muestras de testículos y 216 de ovarios embebidas en parafina, las inclusiones se cortaron a 6 μm con un micrótopo de rotación Leica RM 2155 y se tiñeron con la técnica de hematoxilina-eosina (Humanson, 1979). Las secciones histológicas de los ovarios se examinaron usando los criterios desarrollados para atunes por Schaefer (2001). Los ovarios fueron clasificados de acuerdo al grupo de ovocitos más avanzado presentes en la muestra: ovocitos sin yema/perinucleares, ovocitos parcialmente vitelogénicos/previtelogénesis, ovocitos vitelogénicos, ovocitos hidratados y ovocitos en postdesove cuando se presentaron folículos postovulatorios iniciales y avanzados (POF, Murua *et al.*, 2003), así como ovocitos atrésicos en todas las etapas.

El desarrollo de las gónadas en los machos se clasificó utilizando los criterios de Grier (1981); los machos se evaluaron como inmaduros (IE) si no se presenta espermatogénesis o cuando esta ocurre, los espermatozoides se encuentran restringidos a las criptas y lóbulos de los testículos. Machos fueron maduros (E II) solo si los espermatozoides se encuentran dentro de los conductos espermáticos, así como en las



criptas y lóbulos. Los machos se consideraron como agotados, cuando los lóbulos desarrollados contienen pocos espermatozoides residuales en las gónadas.

El índice gonadosomático, índice hepaosomático y factor de condición fueron estimados para cada sexo. La variación mensual fue analizada con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1999):

$$IGS = \left(\frac{Pg}{PT} \right) \times 100$$

$$IHS = \left(\frac{Ph}{PT} \right) \times 100$$

$$FC = \left(\frac{PT}{Lf^b} \right) \times 10^5$$

donde, *IGS*= índice gonadosomático; *IHS*= índice hepaosomático; *Pg* = peso de la gónada; *Ph* = peso del hígado; *PT* = Peso total del organismo (Kg); *Lf* = Longitud furcal del organismo (cm); *FC* = Factor de condición; *b* = Parámetro de alometría relación peso total-longitud furcal.

4.2.2. Desarrollo de ovocitos y estación de desove

Con el propósito de analizar el patrón estacional de los estadios de madurez sexual, la frecuencia mensual de cada estadio de madurez sexual fue registrada durante el periodo de diciembre del 2004 a diciembre del 2007. Las muestras de los tres años se combinaron para construir un “año ciclo tipo” como se muestra en las figuras.

Los ovarios fueron usados para evaluar la actividad reproductiva, incluyendo diferentes técnicas: examen histológico, características de los ovocitos intactos, distribución de frecuencia de diámetro de los ovocitos intactos y análisis del *IGS*. La presencia de ovocitos con núcleo migratorio, ovocitos hidratados y folículos postovulatorios, se



utilizaron como indicador del desove inminente o muy reciente (Hunter y Macewicz, 1985).

4. 2.3. Talla de primera madurez

Las hembras se consideraron sexualmente maduras cuando se presentan en el ovario ovocitos vitelogenéticos, ovocitos con núcleo migratorio u ovocitos hidratados; los machos se consideraron maduros sólo si los espermatozoides están presentes en los ductos espermáticos. La longitud en la que el 50% de los peces se encuentran maduros (L_{50}) fue estimada para machos y hembras por separado usando la función logística (Sparre y Venema, 1997).

$$Mf = \frac{1}{1 + e^{-a(Li-b)}}$$

donde, Mf es la fracción de peces maduros, L_i la longitud del cuerpo (L_f), los parámetros, a y b fueron estimados aplicando la máxima verosimilitud (Haddon, 2001). a , es la pendiente de la curva que describe la tasa de cambio en Mf , y $b = L_{50}$, la longitud al 50% de madurez sexual.

4.2.4 Estimación de la fecundidad por camada y la frecuencia del desove

La fecundidad por camada de una hembra fue considerada como el número de ovocitos intactos hidratados en el ovario (Hunter *et al.*, 1985; Schaefer, 2001). El análisis de varianza del diámetro de los ovocitos no mostró diferencias entre varias porciones del ovario ($P > 0.05$), por lo que se decidió remover en todos los casos una submuestra de la porción media del ovario derecho.

El ovario fue cortado longitudinalmente, dando vuelta de dentro hacia fuera y sosteniéndolo bajo un vigoroso chorro de agua del grifo; los ovocitos se recolectaron en



un tamiz elaborado con una malla para plancton de 0.01 mm de luz de malla, insertada entre dos secciones de tubo pvc de 10 cm de diámetro. Los ovocitos se separaron uno del otro mediante procesos de agitación física y lavado, utilizando agua directa del grifo (Lowerre-Barbieri y Barbieri, 1993). Para cada hembra se contó el número de ovocitos hidratados presentes en tres submuestras de ovario (0.05 a 0.07 g cada una, medido al 0.01 mg más cercano). El promedio de las tres estimaciones elevadas al peso del ovario fue usado como la fecundidad por camada de cada pez.

Para determinar la distribución del diámetro de los ovocitos, de cada submuestra se midieron 200 ovocitos con un diámetro arriba de 0.2 mm, al 0.001 mm más cercano (ovocitos < 0.2 mm, son ovocitos perinucleares considerados como un stock de ovocitos permanente en el ovario, Hunter *et al.*, 1985). Las mediciones se realizaron con estereomicroscopio marca Zeiss equipado con una cámara digital y con la ayuda de un programa de análisis de imagen (Motic Images Plus, vers. 2.0 ML, Multi Language vers. Motic Group Corporation). Debido a que los ovocitos son básicamente esféricos la orientación con respecto a la línea de medición fue al azar. Los estimadores de densidad por Kernel (EDKs) se utilizaron para separar los grupos de ovocitos en función de su diámetro, utilizando las rutinas de Salgado-Ugarte *et al.* (1997).

La frecuencia de desove (intervalo por camada) se estimó a partir del promedio diario de la fracción de desove de las hembras maduras con ovocitos hidratados (asumiendo la proporción en el día-0) y folículos post-ovulatorios (POF) presentes en el ovario, del total de hembras maduras (activa) (Hunter y Macewicz, 1985). La inversa de la fracción de desove produce el intervalo esperado promedio en días entre los eventos de desove (Murua *et al.* 2003).



4.3. Resultados

4.3.1. Distribución de tallas y proporción de sexos

Durante 37 meses de muestreo se midieron 7,371 dorados (3,494 hembras y 3,877 machos). Los peces se encontraron en el intervalo de tallas de 20.5 a 129 cm *Lf* en las hembras, y de 25.5 a 152 cm *Lf* en machos. Durante el periodo de estudio se observaron cambios en la proporción de sexos y la distribución mensual de las tallas (Fig. 4.1). Las capturas presentaron un amplio intervalo de tallas; sin embargo, la actividad pesquera incidió sobre las modas de 50 y 100 cm *Lf*. Las modas de 80 y 90 cm *Lf* fueron las de menor abundancia en las capturas artesanales.

Los dorados son organismos dioicos con dimorfismo sexual, lo cual se hace evidente a tallas mayores a los 35 cm de *Lf*. La proporción de sexos durante el periodo estudiado fue alrededor de 50%, excepto entre abril y mayo cuando las hembras pequeñas (*Lf* < 75 cm) fueron las más abundantes en las capturas (1 M: 1.5 H; $\chi^2 = 51.67$, $P < 0.05$); y noviembre-diciembre con un predominio significativo de machos grandes (1 M: 0.5 H, $P < 0.05$) con tallas mayores a 100 cm *Lf* (Fig. 4.2).

La proporción de sexos mostró diferencias de acuerdo a la talla, las hembras parecen ser las más favorecidas en las clases de talla más pequeña (< 50 cm *Lf*) con una proporción por encima del 70%. En organismos con tallas entre 55 a 100 cm *Lf*, la proporción de hembras se distribuyó alrededor del 65%. Posteriormente se observó una reducción significativa en el número de hembras en las clases de talla > 100 cm *Lf* (Tabla 4.1), favoreciendo así, la proporción de machos grandes (>120 cm *Lf*) durante todo el año.

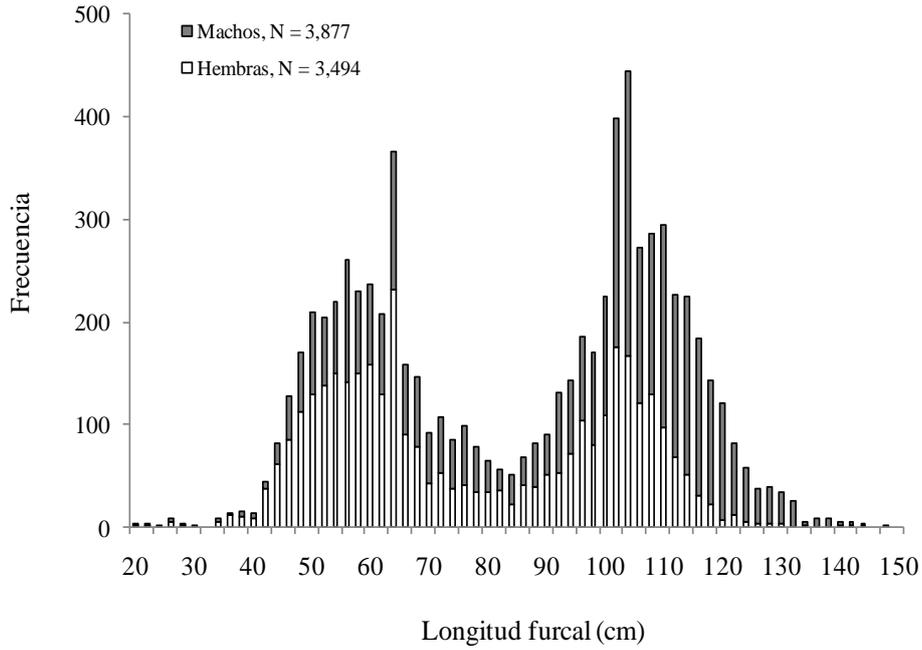


Figura 4.1. Distribución de frecuencia de longitud para hebras y machos de *Coryphaena hippurus* capturados por pesca artesanal en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004 a diciembre del 2007.

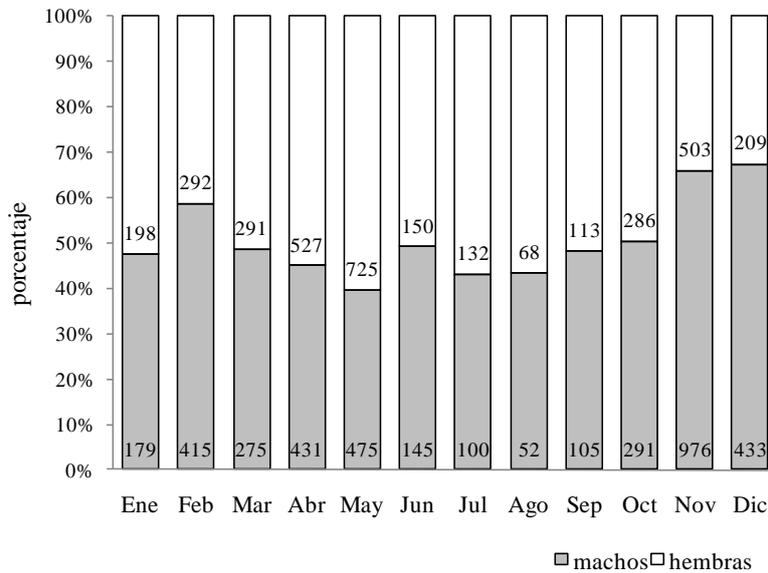


Figura 4.2. Proporción de sexos por mes para *Coryphaena hippurus*, el número sobre la barra corresponde al número de peces. Datos recolectados de diciembre del 2004 a Diciembre del 2007 en el Pacífico Sur de México.



Tabla 4.1. Proporción de sexos por talla para el dorado *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México, entre diciembre del 2004 y diciembre del 2007. M = machos; H = hembras.

Intervalo longitud (<i>L_f</i> , cm)	Frecuencia		Proporción (M:H)	χ^2
	M	H		
26-35	6	19	1:3.16	6.8
36-45	62	165	1:2.66	46.74
46-55	366	657	1:1.80	82.78
56-65	458	783	1:1.71	85.11
66-75	274	273	1:1	0
76-85	167	169	1:1.01	0.01
86-95	283	278	1:0.98	0.05
96-105	820	652	1:0.79	19.17
106-115	848	423	1:0.50	142.11
116-125	451	61	1:1.14	297.07
126-135	121	10	1:0.08	94.06
136-145	20	3	1:0.15	12.61

4.3.2. Clasificación de madurez y desarrollo de ovocitos

Para la descripción gonádica de los machos, se utilizó la definición del epitelio germinal continuo o discontinuo y en los estadios de las células germinales (Grier *et al.*, 1998), sólo se identificaron cuatro de las cinco clases de desarrollo de la espermatogénesis descrita para teleósteos (Fig. 4.3):

Clase I. (quiescencia), tejido gonádico constituido principalmente por espermatogonias y abundante tejido conjuntivo.

Clase II (maduración temprana), se considera el inicio de la espermatogénesis, la estructura de los espermatocitos se presenta bien definida, se observa epitelio germinal continuo entre los conductos, lumen parcialmente cerrado.

Clase III (maduración intermedia), se observa la presencia de epitelio germinal continuo en la región de los lobulos y epitelio germinal discontinuo en la región de los conductos testiculares, espermatozoides liberados en el lumen.



Clase IV (maduración avanzada), abundante epitelio germinal discontinuo en los conductos testiculares; espermiogénesis intensa, liberación de grandes cantidades de espermatozoides

Clase V (regresión), pocos espermatozoides residuales en los conductos, las espermatogonias son escasas.

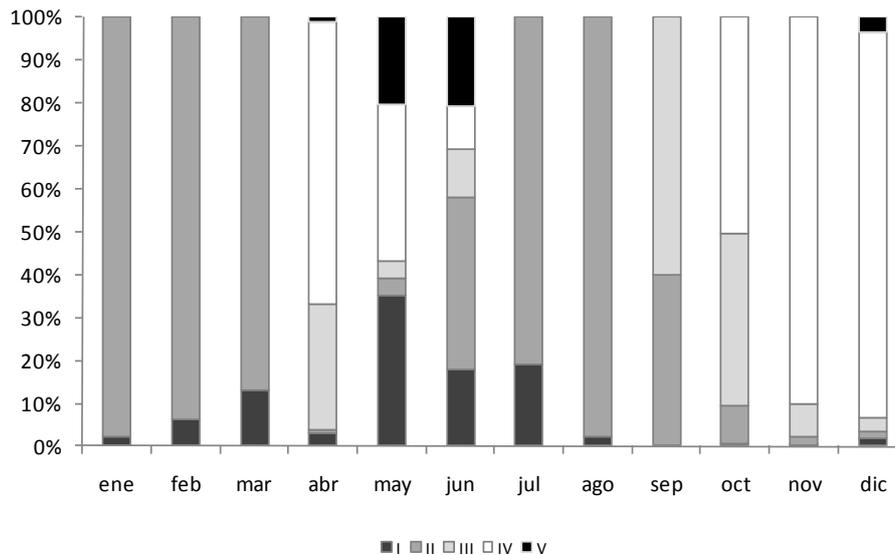


Figura 4.3. Clasificación de madurez, basada en características microscópicas para machos de *Coryphaena hippurus*, recolectadas de diciembre del 2004 a diciembre del 2007 en el Pacífico Sur de México. I. Inmaduras, II. Maduros

Las características histológicas de los ovarios y la etapa de desarrollo de acuerdo al grupo más avanzado de ovocitos, se utilizaron para proponer un esquema de madurez para clasificar a las hembras (Tabla 4.2 y Fig. 4.4). Las hembras fueron clasificadas como en desove (E IV), si sus ovarios contienen ovocitos con núcleo migratorio y ovocitos hidratados, y no mostraban signos de POFs, como se observa en las secciones histológicas. Los ovarios se clasificaron como en desove reciente (E V) si contenían numerosos POFs y ovocitos hidratados residuales.



Tabla 4.2. Clasificación de madurez para ovarios de *Coryphaena hippurus*, muestras recolectadas en el Pacífico Sur de México.

Estado	Clasificación de madurez	Descripción macroscópica	Descripción microscópica	IGS ± D.E. (n)
E I	Inmaduro	Ovarios firmes, naranja oscuro/brillante, sin ovocitos ni vasos sanguíneos visibles	Histológicamente, los ovarios contienen densos paquetes de ovocitos perinucleolares/sin yema. Ovocitos enteros < 0.2 mm de diámetro, transparentes con numerosas vacuolas en el citoplasma (Fig. 4.3 a)	0.46±0.18 (117)
E II	Maduración	Ovarios firmes, naranja, ovocitos y pequeñas venas visibles	Ovocitos perinucleolares/sin yema, la mayoría de los ovocitos con yema temprana. Ovocitos enteros esféricos y translúcidos, con gotitas de lípidos en la periferia. El grupo más avanzado mide 0.2-0.4 mm de diámetro (Fig. 4.3 b)	0.95±0.26 (48)
E III	Madurez	Ovarios turgentes, amarillo brillante/naranja. Ovocitos grandes y vasos sanguíneos grandes y visibles	El grupo más avanzado de ovocitos presenta yema/ovocitos vitelogénicos. a) ovocitos en vitelogénesis temprana, ovocitos sin yema/perinucleolares también están presentes; b) ovocitos en vitelogénesis avanzada. El grupo más avanzado de ovocitos enteros mide 0.4-1.0 mm de diámetro, la yema aparece densa con varios glóbulos transparentes de lípidos que rodean al núcleo (no visible) (Fig. 4.3 c)	3.67±2.04 (237)
E IV	Desove	Ovarios suaves, inflamados, naranja pálido /amarillo. Ovocitos grandes y translúcidos, visible a través de la pared del ovario, con grandes vasos sanguíneos rodeando los ovarios	Ovocitos con núcleo migratorio (1.0-1.2 mm), los ovocitos hidratados (>1.3 mm de diámetro) son el grupo más numeroso. Los ovocitos enteros translúcidos, con una sola gota de lípidos. Últimos ovocitos con yema/vitelogénicos presentes. Sin folículos post-ovulatorios (Fig. 4.3 d)	4.41±2.36 (310)
E V	Desovados	Ovarios flácidos, rojo pálido/descolorido, particularmente en el extreme posterior; numerosos y grandes coagulos de sangre. Pocos ovocitos visibles	Ovarios contienen abundantes y visibles folículos post-ovulatorios; presenta ovocitos hidratados residuales y ovocitos con yema/vitelogénicos, aumenta en el número de ovocitos previtelogénicos que se hacen visibles (Fig. 4.3 e)	0.94±0.29 (33)
E VI	Recuperación	Ovarios completamente flácidos y reducidos en diámetro. Vasos sanguíneos presentes	Predominan ovocitos perinucleolares y con yema/vitelogénicos con signos de atresia. Pocos ovocitos enteros con yema/vitelogénicos embebidos en el tejido compacto del ovario	0.36±0.15 (8)

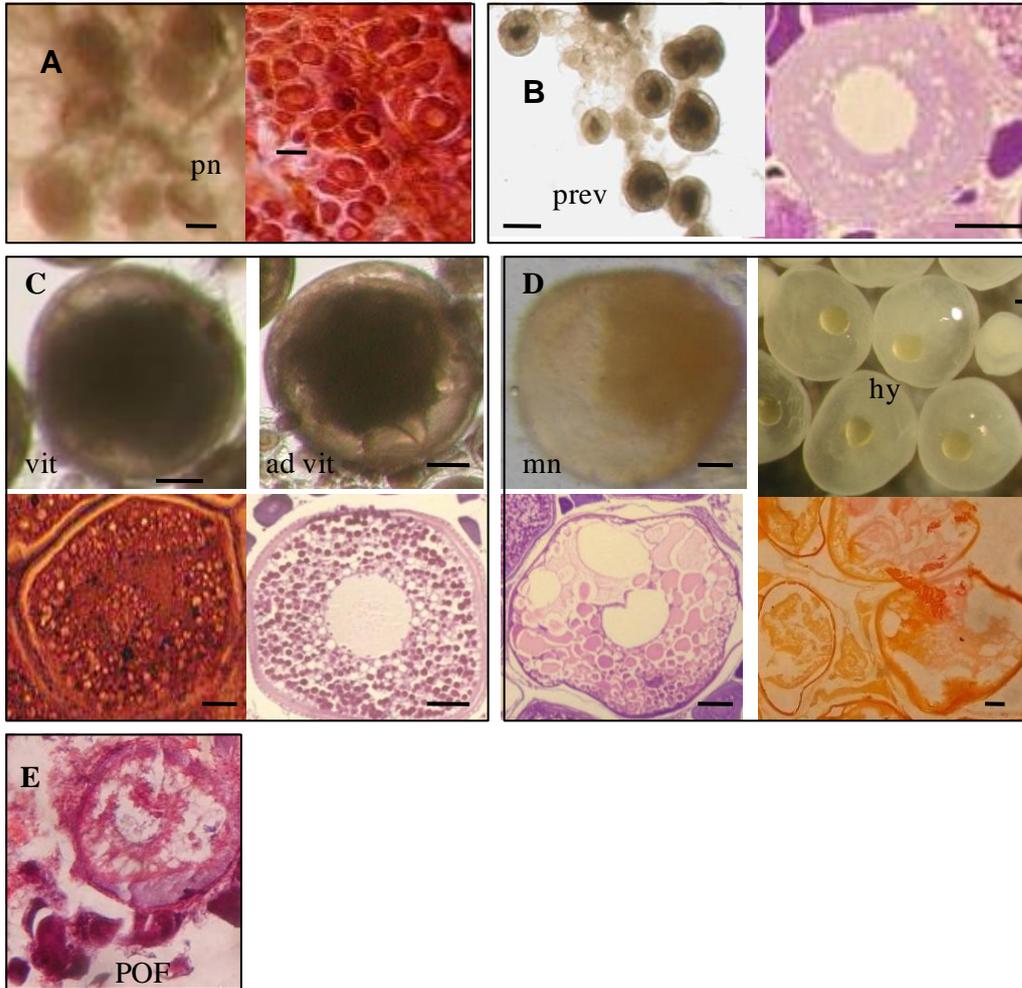


Figura 4.4. Imágenes de ovocitos (enteros y secciones histológicas) de *C. hippurus* en diferentes estados de desarrollo. (A) Inmaduros/descanso: pn, ovocitos perinucleares (< 0.2 mm); (B) Maduración: previt, ovocitos pre-vitelogénicos (0.2-0.4 mm); (C) Madurez: vit, ovocitos vitelogénicos (0.4-0.6 mm); ad vit, ovocitos en vitelogénesis avanzada (0.7-1.0 mm); (D) Desova: mn, ovocitos con núcleo migratorio (0.9-1.2 mm), hy, ovocitos hidratados (> 1.3 mm). (E) Desovados: POF, folículos post-ovulatorios. Bar = 0.2 mm



Para construir la distribución de frecuencia de talla de los ovocitos se utilizaron ovarios pertenecientes a hembras con una longitud furcal entre 49 y 129 cm. La distribución resultante (EDK con ancho de banda = 0.0425) indicó la presencia de seis modas que fueron caracterizadas por el procedimiento de Bhattacharya (Salgado-Ugarte *et al.*, 1994, 2005) como seis componentes Gaussianos, con diámetros que oscilaron entre 0.1 hasta 1.99 mm (Fig. 4.5). El primer grupo formado por ovocitos perinucleares (< 0.2 mm de diámetro), con apariencia transparente y considerados como el stock permanente de ovocitos en la gónada. El segundo grupo (0.2-0.4 mm, moda en 0.29 mm) formado por ovocitos pre-vitelogénicos, que parecen esféricos y translucidos, con pequeñas y numerosas gotitas de lípidos en la periferia del núcleo del ovocito. El tercer grupo compuesto de ovocitos en vitelogénesis temprana (0.4-0.6 mm, moda en 0.47 mm), en los cuales aparecen pequeñas gotitas de lípidos que cubren totalmente el interior del ovocito. El cuarto grupo incluye ovocitos en vitelogénesis avanzada (0.7-1.0 mm, moda en 0.94 mm), aparecen con unas gotitas de lípidos grandes que rodean el núcleo (no visible). El quinto grupo con ovocitos vitelogénicos completamente desarrollados (1.0-1.2 mm, moda en 1.11 mm), con el núcleo migrando hacía el polo animal del ovocito y con gotitas de lípidos que se aglutinan gradualmente (coalescencia). El sexto grupo conformado por ovocitos hidratados (> 1.3 mm, moda en 1.42 mm) con apariencia translúcida, gotitas de lípidos aglutinadas formando una sola gota y falta de POFs; este estado indica un desove inminente (Fig. 4.6). Se observó que el diámetro de los ovocitos hidratados no se incrementa con la talla de la hembra.

En la gráfica de violines (Fig. 4.7) se muestran los cambios mensuales en el diámetro de los ovocitos, que va de la bimodalidad a la multimodalidad. Un grupo con ovocitos mayores a 1.0 mm de diámetro se presentó en todos los meses; en junio y diciembre se registraron los ovocitos más grandes (> 1.3 mm diámetro). Se observó una



correspondencia entre los valores altos del *IGS* y el diámetro de ovocitos mayores a 1.0 mm.

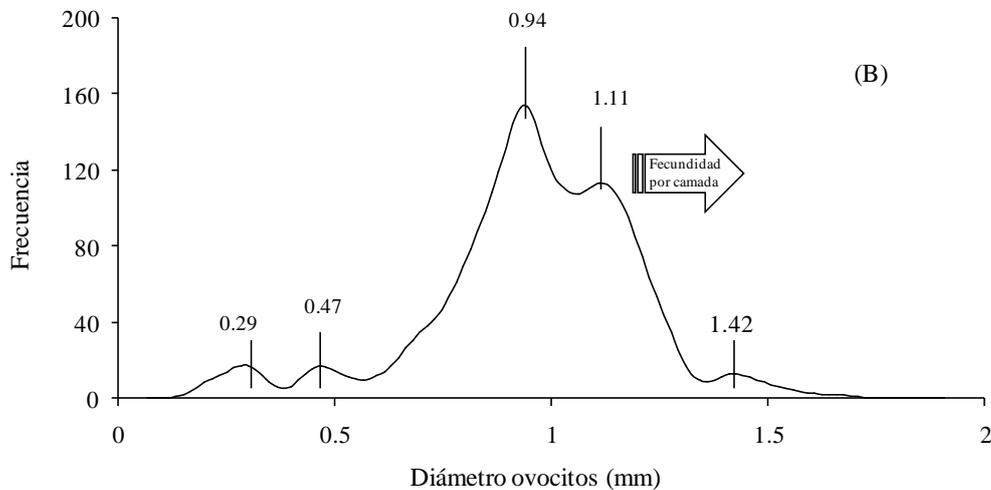


Figura 4.5. Distribución de frecuencia (EDK con banda de 0.0425) del diámetro de los ovocitos ($n = 3,715$) en 216 ovarios de *Coryphaena hippurus*. Datos recolectados de diciembre de 2004 a diciembre del 2007 en el Pacífico Sur de México.

4.3.3. Estación de desove

La maduración de los ovarios indicó que de agosto a diciembre se presentaron en las capturas hembras en etapa virginal con una *Lf* menor a 25 cm (E I, 1.9% captura). Las hembras en madurez temprana (E II, 7% captura) se observaron a lo largo del año, pero con las mayores abundancias de mayo a agosto. Las hembras maduras (E III, 58.6% captura) se registraron en las capturas durante todo el año con dos pulsos intensos de actividad, marzo-abril y octubre-noviembre, que coincidió con los valores relativamente altos del *IGS* (> 4). Las hembras clasificadas como en desove inminente (E IV; 23.4% captura) se presentaron en las capturas a lo largo del año, con dos pulsos intensos de actividad, mayo-julio y noviembre-enero. Las hembras en condición de post-desove (E V; 9.2%) y en etapa de recuperación (E VI, 1%) aparecieron en las capturas de mayo-julio y nuevamente en noviembre (Fig. 4.8).

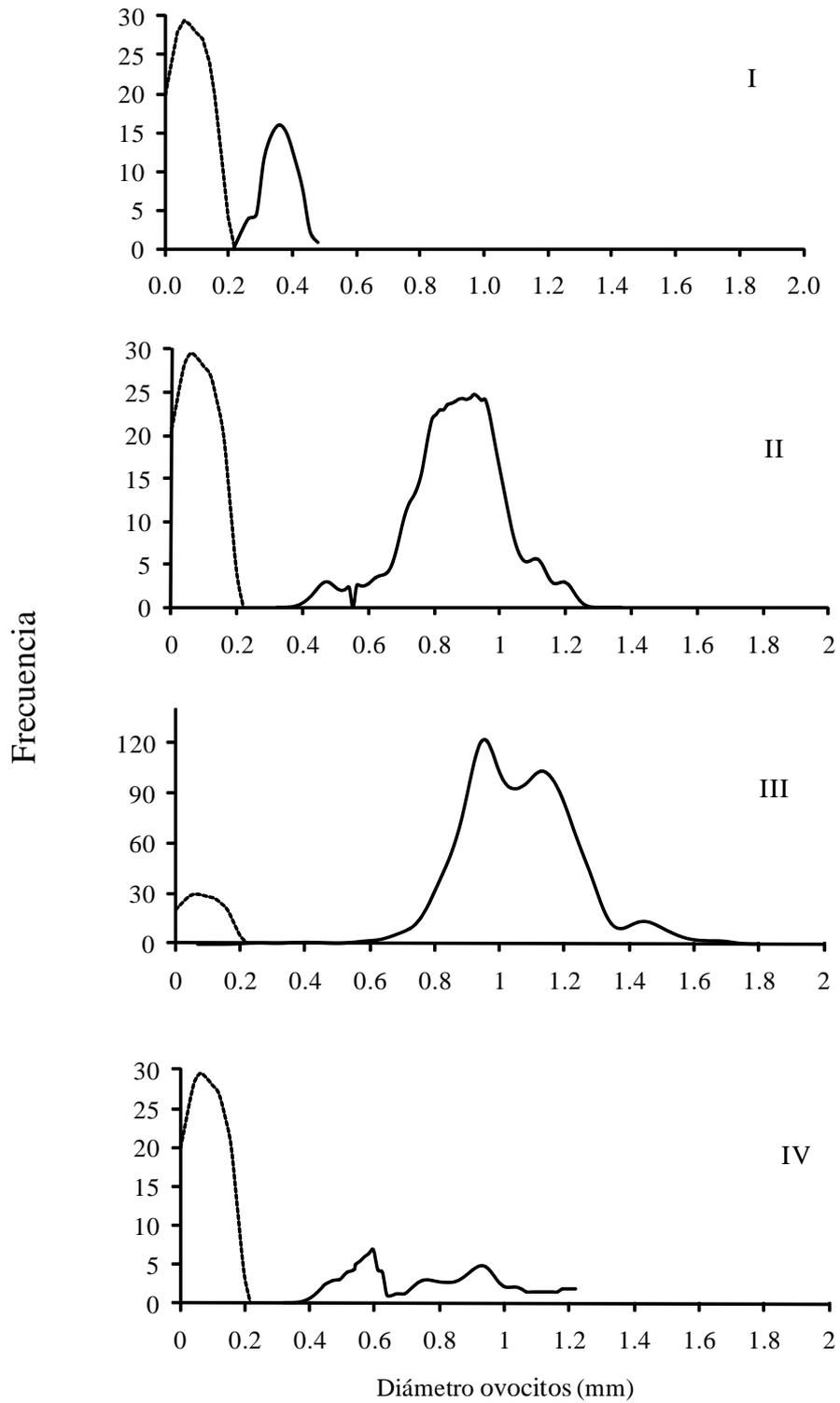


Figura 4.6. Distribución de tallas de ovocitos enteros en el ovario de *Coryphaena hippurus*, $n = 3,715$, usando el ancho de banda sugerido por la prueba de Silverman ($h=0.0425$). La línea punteada representa el grupo de ovocitos perinucleares, stock permanente de ovocitos sin desarrollar en la gónada (< 0.2 mm).

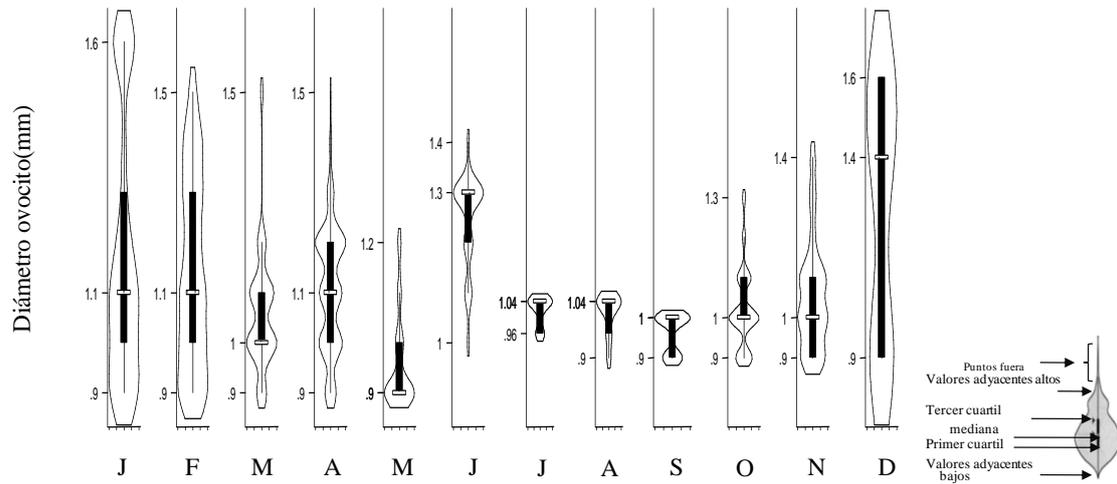


Figura 4.7. Gráfica de violín, representa la variación mensual en el diámetro de los ovocitos (> 0.2 mm) de hembras de *Coryphaena hippurus*. Datos recolectados de diciembre del 2004 a diciembre del 2007 en el Pacífico Sur de México.

Aunque las hembras de dorado en actividad de desove se pueden clasificar a partir de los valores del *IGS*, la exactitud de la predicción mejora cuando se incluye una medida de la maduración del ovario (tal como el grupo más avanzado de ovocitos o el análisis histológico). Los valores del *IGS* mostraron diferencias significativas a lo largo del año ($H_{(11, 732)} = 610.6666, P = 0.00$), con los valores más altos de septiembre a noviembre y de febrero a marzo; valores significativamente bajos se observaron en mayo. Los valores del *IHS* indicaron una correspondencia con los cambios mensuales en los valores del *IGS*; sin embargo no mostró una tendencia específica con respecto a la condición de desove (Fig. 4.8).

El factor de condición (*FC*) en ambos sexos no mostró diferencias significativas. El factor de condición, en machos y hembras, alcanzó su punto máximo durante los pulsos pre-desove. Los machos, sin embargo, eran más gordos que las hembras a longitudes mayores a 90 cm *L_f* (Tabla 4.3).



La información combinada de la distribución de hembras maduras, basada en la maduración de los ovarios (Tabla 4.4) y resultados del *IGS* indican que el dorado desova a lo largo del año con una actividad intensa y masiva en dos pulsos: El primer pulso se produjo de mayo a julio, donde predominaron hembras pequeñas ($L_f < 80$ cm); el segundo pulso ocurrió de noviembre a enero, con abundancia de hembras grandes ($L_f > 100$ cm).

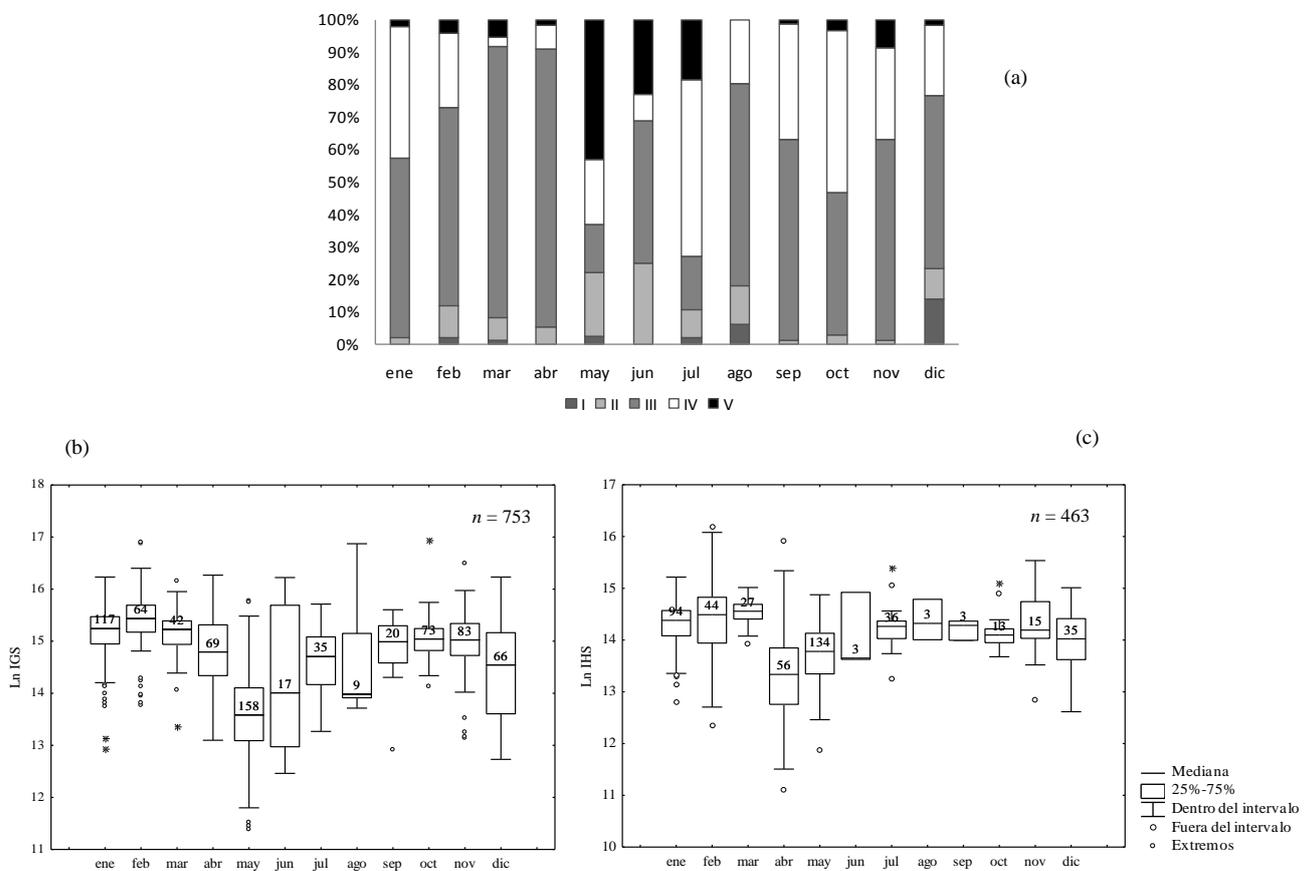


Figura 4.8. Clasificación de madurez, basada en características microscópicas (a), diagrama de caja del Ln índice gonadosomático (*IGS*) (b), y Ln índice hepatosomático (*IHS*) (c) para hembras de *Coryphaena hippurus*, recolectadas de diciembre del 2004 a diciembre del 2007 en el Pacífico Sur de México. I. Inmaduras, II. Madurez, III. Maduras, IV Desove, V. Desovadas.



Tabla 4.3a. Relación entre el peso total (P) y la longitud furcal (L_f) para hembras de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004 a diciembre del 2007. Modelo: $P = a L_f^b$; a = Factor de Condición (FC).

Mes	Modelo				Intervalo de tamaño			
	$P = a L_f^b$		coeficiente a	exponente b	P (kg)		L_f (cm)	
	r^2	n			Min.	Máx.	Min.	Máx.
enero	0.9630	13	6E-5	2.6899	1.14	10	52	112
febrero	0.9170	75	3E-5	2.7183	0.75	12.2	43.0	118
marzo	0.9459	19	9E-6	2.9610	0.63	15.5	40.5	116
abril	0.9791	108	1E-5	2.8937	1.0	15.0	49.5	115.4
mayo	0.7887	83	3E-4	2.0559	0.53	2.1	37	67
junio	0.8076	82	2E-6	2.7630	0.5	3.0	41	76
julio								
agosto	0.9630	5	6E-6	2.5599	0.15	2.0	24	64
septiembre	0.9567	4	9E-5	2.9637	5.0	9.5	87	108
octubre	0.646	10	2E-5	2.7985	4.3	10.0	84	108
noviembre	0.9874	211	5E-6	3.1102	0.5	11.0	42	115
diciembre	0.9757	121	3E-5	2.6897	0.22	10.0	26	117

Tabla 4.3b. Relación entre el peso total (P) y la longitud furcal (L_f) para machos de *Coryphaena hippurus* capturado en el Pacífico Sur de México, diciembre del 2004 a diciembre del 2007. Modelo: $P = a L_f^b$; a = Factor de Condición (FC).

Mes	Modelo				Intervalo de tamaño			
	$P = a L_f^b$		coeficiente a	exponente b	P (kg)		L_f (cm)	
	r^2	n			Min.	Máx.	Min.	Máx.
enero	0.9658	14	1E-5	2.9882	1.5	12.4	55	123
febrero	0.9478	101	9E-6	2.9969	1.25	16.8	52.0	126
marzo	0.9819	30	2E-5	2.7955	0.51	18	38.0	125
abril	0.9845	110	2E-5	2.8355	1.25	18.5	52.0	135
mayo	0.9264	36	2E-5	2.8052	0.77	17.0	42.0	129
junio	0.8413	71	5E-6	2.5783	2.9	21.0	45.0	131
julio	0.9847	7	5E-6	3.1241	2.14	18.0	62.0	128
agosto		2						
septiembre	0.9784	9	2E-5	2.8463	1.5	24	53.0	135
octubre		2						
noviembre	0.9867	256	2E-6	3.3267	10.0	20.0	107	132
diciembre	0.9706	130	3E-5	2.7352	0.20	15.0	25.5	121.5



4.3.4. Talla a la madurez

La talla estimada a la madurez sexual (L_{50}) de las hembras de dorado fue de 48.31 ± 0.84 (95% IC) cm L_f , y el 100% estuvieron maduras alrededor de los 64 cm L_f . Para los machos la L_{50} fue de 50.57 ± 2.16 (95% IC) cm L_f , alcanzando el 100% de madurez a 67 cm L_f (Fig. 4.9). Las hembras alcanzaron la L_{50} a tallas ligeramente inferiores que los machos aunque los límites de confianza para este parámetro se superponen con el de los machos

Tabla 4.4. Proporción mensual de hembras de *Coryphaena hippurus* con ovocitos hidratados y en desove, (HYD=ovocitos hidratados). Muestras provenientes del Pacífico Sur de México, diciembre del 2004 a diciembre del 2007.

Fecha de captura	Número de hembras maduras	Proporción de hembras con HYD	Proporción de hembras en desove	Intervalo de desove (días)
Enero	137	41.6	2.2	2.2
Febrero	177	26.0	5.0	3.2
Marzo	219	3.2	6.0	10.9
Abril	340	7.6	2.1	10.3
Mayo	185	26.0	55.2	1.2
Junio	36	11.1	30.5	2.4
Julio	43	60.5	21.0	1.22
Agosto	41	24.4	0	4.1
Septiembre	75	36.0	1.3	2.6
Octubre	214	51.0	3.7	1.8
Noviembre	402	29.0	8.7	2.6
Diciembre	131	28.2	2.3	3.2
Todo el año	2000			

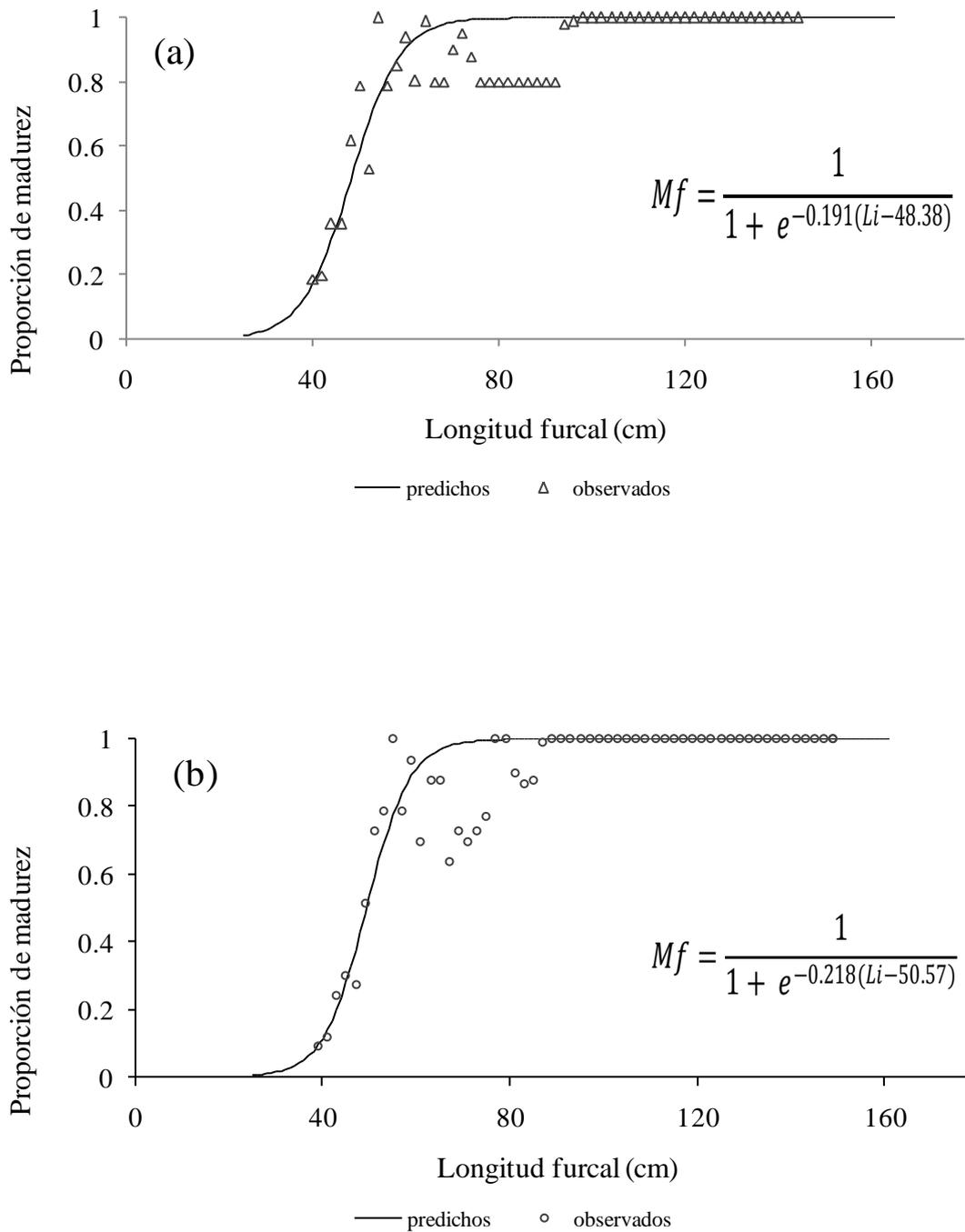


Figura 4.9. Talla de primera madurez poblacional (L50) para machos y hembras de *Coryphaena hippurus* durante el periodo de diciembre del 2004 a diciembre del 2007 para el Pacífico Sur de México. La curva ajustada ilustra la ojiva de madurez óptima ajustada por máxima verosimilitud. (a) hembras, (b) machos.



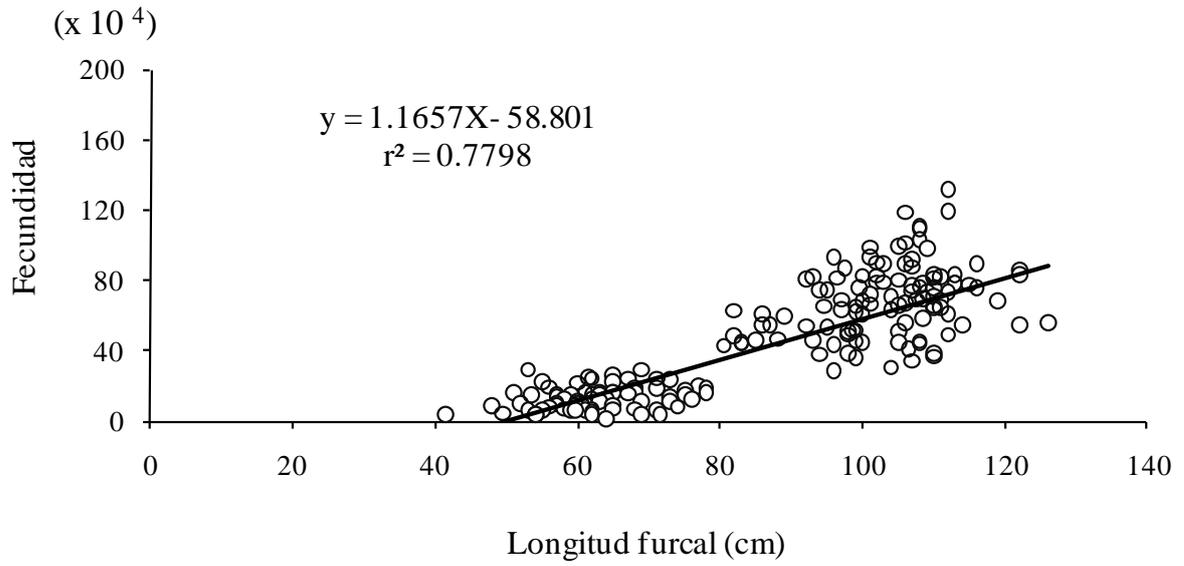
4.3.5. Estimación de la fecundidad por camada y frecuencia del desove

La fecundidad por camada se estimó en 216 hembras, utilizando sólo ovocitos hidratados intactos. Para hembras en el intervalo de talla de 49 a 129 cm *L_f*, se estimó una fecundidad de 45,222 – 1,930,245 ovocitos hidratados por hembra, con un promedio de 466,410 ovocitos hidratados. La fecundidad por camada mostró una relación positiva con la talla de la hembra (Fig. 4.10).

Para los datos combinados, la fracción de hembras maduras en actividad de desove fue de 0.5 equivalente a un intervalo promedio entre desoves de 2 días. Si las muestras representan a toda la población de hembras maduras, cada hembra habría desovado en promedio una vez cada 1.2-3.3 días, o para una temporada de desove de 90 días, 27-74 veces por estación (Tabla 4.4).



(a)



(b)

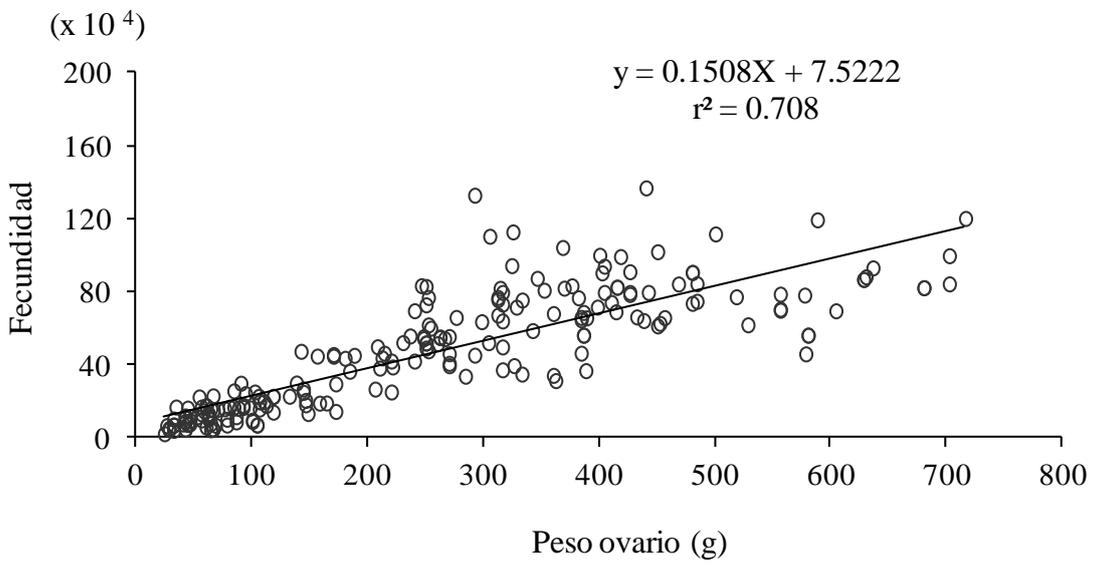


Figura 4.10. Relación entre la fecundidad por camada y la longitud furcal (a), y con el peso del ovario (b) para *Coryphane hippurus*, datos recolectados de diciembre del 2004 a diciembre del 2007 en el Pacífico Sur de México



4.4. Discusión

4.4.1. Distribución de talla y proporción de sexos

La distribución de tallas por mes mostró la incorporación permanente de individuos pequeños (≤ 30 cm *Lf*) a la zona de pesca, que corresponde al reclutamiento de la población a la pesca a lo largo del año, lo cual aporta elementos para definir al Golfo de Tehuantepec como una zona de desove del dorado. *C hippurus* presentó variaciones estacionales en patrones que fueron bastante consistentes durante el periodo de muestreo. Los datos de longitud muestran una distribución bimodal, una moda se hace evidente antes de la temporada de lluvias (marzo-abril), y la segunda moda al inicio de la temporada de surgencia (noviembre). Esto podría ser indicativo de la presencia de por lo menos dos cohortes en el año, como se ha reportado para las poblaciones del Atlántico (Massutí y Morales-Nin, 1995) y el Pacífico norte (Kraul, 1999).

Los dorados tienden a asociarse con objetos flotantes, ya sean naturales o artificiales, como son: troncos, ramas, cuerdas, boyas y algas (Kojima, 1961; Rose y Hassler, 1974). Este comportamiento según Kojima (1961) y Manooch *et al.* (1984), es debido a que los dorados se alimentan de peces en su mayoría juveniles, que utilizan estos objetos flotantes como refugio y sólo se alejan de ellos cuando existe la oportunidad de capturar presas de mayor tamaño. En el Golfo de Tehuantepec la mayoría de estos objetos flotantes son originados por el transporte de la vegetación costera por los ríos y lagunas costeras que desembocan en el océano, principalmente durante la temporada de lluvias. Lo anterior, en conjunto con la dinámica ecológica de los sistemas lagunares puede contribuir a explicar la presencia del dorado muy cerca de la costa y por consiguiente su disponibilidad para la pesca artesanal.

En el Golfo de Tehuantepec la variación interanual de la concentración de *Chl* y la productividad primaria favorecen la producción pesquera a través de la disponibilidad



de alimento, la cual modula variados procesos biológicos, tales como la reproducción, el crecimiento y el aumento en la supervivencia de los estadios larvarios (Picaut, 1985; Churchill, 2001). Olson y Galván-Magaña (2002) reportan que es una región con una alta diversidad de presas para los depredadores de nivel superior como el atún, tiburones, peces de pico y dorados, que se alimentan principalmente de crustáceos, peces pequeños y calamares.

La proporción de sexos mostró diferencias con el intervalo de talla; durante todo el año la mayor proporción de hembras (70%) se encontró en las clases de talla < 75 cm *L_f*, mientras que la mayor proporción de machos fue encontrada a tallas > 110 cm *L_f*.

El aumento en la proporción de machos con la talla, ha sido observado en otras regiones geográficas (Rose y Hassler, 1974; Massutí y Morales-Nin, 1997; Oxenford, 1999; Wu *et al.*, 2001). Rose y Hassler (1974) encontraron diferencias en la proporción de sexos con la talla, por lo que sugieren una separación de la población por sexo y talla (hypothesis of differential schooling) y patrones de alimentación diferentes entre dorados pequeños y grandes. Las diferencias pudieran ser causadas más que por una segregación, por la necesidad de los machos de suplir su demanda energética, que al parecer es mayor que en las hembras. Los machos grandes tienen acceso a un mayor número de presas de movimiento lento o rápido de diferente hábitat; además conforme incrementan la talla, estos peces aumentan sus requerimientos energéticos, así como sus tasas de consumo, por lo que requieren de presas que tengan un mayor aporte energético, como el que les puede proporcionar un mayor consumo de peces grandes y cefalópodos que por lo general se encuentran en zonas oceánicas (Olson y Galvan-Magaña, 2002).

Los resultados muestran que las diferencias temporales en las capturas de machos y hembras de dorado se producen sólo durante los picos de desove. El predominio de



hembras durante todo el año, hembras desovantes en mayo-julio y noviembre-enero, así como la presencia de machos de gran tamaño (> 100 cm de *Lf*) que superan en número a las hembras en noviembre, sugiere que las diferencias en la proporción de sexos son debidas al comportamiento reproductivo de la especie y no a una segregación de sexos y talla. Mientras que los machos se alimentan de presas de mayor tamaño en la zona oceánica, las hembras satisfacen sus requerimientos energéticos en la zona costera durante los meses de surgencia, con el consecuente ahorro de energía al no desplazarse hacia zonas oceánicas. Durante la época de desove los machos se acercan a la costa.

Los patrones temporales de los cambios en la proporción de sexos también son consistentes con las diferencias sexuales en la migración y el desove, u otro comportamiento reproductivo, como es la mayor propensión de los machos de especies pelágicas a agregarse en grupos de desove (Hunter y Macewicz, 1985), que puede constituir también una explicación de las diferencias genéticas temporales observadas por Tripp-Valdez *et al.* (2010). Los estudios de marcado indican que el dorado se presenta estacionalmente en algunas áreas, con una gran sensibilidad espacial a la temperatura superficial y a la concentración de clorofila *a* (Farell, 2009).

4.4.2. Clasificación de madurez y desarrollo de ovocitos

El análisis histológico, el desarrollo de los ovocitos, la distribución de frecuencia de tallas de ovocitos intactos y el análisis del *IGS*, fueron utilizados para clasificar los estados reproductivos de las hembras. El uso combinado de estos métodos ha demostrado ser un medio eficaz para evaluar la maduración de los ovarios. Aunque el análisis histológico es el método más exitoso para clasificar la madurez gonadal sin errores, los costos y el tiempo necesario para la preparación de las muestras lo hacen inviable cuando se dispone de una gran cantidad de muestras y tiempo limitado (West,



1990). En estos casos, Schaefer (2001) sugiere utilizar el grupo más avanzado de ovocitos, calibrado con histología, como un indicador preciso de la distribución espacial y la temporada de desove de los peces. Usando estos criterios y basándose en la distribución de frecuencia de los ovocitos hidratados intactos en peces maduros, hembras con ovocitos > 1.3 mm de diámetro fueron consideradas en desove dentro de los dos principales eventos reproductivos: mayo a julio y noviembre a enero. Los machos se encontraron en constante espermatogénesis y espermiogénesis durante todo el año. Debido a la baja frecuencia en las capturas de hembras en postdesove (con signos de atresia presente) y machos en regresión o en descanso en las capturas artesanales, es posible que en esta especie no se presente un periodo claro de reposo sexual en la zona de estudio.

En el caso de los machos, la clasificación de sus estadios ha sido basada solo en la apariencia y color de las gónadas y escasamente abordada (Beardsley, 1967; Oxenford, 1985). En este trabajo se utilizó una interpretación histológica, la cual se basó en los cambios que se presentan en el epitelio germinal continuo y discontinuo del conducto seminal durante el ciclo reproductivo (Grier *et al.*, 1998). Con esto se logró obtener una escala de madurez más detallada y específica de las características que envuelven la maduración de la gónada de los machos de dorado.

Los resultados indican que el *IGS* es un indicador útil de la maduración reproductiva en el dorado. Sin embargo, el *IGS* sólo se limita a la detección de la actividad reproductiva. Sin datos auxiliares como la descripción histológica de las gónadas o el tamaño de los ovocitos, el *IGS* no es una medida precisa para distinguir durante la época reproductiva a las hembras reproductivamente inactivas pero maduras, de las hembras inmaduras (West, 1990). En los peces la energía requerida para el desove puede ser originada de las reservas de aceite en el hígado (Diana y Mackay, 1979) o vísceras



(Rajasilta, 1992); en este trabajo los valores del *IHS* no mostraron una clara tendencia relacionada con el desove. Esto puede ser causa de la voracidad y elevada tasa de alimentación del dorado, actividad que no disminuye durante el periodo de desove (Olson y Galvan-Magaña, 2002). Así, la energía requerida podría ser derivada de la dieta, sin un uso significativo de las reservas de energía (Massutí y Morales-Nin, 1997).

La fase III de núcleo migratorio y coalescencia de los glóbulos lipídicos es una etapa previa a la hidratación del ovocito, es un estadio recurrente en las hembras a lo largo del periodo de muestreo. Esto se puede considerar como un indicador de desove constante; una vez que se inicia la migración de las vesículas germinales, la hidratación del ovocito puede ocurrir dentro de unas cuantas horas posteriores a la fase de reactivación de la meiosis (Wallace y Selman, 1981). El análisis histológico fue necesario para describir el patrón de desove. *C. hippurus* sigue una estrategia de desove asincrónica, que requiere de una presencia constante de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos como fue confirmado en casi todas las gónadas de las hembras analizadas, que también presentaron ovocitos hidratados y folículos post-ovulatorios (POFs). La presencia simultánea de al menos seis tipos de ovocitos claramente diferenciados, morfológica y cuantitativamente (diámetro), que representan seis desoves parciales potenciales, sustenta dicha estrategia.

La descripción de la estrategia reproductiva y la evaluación de la fecundidad son tópicos fundamentales en el estudio de la biología y dinámica poblacional de las especies de peces (Schaefer, 2003). Los aspectos reproductivos estudiados mostraron una madurez sexual a los 48-55 cm *Lf*. El comportamiento reproductivo asincrónico ha sido observado para el dorado del Atlántico (Arocha *et al.*, 1999; Oxenford, 1999) y Mediterráneo (Massutí y Morales-Nin, 1997) y es típico de peces subtropicales y tropicales (Burt *et al.*, 1988). Esta estrategia es usualmente considerada como adaptativa



a los cambios en las condiciones ambientales, dirigida a minimizar el riesgo de tener una sola expulsión durante la estación de desove (Ditty *et al.*, 1994), y probablemente aprovechar las condiciones ambientales favorables para la supervivencia y reclutamiento de las larvas.

4.4.3. Estación de desove

En zonas tropicales como el Golfo de Tehuantepec donde el dorado está presente todo el año, la maduración de las gónadas puede seguirse a través de un ciclo anual completo. La temporada de desove fue definida e identificada por la combinación de varios métodos que incluyen: 1) valores altos del *IGS*, 2) Identificación de hembras en desove inminente (con ovocitos hidratados), 3) ovarios conteniendo visibles y abundantes folículos post-ovulatorios (POFs), y ovocitos hidratados residuales.

El patrón mostrado por el dorado en la zona costera del Golfo de Tehuantepec parece ajustarse a una estrategia reproductiva oportunista, donde los individuos llegan y desovan en el momento en que las condiciones favorables para la disponibilidad de presas están garantizadas por las condiciones ambientales presentes en el área (Tapia-García, 1998). El Golfo de Tehuantepec es una zona altamente productiva con ciclos biológicos muy complejos. Se han observado cambios estacionales en la producción primaria y secundaria, estos se encuentran principalmente influenciados por eventos periódicos de surgencia eólica que ocurren de noviembre a febrero y durante la estación de lluvias (junio-octubre). La producción máxima de fitoplancton ocurre durante la estación de vientos del norte o Tehuanos (Trasvina y Barton, 1997; Lara-Lara *et al.*, 1998), lo que sugiere que esta región altamente productiva, es una importante zona de alimentación para los peces que migran a través del Golfo de Tehuantepec. Según Olson y Galvan-Magaña (2002), esta es una región con alta diversidad de presas para los



depredadores de nivel superior, como el atún, tiburones, peces de pico y dorados, que se alimentan principalmente de crustáceos, peces pequeños y calamares. A pesar de que el dorado se alimenta de una gran diversidad de presas en esta región su dieta está dominada por los cefalópodos y peces voladores (Obs. pers.)

El dorado utiliza intensamente la zona costera del Golfo de Tehuantepec como una zona de reproducción, exhibiendo un marcado comportamiento de agregación. Los resultados de este trabajo sugieren una migración pre-desove, con dos grupos que llegan en diferentes periodos de tiempo. El primer grupo compuesto por dorados pequeños (50-80 cm *Lf*) en su mayoría hembras que desovaron al inicio de la temporada de lluvias, llegaron durante marzo y abril. Los dorados recién nacidos durante mayo-julio aseguran su supervivencia debido a la producción biológica originada por los sistemas fluvio-lagunares, que descargan considerables cantidades de nutrientes dentro del Golfo. El segundo grupo está compuesto por ejemplares grandes mayores a 100 cm *Lf*, y con la fracción de machos significativamente mayor que la de hembras, arribó durante octubre-noviembre. El periodo de desove más intenso es de noviembre a enero, durante el máximo de la temporada de surgencia, cuando es posible encontrar un suministro de alimento suficiente para el desarrollo gonadal que garantice el éxito del desove. Observaciones similares sobre la migración pre-desove del dorado han sido reportadas en el Caribe (Oxenford, 1999), Ecuador (Campos *et al.*, 1993), el Mediterráneo (Massutí y Morales-Nin, 1995), Venezuela (Arocha *et al.*, 1999) y en aguas de Colombia (Lasso y Zapata, 1999).

Estos pulsos en el desove pueden ser explicados por la hipótesis del movimiento estacional de costa-mar adentro en la propuesta de Kraul (1999) y analizados a partir de los cambios en la condición fisiológica del dorado por Uchiyama y Boggs (2006). Un movimiento similar de desove estacional ha sido sugerido por Arocha *et al.* (1999) en



aguas de Venezuela. En la zona de estudio los valores más altos del factor de condición se registraron en los pulsos de migración pre-desove: octubre-noviembre y marzo-abril, lo que coincidió con un aumento en las capturas costeras. Los dorados bien acondicionados entran desde el océano abierto en aguas cercanas a la costa y participan en una intensa actividad reproductiva, lo que resulta en pérdida de peso. *C. hippurus* regresa al mar abierto, en un estado demacrado. Entre junio y agosto se observaron los valores más bajos en la condición y el dorado prácticamente desaparece para la pesca artesanal, tal vez porque migran fuera de la costa para alimentarse y mejorar su condición durante un periodo no reproductivo. Cuando regresan a finales de septiembre e inicios de octubre, su condición se encuentra en su nivel más alto. Una evidencia de esto, es la abundancia de dorados en las capturas incidentales de la pesquería palangrera de altura frente al Golfo de Tehuantepec, durante junio a septiembre (Santana-Hernández, 2001). Este comportamiento reproductivo puede representar circuitos de migración de desove; sin embargo, Oxenford (1999) concluye que el dorado exhibe una estructura del stock más compleja de lo que se ha demostrado, de modo que un nuevo examen de la estructura poblacional por medio de datos genéticos sería necesario.

En el Mediterráneo, Massuti y Morales-Nin (1997) reportaron ovocitos con un diámetro máximo de 1.5 mm, y Wu *et al.* (2001) en el Pacífico occidental observaron ovocitos con un diámetro de 1.6 mm. En peces que presentan desoves múltiples, Hunter y Macewicz (1985) observaron que las hembras con folículos post-ovulatorios en las gónadas han desovado entre 24 a 48 hrs. antes de ser capturadas. Ditty *et al.* (1994) infieren a partir de la observación de larvas muy pequeñas (menos de 7 mm) en el Golfo de México, que el desove se produce en aguas oceánicas del golfo en lugar de la plataforma continental. Por su parte Sánchez (2008) menciona que la mayor abundancia de larvas de dorado en pre-flexión a lo largo de la costa del Pacífico Norte de México,



se presenta con la isoterma de 28 °C en verano y 24 °C en primavera. En el presente estudio, las hembras maduras con ovocitos en el grupo más avanzado (> 1.3 mm de diámetro) se consideraron en desove inminente; no obstante, la localización de las zonas específicas de desove para *C. hippurus* ha sido poco documentada a causa de la carencia de estudios ictioplanctónicos.

4.4.4. Talla a la madurez

Para el Pacífico mexicano no hay reportes de la talla L_{50} para el dorado. Los resultados de este trabajo son muy similares a los reportados por Massutí y Morales-Nin (1997) para las poblaciones de dorado en el Mediterráneo, Wu *et al.* (2001) para Taiwán y Schwenke y Buckel (2008) para Carolina del Norte. Pero difieren a los realizados por Beardsley (1967) para el estrecho de Florida y a los de Oxenford (1999) para el Atlántico Occidental (Tabla 4.6). Estos análisis son derivados de la evaluación micro y macroscópica de las gónadas pero sin calibración histológica. El uso de técnicas histológicas y la evaluación microscópica de los grupos más avanzados de ovocitos en los ovarios para evaluar la madurez, reduce la posibilidad de incluir hembras inmaduras o inactivas como hembras en post-desove y ha demostrado tener una mayor precisión en la estimación de la talla a la madurez (DeMartini *et al.*, 2000).

Asimismo, las estimaciones de L_{50} para los dorados en el Atlántico no pueden ser totalmente comparables con las de este trabajo, porque los resultados pueden diferir si las estimaciones se aplicaron a los peces capturados sólo durante los periodos de desove. El presente estudio incluye dorados maduros de tallas relativamente pequeños capturados durante todo el año. Por lo tanto, una prolongada temporada de desove es probablemente el factor más importante responsable de la variabilidad en la talla a la madurez. En el Golfo de Tehuantepec, la primera reproducción puede estar ocurriendo a



la edad de seis meses y el pulso de desove corresponder con el primer año de vida. En otras latitudes, algunos autores han reportado que la madurez gonádica de *C. hippurus* comienza en el primer año de vida, aunque los pulsos de desove no están presentes hasta que el dorado alcanza los dos años de edad (Palko *et al.*, 1982; Wu *et al.*, 2001).

4.4.5. Estimación de la fecundidad por camada y frecuencia del desove

En especies con un patrón de desarrollo asincrónico de los ovocitos y fecundidad indeterminada, las estimaciones de la fecundidad por camada son comúnmente realizadas por conteo de ovocitos hidratados no ovulatorios para evitar sesgos debido a la liberación de algunos huevos (Hunter *et al.*, 1985; Murúa *et al.*, 2003). Sin embargo, algunos autores han utilizado ovocitos en etapa de núcleo migratorio en las estimaciones de fecundidad por camada de especies altamente migratorias (Schaefer, 2001). A pesar de que los ovocitos en etapa de núcleo migratorio pueden ser identificados con precisión en los cortes histológicos, como ovocitos enteros son difíciles de reconocer (Hunter *et al.*, 1985). Por lo tanto para evitar sobreestimar los valores de la fecundidad por camada por confusión de ovocitos en la fase final de vitelogénesis con ovocitos en etapa de núcleo migratorio, en este trabajo las estimaciones de la fecundidad por camadas se basan en el recuento de los ovocitos hidratados intactos. Existen en la literatura informes con diferentes estimaciones de la fecundidad por camada para el dorado en otras latitudes (Beardsley, 1967; Massutí y Morales-Nin, 1997; Oxenford, 1999; Wu *et al.*, 2001). Comparar las estimaciones de fecundidad de este estudio con los resultados de otros autores no es factible debido a las diferencias en la metodología utilizada (por ejemplo, sus estimaciones incluyen el conteo de ovocitos vitelogénicos, diferente intervalo de talla de la muestra, diámetro máximo de ovocitos considerado) (Tabla 4.5).



Este estudio es el primer reporte sobre fecundidad por camada para *C. hippurus* en el Pacífico mexicano basado en el conteo de ovocitos hidratados intactos. La fecundidad por camada para hembras entre 49 y 129 cm *Lf* fue de 450,222 a 1,930,245 ovocitos hidratados intactos por hembra. La fecundidad presentó una fuerte correlación con la talla, en hembras pequeñas con longitudes entre 45 y 80 cm *Lf* se determinó una fecundidad promedio de 52,700 ovocitos hidratados.

En las especies con un patrón de fecundidad indeterminada, la frecuencia de desove es probablemente la variable reproductiva más problemática, debido al reducido número de muestras disponible. La mayoría de los trabajos sobre la estimación de la fracción desovante en especies altamente migratorias se han realizado en túnidos (Schaefer, 2001; Schaefer, 2003). El método preferido y más recomendable ha sido la identificación histológica de los folículos post-ovulatorios, POFs (Hunter y Macewicz, 1985). Debido a las limitaciones durante el presente estudio (pequeño número de muestras y secciones histológicas limitadas), las estimaciones de la frecuencia de desove fueron basadas en la frecuencia de ovocitos hidratados. Este método tiene restricciones debido al limitado periodo de tiempo en el cual los ovocitos hidratados se encuentran presentes en el ovario antes del desove, sobreestimando la fracción desovante. La fracción de desove en la mayoría de los casos se consideró como una estimación preliminar, porque no se logró validar la edad de estas estructuras.

El examen histológico de las laminillas de ovarios y tejido testicular proporciona la mayor precisión para la clasificación del estado reproductivo de *C. hippurus*. Los resultados del presente estudio plantean diversos aspectos clave de la biología reproductiva del dorado en el Golfo de Tehuantepec. El dorado fue obtenido directamente de la captura de las embarcaciones artesanales, las cuales operan en áreas costeras y retiradas de la costa, esto permitió analizar organismos en un margen de tallas



muy amplio y muestras de gónadas con ovocitos en diferentes estados de desarrollo. La información anterior logro definir de manera más precisa la temporada de desove, así como obtener resultados significativos de la talla a la primera madurez y fecundidad por camada. Los resultados identificaron al Pacífico Sur de México, como un área importante para el desove del dorado en el Pacífico Tropical Oriental. En términos de la estrategia de desove, es obvia la necesidad de contar con información a fina escala de la localización del desove, a partir de la recolecta de larvas y de la evaluación de las condiciones oceanográficas espaciales y temporales en el Pacífico Sur de México



Tabla 4.5. Resumen de las características reproductivas reportadas para el dorado *Coryphaena hippurus* en diferentes regiones.

Parámetro reproductor	Corriente Florida		Puerto Rico	Barbados	Islas Mayorca	Mediterráneo	Taiwán	México	
	Beardsley (1967)	Schwenke y Buckel (2008)	Pérez <i>et al</i> (1992)	Oxenford (1989)	Massutí y Morales-Nin (1997)	Massutí y Morales-Nin (1995)	Wu (2001)	BCS Zuñiga (2009)	Golfo Tehuantepec Presente trabajo
Talla ovocitos hidratados (mm)			1.1 n=25	0.97 n=69	1.5 n=14		1.6 n=177	1.57	1.42 n=216
Fecundidad por camada (FC)	85,000 - 938,000 n=19		219,670 1.548,457 n=25	- 58,000 - 1,243,770 n=69	195,000 - 1,381,000 n=14		278,413 - 1,313,438 n=177	33022-730555	45,022 -1,930,245 n=216
Relación Lf-FC			$FC = 6.03 \times 10^{-7} Lf^{2.1}$		$FC = 2.7 \times 10^{-6} Lf^{2.2}$		$FC = 9.0 \times 10^{-7} Lf^{2.1}$		$FC = 2.0 \times 10^{-7} Lf^{2.4}$
Migración pre-desove	nov-jul	ene-jul					mar-ago		nov-ene abr-may
Estación de desove	Extendido ene-mar	Extendido o abr-jul		may-jun		Extendido jun-sep	Extendido feb-mar	Extendido sep-nov	Extendido may-jul nov-ene

Tabla 4.6. Valores estimados de la talla de madurez poblacional (L_{50}) para el dorado *Coryphaena hippurus*, obtenidos en el presente trabajo y en distintas localidades. PD = pesca deportiva, PC = pesca comercial, PA = pesca artesanal.

L_{50} (L_f , cm)	Sexo	Localidad	Pesca	Autor	Método
47.5-49.2	H	Pacífico Sur	PA	Presente trabajo	Histológico
48.4-52.7	M				
77.0	H	B. C. S. México	PD	Zúñiga, 2009	Histológico
92.0	M				
81.0	T				
35.0	H	Florida	PD	Beardsley, 1967	Morfocromático
42.7	M				
46.0	H	Carolina del Norte	PD	Schwenke y Buckel 2008	Morfocromático
47.5	M				
40.0	T	Puerto Rico	PD	Pérez <i>et al.</i> 1992	Histológico
52.8	H				
49-52	M				
54.5	T	Mallorca, España	PC	Massuti y Morales-Nin, 1997	Morfocromático
51.0	T	Taiwán	PC	Wu <i>et al.</i> 2001	no especifica
66.7	H	Barbados	PD	Oxenford, 1989	Morfocromático
80.5	M				

Capítulo 5

Variación de las Capturas Artesanales





Capítulo 5

Variación de las capturas artesanales

5.1. Introducción

Una de las áreas clave de la biología pesquera que representa un desafío a la investigación científica es la capacidad de cuantificar la abundancia de especies que se están moviendo en el espacio y el tiempo en una vasta área (Kleisner, 2008). Tal es el caso de las especies pelágicas y el dorado es un ejemplo de especie migratoria, con importancia comercial, recreativa y ecológica a través de su área de distribución en el Océano Pacífico Tropical Oriental (Olson y Galván-Magaña, 2002). Debido a las áreas de distribución y alimentación que comparte con otras especies de captura comercial (por ejemplo la pesquería de tiburón y túnidos) es común encontrar dorados registrados como captura incidental dentro de los desembarques comerciales. A la fecha esta especie no ha recibido la atención en la recolecta de datos biológicos y evaluación que se proporciona a los grandes túnidos y peces de pico, probablemente debido a que no hay grandes pesquerías que se concentren en el dorado y la situación irregular en su estatus de pesca que prevalece actualmente.

Dentro de las especies pelágicas, *C. hippurus* es considerado un recurso pesquero importante, capaz de resistir altas tasas de mortalidad por pesca, debido a que tiene un rápido crecimiento, maduración a edades tempranas, alta fecundidad y tiempos generacionales cortos (Schwenke y Buckel, 2008). Los estudios sobre la especie en diferentes pesquerías comerciales y deportivas del Atlántico y Pacífico, han mostrado una clara estacionalidad y picos de abundancia en las capturas (Rose y Hassler, 1968; Campos *et al.*, 1993; Mahon y Oxenford, 1999; Massutí *et al.*, 1999a).



En el Pacífico mexicano *C. hippurus* se distribuye a lo largo del Golfo de Tehuantepec y el sur de la Península de Baja California, incluyendo el Golfo de California. Junto con los peces de pico (pez vela, *Istiophorus platypterus*; marlín azul, *Makaira indica*; marlín negro, *Makaira mazara*) es una especie reservada para la pesca deportivo-recreativa (Diario Oficial de la Federación, 1995). Se registra como parte de la captura incidental en las pesquerías artesanales dirigidas a escama y tiburones, siendo un recurso importante para el sector pesquero debido a la calidad de su carne, altamente cotizada, que ha generado una importante demanda como producto de gran consumo en las zonas turísticas del Pacífico mexicano y como producto de exportación (CNP, 2010).

La distribución de *C. hippurus* está claramente influenciada por variables oceanográficas físicas y biológicas (Norton, 1999), aunque la especie ha mostrado patrones en diferentes ambientes (ej. agua caliente, áreas tropicales y subtropicales, mantos de *Sargassum*) se requiere una observación más precisa en las diferentes zonas de distribución. El objetivo de este capítulo es analizar la variación temporal e interanual en la composición de las capturas por pesca artesanal del dorado en el Pacífico Sur de México.

5.2. Material y métodos

Los datos utilizados en el presente estudio fueron recolectados durante prospecciones de la pesquería artesanal desde 2000 a 2004 en seis localidades pesqueras de Oaxaca y Chiapas. De diciembre del 2004 a diciembre del 2007 se realizaron muestreos semanales en los sitios de desembarco de la flota artesanal en Puerto Escondido, Puerto Ángel y Huatulco; mensuales en Salina Cruz, Paredón y Puerto Chiapas. En cada una de las localidades se registraron las capturas de la pesca artesanal e indicadores del esfuerzo pesquero: número



total de embarcaciones pesqueras menores en la localidad, número de embarcaciones muestreadas que efectuaron captura de dorado en la fecha de muestreo; número de pescadores por viaje de pesca por embarcación muestreada; horas de salida y de regreso de las embarcaciones anteriores; artes de pesca utilizados y sus características; número, sexo y longitudes de los ejemplares de dorado capturados, así como registro de las especies acompañantes.

Un factor que dificultó el análisis, es que tanto pescadores como autoridades no llevan un registro del esfuerzo y de las capturas por especie y las bitácoras de los compradores no son confiables, ya que en varias ocasiones el dorado se captura fuera del Golfo de Tehuantepec, en aguas de Guatemala. Debido a las dificultades técnicas derivadas de la distancia entre las localidades de pesca, acceso limitado, personal insuficiente y bajo presupuesto de operación, no fue posible determinar el esfuerzo de pesca en las localidades de Salina Cruz y Chiapas, no obstante los muestreos mensuales permitieron la evaluación de la estructura de tallas y biología de la especie.

Los análisis sobre la variación temporal e interanual en la composición de las capturas por pesca artesanal del dorado únicamente se realizaron para las localidades de Pto. Ángel, Huatulco y Pto. Escondido. Las muestras analizadas fueron obtenidas directamente de las capturas efectuadas por la pesca artesanal; para cada individuo se registró la longitud furcal (L_f) con una cinta métrica flexible al 0.5 centímetro más cercano y el peso total (P , 0.1 kg).

5.2.2. Esfuerzo y Captura por unidad de esfuerzo (*CPUE*)

La unidad de esfuerzo de pesca utilizada fue el viaje de pesca, definida como el viaje de una embarcación con motor fuera de borda, con dos a tres pescadores que trabajaron en



promedio cinco horas. La captura estuvo definida en número de peces. Para observar la estacionalidad de *C. hippurus* se consideraron las variaciones mensuales de la captura por unidad de esfuerzo ($CPUE = \text{peces/viaje de pesca}$). La comparación entre los valores promedio por mes fueron analizados estadísticamente por medio del análisis de varianza (ANDEVA) y por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1999).

5.2.3. Variación estacional e interanual de la captura

Para el polígono de influencia de la pesca artesanal ($13^{\circ}30' - 16^{\circ}30' \text{N } 92^{\circ}30' - 96^{\circ}00' \text{O}$) se obtuvo el promedio mensual de la temperatura superficial del mar (TSM). Los registros históricos de TSM se obtuvieron de las mediciones por boya contenidas en Climate Diagnostic Center of the National Oceanography and Atmospheric Administration (NOAA, http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/IGOSS/nmc/Reyn_SmithOIv2/monthly/sst/)

El promedio mensual de clorofila *a* (Cl_a , $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) se obtuvo de un grupo de imágenes de color del mar con una resolución de pixel de 9×9 km, con coordenadas mundiales latitud-longitud (Lat-Long) 90° N-S 180° E-O. Estas fueron del tipo Ocean Color and Temperature Sensor (OCTS) y Viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS). Las imágenes OCTS y SeaWiFS fueron re proyectadas al formato Hierarchical Data Format (HDF). Los valores mensuales de Cl_a fueron obtenidos con el algoritmo de Liew *et al.* (2001) contenido en el módulo de reprocesamiento cuatro del programa computacional SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS). En las imágenes procesadas se realizaron cortes para acotar la región en estudio entre los $06^{\circ}08' - 16^{\circ}08' \text{N}$ y $92^{\circ}00' - 96^{\circ}32' \text{O}$, utilizando el programa Windows Image Manager (WIM/WAM Ver. 6, Microsoft® Windows™). Para obtener un valor mensual representativo de Cl_a se procedió de la siguiente manera: en cada uno de los cortes



OCTS y SeaWiFS fueron extraídos al azar 20 valores de *Cla* dentro de una cobertura espacial acotada en las coordenadas 12°08'-15°50' N y 93°36'-95°12' O. Esta información se utilizó para estimar el promedio mensual en cada una de las imágenes.

La variación mensual de la concentración de *Cla* y TSM se representó mediante series de tiempo entre diciembre 2004 a diciembre del 2007. A cada serie se le aplicó el modelo de descomposición espectral de Kendall (1984) para obtener la serie de tiempo modificada o componente espectral ciclo, el cual se utilizó para transformar la variación mensual de la *Cla* y la TSM con escala ordinaria (entre cero y el máximo) a otra con escala de intervalo (con el valor de cero como punto medio). La diferencia entre un determinado valor mensual y el promedio anual del parámetro, se representó y ajustó dentro de un intervalo simétrico por encima (anomalía positiva) y por debajo (anomalía negativa) del valor cero.

Se aplicó un filtro de suavización (4253H) con el propósito de sacar los patrones o tendencias de las series tanto de la *CPUE*, como de la abundancia. Esta transformación consiste en correr medianas de diferente amplitud y el “Hanning”, promedio móvil ponderado (Tukey, 1977; Velleman y Hoaglin, 1981; Salgado-Ugarte, 1992, 2011). La práctica de este método de filtración produce a menudo una serie lisa manteniendo así las características sobresalientes de las series originales.

Los resultados mensuales obtenidos para ambas variables fueron utilizados para describir las condiciones oceanográficas que ocurrieron en el Golfo de Tehuantepec durante las fechas en que se realizaron los muestreos de las capturas artesanales. Utilizando el modelo de correlación lineal múltiple se cuantifico la relación entre la variación mensual de *Cla*, la TSM y la *CPUE* del dorado. Se utilizó el programa computacional Statistica (StatSoft, 2007).



5.3. Resultados

5.3.1 Aspectos de la pesquería

5.3.1.1 Unidades de pesca, sistemas de captura y faenas de pesca

Los artes y aparejos de pesca son de tipo artesanal, muy variados y frecuentemente modificadas por el mismo pescador con el fin de maximizar la captura. Si bien las características de las embarcaciones y equipos de pesca en la costa del Pacífico Sur son similares, existen diferencias geográficas, climáticas y culturales que propician que las actividades de pesca presenten diferencias entre las comunidades pesqueras. De acuerdo a las características de los artes de pesca y embarcaciones empleadas, así como a la zona de operación fueron identificadas tres tipos de unidades homogéneas ecológico-pesqueras entre los lugares de desembarco a lo largo del litoral del Pacífico Sur (Tabla 5.1).

La pesca ribereña se caracteriza por efectuarse con embarcaciones menores con motores fuera de borda de entre 40 a 75 H.P (pangas, lanchas) y cayucos. Los equipos de pesca son armados de manera artesanal, a continuación se describen brevemente:

✦ Curricanes artesanales de madera, son elaborados con madera dura de guayacán (*Guaiacum coulteri*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) u otra madera similar. Su cuerpo presenta forma ahusada, en el cual se efectúan dos pares de perforaciones, una en la parte inferior y otro en la parte media superior, para fijar el anzuelo con alambre de acero. Del mismo material se hace una gasa que sirve para fijar el curricán a la línea de troleo. Los anzuelos utilizados son dobles del No. 24 ó 25 (Fig. 5.1a). Curricanes de resina para pesca deportiva (rápalas) de diferentes formas, tamaños y colores, según disponibilidad en los comercios locales, diseñados con colores vivos o fluorescentes, imitando forma de peces



(Fig. 5.1b). Estos han ido substituyendo gradualmente a los curricanes artesanales de madera.

☛ Palangre de deriva modificado (boyas), utilizado únicamente en Puerto Ángel, consiste en una serie de líneas sencillas con un único anzuelo, sostenidas por una boya o flotador, que en la mayoría de los casos es rústico (envases de desecho de aceite para motor, blanqueador para ropa, bidones pequeños de 4 L), los cuales pueden estar o no unidos por una línea madre (Fig. 5.2).

☛ Palangre tradicional, que consiste en una línea madre a la cual se aseguran una serie de líneas con anzuelos (llamadas reinales), colocándose un flotador o boya cada cierto número de anzuelos (Fig. 5.3).

☛ Redes de enmalle de monofilamento. De diferentes tamaños de malla (longitud hasta 300 m), según la especie o grupos de especies objetivo de escama (3", 3 ½") y tiburón (8", 10" y 12").



(a)



(b)

Figura 5.1. (a) Curricán artesanal hecho de madera, plomo, alambre de acero y anzuelo doble; (b) Curricanes comerciales de resina para pesca deportiva, marca rapala, tomado de <http://www.fishing-lure.com.au/images/rapala>.

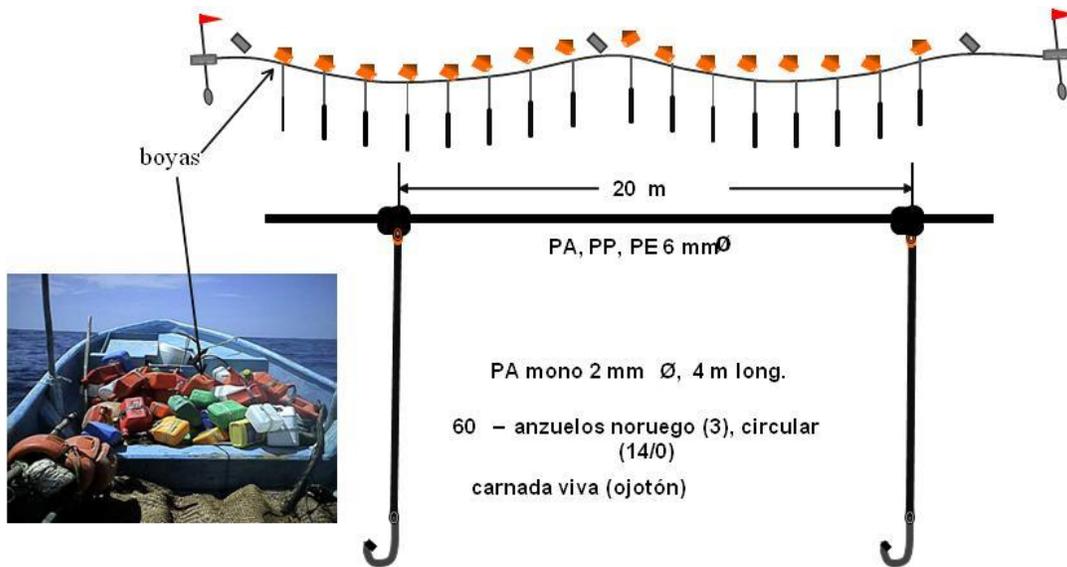


Figura 5.2. Configuración del palangre de deriva modificado (“palangre boyero”), utilizado en Puerto Ángel, Oaxaca.

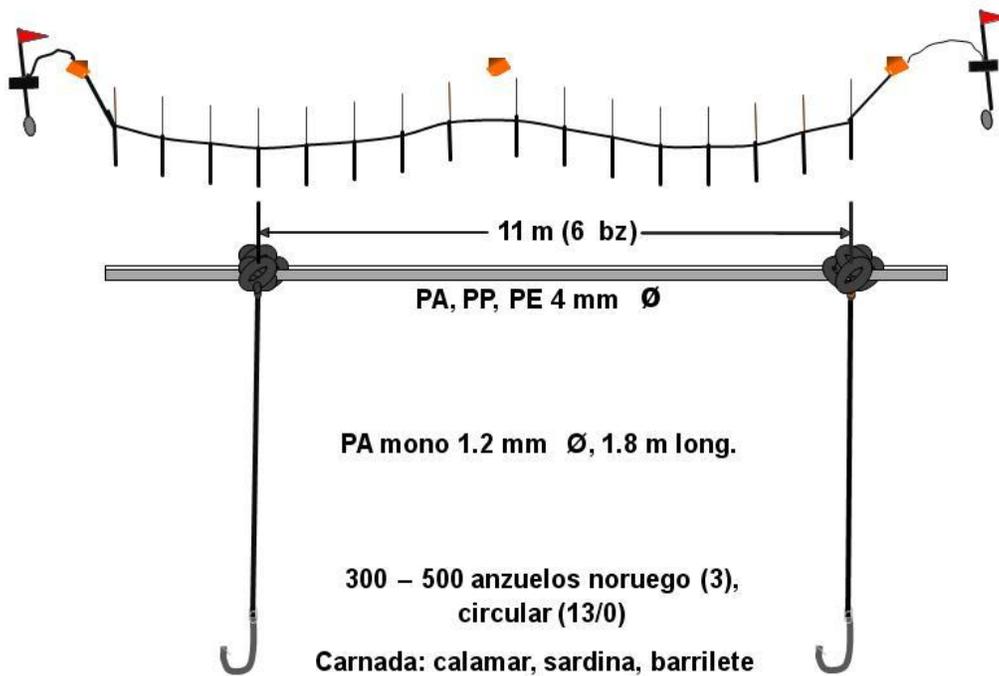


Figura 5.3. Configuración del palangre “doradero”, utilizado en Puerto Chiapas, Chiapas.



Tabla 5.1. Descripción de las unidades de pesca utilizadas en la pesca artesanal en el Pacífico sur de México.

UNIDAD DE PESCA	DE	ESPECIES OBJETIVO	EQUIPOS DE PESCA	ESPECIES INCIDENTALES
Demersal Lanchas con motor fuera de borda 7.5 m eslora/ canoas de madera sin motor		Peces óseos demersales	- Redes de enmalle 3 a 5'', longitud 100 m	Tiburón (juveniles y neonatos), rayas, <i>C. hippurus</i> Lf < 20 < 60 cm.
Pelágica Lanchas con motor fuera de borda 7.5 m eslora		Atún (<i>Tunus albacares</i>), barriletes (<i>Euthynus linneatus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>)	- Curricanes, anzuelos dobles No. 24 o 25 - Palangre de superficie anzuelo noruego recto No. 1 ó 0, garra de águila 14/0 a 16/0 - Palangre de superficie con boyas anzuelo noruego recto No. 1 ó 0, garra de águila 14/0 a 16/0; carnada viva	Tiburón (juveniles) picudos (<i>I. platypterus</i> , <i>M. mazara</i> , <i>M. indica</i>), <i>C. equiselis</i> ; <i>C. hippurus</i> Lf > 60 cm.
Tiburonera Lanchas con motor fuera de borda, 10 m eslora		Tiburón (<i>C. falciformis</i> , <i>C. limbatus</i> , <i>C. leucas</i> , <i>S. lewini</i> , <i>A. Pelagicus</i> , <i>A. vulpinus</i> , <i>N. velox</i> , <i>M. lunulatus</i> , <i>C. porosus</i> , <i>G. cuvier</i> , <i>R. lungurio</i>)	- Palangre de superficie anzuelo noruego recto 1 ó 01, garra águila 16/0, japonés -Redes de deriva 8 a 12'', longitud hasta 300 m - Palangre de superficie con boyas	Picudos (<i>I. platypterus</i> , <i>M. mazara</i> , <i>M. indica</i>); <i>C. equiselis</i> ; <i>C. hippurus</i> Lf > 90 cm.



En las embarcaciones palangreras no fue posible establecer con precisión el número de anzuelos calados, ya que a veces los pescadores no registran esta información; tampoco fue posible establecer una equivalencia con la cantidad de anzuelos calados por las embarcaciones curricaneras, ya que aunque reportan el uso de sólo tres curricanes, los calan varias veces en el curso de la jornada de pesca. En el caso de los palangres, los anzuelos se calan una sola vez, y generalmente no se levantan hasta que se retira el equipo de pesca, aunque también es posible que se revise la línea completa una o dos veces durante el tiempo que permanece calado, y si se encuentra algún organismo capturado, se cobra la presa y luego se deja que continúe trabajando el equipo, lo que aumenta su poder de pesca, evitando que los anzuelos con capturas permanezcan pasivos. Se observó que las redes, palangres, curricanes o líneas utilizadas en la pesca de pelágicos mayores son muy selectivos. Los factores que al parecer determinan la selectividad de los equipos de pesca son el tipo de carnada, la zona de operación y el horario de calado.

5.3.1.2. Límites geográficos en que opera la flota artesanal

La pesca artesanal a lo largo del Pacífico Sur opera a distancias variables de la costa, dependiendo de la configuración del fondo marino, condiciones climáticas y oceanográficas, así como de la disponibilidad de las especies objetivo. Los pescadores ribereños de Chiapas recorren una distancia de 20 a 370 km, hasta encontrar las zonas de pesca, cuya localización es frente a la región del Soconusco; aunque es frecuente que recorran mayores distancias, reportando en ocasiones que la zona de pesca se encuentra frente a los macro sistemas lagunares en la región central del Golfo del Tehuantepec (Fig. 5.4).



La flota tiburonera de Bahía Chipehua y Salina Cruz opera en la línea de costa aproximadamente entre 18 y 37 km, muy cerca de la boca de San Francisco; mientras que la pesquería de escama opera entre 9 y 18 km. En esta región los vientos tehuanos tienen un fuerte impacto, aunado a que la zona de pesca parece asociarse a la pluma de influencia del sistema lagunar Superior-Inferior.

En el litoral de Oaxaca la pesca se efectúa más cerca de la costa debido a la estrechez de la plataforma continental, encontrándose profundidades mayores a los 500 m a menos de una milla del litoral, por lo que la zona oceánica colinda directamente con el continente.

5.3.1.3. Diversidad de especies en las capturas artesanales

En el área de estudio los pescadores dirigen su esfuerzo de captura a las especies de más fácil acceso y más abundantes temporalmente, procurando que les reditúe un mayor ingreso económico, en una misma jornada de pesca una embarcación utiliza dos o hasta tres tipos diferentes de artes de pesca, los cuales no discriminan entre especies. La composición de especies que conforman las capturas artesanales presentó variación de acuerdo a la zona de pesca a lo largo del litoral del Pacífico Sur.

En la costa de Chiapas, la pesca artesanal de pelágicos mayores está enfocada oficialmente a tiburón y túnidos, pero existe una pesquería al margen de la ley “dirigida” al dorado y pez vela durante una buena parte del año, capturándose volúmenes importantes de estas especies. Durante el periodo de estudio, las capturas de la pesca pelágica estuvieron compuestas principalmente por diversas especies de tiburón, entre las que sobresalen por su abundancia *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini*, *Nasolamia velox* y *Alopias vulpinus*, (51%), seguidas por el dorado (41 %), pez vela (5 %) y túnidos (3%).



En la porción central del Golfo de Tehuantepec, la pesquería de pelágicos está soportada principalmente por cuatro especies de tiburón: *C. falciformis*, *S. lewini*, *Carcharhinus porosus* y *Rhizoprionodon longurio*, que representan el 91.2% de la captura total. Todo el año se pescan túnidos y durante la temporada de lluvias se captura pez vela y dorado.

En la costa de Oaxaca, la pesca artesanal de pelágicos mayores está dirigida a tiburón y túnidos. Al barrilete, *Euthynus lineatus* correspondió 76% de las capturas; el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* ocupó el segundo lugar con 9.5%. Los tiburones, principalmente *C. falciformis* aportaron el 5.7% a las capturas. Respecto a las especies incidentales, el pez vela *I. platypterus* representó 3.8% y el dorado *C. hippurus* 5% (Tabla 5.2). En la figura 5.5 se ubica la zona de pesca de las tres unidades de pesquería que operan en esta área.

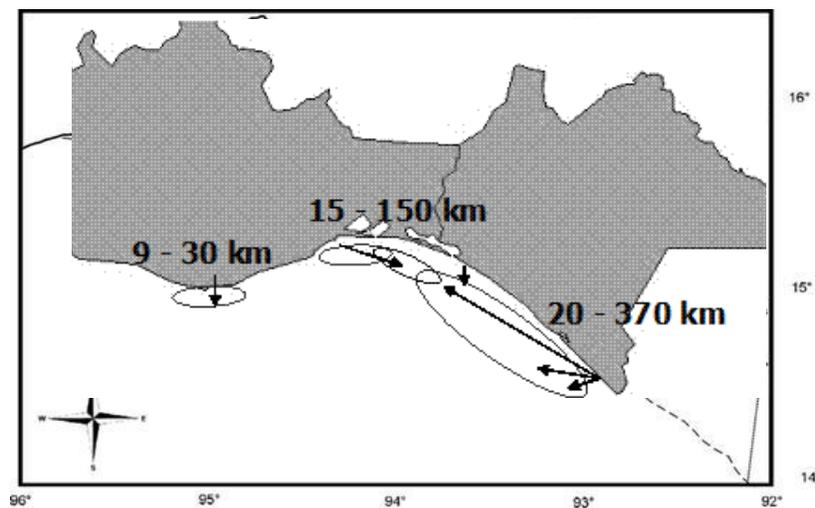


Figura 5.4. Zonas de pesca del dorado en el Pacífico Sur de México. Se muestra la distancia de la costa a las zonas de pesca.

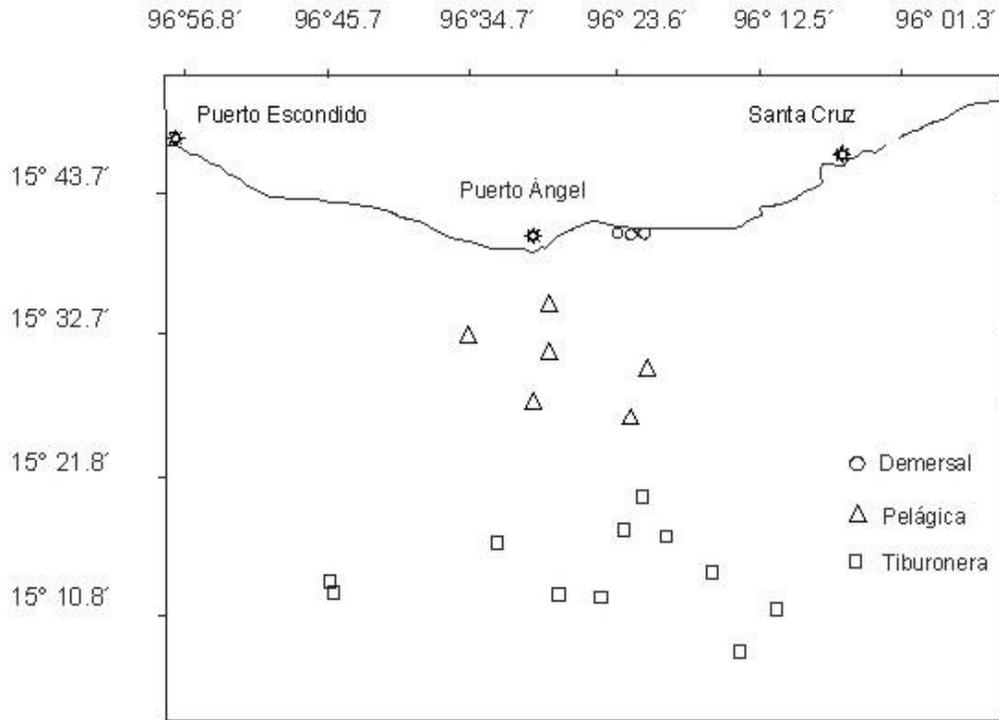


Figura 5.5. Zona de pesca artesanal en la costa de Oaxaca. Los puntos cercanos a la costa (círculos) representan sitios de pesca con red de enmalle; zona de pesca con curricanes y “boyas” (palangre modificado) (triángulos) y sitios de pesca con palangre de superficie (cuadros).

Debido a que las áreas de desembarque de dorado son dispersas, remotas y con acceso limitado, aunado al personal insuficiente y bajo presupuesto de operación, únicamente se presenta la *CPUE* para la porción occidental del Golfo de Tehuantepec, que incluye a las localidades de Puerto Ángel, Huatulco y Puerto Escondido.

Los pescadores ribereños dirigen su esfuerzo de captura a las especies de más fácil acceso y más abundantes temporalmente, procurando que les reditúe un mayor ingreso económico, sin embargo muchas de las veces la captura refleja también las demandas del mercado.



Tabla 5.2. Número de organismos capturados en la costa de Oaxaca por especie y estación, durante el periodo de muestreo 2004-2007.

Especie	Estiaje	Lluvias	Total
Peces óseos			
<i>Euthynus lineatus</i>	40,955	112,722	153,677
<i>Thunnus albacares</i>	7,055	12,055	19,110
<i>Coryphaena hippurus</i>	6,039	4,055	10,094
<i>Istiophorus platypterus</i>	1,458	6,231	7,689
<i>Sarda orientalis</i>	2,726	295	3,021
<i>Katsuwonus pelamis</i>	486	513	999
<i>Coryphaena equiselis</i>	91		91
<i>Auxis thazard</i> + <i>A. rocheii</i>		167	167
<i>Makaira mazara</i>		3	3
<i>Makaira indica</i>		7	7
Total peces óseos	58,810	136,048	194,858
Tiburón			
<i>Carcharhinus falciformis</i>	1,570	3,579	5,149
<i>Sphyrna lewini</i>	03	510	513
<i>Carcharhinus porosus</i>		243	243
<i>Rhizoprionodon longorio</i>		145	145
<i>Carcharhinus limbatus</i>	61	19	80
<i>Carcharhinus leucas</i>		71	71
<i>Nasolamia velox</i>	1	51	52
<i>Alopias pelagicus</i>	27	12	39
<i>Alopias vulpinus</i>	30	2	32
<i>Mustelus lunulatus</i>		12	12
<i>Galeocerdo cuvier</i>		7	7
Total tiburón	1,692	4,656	6,348
TOTAL	60,502	140,704	201,206

Durante los 37 meses del periodo de estudio se registró un total de 12,241 viajes de pesca, en los cuales se reconocieron 21 especies pelágicas. El esfuerzo promedio mensual mostró diferencias significativas en cada uno de los años analizados, 2005 (Kruskal-Wallis: $H_{(11)}$,



$3,220) = 610.6666, P = 0.00$); 2006 (Kruskal-Wallis: $H_{(11, 3,582)} = 165.4198, P = 0.00$) y 2007 (Kruskal-Wallis: $H_{(11, 5,439)} = 1144.125, P = 0.00$).

Para el dorado, la *CPUE* mensual fue de 1.32 peces por viaje, con un mínimo de 0.05 y un máximo de 13.1 peces; noviembre-diciembre, seguido de mayo, fueron los meses con la *CPUE* más alta. La variabilidad interanual no presentó diferencias significativas ($F_{(2, 33)} = 0.8239, P = 0.4475$) (Fig. 5.6).

5.3.2. Análisis de la captura y su relación con la TSM y la concentración de *Cla*.

Durante el periodo de estudio la TSM se registró en el intervalo de 26.8 a 30.7 °C, con una media de 28.8 °C. Se obtuvo una correlación negativa entre la TSM y la *CPUE* de -0.3594 ($P < 0.05$) (Fig. 5.7). Aunque las capturas mensuales de dorado no muestran una relación directa con la TSM, 98% de la captura se registró entre 27 y 30 °C (Fig. 5.8). La TSM y la *Cla* registraron una correlación inversamente proporcional ($r = -0.4807, P < 0.05$) (Fig. 5.9). La abundancia del dorado presentó una correlación significativa ($r = 0.4110, P < 0.05$) (Fig. 5.10) con la *Cla* y una correlación negativa con la TSM ($r = -0.39179$) (Fig. 5.11; Tabla 5.3). En cada uno de los años analizados la concentración de clorofilas registró un máximo en noviembre ($2.5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), para descender gradualmente a partir de abril, con el valor mínimo en junio ($0.47 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) y posteriormente un ascenso a partir de septiembre cuando se presentan intensas lluvias.

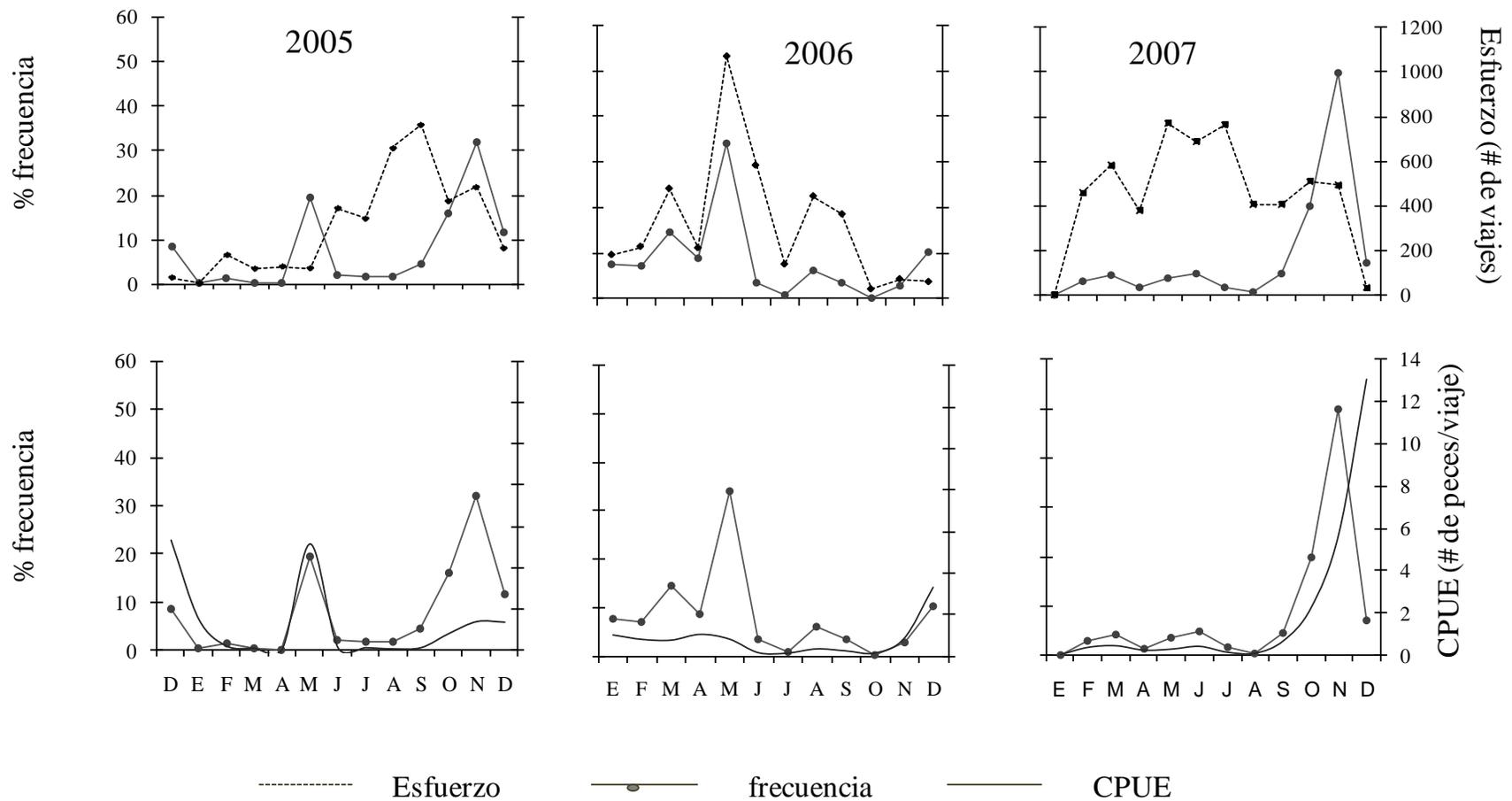


Figura 5.6. Relación entre la frecuencia, el esfuerzo de pesca y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), para *Coryphaena hippurus* capturado en la porción occidental Golfo de Tehuantepec durante el periodo 2005-2007.

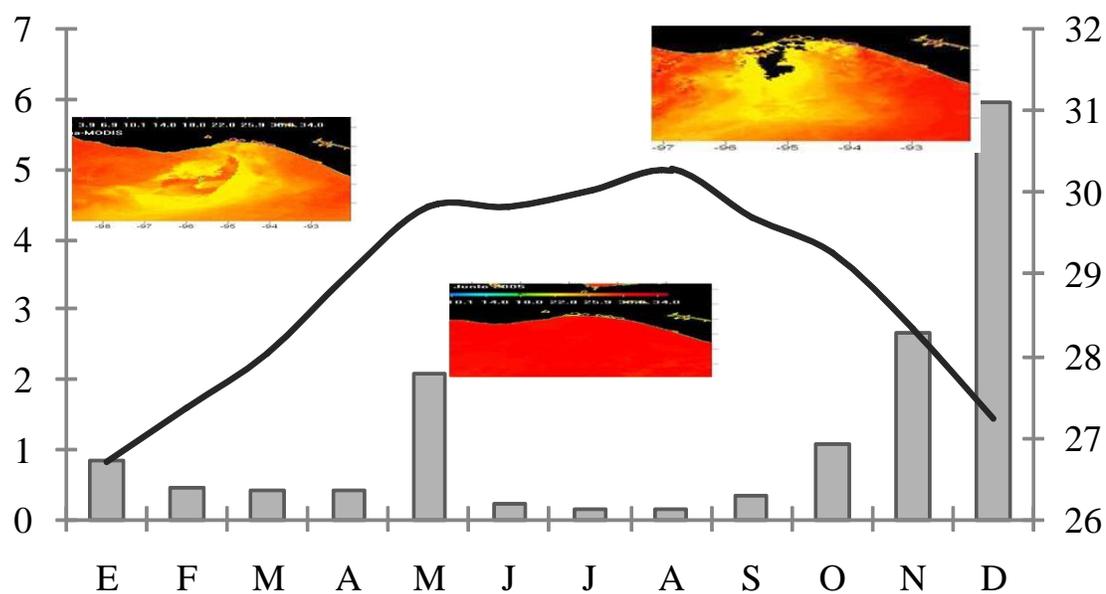


Figura 5.7 Temperatura superficial del mar (TSM) promedio, asociada a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por mes, en un año tipo 2005-2007.

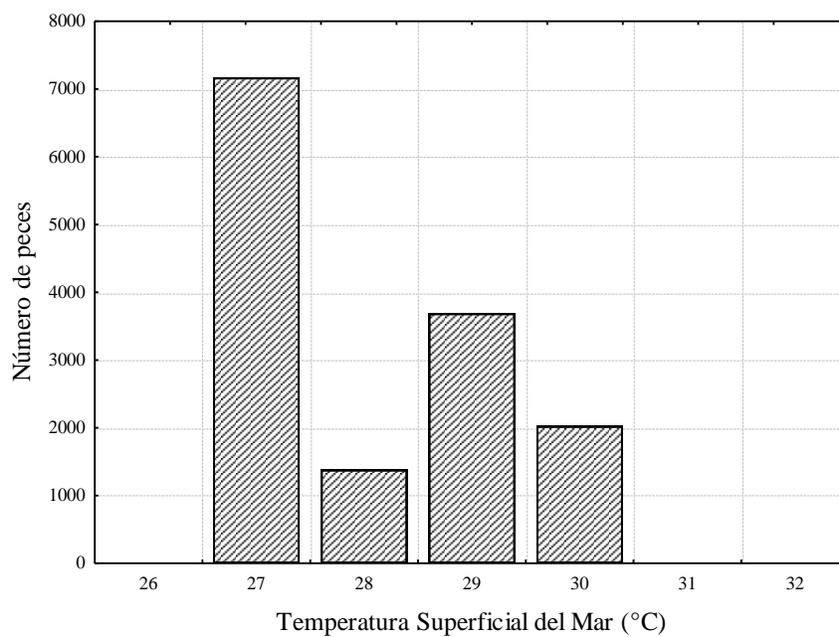


Figura 5.8. Temperatura superficial del mar y su relación con la abundancia de dorado *Coryphaena hippurus* en el Pacífico Sur de México.

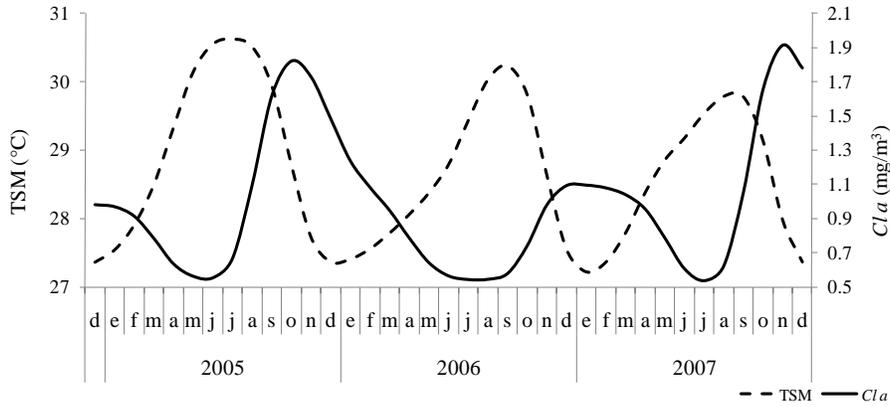


Figura 5.9 Series suavizadas de la variación inter anual de la Clorofila *a* respecto a la TSM, en el Pacífico Sur de México durante 2005-2007.

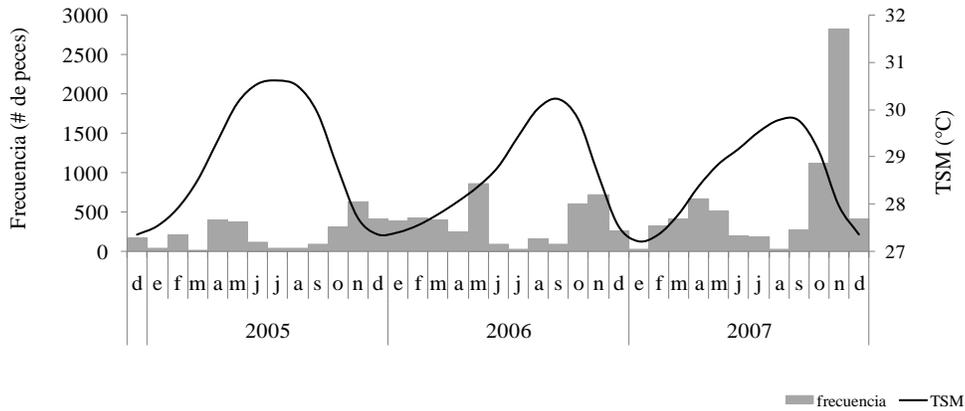


Figura 5.10 Abundancia mensual de *Coryphaena hippurus* respecto a la TSM en el Pacífico Sur de México durante 2005-2007.

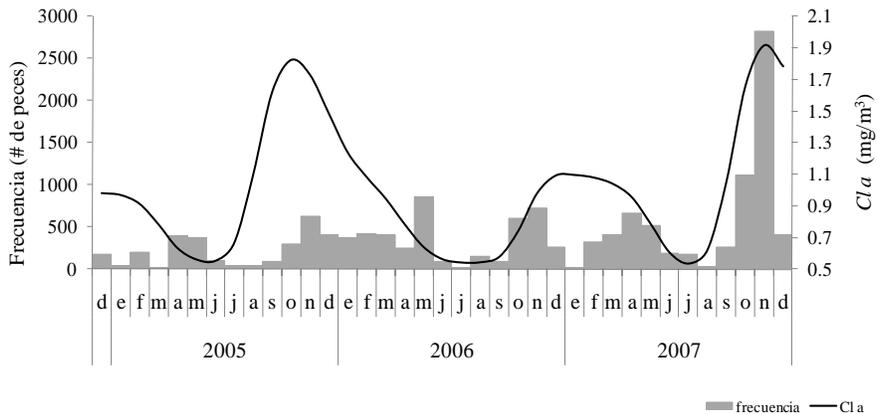


Figura 5.11 Abundancia mensual de *Coryphaena hippurus* respecto a la concentración de Clorofila *a* en el Pacífico Sur de México durante 2005-2007.



Tabla 5.3. Correlación múltiple entre *Cl a*, TSM, CPUE, frecuencia de dorado, en el Pacífico, diciembre del 2004 a diciembre del 2007.

	CPUE	TSM	<i>Cl a</i>
Frecuencia	0.2817 <i>p</i> > 0.05	-0.3917 <i>p</i> < 0.05	0.4110 <i>p</i> < 0.05
CPUE		-0.3594 <i>p</i> < 0.05	0.3892 <i>p</i> < 0.05
TSM			-0.4807 <i>p</i> < 0.05

5.4. Discusión

5.4.1. Aspectos pesqueros

La pesca marina en la costa sur de México aprovecha los recursos presentes en la franja de las primeras 50 millas desde el litoral, se caracteriza en general por efectuarse a nivel artesanal, en un determinado período, una embarcación puede utilizar diferentes artes de pesca y capturar una gran variedad de especies, aplicando para ello su propia escala tecnológica que, a pesar de ser simple y poco sofisticada, también evoluciona proporcionando ventajas en su rendimiento. Por ejemplo el “palangre boyero” y el “palangre doradero” utilizado en los últimos cinco años por los pescadores de Puerto Ángel y Puerto Chiapas respectivamente, proveen elevadas capturas de dorado y pez vela. Esto se observa al comparar las capturas observadas en el presente estudio, respecto a las reportadas por Díaz-Uribe *et al.* (1999).

La flota artesanal incide frecuentemente sobre las especies pelágicas debido al aumento de la demanda en el mercado, de fuentes de empleo y de mayores ingresos económicos. También se trata de una captura oportunista. De abril a mayo y de septiembre a noviembre,



el dorado y pez vela son un recurso abundante, de fácil acceso y más redituables desde el punto de vista económico y en ocasiones las únicas disponibles para su explotación.

La evaluación de la pesquería artesanal de una especie restringida a la pesca deportiva, se enfrentó al problema común de probablemente todas las pesquerías artesanales en México, deficiencia en los registros históricos de la producción. Lo anterior obedece a diferentes factores, tales como un inadecuado sistema de registro e informes de producción tendenciosos para facilitar los trámites administrativos. Uno de los vicios más agudos de esta pesquería es el abuso del intermediario o comprador hacia el pescador, ya que el primero controla discrecionalmente el precio de la carne y la capacidad de almacenar el producto en hieleras. En estas circunstancias, el pescador se ve forzado a vender su producto barato. La principal víctima de este abuso es el pescador libre por carecer de una organización legal que le permita buscar nuevas alternativas de comercialización (no cuenta con permiso de pesca y se le permite la pesca sólo con fines de supervivencia).

En la pesca artesanal la variabilidad puede ser muy elevada en función de la variación atribuible a la flota, así como a la temporada de captura (Brennan y Palmer, 1977), la cual se incrementa cuando existe especialización entre los diferentes elementos de la flota y cuando se da una captura oportunista (Pope y Garrod, 1975). En la zona de estudio, en una misma jornada de pesca una embarcación puede utilizar dos o hasta tres tipos diferentes de equipos de pesca, lo que hace particularmente difícil la evaluación del esfuerzo, un factor más que dificulta el análisis es que tanto pescadores como autoridades no llevan un registro del esfuerzo y de las capturas por especie. Aunando a la alta incertidumbre de la información de captura y esfuerzo aplicado al dorado debido a la pesca ilegal, en algunos casos disfrazada como pesca incidental. La unidad de esfuerzo que más fácilmente se



cuantificó fue el viaje de pesca, definido como el viaje de una embarcación con motor fuera de borda, con dos a tres pescadores que trabajan en promedio cinco horas. Al respecto, González-Becerril *et al.* (2000) sugieren el uso de esta unidad como la mejor medida del esfuerzo ya que simplifica la obtención de la información necesaria.

Debido a la variación estacional de las condiciones climáticas y oceanográficas, que determinan de manera directa o indirecta tanto el comportamiento biológico de las especies objeto de la pesca como del esfuerzo pesquero aplicado a su captura, se presentan a lo largo del año variaciones en el volumen de las capturas y su composición por especies. Lo cual depende tanto de la presencia de las especies en la zona de pesca, como de la factibilidad del pescador de acceder a ellas debido a las condiciones climáticas.

Hilborn y Walters (1992) mencionan que dependiendo de la medida del esfuerzo seleccionado, la *CPUE* puede o no reflejar la abundancia de un recurso. En este trabajo los valores de la *CPUE* se presentan con relación al total de embarcaciones, por lo que para el dorado los valores aparecen muy bajos, ya que no es la especie objetivo de las embarcaciones artesanales, sin embargo son un reflejo de la abundancia mensual de la especie en la zona de estudio. El comportamiento mensual de la *CPUE* es muy similar al de las capturas, lo que podría significar que el alto valor de las capturas se debió a una alta disponibilidad del recurso, más que al esfuerzo aplicado. Lo anterior sugiere que la *CPUE* es un buen índice de la abundancia relativa del dorado en el Pacífico Sur de México.

5.4.2. Análisis de la captura y su relación con la TSM y la concentración de *Cla*

Uno de los principales intereses de la ecología pesquera, es comprender a macro-escala los procesos oceanográficos que condicionan los cambios en la producción, particularmente, lo



referente a la variación interanual de *Cla* y los flujos de carbono (Malone y Roederer, 1985). Debido a la dificultad técnica que representa el cuantificar estas variables en diferentes regiones oceánicas (conservando la simultaneidad en tiempo), el uso de las imágenes de satélite (color del mar) se ha extendido en el estudio de los recursos pesqueros sometidos a explotación, con el objeto de desarrollar escenarios de producción con fines de conservación y aprovechamiento (Joint y Groom, 2000; Cervantes-Hernández *et al.*, 2008).

La distribución del dorado está limitada por la isoterma de los 20°C (Palko *et al.*, 1982); sin embargo, Hassler y Hogarth (1977) concluyen que esta especie es muy sensible a los cambios de temperatura los cuales afectan su tasa de alimentación, misma que disminuye por debajo de los 23°C y cesa a 18°C. Por su parte Hammond (2008) en un estudio mediante marcas satelitales (PAT) ha mostrado que los dorados pasan la mayor parte del tiempo en aguas superficiales cálidas (27.2 – 29.8 °C) en los 10 m superiores de la columna de agua.

En otras latitudes se ha observado que los patrones de migración del dorado se encuentran asociados con cambios en la TSM, que tiene un efecto sobre su distribución en el Océano Pacífico (Norton y Crooke 1994; Norton, 1999; Zúñiga *et al.*, 2008). En la región sur de California, Norton (1999) encontró una relación negativa entre la abundancia de dorado y las surgencias costeras debido a las temperaturas frías ocasionadas por el viento. Para el sur del Golfo de California, Zúñiga *et al.* (2008) sugieren que la distribución del dorado se halla directamente afectada por la TSM, con las mayores abundancias entre 26 a 29 °C. Además es capturado de manera incidental por la flota palangrera tiburonera y por las redes de cerco en la pesca del atún que operan a lo largo del Pacífico Tropical Oriental; 80% de la



pesca de dorado se realiza en aguas con TSM entre 25 y 28° (Santana-Hernández, 2001; Martínez -Rincón *et al.*, 2009).

En la zona de estudio el dorado se encuentra disponible a la pesca artesanal durante prácticamente todo el año, excepto de junio a agosto cuando las capturas son muy escasas. Esta región tiene influencia de corrientes oceánicas cálidas y la TSM mensual promedio se encuentra por arriba de los 26 °C a lo largo del año (Magaña, 1999). Para el Golfo de Tehuantepec González-Silvera *et al.* (2004) y Cervantes-Hernández *et al.* (2008) reportan una correlación significativa pero negativa entre la TSM y la concentración de *Chl a* ($r = -0.28$, $r = -0.6452$ respectivamente), lo anterior es consistente con los resultados del presente trabajo ($r = -0.4807$, $P < 0.05$). La abundancia mensual del dorado durante el periodo de estudio siguió en términos generales las variaciones en la concentración de la *Chl a*. Los máximos valores se presentaron durante la temporada de tehuanos, que corresponde con el pulso de abundancia de dorado más importante del año (noviembre a enero). Los vientos tehuanos forman remolinos anticiclónicos, en la parte occidente y ciclónicos en la parte oriente del Golfo de Tehuantepec, esto genera una mezcla vertical de la columna de agua en la costa, produciendo también afloramiento de agua fría, rica en nutrientes, incrementando las concentraciones de clorofila en las capas superficiales del agua (Lavin *et al.*, 1992).

El valor promedio de *Chl a* detectado fue de $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, que es un valor bajo en comparación con los valores promedio de clorofila $> 1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ en la región costera del Golfo de California (Espinosa-Carreón y Valdez-Holguín, 2007). La concentración de clorofila es una medida de la productividad primaria y por consiguiente de la claridad del agua. Por lo general, aguas altamente productivas (elevadas concentraciones de clorofila) tienen poca



claridad debido a la alta concentración de fitoplancton que habita las aguas superficiales (Lara- Lara *et al.*, 1998). La abundancia de dorado y los valores relativamente bajos de clorofila observados en la zona de estudio, indican que los dorados en general prefieren habitar aguas con mucha claridad, esto ha sido observado en el Atlántico Norte por Farrell (2009).

La variación interanual de la concentración de *Cla* y la productividad primaria favorecen la producción pesquera a través de la disponibilidad de alimento, la cual modula variados procesos biológicos, tales como la reproducción, el crecimiento y el aumento en la supervivencia de los estadios larvarios (Picaut, 1985; Churchill, 2001). La dieta de las larvas de dorado está constituida principalmente por copépodos y en menor proporción larvas de calamares y peces (Hendrix, 1983; Uchiyama *et al.*, 1986; Kraul, 1999). Fernández-Álamo *et al.* (2000) reportan una mayor densidad de copépodos en noviembre, que coincide con los máximos de *Cla* durante la temporada de nortes.

Los menores valores en la concentración de *Cla* se detectaron entre julio y agosto, que se corresponden con la canícula o sequía intraestival (Magaña, 1999), durante este periodo se forman giros ciclónicos/anticiclónicos que determinan en gran medida la distribución horizontal de la concentración de *Cla* y de zooplancton en el Golfo de Tehuantepec (Trasviña y Barton, 2008). Es en estos meses cuando el dorado se encuentra prácticamente ausente para la pesca artesanal en la zona de estudio.

En la temporada de lluvias se observó un repunte en los valores de *Cla* y en la abundancia del dorado. Otro factor que pudiera tener influencia en la abundancia durante esta temporada es la presencia de objetos flotantes (troncos, ramas, cuerdas, boyas y algas) debido a la tendencia que tiene el dorado de asociarse a ellos (Kojima, 1961; Rose y



Hassler, 1974). Este comportamiento según Kojima (1961) y Manooch *et al.* (1984), es debido a que los dorados se alimentan de peces, en su mayoría juveniles, que utilizan estos objetos flotantes como refugio y solo se alejan de ellos cuando existe la oportunidad de capturar presas de mayor tamaño. La mayoría de estos objetos flotantes son originados por el transporte de la vegetación costera por los ríos y lagunas costeras que desembocan en el océano, principalmente durante la temporada de lluvias, que es además cuando se presentan los valores más altos de la biomasa de peces demersales (Tapia-García, 1998). Lo anterior, en conjunto con la dinámica ecológica de los sistemas lagunares puede contribuir a explicar la presencia del dorado muy cerca de la costa y por consiguiente su disponibilidad para la pesca artesanal.

Olson y Galván-Magaña (2002) encontraron que el Golfo de Tehuantepec es un área con alta diversidad de presas para los depredadores de nivel superior como el atún, tiburones, peces de pico y dorados, que se alimentan principalmente de crustáceos, peces pequeños y calamares. Esto sugiere que esta región es una importante zona de alimentación para las especies migratorias. *C. hippurus* es un depredador altamente voraz, con hábitos alimenticios ligados principalmente a la zona epipelágica aunque realiza algunas incursiones a la zona bentónica.

Dado lo anterior, se considera que en el Pacífico Sur, la temperatura no es un factor que determine la abundancia del dorado, por lo que la variación estacional en abundancia probablemente se encuentre relacionada con una migración predesove (ver Capítulo 4) en estrecha relación con el régimen lluvias-estiaje característico de la región, y el fenómeno de surgencia eólica durante la temporada de “Tehuano”.

Capítulo 6

Pesca Deportiva





Capítulo 6

Pesca deportiva

6.1. Introducción

La pesca deportiva marina captura diferentes especies pelágicas a lo largo de toda su distribución geográfica. Estas especies presentan pulsos de abundancia en lugares conocidos del Pacífico: Australia, Nueva Zelanda, Hawái, Perú y México, donde existe todo un aparato socioeconómico que sustenta la actividad y que genera derramas económicas millonarias al sector turístico (Ditton *et al.*, 1996). Dentro de esta actividad, la pesca con caña de picudos (pez vela, marlines, pez espada) y dorados, es considerada por muchos pescadores como el más grande de los deportes marinos (Talbot y Wares, 1975).

Debido a su amplia distribución y abundancia, en el Pacífico Oriental los dorados soportan grandes pesquerías deportivas y comerciales en América del Sur y Costa Rica (Patterson y Martínez, 1991; Lasso y Zapata, 1999; Arocha *et al.*, 1999), el Atlántico y Mediterráneo (Massutí y Morales-Nin, 1995), las Islas del Pacífico y el Caribe (Norton y Crooke, 1994; Mahon y Oxenford, 1999) y en la Florida (Schwenke y Buckel, 2008).

En México la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) despliega una definición oficial de la pesca deportiva: "...considera pesca deportiva-recreativa, la que se practica con fines de esparcimiento, con artes de pesca y características previamente autorizadas por la SEMARNAP", presentada en la norma NOM-017-Pesc-1994. Esta actividad se practica en 44 puertos en ambos litorales, de los cuales el dorado se captura en 34 de ellos. En los artículos 13 de la Ley de Pesca y 84 del Reglamento de la Ley de Pesca se establece que: "las especies denominadas pez vela, *Istiophorus platypterus*;



marlines, *Makaira mazara* y *Makaira indica*; pez espada, *Xiphias gladius*; sábalo, *Prochilodus lineatus*; pez gallo, *Nematistius pectoralis* y dorado, *Coryphaena hippurus*, quedan destinadas de manera exclusiva para este tipo de pesca, dentro de una franja de cincuenta millas náuticas, contadas a partir de la línea de base desde la cual se mide el mar territorial" (Diario Oficial de la Federación, 1995).

Esta práctica constituye una fuente importante de ingresos, ya que contribuye a la economía nacional entre otros aspectos por su capacidad para generar empleo e impulsar el desarrollo regional, sus beneficios se propagan a otras actividades con un efecto multiplicador en los sectores turístico, pesquero y de servicios. En este sentido la captura del dorado, aunada a la de otros peces de importancia para la pesca deportiva, ha sido una fuente importante de divisas para el país (Diario Oficial de la Federación, 1995).

La reserva del dorado exclusivamente por la pesca deportiva, ha generado también la pesca comercial clandestina, por ello surge la demanda por el sector pesquero comercial y ribereño de considerar al dorado como una especie susceptible de incluirse en la explotación comercial. Ellos argumentan que el permitir su captura representaría un enorme beneficio para los pescadores, en particular para los que no disponen de suficientes recursos, por lo que posibilitar la explotación comercial de la especie mejoraría las condiciones económicas de las personas dedicadas a la actividad pesquera, en tanto que daría lugar a una mayor diversificación de la captura (Gaceta Parlamentaria, 2004).

La demanda de ambos sectores pone en disyuntiva si el estatus de exclusividad del dorado debería de desaparecer y su pesca abrirse a la flota comercial. La evidencia indica que hay un solo stock (Rocha-Olivares *et al.*, 2006; Díaz-Jaimes *et al.*, 2006; Tripp-Valdez *et al.*, 2010), sin embargo no se cuenta con un programa destinado a elaborar un diagnóstico del



mismo, con una prospección del impacto que tendría una captura con los niveles actuales mayores información suficiente acerca de stocks propuestos para tomar medidas de manejo.

No obstante la importancia que puede llegar a alcanzar la pesca deportivo-recreativa, en el Pacífico Sur no existen estudios publicados acerca del número de ejemplares, de la estructura de tallas de los dorados capturados por los pescadores deportivos de fin de semana y durante los torneos de pesca. El objetivo de este apartado fue caracterizar la pesca deportivo-recreativa en la costa de Oaxaca, y analizar la estructura de tallas del dorado capturado en los torneos de pesca deportiva durante el periodo de 2000 a 2007.

6.2. Material y métodos

6.2.1 Obtención de muestras y procesamiento

De mayo del 2000 a noviembre del 2007 se realizaron 23 torneos de pesca deportiva dirigidos al pez vela en la costa de Oaxaca: ocho en Puerto Escondido (noviembre), siete en Salina Cruz (junio) y ocho (abril-mayo) en Huatulco. Así como tres torneos dirigidos al dorado (noviembre) en Huatulco (Fig. 1).

En cada individuo se registró la longitud total (L_t), furcal (L_f), estándar (L_e) y contorno (C) con una cinta métrica flexible de 1.5 m, al 0.5 centímetro más cercano. El peso total (P , kg) se midió con una balanza digital de 125 kg y una precisión de 50 g. El sexo se clasificó por medio de las características externas, presencia de una pronunciada cresta ósea en los machos maduros pero ausente en las hembras Collete (1995); en los peces jóvenes por examen macroscópico de las gónadas.



6.2.2. Proporción de sexos

La proporción de sexos fue basada en la razón hembras/machos. Se utilizó el análisis de ji cuadrada ($\chi^2_{.05,1}=3.841$) para determinar si la proporción de sexos por intervalo de longitud y por mes se desvió de la relación 1:1 (Zar, 1999).

6.2.3. Relación peso - talla

La relación entre el peso-talla fue calculada con la función potencial entre el peso total (P) y la longitud furcal (L_f), se determinó para hembras, machos y la población:

$$P = aL_f^b$$

Donde a es la ordenada al origen y b es la pendiente que en caso de haber isometría tendrá un valor de tres. Se evaluó la isometría de la pendiente obtenida con la prueba T -student (Zar, 1999).

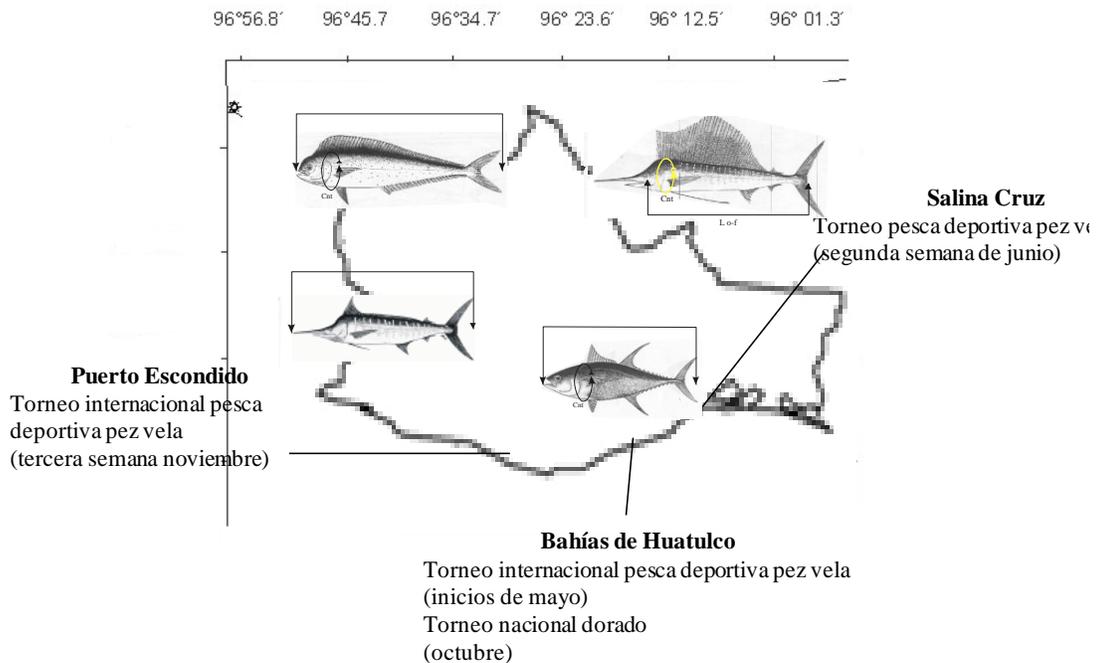


Figura 6.1. Sitios donde se realizan los torneos de pesca deportiva marina en la costa de Oaxaca, México México..

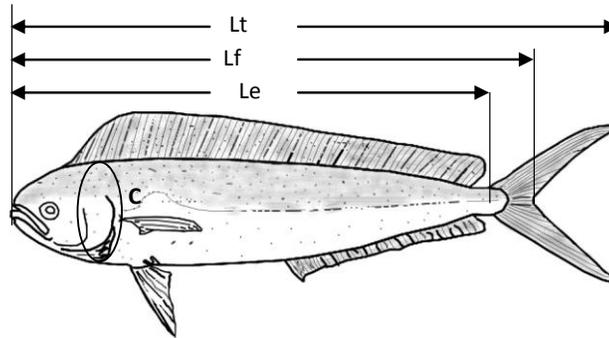


Figura 6.2. Principales medidas corporales registradas a *Coryphaena hippurus*, L_t = Longitud total, L_e = Longitud estándar, L_f = Longitud furcal, C = Contorno.

6.2.4. Distribución de frecuencia de tallas

Se utilizaron los estimadores de densidad por kernel (EDKs) para determinar los componentes de la curva polimodal (Salgado-Ugarte, 1992, 2002). Para especificar el ancho de banda adecuado, se aplicó la prueba de Silverman (1981) basada en un muestreo repetitivo con reemplazamiento (bootstrap) con las rutinas de Stata 9.0 (Stata Corporation, 2003) propuestas por Salgado-Ugarte *et al.* (2005). Esta prueba sugiere una serie de modas en cada mes de muestreo con un valor significativo. Posteriormente se obtuvo un EDK para cada mes de muestreo para determinar las clases de longitud y su distribución temporal (Para detalles, ver Cap. 2).

6.3. Resultados

Las capturas se efectuaron entre las 07:00 a.m. a las 03:00 p.m., horario reglamentario de los torneos de pesca. Los pescadores participantes en estos torneos tienen origen bastante heterogéneo, a los pescadores deportivos locales, que constituyen el mayor porcentaje, se suman pescadores deportivos del interior de la república y del extranjero, así como algunos pescadores ribereños de la localidad. Las embarcaciones de pesca son heterogéneas en su



composición, aunque predominan embarcaciones sencillas de fibra de vidrio de entre 7.62 y 10.06 m de eslora, sin superestructura (caseta), con motores fuera de borda de entre 65 y 120 H.P. o motores estacionarios; aunque se utilizan también embarcaciones de lujo (yates de pesca), de entre 7.62 y 15.24 m con motores fuera de borda de hasta 220 H.P. Los equipos de pesca utilizados son cañas de pesca con línea de PA monofilamento de 0.70 mm de diámetro o de hasta 24.95 kg de resistencia, de acuerdo al reglamento de la International Game Fish Association. El anzuelo comúnmente utilizado es tipo “salmón” No. 6 a 8, con señuelo artificial o carnada natural, normalmente ojetón (*Selar crumenophthalmus*) y silillo (*Hemiramphus saltator*).

Durante el total de torneos de pesca deportiva se registraron 787 organismos, el pez vela (534 organismos) representó el 67.9%, *C. hippurus* contribuyó con 28.6% (225 organismos), los marlines, el atún y tiburón en conjunto representaron menos del 4% de las capturas deportivas (Figs. 6.3). A partir del 2005 se observó un ascenso en las capturas de la pesca deportiva del dorado y pez vela, principalmente en las localidades de Huatulco y Puerto Escondido (Fig. 6.3).

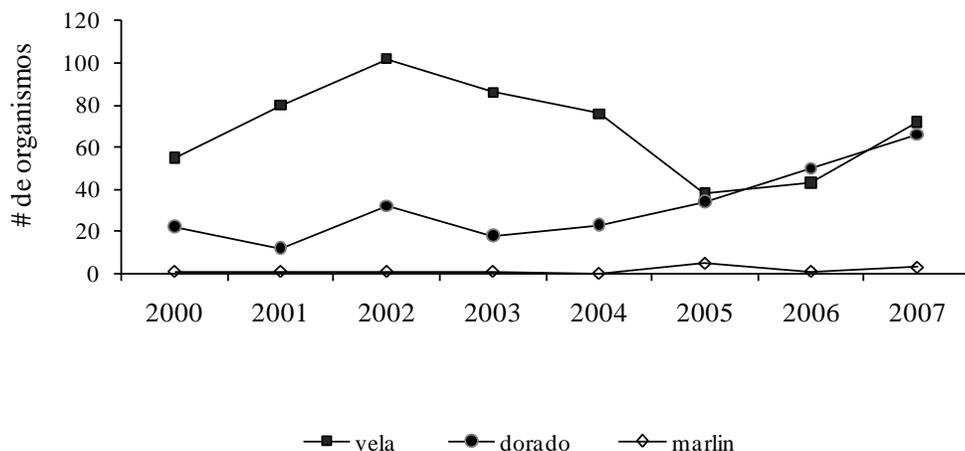


Figura 6.3. Proporción anual de *Coryphaena hippurus* en los torneos de pesca deportiva, Oaxaca, México durante 2000-2007.

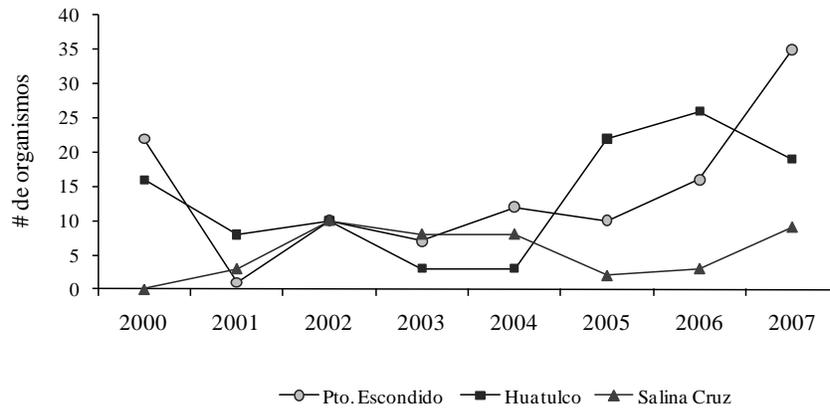


Figura 6.4. Capturas anuales de dorado y localidades donde se efectuaron torneos de pesca deportiva en la costa de Oaxaca, México durante 2000-2007.

En la Tabla 6.1 se presenta el resumen estadístico de tallas y pesos del dorado registrados en los torneos de pesca deportiva. El intervalo de tallas fue de 37 a 144 cm L_f (Fig. 6.5), con una proporción de sexos de 1♂:0.4♀ ($\chi^2=21.06$, $P < 0.05$) en mayo-junio, y de 1♂:0.17♀ ($\chi^2=53.90$, $P < 0.05$) en octubre-noviembre. Ambos sexos presentaron un crecimiento alométrico negativo (♂: $t = 45.6498$, $P < 0.05$; ♀: $t=22.1692$, $P < 0.05$) (Fig. 6.6).

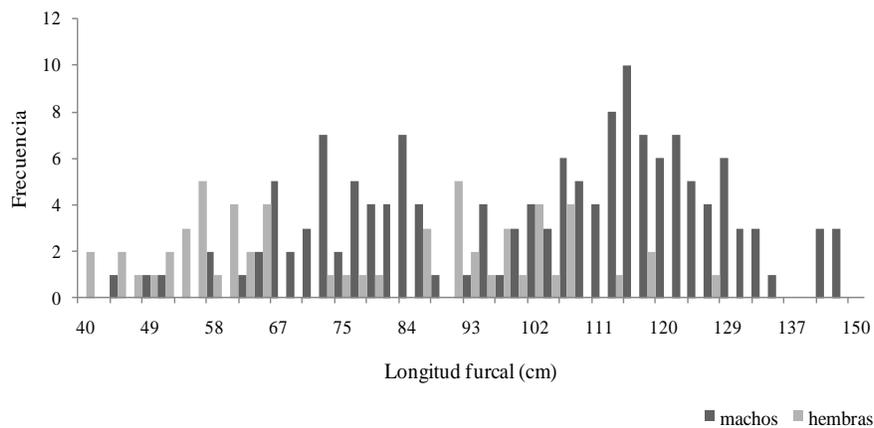


Figura 6.5. Estructura de tallas de *Coryphena hippurus* capturado durante los torneos de pesca deportiva en la costa de Oaxaca, México.

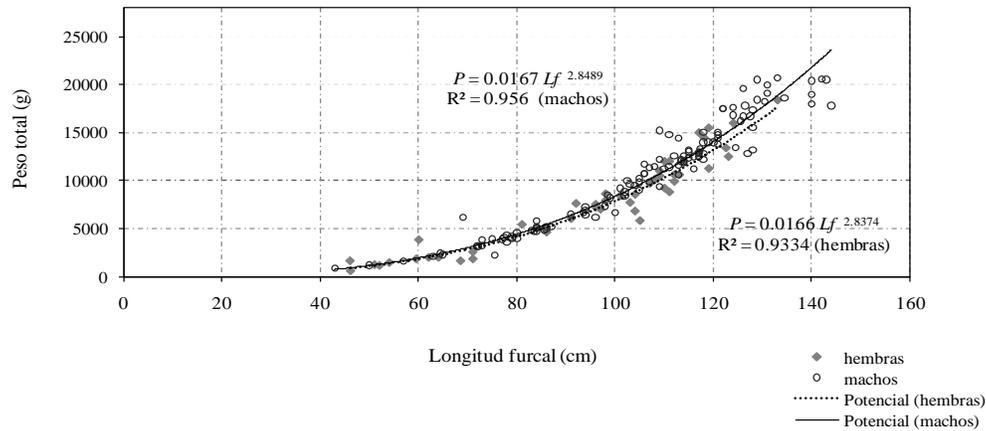


Figura 6.6. Relación talla-peso para hembras ($n = 48$) y machos ($n = 164$) de *Coryphena hippurus* capturados por pesca deportiva en la costa de Oaxaca, México.

Tabla 6.1. Resumen estadístico de tallas y pesos de dorado registrados en los torneos de pesca, agrupados por localidad, temporada del año y sexo. SC = Salina Cruz, HT = Huatulco, PE = Puerto Escondido, \bar{X} = promedio, s^2 = varianza.

	Peso total (Kg)					Longitud furcal (Lf, cm)			
	n	min	máx	\bar{X}	s^2	min	máx	\bar{X}	s^2
SC	43	1.19	18.40	5.24	3.72	51	129	83.03	15.96
HT	107	0.90	19.95	9.80	5.10	43	133	100.71	22.91
PE	62	6.20	20.70	12.87	3.85	94	144	115.31	11.64
abr-jun	109	0.90	19.95	8.41	5.47	43	133	94.45	23.38
oct-nov	103	3.95	20.70	12.25	3.73	79	144	113.75	11.82
hembras	48	1.11	18.40	7.11	4.08	46	133	93.05	22.67
machos	164	0.90	20.70	11.07	5.04	43	144	107.03	19.39
Total	212	0.90	20.7	10.19	5.11	37	144	103.97	20.93



6.4. Discusión

Si bien las zonas de pesca de ambas flotas se sobreponen, los métodos y equipos de pesca son diferentes, aunado a la falta de control sobre tipo de anzuelos y al empleo de carnada viva para atraer a la presa por parte de la flota artesanal. Los organismos de mayor talla provienen de las capturas de la pesca ribereña y no de los torneos de pesca deportiva, además la flota artesanal captura un mayor número de organismos pequeños. Aguilar-Palomino *et al.* (1998) mencionan que todas las técnicas desarrolladas para la pesca del dorado suelen ser eficaces, debido a su alta voracidad, tendiendo a morder cualquier tipo de carnada.

Se observó un crecimiento alométrico negativo en ambos sexos. La pesquería deportiva presentó valores del exponente “*b*” menores que la artesanal, estas diferencias se pueden deber a la variabilidad en el intervalo de tallas en ambas flotas. Los ejemplares de menor tamaño se capturaron durante los torneos de abril a junio ($43 < L_f < 133$ cm), mientras que en octubre y noviembre se capturaron ejemplares de mayor talla ($90 < L_f < 144$ cm), lo que podría ser resultado de una migración pre-reproductiva (Ver cap. 4). Resultados similares aunque con límites superiores más altos fueron reportados para los dorados de Sonora y Nayarit (Madrid y Beltran-Pimienta, 2001) y de la región de los Cabos, B.C.S. (Zuñiga *et al.*, 2008).

La pesca deportiva incide principalmente sobre organismos con tallas de 43 a 144 cm L_f , y con pesos totales de 0.9 a 20.7 kg y la artesanal en las tallas de 20.5 a 152 cm L_f , y pesos de 0.12 a 31.3 kg. En los torneos de pesca deportiva los ejemplares pequeños son descartados o no son presentados al torneo, en particular cuando sólo se autoriza un determinado número de organismos por pescador, por lo que la estructura de tallas podría estar sesgada



hacia tallas grandes (Lewin *et al.*, 2006). Así, el límite superior del intervalo de tallas reportado en el presente trabajo para la pesca deportiva sería confiable, no así el límite inferior.

La pesca deportiva de pelágicos mayores ha tenido un amplio desarrollo en el Pacífico Norte de México, donde existe todo un aparato socioeconómico que sustenta la actividad y que genera derramas económicas millonarias; sin embargo se distribuye de manera inequitativa, por lo que el beneficio social es mínimo.

Comparativamente con la zona norte del Pacífico mexicano, hacia el centro del país la actividad de pesca deportiva no presenta un marcado auge. Hacia el sur, el estado de Guerrero ha presentado avances importantes en el desarrollo de la actividad (CNP, 2010); en Oaxaca aún se encuentra en desarrollo, no obstante que los torneos internacionales de pez vela se han efectuado desde hace más de 20 años en las localidades turísticas de Huatulco y Puerto Escondido. A partir del 2007 durante abril-mayo se ha venido organizado un torneo regional de pez vela en Puerto Chiapas, con muy escasa participación.

No obstante la notoria importancia del dorado y pez vela en el Golfo de Tehuantepec, esta actividad sólo se practica en puntos turísticos específicos. Al respecto, Pérez (2004) menciona que la pesca deportiva se realiza en centros turísticos porque cuentan con la infraestructura turística en cuanto a marinas para atracar embarcaciones y capacidad para atender a un gran número de personas. Por ejemplo la localidad de Puerto Ángel, comunidad rodeada de destinos turísticos donde la pesca ribereña es la actividad principal, y es una región importante para la pesca de pelágicos mayores, no cuenta con el capital humano y la infraestructura para la realización de torneos nacionales de pesca deportiva, aunado a que presenta diferencias importantes en cuanto a desarrollo económico con Salina



Cruz y con los polos turísticos de Puerto Escondido y Huatulco. Las comunidades costeras de Oaxaca en general tienen pocos beneficios de esta actividad, debido en parte a que se encuentra poco desarrollada y a que las ganancias se concentran en los prestadores de servicios turísticos.

Las diferencias anuales y por localidad registradas en los torneos de pesca se deben más a variables económicas que a diferencias en la abundancia del dorado. A partir del 2005, para dar más auge al corredor turístico Huatulco-Puerto Escondido, da inicio en Huatulco el primer torneo nacional de pesca deportiva dirigido al dorado, por lo que se observó un aumento en las capturas a partir de éste año. En este mismo sentido, para incrementar la captación de turismo en Puerto Escondido se impulsó el torneo internacional de pez vela, con premios más atractivos para las capturas de dorado; este torneo se realiza en noviembre, cuando se presenta la corrida de dorado más importante del año.

En la costa de Oaxaca el registro sistemático de información científica de la pesca deportivo-recreativa es difícil, debido a que los sitios de embarque se encuentran dispersos, no existen días ni horarios específicos para los desembarques y a veces los pescadores deportivos se muestran reacios a proporcionar la información. Aunque los torneos de pesca deportiva implican un mayor grado de organización, permitiendo el acceso directo a la información y a la toma de muestras biológicas, existe el sesgo de que solo realizan tres veces al año. Además únicamente se registran los organismos más grandes, pues los pescadores deportivos no reportan los organismos pequeños que no son liberados, particularmente cuando existen límites en cuanto al número de ejemplares que se pueden presentar por embarcación.



En algunas localidades del Pacífico Norte se practica la captura y liberación (“Catch & Release”) que consiste en enganchar un ejemplar, pero posteriormente éste es liberado. En algunas ocasiones se colocan en los organismos marcas tipo espagueti que son proporcionadas por la agrupación “The Billfish Foundation” (TBF). Esta práctica se realiza con la finalidad de obtener información sobre migración y/o crecimiento de estas especies, o simplemente como una forma de conservación del recurso. En el estado de Oaxaca durante los eventos de 2002, 2005 y 2006 se efectuaron ensayos para la implementación de la práctica de captura y liberación. Sin embargo, aún no se cuenta con el nivel de organización y capacidad técnica para que los torneos se efectúen en esta modalidad, en especial debido a la dificultad de contar con personal entrenado y dispuesto a participar de manera voluntaria como juez a bordo de las embarcaciones.

El uso múltiple de los recursos (para pesca comercial y deportiva) es frecuentemente conflictivo, por lo que su manejo es muy importante (Sosa, 1998). En el caso específico del dorado por su abundancia y comportamiento migratorio, es una especie importante en las capturas incidentales de la pesca artesanal a lo largo de la costa del Pacífico mexicano. Sin embargo, bajo el régimen actual de manejo y administración los problemas continúan y los recursos no se reparten en su justa medida.

Capítulo 7

Implicaciones para su manejo





Capítulo 7

Implicaciones para su manejo

7.1. Ecología trófica

Las operaciones de pesca deben permitir el mantenimiento de la estructura, productividad, función y diversidad del ecosistema del que depende la pesquería, de forma tal que mantenga las relaciones funcionales naturales entre las especies y que no induzca cascadas tróficas o cambios de estado del ecosistema. La manera más común de establecer relaciones funcionales entre las especies que conforman un ecosistema es sobre la base de sus hábitos alimenticios. Esto es particularmente importante en los sistemas costeros tropicales, donde las redes tróficas, los ciclos reproductivos, y las interacciones entre las especies son complejas. Además, la extracción de una especie por la pesca tiene repercusiones en el ecosistema que no han sido evaluadas de forma adecuada (Munro y Smith, 1984; Pérez-España *et al.*, 2006; Salas *et al.*, 2007).

Los grandes depredadores son en gran medida responsables de la estructura de los ecosistemas donde habitan. Sus efectos no sólo se notan en la abundancia y comportamiento de sus presas, sino que pueden amplificarse a través de las tramas tróficas afectando los patrones de biodiversidad (Fréon y Misund, 1999). Los altos requerimientos energéticos implican que los depredadores como el dorado, pueden representar una cantidad importante de la producción terciaria removida de un ecosistema (Essington *et al.*, 2002).

Coryphaena hippurus es un componente importante de la red alimenticia pelágica, es un depredador visual diurno, que se puede alimentar de noche a bajos niveles de luz (Kraul,



1999); muy bien adaptado morfo-fisiológicamente para maniobrar y nadar rápidamente, es resistente y agresivo. Se caracteriza como una especie altamente voraz con altas tasas metabólicas y hábitos alimentarios estrechamente ligados con el ambiente epipelágico, aunque realiza algunas incursiones a la zona bentónica; con un espectro trófico amplio, principalmente carnívoro (Olson y Galván-Magaña, 2002). Los dorados son depredadores cambiantes que presentan un amplio rango de presas, las cuales incluyen peces e invertebrados, además existen algunos reportes de canibalismo. Presenta una migración diurna hacia la superficie, por lo cual se sugiere que el dorado es un forrajero oportunista, estrategia común en especies pelágicas tropicales, por lo que ejerce una alta presión de depredación sobre cefalópodos, peces voladores y otras presas, que son compartidas por un conjunto de depredadores (Olson y Galvan-Magaña, 2002).

Su dieta es cambiante durante el desarrollo temprano, en estadios larvarios la dieta consta principalmente de copépodos, huevos de invertebrados y peces (Kojima, 1966); en estado juvenil (>18 cm Lf) se alimentan mayormente de peces pelágicos juveniles, con mayor actividad alimenticia por la mañana (Sakamoto y Taniguchi, 1993). Los machos son más activos y voraces que las hembras, se han observado diferencias en la dieta con la talla y competencia intraespecífica entre juveniles y adultos (Aguilar-Palomino *et al.*, 1998).

La revisión de la dieta de otros pelágicos oceánicos indica que el dorado, particularmente los juveniles, sirven como presa a muchos peces oceánicos. Estos depredadores incluyen atunes, peces de pico y tiburones (Oxenford, 1999). Pitman y Stinchcomb (2002) reportan que adultos de Dorado (> 1 m Lf) son presa del delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) en el Pacífico Este.



En la zona de estudio, las presas más abundantes en los contenidos estomacales del dorado, son el crustáceo *Portunus xantusii*, peces de las familias Balistidae y Carangidae y como alimento secundario el calamar *Dosidicus gigas* (Alejo-Plata *et al.*, en proceso); su voracidad es tal, que puede consumir cualquier materia flotante, como basura orgánica y plásticos (Obs. pers.). Los resultados de este trabajo muestran que después de los túnidos, el dorado es la especie más importante en las capturas artesanales pelágicas, en años anteriores los tiburones constituían las especies objetivo de estas pesquerías (Díaz-Uribe *et al.*, 1999). Además el dorado se captura en diferentes estados de desarrollo y con diferentes niveles de captura, por lo que es importante comprender las relaciones predador/presa que existen entre el dorado y otras especies pelágicas que son depredadores ápice, ya que está por encima y por debajo de ellos en la trama trófica. En el Golfo de Tehuantepec el atún aleta amarilla y el pez vela son co-competidores y depredadores del dorado (Galvan-Magaña, 1999). Estas relaciones son fundamentales en el esclarecimiento de la función del dorado en el medio pelágico.

El dorado presenta una tendencia a asociarse a objetos flotantes, naturales o artificiales, en sus diferentes estados ontogénicos (Kojima, 1961; Rose y Hassler, 1974). Este comportamiento según Kojima (1961) y Manooch *et al.* (1984) es debido a que los dorados se alimentan de peces, en su mayoría juveniles, que utilizan estos objetos flotantes como refugio. Se considera que la estrecha relación que guarda el dorado con los objetos flotantes forma parte de su historia de vida. En muchas investigaciones lo relacionan con los objetos flotantes, ya sea como una estrategia de alimentación (Kojima, 1961; Uchiyama *et al.*, 1986; Galvan-Magaña, 1999), ya sea por resguardo de sus depredadores en etapas larvales y juveniles (Rose y Hassler, 1974) y como punto de reunión de cardúmenes o formación de



estos (Freon y Misund, 1999). No obstante que el dorado es una de las especies con mayor asociación con los objetos flotantes (Taquet *et al* 2007), además de presentar las mayores capturas en los lances sobre estos (Martínez-Rincón, 2008), en general se sabe poco sobre este comportamiento natural (Kingsford y DeFries, 1999; Dempster y Kingsford, 2003).

7.2. Evaluación de las pesquerías artesanales

Uno de los principales problemas en la evaluación de las pesquerías artesanales es la carencia de bases de datos y literatura científica (Salas *et al.*, 2007), que aunado a su complejidad redonda en la carencia de un plan de manejo integral para este tipo de pesquerías (Misund *et al.*, 2005). Los estudios sobre pesquerías de zonas templadas no pueden generalizarse o aplicarse a las pesquerías artesanales tropicales, que son multiespecíficas y con baja selectividad en los métodos de pesca. Además presentan redes alimenticias muy complejas que incluyen un alto número de interacciones, muchas de las cuales son desconocidas (Larkin *et al.*, 1984).

Si bien en México se están realizando esfuerzos para conformar bases de datos a partir de encuestas y censos diarios en varias localidades costeras, la información aún es escasa (Espino-Barr *et al.*, 1997; 2002), aunado a que parte de esta, se concentra en la denominada literatura gris (tesis e informes de investigación) cuya distribución es restringida. Ruíz-Luna y Berlanga (2001) señalan la carencia de información confiable y actualizada sobre la producción de la pesca artesanal en la región noreste de México y que cobra especial relevancia si se considera que es una de las regiones más desarrolladas dentro del ámbito pesquero. Esta situación es un reflejo de lo que prevalece en el resto del país. En el caso de las especies reservadas para la pesca deportiva y que son abundantes en las capturas



artesanales la situación es mucho más compleja, debido a que su régimen de explotación ha sido fuente de controversia entre los pescadores ribereños, las autoridades estatales y federales, así como a la aparente incongruencia de mantener un recurso abundante como reservado a la pesca deportiva en estados donde dicha actividad es incipiente.

Otros elementos que dificultan la evaluación de las poblaciones y comunidades marinas son el efecto de la intensidad y la periodicidad de algunos eventos oceanográficos y meteorológicos a escala global (Munro y Smith, 198). Evidencias reportadas por la FAO (2008) indican que el cambio climático está modificando la distribución de especies marinas. El estudio también reporta que el cambio climático está afectando ya la estacionalidad de procesos biológicos, alterando las cadenas tróficas con consecuencias impredecibles para la producción pesquera y en particular, para las pesquerías artesanales.

Los dorados soportan pesquerías comerciales y deportivas en diferentes regiones del mundo. La estabilidad y magnitud de sus tasas de captura y la capacidad de responder rápidamente a los cambios ambientales y a la disponibilidad de presas, sugiere que es un recurso resiliente capaz de soportar altas tasas de captura (Campos *et al.*, 1993; Oro, 1999; Mahon y Oxenford, 1999; Massuti *et al.*, 1999b; Farrell, 2009; Presente trabajo). Esta capacidad de adaptación permite la variación en el patrón migratorio de la especie, lo que a su vez afecta su presencia en áreas de alta abundancia y puede incrementar su disponibilidad en las zonas donde no se encuentra habitualmente (Norton, 1999). Así, el alto grado de variabilidad interanual en las tasas de captura del dorado, observado en diferentes regiones, puede ser debido a los efectos de los factores ambientales (Norton y Crooke 1994; Norton, 1999; Zuñiga *et al.*, 2008; Farrell, 2009).



La historia de vida del dorado se caracteriza por un rápido crecimiento, madurez sexual temprana y alta fecundidad (Cap. 3 y 4), por esto es considerado un recurso pesquero ideal, con importancia comercial, recreacional y ecológica a través de su ámbito de distribución (Schwenke y Buckel, 2008). Sin embargo, esta especie no ha recibido la atención en la recolecta de datos biológicos y evaluación que se proporciona a los grandes túnidos y peces de pico, probablemente debido al hecho de que no hay grandes pesquerías que se concentren en el dorado.

7.3. Consideraciones sociales, económicas y de subsistencia

La presente sección constituye un acercamiento a la situación social y económica de los pescadores ribereños en el Pacífico Sur de México. La pesca artesanal, si bien debe de entenderse inserta en el sector pesquero nacional de un país, esta presenta características y problemas propios, distintos del sector industrial. En consecuencia se hace necesario analizar y solucionar los problemas del sector pesquero artesanal con enfoques y herramientas adecuadas a este subsector específicamente (Agüero, 1992; Espino-Barr *et al.*, 2008).

Se pueden distinguir algunos rasgos comunes al interior de la pesca artesanal en América Latina y el Caribe: infraestructura inadecuada para la comercialización y abastecimiento de insumos; deficiente organización social e institucional para la transferencia tecnológica; canalización financiera, capacitación laboral y promoción del desarrollo sectorial; sistemas deficientes de administración y manejo de los recursos costeros; carencia de datos estadísticos e información científica referente a los diversos componentes o actividades



(Agüero, 1992; Robles-Zavala, 2004; Arreguín-Sánchez, 2006; Salas *et al.*, 2007; Espino-Barr *et al.*, 2008).

La importancia que representa la pesca artesanal en los litorales de países de regiones tropicales y subtropicales reside en el papel que desempeña como generadora de fuentes de trabajo y de alimento de alta calidad para consumo humano directo (Robles-Zavala, 2004). Sin embargo, ha sido y continúa siendo presa fácil tanto del deterioro ambiental provocado por otras actividades productivas escasamente controladas, como de la incomprensión gubernamental que derivó naturalmente en falta de interés y de apoyos financieros durante los últimos lustros (Alcalá-Moya, 2003).

La situación de la pesca artesanal varía de acuerdo con la localidad y la situación socioeconómica de cada país (Panayotau, 1983; Lobato-González, 1997; Berkes *et al.*, 2001; Espino-Barr *et al.*, 2008). Más del 60% de la flota mundial presenta particularidades asociadas con esta actividad, entre la que destaca la utilización de embarcaciones descubiertas, las menos cuentan con motor fuera de borda y en general las artes de pesca son poco tecnificadas y de bajo costo (Munro y Smith, 1984), con excepción de algunos países europeos (Alcalá-Moya, 1999). Si bien la contribución económica de la pesca artesanal puede ser modesta, constituye un importante recurso alimenticio que emplea y proporciona ingresos económicos a más de dos millones de personas tan sólo en América Latina; sin embargo, no se le ha dado el reconocimiento necesario (FAO, 2004).

En México como en los otros países de América Latina y el Caribe (Salas *et al.*, 2007), la situación actual de los recursos pesqueros plantea una problemática biológica y socioeconómica poco alentadora: un uso social y productivo inadecuado; pérdida de biodiversidad y agotamiento de especies; destrucción de hábitat y ecosistemas; aumento de



los niveles de pobreza en los sectores sociales de la pesca, principalmente los ribereños; conflictos sociales y políticos entre comunidades por la posesión de los recursos y servicios del ecosistema; generación y aplicación de un mayor esfuerzo pesquero.

Contrariamente a lo que ha sucedido en otros países latinoamericanos, en el nuestro, la actividad pesquera ha sido una actividad ligada de manera estrecha al control del Estado (Alcalá-Moya, 2003). Esta actividad se encuentra secundariamente contemplada en las regulaciones vigentes de actividades humanas en la zona costera (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, LGEEPA, 1988), así como los planes integrales de manejo de la zona costera (Rivera-Arriaga y Villalobos, 2001) y por lo tanto, se integra marginalmente a los programas de desarrollo.

Alcalá-Moya (2003) menciona que el estatus actual de estas pesquerías obedece a una histórica y casi total falta de atención oficial pese a su importancia socioeconómica. Por ejemplo, en el sexenio 1970-1976 por primera vez en la historia de México, los pescadores artesanales estuvieron incluidos como destinatarios de los apoyos crediticios. En términos generales, continua la autora, se ha sugerido que debido a que el gobierno no ha involucrado a los pescadores en el desarrollo de sus políticas, estos se han alejado del respeto a la autoridad y se resisten a formar acuerdos.

Aplicando los principios sugeridos por Max-Neef (1998) el mejor proceso de desarrollo de comunidades pesqueras artesanales será aquel que permita elevar más la calidad de vida de los pescadores y sus familias. La calidad de vida dependerá de las posibilidades que tengan los pescadores artesanales de satisfacer adecuadamente sus necesidades humanas



fundamentales². En el Pacífico Sur los niveles de bienestar de las comunidades pesqueras artesanales están sustancialmente por debajo de los promedios nacionales en los principales indicadores reportados por la Comisión Nacional de Evaluación (CONEVAL, 2010).

De acuerdo a las características de las pesquerías marinas, mencionadas por Seijo *et al.* (1997), la pesca ribereña en las localidades de Oaxaca y Chiapas mantiene un régimen de propiedad común, con altos costos de exclusión y trampa social y con mínima o nula participación estatal. Al respecto, Robles-Zavala (2004) menciona que la actividad pesquera en las comunidades costeras de Oaxaca ha sido etiquetada como un "último recurso de actividad" y el arquetipo de los pescadores son "gente de la pobreza permanente, perezosos y borrachos", cuestiona: ¿Esta imagen es cercana a la realidad? ¿Los pescadores y las comunidades pesqueras se ven de acuerdo con esta imagen? Además, señala que son comunidades pobres, que construyen un medio de vida a través de la pesca, sobre la base de una circunstancia que se define por la cultura, la historia y la esperanza.

Las comunidades de pescadores artesanales de Oaxaca y Chiapas carecen de servicios adecuados en cuanto a infraestructura (Embarcaderos, bodegas, área para el almacenamiento en frío y procesamiento de los productos), presentan condiciones de vida bajas, lo que se manifiesta en carencia de un sistema habitacional permanente y adecuado; condiciones sanitarias, de salud y seguridad social deficientes (en varias comunidades el hospital más cercano se encuentra a más de 30 minutos de distancia en auto); niveles de

² Las necesidades humanas fundamentales van más allá de lograr un punto de referencia de un indicador de ingreso *per cápita*. Incluyen dejar satisfechas las necesidades fundamentales de: subsistencia (alimentación y abrigo suficientes), protección (acceso a sistemas de salud y seguridad comunitaria ante la creciente violencia), entendimiento (acceso a educación de calidad), participación (superación de la marginación de pescadores artesanales de las decisiones que los afectan y discriminación de las mujeres), e identidad (fortalecimiento de las culturas locales y regionales mitigando la emigración forzada por el contexto de carencias) (Max-Neef, 1998).



educación y escolaridad bajos; mínimos niveles de ingreso, que en la mayoría de los casos sólo les permiten “vivir al día”. Esta situación es similar en otras regiones del país (Cruz-Romero *et al.*, 1995); Agüero (1992) menciona que las condiciones de vida de las comunidades pesqueras se refleja en un retraso tecnológico, marginalidad cultural y desarticulación con respecto de la economía nacional.

No obstante el alto grado de marginación de los estados sureños, en la década de 1996 a 2005, el sector pesquero y acuícola obtuvo el menor financiamiento (total y promedio) por parte de FIRA–FOPESCA y el estado de Oaxaca el menor entre todos los estados con litoral, y aún de varios estados sin litoral (CONAPESCA, 2005).

Los instrumentos internacionales pueden ser herramientas eficaces no sólo para reducir la captura incidental de la pesca artesanal, sino para la protección de los ecosistemas (Rodríguez y Cisneros-Mata, 2006). Las directrices actuales para el eco-etiquetado de las pesquerías mundiales se basan en los principios del Código de Pesca Responsable de FAO, la Declaración de Reykjavik sobre Pesca Responsable en el Ecosistema Marino (FAO, 2001), la Convención de la ONU sobre Derecho del Mar y el Acuerdo de la ONU sobre poblaciones de peces (Naciones Unidas, 1995). Actualmente se busca que el manejo de las pesquerías se realice con un enfoque ecosistémico, con la finalidad de conservar los stocks, reducir la captura incidental, conservar la estructura y función de los ecosistemas y desarrollar pesquerías sustentables de las que puedan vivir los pescadores (Pauly y Palomares, 2005). Sin embargo, este no es una realidad en el Pacífico mexicano (Caddy *et al.*, 2005).



7.4. Pesca deportiva vs pesca artesanal

El dorado es explotado en diversas regiones del mundo, donde interactúan tres pesquerías por el mismo recurso: pesca ribereña, pesca deportiva y pesca de altura (flota atunera y palangrera de tiburón). En México las medidas administrativas dictadas por el gobierno federal <<de no permitir la pesca comercial de dorados en aguas del Océano Pacífico>> tienden a subestimar el problema, ya que la reglamentación está condicionada por problemas políticos y/o económicos, estando dirigida a la protección de un grupo de pescadores en particular. Esto ha sido fuente de controversia e incluso de conflictos entre los pescadores ribereños y las autoridades estatales y federales, debido a la incongruencia de mantener un recurso abundante como reservado a la pesca deportiva. La demanda por ambos sectores pone en disyuntiva si el estatus de exclusividad del dorado debería desaparecer y su pesca abrirse a la flota artesanal. Por otra parte al ser una especie altamente migratoria el dorado rebasa fronteras fuera del territorio nacional donde su aprovechamiento no es exclusivo a la pesca deportiva, esta situación representa un costo de oportunidades para los pescadores mexicanos.

Comparativamente con la zona norte, hacía la costa sur del país, la pesca deportiva aún se encuentra en desarrollo. Únicamente en las localidades turísticas de Huatulco y Puerto Escondido y en menor proporción Salina Cruz, la pesca deportiva se practica regularmente y se organizan los torneos internacionales de pesca deportiva.

La realidad es que el dorado, a pesar de su estatus de reservado para la pesca deportiva, es capturado por los pescadores ribereños del Pacífico Sur, pese al riesgo de ser penalizados ya sea con el decomiso de los artes de pesca, motor, lancha y/o el producto capturado. La estructura social en torno a la actividad de los pescadores es muy particular, con



mecanismos de comercialización sencillos, el producto se vende directamente a intermediarios o acaparadores. En Oaxaca y sobre todo en Chiapas, los compradores del dorado y otras especies pelágicas (atún aleta amarilla, pez vela y tiburón) hacen enormes ganancias económicas, pagando una ínfima cantidad por el producto a los pescadores, lo que va en detrimento de ellos y por consiguiente de sus familias. Esta situación se presenta en un número importante localidades pesqueras en las costas mexicanas (Espino-Bar, 2008), por tanto se requiere de un ordenamiento pesquero regional.

Los ingresos de los pescadores son inestables porque la producción es muy variable, aunado a que la mayor parte de la producción se consume en fresco y el manejo del producto es esencial, por lo que el valor agregado a los productos de estas pesquerías es mínimo. La falta de financiamiento adecuado es uno de los problemas más serios para el desarrollo de esta actividad y dado que los pescadores, como individuos, no cumplen con los requerimientos establecidos por las instituciones crediticias y no siempre se encuentran organizados en cooperativas que los respalde para la obtención de créditos.

En cuanto a su manejo, la pesca deportiva requiere de permisos, esto proporciona un cierto control del número de las embarcaciones, aunque no sobre la captura. Por reglamento sólo deben de capturarse dos ejemplares por pescador y por día; sin embargo, la cantidad que se captura es mayor, sin poder precisar cuánto, ya que no existe ningún registro de bitácora de pesca. Respecto a la pesca artesanal, tampoco se tienen registros completos de las capturas obtenidas, no existe información detallada del número de embarcaciones que inciden en su captura, debido principalmente a la irregularidad de su operación y a la naturaleza general de los permisos de pesca, ya que se captura y se registra como pesca incidental en las embarcaciones con permiso para pesca de escama y tiburón. Una primera propuesta es que



se abra y regule la actividad para contar con registros más precisos, de forma que se pueda planificar la explotación del recurso.

En la pesca artesanal del Pacífico Sur, los dorados son frecuentemente capturados junto con túnidos, tiburón y pez vela, lo que sugiere que esta pesca multiespecífica puede permanecer viable, incluso si la abundancia de alguna de las especies es baja. Por lo tanto, podría ser un mecanismo de protección proporcionado por un equilibrio bio-económico. Algunas soluciones propuestas hasta ahora a los problemas de la pesca ribereña han sido el involucramiento de las mujeres en la administración de las ganancias; el fomento del co-manejo ("Reparto en la responsabilidad y autoridad para manejar una pesquería entre el gobierno y las comunidades pesqueras"), respetando los contextos institucionales, sociales y culturales de los pescadores y sus comunidades³, así como el fomento de la educación ambiental y el entrenamiento en estrategias de comercialización en las comunidades pesqueras (Robles-Zavala, 2004).

En la conferencia Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe (COASTFISH, 2004, http://www.mda.cinvestav.mx/eventos/Coastfish2007/Resumenes/Coastfish_Libro_Resumenes.pdf) se analizaron varios aspectos para la evaluación de las pesquerías artesanales: *i*) establecer un sistema de reportes de capturas de las flotas artesanales, así como recolectar información demográfica, socioeconómica y cultural de las comunidades pesqueras; *ii*) monitorear las artes de pesca y cambios tecnológicos que se realicen, así como los niveles del esfuerzo de pesca; *iii*) mantener un enfoque multiespecífico en el manejo de la pesquería. En el mismo sentido Salas *et al.* (2007) sugieren implementar un marco de trabajo integral, con un

³ Allison y Ellis (2001), sugieren que el manejo de pesquerías convencional, si se realiza sin el entendimiento de las percepciones y forma de vida de las comunidades pesqueras, puede resultar incompatible con la conservación de recursos y los objetivos sociales y económicos de la ordenación de pesquerías.



enfoque de ecosistemas⁴. El énfasis no deberá ser solamente en el monitoreo biológico y ecológico sino que deberá incluir la dinámica humana que involucra dimensiones institucionales, económicas y sociales. Para Arreguín-Sánchez (2006) en la práctica, una de las consecuencias que parecen relacionarse directamente con el enfoque ecosistémico es la consideración de un sistema de manejo participativo en lugar de un manejo vertical.

7.5. Migración

Muchas especies pelágicas marinas se distribuyen ampliamente y habitan aguas superficiales en el cinturón circuntropical (Briggs, 1974). Algunas de estas son recursos de gran importancia que soportan grandes pesquerías comerciales y deportivas, incluyen varias especies de tiburón, atunes, picudos y dorado (Graves, 1986). La distribución de las especies pelágicas con amplios rangos geográficos cambia de acuerdo a sus etapas ontogénicas, esto ocasiona que a lo largo del año se encuentren en diferentes sitios y ocasionalmente coexistan con sus congéneres, que muy posiblemente conlleve a eventos reproductivos, que son requisito para que haya flujo genético entre las poblaciones (Slatkin, 1987).

La abundancia estacional y reproducción de *C. hippurus* ha sido asociada a su comportamiento migratorio en diferentes regiones del mundo, en el Pacífico (Kraul, 1999; Lasso y Zapata, 1999; Wu *et al.*, 2001), el Atlántico y Caribe (Arocha *et al.*, 1999;

⁴ **Enfoque Ecosistémico:** Estrategia de ordenación integrada de las tierras, aguas y recursos vivos que tiene por finalidad su conservación y uso sostenible de un modo equitativo. El enfoque se basa en la aplicación de métodos científicos apropiados que se centran en los niveles de organización biológica. Estos comprenden los procesos, funciones e interacciones esenciales entre los organismos y el entorno. El enfoque reconoce que el ser humano y la diversidad de las culturas son componentes integrales de los ecosistemas. CDB. 2000. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Decisión V/6 de la conferencia de las Partes 5. www.cbd.int/ecosystem/



Oxenford, 1999; Schwenke y Buckel, 2008), y el Mediterráneo (Massutí y Morales-Nin, 1995, 1997). El aumento significativo en la abundancia de dorado durante la temporada de verano, en la mayor parte de su ámbito de distribución, ha sido interpretada como evidencia de este comportamiento (Oxenford, 1999).

Palko y colaboradores (1982) sugieren que las migraciones y movimientos del dorado parecen estar afectados por el movimiento de objetos de deriva. Beardsley (1967) propuso que el dorado migraba hacia el norte durante la primavera y verano, resaltando la posibilidad de que la especie realice largas migraciones latitudinales de más de 400 km, valor similar al presentado por Kingsford y Defries (1999) en donde mediante ensayos de captura y recaptura observaron migraciones hasta de 440 km en 120 días, y velocidades de más de 20 km/día; aunque el mayor porcentaje de las recapturas se realizó en el punto donde se habían liberado los individuos, incluso después de 360 días de su marcaje. Esto indica fidelidad a sitios de agregación y tiempos larvarios y generacionales cortos, que le confieren una capacidad de dispersión limitada. Otros estudios han mostrado que la abundancia estacional del recurso está asociada a la temperatura superficial del agua, lo que sugiere que los movimientos de sus poblaciones se dan principalmente en sentido latitudinal dentro del margen continental.

7.5.1 Océano Atlántico y Mar Caribe

La única hipótesis de migración planteada formalmente para la especie es la propuesta por Oxenford y Hunte (1986), la cual sugiere la existencia de diferentes poblaciones de dorado en el Océano Atlántico, correspondiente a la región sur de EUA y las islas del Caribe. La propuesta se basó en la estacionalidad de los pulsos de abundancia y la talla media de los



dorados capturados por pesca deportiva y comercial. Como resultado, se plantearon dos circuitos de migración para la especie.

En Carolina del Norte, Schwenke (2004) registró la captura de dorados durante la primera parte del año, temporada en que de acuerdo a la hipótesis planteada no deberían estar presentes. Esto ha permitido considerar que quizás la población de dorado se exhiba aún más compleja que lo que se había planteado originalmente en los circuitos de migración y que incluso, los individuos pueden permanecer un poco más de tiempo en la misma región o que presente diferentes rutas de migración, aunado a temporalidades diferentes (Schwenke y Buckel, 2008). En años recientes se han venido realizando estudios genéticos para probar la hipótesis de Oxenford y Hunte (1986) e investigar la posible presencia de stocks adicionales en el Golfo de México y Atlántico Central Oeste (<http://www.safmc.net/Library/Dolphin/Wahoo/tabid/410/Default.aspx>).

Para el Caribe, Oxenford y Hunte (1986) han sugerido que las rutas de migración para el dorado se encuentran relacionadas con las diferentes condiciones ambientales presentes a lo largo de su ciclo de vida, determinadas principalmente por la temperatura. Por su parte Massutí y Morales-Nin (1995) encontraron una relación de carácter reproductivo entre la TSM y la migración del dorado. Estudios de marcado han revelado que el dorado se presenta estacionalmente en algunas áreas, con una gran sensibilidad espacial a la TSM y a la concentración de *Cla* (Farell, 2009). Otros experimentos de marcado y recaptura concluyen que los individuos son fieles a las áreas alrededor de los objetos flotantes, en que los peces marcados originalmente fueron capturados (Kingsford y DeFries, 1999). Sin embargo, un patrón de migración que se ve limitado por la presencia de agua tibia (Norton,



1999) puede constituir una fuerte barrera para la dispersión de la especie (Díaz-Jaimes *et al.*, 2010).

7.5.2. Océano Pacífico

En la tabla 7.1 se presenta un resumen de la localización y estacionalidad del dorado en el Océano Pacífico Oriental. A la fecha no se cuenta con información suficiente acerca de los stocks explotados y se desconoce sus migraciones anuales.

En el área de estudio es posible concluir que el dorado utiliza intensamente la zona costera del Golfo de Tehuantepec como una zona de reproducción, exhibiendo un marcado comportamiento de agregación. Los resultados de este trabajo sugieren una migración pre-desove, con dos grupos que llegan en diferentes periodos de tiempo. El primer grupo compuesto por dorados pequeños (50-80 cm *Lf*) en su mayoría hembras que desovaron al inicio de la temporada de lluvias, llegaron durante marzo y abril. Los dorados recién nacidos durante mayo-julio aseguran su supervivencia debido a la producción biológica originada por los sistemas fluvio-lagunares, que descargan considerables cantidades de nutrientes dentro del golfo. El segundo grupo está compuesto por ejemplares grandes mayores a 100 cm *Lf*, y con la fracción de machos significativamente mayor que la de hembras, arribó durante octubre-noviembre. El periodo de desove más intenso es de noviembre a enero, durante el máximo de la temporada de surgencia, cuando es posible encontrar un suministro de alimento suficiente para el desarrollo gonadal que garantice el éxito del desove.

Observaciones similares sobre la migración pre-desove del dorado han sido reportadas en el Caribe (Oxenford, 1999), Ecuador (Campos *et al.*, 1993), el Mediterráneo (Massutí y



Morales-Nin, 1995), Venezuela (Arocha *et al.*, 1999) y en aguas de Colombia (Lasso y Zapata, 1999). Debido a este comportamiento migratorio es posible que se den mezclas de cohortes durante el periodo reproductivo. Los patrones temporales de los cambios en la proporción de sexos también son consistentes con las diferencias sexuales en la migración y el desove, u otro comportamiento reproductivo, como es la mayor propensión de los machos de especies pelágicas a agregarse en grupos de desove (Hunter y Macewicz, 1985).

Estos pulsos en el desove pueden ser explicados por la hipótesis del movimiento estacional de costa-mar adentro en la propuesta de Kraul (1999) y analizados a partir de los cambios en la condición fisiológica del dorado por Uchiyama y Boggs (2006). En el Pacífico Sur los valores más altos del factor de condición se registraron en los pulsos de migración pre-desove: octubre-noviembre y marzo-abril, lo que coincidió con un aumento en las capturas costeras. Los dorados bien acondicionados entran desde el océano abierto en aguas cercanas a la costa y participan en una intensa actividad reproductiva, lo que resulta en pérdida de peso. *C. hippurus* regresa al mar abierto, en un estado demacrado. Entre junio y agosto se observaron los valores más bajos en la condición y los dorados prácticamente desaparecen para la pesca artesanal, tal vez porque migran fuera de la costa para alimentarse y mejorar su condición durante un periodo no reproductivo. Cuando regresan a finales de septiembre e inicios de octubre, su condición se encuentra en su nivel más alto. Una señal de esto es la abundancia de dorados en las capturas incidentales de la pesquería palangrera de altura frente al Golfo de Tehuantepec durante junio a septiembre (Santana-Hernández, 2001).

De acuerdo a la distribución de tallas, una segunda posibilidad y que puede ser complementaria al escenario de migración costa-mar adentro es la siguiente: Los juveniles



de dorado migran en verano desde el Golfo de Tehuantepec hacia el norte, siguiendo la Corriente Costera Mexicana (CCM), donde es alta la productividad primaria y encuentran buena disponibilidad de alimento, cuando engordan regresan hacia el sur. Los pulsos de abundancia en las capturas artesanales en la costa de Jalisco (Pacífico Central) durante junio-julio y noviembre-febrero observados por Jiménez *et al.* (2006) puede ser un indicio de este escenario de migración.

Lo anterior, evidentemente sugiere un patrón migratorio de la especie, aunque la presencia de individuos pequeños reportados en casi todas las localidades donde se captura dorado (Madrid y Beltrán-Pimienta, 2001; Santana-Hernández, 2001; Espino-Barr *et al.*, 2008; Zúñiga *et al.*, 2008; Zúñiga, 2009) ocasiona que el sistema de migración se vea complejo y difícil de interpretar.

Los registros de las capturas regionales indican un pulso en la estación pesquera, lo cual apoya la hipótesis de que la migración es a gran escala. También se puede tratar de una migración diferencial, donde el Golfo de Tehuantepec sea un punto de transición por donde se están moviendo una gran cantidad de individuos hacia diferentes puntos: Pacífico Central, Pacífico Noreste e Istmo Centroamericano. El carácter migratorio de esta especie está muy relacionado con la temperatura y disponibilidad de alimento, la distribución continua de larvas (Sánchez, 2008) sugiere por tanto que el dorado desova en el sitio en donde alcanza su madurez gonádica durante su migración, lo que hace que el desove sea continuo en la escala espacial como fue observado en el Pacífico Noreste por Zúñiga (2009) y en los resultados de este trabajo. Este comportamiento hace posible la dispersión de huevos y la deriva larval. Sin embargo para la zona centro del Pacífico mexicano se carece



de estimaciones sobre la reproducción de la especie, contar con esta información permitiría esclarecer el patrón del desove a lo largo Pacífico mexicano

Tabla 7.1. Resumen de localización y estacionalidad aproximada de las pesquerías comerciales (y/o deportivas) de *Coryphaena hippurus* en el Océano Pacífico Oriental. PD = Pesca Deportiva; PA = Pesca Artesanal.

Área	Localización	Estación	Referencias
Pacífico Norte México (PD)	Mazatlán, Sin.	may-nov	Juárez y Garduño, 1993
Pacífico Noroeste México (PD)	Sur Golfo de California	jul-sep	Zúñiga <i>et al.</i> , 2008
Pacífico Noroeste México (PD)	Golfo de California	may-ago	Zúñiga, 2009
Pacífico Centro, México (PA)	Jalisco	nov-feb jun-jul	Jiménez <i>et al.</i> , 2006
Pacífico Sur, México (PA)	Golfo Tehuantepec	abr-may nov-ene	Presente estudio
Pacífico Centroamericano (PA)	Costa Rica	sep-feb	Campos <i>et al.</i> , 1993
Pacífico Sudamericano (PA)	Colombia	dic-abr	Lasso y Zapata, 1999
Pacífico Sudamericano (PA)	Ecuador	nov-may	Patterson y Martínez, 1991

7.6. Análisis de los parámetros poblacionales y manejo de la pesquería

Con la intención de plantear algunas recomendaciones para la explotación, manejo y conservación del recurso dorado, que pueda garantizar un uso sustentable de la especie en el Pacífico Sur, en esta sección se presenta el análisis de los parámetros poblacionales que previamente fueron determinados en los capítulos 2 al 6.



7.6.1. Composición por tallas y edades de las capturas artesanales

Los dorados, como otras especies pelágicas, presentan diferencias en su comportamiento con los cambios ontogénicos; así, la proporción de sexos mostró diferencias con el intervalo de talla. Durante todo el año la mayor proporción de hembras (70%) se encontró a tallas menores a 75 cm *Lf*; mientras que la mayor proporción de machos se presentó a tallas mayores a 110 cm *Lf*. Los datos de longitud muestran una distribución bimodal. Una moda se hace evidente antes de la temporada de lluvias (marzo-abril), y la segunda moda al inicio de la temporada de surgencia (noviembre).

La distribución de tallas por mes mostró la incorporación permanente de individuos pequeños (≤ 30 cm *Lf*), con una distribución multimodal y con un amplio intervalo de tallas, con predominancia de las modas de 50 y 100 cm *Lf*. Las modas de 80 y 90 cm *Lf* fueron las menos abundantes en las capturas artesanales, sin embargo, corresponden a las tallas predominantes en el Pacífico Noreste como lo reporta Zúñiga (2009).

En las hembras las edades más abundantes en las capturas artesanales fueron de 1 a 4 años y en menor proporción el grupo 0^+ , para los machos las edades de 2 a 4 años fueron las más capturadas. En este estudio se determinó una edad de 4 años, sin embargo es probable la existencia de hasta 5 marcas en las escamas, debido a que se registraron cinco dorados machos ($Lf > 140$ cm) con un borde después del cuarto anillo. Lo anterior sugiere que en la zona de estudio los dorados pueden alcanzar los 5 años de edad, no obstante estos organismos grandes están siendo poco accesibles a los artes de pesca de la flota ribereña. La distribución de tallas por mes mostró la incorporación permanente de individuos pequeños a la zona de pesca que corresponde al crecimiento de la población a lo largo del año. Para el Pacífico Noreste Zúñiga (2009) menciona que aunque se pudieron representar



edades desde 0 a 3.5 años, las edades más abundantes fueron de 0.5 a 1.5 años para ambos sexos.

7.6.2. Crecimiento

Esta especie es de vida corta, con valores altos en la tasa de crecimiento ($k = 1.3 \text{ año}^{-1}$), durante el primer año de vida alcanza tallas de hasta 90 cm L_f y una L_∞ de $L_\infty = 166,5 \text{ cm}$, $k = 1,1/\text{año}$ para hembras y $L_\infty = 167,7 \text{ cm}$, $k = 1,3 \text{ año}^{-1}$ para machos. Con una longevidad máxima de 3.4 años, las edades mayores a tres años fueron poco representativas en las capturas artesanales.

Los parámetros obtenidos para machos ($P_\infty = 38.83 \text{ kg}$) y hembras ($P_\infty = 25.26 \text{ kg}$) muestran un crecimiento en peso significativamente diferente entre los sexos, lo cual comienza a evidenciarse a partir de la edad 1 a favor de los machos.

Los dorados juveniles mostraron una rápida tasa de crecimiento ($k = 1.84 \text{ año}^{-1}$), que se vio reflejada en el aumento de casi el doble de longitud media mensual desde finales de abril hasta principios de julio. La característica más notable acerca de su crecimiento es la amplia gama de tallas de los organismos con un anillo de crecimiento en sus escamas. Los dorados que fueron capturados durante mayo-junio, son más pequeños que los capturados en noviembre-febrero.

7.6.3. Proporción de sexos, talla-edad de primera madurez y fecundidad

La proporción de sexos mostró diferencias con el intervalo de talla; durante todo el año la mayor proporción de hembras (70%) se encontró en las clases de talla $< 75 \text{ cm } L_f$, mientras que la mayor proporción de machos fue encontrada a tallas $> 110 \text{ cm } L_f$.



Las diferencias temporales en las capturas de machos y hembras se producen sólo durante los picos de desove. El predominio hembras durante todo el año y hembras desovantes en mayo-julio y noviembre-enero, así como la presencia de machos de gran tamaño (> 100 cm de L_f) que superan en número a las hembras en noviembre, sugiere que las diferencias en la proporción de sexos son debidas al comportamiento reproductivo de la especie y no a una segregación de sexos y tallas

Los valores de las tallas de madurez poblacional (L_{50}) se estimaron en 48.31 ± 0.84 cm L_f para hembras y 50.57 ± 2.16 cm L_f para machos, con edades entre 0.5 a 0.7 años. Estos parámetros están por debajo de los estimados por Zúñiga (2009), quien menciona una $L_{50} = 77$ cm L_f y una edad de 0.8 años. Lo anterior muestra que el manejo para esta especie se debe plantear sobre la base biológica de la fracción de la población que se encuentre disponible y que está siendo explotada en cada una de las áreas de mayor abundancia.

Para evitar sobreestimar los valores de la fecundidad por camada por confusión de ovocitos en la fase final de vitelogénesis con ovocitos en etapa de núcleo migratorio, en este trabajo las estimaciones se basan en el recuento de los ovocitos hidratados intactos. La fecundidad por camada para hembras entre 49 y 129 cm L_f fue de 450,222 a 1,930,245 ovocitos por hembra. La fecundidad presentó una fuerte correlación con la talla, en hembras pequeñas con longitudes entre 45 y 80 cm L_f se determinó una fecundidad promedio de 52,700 ovocitos hidratados.

En las especies con un patrón de fecundidad indeterminada, la frecuencia de desove es probablemente la variable reproductiva más problemática, debido al reducido número de muestras disponible. El método más recomendable ha sido la identificación histológica de los folículos post-ovulatorios, POFs (Hunter y Macewicz, 1985); debido a las limitaciones



durante el presente estudio (pequeño número de muestras y secciones histológicas limitadas), las estimaciones de la frecuencia de desove fueron basadas en la frecuencia de ovocitos hidratados. Este método tiene restricciones debido al limitado periodo de tiempo en el cual los ovocitos hidratados se encuentran presentes en el ovario antes del desove, sobreestimando la fracción desovante. La fracción de desove en la mayoría de los casos se consideró como una estimación preliminar, porque no se logró validar la edad de los ovocitos hidratados.

Zuñiga (2009) menciona que el potencial reproductivo (índice lipídico en los ovovitos) fue igual en hembras chicas como grandes de dorado. Si bien en este trabajo no se determinó el índice lipídico, la observación de los cortes histológicos de ovarios de hembras maduras, indica gran cantidad de vitelo en los ovocitos sin importar la talla. En abril-mayo se observó una abundancia importante de hembras en desove, presentan tallas menores a 60 cm Lf, estas hembras mantienen una alta calidad en los desoves, al proveer una cantidad de huevos con una alta viabilidad para la sobrevivencia de las larvas. En noviembre las hembras grandes $Lf > 100$ cm, tuvieron un número mayor de ovocitos.

7.6.4. Temporada de reproducción

La temporada de desove fue definida e identificada por la combinación de varios métodos que incluyen: 1) valores altos del *IGS*, 2) Identificación de hembras en desove inminente (con ovocitos hidratados), 3) ovarios conteniendo visibles y abundantes folículos post-ovulatorios (POFs) y ovocitos hidratados residuales.

Los resultados indican que el *IGS* es un indicador útil de la maduración reproductiva en el dorado. Sin embargo, el *IGS* sólo se limita a la detección de la actividad reproductiva. Sin



datos auxiliares como la descripción histológica de las gónadas o el tamaño de los ovocitos, el *IGS* no es una medida precisa para distinguir durante la época no reproductiva a las hembras reproductivamente inactivas pero maduras, de las hembras inmaduras (West, 1990). El análisis histológico fue necesario para describir el patrón de desove; hembras con ovocitos > 1.3 mm de diámetro fueron consideradas en desove. Los machos se encontraron en constante espermatogénesis y espermiogénesis durante todo el año. *C. hippurus* sigue una estrategia de desove asincrónica.

El dorado utiliza intensamente la zona costera del Pacífico Sur como una zona de reproducción, exhibiendo un marcado comportamiento de agregación. Los resultados de este trabajo sugieren una migración pre-desove, con dos grupos que llegan en diferentes periodos de tiempo. El primer grupo compuesto por dorados pequeños (50-80 cm *Lf*) en su mayoría hembras que desovaron al inicio de la temporada de lluvias, llegaron durante marzo y abril. Los dorados recién nacidos durante mayo-julio aseguran su supervivencia debido a la producción biológica originada por los sistemas fluvio-lagunares, que descargan considerables cantidades de nutrientes dentro del Golfo. El segundo grupo está compuesto por ejemplares grandes mayores a 100 cm *Lf*, y con la fracción de machos significativamente mayor que la de hembras, arribó durante octubre-noviembre. El periodo de desove más intenso es de noviembre a enero, durante el máximo de la temporada de surgencia, cuando es posible encontrar un suministro

El patrón mostrado por el dorado en la zona costera del Golfo de Tehuantepec parece ajustarse a una estrategia reproductiva oportunista, donde los individuos llegan y desovan en el momento en que las condiciones favorables para la disponibilidad de presas están garantizadas por las condiciones ambientales presentes en el área. En términos de la



estrategia de desove, es obvia la necesidad de contar con información a fina escala de la localización del desove, a partir de la recolecta de larvas y de la evaluación de las condiciones oceanográficas espaciales y temporales en el Pacífico Sur de México.

7.6.5. Mortalidad

Los estimados de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M) fueron relativamente bajos respecto de los que se han reportado en la literatura para otras latitudes, pero cercanos a los obtenidos por Zúñiga (2009) para el Pacífico Noreste. Los valores de M están por arriba de la mortalidad por pesca (F), esto sugiere que la población se encuentra subexplotada; no obstante, hay que considerar que al ser una pesquería no permitida, los datos del esfuerzo aplicado son limitados. Por lo que el manejo de la especie debe considerarse como urgente y bajo un esquema regionalizado.

7.7. Propuesta de recomendaciones para la explotación, manejo y conservación del dorado en el Pacífico Sur de México

El dorado es un recurso compartido a lo largo de su distribución en el Océano Pacífico Tropical Oriental por lo que requiere un manejo integral; sin embargo, los resultados del presente trabajo y los obtenidos para el Pacífico Noroeste por Zúñiga (2009) sugieren que el manejo para esta especie se debería plantear sobre la base biológica de la fracción de la población que se encuentra disponible y que está siendo explotada en cada una de las áreas de mayor abundancia. Se proponen las siguientes medidas de regulación para el Pacífico Sur:



↻ Permisos de pesca

Díaz-Jaimes *et al.* (2006) mencionan que es necesario un enfoque precautorio⁵ hasta que los datos confirmen la condición panmíctica de la población de dorado antes de considerar su explotación comercial en el Pacífico mexicano. A la luz de este principio general y de acuerdo a los resultados del presente trabajo, para el área de estudio se propone plantear escenarios de pesca en términos de número de embarcaciones. Estos escenarios permitirían a las autoridades pesqueras involucradas contar con un número estimado de permisos de pesca de fomento que pudiera otorgar de forma precautoria por un lapso de al menos dos años. Esto posibilitaría acceder a información más fidedigna sobre las capturas y el esfuerzo y se podrían evaluar algunos aspectos que pudieran afectar la pesca deportiva.

↻ Talla mínima de captura

En esta región los dorados alcanzan un tamaño comercial después de la edad de plena madurez, se propone una talla mínima de captura a partir de 60 cm *Lf*.

↻ Artes de pesca

Las tallas <60 cm *Lf* corresponden a las capturas de redes de enmalle y anzuelos, mientras que las tallas grandes, >100 cm *Lf* correspondieron a la captura de palangres. Se propone autorizar en los permisos de pesca expedidos únicamente el uso de palangres con un tamaño mínimo de anzuelos, con el objetivo de asegurar capturar tallas por arriba de la talla de madurez; además evitar la captura de juveniles de tiburón. Considerando que si bien el

⁵ Uno de los principios generales del código de conducta para la pesca responsable es que los estados y organizaciones de gestión regional y subregional deberían aplicar un enfoque precautorio a la conservación, gestión y explotación de los recursos acuáticos vivos [...] teniendo en cuenta la mejor evidencia científica disponible (FAO, 1995). El código de los estados, además establece que “La ausencia de información científica adecuada no debe ser usado como una razón para posponer o no tomar medidas de conservación o de manejo de las especies objetivo, asociadas o especies no objetivo...”



dorado parece responder de manera proporcional a los cambios en la presión por pesca, algunas de las especies con las que interactúa podrían no tener la misma respuesta o el mismo poder de recuperación observado en el dorado.

Veda temporal

Una medida alternativa sería una veda temporal durante los meses de abril-mayo, que corresponde a la temporada donde las tallas pequeñas (50-80 cm L_f) de la especie se están reproduciendo.

Los resultados obtenidos en este trabajo sobre la dinámica poblacional, hacen suponer que el dorado en el Pacífico Sur está conformado por una sola población compleja, en donde no existen claras subpoblaciones residentes en las diferentes localidades que prevalezcan con el tiempo, sino más bien grupos de organismos (posiblemente diferenciados genéticamente) que se están desplazando de manera oportunista a lo largo de la región. Varios estudios han determinado que la estructura del stock y los patrones de migración del dorado son complejos (Oxenford y Hunte 1986; Rivera y Appeldoorn 2000; Pindaro *et al.* 2006; Tripp-Valdez *et al.*, 2010). A la fecha no se cuenta con información suficiente acerca de los stocks explotados a lo largo del Pacífico mexicano, por consiguiente no está claro si la explotación del dorado en una determinada área afecta a toda la población. De modo que un nuevo examen de la estructura poblacional por medio de datos genéticos sería necesario, así como dar seguimiento a los parámetros de historia de vida. Además es importante la intervención de estudios que tengan como objetivo el marcado de los individuos en zonas particularmente importantes y de mayor abundancia como son Baja California Sur y el Golfo de Tehuantepec.



En la zona de estudio el dorado presenta una madurez sexual temprana, una marcada iteroparidad con múltiples y extensos desoves, esto hace a la especie resiliente a la pesca excesiva y elevadas tasas de mortalidad natural. Además, por la alta demanda del mercado y su abundancia, ha llevado a las autoridades mexicanas a considerar la modificación de las leyes de pesca para que este recurso pueda ser explotado por las cooperativas de pesca ribereña, lo cual ha sido tema de debate por la disyuntiva entre beneficios económicos para los distintos sectores pesqueros, así como por el desconocimiento de su estructura poblacional. Lo anterior hace necesario contar con información sobre los parámetros de historia de vida a lo largo de las zonas de captura del dorado, para la elaboración de un plan de manejo que garantice la pesca sustentable de la especie.

Capitulo 8

Conclusiones y Recomendaciones



Capítulo 8

Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

Este estudio proporciona información de la historia de vida del dorado capturado por pesca artesanal en el Pacífico Sur de México. Las muestras provienen directamente de la captura de las embarcaciones artesanales, las cuales operan en áreas costeras y retiradas de la costa, esto permitió analizar organismos en un margen de tallas muy amplio y contar con muestras de gónadas con ovocitos en diferentes estados de desarrollo. Con la información anterior en combinación con el examen histológico de los ovarios y tejido testicular, se logró definir de manera más precisa la temporada de desove, así como obtener resultados significativos de la talla de madurez poblacional y fecundidad por camada. Los resultados plantean diversos aspectos clave de la biología reproductiva y dinámica poblacional de la especie.

La composición de especies que conforman las capturas artesanales presentó variación de acuerdo a la zona de pesca, lo que hace particularmente difícil la evaluación del esfuerzo. La unidad de esfuerzo que más fácilmente se cuantificó fue el viaje de pesca. El comportamiento mensual de la *CPUE* para el dorado es muy similar al de las capturas, lo que podría significar que el alto valor de las capturas se debió a una alta disponibilidad del recurso, más que al esfuerzo aplicado. Lo anterior sugiere que la *CPUE* es un buen índice de la abundancia relativa del dorado.

El Golfo de Tehuantepec tiene influencia de corrientes oceánicas cálidas y la TSM mensual promedio se encuentra por arriba de los 26 °C a lo largo del año; los valores promedio de *Cla* detectados fueron de 0.5 mg*m⁻³, que se consideran bajos en comparación con los valores promedio de clorofila > 1 mg*m⁻³ en la región costera del Golfo de California. La



abundancia mensual del dorado durante el periodo de estudio, siguió en términos generales las variaciones en la concentración de la *Cla*. Los menores valores de *Cla* se detectaron entre julio y agosto que corresponde a la canícula y es en estos meses cuando el dorado se encuentra prácticamente ausente para la pesca artesanal. Durante la temporada de lluvias se observó un repunte en los valores de *Cla*, que junto a la presencia de objetos flotantes y a la tendencia que tiene el dorado de asociarse a ellos, son responsables del incremento en su abundancia. Los máximos valores *Cla* se presentaron durante la temporada de Tehuanos, que corresponde con el pulso de abundancia de dorado más importante del año (noviembre a enero). La abundancia de dorado y los valores relativamente bajos de *Cla* observados en la zona de estudio, indican que la especie en general prefiere habitar aguas con mucha claridad.

Los resultados muestran que las diferencias temporales en las capturas de machos y hembras, se producen sólo durante los pulsos de desove. Estos cambios en la proporción de sexos también son consistentes con las diferencias sexuales en la migración u otro comportamiento reproductivo, como es la mayor propensión de los machos de especies pelágicas a agregarse en grupos de desove.

El dorado utiliza intensamente la zona costera del Golfo de Tehuantepec como un área de reproducción, exhibiendo una conducta de agregación durante el desove. Presentó una reproducción continua a lo largo del año, con la presencia de desoves múltiples (6 desoves parciales determinados histológicamente) con dos periodos de reproducción intensa durante mayo-julio y noviembre-enero. El patrón mostrado por el dorado en la zona de estudio parece ajustarse a una estrategia reproductiva oportunista, donde los individuos llegan y desovan en el momento en que las condiciones favorables para la disponibilidad de presas



están garantizadas por las condiciones ambientales presentes en el área. Este comportamiento reproductivo puede representar circuitos de migración de desove.

El análisis de los resultados permite sugerir que la variación estacional en la abundancia del dorado se encuentra relacionada con una migración pre-desove en estrecha relación con el régimen lluvias-estiaje característico de la región y el fenómeno de surgencia eólica durante la temporada de Tehuanos. Lo anterior, en conjunto con la dinámica ecológica de los sistemas lagunares puede contribuir a explicar la presencia del dorado muy cerca de la costa y por consiguiente su disponibilidad para la pesca artesanal.

El análisis de los datos de longitud de *C. hippurus* separadas de manera mensual indica la existencia de estructuras multimodales complejas para la mayoría de los meses estudiados. La distribución de tallas por mes mostró la incorporación permanente de individuos pequeños (≤ 30 cm L_f) a la zona de pesca que corresponde al reclutamiento de los juveniles a la población pesquera a lo largo del año. Durante el periodo de muestreo se observaron dos modas principales, la primera aparece antes de la temporada de lluvias (marzo-abril), y una segunda moda al inicio de la temporada de surgencias (noviembre-diciembre), por lo que se sugiere un reclutamiento bimodal asociado a las condiciones lluvias-surgencias. El muestreo de dos cohortes sucesivas pertenecientes a una misma clase de edad es probable dada la naturaleza altamente migratoria del dorado.

El anillo de crecimiento sobre las escamas del dorado se formó en mayo, este evento puede atribuirse a las variaciones del metabolismo causadas por la madurez gonádica y los gastos de energía producto de la actividad de desove. Lo anterior confirma el rápido crecimiento durante las primeras etapas de vida del dorado antes de la madurez sexual y apoya la



hipótesis que el lento crecimiento somático es debido a que buena parte de la energía destinada a este proceso fisiológico es canalizada hacia la producción de gametos.

Los valores de los parámetros de la FCVB parecen reflejar considerablemente bien el crecimiento de *C. hippurus*. En las hembras predominan en las edades de 1 a 4 años y en menor proporción el grupo 0⁺; para los machos las edades de 2 a 4 años son las que presentan las mayores capturas. Los juveniles presentaron un crecimiento acelerado y logran alcanzar tallas comerciales de 40 a 60 cm *L_f* a edades que van de 2.5 a 7.2 meses.

Los valores de las tallas de madurez poblacional (L_{50}) se estimaron en 48.31 ± 0.84 cm *L_f* en las hembras y 50.57 ± 2.16 cm *L_f* para machos, con edades entre 0.5 a 0.7 años respectivamente. Estos parámetros están por debajo de los valores estimados en el Pacífico Noreste ($L_{50} = 77$ cm *L_f* y 0.8 años de edad). Lo anterior es indicativo de que el manejo para esta especie se debe plantear de manera regional, sobre la base biológica de la fracción de la población que está siendo explotada en cada una de las áreas de mayor abundancia, el sur del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec.

A la fecha no se cuenta con información suficiente acerca de los stocks explotados a lo largo del Pacífico mexicano. Los resultados sobre la dinámica poblacional de la especie, hacen suponer que el dorado en el Pacífico Sur está conformado por una población homogénea, en donde no existen claras subpoblaciones residentes en las diferentes localidades que prevalezcan con el tiempo, sino más bien grupos de organismos que se están desplazando de manera oportunista a lo largo de la región.

Debido a la abundancia natural del dorado en el Pacífico Sur, a su rápido crecimiento ($k = 1.0045$), un corto periodo de vida (3.4 años), madurez sexual temprana e iteroparidad que debería hacerlo resiliente a la pesca excesiva, mortalidad natural, una tasa alta de



renovación, así como la baja tecnología de pesca empleada por las embarcaciones artesanales, permiten considerar que esta especie presenta bajos niveles de explotación. Todas las estimaciones realizadas indican que la pesquería artesanal del dorado se encuentra saludable. Sin embargo, bajo el régimen actual de manejo y administración los problemas continúan y los recursos no se reparten en su justa medida.

A partir del análisis de los parámetros poblacionales para el dorado capturado en el Pacífico Sur, se proponen las siguientes medidas de regulación: *i)* plantear escenarios de pesca en términos de número de embarcaciones (en carácter de fomento); *ii)* en esta región los dorados alcanzan un tamaño comercial después de la edad de plena madurez, se propone una talla mínima de captura a partir de 60 cm *L_f*; *iii)* para asegurar la captura por arriba de esta talla se plantea autorizar en los permisos de pesca de fomento únicamente el uso de palangres con un tamaño mínimo de anzuelos.

La pesquería del dorado no se puede ver como regional y tampoco establecer medidas de manejo regionales, el recurso es compartido y requiere un manejo integral. Así, resulta trascendental la información sobre los parámetros de historia de vida a lo largo de las zonas de captura, que incentive la elaboración de un plan de manejo que garantice la pesca sustentable de la especie en la región.

8.2 Recomendaciones

El análisis de la pesca artesanal requiere integrar el estudio de los aspectos biológicos de los recursos, con el de los factores socioeconómicos, culturales y las políticas institucionales que afectan el comportamiento de los pescadores, así como de otros grupos sociales y sectores involucrados.



Uno de los principales problemas en la evaluación de las pesquerías artesanales es la carencia de datos históricos, por lo que se hace necesario realizar registros continuos de las capturas artesanales pelágicas y el estudio sistemático de los parámetros poblacionales. Tomando esto en consideración, la primera propuesta es que se abra y regule la actividad para contar con registros más precisos, de forma que se pueda planificar la explotación del recurso. Esto debe acompañarse por campañas de concientización de las comunidades acerca del buen manejo que debe tener la captura.

En términos de la evaluación de la estrategia reproductiva del dorado, es obvia la necesidad de contar con información a fina escala de la localización del desove a partir de la recolecta de larvas y de la evaluación de las condiciones oceanográficas espaciales y temporales en el Golfo de Tehuantepec.

De acuerdo a los resultados del presente trabajo y considerando que si bien el dorado parece responder de manera proporcional a los cambios en la presión por pesca, algunas de las especies con las que interactúa podrían no tener la misma respuesta o el mismo poder de recuperación observado en el dorado. Asimismo, es fundamental en un futuro incorporar modelos físicos y biológicos junto con estudios de la estrategia reproductiva de los grandes recursos pelágicos (marlín, pez vela, atunes, tiburones), para asegurar la supervivencia y mejorar el reclutamiento de estas especies en el ecosistema oceánico.



9. Literatura citada

- Acal, D.E., Arias, A. 1990. Evaluación de los recursos demerso-pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México. *Ciencias Marinas* 16(3): 93-129.
- Acosta, C.J.R. 1989. Evaluación técnica, social y económica del sistema de cultivo artesanal de camarón en la costa de Chiapas. Secretaría de Pesca. Distrito Federal. México. 125 p.
- Agüero, M. 1992. La pesca artesanal en América Latina. Una visión de la historia. En: Agüero, M. (Ed.), *Contribuciones para el estudio de la pesca artesanal en América Latina*. ICLARM Cont. Proc. 35: 1-27
- Aguilar-Palomino, B., Galván-Magaña, F., Abitia-Cardenas, A., Muhlia-Melo A., Rodríguez-Romero, J. 1998. Aspectos alimentarios del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 en cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 24: 253-265.
- Alcalá-Moya, G. 1999. Con el agua hasta los aparejos: pescadores y pesquerías en el Soconusco, Chiapas. CIESAS, UNICACH, CIAD, 288 p.
- Alcalá-Moya, G. 2003. Políticas pesqueras en México (1946-2000). El Colegio de México-CICESE, El Colegio de Michoacán, México, 106 p.
- Alejo-Plata, M.C., Gómez-Márquez, J.L., Ramos, S.C., Herrera J.G. 2007. Presencia de neonatos y juveniles de los tiburones *Carcharhinus falciformis* y *Sphyrna lewini* en la costa de Oaxaca, México. *Rev. Bio. Mar. y Oceanogr.* 42: 403-413.
- Alejo-Plata, M.C., González G.M., Cerdaneres, G. 2006. La pesca de tiburón en la costa chica de Oaxaca, México, 2000-2003. Memorias Conferencia de Pesquerías Costeras en Latinoamérica y el Caribe: Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones (COASTFISH 2004), México.
- Allendorf, W.F., Ryman, N. y Utter, M.F. 1987. Genetics and Fishery management past, present and future. En: Ryman, N., y Utter, F.M. (Eds.). *Population genetics and fishery management*. University of Washington, Seattle, Washington, pp. 1-20.
- Allison, E.H., Ellis, F. 2001. The livelihoods approach and management of small-scale fisheries. *Mar. Policy* 25: 377-388.
- Anislado, T.A.V. 2009. Demografía y pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith, 1834) (Pisces: Elasmobranchii) en dos provincias oceanográficas del Pacífico mexicano. Tesis de doctorado. ICMyL-UNAM, México, 261 pp.
- Araya, M., Cubillos, L.A. 2001. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana* 66(2): 161-179.
- Arocha, F., Marcano, L., Lárez, A., Altuve, D., Alio, J. 1999. The fishery, demographic size structure and oocyte development dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Venezuela and adjacent waters. *Sci. Mar.* 63(3-4): 401-409.



- Arreguín-Sánchez, F. 2006. Pesca, acuicultura e investigación en México. En: Guzmán, A.P., Fuentes, C.D. (Coordinadores), CEDRSSA, Comisión Pesca Cámara de Diputados México, pp. 13-36.
- Ayala-Pérez, L.A., Ramos-Miranda, J., Flores-Hernández, D., Vega-Rodríguez, B.I, Moreno-Medina, U.C. 2008. Biological and ecological characterization of the catfish *Cathorops melanopus* off the west coast of Campeche, Mexico. *Cienc. Mar.* 34(4): 453-465.
- Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, pp. 99-112.
- Bannister, J.V. 1976. The length-weight relationship, condition factor and gut contents of the dolphinfish *Coryphaena hippurus* in the Mediterranean. *J. Fish. Biol.* 9: 335-338.
- Barton, D. E., Argote, M.L., Brown, J., Kosro, M.P., Lavin, M., Robles, J.M., Smith, R.L. Trasviña, A., Vélez, H.S. 1993. Super squirt: Dynamics of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Oceanogr.* 6: 23-30.
- Bassols A.B, Rodríguez, D., Vargas, G.L., Sandoval, R., Ortiz A.W. 1974. La costa de Chiapas: Un estudio económico regional. *Inst. Invest. Econ. UNAM*, 163 p.
- Battacharya C. 1967. A simple method of resolution of a distribution with Gaussian components. *Biometrics* 23:115-135.
- Beamish R.J. 1992. The importance of accurate ages in fisheries science. En: Hancock, D.A. (Ed.), *The measurement of age and growth in fish and shellfish*. Austrian society for Fish Biology Workshop. Bureau of Rural Resources Proceedings 12. Lorane, pp. 8-22.
- Beamish R.J., Fournier, D.A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 3: 982-983.
- Beardsley, G. JR. 1967. Age, growth and reproduction of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia* 1967: 441-451.
- Begg, G.A., Friedland, K.D., Pearce, J.B. 1999. Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fish. Res.* 43: 1-8.
- Benetti D.D., Iversen, E.S., Ostrowski, A.C. 1995. Growth rates of captive dolphin, *Coryphaena hippurus*, in Hawaii. *Fish. Bull.* 93(1): 152-157.
- Bentivoglio A.A. 1988. Investigations into the growth, maturity, mortality rates and occurrence of the dolphin (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus) in the Gulf of Mexico. M. Sc. Thesis, University College of North Wales, Bangor, UK. 37 p.
- Berkes, F., Mahon, R., McConney, P., Pollnac, R., Pomeroy R. 2001. Managing small scale fisheries. Alternative directions and methods. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 269 p.



- Bernard, D.R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 38: 233-236.
- Beverton R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 154: 44-67.
- Beverton, R.J.H., Holt, S.J. 1957. On the dynamics of the exploited fish populations. Fisheries investigation of Ministry of Agriculture and Fisheries and Food Great Britain (2 Sea Fisheries). Vol. 19.
- Booke, H.E. 1999. The stock concept revisited: perspectives on its history in fisheries. *Fish. Res.* 43: 9-11.
- Brennan, J.A., Palmer, J.E. 1977. Variability of q as measured by variation in daily catch per effort. *ICNAF. Sel. Pap.* 2:111-136.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. Mc Graw-Hill, 475 p.
- Burt, A., Kramer, D.L., Nakatsura, K., Spry, C. 1988. The tempo of reproduction in *Hyphessobrycon pulchripinis* (Characidae), with a discussion of 'multiple spawning' in fishes. *Environ. Biol. Fish.* 22: 15-27.
- Busacker, G.P., Ira, A., Edwards, G. 1990. Growth. En: Schreck, C.B., Moyle, P.B. (Eds.), *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society. Maryland, USA, pp. 363-383.
- Caddy, J., Cisneros-Mata, M.A., Rodríguez, J.A., Berkes, F. 2005. Developing a Code of Conduct for Sustainable Gulf of California Fisheries. Report of a Workshop for WWF Mexico. 66 p.
- Cailliet, G.M., Goldman, K.J. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: Carrier, J., Musick, J.A., Heithaus, M.R. (Eds.), *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press LLC Boca Raton FL, pp. 399-447.
- Campana S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59: 197-242.
- Campana S.E., Annand, M.C., McMillan, J.I. 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 131-138.
- Campana, S.E., Neilsen, J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 42: 1014-1032.
- Campos, J., Segura, A., Lizano, O., Madrigal, E. 1993. Ecología básica de *Coryphaena hippurus* (Pisces:Coryphaenidae) y abundancia de otros grandes pelágicos en el Pacífico de Costa Rica. *Rev. Bio. Trop.* 41(3): 783-790.



- Carranza-Edwards, A., Gutiérrez-Estrada, M., Rodríguez-Torres, R. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México. 2 (1): 81-88.
- Casselman, J.M. 1987. Determination of age and growth. En: Weatherley, A.H., Gill, H.S. (Eds.), The Biology of Fish Growth. New York: Academic Press, pp. 209-242.
- Castro, J.J., Santiago, J.A., Hernández-García, V., Pla, C. 1999. Growth and reproduction of the dolphinfish (*Coryphaena equiselis* and *Coryphaena hippurus*) in the Canary Islands, Central-East Atlantic (preliminary results). Sci. Mar. 63(3-4): 317-325.
- Cervantes-Hernandez, P., Sanchez-Meraz, B., Serrano-Guzman, S.J., Frias-Velasco, A., Ramos-Cruz, S., Gracia, A. 2008. Variación interanual de la abundancia de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) en el Golfo de Tehuantepec. Hidrobiológica 18(3): 215-226.
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical methods for evaluating the reproducibility of age determination. Can. J. Fish. Aqu. Sci. 39: 1208-1210.
- Chávez, F.P, Strutton, P.G., Friederich, G.E., Feely, R.A., Feldman, G.C., Foley, D.G., McPhaden, M.J. 1999. Biological and Chemical Response of the Ecuatorial Pacific Ocean to the 1997-98. El niño 286 (5447): 2126-2131.
- Churchill, B.G. 2001. Fishery production and Mississippi river discharge. Mar. Fish. 26(8): 17-26.
- CNP, 2010. Carta Nacional Pesquera 2010 (http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/actualizacion_de_la_carta_nacional_pesquera_2010).
- CNP, 2000. Carta Nacional Pesquera 2000. <http://inp.semarnat.gob.mx/CNP/>
- Collete, B.B. 1995. Coryphaenidae. En: Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V.H. (Eds.), Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental, volumen II. Vertebrados-Parte 1. FAO Roma, pp. 1036-1038.
- CONAPESCA, 2005. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. CONAPESCA-SAGARPA. 216 p.
- CONEVAL, 2010. Consejo Nacional de evaluación de la política de desarrollo social (<http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/index.es.do>).
- Cruz-Romero, M., Espino-Barr, E., García-Boa, A. 1995. La pesca ribereña artesanal en el Pacífico de México. 1er encuentro sobre pesquerías artesanales. CANAIMPES, Manzanillo. 22 p.
- D'Anna, G., Badalamenti, F., Rigió, S. 1999. Traditional and experimental floating fish aggregating devices in the Gulf of Castellammare (NW Sicily): results from catches and visual observations. Sci. Mar. 63: 209-218.



- Davis, A.C., Brophy, D., Megalofonov, P., Gosling, E. 2008. Age estimation in calcified calcareous structures; preliminary finding of an inter laboratory comparison. *Collective Volume of Scientifics Papers ICCAT 62(3)*: 899-910.
- Defeo, O., Arreguín-Sánchez, F., Sánchez, J. 1992. Growth study for the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length-based methods. *Sci. Mar.* 56: 53-59.
- DeMartini, E.E., Uchiyama, J.H., Williams, H.A. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. *Fish. Bull.* 98: 489-506.
- Deudero, S., Merella, P., Morales-Nin, B., Massutí, E., Alemany, F. 1999. Fish communities associated with FAD's. *Sci. Mar.* 63(3-4): 199-207.
- Diana, J.S., Mackay, W.C. 1979. Timing and magnitude of energy deposition and loss in the body, liver and gonads of northern pike (*Esox lucius*). *J. Fish. Res. Board. Can.* 36: 481-487.
- Diario Oficial de la Federación, 1995. Norma oficial mexicana NOM-017-PESC-1994. Para regular las actividades de Pesca deportiva en las Aguas de Jurisdicción Federal de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo No. 15-19. México, D.F.
- Díaz-Uribe, J.G., Audelo-Ramos, D., González-Medina, G. 1999. Caracterización de la pesca ribereña de la costa oaxaqueña: Río Copalita - Pinotepa Nacional. Informe Técnico Final del Proyecto. Universidad del Mar. Oaxaca, México, 85 p.
- Díaz, M., Iturbide, G., García, I. 1984. Los pescadores de la Isla la Palma en Acapetahua, Chiapas. Cuadernos de la Casa Chata. Serie: Los pescadores de México, Vol. VI. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología social. Museo Nacional de las Culturas. INI, 150 p.
- Díaz-Jaimes P., Uribe-Alcocer, M., Ortega-García, S., Durand, J.D. 2006. Spatial and temporal mitochondrial DNA genetic homogeneity of dolphinfish populations (*Coryphaena hippurus*) in the eastern central Pacific. *Fish. Res.* 80: 333-338.
- Díaz-Jaimes, P., Uribe-Alcocer, M., Rocha-Olivares, A., García-de-León, F.J., Nortmoon, P., Durand, J.D. 2010. Global phylogeography of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*): The influence of large effective population size and recent dispersal on the divergence of a marine pelagic cosmopolitan species. *Mol. Phyl. Evol.* 57: 1209-1218.
- Ditton R.B., Grimes, S.R., Finkelstein, L.D. 1996. A social and economic study of the recreational billfish fishery in the Southern Baja area of Mexico. Report Billfish Foundation, Fort Lauderdale, 40 p.
- Ditty, J., Shaw, R., Grimes, C., Cope, J. 1994. Larval development, distribution, and abundance of common dolphin, *Coryphaena hippurus*, and pompano dolphin *C. equiselis* (Fam. Coryphaenidae), in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 92: 275-291.



- Efron, B. 1985. Bootstrap confidence intervals for a class of parametric problems. *Biometrika* 72(1): 45-58.
- Ehrhardt, N.M. 1981. Curso sobre Métodos en Dinámica de Poblaciones. Primera parte: Estimación de Parámetros Poblacionales. FAO-INP, México, 133 p.
- Espino-Barr, E., García-Boa, A., Cabral-Solís, E., Puente-Gómez, M. 2008. Pesca artesanal multiespecífica en la costa de Colima: criterios biológicos para su administración. Centro interdisciplinario de investigaciones en medio ambiente y desarrollo del Instituto Politécnico nacional, México, 200 p.
- Espino-Barr, E., García-Boa, A., Cabral-Solís, E.G. 2002. La pesca ribereña en la costa de Jalisco. 1er Foro Científico de Pesca Ribereña, 17 y 18 de Octubre de 2002 en Guaymas, Sonora (<http://crison1.tripod.com/hipertextos/extensos.htm>).
- Espino-Barr, E., Macías-Zamora, R., Cruz-Romero, M., García-Boa, A. 1997. Catch per unit effort trends in the coastal fishery of Manzanillo, Colima, México. *Fish. Manage. Ecol.* 4: 255-261.
- Espinosa-Carreón, L., Valdez-Holguín, J.E. 2007. Variabilidad interanual de clorofila en el Golfo de California, México. *Ecología Aplicada* 6(1-2): 83-92.
- Essington, T.E., Schindler, D.E., Olson, R.J., Kitchell, J.F., Boggs, C.J., Hilborn, R. 2002. Alternative fisheries and the predation rate of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) in the Eastern Pacific Ocean. *Ecol. Appl.* 12: 724-734.
- FAO, 2008. Regional Fisheries Bodies Summary Description. (<http://www.fao.org/fishery/rfb/wecafc/1/en>).
- FAO, 2004. The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA). United Nations Food and Agricultural Organization, Roma (http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm).
- FAO, 2001. Reykjavik Declaration on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem Proposal of the Chair at on the Conference (<http://www.refisheries2001.org>).
- FAO, 1995. Código de Conducta para la pesca responsable. Roma. 46 p.
- FAO. 1994. Examen de la situación mundial de las especies altamente migratorias y las poblaciones transzonales. Documento Técnico de Pesca. No. 337. Roma, FAO. 1994. 75 p.
- Farell, E.R. 2009. The Habitat, Movements, and Management of Dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western North Atlantic, Caribbean, and Gulf of Mexico. Tesis Maestría en Ciencias. Duke University, USA, 230 p.
- Fernández-Álamo, M.A., Farber-Lorda, J. 2006. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 318-359.
- Fernández-Álamo, M.A., Sanvicente-Añorve, L., Alameda-De-La-Mora, G. 2000. Copepod assemblages in the Gulf of Tehuantepec, México. *Crustaceana* 73(9): 1139-1153.



- Francis, R.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish. Biol.* 36: 883-902.
- Freon, P., Misund, O.A. 1999. Dynamics of pelagic fish distribution and behavior: effects on fisheries and stock assessment. Fishing News Books, Oxford, 348 p.
- Gaceta Parlamentaria, 2004. Iniciativa que reforma el segundo párrafo del artículo 13 de la ley de pesca. 14 de diciembre 2001 (<http://www.senado.gob.mx/>).
- Galindo, C.G. 2005. Evaluación de tres métodos para estimación del crecimiento basados en el análisis de distribuciones de frecuencias de longitudes. Tesis de Maestría. IPN-CICIMAR, 155 pp.
- Gallardo-Cabello, M., Sarabia-Méndez, M., Espino-Barr, E., Anislado-Tolentino, V. 2010. Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, México: growth, reproduction and condition factors. *Rev. Biol. Mar. Ocean.* 45(2): 205-215.
- Gallegos-García A., Barberán-Falcon, J. 1998. Surgencia eólica. En: Tapia-García, M. (Ed.), El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, pp. 27-34.
- Galván-Magaña, F. 1988. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico mexicano en el periodo 1984-1985. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México, 85 pp.
- Gayanilo, F.C.Jr., Sparre, P., Pauly, D. 2002. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT). Software versión 1.2.0. FAO. Roma, Italia.
- Gayanilo, F.C., Soriano, Jr., Pauly, D. 1989. A draft guide to the compleat ELEFAN. ICLARM Software. International Center fir Living Resources Management, Manila, Philippines, 2.
- Gibbs, R.H., Collette, B.B. 1959. On the identification, distribution and biology of the dolphins, *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis*. *Bull. Mar. Sci. Gulf. Carib.* 9: 117-152.
- Goldberg, S.R., Tresierra, A. 1985. Notes on spawning in the dolphinfish *Coryphaena hippurus* (Coryphaenidae) from Peru. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.* 84: 51-52.
- Goldman, K.J. 2004. Age and growth of elasmobranches fishes. En: Musick, J.A., Bonfil, R. (Eds.), Elasmobranch fisheries management techniques. Asia Pacific Economic Cooperation, Singapore, pp. 97-132.
- Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H., Arredondo-Figueroa, J.L. 2008. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 56(2): 875-884.
- González-Becerril, A., Espino-Barr, E., Cruz-Romero, M., Ruíz-Luna, A. 2000. Determinación de la unidad de esfuerzo de pesca en una pesquería artesanal ribereña en Manzanillo, Colima, México. *Ciencias Marinas* 26(1): 113-124.



- González-Silvera A., Santamaría-del-Ángel, E., Millán-Núñez, R., Manzo-Monrroy, H. 2004. Satellite observations of mesoscale eddies in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo (Eastern Tropical Pacific). *Deep Sea Research Part II: Top. Stud. Oceanogr.* 51: 587-600
- Gracia, A. 1989. Mortalidad natural del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus 1967) en la Sonda de Campeche. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México.* 16(2): 263-272.
- Granados, F.K. 2009. Análisis de la edad y el crecimiento de la sarangola *Microleptidotus brevipinnis* (Steindachner, 1869, Pisces: Haemulidae) mediante el estudio de las escamas y los otolitos, en Melaque, Jalisco. Tesis de Maestría, ICMYL-UNAM, 107 pp.
- Graves, J.E. 1986. Molecular insights into the population structure of cosmopolitan marine fishes. *J. Hered.* 89(5): 427-437.
- Grier, H.J. 1981. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *Am. Zool.* 21: 345-367.
- Gulland, J.A, Rosenberg, A.A. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO, Documento Técnico de Pesca 323. Roma FAO, 112 p.
- Gulland, J.A. 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part. 1. Fish population analysis. FAO Manual Fisheries Science 4. 154 p.
- Haddon M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 402 p.
- Hammond, D. 2008. Using pop-off satellite archival tags to monitor and track dolphinfish and cobia (<http://dolphintagging.homestead.com/2007SatelliteTagCompletionRpt.pdf>).
- Hassler, W.W., Hogarth, W.T. 1977. The growth and culture of dolphin, *Coryphaena hippurus*, in North Carolina. *Aquacult.* 12: 115-122.
- Hendrix, S.D. 1983. The early life history of Mahimahi (*Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*): A report on the culture and growth of larval fish reared in the laboratory. Final report Fulfilling Requirements of National Marine Fisheries Service Contract No. 82-ABA-305, 40 p.
- Hilborn, R., Walters, C.J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment, Dynamics and Uncertainty. Chapman & Hall, London, 570 p.
- Hintze, J.L., Nelson, R.D. 1988. Violin plot: A box plot-density trace synergism. *Am. Stat.* 52(2): 181-184.
- Hoening, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.* 82: 898-902.



- Holden, M.J., Raitt, D.F.S. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2.- Métodos para investigar los recursos y su aplicación. ONU/FAO Documento Técnico de Pesca 115, Rev. 1: 1-255
- Humanson, G.L. 1979. Animal tissue techniques. W.H. Freeman and Co, San Francisco, 344 p.
- Hunter, J., Macewicz, B. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. En: Lasker, R. (Ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report 36, pp. 79-94.
- Hunter, J.R., Lo, N.C., Leong, R.J. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: Lasker, R. (Ed.), An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report 36, pp. 67-78.
- INP. 2006. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. SAGARPA, México, 544 p.
- Jakes-Cota, U. 2008. Edad y crecimiento del marlín azul *Makaira nigricans*, desembarcado en Cabo San Lucas, B.C.S., México. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN, México. 90 pp.
- Jensen, A.L. 1997. Origin of the relation between k and L_{inf} and synthesis of relations among life history parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 987-989.
- Jiménez Q.M.C., Espino-Barr, E., Márquez, G.E. 2006. El dorado y las características climáticas de la costa de Jalisco y Colima (2001-2006). Resumen IX Foro Nacional sobre el Atún y I Foro de Intercambio Científico sobre Pelágicos Mayores (Biología y Pesquerías). La Paz, B.C.S., México.
- Joint, I., Groom, S.B. 2000. Estimation of phytoplankton production from space: current status and future potential of satellite remote sensing. J. Exp. Marine Biol. Ecol. 250: 233-255.
- Juárez, P.R., Garduño, V.E. 1993. Algunos Aspectos Biológico Pesqueros de *Coryphaena hippurus* (Linnaeus 1758) "dorado" y *Ephinephelus acanthistius* (Gilbert 1892) "baqueta" en playa sur Mazatlán, Sinaloa, ciclo 88-89. Tesis de Licenciatura. Univ. Aut. Sin., México, 72 pp.
- Kendall, M.G. 1984. Time series. New York, Oxford University Press.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. En: Pennington, T.J., Kevin, L.M., Kuwahara, V.S., Kolber, D.D., Calientes, R., Chavez, P.F. (Eds.), Primary production in the eastern tropical Pacific: A review. Progr. Oceanogr. 69: 181-217.
- Kihara, Y. 1981. Fishery based on the payao meted in the Philippines. Suisan Sekai 30: 78-84.



- Kingsford, M.J., DeFries, A. 1999. The ecology and fishery of *Coryphaena* spp. In the waters around Australia and New Zealand. *Sci. Mar.* 63(3-4): 267-275.
- Kleisner, K. 2008. A spatio-temporal analysis of dophinfish, *Coryphaena hippurus*, abundance in the Western Atlantic: Implications for stock assessment of a data-limited pelagic resource. Ph. D Thesis. University of Miami, 331 pp.
- Kojima S. 1965. Studies on the fishing conditions of the dolphin *Coryphaena hippurus* L., in the western regions of the Sea of Japan-X. Results on tagging experiment. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.* 31: 575-578.
- Kojima, S. 1961. Studies of dolphin fishing conditions in the Western Sea of Japan. III. On the stomach contents of dolphin. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 27: 625-629.
- Kraul, S. 1999. Seasonal abundance of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Hawaii and the tropical Pacific Ocean. *Sci. Mar.* 63 (3-4): 261-266.
- Lai, H.L., Liu, H.C. 1979. Age determination and growth of red snapper (*Lutjanus sanguinius*) in the North Australian waters. *Ac. Ocea. Taiwanica* 10: 160-170.
- Lara-Lara, J.R., Robles-Jarero, E.G., Bazán-Guzmán, M.C., Millán-Núñez, E. 1998. Productividad del fitoplancton. En: Tapia-García, M. (Ed.), *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. pp. 51-58.
- Larkin, P.A., Clark, C.W., Dann, N., Dutt, S., Hongskul, V., Newman, S.A., Pauly, D., Radach, G., Rosental, H.K. 1984. Strategies for multispecies management. In: May, R.M. (Ed.), *Exploitation of Marine Communities*. Dahlem Konferenzen. Springer-Verlag, Berlin. pp. 287-301.
- Lasso, J., Zapata, L. 1999. Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panama. *Sci. Mar.* 63 (3-4): 387-99.
- Laurs, R., Fielder, P., Montgomery, D. 1984. Albacore tuna catch distribution relative to environmental features observed from satellites. *Deep-sea Search.* 31(9): 1085-1090.
- Lavin, M.F., Morales, J.M., Argote, M.L., Barton, E.D., Smith, R., Brown, J., Kosro, M., Traviña, A., Vélez, H.S., García, J. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo* 12(103): 97-108.
- Leonce-Valencia, C., Defeo, O. 1997. Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: the red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Sci. Mar.* 61: 297-303.
- Lessa, R.A., Marcante-Santana, F., Duarte-Neto, P. 2006. A critical appraisal of marginal increment analysis for assessing temporal periodicity in band formation among tropical sharks. *Environ. Biol. Fish.* 77: 309-315.
- Lewin W.C, Arlinghaus, R., Mehner, T. 2006. Documented and potential biological impacts of recreational fishing: insights for management and conservation. *Rev. Fish. Sci.* 14:305-367.



- Liew, S.C., Chia, A.S. Kwoh, L.K. 2001. Evaluating the validity of SeaWiFS Chlorophyll algorithm for coastal waters. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.
- Lleonart, J.B., Morales-Nin, B., Massutí, E., Deudero, S., Reñones, O. 1999. Population dynamics and fishery of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. *Sci. Mar.* 63: 447-457.
- Lobato-González, P.M. 1997. Reflexiones en torno a la pesca ribereña. En: Tassara, C. (Ed.), Pesca Artesanal, Acuicultura y Ambiente. CISP-Novimondo, Roma, pp. 301-335.
- Lowerre-Barbieri K., Barbieri, R.L. 1993. A new method of oocyte separation and preservation for fish reproduction studies. *Fish. Bull.* 91:165-170.
- Luch-Cota, S.E., Álvarez-Borrego, S., Santamaría del Ángel, E., Müller-Karger, F.E., Hernández-Vázquez, S. 1997. El Golfo de Tehuantepec y áreas adyacentes: Variación espacio-temporal de pigmentos fotosintéticos derivados de satélite. *Cien. Mar.* 23: 329-340.
- Mace, P.M. 1993. Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 110-122.
- Madrid, J.V., Beltran-Pimienta, R. 2001. Length, weight and sex of the dolphin fish *Coryphaena hippurus* (Perciformes: Coryphaenidae), of the littoral of Sinaloa, Nayarit and Baja California Sur, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 49: 931-938.
- Magaña, V. 1999. El Clima y El Niño. En: Magaña, V. (Ed.), Los Impactos de El Niño en México. Dirección General de Protección Civil, Secretaría de Gobernación, México, 238 pp.
- Mahon, R., Oxenford, H.A. 1999. Precautary assessment and management of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* in the Caribbean *Sci. Mar.* 63 (3-4): 429-438.
- Malone, T.F., Roederer, J.G. 1985. *Global Change*. Cambridge University Press. Nueva York, 300 p.
- Manooch, C.S., Mason, D.L., Nelson, R.S. 1984. Food and gastrointestinal parasites of dolphin, *Coryphaena hippurus*, collected along the south eastern and gulf coasts of the United States. *Bull. Jpn. Soc. Fish.* 50: 1511-1525.
- Martínez-Rincón, R.O., Ortega-García, S., Vaca-Rodríguez, J.G. 2009. Incidental catch of dolphinfish (*Coryphaena* spp.) reported by the Mexican tuna purse seiners in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Res.* 96. 296-302
- Massutí E., Morales-Nin, B., Moranta, J. 1999. Otolith microstructure, age, and growth patterns of dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the western Mediterranean. *Fish. Bull.* 97: 891-899.



- Massutí, E., Morales-Nin, B., Deudero, S. 1999a. Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial pure nets. *Sci. Mar.* 63(3-4): 219-227.
- Massutí, E., Morales-Nin, B. 1997. Reproductive biology of dolphinfish (*Coryphaena hippurus* L) off the island of Majorca (western Mediterranean). *Fish. Res.* 30: 57-65.
- Massutí, E., Morales-Nin, B. 1995. Seasonality and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. *Sci. Mar.* 59: 357-364.
- Max-Neef, M. 1998. Desarrollo a escala humana: conceptos aplicaciones y algunas reflexiones. Nordan-Comunidad, Montevideo Uruguay, 77p.
- McAllister, M.K., Babcock, E.A., Pikitch, E.K., Prager, M.H. 2000. Application of a non-equilibrium generalized production model to South and North Atlantic swordfish: combining Bayesian and demographic methods for parameter estimation. *ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap.* 51: 1523-1550.
- McMahon, T.A., Tyler-Bonner, J.T. 1986. Tamaño y vida. Biblioteca Scientific American. Prensa Científica Edit. Labor, Barcelona España, 225 p.
- Misund O.A., Kolding, J., Freón, P. 2005. Fish capture devices in industrial and artisanal fisheries and their influence on management. En: Hart, P.J., Reynolds, D. (Eds.), *Handbook of Fish Biology and Fisheries Vol. 2.* Blackwell Publishing, pp. 13-36.
- Misund, O.A., Kolding, J.K., Freón, P. 2005. Fish capture devices in industrial and artisanal fisheries and their influence on management. En: Hart, P., Reynolds, J. (Eds.), *Handbook of fish biology and fisheries. Vol. 2 Fish Biology,* pp. 13-36.
- Morales-Nin, B., Mirella, S.D., Potoschi, A., Massutí, E., Rizzo, P., Gancitano, S. 1999. Differences between the sagita, lapillus and vertebra in estimating age and growth in juvenile Mediterranean dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). *Scientia Marina* 59: 327-337.
- Morales-Nin, B. 2003. Mediterranean dolphinfish fishery. Final report of FAO/COPEMED CORY03 project.
- Mosig, J., Fallu, R. 2004. Australian fish farmer. 2nd ed. Landlinks Press. Victoria
- Müller-Karger, F.E., Fuentes-Yaco, C. 2000. Characteristics of windgenerated rings in the eastern tropical Pacific Ocean. *J. Geoph. Res.* 105: 1271-1284.
- Munro, J.L., Pauly, D. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* 1: 5-6.
- Munro, J.L., Smith, I.R. 1984. Management strategies for multi species complexes in artisanal fisheries. *Proceedings of the 36th annual Gulf y Caribbean fisheries Institute.* pp. 127-141.
- Murray P.A. 1985. Growth and mortality in the dolphinfish *Coryphaena hippurus* caught off Saint Lucia, W.I. *FAO Fishery Report* 327: 47-153.



- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P.R., Thorsen, A., Junquera, S. 2003. Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 33, 33-54.
- Naciones Unidas, 1995. "Acuerdo sobre Pesca de Altura, en: Cumbre para la Tierra". Conferencia de las Naciones Unidas sobre las Poblaciones de Peces Transzonales y las Poblaciones de Peces Altamente Migratorias, Naciones Unidas, Nueva York.
- Nel, S. 1990. Commercial approach to the reliable mass production of mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1758) juveniles for large scale, intensive mariculture *World Aquaculture* 90, Halifax, N.S. (Canada), 10-14 Jun 1990.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world*. New York, NY. John Wiley & Sons, Inc.
- Norton, J.G. 1999. Apparent habitat extensions of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in response to climate trasiets in the California Current. *Sci. Mar.* 63(3-4): 239-260.
- Norton, J.G., Crooke, S.J. 1994. Occasional availability of dolphin, *Coryphaena hippurus*, to southern California Commercial Passenger Fishing Vessel Anglers: Observations and Hypotheses, *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. (CalCOFI) Rep.* 35: 230-239.
- Núñez Orozco, A.L. 2008. Edad, crecimiento y mortalidad del dorado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus 1758) en el Pacífico sur de México. Tesis de Maestría. Universidad del Mar, México, 61 pp.
- Olson, R.J., Galván-Magaña, F. 2002. Food habits and comparison rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 100: 279-298.
- Oro, M.G. 1999. El Dorado (*C. hippurus* y *C. equiselis*). La Pesca deportiva en México (por la pesca libre y responsable) (<http://www.pesca.org.mx/articulos/dorado1.html>).
- Ortega-García, S., Trigueros-Salmerón, J.A., Rodríguez-Sánchez, R., Lluch-Cota, S., Villalobos, H. 2000. El Golfo de Tehuantepec como un centro de actividad biológica y su importancia en las pesquerías. En: Lluch-Belda, D., Elorduy-Garay, J., E. Lluch-Cota, S., Ponce-Días G. (Eds.), *Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. CIBNOR, México, pp. 335-356.
- Ostrowski, A.C., Rao, L.C., Benetti, D. 1990. Clean-water method for the culture of dolphin, *Coryphaena hippurus*, larvae *World Aquaculture* 90, Halifax, N.S. (Canada), 10-14 Jun 1990.
- O'toole, B. 2002. Phylogeny of the species of the superfamily Echenoidea (Perciformes: Carangoidei: Echeneidae, Rachycentridae, and Coryphaenidae), with an interpretation of echenied hitchhiking behavior. *Can. J. Zool.* 80: 596-623.
- Oxenford, H. 1999. Biology of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic: a review. *Sci. Mar.* 63 (3-4): 277-301.
- Oxenford, H.A., Hunte, W. 1999. Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. *Sci. Mar.* 63(3-4): 303-315.



- Oxenford, H.A., Hunte, W. 1986. A preliminary investigation of the stock structure of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the western central Atlantic. Fish. Bull. 84: 451-460.
- Oxenford, H.A., Hunte, W. 1983. Age and growth of dolphin, *Coryphaena hippurus*, as determined by growth rings in otoliths. Fish. Bull. 81: 906-909.
- Palko, B., Beardsley, G., Richards, W. 1982. Synopsis of biological data on dolphin-fishes *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis* L. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS Cir. 443, 28 p.
- Paloheimo, J.E. 1980. Estimating mortality rates in fish populations. Trans. Am. Fish. Soc. 109: 378-386.
- Panayotau, T. 1983. Conceptos de ordenación para la pesquería en pequeña escala: aspectos económicos y sociales. Rome, FAO, Doc. Tec. Pesca 228, 60 p.
- Pannella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. Science 173: 1124-1127.
- Pares-Sierra A.F., López Mariscal J.M., Pavia López E.G. 1997. Oceanografía física del Océano Pacífico Nororiental. En: Lavín, M. (Ed.), Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Unión Geofísica Mexicana, pp. 1-24.
- Patterson, K.R., Martínez, J. 1991. Exploitation of the dolphin-fish *Coryphaena hippurus* L. off Ecuador: analysis by length-based virtual population analysis. Fishbyte 9: 21-23.
- Pathhoff, T. 1980. Development and structure of fins and fins support in dolphin fishes *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis* (Coryphaenidae). Fishery Bulletin 78 (2): 277-312.
- Pauly, D., Palomares, M.L. 2005. Fishing down marine food web: It is far more pervasive than we thought. Bull. Mar. Sci. 76(2):197-211.
- Pauly D. 1984. Fish population Dynamics in Tropical Water: A Manual for Use With Programable Calculator. International Center for Living Aquatic Resources Management, ICLARM, Studies and Reviews 8, Manila Filipinas, 179 p.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Doc. Tec. Pesca 234: 49 p.
- Pauly, D., Navaluna, N. 1983. Monsoon- induced seasonality in the recruitment of Philippine fishes. FAO Fish. Rep., 291 (3):823 – 833.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer. 39(2): 175-192.
- Pauly, D., Gaschütz, G. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data with a program for pocket calculators. International Council for the exploration of the Sea. Demersal Fish Committees. CM 1979/G/24.



- Peralta B., M.R. 2006. Análisis comparativo de los parámetros de crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus* en dos áreas del Pacífico central oriental. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN. México, 60 p.
- Pérez, R.N., Román, A.M., Rivera, G.A. 1992. Investigation of the reproductive dynamics and preliminary evaluation of landings data of the dolphinfish *Coryphaena hippurus*, L. Final Report for Dingell-Johnson Project F26-1. Puerto Rico Department of Natural Resources, Fishery Research Laboratory, Mayaguez, PR. 95 p.
- Pérez, V.S. 2004. Estudio de la pesca deportiva recreativa en la región de los cabos, B.C.S. con énfasis en el destino de las capturas. Tesis Maestría, CIBNOR México, 123 pp.
- Pérez-España, H., Abarca-Arenas, L., Jiménez-Badillo, M.L. 2006. Is fishing-down trophic web a generalized phenomenon? The case of Mexican fisheries. *Fish. Res.* 79: 349-352.
- Picaut, J. 1985. Major dynamics affecting the Eastern Tropical Atlantic and Pacific Oceans. *CalCOFI Report* 25: 41-50.
- Pitman, R.L., Stinchcomb, C.H. 2002. Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) as predators of mahimahi (*Coryphaena hippurus*). *Pacific Science* 56(4): 447-450.
- Pla, C., Pujolar, J.M. 1999. Genetic homogeneity of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean and eastern Atlantic. *Sci. Mar.* 63 (3-4): 337-341.
- Pope, J., Garrod, G. 1975. Sources of error in catch and effort quota regulations with particular reference to variations in the catchability coefficient. *Res. Bull.* 11:17-30.
- Potoschi, A., Reñones, O., Cannizzaro, L. 1999. Sexual development, maturity and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western and central Mediterranean. *Sci. Mar.* 63(3-4): 367-372.
- Powles, H. 1981. Distribution and movements of neustonic young of estuarine dependent (*Mugil* spp., *Pomatomus saltatrix*) and estuarine independent (*Coryphaena* spp.) fishes off the south-eastern United States. *Rapp. P.-v. Reun. Const. Int. Explor. Mer* 178: 207-209.
- Rajasilta, M. 1992. Relationship between food, fat, sexual maturation and spawning time of Baltic herring (*Clupea harengus membras*) in the Archipelago Sea. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 49: 644-654.
- Ralston, S., Polovina, J.J. 1982. A multispecies analysis of the commercial deep-sea handline fishery in Hawaii. *Fish. Bull.* 80 (3): 435-448.
- Ramírez Pérez, J.S. 2005. Edad, crecimiento y mortalidad del pez vela *Istiophorus platypterus* (Shaw y Nodder, 1791) de la costa sur de Sinaloa, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México, 50 pp.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191: 382 pp.



- Rickhter, V.A., Efanov, V.N. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. International Commission of the Northwest Atlantic Fisheries, Research Document 76/VI/8: 1-12.
- Riera, F., Grau, A., Grau, A.M., Pastor, E., Quetglas, A., Pou, S. 1999. Ichthyofauna associated with drifting floating objects in the Balearic Islands (western Mediterranean) (NOTE). *Sci. Mar.* 63(3-4): 229-235.
- Rivera, G.A., Appeldoorn, R.S. 2000. Age and growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, off Puerto Rico. *Fish. Bull.* 2: 345-352.
- Rivera-Arriaga, E., Villalobos, G. 2001. The coast of Mexico: approaches for its management. *Ocean Coast. Manage.* 44(11-12): 729-756.
- Rivera-Velázquez, G., Salgado-Ugarte, I., Soto, L., Naranjo, E. 2010. Un estudio de caso en el análisis de la distribución de frecuencias de tallas de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) mediante el uso de estimadores de densidad por Kernel. *Lat. Amer. J. Aquat. Res.* 38 (2): 201-209.
- Robles-Zavala, E. 2004. Poverty in rural fishing communities. A view from the inside. PhD Thesis School for Development Studies. University of East Anglia, Norwich, 250 pp.
- Robson, D., Chapman, D. 1961. Catch curves and mortality rates. *Transactions of the American Fisheries Society* 90(2): 181-189.
- Rocha-Olivares, A., Chavez-González, J.P. 2008. Molecular identification of dolphinfish species (genus: *Coryphaena*) using multiplex haplotype-specific PCR of mitochondrial DNA. *Ichthyol. Res.* 55: 389-393.
- Rocha-Olivares A., Bobadilla-Jiménez, M., Ortega-García, S., Saavedra-Sotelo, N., Sandoval-Castillo, J.R. 2006. Variabilidad mitocondrial del dorado *Coryphaena hippurus* en poblaciones del Pacífico. *Cienc. Mar.* 32(3): 569-578.
- Rodríguez V.J.A., Cisneros-Mata, M.A. 2006. Captura incidental de las flotas pesqueras ribereñas del pacífico mexicano. Reporte para la comisión de cooperación ambiental de América del norte preparado por el programa Golfo de California de WWF-México, 131 p.
- Ronquillo, I.A. 1953. Food habits of tunas and dolphins based upon the examination of their stomach contents. *Phillipp. J. Fish.* 2: 71-83.
- Rose, C.D., Hassler, W.W. 1968. Age and growth of the dolphin, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Trans. Am. Fish. Soc.* 97:271-276.
- Rose, C.D., Hassler, W.W. 1974. Food habits and sex ratios of the dolphin *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off Hatteras, North Carolina. *Trans. of the Am. Fish. Soc.* 103: 94-100.
- Rosenblatt, M. 1956. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *Ann. Math. Statist.* 27: 832-837



- Ruiz-Luna, A., Berlanga C.R. 2001. Ordenamiento pesquero en México; Bases y requerimientos. Reunión Temática Nacional "Manejo de Recursos Pesqueros". Mazatlán, Sin. pp. 11-27.
- Sakamoto, R., Kojima, S. 1999. Review of dolphinfish biological and fishing data Japanese waters. *Sci. Mar.* 63(3-4): 375-385.
- Sakamoto, R., Taniguchi, N. 1993. Stomach contents of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, caught around bamboo rafts in Tosa Bay, the waters Southwestern Japan. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr. Suisan kaijo* 57(2): 17-29
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Seijo, J.C., Charles, A. 2007. Changes in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fish. Res.* 87: 5-17.
- Salgado-Ugarte, I.H. 2011. Métodos Estadísticos Exploratorios y Confirmatorios para Análisis de Datos. Un enfoque biométrico. FES Zaragoza, UNAM. 300 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B. 2005. Métodos actualizados para el análisis de datos biológicos-Pesqueros. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM, México, 240 p.
- Salgado-Ugarte, I.H. 2002. Suavización no paramétrica para el análisis de datos. Facultad de Estudios Profesionales Zaragoza y DGAPA, UNAM, México, 139 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., Shimizu, M., Taniuchi, T., Matsushita, K. 2002. Nonparametric assessment of multimodality for size frequency distributions. *Asian Fish. Sci.* 15: 295-303.
- Salgado-Ugarte, I.H., Shimizu, M., Taniuchi, T., Matsushita, K. 2000. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fish. Sci.* 13: 1-12.
- Salgado-Ugarte, I.H., Shimizu, M., Taniuchi, T. 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Tech. Bull.* 38: 27-35.
- Salgado-Ugarte, I.H. 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Aquatic Bioscience PhD Thesis. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 389 pp.
- Salgado-Ugarte, I.H., Shimizu, M., Taniuchi, T. 1994. Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Tech. Bull.* 18:15-27.
- Salgado-Ugarte, I.H. 1992. El Análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. Marc Ediciones y ENEP Zaragoza, UNAM, México, 243 p.
- Sánchez, R.N. 2008. Distribución de larvas de dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) y *Coryphaena equiselis* (Linnaeus, 1758) en el Pacífico Oriental mexicano. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN, México, 106 pp.



- Santana-Hernández, H. 2001. Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico mexicano (1983-1996) y su relación con la temperatura superficial del mar. Ph. D. Thesis. Universidad de Colima, México, 122 pp.
- Sanvicente-Añorve, L., Salgado-Ugarte, I.H., Castillo-Rivera, M. 2003. The use of kernel density estimators to analyze length-frequency distributions of fish larvae. En: Browman, I.H., Skiftesvik, A.B. (Eds.), The big fish bang: Proceeding of the 26th annual larval fish conference. Institute of Marine Research. Bergen, pp. 419-430.
- Schaefer, K. 2001. Reproductive biology of tunas. En: Block, B., Stevens, E.D. (Eds.), Tuna Physiology, Ecology, and Evolution. Fish Physiology, vol. 19. Academic Press, New York, pp. 225-270.
- Schaefer, K.M. 2003. Estimation of the maturity and fecundity of tunas. En: Kjesbu, O., Hunter, J.R., Witthames, P.R. (Eds.), Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm and cold water fish and squids. Institute of Marine Research, Bergen-Norway, pp. 117-124.
- Schwenke, K.L. 2004. Age, growth and reproduction of dolphin (*Coryphaena hippurus*) caught off the coast of North Carolina. Master of Science. Faculty of North Carolina State University. EUA. 62 pp.
- Schwenke, K.L., Buckel, J. 2008. Age, growth, and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) caught off the coast of North Carolina. Fish. Bull. 106: 82-92.
- Secretaría de Pesca, 1990. Bases para el ordenamiento costero-pesquero de Oaxaca y Chiapas. (Aspectos Generales). Secretaría de Pesca, México, 220 p.
- Seijo, J.C., Defeo, O., Salas, S. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, Modelación y Manejo. FAO Documento técnico de pesca. Roma, FAO, No. 368, 176 p.
- Shapiro, S. 1950. The Japanese long-line fishing for tunas. Comm. Fish. Rev. 12(4): 1-26.
- Shcherbachev, Y.N. 1973. The biology and distribution of the dolphins (Pisces, Coryphaenidae). J. Ichtyol. 13: 182-191.
- Silverman, B.W. 1986. Density estimation for statistics and data análisis. London: Champan y Hall.
- Silverman, B.W. 1981. Using kernel density estimates to investigate multimodality. Journal of the royal Statistical Society B. 43:97-99.
- Slatkin, M. 1987. Gene flow and the geographic structure of natural populations. Science 236: 787-792.
- Solana-Sansores, R. 2001. Spatial patterns of the epipelagic species caught incidentally in the tuna fishery on floating objects, in the eastern Pacific Ocean. Cienc. Mar. 27(3): 445-479.



- Sosa, N.O. 1998. Historical review of the billfish management in the Mexican Pacific. *Cienc. Mar.* 24 (1): 95-111.
- Sparre, P., Venema, S.C. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I: Manual. FAO Doc Tec Pesca 306. 420 p.
- Stata Corporation, 2003. Stata Statistical Software: Release 10. Collage Station, TX. Stata Corporation.
- StatSoft, 2007. Statistica for Windows, Versión 10. StatSoft Inc., Tulsa.
- Stumpf, H. 1975. Satellite detection of upwelling in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *J. Phys. Oceanogr.* 5: 383-388.
- Talbot, G.B., Wares, P.G. 1975. Fishery for Pacific billfish off southern California and México. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 104(1): 1-12.
- Tapia-García, M. 1998. Evaluación ecológica de la ictiofauna demersal. En: Tapia-García, M. (Ed.), *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, pp. 103-128.
- Tapia-García, M., García-Abad, M.C., González-Medina, G., Macuitl-Montes, M.C., Cerdanars, G. 1994. Composición, distribución y abundancia de la comunidad de peces demersales del golfo de Tehuantepec, México. *Trop. Ecol.* 35(2): 229-252.
- Taylor, C.C. 1960. Temperature, growth and mortality—The Pacific cockle. *J. Conseil* 26 (1): 177-224.
- Toledo, A. 1994. Riqueza y pobreza en el estado de Oaxaca y Chiapas. Centro de Ecología y Desarrollo. Distrito Federal, México. Recopilación, 50 p.
- Torres-Alfaro, G.M. 1996. Edad y crecimiento de *Coryphaena hippurus* (Linnaeus 1758) (Osteichthyes: Coryphaenidae), en el Sur de la península de Baja California, México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, México, 80 pp.
- Trasviña, C.A., Barton, E.D. 2008. Summer circulation in the mexican tropical Pacific. *Deep Sea Research. Part. I. Oceanogr. Res. Pap.* 55: 587-607.
- Trasviña, A., Lluch Cota, D., Filonov, A.E., Gallegos, A. 2000. El Niño y la Oceanografía de México. CICESE, México, pp. 69-221.
- Trasviña, A., Barton, E.D. 1997. Los Nortes del Golfo de Tehuantepec: Dinámica del océano costero. En: Lavin, M.F. (Ed.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, pp. 25-46.
- Tripp-Valdez, M.A., García de León, F.J., Ortega-García, S., Lluch-Cota, D., López-Martínez, J., Cruz, P. 2010. Population genetic structure of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Gulf of California, using microsatellite loci. *Fish. Res.* 105: 172-177.
- Tukey, J.W. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading, EUA.



- Uchiyama J.H., Burch, R.K., Kraul, S.A. 1986. Growth of dolphins, *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*, in Hawaiian waters as determined by daily increments in otoliths. Fish. Bull. 84:186–191.
- Uchiyama, J., Boggs, C. 2006. Length-weight relationships of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, and wahoo, *Acanthocybium solandri*: seasonal effects of spawning and possible migration in the central north pacific. Mar. Fish. Rev. 68 (1-4): 19-29.
- Velleman P.F., Hoaglin, D.C. 1981. Applications, Basics, and Computing of Exploratory Data Analysis. Duxbury Press.
- Vetter, E.F. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. US Fish. Bull. 86(1): 25-43.
- Virgen, A., González, E., Severino, H., Cruz, S. 1981. Pesca exploratoria y experimental de tiburón en los litorales de Oaxaca y Chiapas. INP. Serie tecnológica No. 21, Depto. de Pesca, México, 10 p.
- Wallace, R.A., Selman, K. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zool. 21: 325-343.
- Wang, C.H. 1979. A study of the dolphins (*Coryphaena hippurus*) in waters adjacent to eastern Taiwan. Act. Ocean. 10: 233-251.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 41: 199-222.
- Weatherley, A., Gill, H. 1987. The biology of the fish growth. Academic Press, New York, 443 p.
- Wu, C.C., Su, W.C., Kawasaki, T. 2001. Reproductive biology of the dolphin fish *Coryphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. Fish. Sci. 67: 784-793.
- Zar, J. 1999. Biostatistical analysis, Prentice Hall, New Jersey, 718 p.
- Zúñiga M.S., Ortega-García, S., Klett-Traulsen, A. 2008. Interannual and seasonal variation of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) catch rates in the southern Gulf of California, Mexico. Fish. Res. 94(1): 13-17.
- Zúñiga, F. 2009. Dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur, México: Implicaciones para su manejo. Tesis Doctorado. CICIMAR-IPN, México, 227 pp.

Apéndice



Ocurrencia del dorado pámpano *Coryphaena equiselis* en el Pacífico Sur de México.

1. Introducción

Los dorados pertenecen a la familia *Coryphaenidae* la cual tiene un sólo género (*Coryphaena*), compuesto por dos especies el dorado o mahi mahi (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1758) y el dorado pámpano o dorado enano (*Coryphaena equiselis*, Linnaeus, 1758), son peces pelágico altamente migratorios, se distribuyen a través de los trópicos y subtrópicos de todos los océanos. Constituyen las especies objetivo de importantes pesquerías, tanto deportivas como comerciales, en diferentes regiones del mundo (Palko *et al.*, 1982).

Las poblaciones del Pacífico Oriental se localizan desde la costa de Oregón y sur de California, hasta las islas Galápagos y Perú; en la región oeste del Pacífico se ha reportado alrededor de las islas Filipinas, Mar de Japón, Taiwán y el Mar de Okhotsk. Así mismo, se le encuentra en el Océano Indico norte y centro y a lo largo del Mediterráneo (Fig. 1). Soporta importantes pesquerías deportivas y comerciales en el Caribe, Golfo de México, la Corriente de Florida, Este de África, Taiwán, Japón, China, Hawai y Mediterráneo; al ser de distribución oceánica, es capturado preferentemente por los grandes palangraneros (atuneros). Se comercializa en fresco y su carne es considerada de excelente calidad (Palko *et al.*, 1982).

Son organismos oceánicos altamente migratorios, generalmente habitan aguas abiertas pero pueden entrar en aguas costeras; se concentran a profundidades de 0 a 50 m. Habitualmente forma cardúmenes, sigue a barcos y puede encontrarse bajo objetos flotantes como troncos,



sargazo, boyas e incluso embarcaciones. Se conoce poco sobre sus patrones de migración (Kinford y Defries, 1999). Es una especie altamente sensible a las anomalías ambientales, se ha reportado su presencia en aguas más tropicales, con TSM > 24°C y no se extiende más allá de los trópicos, como lo hace *C. hippurus* (Shcherbachev, 1973).

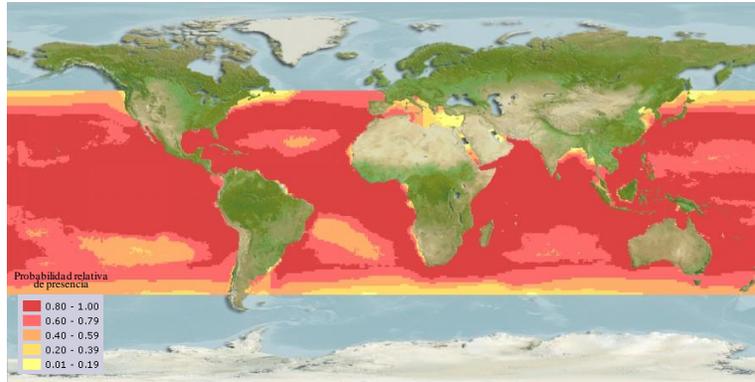


Figura 1. Distribución mundial del dorado *Coryphaena equiselis*. Fuente: <http://www.aquamaps.org/receive.php>

2. Material y Métodos

De diciembre del 2004 a diciembre del 2007 se realizaron muestreos semanales en los sitios de desembarco de la flota artesanal en Puerto Escondido, Puerto Ángel y Huatulco; mensuales en Salina Cruz, Paredón y Puerto Chiapas. El dorado se captura de manera incidental en la pesca de escama y tiburón.

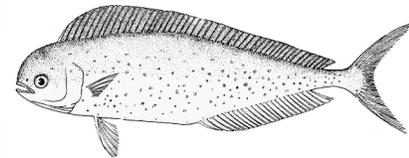
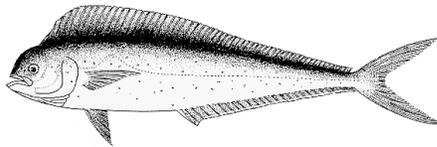
La identificación de la especie se realizó mediante la descripción de Collete (1995), en la Tabla 1 se muestran las diferencias morfológicas entre *C. hippurus* y *C. equiselis*. Para cada individuo se registró la longitud total (L_t), furcal (L_f), estándar (L_e) y contorno (C) utilizando una cinta métrica flexible de 1.5 m al 0.5 centímetro más cercano (Fig. 2). El



sexo y la madurez gonádica se asignaron por análisis histológico de las gónadas (Humanson, 1979).

Tabla 1. Principales caracteres morfológicos distintivos entre *Coryphaena hippurus* y *Coryphaena equiselis*, tomadas de Collete (1995).

<i>Coryphaena hippurus</i>	<i>Coryphaena equiselis</i>
Cuerpo alargado	Cuerpo alargado y comprimido
Altura < 25% longitud estándar	Altura > 25% longitud estándar
Parche área dentada de la lengua pequeño y ovalada	Parche área dentada de la lengua ancho y en forma de trapezoide
Aleta anal cóncava	Aleta anal convexa
Aleta dorsal 55 a 65 radios	Aleta dorsal 48 a 55 radios



Para el análisis se consideró la Longitud furcal (*Lf*) como variable independiente; la Longitud total (*Lt*), Longitud estándar (*Le*) y Contorno (*C*) como variables dependientes.



Figura 2. *Coryphaena equiselis* capturado en Puerto Ángel, Oaxaca, abril de 2006. Hembra, $L_f = 42$ cm.

3. Resultados y discusión

En diciembre de 2005 (TSM= 26.9 °C) se registraron 33 organismos de *C. equiselis*, con un intervalo de talla de 25 a 44 cm L_f . Fueron capturados en Puerto Chiapas, con una red de enmalle de luz de malla de 10 pulgadas, a una distancia aproximada de 40 millas de la costa. En abril del 2006 en Puerto Ángel (TSM= 30.49°C) fueron capturados 58 organismos, con un intervalo de tallas de 26 a 29 cm L_f , se utilizó anzuelo # 24 (Fig. 3). En la Tabla 2 se presenta el resumen estadístico de las biometrías realizadas.

Los resultados indican una mayor correlación entre la L_f , L_t y L_e , en comparación con el contorno. El análisis se realizó para sexos agrupados, en todas las relaciones el modelo fue significativo ($P < 0.05$) (Tabla 3 y Fig. 4). El desarrollo de la cabeza en machos maduros no es tan notable como en *C. hippurus*.

Los dorados pámpanos capturados en diciembre de 2005 presentaron una proporción de sexos 1M:0.4H ($\chi^2 = 5.6$; $P < 0.05$). 30% de las hembras se observaron en vitelogénesis avanzada (E III), y los machos inmaduros (E I). En abril de 2006, se observó una



proporción de sexos 1M:2H ($\chi^2 = 6.2$; $P < 0.05$). 80% de de las hembras presentó vitelogénesis avanzada, el 20 % restante en madurez (E II) y en 75% de los machos se observó restos de esperma (E II).

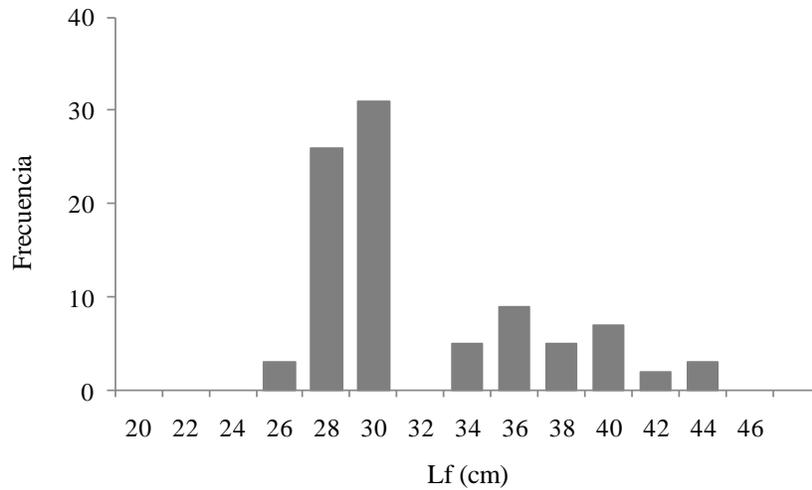


Figura 3. Distribución de frecuencia de longitud furcal (*Lf*, cm) para el dorado pámpano *Coryphaena equiselis*, capturado por pesca artesanal en el Pacífico sur de México.

Tabla 2. Resumen estadístico de las biometrías realizadas a *Coryphaena equiselis* capturado en el Pacífico sur, México. *P* = Peso total (kg), *LT* = Longitud total (cm), *Lf* = Longitud furcal (cm), *Le* = longitud estándar (cm), *C* = Contorno (cm), *DE* = desviación estándar.

Parámetro	<i>n</i>	valor medio	valor mín.	valor máx.	<i>DE</i>
<i>Lt</i>	91	36.81	30	53	6.3786
<i>Lf</i>	91	31.16	25	44	5.0481
<i>Le</i>	91	32.31	22	40	4.7497
<i>C</i>	41	16.39	13	20	1.8588



Tabla 3. Ecuaciones de conversión entre las variables biométricas seleccionadas para *Coryphaena equiselis* en el Pacífico sur de México, 2005-2006.

Ecuaciones	<i>n</i>	<i>r</i> ²
$Lf = 0.787 Lt + 2.188$	91	0.9892
$Lf = 1.093 Le - 0.093$	91	0.9882
$Lf = 2.423 C - 4.491$	41	0.7441

Lf vs Lt, Lt vs Lf, Lf vs Le, Lf vs C

Ambas especies forman bancos o cardúmenes en todas las tallas, estos son comunes bajo objetos flotantes o algas y aún bajo embarcaciones; además, en aquellos lugares donde coinciden las dos especies, se presentan organismos de ambas en el mismo cardumen (Kingsford y DeFries, 1999). Debido a esto, en el Océano Pacífico Oriental (OPO) las capturas incidentales de dorado en la pesca del atún con redes de cerco, en los lances sobre objetos flotantes y en la captura palangrera de tiburón (Martínez-Rincón *et al.*, 2009), son reportadas como *Coryphaena* spp. Para la evaluación adecuada del recurso dorado la separación de ambas especies es importante, además los registros de estas pesquerías son una buena fuente de información para analizar la distribución y el comportamiento migratorio de las dos especies en el OPO.

En el Pacífico mexicano sólo *C. hippurus* se ha reportado como componente de la pesca deportiva y artesanal. *C. equiselis* generalmente habita aguas abiertas y se presenta con menor frecuencia en aguas costeras. Usualmente es mal identificado como juvenil o hembra de *C. hippurus*, por lo que tal vez no se había reportado en las capturas artesanales del Pacífico mexicano por una eventual mezcla de juveniles de ambas especies.

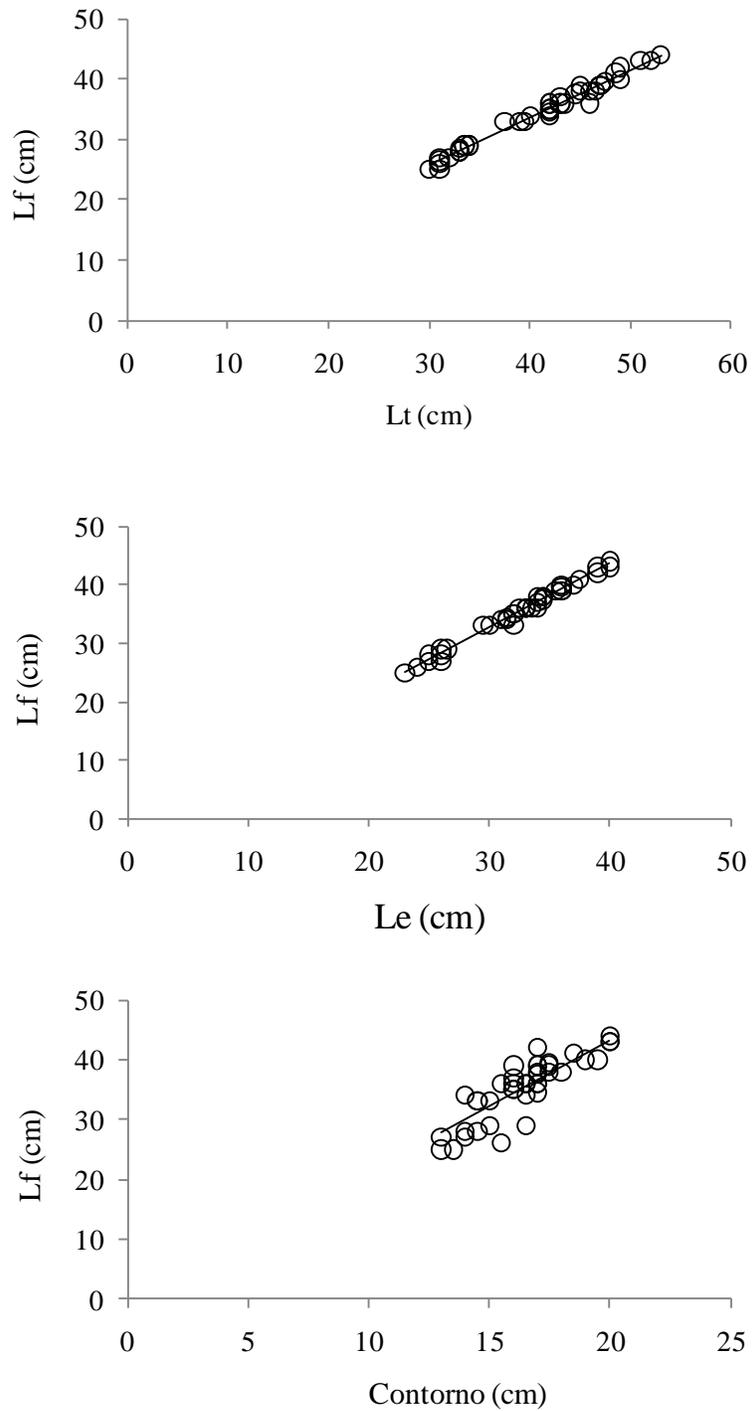


Figura 4. Relaciones lineales entre las variables biométricas seleccionadas para *Coryphaena equiselis* en el Pacífico sur de México.