



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**DINÁMICA POBLACIONAL DEL DORADO  
(*Coryphaena hippurus*) EN BAJA  
CALIFORNIA SUR, MÉXICO: IMPLICACIONES  
PARA SU MANEJO**

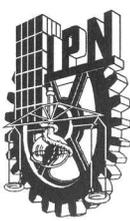
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORADO  
EN  
CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

MARCELA SELENE ZÚÑIGA FLORES

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2009



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 12 del mes de Noviembre del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**“DINÁMICA POBLACIONAL DEL DORADO (*Coryphaena hippurus*)**

**EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO: IMPLICACIONES PARA SU MANEJO”**

Presentada por el alumno:

**ZÚÑIGA**

Apellido paterno

**FLORES**

materno

**MARCELA SELENE**

nombre(s)

Con registro: 

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 6 | 0 | 2 | 9 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Aspirante al grado de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS**

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

#### LA COMISION REVISORA

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

  
DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA

PRESIDENTE

  
DR. DANIEL LLUCH BELDA

SECRETARIO

  
DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SEGUNDO VOCAL

  
DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ

TERCER VOCAL

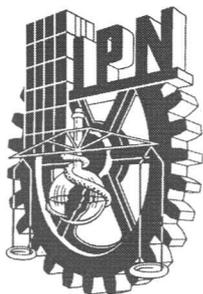
  
DRA. JUANA LÓPEZ MARTÍNEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN  
CICIMAR  
DIRECCION



## **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

### **CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 18 del mes Noviembre del año 2009, el (la) que suscribe MC. MARCELA SELENE ZÚÑIGA FLORES alumno(a) del Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS con número de registro A060298 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo al dirección de: DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA y cede los derechos del trabajo titulado: “DINÁMICA POBLACIONAL DEL DORADO (*Coryphaena hippurus*) EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO: IMPLICACIONES PARA SU MANEJO” al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: mseleene@ipn.mx sortega@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**MC. MARCELA SELENE ZÚÑIGA FLORES**

*nombre y firma*

## Índice

|   |      |
|---|------|
| <b>Lista de figuras</b> .....   | IV   |
| <b>Lista de tablas</b> .....  | X    |
| <b>Glosario</b> .....   | XIV  |
| <b>Resumen</b> .....  | XVII |
| <b>Abstract</b> .....   | XIX  |
| <b>I. Introducción</b> .....  | 1    |
| <b>I. 1. Antecedentes</b> .....   | 7    |
| <b>I. 2. Objetivos</b> .....  | 18   |
| <b>II. Área de estudio</b> .....  | 19   |
| <b>III. Edad y crecimiento</b> .....                                    | 21   |
| <b>III.1. Material y métodos</b> .....                                  | 21   |
| III.1.1. Origen y análisis de la información.....                       | 21   |
| <b>III.2. Resultados</b> .....  | 33   |
| III.2.1. Estacionalidad de las capturas .....                           | 33   |
| III.2.2. Estructura de tallas.....                                      | 33   |
| III.2.3. Estructura del peso total (kg).....                            | 37   |
| III.2.4. Edad y crecimiento .....                                       | 40   |
| III.2.5. Mediciones de la escama .....                                  | 41   |
| III.2.6. Lectura de marcas de crecimiento en las escamas.....           | 42   |
| III.2.7. Periodicidad de las marcas de crecimiento .....                | 44   |
| III.2.8. Retrocálculo de longitudes .....                               | 46   |
| III.2.9. Relación peso total y longitud furcal .....                    | 47   |
| III.2.10. Crecimiento individual en longitud .....                      | 48   |
| III.2.11. Crecimiento individual en peso.....                           | 51   |
| III.2.12. Tasas de crecimiento relativo individual en longitud y peso . | 52   |
| III.2.13. Estructura de edades .....                                    | 54   |
| <b>III.3. Discusión</b> .....   | 58   |
| <b>IV. Mortalidad</b> .....   | 72   |
| <b>IV.1. Material y métodos</b> .....                                   | 72   |

|   |     |
|---|-----|
| IV.1.1. Origen y análisis de la información .....   | 72  |
| <b>IV.2. Resultados</b> .....   | 75  |
| IV.2.1. Mortalidad total (Z) .....  | 75  |
| IV.2.2. Mortalidad natural (M) .....  | 78  |
| IV.2.3. Longevidad.....   | 79  |
| <b>IV.3. Discusión</b> .....  | 80  |
| <b>V. Reproducción</b> .....  | 85  |
| <b>V.1. Material y métodos</b> .....  | 85  |
| V.1.1. Origen y análisis de la información .....  | 85  |
| <b>V.2. Resultados</b> .....  | 103 |
| V.2.1. Histología e Histoquímica .....  | 103 |
| V.2.2. Establecimiento del ciclo reproductivo del dorado .....  | 105 |
| V.2.3. Ciclo reproductivo del dorado y su relación con la temperatura<br>superficial del mar (TSM).....   | 106 |
| V.2.4. Indicadores de reproducción .....  | 107 |
| Proporción sexual .....   | 107 |
| Índice gonadosomático .....   | 109 |
| Factor de condición.....  | 110 |
| Tamaño de los ovocitos .....  | 111 |
| V.2.5. Talla de primera madurez individual y poblacional.....   | 112 |
| V.2.6. Potencial reproductivo.....  | 114 |
| V.2.7. Fecundidad parcial del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> .....   | 118 |
| <b>V.3. Discusión</b> .....   | 121 |
| <b>VI. Elaboración del modelo conceptual del ciclo de vida del dorado<br/>(<i>Coryphaena hippurus</i>) en Baja California Sur.</b> .....                                    | 142 |
| <b>VII. Análisis de los parámetros poblacionales y recomendaciones de las<br/>medidas regulatorias para el recurso en la región de Baja California Sur<br/>(BCS).</b> ..... | 161 |
| <b>VII.1. Recomendaciones de las medidas regulatorias para la especie en<br/>la región de B.C.S.</b> .....  | 166 |
| <b>VIII. Conclusiones</b> .....   | 167 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>IX. Recomendaciones</b> .....  | 170 |
| <b>X. Literatura citada</b> ..... | 171 |
| <b>XI. Anexos</b> .....           | 193 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Dorado macho ( <i>Coryphaena hippurus</i> ). .....   | 1  |
| Figura 2. Zonas de manejo para especies de pesca deportiva en las aguas mexicanas del Pacífico (tomado de Sosa, 1998). .....   | 5  |
| Figura 3. Circuitos de migración propuestos de los stocks de dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) en el Atlántico Central Oeste (propuestos inicialmente por Oxenford <i>et al.</i> , 1986). Las flechas negras indican los segmentos del circuito donde existe información disponible, las flechas blancas indican donde no existe información (tomado de Oxenford, 1999)..... | 13 |
| Figura 4. Ubicación geográfica de las localidades de estudio.....  | 19 |
| Figura 5. Macho y hembra de dorado, <i>Coryphaena hippurus</i> ; Longitud furcal (cm); los recuadros marcan el área de colecta de las escamas.....   | 22 |
| Figura 6. Medidas del radio total (Rt), radios parciales (Rn <sub>(1,2,..n)</sub> ) y el ancho del margen (Am) de la escama de un dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) hembra de 83 cm de longitud furcal. ....   | 24 |
| Figura 7. Estacionalidad de la captura de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , durante el periodo del 2004-2006 en la región sur de B.C.S.....  | 33 |
| Figura 8. Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante el periodo de 2004-2006. ....   | 35 |
| Figura 9. Variación mensual de la talla promedio (cm) para machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....   | 35 |
| Figura 10. Variación estacional de la talla promedio (cm) para el total, machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> .....  | 36 |
| Figura 11. Variación interanual de la talla promedio (cm) para machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....   | 37 |
| Figura 12. Histograma de frecuencia de peso total (kg), para machos y hembras de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante el periodo de 2004-2006. ....   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 13. Variación mensual del peso promedio (kg) para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . .....   | 38 |
| Figura 14. Variación estacional del peso promedio (kg) para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> .....  | 39 |
| Figura 15. Variación interanual del peso promedio (kg) para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> .....  | 39 |
| Figura 16. Distribución de frecuencia mensual de los dorados colectados con escamas, durante septiembre 2004 a octubre 2006. ....   | 40 |
| Figura 17. Distribución de la estructura de tallas de los dorados (hembras y machos), colectados con escamas, durante septiembre 2004 a octubre 2006 .....  | 41 |
| Figura 18. Relación entre la longitud furcal del dorado y el radio total de la escama.....  | 42 |
| Figura 19. Relación del índice de incremento marginal (IIM) del grupo de edad 1, con el factor de condición, durante los años 2004, 2005 y 2006...  | 44 |
| Figura 20. Relación del índice de incremento marginal (IIM) del grupo de edad 1, con los estadios de madurez, durante los años 2004, 2005 y 2006. ....  | 45 |
| Figura 21. Relación del índice de incremento marginal (IIM) del grupo de edad 1, la temperatura superficial del mar, durante los años 2004, 2005 y 2006. ....   | 45 |
| Figura 22. Longitudes observadas y retrocalculadas por grupo de edad en hembras (a) y machos (b) de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> en la región de B.C.S. durante el periodo de septiembre del 2004 a diciembre del 2006. .... | 46 |
| Figura 23. Relaciones entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturado durante 2004-2006 en B.C.S.....  | 47 |
| Figura 24. Representación del modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy para machos y hembras del dorado <i>Coryphaena</i>   |    |

|            |  |    |
|------------|--|----|
|            | <i>hippurus</i> (1) con la información de los datos observados y (2) con los datos observados incluyendo la información de las larvas. ....  | 50 |
| Figura 25. | Representación del modelo de crecimiento en peso para el total, machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....  | 51 |
| Figura 26. | Tasa de crecimiento relativo en longitud (cm/0.5 año) y en peso (kg/0.5 año) para el total, machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....  | 52 |
| Figura 27. | Composición de edades de las hembras y machos de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturados durante septiembre del 2004 a octubre del 2006. ....   | 54 |
| Figura 28. | Composición de edades de las hembras y machos de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , en la captura durante septiembre del 2004 a diciembre del 2006. ....  | 57 |
| Figura 29. | Estructura de edades para hembras y machos de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturados durante septiembre (a), octubre (b) durante el periodo 2004-2006. ....  | 75 |
| Figura 30. | Curva de captura de las edades promedio de las hembras (a), machos (b) y el total (c) del dorado <i>C. hippurus</i> de la región de Baja California Sur, durante los meses de septiembre y octubre del 2004, 2005 y 2006. ....   | 76 |
| Figura 31. | Curva de captura por año para el total del dorado <i>C. hippurus</i> de la región de Baja California Sur. ....   | 77 |
| Figura 32. | Tratamiento histológico e histoquímico para la identificación y determinación del ciclo gonádico del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....  | 86 |
| Figura 33. | Estadios ováricos observados en <i>Coryphaena hippurus</i> . A) Crecimiento primario, P(a): perinucleolares tempranos, P(b): perinucleolares tardíos (Hematoxilina-eosina 200 X). B) Crecimiento secundario, alvéolos corticales (Técnica de tinción Azul Anciano PAS. 400 X). C) Crecimiento terciario, ovocitos con gránulos de vitelo (Hematoxilina-eosina 200 X). D) Maduración, ovocitos en vitelogénesis terminal con migración de la vesícula |    |

|  |     |
|--|-----|
| germinal (Tinción Sudán Negro 100 X). E) Desove, ovocitos hidratados (Hematoxilina-eosina 40 X). F) Postdesove, folículos postovulatorios (Hematoxilina-eosina 40 X). (Tomado de Rodríguez-Jaramillo <i>et al.</i> , en revisión). .....   | 90  |
| Figura 34. Estadios atrésicos en el dorado <i>Coryphaena hippurus</i> (Hematoxilina-eosina 40 X y 100 X. (Tomado de Rodríguez-Jaramillo <i>et al.</i> , en revisión). .....  | 91  |
| Figura 35. Desarrollo testicular de <i>Coryphaena hippurus</i> . A) Maduración temprana (Clase II, Hematoxilina-eosina 100 X). B) Maduración intermedia (Clase III, Hematoxilina-eosina 40 X). C) Maduración avanzada (Clase IV, Hematoxilina-eosina 40 X). D) Regresión (Clase V, corte longitudinal Hematoxilina-eosina 100 X). (Tomado de Rodríguez-Jaramillo <i>et al.</i> , en revisión). ..... | 93  |
| Figura 36. Tratamiento histológico e histoquímico para el análisis cuantitativo de los lípidos en los ovocitos vitelogénicos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . .....   | 97  |
| Figura 37. Tipo de ovocito seleccionados para su medición y cuantificación de lípidos (Tgs). .....   | 98  |
| Figura 38. Relación del índice lipídico (Tgs) por tipo de ovocito. ....  | 98  |
| Figura 39. Variación del número de huevos en las submuestras para peso seco y peso húmedo. ....  | 101 |
| Figura 40. Variación de las categorías ovocitarias encontradas en el ovario de la hembra de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....   | 105 |
| Figura 41. Ciclo reproductivo para hembras (a) y machos (b), durante el periodo de 2004-2006. ....   | 106 |
| Figura 42. Ciclo reproductivo para hembras (a) y machos (b) y su relación con la TSM, durante el periodo de 2004-2006. ....  | 107 |
| Figura 43. Índice gonadosomático por año, para hembras (a) y machos (b), en relación con la frecuencia de organismos maduros durante el periodo de 2004-2006. ....   | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 44. Factor de condición por año, para hembras (a) y machos (b), en relación con la frecuencia de organismos maduros durante el periodo de 2004-2006. ....   | 110 |
| Figura 45. Relación de la moda del ovocito más avanzado (MOA) con la temperatura superficial del mar (TSM) y el Índice gonadosomático (IGS) de las hembras de <i>C. hippurus</i> , durante el periodo de 2004-2006. ....   | 111 |
| Figura 46. Talla de primera madurez poblacional ( $L_{50}$ ) para machos, hembras y el total, durante el periodo del 2004 al 2006 en la región de B.C.S.   | 112 |
| Figura 47. Talla de primera madurez poblacional ( $L_{50}$ ) para las hembras durante el periodo de 2004 al 2005. ....   | 113 |
| Figura 48. Distribución de frecuencias del diámetro teórico ( $\mu\text{m}$ ) de los ovocitos medidos durante 2005 y 2006. ....  | 114 |
| Figura 49. Distribución de frecuencias del índice lipídico (Tgs) en los ovocitos medidos durante 2005 y 2006. ....   | 115 |
| Figura 50. Relación del índice lipídico (Tgs) y el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) con la longitud furcal y el peso total de las hembras. ....   | 116 |
| Figura 51. Relación del índice lipídico (Tgs) y el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ), con el ciclo reproductivo de las hembras. ....   | 117 |
| Figura 52. Relación del índice lipídico (Tgs) y el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) con la TSM. ....  | 117 |
| Figura 53. Relación potencial de la fecundidad parcial (no. de huevos) con la longitud furcal (mm). ....   | 119 |
| Figura 54. Relación lineal de la fecundidad parcial (no. de huevos) con el peso eviscerado (g). ....   | 119 |
| Figura 55. Relación lineal de la fecundidad parcial (no. de huevos) con el peso de la gónada (g). ....   | 120 |
| Figura 56. Relaciones entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras, machos y el total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturado durante los años analizados y para todo el periodo de estudio. .... | 194 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 57. Representación del modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy, utilizando la información de los datos observados y los retrocalculados (3) y de los datos observados, retrocalculados y la información de las larvas (4), para machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ..... | 196 |
| Figura 58. Representación del modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy para machos y hembras del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , durante el periodo de estudio.. .....   | 198 |
| Figura 59. Tasa de crecimiento relativo en peso (kg/0.5 año) y en longitud (cm/0.5 año) para hembras (a) y machos (b) del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante el periodo de estudio. ....  | 200 |

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Longitudes mínimas y máximas de 5 etapas de desarrollo larval de <i>Coryphaena hippurus</i> (tomado de Sánchez–Reyes, 2008). .....   | 30 |
| Tabla 2. Frecuencia de organismos por intervalo de talla. ....  | 34 |
| Tabla 3. Registro mensual del número de dorados (hembras y machos) con escamas. ....  | 40 |
| Tabla 4. Valores de $X^2$ para las lecturas de las marcas de crecimiento en escamas. ....   | 43 |
| Tabla 5. Clasificación de los grupos de edad del dorado, asignados con base a la lectura de marcas de crecimiento en escamas. ....  | 43 |
| Tabla 6. Parámetros de la relación entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturado durante el periodo de estudio. ....                         | 47 |
| Tabla 7. Parámetros de la relación entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> por estación. ....  | 48 |
| Tabla 8. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados en las dos primeras combinaciones para hembras, machos y total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , durante el periodo de estudio. .... | 49 |
| Tabla 9. Valores de peso asintótico ( $W_{\infty}$ ) calculados para hembras, machos y el total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante el periodo de estudio. ....   | 51 |
| Tabla 10. Tasas de crecimiento estimadas para el crecimiento en longitud y peso, para hembras, machos y el total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturado durante 2004 - 2006. ....                            | 53 |
| Tabla 11. Frecuencias de los grupos de edad para machos y hembras durante 2004 - 2006 y su variación significativa mediante la prueba de $X^2$ . ....   | 55 |
| Tabla 12. Frecuencia mensual de los grupos de edad para machos y hembras durante septiembre del 2004 a diciembre del 2006 y su variación significativa mediante la prueba de $X^2$ . ....                             | 56 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 13. Valores estimados de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (ECVB) y índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ), del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , obtenidos en este trabajo y en distintas localidades internacionales y nacionales. .... | 66  |
| Tabla 14. Valores estimados de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (ECVB) y índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ), del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , obtenidos en este trabajo y para el Pacífico Mexicano. ....                             | 68  |
| Tabla 15. Valores semilla de la ECVB y valores de los parámetros obtenidos del modelo de mortalidad total (Z) de Beverton –Holt (1956), para hembras, machos y el total.....   | 78  |
| Tabla 16. Valores semilla de la ECVB y valores de los parámetros obtenidos del modelo de mortalidad total (Z) de Beverton –Holt (1956) por año. ....   | 78  |
| Tabla 17. Valores semilla de la ECVB y valor medio anual de la TSM, asimismo los valores estimados de los parámetros obtenidos del modelo de mortalidad natural (m) de Pauly (1980), para hembras, machos y el total por año. ....   | 79  |
| Tabla 18. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy y la longevidad ( $t_{max}$ ) estimados para hembras, machos y total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , durante el periodo de estudio.....  | 79  |
| Tabla 19. Valores estimados de los parámetros de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M), del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , obtenidos en este trabajo.....   | 83  |
| Tabla 20. Valores estimados de los parámetros de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M), del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , obtenidos para diferentes localidades nacionales e internacionales.....  | 84  |
| Tabla 21. Criterios de selección para la estimación del índice lipídico en el dorado <i>Coryphaena hippurus</i> . ....   | 99  |
| Tabla 22. Número de muestras analizadas histológicamente para hembras y machos durante el periodo de estudio.....  | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 23. Estadios ováricos y tipos de ovocitos descritos para las hembras de dorado <i>Coryphaena hippurus</i> .....   | 104 |
| Tabla 24. Proporción sexual por mes y valores de $X^2$ .....  | 108 |
| Tabla 25. Proporción sexual por mes, valores de $X^2$ .....   | 109 |
| Tabla 26. Talla de primera madurez y estadísticos asociados para machos, hembras y el total de los organismos colectados en B.C.S.....  | 112 |
| Tabla 27. Talla de primera madurez y estadísticos asociados para las hembras durante 2004-2006 colectadas en B.C.S.....   | 113 |
| Tabla 28. Rango de talla de las hembras utilizadas para la estimación de la fecundidad parcial del dorado capturado en la región de B.C.S.....  | 118 |
| Tabla 29. Valores estimados para el parámetro biológico de talla de madurez poblacional ( $L_{50}$ ) del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , obtenidos en este trabajo y en distintas localidades internacionales y nacionales. | 134 |
| Tabla 30. Valores promedio de fecundidad parcial e índice lipídico, por grupo de edad de las hembras de dorado capturado en la región de Baja California Sur.....   | 152 |
| Tabla 31. Características principales del ciclo de vida del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturado durante 2004 a 2006, en la región de Baja California Sur.....   | 159 |
| Tabla 32. Parámetros de la relación entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras, machos y el total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> capturado durante el periodo de estudio. ....                        | 193 |
| Tabla 33. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados en la tercera y cuarta combinación para hembras, machos y total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> , durante el periodo de estudio....           | 195 |
| Tabla 34. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy y $t_{max}$ estimados para hembras, machos y total del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> para cada año.....   | 197 |
| Tabla 35. Resultados de la prueba $T^2$ de Hotelling para hembras y machos del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante los años 2004, 2005 y 2006.  | 199 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 36. Tasas de crecimiento estimadas en longitud y peso, para las hembras (a) del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante los 3 años... 201   | 201 |
| Tabla 37. Tasas de crecimiento estimadas en longitud y peso, para los machos (b) del dorado <i>Coryphaena hippurus</i> durante los 3 años.... 202   | 202 |
| Tabla 38. Puntos utilizados para la obtención de la mortalidad total (Z) mediante la curva de captura linealizada de las hembras, machos y el total en las frecuencias relativas de 100, 1000 y 10000. .... 203 | 203 |
| Tabla 39. Puntos utilizados para la obtención de la mortalidad total (Z) mediante la curva de captura linealizada de los años 2004, 2005 y 2006 en las frecuencias relativas de 100, 1000 y 10000..... 203      | 203 |

## GLOSARIO

**Annulus ó anillo anual:** Anillo concéntrico formado con periodicidad anual. Unión de crecimiento rápido y lento (Granado, 2002).

**Atresias:** Células en degeneración estructural y/o de reservas energéticas. Normalmente ocurre en gametos femeninos en etapas de vitelogenénesis avanzadas.

**Canibalismo:** Es el acto o la práctica de alimentarse de miembros de la propia especie.

**Ciclo de vida:** Conjunto de fenómenos transcurridos entre un momento dado de una generación de un organismo y el mismo de la generación siguiente.

**Circuli:** Son crestas óseas alternadas con depresiones, el patrón de la disposición de las crestas se refleja en el patrón de crecimiento de un individuo. Son características de las escamas cicloides y ctenoides (Loureiro, 2008).

**Conespecíficos:** En biología se refiere a que dos o más individuos pertenecen a la misma especie.

**Crecimiento:** Cambio en el tiempo de la masa corporal de un organismo. Es el resultado neto de dos procesos con tendencia opuesta; uno incrementando la masa corporal (metabolismo) y otra decreciéndola (catabolismo).

**Crecimiento de tipo alométrico:** lo presentan aquellos organismos, donde la proporción de su cuerpo cambia durante su vida.

**Desarrollo ontogénico (referente a la ontogenia):** Historia del cambio estructural de una unidad sin que ésta pierda su organización (Maturana *et al.*, 2004).

**Desarrollo ovárico:** Se refiere a las fases de desarrollo por las que pasa el ovario hasta llegar a la maduración del mismo (Sánchez-Cárdenas, 2007).

**Desovador parcial:** Son aquellas especies que liberan los huevos en tandas (Saborido, 2004).

**Dimorfismo sexual:** El desarrollo de las gónadas va acompañado de la presencia de caracteres sexuales secundarios, siendo más frecuente el tamaño; en el caso del dorado, el macho desarrolla una frente muy pronunciada que lo diferencia de la hembra.

**Epipelágico:** Organismos que viven dentro de la zona fótica, desde la superficie hasta la termoclina, usualmente entre los 0 y 200 m.

**Estrategia reproductiva:** Patrón general de reproducción que presentan los individuos de una especie (Wootton, 1984).

**Fecundidad parcial:** Es el número de huevos producidos en cada tanda (Saborido, 2004).

**Folículos postovulatorios:** Membranas externas que rodean al ovocito y permanecen como residuo después de que el ovocito ha sido liberado (Houillon, 1978).

**Gónada:** Órgano sexual productor de óvulos (ovario) o espermatozoides (testículo).

**Grupo de edad:** Conjunto de peces de la misma edad con el mismo número de marcas de crecimiento en la escama.

**Histoquímico (a):** Métodos que tienen por objeto localizar sustancias químicas conocidas en las células y los tejidos (Rodríguez-Jaramillo, 2004).

**Índice lipídico:** Indicador cuantitativo del contenido de triglicéridos ó fosfolípidos en un ovocito.

**Lípidos:** Son ácidos grasos, sus derivados y las sustancias relacionadas biosintéticamente o funcionalmente a estos compuestos (Gunstone *et al.*, 2000).

**Manejo sustentable (referente al desarrollo sustentable):** Es el proceso global orientado a satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. De ahí el que el concepto de sustentabilidad está directamente relacionado con el factor de permanencia en el tiempo.

**Objetos flotantes:** Son materiales, inorgánicos y orgánicos (vivos o inanimados). Pueden ser desde vegetación adyacente, desperdicios del hombre (basura) que llegan al mar a través de la desembocadura de los ríos. Todos estos

son atrapados por las corrientes marinas y son arrastrados a través de la superficial del mar (Solana, 2001). También hay objetos flotantes artificiales conocidos como FADs (Fish Aggregatin Devide) diseñados específicamente para atraer peces (Martínez- Rincón, 2008).

**Organismo iteróparo:** Son aquellos capaces de reproducirse más de una vez en su vida y después de reproducirse siguen viviendo.

**Ovocito:** Gameto o célula sexual femenina en desarrollo que se diferencia durante la ovogénesis.

**Ovocito hidratado:** Ovocito que esta listo para ser liberado y en el que los gránulos de vitelo se han fusionado, ha aumentado considerablemente de tamaño debido a la absorción de agua (Ceballos-Vázquez, 1993)

**Población:** Grupo de organismos de la misma especie que habitan en un área geográfica restringida y que tienen la capacidad de reproducirse con cualquier otro miembro de dicho grupo.

**Potencial reproductivo (referente a un stock):** Es su capacidad para producir descendencia, por ejemplo el stock de reproductores (Saborido, 2004).

**Reproducción:** Proceso mediante el cual las especies se perpetúan (Hempel, 1979).

**Selectividad (referente a las artes de pesca):** Son aquellas artes de pesca que son selectivos en ciertos rangos de talla (Sparre *et al.*, 1995).

**Talla de primera madurez ( $L_{50}$ ):** Para determinarla es necesario considerar aquellos individuos totalmente maduros, al calcular el porcentaje de estos por talla se grafica. La selección de la talla es cuando el porcentaje de individuos aumenta con la talla hasta alcanzar el 50% lo que indica que a ese porcentaje ya están sexualmente maduros (Saborido, 2004).

**Tasa de mortalidad total (Z):** Es el parámetro utilizado para describir la muerte entre las cohortes de una población, esta se compone de la mortalidad provocada por la pesca (F) y la mortalidad natural (M) (Sparre *et al.*, 1995).

**Vitelo:** Material nutritivo en forma de gránulos, presente en el citoplasma de un óvulo (Lender *et al.*, 1982)

## Resumen

El dorado (*Coryphaena hippurus*) se encuentra reservado a la pesca deportiva dentro de una franja de 50 millas de las costas de México; sin embargo se conoce que soporta una pesca ilegal por flotas artesanales de diferentes regiones, además de ser la principal especie que capturan incidentalmente las flotas palangrera y atunera. La Carta Nacional Pesquera la considera como un recurso con potencial de desarrollo, por lo que suponen que podría soportar una pesquería comercial en la zona costera. Ante esta perspectiva, la elaboración de un plan de manejo adecuado necesita estar sustentado en un conocimiento de la biología y dinámica de la especie, los cuales a la fecha son escasos. Por ello, para entender la dinámica poblacional de la especie, se tuvo como objetivo principal abordar aspectos de su biología reproductiva, edad, crecimiento y mortalidad del dorado capturado en la región de Baja California Sur. Durante el 2004 a 2006 se colectaron un total de 2839 dorados (1399 ♂ y 1440 ♀) en cuatro localidades de esta región, en un intervalo de tallas de 42 a 155 cm de longitud furcal (Lf). Se encontró una relación lineal significativa ( $r^2 = 0.56$  ♂ y  $r^2 = 0.49$  ♀), entre el radio de la escama y la Lf de los dorados. Se determinó la edad de 497 individuos (246 ♂ y 251 ♀), definiendo que las marcas de crecimiento se forman anualmente durante los meses de octubre y noviembre, lo que coincide con el ciclo reproductivo y la variación de la temperatura superficial del mar. Las relaciones peso-longitud indicaron un crecimiento de tipo alométrico negativo, significativo para ambos sexos. Las estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para machos fueron ( $K=1.14$ ,  $t_0=-0.10$  y  $L_\infty=122.7$ ), para hembras ( $K=1.68$ ,  $t_0=-0.09$  y  $L_\infty=102.8$ ) y para sexos combinados ( $K=1.20$ ,  $t_0=-0.13$  y  $L_\infty=117.4$ ). Estos parámetros sugieren que esta especie tiene una tasa de crecimiento rápido durante los primeros 6 meses tanto en longitud como en peso. Las lecturas de las marcas de crecimiento en las escamas mostraron que la pesca deportiva incidió sobre 8 grupos de edad de 0 a 3.5 años, siendo los más abundantes los grupos de 0.5 a 1.5 años para ambos sexos. Con el método de captura linealizada basada en edades, se encontró un valor de mortalidad total (Z) de 2.59 por año y mediante el método alternativo (Beverton-Holt) el valor fue de

2.0. La mortalidad natural (M) determinada fue de 1.30 por año. En lo que respecta a la biología reproductiva, se analizaron de forma histológica 316 gónadas (84 ♂ y 232 ♀). Se estableció así el ciclo reproductivo, que presenta máxima actividad reproductiva durante los meses de verano y otoño; sin embargo la extensión de su desove fue variable. La talla de madurez poblacional ( $L_{50}$ ) estimada fue de 80 cm longitud furcal (Lf) con una edad aproximada de 0.8 años. Considerando la cantidad de lípidos (índice lipídico) y la fecundidad parcial estimada (número de huevos), se determinó que el mayor potencial reproductivo lo aportan las hembras mayores de 90 cm Lf, con edades aproximadas de 1.2 años. A partir del análisis de los parámetros poblacionales, proponemos dos medidas de regulación para el dorado en la región de BCS; una talla mínima de captura (80 cm Lf) y una veda temporal durante los meses de mayor actividad reproductiva.

## Abstract

The dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) is reserved for sportfishing within 50 miles of the Mexican coast. However this species is taken illegally by artisanal fishing fleets in the coastal regions and it is the main bycatch species by the long-line and purse-seine fleets. A major document of fisheries (Carta Nacional Pequera) notes there is a belief that this species has a development potential and the report infers that the species would be able to support a commercial fishery in the coastal zone. In light of this, the development of an adequate fishery-management plan needs to be supported with information about the biology and dynamics of this species, which information is presently lacking. To understand the population dynamics of the species, our main objective was to identify details of its reproductive biology, age, growth, and mortality of those dolphinfish caught by the sportfishing fleet off Baja California Sur. We sampled 2839 dolphinfish (1399 ♂ and 1440 ♀) at four locations of this region with a size interval from 42 to 155 cm fork length during 2004 to 2006. A significant linear relation was found between the scale radius and the fork length ( $r^2 = 0.56$  ♂ and  $r^2 = 0.49$  ♀), suggesting that this relationship is reliable to be used in estimations of age and growth rates of dolphinfish. In 497 individuals with scales (246 ♂ and 251 ♀) we determined that the formation of growth marks have an annual periodicity in October and November, which coincides with the species reproductive cycle and the annual variation of the sea surface temperature. The weight – fork length relationships indicated a significant negative allometric growth for both sexes. The von Bertalanffy growth function parameters were ( $K = 1.14$ ,  $t_0 = -0.10$ , and  $L_\infty = 122.7$ ) for males, ( $K = 1.68$ ,  $t_0 = -0.09$ , and  $L_\infty = 102.8$ ) for females, and ( $K = 1.20$ ,  $t_0 = -0.13$ , and  $L_\infty = 117.4$ ) for the combined sexes. Those parameters suggest that dolphinfish had a fast growth of length and weight in their first 6 months. Our growth scale reading shows that sport fishermen are catching eight age-groups from 0.5- to 3-years old, with the age-groups 0.5 and 1.5 being the most abundant in both genders. The estimate of total mortality ( $Z$ ) using the catch curve was 2.6 per year and the alternative estimate using the Beverton and Holt method was 2.0 per year. The estimate of natural mortality ( $M$ ) for dolphinfish was 1.3 per year. For

data on their reproductive biology we analyzed 316 gonads (84 ♂ and 232 ♀) using histological methods. Its reproductive cycle was established with the peak activity during the summer and autumn months, and with a varying extension of spawning. The sexual maturity is reached at 80 cm at 0.8-years old. Using the quantity of lipids (lipid index) and the batch fecundity (number of eggs), the main reproductive potential was obtained in females >90 cm and 1.2-years old. Based on the analysis of the population parameters, we propose two measures to be enforced for the dolphinfish in the BCS region; a minimum size of capture (80 cm fl) and a fishing ban during the months of peak reproductive activity.

## I. Introducción

El dorado *Coryphaena hippurus* es una especie epipelágica altamente migratoria, habitante de mares tropicales y subtropicales, su distribución se encuentra limitada por la isoterma de los 20 °C, entre los 40° latitud norte y 40° de latitud sur en ambos hemisferios (Oro, 1999; Palko *et al.*, 1982). Presenta un dimorfismo sexual muy marcado en los organismos mayores de 60 cm de longitud furcal, a partir de la cual los machos empiezan a desarrollar en la frente una cresta pronunciada, que los diferencia de las hembras (Palko *et al.*, 1982) (figura 1).

Su ubicación taxonómica es la siguiente:

Reino: Animal  
Phylum: Chordata  
Subphylum: Vertebrata  
Clase: Osteichthyes  
Subclase: Actinopterygii  
Orden: Perciformes  
Suborden: Percoide  
Familia: Coryphaenidae  
Género: ***Coryphaena***  
Especie: ***Coryphaena hippurus*** Linnaeus, 1758.

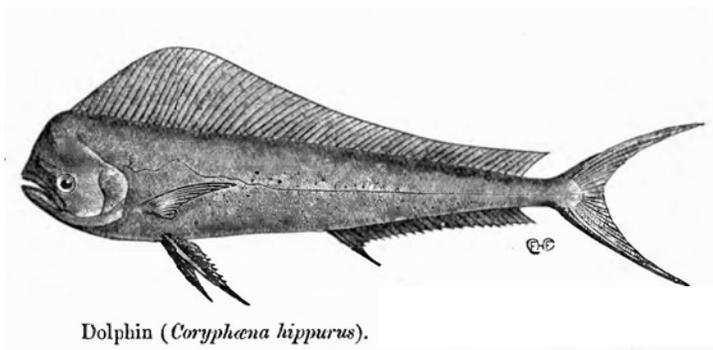


Figura 1. Dorado macho (*Coryphaena hippurus*).

El dorado se caracteriza por tener un cuerpo alargado y comprimido lateralmente, aleta dorsal simple (55-65 radios) originada en la nuca y extendiéndose a la caudal, aleta anal alargada a la mitad de la extensión del cuerpo; aletas pélvicas dispuestas dentro de un surco en el cuerpo; aleta caudal profundamente bifurcada. Cuando está vivo tiene un color usualmente verde brillante en el dorso, amarillo o dorado matizado en los costados (Dickson *et al.*, 1977; Uchiyama *et al.*, 1986).

### ***Situación pesquera internacional***

El dorado se explota de manera comercial y deportiva en todas las regiones donde se distribuye, en la parte occidental del Océano Pacífico es explotado mayormente por la flota japonesa y taiwanesa (Kojima, 1965; Wu *et al.*, 2001). En el Océano Atlántico (Mar Mediterráneo), principalmente por la flota artesanal, la cual utiliza objetos flotantes como atractores para su captura (Massutí *et al.*, 1999). También aporta importantes volúmenes de alimento en las islas del Caribe (Beardsley, 1967; Mahon *et al.*, 1999), y representa una de las principales pesquerías comerciales de Florida y Carolina del Norte (Rose *et al.*, 1968; Schwenke *et al.*, 2008). La estabilidad, periodicidad y magnitud de las oscilaciones que ha presentado en sus capturas indican que es un recurso fuerte, que soporta cambios grandes en sus niveles de captura (Rose *et al.*, 1974; Campos *et al.*, 1993).

En años recientes la captura de esta especie se ha incrementado, principalmente en los países latinoamericanos como Panamá, Perú, Ecuador y Guatemala, debido a la intensa exportación que se lleva a cabo hacia países como los Estados Unidos de América (EUA) y la Unión Europea. Tan sólo Ecuador en el año 2008, exportó 6, 091,324 (kg de filete de dorado), dejando una ganancia de 37,505, 611 dólares (<http://www.pescablanca.com/>; Agexport-Asociación Guatemalteca de exportadores). Hay planes de llevar a cabo la certificación ecológica internacional de esta pesquería en Perú y Ecuador, en donde se busca que dicha actividad sea manejada y aprovechada de manera sostenible, 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>).

Otra cuestión importante a considerar es la acuicultura de esta especie, ya que se ha caracterizado como una especie que posee importantes características biológicas como altas tasas de reproducción y de crecimiento (2 kg. en 6 meses, 9 kg. en 1 año), así como alta fecundidad en cautiverio (200,000 huevecillos / hembra), lo que ha permitido que países como EUA, principalmente en la región de Hawai (Kraul, 1990), se realice esta actividad de forma usual y con altos rendimientos. En la actualidad se ha presentado un aumento de casi 34.9% en su demanda y consumo en EUA (un incremento de 150.5% en los últimos cuatro años), además de contribuir con el 23.3% en el crecimiento de la industria acuícola durante el 2008 (<http://www.newbusinesshunter.net/archives/501>). Extendiéndose ya a otros países como Australia y Japón (Mosig *et al.*, 2004; Kingsford *et al.*, 1999).

Lo anterior ayuda a visualizar la situación del mercado internacional del dorado, así como el crecimiento tecnológico para su acuicultura y el beneficio económico de los países que se dedican a su producción y comercialización. A pesar de esto, es evidente el escaso conocimiento científico sobre su biología básica, así como la ausencia de un manejo específico en la mayoría de los países que se dedican a su explotación tanto deportiva como comercial (Oxenford, 1999).

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 normativo, jurídico e institucional adecuado, señalándose que ya sea que se apliquen a escala local, nacional, subregional o regional, deben basarse en los datos científicos más fidedignos disponibles (Código de Conducta para Pesca Responsable, 1995).

## ***Situación pesquera en México***

En México el régimen actual de explotación de este recurso ha sido, en los últimos años, causa de fuertes conflictos entre pescadores ribereños y las autoridades de estados como Sinaloa y Sonora, ya que de acuerdo a la NOM-017-PESCA-1994, esta especie se encuentra reservada exclusivamente a la pesca deportiva dentro de las 50 millas náuticas (Figura 2). La pesca deportiva da argumentos de que el carácter altamente migratorio de este recurso puede implicar que su explotación por parte de una flota comercial local puede tener repercusiones sobre la actividad turística en dichos estados o en los alrededores como es el caso de Baja California Sur, estado cuya dependencia económica de la afluencia turística y en especial de la pesca deportiva es muy fuerte, estimándose una derrama económica de más de 79 millones de dólares (Klett *et al.*, 1996; CONAPESCA, 2000).

La explotación de un recurso en la que intervienen varias flotas es frecuentemente conflictiva, y aun más si consideramos el carácter migratorio del dorado, que implica que se desplace por aguas bajo jurisdicción de muchos países costeros y en aguas internacionales, por lo que un plan de manejo de esta especie tendrá que tomar esto en cuenta. 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).

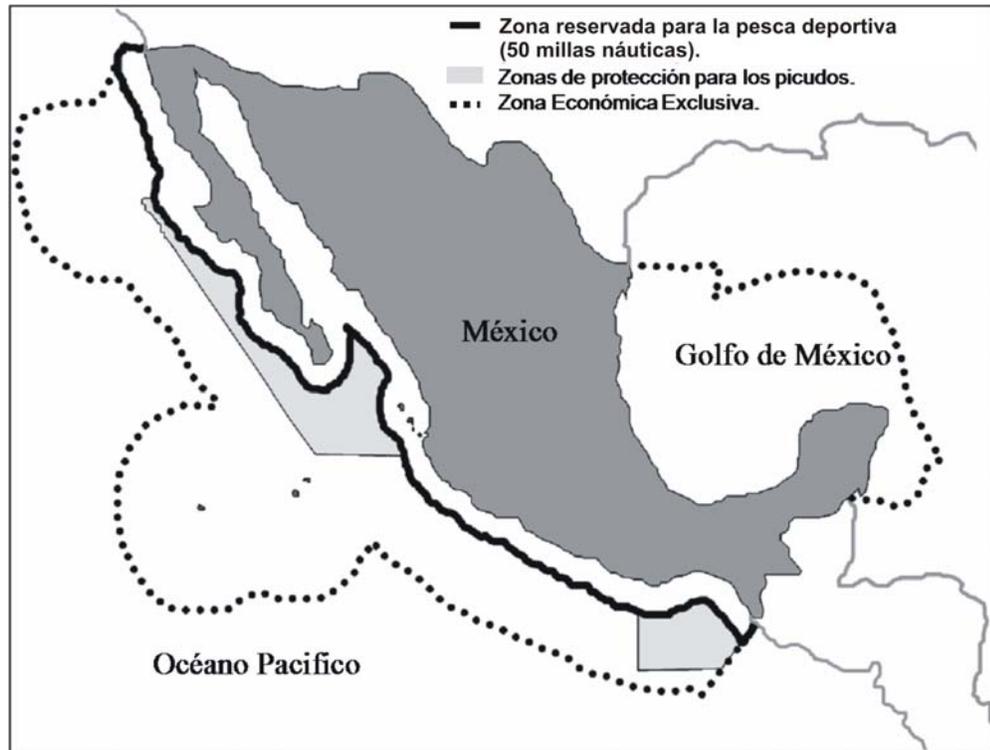


Figura 2. Zonas de manejo para especies de pesca deportiva en las aguas mexicanas del Pacífico (tomado de Sosa, 1998).

Sus elevados niveles de captura en las regiones costeras, suponen que este recurso podría soportar una pesquería comercial, lo que se ha manifestado en la Carta Nacional Pesquera al considerarse como una pesquería con potencial explotable (CNP, Diario de la Federación, 15/03/2004). El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), realizó recientemente un estudio técnico para evaluar la situación pesquera y biológica del recurso en las costas de Sonora, Sinaloa y Nayarit y sus resultados han sugerido que el dorado está siendo sub-explotado, lo que sugiere la posibilidad de compatibilidad de explotación por ambas flotas, esto sin afectar el equilibrio ecológico, sin embargo, en el mismo estudio se aclara que es necesario llevar a cabo estudios complementarios para poder definir escenarios de manejo pesquero (Anónimo, 2007)

Independientemente de que la iniciativa de cambiar la situación legal de la especie se continúe planteando, las autoridades competentes han evidenciado la falta de información biológica básica de la especie, misma que indudablemente sirve como base para el establecimiento de un manejo sustentable de este recurso.

## I. 1. Antecedentes

En las aportaciones científicas que sobre el dorado *Coryphaena hippurus* se han realizado a nivel mundial, destaca en un primer orden la sinopsis biológica hecha por Palko *et al.*, 1982, en la que se recopila información generada por diversos autores, desde la identificación de esta especie y las características que la separan de su congénere (*C. equiselis*), su distribución mundial, ciclo de vida (desde larva a la fase adulta), crecimiento, reproducción, hábitos alimenticios, así como un poco sobre pesquería comercial y los inicios de su acuicultura. Sin embargo y a pesar de lo útil que este trabajo ha sido para muchos investigadores, las limitaciones de su alcance se hacen evidentes, ya que en el mismo se mencionan rubros importantes que no se llegaron a considerar debido a que en esos años no existía información acerca de ellos, como por ejemplo los factores que afectan la reproducción, la genética de sus poblaciones, su protección y manejo.

Otra contribución científica importante sobre los dorados, se presenta en una edición especial de la revista Scientia Marina, durante el año de 1999 (vol. 63 (3-4)); el cual fue editado por los investigadores Mássutí E. y Morales-Nin B. En este compendio diversos investigadores hicieron importantes aportes sobre su comportamiento natural, como la relación tan estrecha que guarda en cierta etapa de su vida (principalmente juveniles) a agregarse a los objetos flotantes, ya sea por refugio ó por alimentación, además de enriquecer valiosamente, la parte de la estimación de edad y crecimiento, mediante la lectura directa de sus otolitos, estableciendo así técnicas que hasta la fecha se siguen utilizando. Sin embargo y a pesar de las aportaciones hechas, es necesario mencionar que al igual que Palko *et al.*, 1982, la información generada proviene en su mayoría de la población que se encuentra en el Atlántico, principalmente el Mar Mediterráneo (Castro *et al.*, 1999 (2); Deudero *et al.*, 1999; D' Anna *et al.*, 1999; Mássutí *et al.*, 1999; Riera *et al.*, 1999; Morales-Nin *et al.*, 1999; Pla *et al.*, 1999; Carbonell *et al.*, 1999; Reñones *et al.*, 1999; Potoschi *et al.*, 1999 (2); Lleonart *et al.*, 1999; Cannizaro *et al.*, 1999; Vella, 1999; Zaouali *et al.*, 1999) y en las Islas del Caribe (Oxenford, 1999; Oxenford *et al.*, 1999; Arocha *et al.*, 1999; Mahon, 1999 (2)), y solamente dos de ellas abordan la población

que se encuentra en el Pacífico y sobre la parte norte de su distribución (Norton, 1999; Kraul, 1999).

Cabe mencionar que las aportaciones importantes que se hacen en ambos trabajos seguirán siendo precursoras para los investigadores que se interesen por la especie, y que sus discusiones deberán ser siempre consideradas. Además de que, si bien en ambas el estudio del dorado se encuentra limitado a ciertas regiones del mundo, en años recientes la investigación de la especie en el Océano Pacífico se ha incrementado, ya sea por la importancia económica que este recurso ha adquirido a través de los años, como por el simple hecho de presentar una distribución amplia y ser objeto principal de una actividad económica que para muchos países es extremadamente importante, como lo es la pesca deportiva.

De los parámetros de crecimiento individual que se han estimado en diversas regiones del mundo, destacan los estudios llevados a cabo en organismos capturados en el Mar Mediterráneo (Morales-Nin *et al.*, 1999). Al igual que el realizado por Beardsley (1967), quien estableció las bases para la determinación de la edad empleando las escamas, describiendo las características de las mismas y las marcas de crecimiento que presentan, y fundamentó el uso de esta estructura basándose en que existe correlación entre la talla y el número de anillos de crecimiento presentes en ella. Ante la existencia de una enorme variabilidad en las estimaciones de los parámetros de crecimiento ( $K$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ ) a nivel mundial, debida a diversos factores involucrados directamente con la biología del recurso y por la interpretación y validación de las marcas de crecimiento, diversos autores han optado por manejar de forma complementaria, el uso de una o más estructuras duras (otolitos, escamas y vértebras), con la finalidad de aumentar la precisión en sus estimaciones (Massutí *et al.*, 1999).

Los estudios que abordan la mortalidad son minoría, aun así se menciona que esta ha sido estimada en base a estudios de edad y crecimiento (Beardsley, 1967), encontrándose que el dorado tiene una alta tasa de mortalidad, además de que presenta un alto canibalismo, también que sirve de presa para muchos depredadores

oceánicos en diferentes etapas de su ciclo de vida (Palko *et al.*, 1982).

La biología reproductiva del dorado *C. hippurus*, ha sido descrita por varios autores, coincidiendo en que este organismo es un desovador parcial (Kojima, 1966; Shcherbachev, 1973; Rose *et al.*, 1974; Lasso *et al.*, 1999; Massutí *et al.*, 1999; Wu *et al.*, 2001). El dorado comienza su madurez sexual a partir de los 35 cm de longitud furcal, en un tiempo de 6-7 meses de edad (Beardsley, 1967). Con respecto a su temporada de desove, Palko *et al.* (1982) mencionan que es extensa y múltiple y se realiza principalmente en mares tropicales durante periodos de aguas cálidas. La liberación de sus gametos es externa, es un pez iteróparo y su proporción sexual tiende a ser de 1:1, sin embargo aparentemente parece estar condicionada a la talla, es decir en cardúmenes de tallas menores de los 90 cm de longitud furcal (Lf), la predominancia de hembras es mayor, y en tallas mayores de 90 cm Lf, son en su mayoría machos. Esto es un fenómeno universal que ha sido un rasgo notable en las poblaciones de dorado desde las primeras investigaciones (Kojima, 1966; Shcherbachev, 1973; Rose *et al.*, 1974). Esta diferencia al igual que en otras especies se ha mencionado que puede ser debida entre otros factores a la reacción diferente de cada sexo al arte de pesca (Rose *et al.*, 1974, Gibbs *et al.*, 1959), o bien por una mayor mortalidad de las hembras provocada posiblemente por el esfuerzo reproductivo que presentan (Wild, 1986).

En todas las regiones donde esta especie se distribuye, su actividad reproductiva se presenta todo el año, y esto se ha comprobado con la presencia de organismos juveniles. Sin embargo, los picos reproductivos exhiben una marcada estacionalidad en las distintas localidades, coincidiendo latitudinalmente en algunas regiones. Los picos de reproducción se presentan principalmente a finales del invierno y principios de primavera (grupo 1), y durante el verano (grupo 2) (Wu *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 1999; Potoschi *et al.*, 1999). Lo mismo se ha descrito para las aguas de Venezuela, en donde además de mencionar la estacionalidad de los picos reproductivos, también se analizaron las diferencias en la estructura de tallas que componen a dichos grupos, es decir que el primer grupo se compone por organismos

mayores de 90 cm Lf, los cuales llegan al final del primer trimestre del año (invierno – primavera), y el segundo llega durante el tercer trimestre (verano), y está representado principalmente por organismos pequeños (50-80 cm Lf), su mayoría hembras (Arocha *et al.*, 1999).

Como ya se mencionó anteriormente el dorado es un desovador parcial, la estimación de la fecundidad en especies con desoves parciales se basa en el número de ovocitos maduros dispuestos a ser liberados inmediatamente en el lote o parche próximo. Algunos autores han estimado la fecundidad basada en los conteos de ovocitos maduros (vitelogénicos tardíos o en estados avanzados) tomando como criterio el tamaño de los huevos (> 0.6 mm de diámetro) (Beardsley, 1967; Goldberg *et al.*, 1985; Oxenford *et al.*, 1986; Massutí *et al.*, 1997). Sin embargo las estimaciones de la fecundidad parcial incluyendo sólo los ovocitos vitelogénicos tardíos y ovocitos hidratados en especies con desove indeterminado pueden llegar a sobreestimarla (Arocha *et al.*, 1999). En cautiverio se ha observado que la hembra de dorado puede desovar cada dos días durante todo el año con una fecundidad aproximada de 30,000 ovocitos por desove, aunque los organismos en el ambiente silvestre lo hacen con menos frecuencia (Uchiyama, *et al.*, 1986).

Un factor muy importante y determinante de la viabilidad del huevo y de las futuras larvas es la composición química de los huevos, la cual se ha mencionado que sigue un patrón similar al tamaño del huevo; es decir, está directamente relacionada con la talla de la hembra, con el factor de condición y con la cantidad de reservas que la hembra posea, en especial las reservas lipídicas en el hígado (Saborido, 2004). En la evaluación de la calidad de los huevos de los peces, se utilizan diversos criterios que pueden agruparse en dos categorías, las características de los huevos propiamente dichas y otras relacionadas con parámetros reproductivos como el diámetro de los huevos y/o de las gotas de lípido, la forma irregular no esférica del huevo oval o con protuberancias, la transparencia y homogeneidad del vítelo, malformaciones celulares en las primeras divisiones especialmente blastómeros desiguales y márgenes no bien definidos, composición

química, sobre todo el contenido de los principales ácidos grasos polinsaturados (Álvarez-Lajonchère, 2006). Para el dorado no se ha mencionado nada a este respecto, sin embargo en un estudio hecho en Taiwán, se observó que cuando el dorado llegaba a la edad de 5-6 meses (60 cm Lf) podía presentar su primer desove; en este mismo trabajo se encontró evidencia que sugiere que la fecundidad decrece con la talla. Es decir, que las hembras pequeñas necesitan maximizar el número de huevos producidos porque su fecundidad es muy baja, mientras que las hembras grandes deben sacrificar un poco de fecundidad en orden de incrementar la calidad de sus huevos en términos de talla (Wu *et al.*, 2001).

Respecto a la edad y crecimiento y particularmente en el Pacífico Mexicano, son pocos los estudios que se han llevado a cabo, Torres-Alfaro (1996), para el área de La Paz y Cabo San Lucas, B.C.S. (CSL) realizó la estimación de la edad mediante un método directo de lectura de marcas de crecimiento en escamas, determinando cinco grupos anuales de edad, con un predominio en la captura de individuos de dos años. En localidades situadas en los estados de Oaxaca y Chiapas, Solano-Fernández (2007), determinó la edad y crecimiento del dorado a partir de las lecturas diarias en otolitos *sagittae*, estimando 5 grupos, los cuales corresponden a las edades de 0.31, 0.44, 0.58, 0.71, 0.84 años, respectivamente.

Se han realizado otras estimaciones, pero de forma indirecta, a través del análisis de la estructura de tallas de las capturas, entre los cuales podemos mencionar el de Peralta-Bravo (2006), quien llevó a cabo un análisis comparativo del crecimiento del dorado en dos zonas del Océano Pacífico Oriental (CSL y Esmeraldas, Ecuador) encontrando diferencias entre ellas.

De la relación entre el peso y la longitud, la mayoría de los estudios han reportado diferencias significativas entre el crecimiento de los machos y las hembras, así como que el crecimiento del dorado es de tipo alométrico negativo (Zúñiga-Flores, 2002; Galindo *et al.*, 2006; Núñez *et al.*, 2006; Solano-Fernández, 2007).

Respecto a la reproducción, se han llevado a cabo sólo 2 estudio en noroeste del país, cuyos resultados han determinado que el área de Mazatlán es una zona de reproducción, al igual que en CSL y La Paz, B.C.S., en las que la actividad desovante de las hembras registra máximos en los meses de enero a abril con temperaturas entre los 22 °C a 25 °C y de julio a septiembre con 28 °C a 30 °C, este último coincidiendo con el incremento en la temperatura (García-Melgar, 1995). La talla mínima de primera madurez se ha reportado de alrededor de los 45 cm Lf y la poblacional a los 85 cm Lf (García-Melgar, 1995; Barcelata *et al.*, 1990; Rentería-Martínez, 2002). Asimismo se han colectado larvas con una talla de 2-15 mm de longitud patrón (Lp), lo que nos indica una área de desove importante, la cual está estrechamente ligada a las isotermás de 25 °C y 28.5 °C (Sánchez *et al.*, 2006).

El dorado es uno de los recursos más importantes de la costa occidental de México; en la costa sur de Jalisco sus mayores capturas se presentan en otoño e invierno, cuando la productividad de la región es elevada como resultado de la temporada de lluvias, el paso de las últimas tormentas tropicales y la presencia de surgencias (Jiménez *et al.*, 2006). En el sur de México aunque el dorado se reproduce todo el año, se presentan dos picos, uno en febrero a abril donde predominan tallas menores a 90 cm Lf y otro de octubre a noviembre donde predominan tallas mayores a 90 cm Lf. Lo anterior coincide con los cambios oceanográficos de la zona, los cuales presentan condiciones ambientales favorables para su reproducción, ya que en abril finaliza la temporada de los vientos “tehuanos” que ocurren en el golfo de Tehuantepec de octubre a marzo, y en octubre finaliza el período de lluvias, coincidiendo en que en ambas temporadas los valores de productividad primaria son los más altos del año (Alejo *et al.*, 2006).

Entre las primeras hipótesis planteadas acerca de la dinámica poblacional del dorado, está la de Oxenford *et al.* (1986), la cual sugiere diferentes poblaciones en el Atlántico Central Oeste, correspondiente a la región Sur de EUA y las islas del Caribe. La hipótesis se basó en la estacionalidad de los picos de abundancia de la

especie, además derivada de la misma se plantearon dos circuitos de migración de la especie (figura 3).

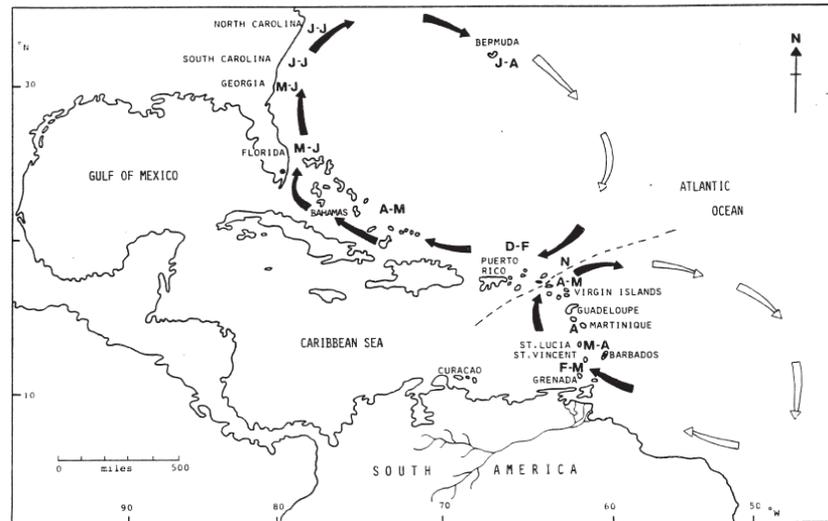


Figura 3. Circuitos de migración propuestos de los stocks de dorado (*Coryphaena hippurus*) en el Atlántico Central Oeste (propuestos inicialmente por Oxenford *et al.*, 1986). Las flechas negras indican los segmentos del circuito donde existe información disponible, las flechas blancas indican donde no existe información (tomado de Oxenford, 1999).

En el transcurso de los años diversos investigadores han tratado de probar dicha hipótesis, lo que ha implicado además la creación de nuevas. Estas han servido como planteamiento para obtener importantes resultados acerca de las características propias de su ciclo de vida, así como la estimación de la tasa promedio de crecimiento al primer año de vida, la relación entre la talla y la fecundidad, la talla y edad de primera madurez, además del tamaño promedio de los ovocitos en su última etapa (hidratados) (Mahon, 1987; Perez *et al.*, 1991, 1992; Rivera-Betancourt, 1994). Dichas características han servido para la comparación entre los dos stocks y aunque se han encontrado marcadas diferencias en algunas de ellas, se ha sugerido que se necesita más investigación para mejorar la información que está sirviendo como base y poder con ello desarrollar estrategias de manejo adecuadas para el dorado en esa región.

Durante 1998, los países de esta región trabajaron para desarrollar un plan de manejo para esta especie y para el wahoo (*Acantocybium solandri*), sin embargo dadas las diferencias en las pesquerías regionales, esto no se pudo concretar. Así durante el 2002, el departamento de Comercio de EUA aprobó su continuidad pero con la propuesta de hacer una separación regional en el plan de manejo, en donde sólo se incluiría la costa Atlántica de EUA. Al final en el 2004, se logró establecer el plan de manejo para las pesquerías de estas especies particularmente en Florida, Norte de Carolina y Georgia, implementándose medidas de manejo como tallas mínimas de captura (45.7 a 50.8 cm LF), así como límites de captura de 10 a 15 dorados por pescador/día (Thompson, 1999).

Schwenke *et al.*(2008), estimó los parámetros del crecimiento individual ( $K$ ,  $L_{\infty}$  y  $t_0$ ) del dorado capturado en la región del Norte de Carolina (EUA) y comparándolos con algunas características biológicas reproductivas (estadios de madurez), determinó que las tallas y las edades de madurez, así como la tasas de crecimiento del dorado en esa región, mismas que no han tenido cambios significativos desde hace más de 40 años, por lo que concluye que se pueden permitir niveles altos de explotación para este recurso.

En el Mar Mediterráneo esta especie tiene una estacionalidad muy marcada con una temporada de captura que inicia en agosto, con buenas capturas en septiembre y declina en noviembre. Su mayor captura se lleva a cabo principalmente sobre objetos flotantes artificiales conocidos comúnmente como FAD`s por sus siglas en inglés (Fish Aggregating Device). Los dorados capturados son por lo regular juveniles (40 a 70 cm Lt) y los organismos adultos sólo se capturan de forma incidental por embarcaciones palangreras dedicadas a la captura del pez espada. Las regulaciones pesqueras o recomendaciones para el manejo de la pesquería para ese stock han tenido como base los resultados de edad-crecimiento junto con los del índice de madurez (índice gonadosomático), a través de la determinación del inicio y fin de la temporada de reproducción y las fechas probables de nacimiento de los

dorados, lo que ayudó en gran medida al establecimiento de la temporada de captura (<http://www.faocopemed.org/en/activ/research/dolphinfish.htm>).

Algo similar reportan para el dorado que se captura en las costas del Océano Pacífico Oriental (Colombia y Panamá). En esta región se han propuesto hipótesis de migración asociadas de igual manera a la estacionalidad de los picos de abundancia, además del cambio de proporción de sexos y la variación del índice gonadosomático a lo largo de un ciclo anual (Lasso *et al.*, 1999).

En la actualidad en esta región del pacífico, el único país que cuenta con un Acuerdo Ministerial es Ecuador, que fue emitido por el Consejo Nacional de Desarrollo Pesquero, en donde se establece una veda y talla mínima de captura para este recurso, prohibiendo la captura dirigida, transporte, posesión, procesamiento y comercialización externa e interna de dorado con tallas inferiores a 80 cm de longitud total (LT), con el objeto de dar oportunidad al recurso para que realice su primer desove. Asimismo, se define el uso del tipo de anzuelos “jota” y los circulares, con la finalidad de disminuir la captura incidental de tortugas marinas y tener una mayor selectividad en las tallas del dorado

([http://www.inp.gov.ec/files/968e409cfc\\_Aspectos%20Biol%20Pesq%20Dorado.pdf](http://www.inp.gov.ec/files/968e409cfc_Aspectos%20Biol%20Pesq%20Dorado.pdf)).

La situación de México es una excepción a lo que sucede en todo el mundo, ya que esta especie, por más de 100 años ha permanecido reservada a la pesca deportiva (Sosa, 1998). Sin embargo esto no ha impedido que flotas artesanales y de mediana altura, lo capturen a todo lo largo de las costas mexicanas en volúmenes considerables, tan solo de marzo del 2006 a febrero del 2007, se obtuvo una captura total entre Sonora, Sinaloa y Nayarit, de 2,060 toneladas aproximadamente, con un esfuerzo de 313 embarcaciones menores (Madrid *et al.*, 2001; Zúñiga-Flores, 2002; Santana *et al.*, 2006; Alejo *et al.*, 2006; Anónimo, 2007). En la actualidad existe la NOM-017-PESC-1994, norma que rige las actividades de la pesca deportiva y en donde se establecen tan sólo límites de captura (2 dorados por pescador/día), aunado a esto en dicho documento se mencionan aspectos que si bien son

importantes, como el acuerdo de establecer las tallas y pesos mínimos por especie y zona, así como las zonas y temporadas de veda basándose en las investigaciones científicas suficientes, es quizás por esto que estos no fueron abordados dada la poca información científica disponible en el momento de realización de la norma o bien por el establecimiento inaplazable de una ley que rigiera dicha actividad. En el Golfo de México no existe mucha información científica acerca del recurso (Ventiboglio, 1988) lo cual puede ser debido a una menor abundancia o bien a que el interés económico por esta especie no es tan importante, ya que las mayores exportaciones de esta especie a los estados como Florida ó Nueva York EUA, provienen principalmente de países como Costa Rica y Brasil (<http://www.infopesca.org/boletin/info182002/frescos.pdf>).

A pesar de la situación legal de la especie, es evidente que es un recurso pesquero importante tanto para la flota oficial que es la deportiva, como para la artesanal que es la que en la actualidad puede estar realizando la mayor extracción en nuestro país. Confirmando esto, en un estudio reciente en el estado de Sonora se estimaron biomásas de dorado entre 10,000 toneladas (Sonora) a 3,500 toneladas (Sinaloa), en tanto que el estado de Nayarit se estimó entre ambos valores. Conjuntamente se obtuvo que la proporción de dorado > 90 cm de longitud patrón que es capturado por la flota deportiva de Sinaloa y Baja California esta contribuyendo con el 35% de la captura total, y en los estados de Sonora y Nayarit es menos del 15%, es decir los dorados de tallas menores < 90 cm, son lo que principalmente están soportando la pesquería tanto deportiva como artesanal (Anónimo, 2007).

Considerando lo anterior, podemos mencionar que la mayoría de los aportes científicos sobre esta especie en nuestro país, se han hecho sobre las capturas realizadas en el litoral costero del pacífico y principalmente en la región del noroeste. De esta forma la marcada estacionalidad que presenta en los diferentes sitios donde se captura, además de la variación en algunos parámetros biológicos como la estructura de tallas y pesos, llevo a sugerir la hipótesis de contar con la presencia de

diferentes poblaciones de dorado (Madrid *et al.*, 2001). A pesar de lo interesante que resulta dicho planteamiento, los trabajos de genética a la fecha publicados para la región, no coinciden en sus conclusiones, (Rocha *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2006; Tripp-Valdez, 2009). Los dos últimos, a pesar de haber utilizado dos técnicas metodológicas distintas, coinciden en que no existen las suficientes evidencias para distinguir diferentes poblaciones de dorado y que si bien se dieron algunas ligeras diferencias genéticas, pueden deberse a fenómenos estocásticos debido a la variabilidad ambiental y a la capacidad de dispersión de la especie (Tripp-Valdez, 2009). Por ello surge la necesidad de continuar con estudios como el presente, en el cual a partir de la estimación de parámetros biológicos como la edad, crecimiento, mortalidad y aspectos de su biología reproductiva que a la fecha han sido escasamente abordados como la fecundidad parcial y su potencial reproductivo, pretende la elaboración de un análisis integral desde un punto de vista biológico-pesquero, destacando algunas características biológicas importantes como la talla y edad de primera madurez, época de reproducción y longevidad, mismas que sirven de base en la definición de medidas de regulación pesquera (Sparre *et al.*, 1997), generando información indudablemente útil en la elaboración de planes de manejo, inicialmente para la región de Baja California Sur y promoviendo la extensión a las demás regiones del Pacífico Mexicano donde el dorado *Coryphaena hippurus* se captura de forma habitual

## **I. 2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar la dinámica poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*) capturado en la región de Baja California Sur, México, y proponer algunas medidas de regulación para su manejo.

### **Objetivos particulares**

- Determinación de la edad y el crecimiento.
- Determinar la tasa instantánea de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M).
- Determinación del ciclo reproductivo y la fecundidad parcial por grupo de edad.
- Estimación del potencial reproductivo del dorado y su relación con la temperatura superficial del mar.
- Elaborar un modelo conceptual de su ciclo de vida en la región de B.C.S., en base a la integración de los resultados obtenidos y a la literatura existente.
- Definir algunas medidas de regulación para la explotación sustentable de esta especie con base a los parámetros poblacionales encontrados.

## II. Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la región Sur del Golfo de California, esta se encuentra en la parte noroeste del Pacífico mexicano comprendiendo las siguientes coordenadas desde los 22° y 25° N, y los 109° y 113° W Con 4 localidades de muestreo: La Paz (I), Los Barriles-Buenavista (II), Cabo San Lucas (III), y Punta Lobos (IV) (Figura 4).

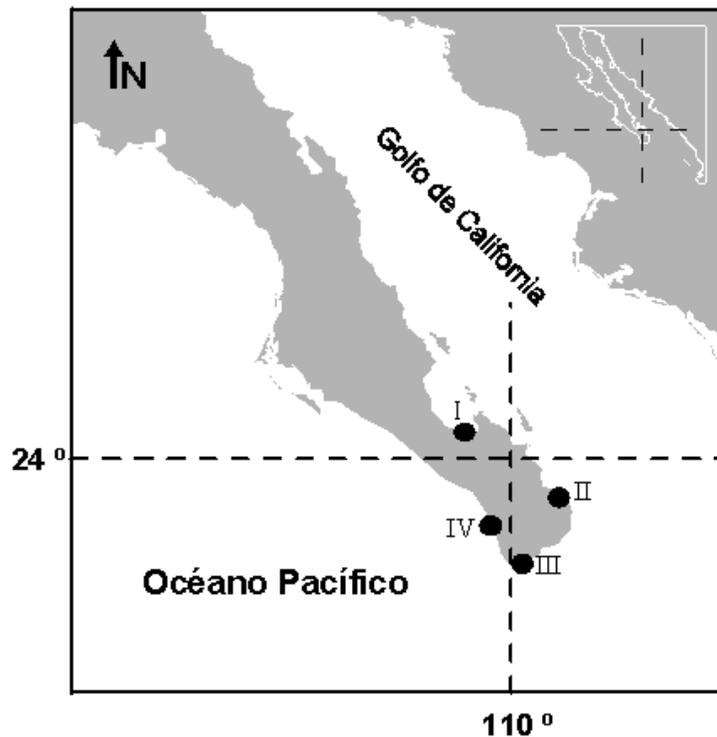


Figura 4. Ubicación geográfica de las localidades de estudio.

El clima oceánico del área de estudio está influenciado por la presencia de cuatro corrientes superficiales: la Corriente de California (CC), la Contracorriente Ecuatorial del Norte (CCEN), la Corriente Ecuatorial del Norte (CEN), y la Corriente de Costa Rica (CCR). Estas corrientes varían significativamente dentro de un ciclo anual como respuesta a los cambios en la fuerza y dirección de los vientos dominantes. (Baumgartner *et al.*, 1985). Los vientos son estacionales, durante el invierno vienen del noroeste, con velocidades de 8-12 m s<sup>-1</sup>, y durante el verano vienen del sureste, con 5 m s<sup>-1</sup> (Douglas *et al.*, 1993). Dado que la entrada del golfo

está en una zona de transición compleja, éste ocasiona que el ambiente oceánico en esta región se vea afectado por fenómenos climáticos de variación interanual de la circulación en gran escala, particularmente a la asociada con el evento mejor conocido como “El Niño” (Castro *et al.*, 1996).

Otra característica oceanográfica importante de esta área es el sistema de “frentes oceánicos”, los cuales varían de posición a través del tiempo, pero generalmente se les localiza cerca de Los Cabos (Cabo San Lucas y San José del Cabo, B.C.S; Castro *et al.*, 1996). Estos se deben principalmente a la convergencia de cuatro masas de agua superficiales: Agua de la Corriente de California (ACC), Agua Superficial Ecuatorial (ASE), Agua del Golfo (AGC) Agua Subsuperficial Subtropical (AssSt) (Lavín *et al.*, 1997; Álvarez *et al.*, 1978; Molina-Cruz, 1986; Castro *et al.*, 2000).

Los estudios de circulación en la boca del golfo indican un patrón complejo en el flujo, con variaciones espaciales y temporales, los cuales sugieren que el flujo hacia dentro del golfo ocurre cerca de Sinaloa y el flujo hacia fuera es a lo largo de Baja California (Collins *et al.*, 1997). El calentamiento estacional de las aguas superficiales es claramente evidente, el intervalo de las temperaturas en los meses de invierno a otoño oscila entre 21° C a 30.5° C (Castro *et al.*, 2000).

### **III. Edad y crecimiento**

#### **III.1. Material y métodos**

##### **III.1.1. Origen y análisis de la información**

La información biológica analizada proviene de muestreos llevados a cabo con apoyo de los proyectos anuales de investigación apoyados por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN realizados en el proyecto de Pelágicos Mayores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR)-IPN, así como de la información derivada del proyecto SAGARPA-CONACyT 145-A: “Variación espacio-temporal de la abundancia relativa del dorado (*Coryphaena Spp.*) en el Pacífico Mexicano”. El periodo de estudio fue del 2004 al 2006, los muestreos se llevaron a cabo en los lugares de descarga tanto de la flota artesanal como deportiva (figura 4), así como también durante la realización de torneos de pesca. El muestreo biológico consistió en medir un número variable de ejemplares de diferentes tallas, dependiendo del número de organismos descargados, tratando de tener un mínimo de 30 organismos por muestreo, aunque en algunas ocasiones fueron hasta de 226, obteniéndose la siguiente información: longitud furcal (cm) (figura 5), peso total (kg), peso de gónada (g), sexo, asimismo se colectaron escamas, para la determinación de edad y crecimiento, y las gónadas para la determinación de su biología reproductiva.

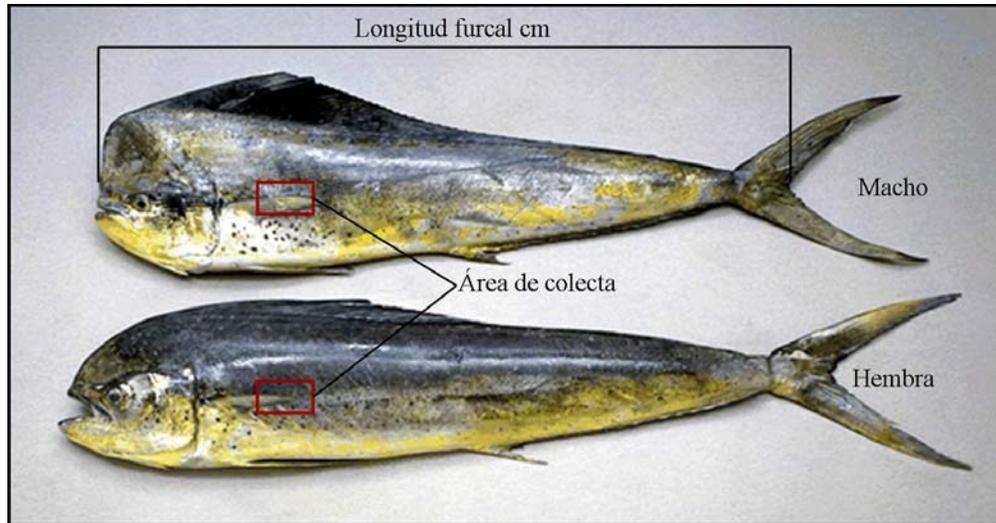


Figura 5. Macho y hembra de dorado, *Coryphaena hippurus*; Longitud furcal (cm); los recuadros marcan el área de colecta de las escamas.

La información de la temperatura superficial del mar (TSM) utilizada se infirió de imágenes de satélite del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) correspondientes al promedio mensual con una resolución de 9 km, en el área de operación de las flotas, obtenidos en las siguientes coordenadas: 22° y 25° N, y los 109° y 113° W.

### **Procesamiento de la información**

En primera instancia, se llevó a cabo un análisis exploratorio de la información respecto a la estructura de tallas y pesos de los organismos capturados por las distintas flotas en el área de estudio durante el periodo de 2004 al 2006. Debido a que en las pruebas de homocedasticidad y normalidad de los datos se encontraron diferencias significativas ( $X^2_{(0.05,9)}=128.187$ ,  $p<0.000$ ), su variación mensual, estacional e interanual se analizó mediante la aplicación del análisis de variancia no paramétricos (Kruskal-Wallis) (StatSoft. Inc., 2001). Las estaciones se asignaron de la siguiente manera: invierno (enero, febrero y marzo), primavera (abril, mayo y junio), verano (julio, agosto y septiembre) y otoño (octubre, noviembre y diciembre).

Para la determinación de la edad y crecimiento se utilizó el método directo de lectura de marcas de crecimiento en escamas, estas fueron colectadas empleando un cuchillo con el que se removieron varias de ellas de la región localizada por encima de la línea lateral al final de la aleta pectoral en el costado izquierdo, como es recomendado por Ehrhardt (1981) (figura 5). A cada ejemplar se le asignó un número, el cual se empleó para identificar su registro de peso total (kg) y longitud furcal (cm).

### **Trabajo de laboratorio**

En el laboratorio las escamas de cada ejemplar se lavaron con agua y jabón, seleccionándose de 10 a 15 escamas, estas se montaron entre 2 portaobjetos y se unieron con cinta adhesiva. Sobre la cinta se anotó el número de etiqueta correspondiente a cada ejemplar.

En un paso previo a la lectura de marcas de crecimiento y la utilización de los criterios establecidos para la lectura directa de escamas descrita por Beardsley (1967), las escamas montadas se mantuvieron en hidratación durante un periodo de 3 días, para mejorar la observación de los *circuli*, una vez hecho esto, se llevó a cabo la observación directa de ellas en un estereoscopio marca Carl Zeiss, modelo Stemi SV11 utilizando luz transmitida. Durante este paso se seleccionaron 3 escamas tomando en cuenta principalmente la claridad de las marcas.

### **Mediciones de la escama**

Las escamas seleccionadas se capturaron con una cámara digital (Zeiss, modelo AxioCam MRc 5) adaptada a un estereomicroscopio (Zeiss, modelo Stemi SV11) registrando para cada imagen el objetivo utilizado en su captura. De esta manera se lograron obtener las mediciones requeridas para el análisis y definición del uso adecuado de esta estructura en las estimaciones de la edad y el crecimiento del dorado.

Para obtener el radio total de la escama ( $R_t$ ), esta se midió a partir del foco hacia el borde de la misma, los radios parciales se midieron del foco a cada marca ( $R_n$ ), la información derivada de estas mediciones se utilizó para la estimación del retrocálculo de longitudes (figura 6). Las mediciones de cada escama se hicieron mediante el uso del programa analizador de imágenes Image Pro Plus (versión 6.0).

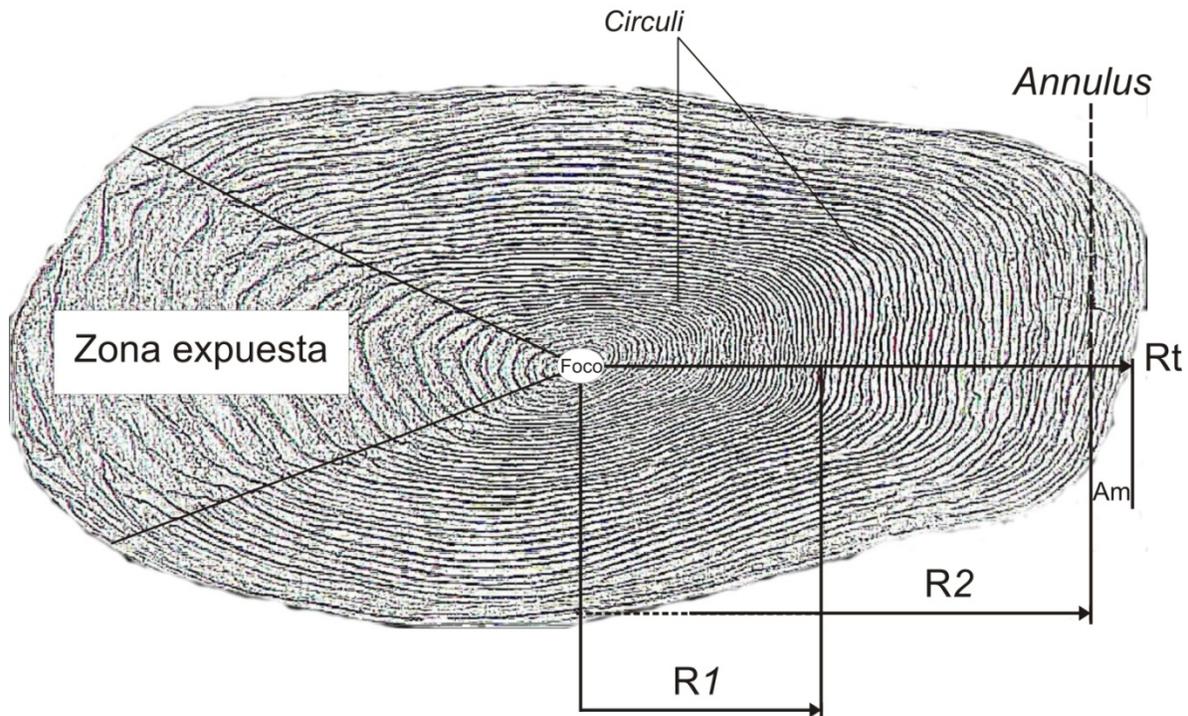


Figura 6. Medidas del radio total ( $R_t$ ), radios parciales ( $R_n$   $_{(1,2,..,n)}$ ) y el ancho del margen ( $A_m$ ) de la escama de un dorado (*Coryphaena hippurus*) hembra de 83 cm de longitud furcal.

### Relación del radio de la escama y longitud furcal

Para establecer la relación entre el radio total de la escama ( $R_t$ ) y la longitud furcal (cm) se utilizó una regresión lineal. Este análisis se aplicó considerando de forma separada a hembras y machos, debido al conocimiento previo de que existe un crecimiento diferencial entre sexos (Beardsley, 1967; Palko *et al.*, 1982) y con la finalidad de evitar un sesgo en las estimaciones posteriores de edad y crecimiento.

$$Lf = a + b * (Rt)$$

Donde:

Lf = Longitud furcal,

Rt = Radio total,

a = Intercepto,

b = Pendiente de la recta.

### **Lectura de marcas de crecimiento en las escamas**

Una vez obtenidas las imágenes de las escamas, y con la ayuda de un software de dibujo, se usó la herramienta de “invertir colores”, para obtener las imágenes en blanco y negro, en donde los *circuli* se vuelven más visibles, y se nota la separación entre ellos, lo cual mejora indudablemente la observación de los criterios de lectura establecidos por Beardsley, (1967) los cuales fueron descritos de la forma siguiente:

- a) El espacio entre los *circuli* se reduce cuando se forma la marca de crecimiento y se amplía posteriormente.
- b) La disposición unida y el espacio regular entre los *circuli* visto en la parte posterior y en ambos lados de la escama.

Los grupos de edad fueron clasificados de acuerdo al número de marcas presentes en las escamas, asimismo se observó que la captura incidía principalmente sobre organismos con 1 o 2 marcas de crecimiento, se tuvieron que asignar edades de intervalos de 0.5 años, es decir que las escamas que tuviesen 1 marca formada (sólo un radio parcial (R1)) se les asignó el grupo de edad relativa de 0.5 año, 2 marcas (1 año), 3 marcas (1.5 años) y así sucesivamente, los que no se

les notaba ninguna marca formada se les asignó la edad 0. El mejor indicador para identificar las marcas fue el abrupto estrechamiento y después ampliación del espacio entre *circuli* como se observa en la figura 6.

Para determinar la precisión de las edades establecidas, se hicieron dos lecturas por lector, de acuerdo a Schwenke (2004), de manera aleatoria en diferentes tiempos (2 semanas entre cada conteo). Cuando la coincidencia entre el primero y el segundo conteo no fue de 100% se procedió a realizar un tercer conteo. Al realizar la lectura no se consideró ninguna medida de longitud o peso del organismo, con el fin de que la estimación de la edad no fuera dirigida. Adicionalmente, una submuestra de (n = 40) fueron leídas por un lector independiente que fue previamente entrenado para identificar el *annulus* en las escamas de dorado. Para evaluar la consistencia entre los conteos efectuados por el mismo lector y el lector independiente, se aplicó una prueba de ji cuadrada ( $X^2$ ).

## **Periodicidad de las marcas de crecimiento**

### **Índice de incremento marginal**

El método de validación indirecta para la periodicidad de las marcas de crecimiento en las escamas, fue mediante el análisis de la variación mensual del índice de incremento marginal (IIM) (Lai *et al.*, 1979), a partir de las mediciones del radio total de la escama, así como de los radios de la última y penúltima marcas de crecimiento completas, el IIM se expresa en la siguiente ecuación:

$$IIM = \frac{(R_t - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

Donde:

IIM = Índice de incremento marginal,

R<sub>t</sub> = Radio total,

R<sub>n</sub> = Radio del centro del foco a la última marca de crecimiento completa,

$R_{n-1}$  = Radio del centro del foco a la penúltima marca de crecimiento completa.

Con la finalidad de inferir la época de formación de las marcas, este índice se estimó sólo en dorados que tuvieron un año de edad, es decir dos marcas completas, como es recomendado por Campana (2001), quien menciona que el uso de este índice debe restringirse a sólo pocos grupos de edad y de preferencia uno. Además que se relacionó con el factor de condición y el estadio de madurez determinado en dichos individuos (la metodología utilizada para obtener estas variables de mencionan en la sección de reproducción en este mismo trabajo). Asimismo se utilizó la información de la temperatura superficial del mar del área de estudio para observar si existía un posible efecto en la formación de las marcas de crecimiento en las escamas. El IIM, factor de condición y la temperatura superficial del mar, asimismo se utilizó un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis) para ver si existían diferencias significativas intra-anales en las variables.

### **Retrocálculo de longitudes**

Para disponer de individuos de edades poco representadas o de tallas inferiores a las que captura la flota deportiva, para cada ejemplar muestreado se estimaron las longitudes que pudo haber tenido a cada una de las edades anteriores de su captura. Para ello se relacionaron los radios parciales correspondientes y el radio total de la escama (figura 6), así como la longitud del organismo de acuerdo a la ecuación de Fraser-Lee (Johal *et al.*, 2001):

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

Donde:

$Lf_{(i)}$  = Longitud furcal retrocalculada a la edad  $i$  (cm),

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

$Rt$  = Radio total,

Lf = Longitud furcal observada (cm),

a = Intercepto del modelo lineal entre el Rt (mm) de la escama y la Lf (cm).

Al igual que en la relación del radio total de la escama (mm) y la longitud furcal (cm), este análisis se hizo separando los sexos.

### **Relación peso total y longitud furcal**

La relación entre el peso total y la longitud furcal se estableció en las hembras y machos del total de los dorados colectados durante el periodo de estudio (2004-2006). Para ello se aplicó el modelo potencial utilizando el método iterativo de Levenberg-Marquardt para resolver regresiones no lineales a través del software CurveExpert (Hyams, 1993).

$$Pt = a Lf^b$$

Donde:

Lf = Longitud furcal,

Pt = Peso total,

a = Intercepto,

b = Pendiente de la recta.

Para probar la hipótesis del crecimiento isométrico se aplicó la prueba de Wald test (Seber y Wild, 1989), esto es, si  $H_0: b=3$  contra  $H_1: b \neq 3$ , si la  $H_0$  es rechazada ( $p < 0.05$ ) los resultados de esta prueba pueden ser usados para determinar si el crecimiento es alométrico positivo ( $b > 3$ ) o negativo ( $b < 3$ ). Además se determinaron las diferencias en el parámetro “b” entre machos y hembras, por estación, y por año, los resultados y la representación grafica del último análisis aparecen en la sección de anexos XI.1.

### **Crecimiento individual en longitud**

Una vez identificados los grupos de edad a través de la lectura de las marcas de crecimiento en las escamas, se hizo la estimación de la longitud promedio por grupo de edad ( $L_t$ ) y la representación del crecimiento individual en longitud, para esto se empleó el modelo de von Bertalanffy, ya que siendo el más utilizado por diversos autores hace posible la comparación de resultados con los obtenidos en otras regiones. La ecuación del crecimiento en longitud de von Bertalanffy (ECVB) se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

$L_t$  = talla a la edad  $t$ ,

$L_\infty$  = talla asintótica de los valores de  $L_t$ ,

$K$  = coeficiente de crecimiento,

$t$  = edad,

$t_0$  = origen de la curva, la edad teórica del organismo a la cual tiene longitud igual a cero.

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy ( $L_\infty$ ,  $k$  y  $t_0$ ), se estimaron por un proceso iterativo que utiliza el algoritmo de Marquardt contenido en el software Curve Expert (versión 1.3), este algoritmo permite estimar parámetros de modelos no lineales sin la necesidad de transformar los datos en una función lineal y proporciona la mejor combinación de los parámetros (Hyams, 1993).

Para la representación gráfica del crecimiento individual del dorado se usaron 4 combinaciones distintas. Para la primera de ellas sólo se utilizó la información obtenida de los grupos de edad observados en la lectura de escamas, en la segunda además de los datos observados, se incluyeron las longitudes (mm) mínimas y

máximas de 5 etapas diferentes de desarrollo reportado en las larvas de *Coryphaena hippurus* colectadas cerca del área de estudio (Sánchez–Reyes, 2008) (Tabla 1).

Tabla 1. Longitudes mínimas y máximas de 5 etapas de desarrollo larval de *Coryphaena hippurus* (tomado de Sánchez–Reyes, 2008).

| Etapa de desarrollo |     | Longitud (mm) |
|---------------------|-----|---------------|
| Preflexión          | Min | 2.8           |
|                     | Max | 4.2           |
| Flexión             | Min | 4.4           |
|                     | Max | 5.7           |
| Postflexión         | Min | 5.9           |
|                     | Max | 8.0           |
| E. Transformación   | Min | 8.3           |
|                     | Max | 13.3          |
| E. Juvenil          | Min | 14.0          |
|                     | Max | 48.0          |

En la tercera combinación se utilizaron los datos usados en la primera (observados) y la información de las longitudes obtenidas en el análisis del retrocálculo. En la última combinación se utilizó toda la información (observados, retrocalculados y larvas). Para cada combinación se obtuvo la longitud promedio por grupo de edad (Lt), tanto para hembras, machos y el total de los datos. Los resultados de los parámetros estimados mediante estas dos últimas combinaciones así como su representación grafica aparecen en la sección de anexos XI.2.

Se estimó el índice del desempeño del crecimiento Phi-prima  $\phi'$  (Pauly y Munro, 1984) en las 4 combinaciones. El índice se expresa de la siguiente manera:

$$\phi' = \text{Log } k + 2 \text{Log } L_{\infty}$$

Los valores obtenidos en la ecuación anterior así como el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), sirvieron como criterios para seleccionar en cuál de las 4 combinaciones se obtuvo el mejor ajuste de los datos observados y por consiguiente una mejor estimación de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (ECVB).

Con la información de la segunda combinación que fue en la que se obtuvo un mejor ajuste en los datos, se analizó el crecimiento individual en longitud y peso para las hembras, machos y total para cada año, utilizando además la prueba de  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981), para determinar las diferencias estadísticas entre los parámetros de crecimiento en longitud obtenidos ( $L_\infty$ ,  $K$  y  $t_0$ ) para cada año. Los parámetros estimados así como la representación gráfica de estos últimos análisis, aparecen en la sección de anexos XI.3.

### **Crecimiento individual en peso**

La expresión análoga para el crecimiento en peso ( $W$ ) no se obtiene mediante una solución directa de una ecuación diferencial, si no que es necesaria la utilización de la ecuación que relaciona el peso con la longitud, descrita anteriormente, esta función se utiliza como mecanismo de transformación de la ECVB de crecimiento en longitud a una función que relacione el crecimiento en peso. En primera instancia se hace la sustitución de;

$$W_\infty = a L_\infty^b$$

Donde representa el peso asintótico (en el caso de crecimiento isométrico), a “b” se le asignó el valor de 3 o el valor estimado de la relación entre el peso total y la longitud furcal, éstos previamente obtenidos para el total (hembras y machos). Así la ecuación de crecimiento en peso queda de la siguiente manera:

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde:

$W_t$  = Peso a la edad  $t$ ,

$W_\infty$  = Peso máximo promedio,

$K$  = coeficiente de crecimiento,

$t$  = edad,

$t_0$  = origen de la curva, la edad teórica del organismo a la cual tiene longitud igual a cero,

a = Factor de condición o intercepto,

b = Parámetro de alometría de la relación peso total – longitud furcal.

### **Tasas de crecimiento relativo individual en longitud y peso**

De manera conjunta, se estimaron las tasas de crecimiento individual relativo en longitud (cm/0.5 año) y peso (kg/0.5 año) para los grupos de edad determinados en las hembras, machos y el total de los dorados capturados. Así también se estimó la tasa de crecimiento diario individual en longitud (mm/día) como en peso (gr/día), utilizando la información de los grupos de 0 a 0.5 año ó 6 meses. Este mismo análisis se hizo para cada año, los resultados se presentan en la sección de anexos XI.4.

### **Estructura de edades**

Se analizó la variación anual y mensual de la composición por edades de las capturas de dorado desembarcadas en el área de estudio durante septiembre del 2004 a noviembre del 2006. Para evaluar si existía diferencia en la composición por edades entre hembras y machos en los distintos periodos, se aplicó una prueba de ji cuadrada ( $X^2$ ).

## III.2. Resultados

### III.2.1. Estacionalidad de las capturas

Se observó una marcada estacionalidad en las capturas, obteniéndose el mayor número de organismos en la segunda mitad del año, principalmente en los meses de septiembre, octubre y noviembre (figura 7).

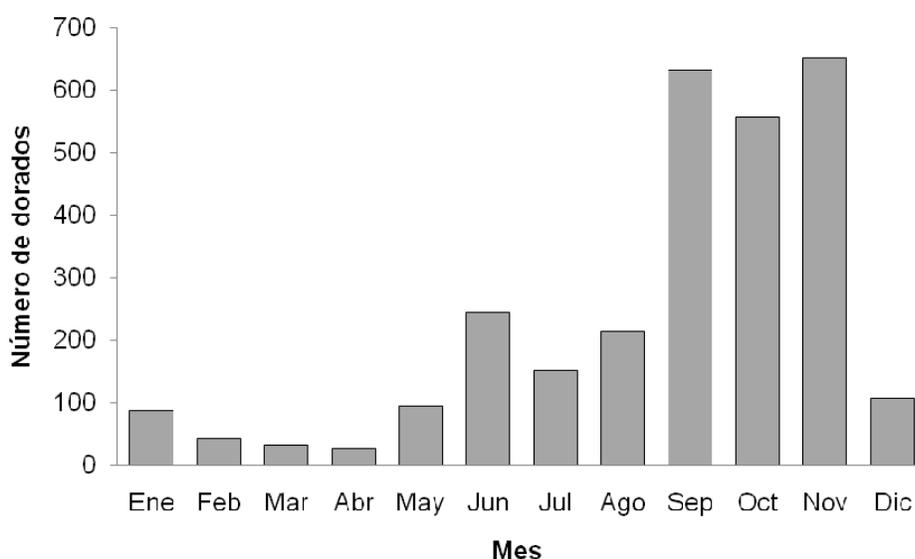


Figura 7. Estacionalidad de la captura de dorado *Coryphaena hippurus*, durante el periodo del 2004-2006 en la región sur de B.C.S.

### III.2.2. Estructura de tallas

Durante el periodo de muestreo 2004-2006 se colectaron un total de 2839 organismos, 1399 machos y 1440 hembras. Con un intervalo de 42 a 155 cm Lf para machos y de 40 a 140 cm Lf para hembras (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencia de organismos por intervalo de talla.

| <b>Clase / talla<br/>Lf (cm)</b> | <b>Hembras</b> | <b>Machos</b> | <b>Total</b> |
|----------------------------------|----------------|---------------|--------------|
| <b>40</b>                        | 2              | 0             | 2            |
| <b>45</b>                        | 2              | 2             | 4            |
| <b>50</b>                        | 19             | 5             | 24           |
| <b>55</b>                        | 55             | 10            | 65           |
| <b>60</b>                        | 76             | 21            | 97           |
| <b>65</b>                        | 114            | 47            | 161          |
| <b>70</b>                        | 115            | 57            | 172          |
| <b>75</b>                        | 200            | 85            | 285          |
| <b>80</b>                        | 174            | 57            | 231          |
| <b>85</b>                        | 175            | 111           | 286          |
| <b>90</b>                        | 113            | 121           | 234          |
| <b>95</b>                        | 101            | 204           | 305          |
| <b>100</b>                       | 119            | 178           | 297          |
| <b>105</b>                       | 93             | 174           | 267          |
| <b>110</b>                       | 39             | 96            | 135          |
| <b>115</b>                       | 21             | 56            | 77           |
| <b>120</b>                       | 9              | 43            | 52           |
| <b>125</b>                       | 8              | 40            | 48           |
| <b>130</b>                       | 4              | 28            | 32           |
| <b>135</b>                       | 0              | 46            | 46           |
| <b>140</b>                       | 1              | 14            | 15           |
| <b>145</b>                       | 0              | 2             | 2            |
| <b>150</b>                       | 0              | 0             | 0            |
| <b>155</b>                       | 0              | 1             | 1            |
| <b>160</b>                       | 0              | 1             | 1            |
| <b>Total</b>                     | <b>1440</b>    | <b>1399</b>   | <b>2839</b>  |

En la figura 8, se muestran los histogramas de frecuencia de tallas para ambos sexos, donde se puede observar que la moda para las hembras fue a los 75 cm en tanto que para los machos fue a los 95 cm, presentando éstos últimos un intervalo de tallas más amplio.

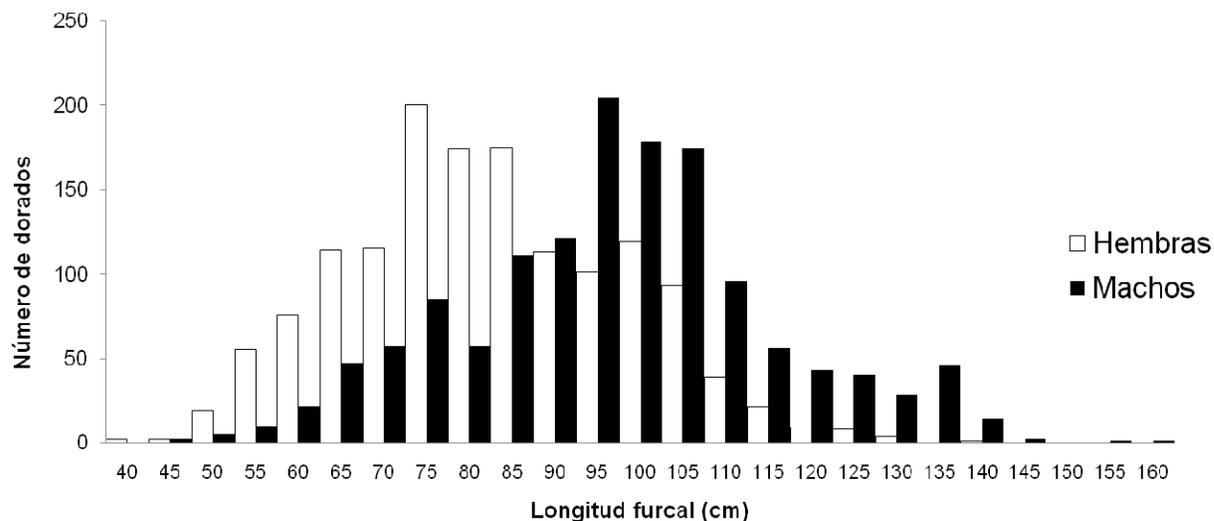


Figura 8. Histograma de frecuencia de longitud furcal (cm), para machos y hembras de dorado *Coryphaena hippurus* durante el periodo de 2004-2006.

El análisis de las tallas promedio mensual mostró diferencias significativas, considerando el total de organismos ( $H_{(11, 2833)}=215.00$   $p<.0000$ ), machos ( $H_{(11, 1398)}=156.11$   $p<.0000$ ) y hembras ( $H_{(11, 1435)}=124.86$   $p<.0000$ ) (Figura 9).

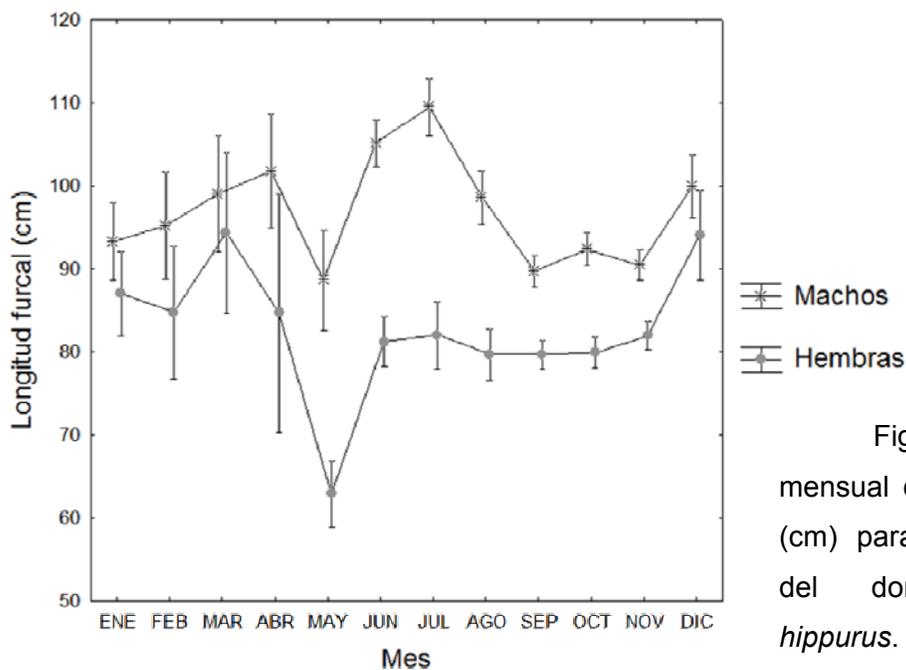


Figura 9. Variación mensual de la talla promedio (cm) para machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*.

La variación estacional de las tallas promedio fue significativa diferente, tanto para el total de organismos ( $H_{(11, 2833)}=167.89$ ;  $p<.05$ ), como para machos ( $H_{(11, 1398)}=126.61$ ;  $p<.05$ ) y hembras ( $H_{(11, 1435)}=123.04$ ;  $p<.05$ ) respectivamente (figura 10).

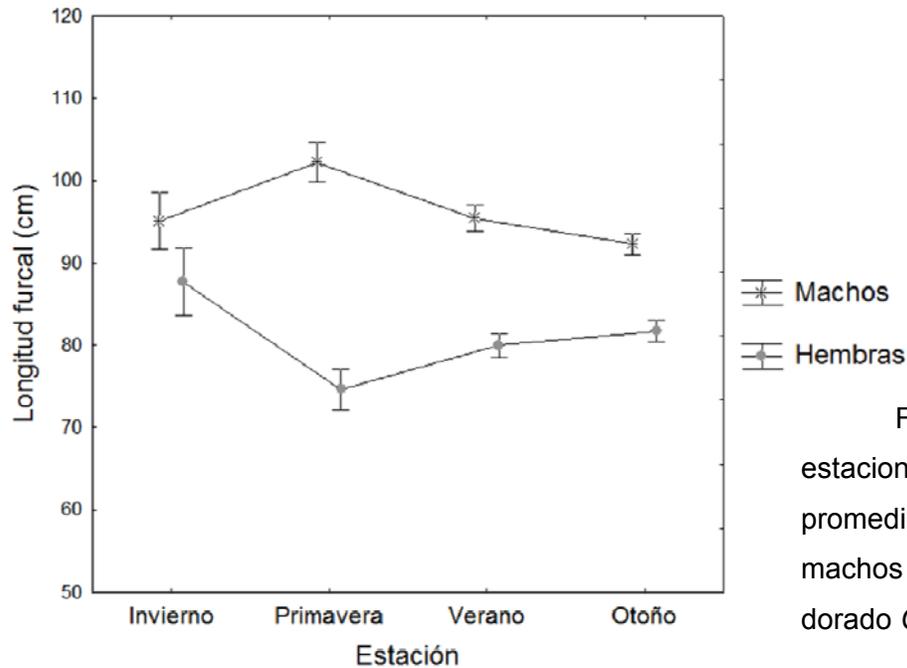


Figura 10. Variación estacional de la talla promedio (cm) para el total, machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*.

La variación interanual de la talla promedio no fue significativa, ni para el total ( $H_{(2, 2833)}=9.364$ ;  $p>.05$ ), ni por sexos [machos ( $H_{(2, 1398)}=6.56$ ;  $p>.05$ ) y hembras ( $H_{(2, 1435)}=7.53$ ;  $p>.05$ )] (figura 11).

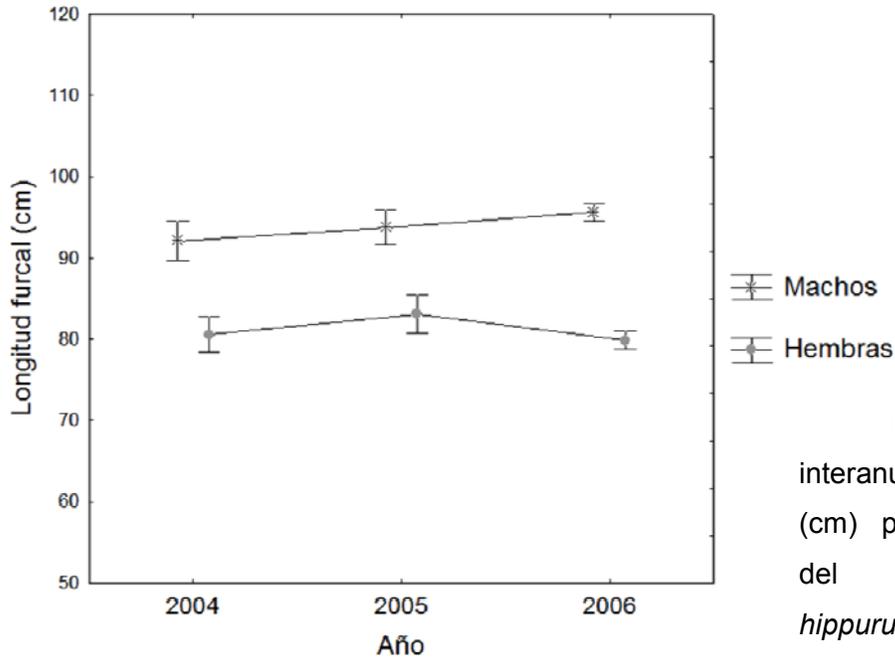


Figura 11. Variación interanual de la talla promedio (cm) para machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*.

### III.2.3. Estructura del peso total (kg)

Del total de organismos muestreados (2839), sólo del 75.5% fue posible obtener el peso total (kg) donde 1102 fueron hembras y 1041 machos. El intervalo de pesos registrado fue de 0.6 a 24.57 (kg), entre 6.5 a 24.5 kg para los machos y de 0.6 a 16.1 kg para las hembras (figura 12).

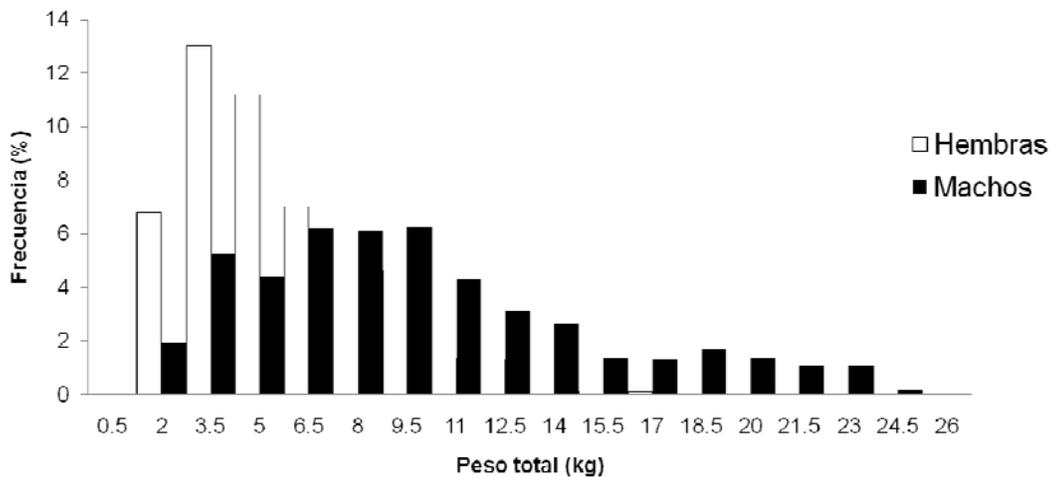


Figura 12. Histograma de frecuencia de peso total (kg), para machos y hembras de dorado *Coryphaena hippurus* durante el periodo de 2004-2006.

La prueba de Kruskal–Wallis (H), indicó diferencias significativas entre el peso promedio considerando el total de organismos por mes ( $H_{(11, 2143)} = 19.53, p < .050$ ), machos ( $H_{(11, 1041)} = 147.20, p < .05$ ) y hembras ( $H_{(11, 1102)} = 102.30, p < .05$ ) (figura 13).

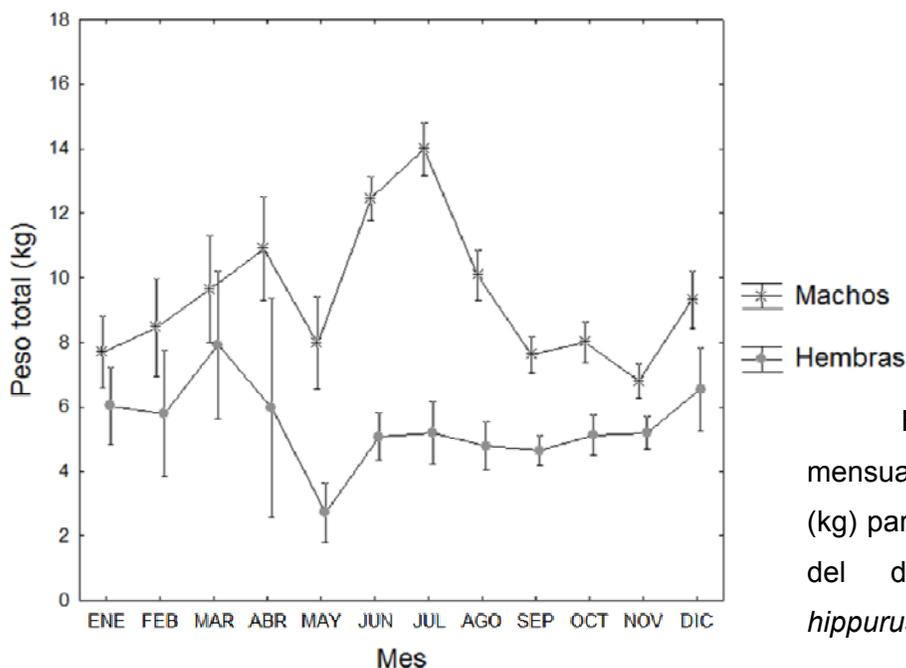


Figura 13. Variación mensual del peso promedio (kg) para hembras y machos del dorado *Coryphaena hippurus*.

También el análisis estacional con el total de organismos ( $H_{(3, 2143)} = 17.67, p < .05$ ), machos ( $H_{(3, 1041)} = 50.22, p < .05$ ) y hembras ( $H_{(3, 1102)} = 50.26, p < .05$ ) fue significativamente diferente (figura 14).

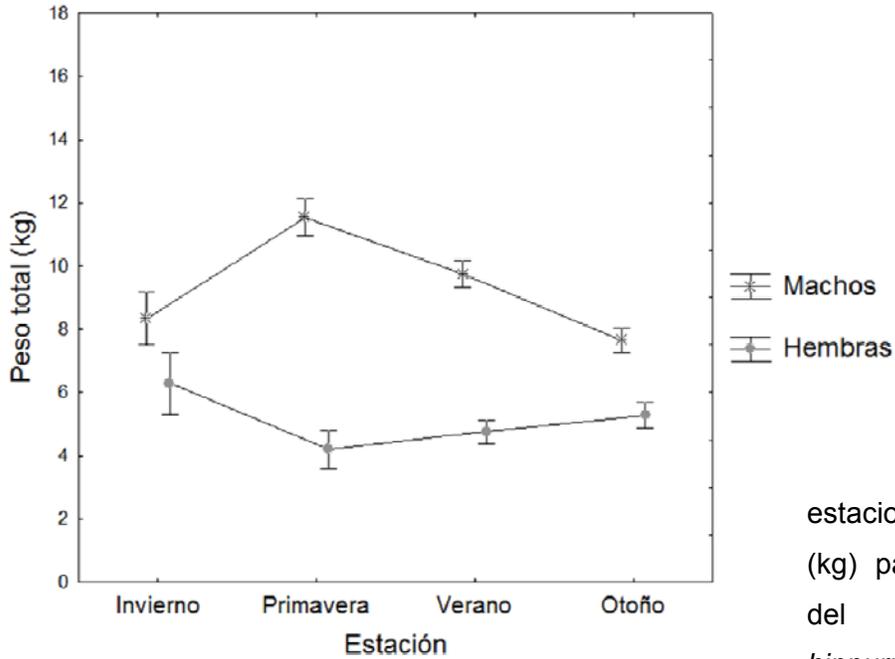


Figura 14. Variación estacional del peso promedio (kg) para hembras y machos del dorado *Coryphaena hippurus*.

Interanualmente, el peso promedio también fue significativamente diferente para el total ( $H_{(2, 2143)} = 21.44, p < .05$ ), machos ( $H_{(2, 1041)} = 25.97, p < .05$ ) y hembras ( $H_{(2, 1102)} = 6.98, p < .05$ ) (figura 15).

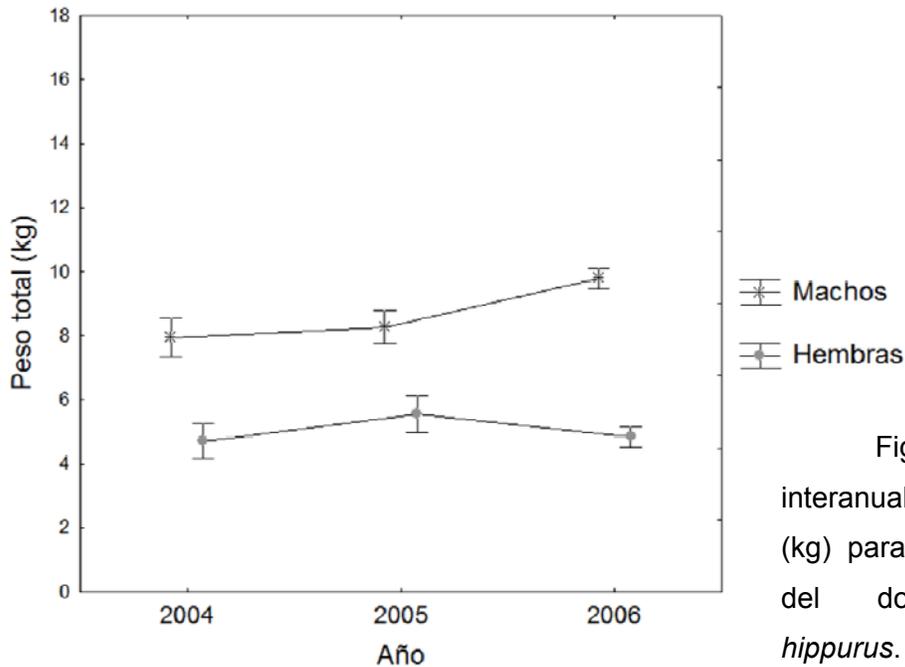


Figura 15. Variación interanual del peso promedio (kg) para hembras y machos del dorado *Coryphaena hippurus*.

### III.2.4. Edad y crecimiento

El número mensual de organismos con escamas por sexo se presentan en la Tabla 3 y figura 16. El mayor número de individuos muestreados se registraron en los meses de septiembre y octubre, con poca representación en los primeros meses del año.

Tabla 3. Registro mensual del número de dorados (hembras y machos) con escamas.

| Mes        | 2004    |        | 2005    |        | 2006    |        |
|------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|            | Hembras | Machos | Hembras | Machos | Hembras | Machos |
| Enero      |         |        |         |        |         |        |
| Febrero    |         |        |         |        | 2       |        |
| Marzo      |         |        |         |        | 4       | 13     |
| Abril      |         |        |         |        | 1       | 5      |
| Mayo       |         |        |         |        | 3       | 7      |
| Junio      |         |        |         |        | 23      | 26     |
| Julio      |         |        |         |        | 1       | 23     |
| Agosto     |         |        |         | 1      | 15      | 19     |
| Septiembre | 30      | 16     | 36      | 34     | 61      | 37     |
| Octubre    | 15      | 4      | 7       | 12     | 64      | 50     |
| Noviembre  |         |        | 10      | 3      | 6       | 10     |
| Diciembre  |         |        |         | 1      |         | 1      |
| Total      | 45      | 20     | 53      | 51     | 180     | 191    |

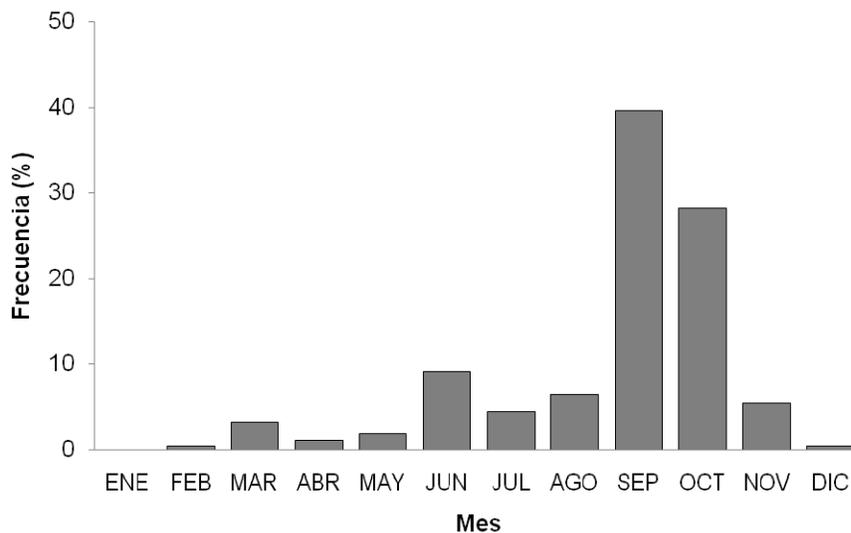


Figura 16. Distribución de frecuencia mensual de los dorados colectados con escamas, durante septiembre 2004 a octubre 2006.

El intervalo de talla del total de los dorados muestreados fue de 45 a 142.5 cm Lf para los machos y de 46.5 a 140 cm Lf para las hembras. Aunque los machos tuvieron representatividad en toda la estructura de tallas, fue claro que a partir de 85 cm Lf estos fueron más abundantes, mientras que las hembras lo fueron en intervalos de talla inferiores (70 a 85 cm Lf) (figura 17).

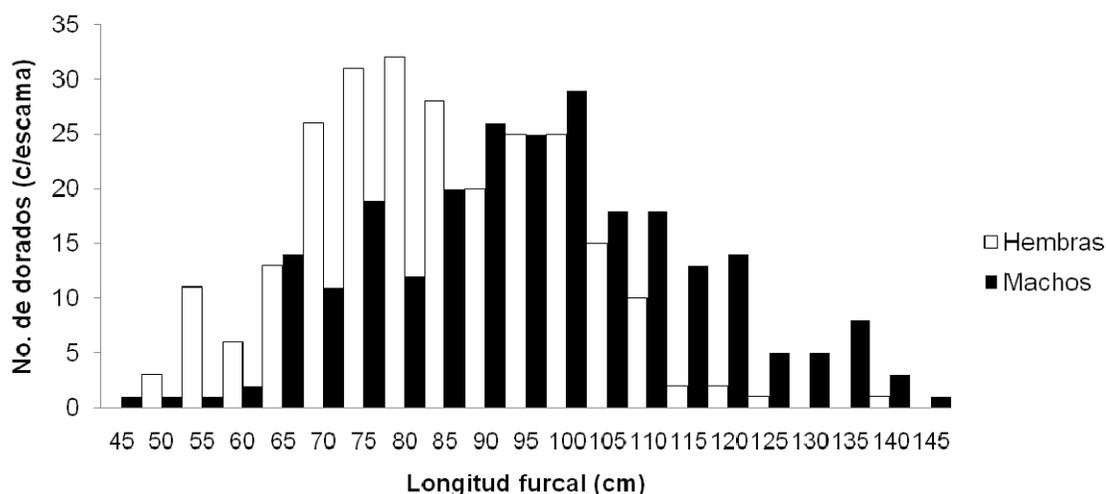


Figura 17. Distribución de la estructura de tallas de los dorados (hembras y machos), colectados con escamas, durante septiembre 2004 a octubre 2006.

### III.2.5 Mediciones de la escama

#### Relación del radio de la escama y longitud furcal

Aunque los valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) obtenidos en la regresión lineal entre el radio total de la escama y la longitud furcal, no fueron considerablemente altos (0.56 para machos y 0.49 para hembras), se observa que si existe una tendencia entre estas dos variables, es decir que conforme aumenta la longitud del organismo aumenta el tamaño de la escama (figura 18), por lo que puede considerarse que la escama es útil para la estimación de la edad y de los parámetros de crecimiento individual del dorado. Las relaciones lineales para hembras y machos quedaron de la siguiente manera:

$$a) Lf = 39.77 + 22.9 (Rt)$$

$$b) Lf = 38.79 + 19.47 (Rt)$$

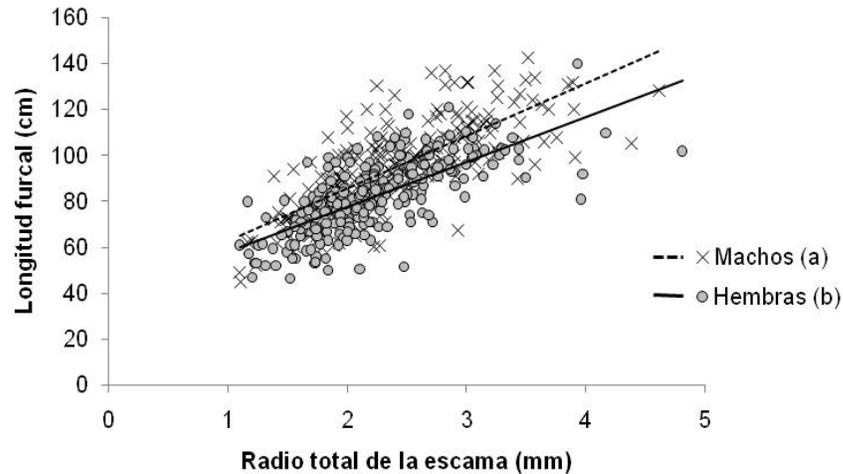


Figura 18. Relación entre la longitud furcal del dorado y el radio total de la escama.

### III.2.6. Lectura de marcas de crecimiento en las escamas

Del número total de dorados con escamas (540), el 8% fue eliminado dado que no fue posible la observación de las marcas de crecimiento en las lecturas hechas, por lo que los análisis posteriores se realizaron con 497 dorados (251 hembras y 246 machos).

La prueba de  $X^2$  no mostró diferencias significativas en las lecturas de las marcas de crecimiento en las escamas, lo que nos permitió asegurar la consistencia en ambas lecturas (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de  $X^2$  para las lecturas de las marcas de crecimiento en escamas.

| Marcas<br>de crecimiento | Lecturas |     | Valor de<br>$X^2$ |
|--------------------------|----------|-----|-------------------|
|                          | 1era     | 2da |                   |
| 0                        | 3        | 4   | 0.14              |
| 1                        | 135      | 129 | 0.14              |
| 2                        | 153      | 164 | 0.38              |
| 3                        | 111      | 122 | 0.52              |
| 4                        | 60       | 53  | 0.43              |
| 5                        | 15       | 10  | 1.00              |
| 6                        | 17       | 14  | 0.29              |
| 7                        | 3        | 1   | 1.00              |

Aproximadamente el 90% de las marcas de crecimiento fueron legibles en ambas lecturas. De tal manera que la segunda lectura fue tomada como base para la clasificación de las edades del dorado. En la Tabla 5 se detalla las estadísticas de cada grupo de edad establecido.

Tabla 5. Clasificación de los grupos de edad del dorado, asignados con base a la lectura de marcas de crecimiento en escamas.

| Gpo.<br>Edad | n   | Media | E. S. | D. S. | Intervalo de Lf cm |       |
|--------------|-----|-------|-------|-------|--------------------|-------|
|              |     |       |       |       | (min)              | (max) |
| 0.0          | 4   | 49.7  | 2.28  | 4.57  | 45.0               | 55.0  |
| 0.5          | 129 | 67.2  | 0.69  | 7.89  | 46.5               | 82.0  |
| 1.0          | 164 | 86.5  | 0.74  | 9.49  | 66.0               | 108.0 |
| 1.5          | 122 | 95.4  | 0.86  | 9.50  | 79.0               | 116.0 |
| 2.0          | 53  | 110.4 | 1.37  | 10.00 | 90.0               | 131.0 |
| 2.5          | 10  | 128.0 | 3.37  | 10.68 | 112.0              | 142.5 |
| 3.0          | 14  | 125.7 | 1.92  | 7.19  | 115.0              | 137.0 |
| 3.5          | 1   | 137.0 | 0.00  | 0.00  | 137.0              |       |

Error estándar (E.S.); Desviación estándar (D.S.)

El lector independiente que fue entrenado para identificar el *annulus* en la escama del dorado en la submuestra, no tuvo diferencias significativas en las dos lecturas que realizó ( $X^2_{(2)} = 0.12, p > 0.05$ ).

### III.2.7. Periodicidad de las marcas de crecimiento

El índice de incremento marginal (IIM), se analizó en 163 dorados. El seguimiento de este índice sólo se pudo hacer en los meses de marzo y de junio a noviembre, ya que fue donde los dorados de 1 año estuvieron presentes en la captura. No se encontraron diferencias significativas en el análisis mensual para el IIM ( $H_{(6, 163)} = 3.33$   $p > 0.05$ ). El valor promedio mensual más alto se obtuvo durante junio del 2006 (1.54 mm) y el mínimo en octubre del 2004 (0.21 mm). Respecto al factor de condición se encontraron diferencias significativas en el análisis mensual ( $H_{(6, 163)} = 15.05$   $p < 0.05$ ). Dado lo anterior el valor promedio mensual más alto estimado para la serie, no coincidió en los mismos meses durante los 3 años, sin embargo presenta una tendencia con el IIM (figura 19).

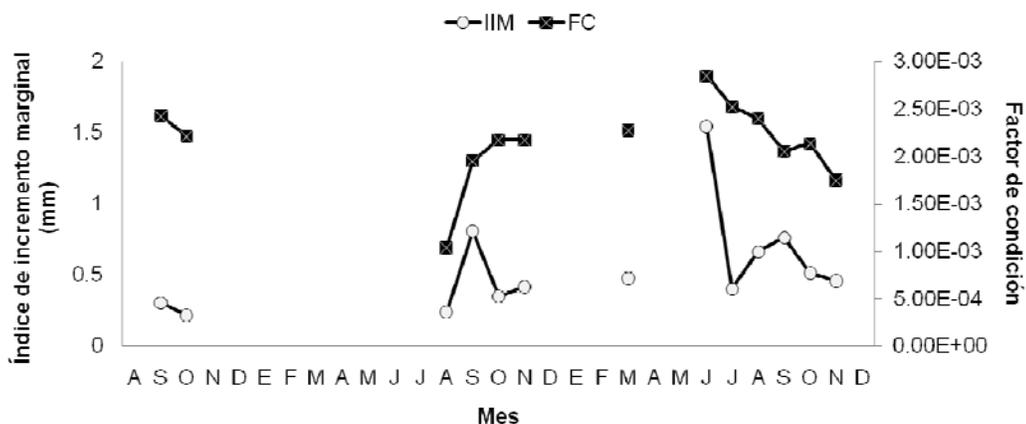


Figura 19. Relación del índice de incremento marginal (IIM) del grupo de edad 1, con el factor de condición, durante los años 2004, 2005 y 2006.

Al relacionar el IIM con los estadios de madurez de los dorados seleccionados, se observó que los estadios más avanzados (IV y VI) coinciden con los valores promedio mensuales más altos del IIM (figura 20).

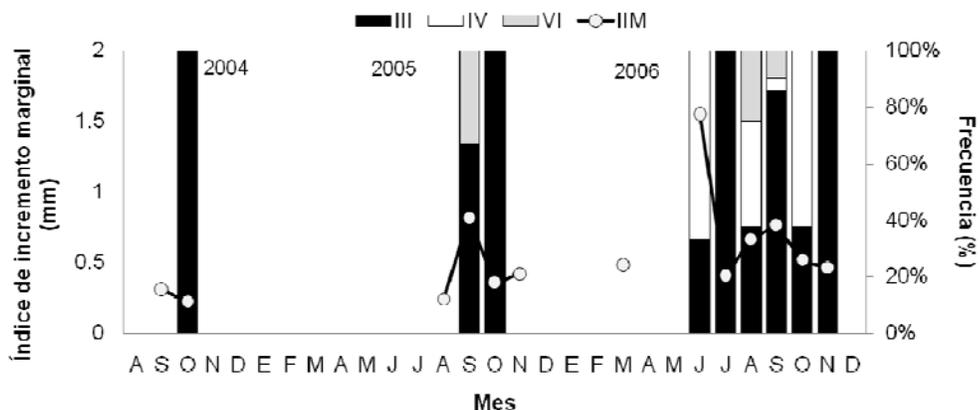


Figura 20. Relación del índice de incremento marginal (IIM) del grupo de edad 1, con los estadios de madurez, durante los años 2004, 2005 y 2006.

La TSM en el área, presentó una variabilidad intra-anual significativa, siendo el mes de septiembre el que se registró los valores más altos. ( $H_{(6, 163)} = 100.99$   $p < 0.05$ ). Al relacionar esta variable con el IIM, se observó que durante el 2004 los dos máximos coinciden, no así durante el 2006 donde se observa un retraso entre el valor más alto estimado de ambas variables (figura 21).

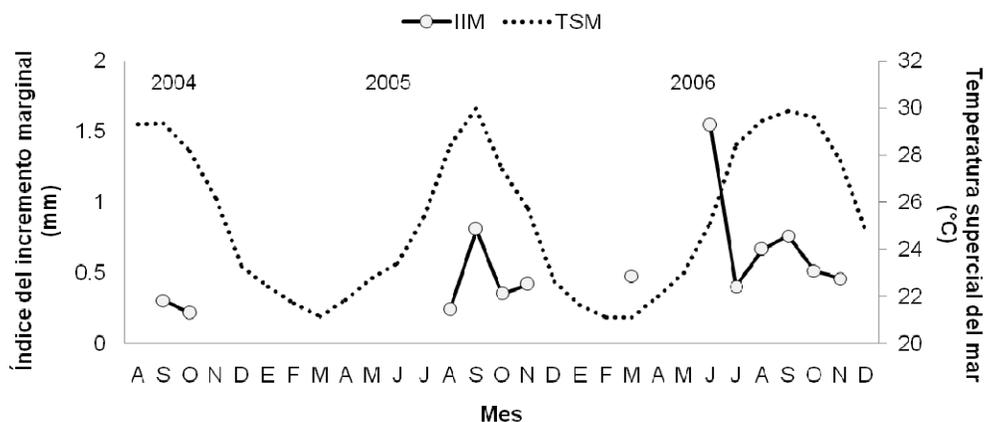


Figura 21. Relación del índice de incremento marginal (IIM) del grupo de edad 1, la temperatura superficial del mar, durante los años 2004, 2005 y 2006.

### III.2.8. Retrocálculo de longitudes

Con el retrocálculo de longitudes, fue posible incrementar el número de muestras de 497 a un total de 1672. En las hembras se obtuvo un aumento de 503 y en los machos de 672 longitudes retrocalculadas (Lf cm) (figura 22).

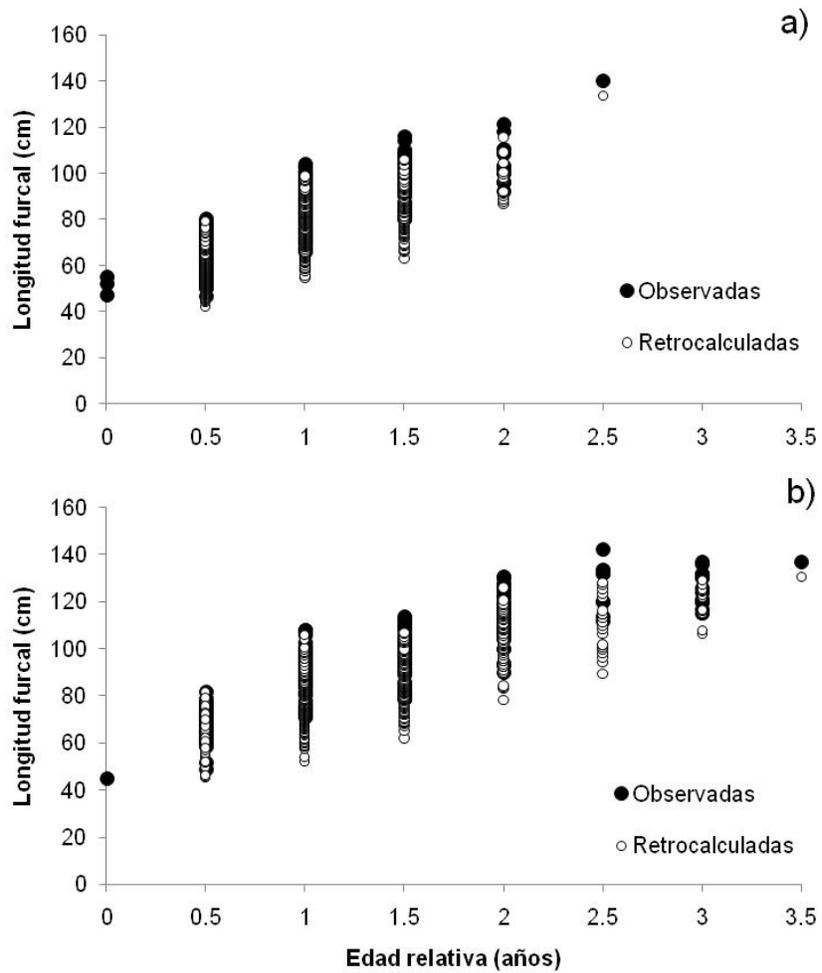


Figura 22. Longitudes observadas y retrocalculadas por grupo de edad en hembras (a) y machos (b) de dorado *Coryphaena hippurus* en la región de B.C.S. durante el periodo de septiembre del 2004 a diciembre del 2006.



### Relación peso total (kg) y la longitud furcal (cm) por estación

El análisis de los valores de “b” estimados para hembras y machos por estación, dio como resultado un crecimiento de tipo alométrico negativo, a excepción de los machos durante el invierno y el otoño, los cuales presentaron valores cercanos a 3, es decir un crecimiento de tipo isométrico (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros de la relación entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras y machos del dorado *Coryphaena hippurus* por estación.

| <b><i>Invierno</i></b>  | <b>n</b> | <b>A</b>                 | <b>b</b> | <b>r<sup>2</sup></b> | <b>E.S.</b> | <b>P</b>        |
|-------------------------|----------|--------------------------|----------|----------------------|-------------|-----------------|
| Hembras                 | 66       | 2.53 x 10 <sup>-05</sup> | 2.76     | 0.96                 | 0.071       | 0.001           |
| Machos                  | 92       | 1.28 x 10 <sup>-05</sup> | 2.93     | 0.90                 | 0.109       | <b>0.53 NS</b>  |
| <b><i>Primavera</i></b> |          |                          |          |                      |             |                 |
| Hembras                 | 176      | 3.63 x 10 <sup>-05</sup> | 2.67     | 0.94                 | 0.048       | 0.000           |
| Machos                  | 175      | 2.61 x 10 <sup>-05</sup> | 2.78     | 0.96                 | 0.068       | 0.002           |
| <b><i>Verano</i></b>    |          |                          |          |                      |             |                 |
| Hembras                 | 453      | 3.90 x 10 <sup>-05</sup> | 2.65     | 0.94                 | 0.048       | 0.000           |
| Machos                  | 367      | 2.39 x 10 <sup>-05</sup> | 2.80     | 0.92                 | 0.068       | 0.000           |
| <b><i>Otoño</i></b>     |          |                          |          |                      |             |                 |
| Hembras                 | 407      | 1.52 x 10 <sup>-05</sup> | 2.86     | 0.90                 | 0.052       | 0.006           |
| Machos                  | 406      | 1.27 x 10 <sup>-05</sup> | 2.92     | 0.90                 | 0.050       | <b>0.133 NS</b> |

E.S. = (error estándar)

Diferencias NS = no significativas

### III.2.10. Crecimiento individual en longitud

Los parámetros de la ECVB, obtenidos en las dos primeras combinaciones se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados en las dos primeras combinaciones para hembras, machos y total del dorado *Coryphaena hippurus*, durante el periodo de estudio.

| <b>1) Observados</b>          |          |                      |          |                      |           |                      |
|-------------------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|-----------|----------------------|
|                               | <b>N</b> | <b>L<sub>∞</sub></b> | <b>K</b> | <b>t<sub>0</sub></b> | <b>φ'</b> | <b>r<sup>2</sup></b> |
| Hembras                       | 251      | 152.8                | 0.40     | -0.94                | 3.97      | 0.67                 |
| Machos                        | 246      | 159.9                | 0.41     | -0.85                | 4.02      | 0.75                 |
| Total                         | 497      | 171.9                | 0.34     | -0.97                | 4.00      | 0.73                 |
| <b>2) Observados + larvas</b> |          |                      |          |                      |           |                      |
| Hembras                       | 251 + 10 | 102.8                | 1.68     | -0.09                | 4.25      | 0.77                 |
| Machos                        | 246 + 10 | 122.7                | 1.14     | -0.10                | 4.23      | 0.82                 |
| Total                         | 497 + 10 | 117.4                | 1.20     | -0.13                | 4.22      | 0.79                 |

En la figura 24 se observa la representación del crecimiento individual del dorado en donde se pueden observar las diferencias marcadas en los parámetros de crecimiento ( $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ ), obtenidos en ambas combinaciones. El crecimiento diferencial entre las hembras y machos, se hizo más notable en la segunda estimación, en la cual se puede observar que el crecimiento de los dorados (machos) es mayor separándose de las hembras cuando alcanzan una talla aproximada de 80 cm Lf, con una edad de alrededor de 1 año (figura 24).

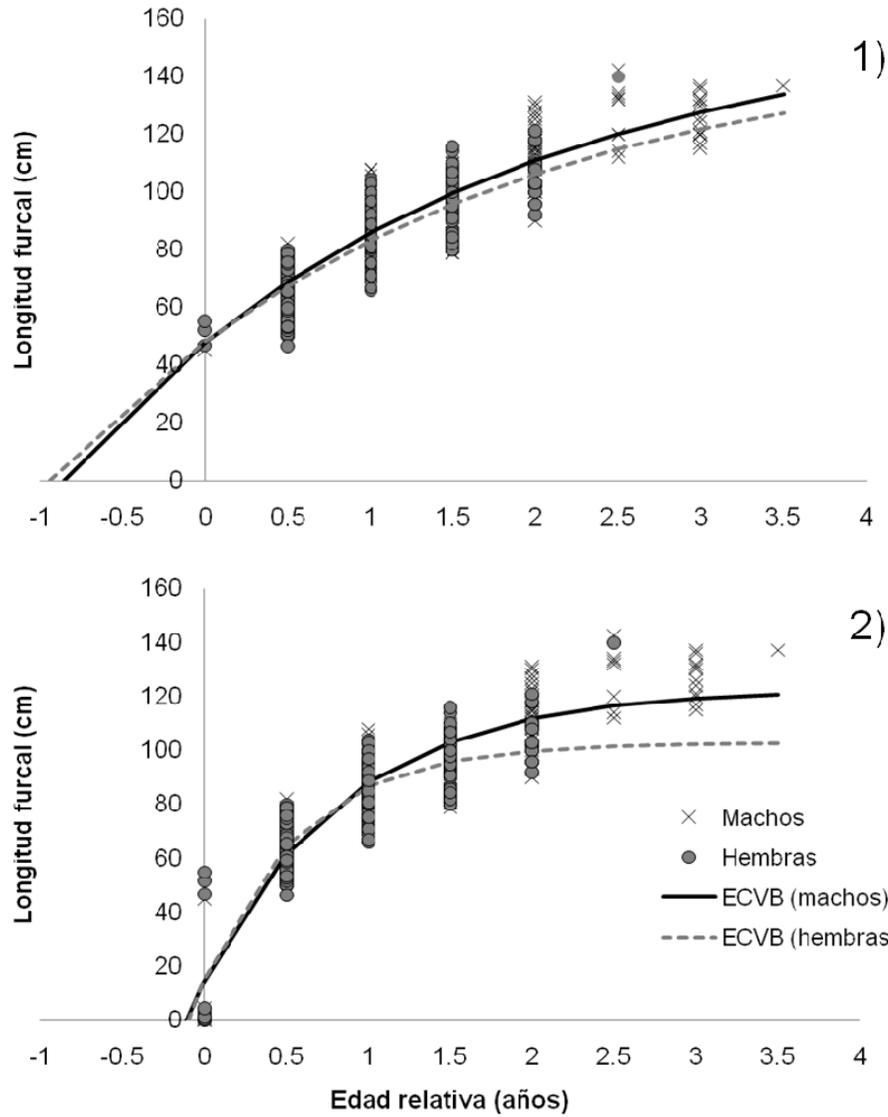


Figura 24. Representación del modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy para machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus* (1) con la información de los datos observados y (2) con los datos observados incluyendo la información de las larvas.

### III.2.11. Crecimiento individual en peso

El valor del peso asintótico o valor máximo promedio estimado para el total de los datos analizados durante el periodo de estudio fue de 14.18 (kg), el valor estimado sólo para machos fue más alto (16.59 kg), no así las hembras que estuvieron muy por debajo de estos con un valor de 8.58 kg (Tabla 9). Se observó que el crecimiento en peso de ambos sexos es similar durante los primeros grupos de edad (0 – 0.5 años). Sin embargo cuando los dorados alcanzan la edad de un año, el crecimiento se separa marcadamente, alcanzando los machos valores más elevados que las hembras (figura 25).

Tabla 9. Valores de peso asintótico ( $W_{\infty}$ ) calculados para hembras, machos y el total del dorado *Coryphaena hippurus* durante el periodo de estudio.

| $W_{\infty}$   | 2004  | 2005  | 2006  | 2004-2005 |
|----------------|-------|-------|-------|-----------|
| <b>Hembras</b> | 8.71  | 12.17 | 7.35  | 8.58      |
| <b>Machos</b>  | 16.34 | 11.24 | 16.66 | 16.59     |
| <b>Total</b>   | 12.69 | 12.30 | 15.46 | 14.18     |

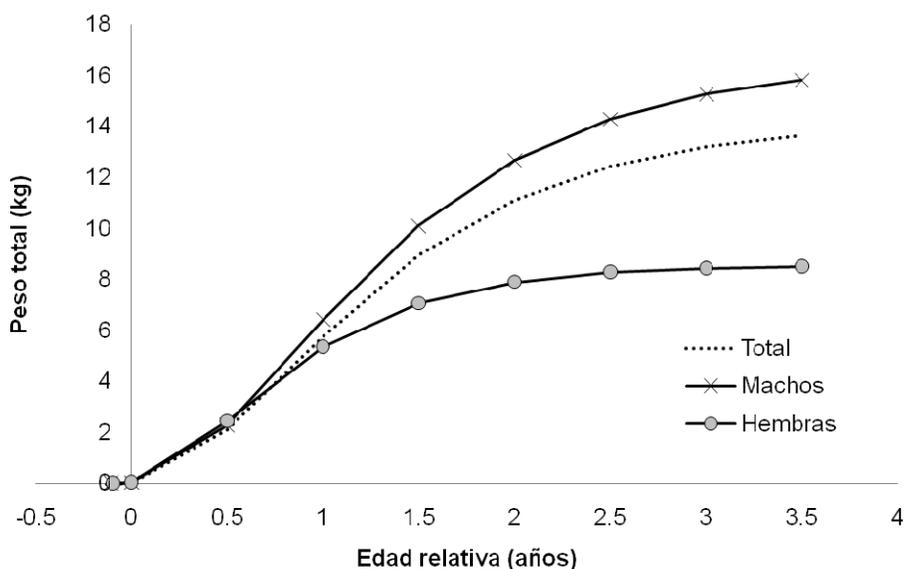


Figura 25. Representación del modelo de crecimiento en peso para el total, machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*.

### III.2.12. Tasas de crecimiento relativo individual en longitud y peso

Los resultados de los análisis del crecimiento relativo individual del dorado, presentaron un crecimiento acelerado en los 6 primeros meses de vida (0.5 año), principalmente en longitud, ya que puede alcanzar entre 38% a 57% de su longitud máxima estimada durante ese periodo. No así en el crecimiento en peso, ya que en los primeros grupos de edad de 0 a 0.5 año del dorado, los valores varían entre 13.5% a 28.4%. En el crecimiento en longitud de ambos sexos la tasa relativa de crecimiento fue semejante, sin embargo en el crecimiento en peso se pudo observar que las hembras disminuyen su crecimiento antes que los machos (figura 26 y Tabla 10). La tasa de crecimiento individual en longitud por día, para las hembras fue de 2.74 mm/día, en los machos de 2.6 mm/día y 2.48 mm/día para el total y en el crecimiento en peso las estimaciones fueron de 13.20 gr/día, 12.33 gr/día y 11.28 gr/día, para hembras, machos y el total respectivamente.

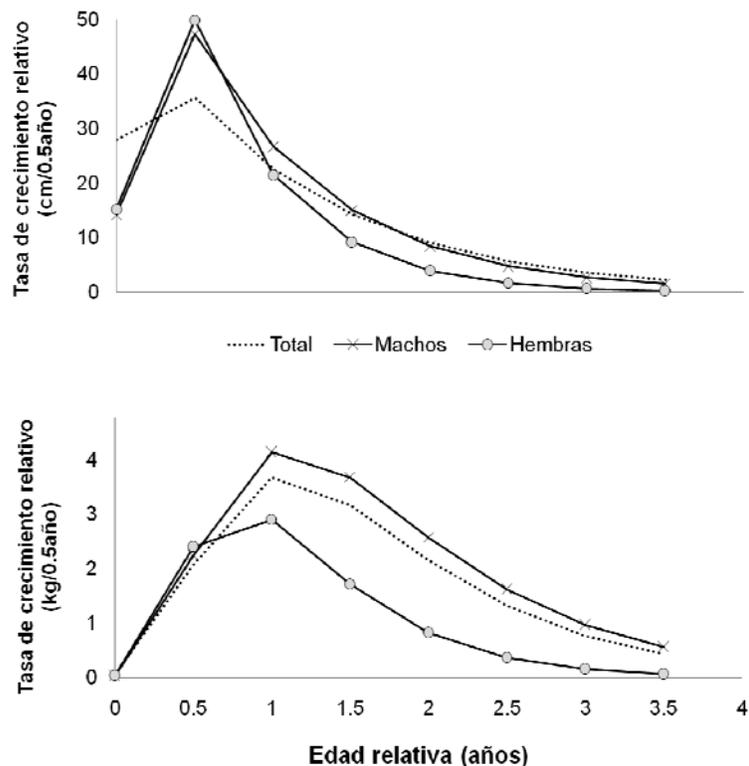


Figura 26. Tasa de crecimiento relativo en longitud (cm/0.5 año) y en peso (kg/0.5 año) para el total, machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*.

Tabla 10. Tasas de crecimiento estimadas para el crecimiento en longitud y peso, para hembras, machos y el total del dorado *Coryphaena hippurus* capturado durante 2004 - 2006.

| <b>Edad (años)</b> | <b>Lf (cm) estimada (hembras)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> | <b>Lf (cm) estimada (machos)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> | <b>Lf (cm) estimada (total)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> |
|--------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|---|---------------------------------|---|
| <b>0.0</b>         | 15.24                             |   | 14.19                            |   | 16.95                           |   |
| <b>0.5</b>         | 65.16                             | 49.92                                     | 61.51                            | 47.32                                     | 62.27                           | 45.31                                     |
| <b>1.0</b>         | 86.64                             | 21.48                                     | 88.20                            | 26.69                                     | 87.14                           | 24.87                                     |
| <b>1.5</b>         | 95.88                             | 9.24                                      | 103.26                           | 15.05                                     | 100.79                          | 13.64                                     |
| <b>2.0</b>         | 99.86                             | 3.98                                      | 111.75                           | 8.49                                      | 108.28                          | 7.49                                      |
| <b>2.5</b>         | 101.57                            | 1.71                                      | 116.54                           | 4.79                                      | 112.39                          | 4.11                                      |
| <b>3.0</b>         | 102.30                            | 0.74                                      | 119.24                           | 2.70                                      | 114.65                          | 2.25                                      |
| <b>3.5</b>         | 102.62                            | 0.32                                      | 120.76                           | 1.52                                      | 115.89                          | 1.23                                      |
| <b>Edad (años)</b> | <b>Pt (kg) estimado (hembras)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> | <b>Pt (kg) estimado (machos)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> | <b>Pt (kg) estimado (total)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> |
| <b>0.0</b>         | 0.05                              |   | 0.03                             |   | 0.04                            |   |
| <b>0.5</b>         | 2.45                              | 2.41                                      | 2.28                             | 2.25                                      | 2.10                            | 2.06                                      |
| <b>1.0</b>         | 5.36                              | 2.90                                      | 6.43                             | 4.14                                      | 5.78                            | 3.68                                      |
| <b>1.5</b>         | 7.07                              | 1.72                                      | 10.10                            | 3.68                                      | 8.96                            | 3.17                                      |
| <b>2.0</b>         | 7.91                              | 0.83                                      | 12.67                            | 2.57                                      | 11.12                           | 2.15                                      |
| <b>2.5</b>         | 8.28                              | 0.38                                      | 14.30                            | 1.62                                      | 12.43                           | 1.31                                      |
| <b>3.0</b>         | 8.45                              | 0.17                                      | 15.27                            | 0.97                                      | 13.20                           | 0.76                                      |
| <b>3.5</b>         | 8.52                              | 0.07                                      | 15.83                            | 0.57                                      | 13.66                           | 0.43                                      |

### III.2.13. Estructura de edades

#### Estructura de edades por año

La composición de los grupos de edad del total de los dorados (hembras y machos) capturados por ambas flotas (deportiva y artesanal), durante el periodo de septiembre del 2004 a noviembre del 2006, lo constituyeron principalmente los grupos de edad de 0.5 a 1.5 años. En las hembras la representatividad fue mayor en las edades chicas, con una sola de 2.5 años durante el 2006. Aunque los machos estuvieron presentes en todos los grupos de edad, estos fueron los únicos que presentaron edades de más de 2 años (figura 27).

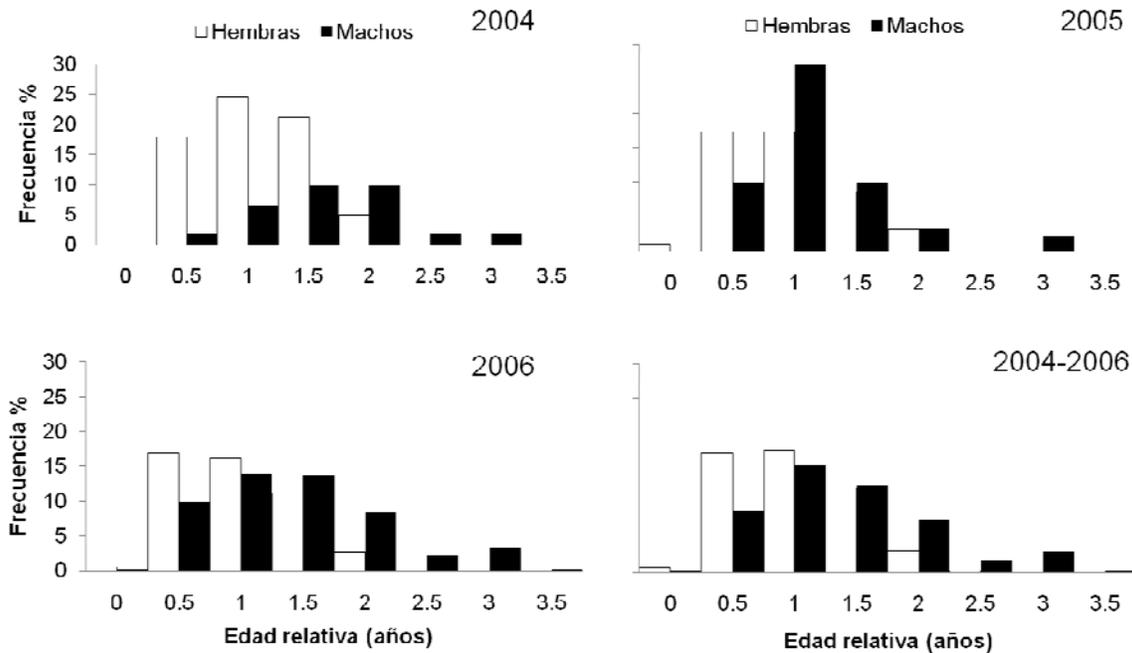


Figura 27. Composición de edades de las hembras y machos de dorado *Coryphaena hippurus* capturados durante septiembre del 2004 a octubre del 2006.

Dado lo anterior, la prueba de  $X^2$  indicó diferencias significativas en las primeras edades, debida a las hembras principalmente de 0.5 años, y en los machos a partir de la edad de 2 años. Sin embargo en la variación interanual por sexos, no se encontraron diferencias en la edad de 0.5, 1 y 1.5 años, a excepción del 2004 (Tabla 11).

Tabla 11. Frecuencias de los grupos de edad para machos y hembras durante 2004 - 2006 y su variación significativa mediante la prueba de  $X^2$ .

| Gpo.<br>Edad | 2004      |             | 2005      |              | 2006       |               | 2004 - 2006 |            |
|--------------|-----------|-------------|-----------|--------------|------------|---------------|-------------|------------|
|              | Hembras   | Machos      | Hembras   | Machos       | Hembras    | Machos        | Hembras     | Machos     |
| 0.0          | 0         | 0           | 1         | 0            | 2          | 1             | 3           | 1          |
| 0.5          | 11        | 1 *         | 16        | 9 NS         | 58         | 34 NS         | 85          | 44 *       |
| 1.0          | 15        | 4 *         | 16        | 25 NS        | 56         | 48 NS         | 87          | 77 NS      |
| 1.5          | 13        | 6 NS        | 8         | 9 NS         | 39         | 47 NS         | 60          | 62 NS      |
| 2.0          | 3         | 6 NS        | 3         | 3 NS         | 9          | 29 *          | 15          | 38 *       |
| 2.5          | 0         | 1           | 0         | 0            | 1          | 8             | 1           | 9 *        |
| 3.0          | 0         | 1           | 0         | 2            | 0          | 11 *          | 0           | 14 *       |
| 3.5          | 0         | 0           | 0         | 0            | 0          | 1             | 0           | 1          |
| <b>Total</b> | <b>42</b> | <b>14 *</b> | <b>44</b> | <b>48 NS</b> | <b>165</b> | <b>139 NS</b> | <b>251</b>  | <b>246</b> |

Diferencias: NS = no significativas \* significativas ( $p < 0.05$ )

### Estructura de edades por mes

El análisis de la estructura de edades por mes mostró que los meses de agosto, septiembre y octubre, juegan un papel importante en las capturas, principalmente en los dorados con edades de 1, 1.5 y 2 años, además que no se encontraron diferencias significativas en la prueba de  $X^2$  (Tabla 12 y figura 28).

Tabla 12. Frecuencia mensual de los grupos de edad para machos y hembras durante septiembre del 2004 a diciembre del 2006 y su variación significativa mediante la prueba de  $\chi^2$ .

| Mes          | <b>Grupo de edad</b> |             |            |             |            |              |            |              |
|--------------|----------------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|
|              | <b>0.0</b>           |             | <b>0.5</b> |             | <b>1.0</b> |              | <b>1.5</b> |              |
|              | Hembras              | Machos      | Hembras    | Machos      | Hembras    | Machos       | Hembras    | Machos       |
| Enero        | 0                    | 0           | 0          | 0           | 0          | 0            | 0          | 0            |
| Febrero      | 0                    | 0           | 1          | 0           | 0          | 0            | 1          | 0            |
| Marzo        | 0                    | 0           | 0          | 1           | 3          | 4 NS         | 0          | 5            |
| Abril        | 0                    | 0           | 0          | 0           | 0          | 0            | 1          | 3 NS         |
| Mayo         | 2                    | 1 NS        | 1          | 5 NS        | 0          | 0            | 0          | 1            |
| Junio        | 0                    | 0           | 11         | 11 NS       | 4          | 0            | 4          | 6 NS         |
| Julio        | 0                    | 0           | 0          | 1           | 0          | 2            | 0          | 1            |
| Agosto       | 0                    | 0           | 2          | 2 NS        | 8          | 3 NS         | 3          | 5 NS         |
| Septiembre   | 1                    | 0           | 34         | 10 *        | 46         | 39 NS        | 23         | 18 NS        |
| Octubre      | 0                    | 0           | 33         | 12 *        | 23         | 22 NS        | 21         | 18 NS        |
| Noviembre    | 0                    | 0           | 3          | 1 NS        | 3          | 7 NS         | 7          | 4 NS         |
| Diciembre    | 0                    | 0           | 0          | 1           | 0          | 0            | 0          | 1            |
| <b>Total</b> | <b>3</b>             | <b>1 NS</b> | <b>85</b>  | <b>44 *</b> | <b>87</b>  | <b>77 NS</b> | <b>60</b>  | <b>62 NS</b> |

| Mes          | <b>Grupo de edad</b> |             |            |            |            |             |            |            |
|--------------|----------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
|              | <b>2.0</b>           |             | <b>2.5</b> |            | <b>3.0</b> |             | <b>3.5</b> |            |
|              | Hembras              | Machos      | Hembras    | Machos     | Hembras    | Machos      | Hembras    | Machos     |
| Enero        | 0                    | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| Febrero      | 0                    | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| Marzo        | 0                    | 2           | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| Abril        | 0                    | 1           | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| Mayo         | 0                    | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| Junio        | 2                    | 5 NS        | 0          | 1          | 0          | 2           | 0          | 0          |
| Julio        | 1                    | 10 *        | 0          | 2          | 0          | 6           | 0          | 0          |
| Agosto       | 1                    | 3 NS        | 0          | 3          | 0          | 2           | 0          | 1          |
| Septiembre   | 4                    | 12 NS       | 1          | 1          | 0          | 1           | 0          | 0          |
| Octubre      | 5                    | 4 NS        | 0          | 2          | 0          | 3           | 0          | 0          |
| Noviembre    | 2                    | 1 NS        | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| Diciembre    | 0                    | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          |
| <b>Total</b> | <b>15</b>            | <b>38 *</b> | <b>1</b>   | <b>9 *</b> | <b>0</b>   | <b>14 *</b> | <b>0</b>   | <b>1 *</b> |

Diferencias: NS = no significativas \* significativas (  $p < 0.05$  )

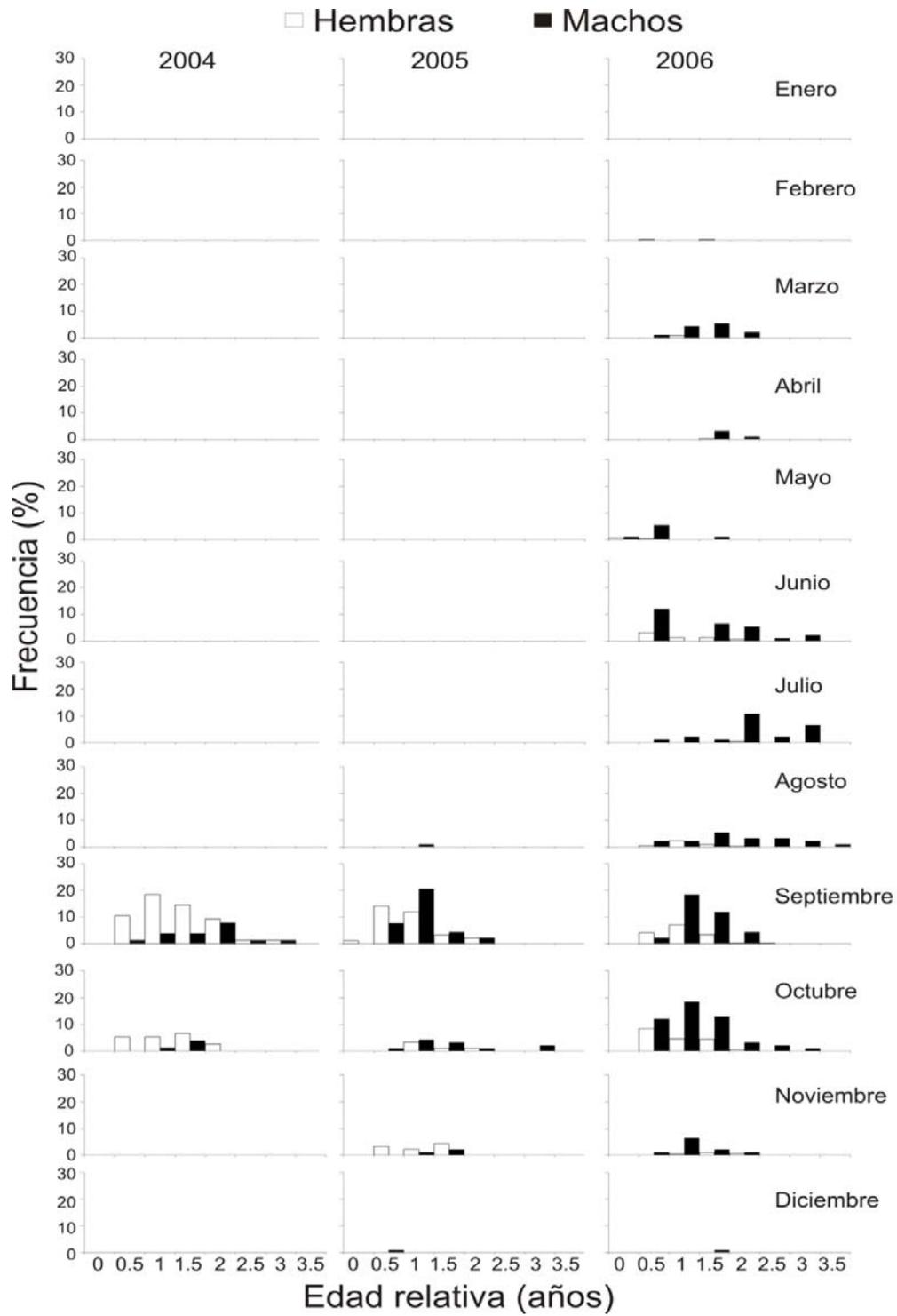


Figura 28. Composición de edades de las hembras y machos de dorado *Coryphaena hippurus*, en la captura durante septiembre del 2004 a diciembre del 2006.

### III.3. Discusión

#### Estacionalidad de las capturas

La pesquería del dorado *Coryphaena hippurus* en la región noroeste del Pacífico Mexicano, tiene una marcada estacionalidad durante los meses de verano-otoño (Torres-Alfaro, 1996; Zúñiga-Flores, 2002; Santana-Hernández, 2001; Klett *et al.*, 1996; Zúñiga-Flores, *et al.*, 2008). Siendo en el estado de Baja California Sur donde se registra la captura más importante por parte de la pesca deportiva comparada con otros estados como Sinaloa y Sonora, donde ésta es una de las principales actividades (CONAPESCA, 2009). Dicha estacionalidad se ha adjudicado a diversos factores entre ellos la presencia de objetos flotantes (Zúñiga *et al.*, 2008), la disponibilidad de alimento (Aguilar *et al.*, 1993), zona y época de reproducción (García-Melgar, 1995), pero a la fecha la más aceptada es quizás debido al incremento en la temperatura superficial del mar, inicialmente a los 25 °C (Castro *et al.*, 1996) y entre los intervalos de 26 °C a 28 °C (Zúñiga *et al.*, 2008). No obstante que el dorado estuvo presente en casi todas las colectas realizadas a lo largo del periodo analizado, el 65% correspondió a los meses cálidos de septiembre, octubre y noviembre, en tanto que durante los primeros meses del año fue muy escaso. Mundialmente esta especie es reconocida como altamente migratoria (FAO, 1994), sin embargo para la población residente en el Océano Pacífico y en particular en las costas mexicanas, no se cuenta con información de sus migraciones anuales. A pesar de esto, en estudios recientes se han sugerido rutas migratorias, dada la temporalidad de captura en las distintas regiones costeras y la mayoría coinciden en que la ruta del dorado se da de sur a norte, iniciando en las costas de Chiapas y Oaxaca y llegando hasta Baja California Sur con penetración en el Golfo de California presentando además desplazamientos hasta Baja California en años anómalamente cálidos (Jiménez *et al.*, 2006; Alejo *et al.*, 2006; Anónimo, 2007; Anónimo, 2008, Hamman *et al.*, 1992; Norton, 1999).

La única hipótesis de migración planteada formalmente para la especie, es la hecha para la población del Atlántico Central Oeste (Oxenford *et al.*, 1999). Sin

embargo en un estudio reciente en donde se capturaron organismos durante la primera parte del año en la parte Carolina del Norte (EUA), temporada en la que según no debería de estar presente, ha ocasionado que se plantee que quizás la población de dorado se exhiba aun 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 los individuos presenten quizás diferentes rutas de migración, aunado a temporalidades diferentes (Schwenke *et al.*, 2008). Situación que podría presentarse también el Pacífico Mexicano, como se discute posteriormente.

### **Estructura de tallas**

El rango de tallas del dorado colectado en los diferentes estados de la región noroeste se ha reportado desde 29 cm Lf a 170 cm Lf (Torres-Alfaro, 1996; Anónimo, 2007). No obstante todas coinciden con presentar modas a los 70, 80 y 100 cm Lf, coincidiendo para este trabajo en dos, una a los 80 cm Lf y otra a los 100 cm Lf. En contraste a lo anterior, en las regiones del sur (Oaxaca y Chiapas) se presenta una estructura de tallas bimodal claramente definida, con una moda a los 60 cm Lf y otra a los 110 cm Lf (Alejo *et al.*, 2006), con una evidente ausencia de los individuos de talla intermedia que bien pudieran ser los representantes de la captura de la zona noroeste. Aunque esto evidentemente sugiere un patrón migratorio de la especie, el hecho de encontrar individuos pequeños en casi todas las regiones donde se le captura, ocasiona que el sistema de migración se vea más complejo y difícil de interpretar.

Durante la temporada, se notaron diferencias tanto en la talla como el peso promedio mensual, en el caso de los machos los más grandes se capturaron durante junio y julio, no así para las hembras las cuales se capturaron durante marzo y diciembre. En ambos sexos la talla mínima promedio se encontró en el mes de mayo, lo que nos pudiera sugerir el mes o el inicio de temporada del reclutamiento, algo similar es reportado para la región de Mazatlán, Sinaloa (Zúñiga-Flores, 2002). La

mayoría de los organismos grandes fueron machos, a este respecto se ha sugerido que esto es debido a que sus requerimientos energéticos son mayores que el de las hembras principalmente en etapa adulta debido a su comportamiento voraz (Rose *et al.*, 1968; Schwenke *et al.*, 2008). Se presentaron evidencias que los pescadores deportivos están siendo selectivos al capturar machos grandes y hembras chicas. Esto de cierta manera está justificado por el objetivo que persigue esta pesquería, ya que al ser deportiva – recreativa, significa que su interés no es lucrativo si no que persiguen obtener individuos grandes que ejerzan lucha al ser capturados.

## **Edad y crecimiento**

### **Lectura de marcas de crecimiento en las 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 *et al.*, 1968; Torres-Alfaro, 1996; Massutí *et al.*, 1999; Schwenke *et al.*, 2008), otolitos sagitta y lapillus (Morales-Nin *et al.*, 1999; Schwenke *et al.*, 2008) y en menor caso las vértebras (Morales-Nin *et al.*, 1999; Núñez-Orozco, 2008). Sin embargo se ha mencionado que la escama es la estructura más adecuada para la lectura del *annuli*, ya que en el caso de los otolitos se vuelve difícil leer los anillos diarios de organismos 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 (Morales-Nin *et al.*, 1999; Massutí *et al.*, 1999). En este caso se obtuvo un buen ajuste en la relación lineal entre el radio total de la escama y la longitud furcal, indicándonos que el crecimiento es proporcional al crecimiento del dorado. Lo anterior coincide con lo mencionado por los diversos autores que han utilizado la escama como la estructura dura para la representación del crecimiento individual del dorado en otras regiones del mundo (Beardsley, 1967; Rose *et al.*, 1968; Torres-Alfaro, 1996; Massutí *et al.*, 1999; Schwenke *et al.*, 2008).

Schwenke *et al.* (2008), menciona que el *annuli* en edades de más de 1 año es relativamente fácil de interpretar con los criterios establecidos por Beardsley,

(1967), dado el alto grado de concordancia entre las lecturas hechas tanto por el mismo investigador como por dos independientes. Esto se demostró en este trabajo ya que se obtuvo un acuerdo del 90% y la prueba de  $X^2$  no fue significativa en las lecturas de las marcas de crecimiento realizadas por el mismo autor, sin embargo no se pudo comparar las lecturas con el segundo lector, ya que él sólo leyó la parte seleccionada al azar en organismos que ya tuviesen al menos un *annuli* presente y no todo el total de la muestra.

### **Periodicidad de las marcas de crecimiento**

La validación del *annuli* en escamas comúnmente se hace mediante el análisis del índice de incremento marginal (IIM). Dado que este es un método indirecto de validación y es de uso común en la mayoría de los trabajos de determinación de edad, se han descrito una serie de criterios que se tienen que cumplir para que su interpretación se haga de manera correcta, dentro de estos están: a) el cumplimiento de dos ciclos completos o al menos las dos marcas que correspondan a la marca de crecimiento rápido y lento y b) restricción de pocos grupos de edad (Campana, 2001). Para esta especie se tienen validaciones del *annuli* en la región de Carolina del Norte, donde se considera que noviembre es el periodo de formación del mismo debido a que se observó un decremento notable en los valores del IIM de octubre a noviembre (Beardsley, 1967; Schwenke *et al.*, 2008). Esto mismo parece coincidir con lo encontrado en este estudio ya que durante octubre y noviembre, se presentaron valores bajos del IIM, precedidos de valores altos.

En el caso de junio del 2006, mes en el que se obtuvo el valor más alto (a pesar de ser sólo cuatro los individuos analizados), fue necesario considerarlos, ya que es posible que estos pertenezcan a una cohorte diferente a las que normalmente se muestrean durante las temporadas de finales de verano e inicio del otoño. Algo similar es reportado por Schwenke *et al.* (2008), quien menciona que debido a que el dorado es un recurso migratorio, es posible que se den mezclas de cohortes durante la temporada de marcación de la escama e incluso pueden observarse valores relativamente altos durante la primavera e inicio del verano. Sobre esto, en un trabajo reciente sobre genética de poblaciones realizado en el Golfo de California, durante

2005 y 2006, se reporta que existieron diferencias entre el número de migrantes de un año a otro, planteándose la hipótesis de una migración diferencial en donde posiblemente CSL es un punto de transición por donde se están moviendo una gran cantidad de individuos hacia diferentes puntos del Golfo de California (Tripp-Valdez, 2009). Esto significaría que durante el 2005 la dispersión del dorado pudo ser retenida en ciertas regiones, no así durante el 2006 donde el dorado proveniente de otras regiones pudo llegar al área de estudio. Aunado a esto que en la región ya existía un estudio previo de estimación de edad del dorado, la validación no es muy clara. En él se observó que de abril a noviembre el ancho del margen aumenta y de diciembre a marzo disminuye, y se propone que en este último periodo se da la formación de la marca. Algo a considerar es que en dicho trabajo no se especifica con cuales grupos de edad se hizo la validación, aunado a que no se utilizó el IIM sino que fue la medición del ancho del margen, definido por el mismo autor como el ancho del borde de la escama (Torres-Alfaro, 1996). Sin embargo, se logra definir la periodicidad anual de formación de las marcas de crecimiento y que ésta mantiene una relación estrecha con la variación anual de la temperatura superficial del mar (TSM) y el ciclo reproductivo de la especie (García-Melgar, 1995). Lo que coincidió con este trabajo, ya que los valores altos del IIM coincidieron con individuos de estadios de madurez avanzados y con la variación estacional que presenta la TSM, durante los meses de verano-otoño principalmente durante el mes de septiembre en los 3 años. En relativamente pocos trabajos se relaciona el IIM con el factor de condición (FC), sin embargo en este caso se logró observar una buena relación entre estas dos variables, ya que durante el año 2006 la tendencia fue similar, es decir cuando el FC disminuyó el IIM también. Algo similar es reportado para el marlín azul (*Makaira nigricans*) en donde se observó que valores altos del FC indican que los organismos están en condiciones favorables lo que es reflejado en su crecimiento (Jakes-Cota, 2008).

### **Retrocálculo de longitudes**

La utilización del retrocálculo es una técnica que puede tener diferentes aplicaciones, entre las que se encuentran: a) la estimación de su longitud al tiempo

de formación de cada una de las marcas, b) estimar edades que no están representadas en la captura , c) incrementar el número de datos de longitud a cada edad con la finalidad de poder obtener un buen ajuste de la curva de crecimiento individual y por ende una buena estimación de la tasa de crecimiento del pez (Francis, 1990; Campana, 1990; Shafi *et al.*, 1982; Hickling, 1933). Algo que también es importante mencionar particularmente para la escama es el hecho de que estas no se desarrollan desde la eclosión del pez si no un tiempo después, a esto se le conoce como el efecto de Rosa-Lee (Ehrhardt, 1981), por lo que 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 se observó claramente dicho fenómeno, ocasionando que además de un incremento en número de datos, también los intervalos de los límites inferiores de las longitudes observadas disminuyeran.

En este trabajo se realizó el retrocálculo tanto para hembras y machos de dorado, sin embargo los resultados no fueron del todo satisfactorios, ya que previamente se logró tener una buena representación de los grupos de edad observados. En peces con mayor longevidad como el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y el marlín azul, se ha logrado obtener buenos resultados mediante este cálculo, generando longitudes de edades que no se pudieron obtener directamente de la captura, a pesar de ello se reconoce que existen diferencias en ambas longitudes (observadas y retrocalculadas), principalmente en los primeros grupos de edad (Ramírez-Pérez, 2005; Jakes-Cota, 2008). Es por eso que no es recomendable hacer una comparación de las longitudes observadas con las retrocalculadas con grupos de edad donde el número es escaso, ya que las longitudes observadas incluyen a los organismos que están apunto de pasar al siguiente grupo de edad, en tanto que las retrocalculadas son estimadas para cuando iniciaron dicha edad (Jakes-Cota, 2008). Lo que implicaría una talla promedio sesgada para cada grupo de edad determinado y una representación inadecuada del crecimiento individual del dorado.

## Relación peso total y longitud furcal

En los estudios de dinámica poblacional de cualquier especie, uno de los elementos clave, es el análisis de la función que relaciona el peso con la talla y la estimación de sus respectivos parámetros “a” y “b”, mismos que con su interpretación se puede inferir sobre 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 (Ehrhardt, 1981; Jones *et al.*, 1999). Aunado a esto, Pauly (1993), menciona que el parámetro que relaciona la condición o estado de robustez del pez es “a” y el parámetro que se relaciona con el crecimiento es “b”, los cuales cambian durante el ciclo de vida de cada organismo. Cuando la b es igual 3, se dice que el pez tiene un crecimiento isométrico y “a” se considera normal; es decir, que crece y se desarrolla de una manera proporcional. En el transcurso de vida de un pez se espera que el parámetro de condición “a” tienda a aumentar o disminuir, presentando tendencias inversas en el parámetro de crecimiento “b”. Aunque estos tienen significado biológico no es recomendable inferir sobre ellos en este sentido a menos que se tenga una base amplia de intervalos de tallas y pesos y un seguimiento constante de estos parámetros para una misma especie en la misma zona, por ello hay que ser muy cautos en el manejo y comparación de estos parámetros (Pauly, 1993).

En la mayoría de los trabajos revisados para el dorado en las distintas regiones del mundo, así como algunas especies de pelágicos mayores (marlín azul y pez vela), es el parámetro “b” el más discutido, ya que con la interpretación y explicación de dicho parámetro se puede determinar el tipo de crecimiento que tiene la especie, como bien se mencionó en el párrafo anterior (Palko *et al.*, Oxenford, 1999; Ramírez-Pérez, 2005; Jakes-Cota, 2008). La teoría basada en esto, es que un valor  $b < 3$ , representa que el pez es menos robusto y que crece más en longitud (crecimiento de tipo alométrico negativo), en el caso contrario cuando  $b > 3$ , el pez se vuelve más robusto lo que disminuye en su longitud (crecimiento de tipo alométrico positivo) (Jones *et al.*, 1999). A la fecha son varios trabajos que mencionan que el dorado presenta un tipo de crecimiento alométrico, con valores promedio relativamente más bajos en las hembras que en los machos (Lasso *et al.*, 1999;

Massutí *et al.*, 1999; Thompson 1999; Rivera *et al.*, 1999; Schwenke *et al.*, 2008; Zúñiga-Flores, 2002; Galindo *et al.*, 2006). Son pocos los que mencionan isometría (Torres-Alfaro 1996, Peralta-Bravo, 2006; Juárez y Garduño, 1993; Castro *et al.*, 1999; Madrid *et al.*, 2001).

En este trabajo se determinó que el parámetro de alometría “b”, fue  $>3$ , lo que indica un crecimiento alométrico y con la prueba estadística de Wald-test se definió un crecimiento de tipo alométrico negativo para ambos sexos. Esto mismo es reportado para el dorado capturado en las costas de Oaxaca (Núñez *et al.*, 2006; Solano-Fernández, 2007), lo que indica que esta especie crece más en longitud que en peso. La enorme variación que se presenta en la estimación de este parámetro, pueden ser de diferente índole, por ejemplo biológico: debido a la condición física que presenta la especie en distintas épocas (ejemplo: reproducción). En contraste con aquellos que pueden ser debido a las características del muestreo, (ejemplo: el tener estructuras de longitud y peso diferentes, así como las longitudes medias), esto es que aunque se presentara la misma estructura de longitud y peso, es posible que sus medias o modas no coincidan. Otro factor también puede ser el método de análisis de la información (linearizado o iterativo) (Cone, 1989; Zúñiga-Flores, 2002; García *et al.* 2006; Jakes-Cota, 2008). Los valores de “b” estimados para las hembras durante todas las estaciones y para los machos sólo durante primavera y verano, dio como resultado un crecimiento de tipo alométrico negativo, y los machos durante el invierno y el otoño, presentaron valores cercanos a 3, indicándonos un crecimiento de tipo isométrico. Esto mismo fue reportado por Torres (1996), para esta misma región con un valor de “b” ligeramente mayor de 3 en los machos.

### **Crecimiento individual en longitud**

Para la representación del crecimiento individual del dorado, el modelo más utilizado en la literatura es el de von Bertalanffy (Torres-Alfaro, 1996). Ya que este modelo satisface dos criterios muy importantes: se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de peces, y puede incorporarse fácilmente a modelos

para evaluación de poblaciones (Gulland, 1971). Además de poder hacer comparables los resultados obtenidos con estudios anteriores (Palko *et al.*, 1982; Torres-Alfaro, 1996; Oxenford, 1999; Morales-Nin *et al.*, 1999; Schwenke *et al.*, 2008). La combinación utilizada para la aplicación de este modelo se eligió de entre las otras 3 (figura 32 y anexo IX.2), por obtener el valor del coeficiente de determinación  $r^2$  más alto, además de presentar valores del índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ), similares a los que se reportan en otras regiones que utilizaron escamas en su representación (Tabla 13).

Tabla 13. Valores estimados de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (ECVB) y índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ), del dorado *Coryphaena hippurus*, obtenidos en este trabajo y en distintas localidades internacionales y nacionales.

| Escamas            |         |              |      |        |         | Autor(es)                     |
|--------------------|---------|--------------|------|--------|---------|-------------------------------|
| Localidad          | sexo    | $L_{\infty}$ | K    | $t_0$  | $\phi'$ |                               |
| BCS                | Total   | 117.4        | 1.20 | -0.13  | 4.22    | Este trabajo                  |
|                    | Machos  | 122.7        | 1.14 | -0.10  | 4.23    |                               |
|                    | Hembras | 102.8        | 1.68 | -0.09  | 4.25    |                               |
| FL                 | Total   | 165.0        | 0.68 | 0.155  | 4.27    | Beardsley, 1967               |
| CN                 | Total   | 159.7        | 0.40 | -0.964 | 4.00    | Rose <i>et al.</i> , 1968     |
|                    | Total   | 122.15       | 0.57 | -0.06  | 3.92    |                               |
| BCS                | Machos  | 121.47       | 0.60 | -0.06  | 3.94    | Torres-Alfaro, 1996           |
|                    | Hembras | 98.59        | 0.98 | -0.01  | 3.97    |                               |
| Escamas y otolitos |         |              |      |        |         |                               |
| CN                 | Total   | 129.9        | 1.08 | -0.086 | 4.26    | Schwenke <i>et al.</i> , 2008 |
|                    | Machos  | 129.9        | 1.18 | -0.089 | 4.29    |                               |
|                    | Hembras | 123.7        | 1.10 | -0.116 | 4.22    |                               |
| MM                 | Total   | 102.4        | 1.90 | 0.023  | 4.30    | Massutí <i>et al.</i> , 1999  |
|                    | Machos  | 98.7         | 2.06 | 0.024  | 4.30    |                               |
|                    | Hembras | 110.0        | 1.56 | 0.008  | 4.27    |                               |

Localidades nacionales: Baja California Sur (BCS)

Localidades internacionales: Florida (FL), Norte de carolina (NC), Puerto Rico (PR), Mar Mediterráneo (MM), Barbados (BA).

Se ha discutido que el uso de información de larvas puede llegar a presentar una buena estimación de  $t_0$ , parámetro que se asocia biológicamente al momento de la eclosión de un pez, o de manera técnica se referiría al origen de la curva o la edad

teórica del organismo a la cual tiene longitud igual a cero (Prince *et al.*, 1987; Sparre *et al.*, 1997). La base teórica que avala el uso de la larva es que si no se tienen una buena representación del grupo de edad 0, como es nuestro caso y el de la mayoría de los pelágicos mayores (ejemplo: el marlín azul), se puede llegar a la sobreestimación de la  $L_{\infty}$  y subestimar  $K$  y  $t_0$  (Jakes-Cota, 2008). En el dorado se ha utilizado información principalmente proveniente de lecturas diarias en otolitos de juveniles, con la finalidad de tener una buena representación del grupo de edad 0 (Massuti *et al.*, 1999; Morales-Nin, 1999; Schwenke *et al.*, 2008). En un estudio reciente, se realizaron estimaciones de  $L_{\infty}$  y  $K$ , basados en el análisis de tallas para dos localidades diferentes: Esmeraldas, en Ecuador, y CSL, en México. En el análisis para ambas localidades, se incluyó el valor de longitud de un juvenil colectado en la segunda región, y aunque los resultados fueron buenos, se presentaron diferencias en los parámetros para las dos localidades, principalmente en Ecuador. El autor sugiere que estas diferencias se dieron por utilizar la información de un juvenil proveniente de otra región y enfatiza en que es de suma importancia trabajar con datos que provengan de la misma población, ya que cada localidad tiene sus propias características geográficas y esto puede estar afectando el crecimiento del dorado de cada región (Peralta-Bravo, 2006).

Existe una alta variabilidad en los parámetros de crecimiento estimados en el Pacífico Mexicano (Tabla 14). De los estudios realizados en la región de CSL, la determinación de  $L_{\infty}$  estimada por Torres-Alfaro (1996) fue muy similar a la estimada en el presente estudio, sin embargo es en la  $k$  donde no se obtuvieron los mismos resultados y como consecuencia se obtienen diferencias en el índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ), mismo que se refleja al presentar los valores más bajos de todos los estimados (Tabla 13 y 14). Por otro lado a pesar de que los parámetros de crecimiento estimados por Peralta-Bravo (2006), difieren notablemente de los estimados en el presente estudio, en el valor de  $\phi'$ , fue el más parecido, coincidente con los estimados en otras regiones (Tabla 13). Las diferencias se pueden deber a diversos factores, como es el cambio en la temperatura superficial del mar o la disponibilidad de alimento, afectando esto último directamente al valor de  $K$  ó tasa de

crecimiento. A su vez el tener pocos representantes de edades más grandes e intervalo de tallas estrechos, pueden verse reflejadas en las estimaciones de  $L_{\infty}$  (Sparre *et al.*, 1997).

Tabla 14. Valores estimados de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (ECVB) y índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ), del dorado *Coryphaena hippurus*, obtenidos en este trabajo y para el Pacífico Mexicano.

| Localidad/método | sexo    | $L_{\infty}$ | K    | $t_0$  | $\phi'$ | Autor(es)              |
|------------------|---------|--------------|------|--------|---------|------------------------|
| BCS /escamas     | Total   | 117.4        | 1.20 | -0.130 | 4.22    | Este trabajo           |
|                  | Machos  | 122.7        | 1.14 | -0.100 | 4.23    |                        |
|                  | Hembras | 102.8        | 1.68 | -0.090 | 4.25    |                        |
| BCS /escamas     | Total   | 122.15       | 0.57 | -0.060 | 3.92    | Torres-Alfaro, 1996    |
|                  | Machos  | 121.47       | 0.60 | -0.060 | 3.94    |                        |
|                  | Hembras | 98.59        | 0.98 | -0.010 | 3.97    |                        |
| BCS / tallas *   | Total   | 160.00       | 0.65 |        | 4.22    | Peralta-Bravo, 2006    |
|                  | Total   | 162.00       | 0.85 |        | 4.35    |                        |
| OAX/Otolitos     | Total   | 231.50       | 0.87 | 0.070  | 4.67    | Solano-Fernández, 2007 |
|                  | Total   | 148.30       | 0.47 | 0.040  | 4.01    |                        |
| OAX/Vértebras    | Machos  | 125.90       | 0.67 | -0.310 | 4.03    | Núñez-Orozco, 2008     |
|                  | Hembras | 111.00       | 1.15 | -0.002 | 4.15    |                        |
| SON/tallas **    | Total   | 160.00       | 1.10 | -0.170 | 4.45    | Anónimo, 2007          |
| SIN/tallas **    | Total   | 177.00       | 1.00 | -0.170 | 4.52    |                        |
| BCS/tallas **    | Total   | 173.00       | 1.00 | -0.180 | 4.47    |                        |
| NAY/tallas **    | Total   | 178.00       | 1.30 | -0.140 | 4.61    |                        |

Localidades nacionales: Baja California Sur (BCS), Sonora (SON), Sinaloa (SIN), Nayarit (NAY), Oaxaca (OAX).

\* Utiliza el valor de longitud de una larva.

\*\* Estimaciones a partir de la longitud total.

### Crecimiento individual en peso

Son relativamente pocos los estudios que reportan un peso asintótico  $W_{\infty}$ . En el Océano Atlántico, se hizo una estimación de 16.2 kg, para el dorado capturado en la región de Barbados, estimando en los machos un peso de 21.8 kg y en las hembras de 16.2 kg. Para este trabajo los valores estimados fueron más bajos, para el total se calculó un peso de 14.18 kg, y un valor de 16.59 kg y 8.58, para los

machos y hembras respectivamente, un valor similar de peso asintótico para el total (13.87 kg) fue reportado por Torres-Alfaro (1996), sin embargo difiere un poco en los pesos estimados para machos (14.41 kg) y para las hembras (6.93 kg). Los valores estimados son indiscutiblemente diferentes a los estimados en el presente trabajo, pero es necesario mencionar que los resultados dependen en gran medida de los valores semilla que entran en juego para la estimación de dicho parámetro, en este caso los valores de la relación peso-longitud “a” y “b” y la  $L_{\infty}$ .

### **Tasas de crecimiento relativo individual en longitud y peso**

En el análisis de poblaciones es conveniente y un requisito básico, expresar la longitud o peso de un pez a una edad determinada, lógicamente debe ser acorde a los datos observados de tamaños a ciertas edades, esta debe también presentar una forma matemática que pueda ser incorporada con éxito en los cálculos de rendimiento. Es así que la mayoría de los análisis están directamente interesados en las tasas de crecimiento (aumento en longitud o peso por unidad de tiempo), más que en el tamaño a diferentes edades (Gulland, 1971). El dorado se caracteriza por presentar una tasa alta de crecimiento en los primeros meses de su vida (Palko *et al.*, 1982; Uchiyama *et al.*, 1986), hecho que como ya se mencionó ha sido aprovechado en lugares como Hawái, donde se ha cultivado ya desde hace varios años, obteniendo buenos rendimientos con una importante generación de divisas para esta región (Kraul, 1999).

En este trabajo se estimó una tasa de crecimiento individual en longitud para el primer año de 1.54 (mm Lf/día), este valor coincide con lo reportado por Beardsley, 1967 con un valor de 1.56 mm Lf/día. Sin embargo difiere notablemente de lo estimado en el Atlántico Central Oeste, por varios autores donde la tasa de crecimiento presenta intervalos más altos, que van de 2.52 (mm Lf/día) a 4.71 (mm Lf/día) (Oxenford *et al.*, 1983; Bentivoglio, 1988; Betancourt, 1994; Schwenke *et al.*, 2008). Las diferencias entre estos valores pueden radicar en que los trabajos que estiman tasas de crecimiento altas, utilizaron lecturas diarias en otolitos, lo que hace que los incrementos sean más notables y rápidos, lo que es común en un pez

pelágico como el dorado (Schwenke *et al.*, 2008). En la literatura a pesar de que existen numerosas estimaciones de la tasa de crecimiento para el dorado, utilizan unidades de longitud diferentes, por lo que para fines comparativos sólo se discutió con aquellos trabajos que utilizaron la longitud furcal.

Las estimaciones hechas sugieren un crecimiento acelerado en los 6 primeros meses de vida (0.5 año), principalmente en longitud, no así en el peso, ya que es hasta el primer año donde se da el mayor incremento, tanto para hembras como para los machos. Sobre esto se ha sugerido que el crecimiento del dorado *C. hippurus* es acelerado en la primera parte de su vida, alcanzando tallas cercanas a su longitud infinita, dado que tiene que escapar de sus depredadores y por lo tanto incrementan su talla como estrategia reproductiva (Nakamura, 1985; Solano-Fernández, 2007). Otro factor cuyo efecto ha sido frecuentemente señalado es el incremento en la temperatura que como ya se ha mencionado durante la época de mayor disponibilidad del dorado y época reproductiva, la TSM oscila entre 26 °C a 28 °C (García-Melgar, 1995; Zúñiga *et al.*, 2008). Algo similar se menciona para el dorado en cautiverio donde se observó que el crecimiento del dorado aumenta cuando se tiene una temperatura entre 23.9 °C y 29.4 °C (Hassler *et al.*, 1977). En el análisis de las tasas de crecimiento por años, para hembras y machos de dorado, se observa una considerable variabilidad, la cual fue más evidente en las estimaciones en peso de las hembras durante el 2005, ya que durante este año se estimó una tasa de crecimiento más alta y continuaron creciendo hasta la edad de 1.5 años, no así los machos en los que el crecimiento en peso disminuye marcadamente a partir de la edad de 1 año. Sobre esto, no existe a la fecha un trabajo que analice las tasas de crecimiento por años, esto nos ha servido para detectar que el dorado puede presentar variación interanual importante en su crecimiento individual. Sobre esto mismo en estudio reciente, se determinaron ligeras diferencias en la estructura genética población entre los adultos muestreados durante 2005 y 2006, entre las explicaciones dadas para este suceso, está el desplazamiento diferencial de los adultos, en consecuencia de búsqueda de las condiciones óptimas para tener un mayor éxito reproductivo, como la disponibilidad de alimento para sus larvas ó los

cambios en la temperatura superficial del mar, la cual se ha visto tiene un efecto significativo en la distribución y abundancia del dorado (Zúñiga *et al.*, 2008; Tripp-Valdez, 2009).

### **Estructura de edades**

La talla promedio de los grupos de edad encontrados en la captura coincidieron sólo en los grupos 0, 1 y 2 con los reportados por Beardsley (1967) y Rose *et al.* (1968), autores cuyo método fue la lectura de escamas. La explicación de las diferencias de los demás grupos fue que ellos tuvieron una buena representación en los grupos de edad más grandes 3 y 4, cosa que no fue posible en este estudio. Sin embargo se coincide con que la longevidad del dorado, puede ser de 3 a 4 años, ya que en este estudio se encontraron hasta dorados de 3.5 años, esto mismo es reportado para la población del dorado en el Mar Mediterráneo (Massutí *et al.*, 1999). Para el dorado en CSL, se estimó previamente 5 grupos de edad con una temporalidad de un año (Torres 1996), sin embargo debido a las tallas promedio, creemos que estas están siendo subestimadas, ya que tan sólo para el grupo de edad 0, la talla promedio estimada es de 4.13 cm Lf, talla que no concuerda con la biología de la especie, por el rápido crecimiento que este tiene. Aunado a esto se tiene que durante este estudio la composición de los grupos de edad de los dorados capturados (hembras y machos), lo constituyeron principalmente los grupos de edad de 0.5 a 1.5 años, a diferencia de lo reportado por Torres-Alfaro (1996), quien menciona que los individuos de 2 años de edad fueron los más representativos en la captura, mencionando además que el reclutamiento es llevado a cabo por los organismos de un año y medio con una talla de 70 cm Lf, cosa que en nuestro estudio corresponderían a individuos menores de un año. Las diferencias entre los trabajos pueden ser debidas a diversos factores, sin embargo creemos que al tratarse de la misma región, el factor que más está afectando es la lectura de las marcas de crecimiento y su consecuente asignación de edades.

## IV. Mortalidad

### IV.1. Material y métodos

#### IV.1.1. Origen y análisis de la información

##### Mortalidad total (Z)

Para la estimación de la mortalidad total (Z) se emplearon dos métodos basados en la edad: el método de la curva de captura linealizada (Chapman *et al.*, 1960; Robson *et al.*, 1961) y el modelo de Beverton y Holt (1956). En la aplicación de ambos métodos se usó información de composición por edades de las capturas obtenidas en los meses considerados como de mayor captura de la especie en la región de B.C.S. (septiembre y octubre) durante los 3 años. Este análisis se llevó a cabo por sexos separados, bajo la premisa de que la pesquería deportivo-recreativa por sus objetivos particulares enfoca la selectividad de pesca principalmente sobre los individuos más grandes y para el caso del dorado suponemos está dirigido más a los machos que las hembras, esto por el crecimiento diferencial que existe entre los sexos, donde los machos a una misma talla llegan a pesar más que las hembras. Aunado a esto se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis (H) para determinar si las diferencias en las tallas promedio por sexos en los grupos de edad utilizados eran estadísticamente significativas.

El método de la curva de captura linealizada se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

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

$t$  = Edad.

En este modelo, el valor de la pendiente ( $b$ ) representa una estimación promedio de la mortalidad total (Z). Las estimaciones se hicieron con los valores

promedio para el total y por sexos separados. Además de la estimación por año para sexos combinados. Con la finalidad de darle un mismo valor específico a cada número de muestras se realizó otra estimación utilizando las frecuencias relativas, simulando con valores de 100, 1000 y 10000 muestras, el resultado de este análisis se presenta en la sección de anexos XI.5.

En la aplicación del modelo de Beverton y Holt (1956), fue necesario la utilización de varios parámetros biológicos como las longitudes de madurez poblacional ( $L_{50}$ ) (estimadas en la sección de reproducción de este mismo trabajo), así como de los parámetros de crecimiento individual de von Bertalanffy (ECVB) ( $K$ ,  $t_0$  y  $L_\infty$ ), (obtenidos en la sección de edad y crecimiento de este mismo trabajo).

La expresión del método de Beverton y Holt (1956), 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 la equivalente a  $t'$ , fue debido a que se considera que a esa talla/edad, los dorados llegan a someterse a la explotación plena por parte de la pesquería deportiva en el área de estudio. Para su estimación se utilizó la fórmula siguiente:

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

El análisis se hizo para el total y por sexos separados. Además de la estimación por año para sexos combinados.

### **Mortalidad natural (M)**

La mortalidad natural (M) fue estimada usando el método empírico de Pauly (1980, 1987), el modelo es expresado de la siguiente manera:

$$\ln (M) = -0.0152 - 0.279 \ln(L_{\infty}) + 0.6543 \ln (K) + 0.4634 \ln (T)$$

Donde:

T = es la temperatura promedio anual del área en °C.

Para la realización de este análisis se utilizó la información de los parámetros de crecimiento de la ECVB (K y  $L_{\infty}$ ) para hembras, machos y total, obtenidos anteriormente en la sección de edad y crecimiento de este mismo trabajo.

La estimación de la mortalidad natural (M), se llevo a cabo de forma interanual para hembras, machos y el total de los dorados capturados durante 2004 al 2006.

### **Longevidad (edad máxima)**

Asimismo con la utilización de los parámetros de crecimiento de K y  $t_0$  obtenidos previamente en la sección de edad y crecimiento, se calculó la longevidad o edad máxima ( $t_{max}$ , en años) con la siguiente ecuación empírica (Froese y Binohlan, 2000).

$$t_{max} = (3/k) + t_0$$

## IV.2. Resultados

### IV.2.1. Mortalidad total (Z)

Se encontró variación interanual significativa en los grupos de edad obtenidos en los meses de septiembre y octubre durante el periodo 2004-2006, tanto para el total ( $H_{(2, 333)} = 7.608404$   $p > 0.05$ ) como entre hembras y machos ( $H_{(1, N= 333)} = 17.66461$   $p > 0.05$ ). Las hembras fueron más representativas en los grupos de edad de 0.5 a 1 (años), en tanto que los machos tuvieron una mayor frecuencia en los intervalos más altos de 1 a 2 años (figura 29).

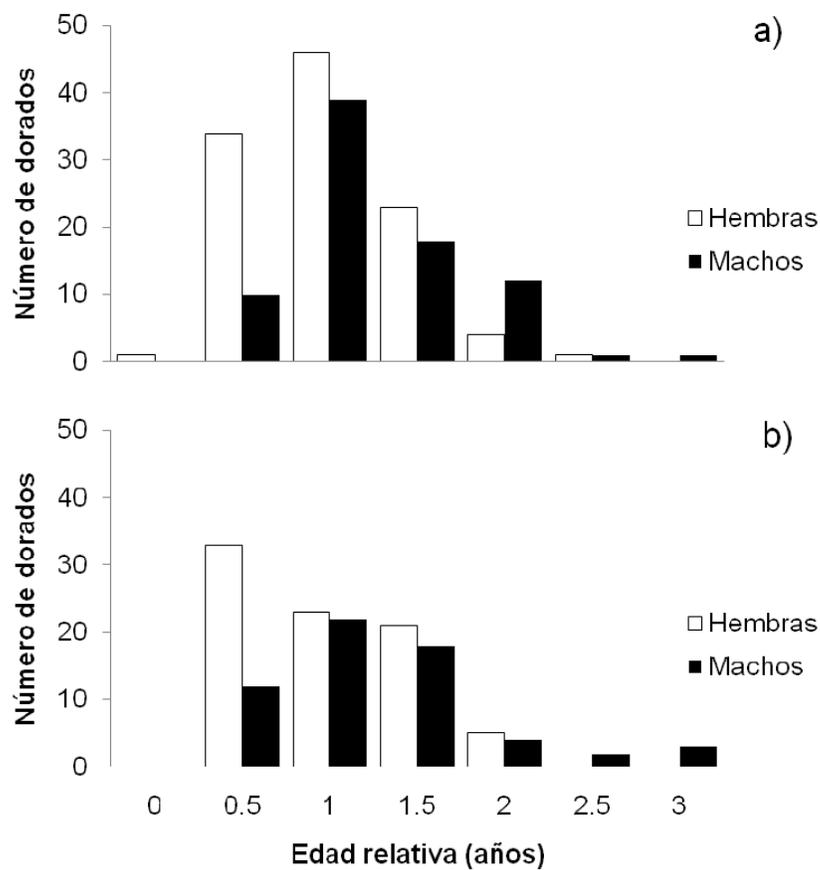


Figura 29. Estructura de edades para hembras y machos de dorado *Coryphaena hippurus* capturados durante septiembre (a), octubre (b) durante el periodo 2004-2006.

### Curva de captura linealizada

Dado que se encontraron diferencias significativas en los grupos de edad por sexo, se seleccionaron puntos diferentes para la estimación de la curva de captura de hembras y machos, esto mismo se indica en la figura 30. Asimismo los estimados de la tasa de mortalidad total (Z) obtenidos por el método de la curva de captura linealizada, para las hembras fue de  $Z = 2.0369 \text{ año}^{-1}$ , para los machos de  $Z = 2.0794 \text{ año}^{-1}$  y total  $Z = 2.5903 \text{ año}^{-1}$ .

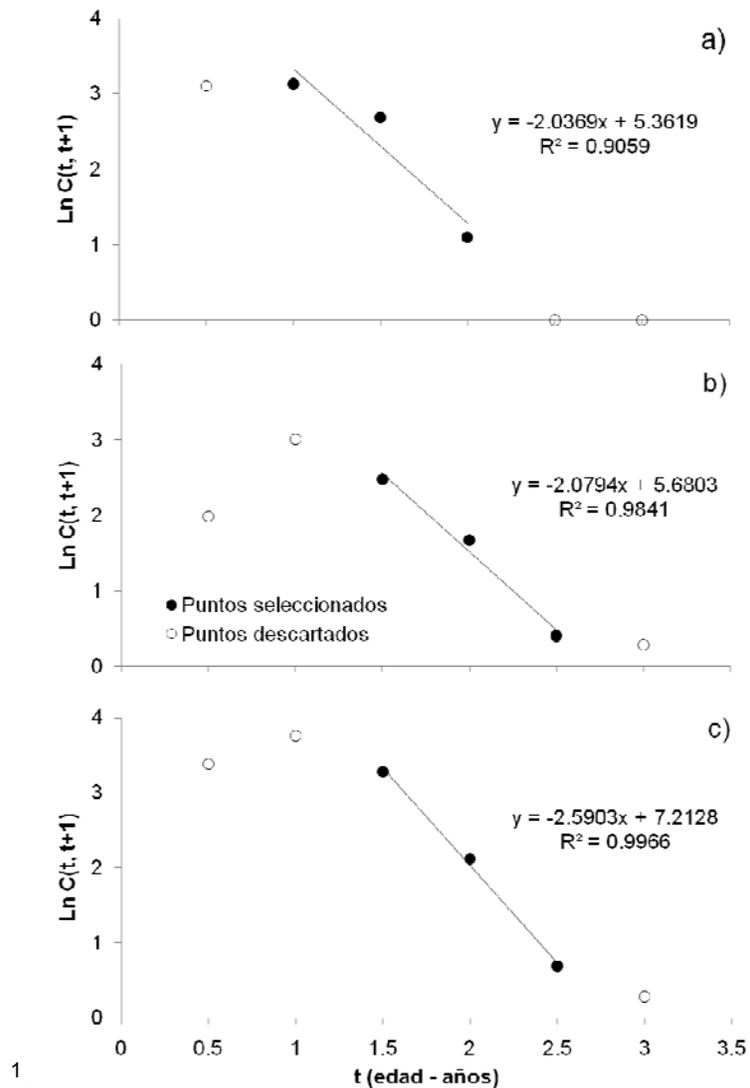


Figura 30. Curva de captura de las edades promedio de las hembras (a), machos (b) y el total (c) del dorado *C. hipurrus* de la región de Baja California Sur, durante los meses de septiembre y octubre del 2004, 2005 y 2006.

### Mortalidad total (Z) por año (curva de captura linealizada)

Se observó una amplia variabilidad en los estimados de mortalidad total por año, obteniéndose el valor más bajo durante el 2004 ( $Z = 0.7472 \text{ año}^{-1}$ ) y el más alto durante el 2006 ( $Z = 2.81 \text{ año}^{-1}$ ) (figura 31).

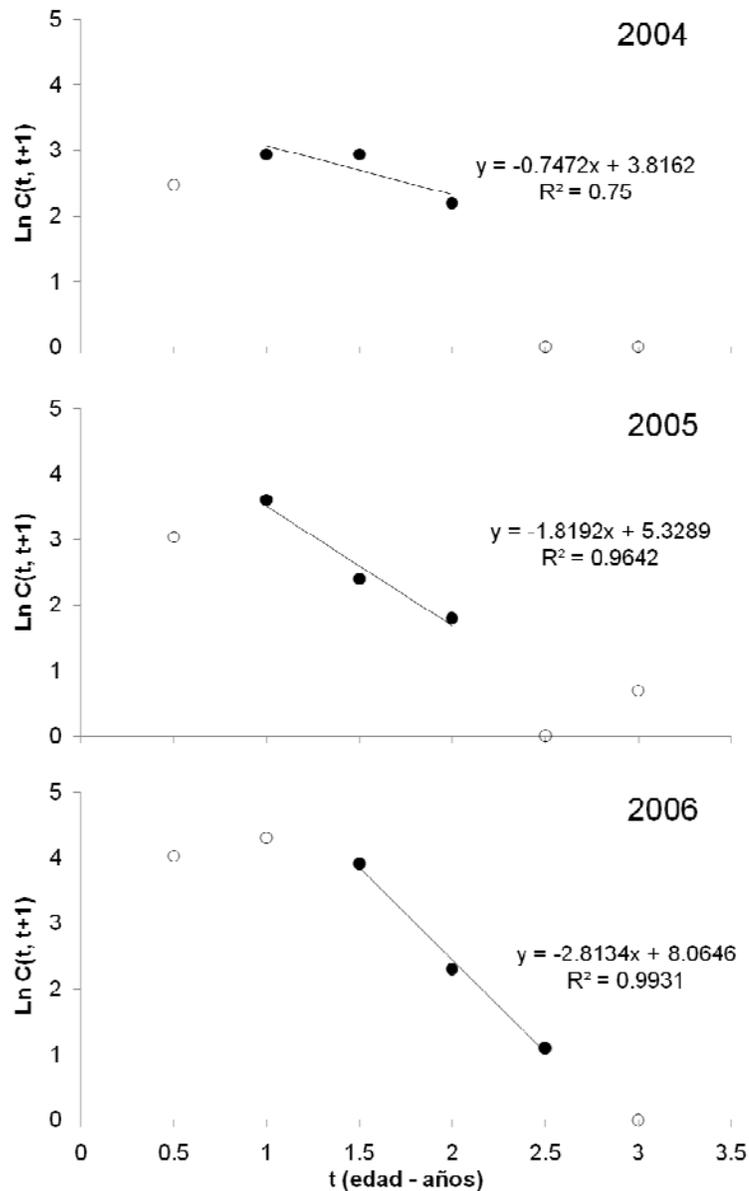


Figura 31. Curva de captura por año para el total del dorado *C. hipurrus* de la región de Baja California Sur.

### Método de Beverton y Holt (1956)

A diferencia del método utilizado anteriormente, los valores fueron más variables entre sexos, estimándose el valor más alto de mortalidad total (Z) en los machos que en las hembras (Tabla 15).

Tabla 15. Valores semilla de la ECVB y valores de los parámetros obtenidos del modelo de mortalidad total (Z) de Beverton –Holt (1956), para hembras, machos y el total.

|         | <b>n</b> | <b>L<sub>50</sub></b> | <b>L<sub>∞</sub></b> | <b>K</b> | <b>t<sub>0</sub></b> | <b>t'</b> | <b><math>\bar{t}</math></b> | <b>Z</b> |
|---------|----------|-----------------------|----------------------|----------|----------------------|-----------|-----------------------------|----------|
| Hembras | 191      | 77                    | 102.8                | 1.68     | -0.09                | 0.94      | 1.50                        | 1.84     |
| Machos  | 142      | 92                    | 122.7                | 1.14     | -0.10                | 1.35      | 1.75                        | 2.52     |
| Total   | 333      | 80                    | 117.4                | 1.20     | -0.13                | 1.10      | 1.60                        | 2.00     |

### Mortalidad total (Z) por año (método de Beverton-Holt)

El rango de los valores de Z por año que se estimó durante el 2004 difiere en gran medida de los que se estimaron durante 2005 y 2006, esto indudablemente debido a que la edad media ( $\bar{t}$ ) determinada para éstos últimos fue similar (Tabla 16).

Tabla 16. Valores semilla de la ECVB y valores de los parámetros obtenidos del modelo de mortalidad total (Z) de Beverton –Holt (1956) por año.

|      | <b>n</b> | <b>L<sub>50</sub></b> | <b>L<sub>∞</sub></b> | <b>K</b> | <b>t<sub>0</sub></b> | <b>t'</b> | <b><math>\bar{t}</math></b> | <b>Z</b> |
|------|----------|-----------------------|----------------------|----------|----------------------|-----------|-----------------------------|----------|
| 2004 | 61       | 80                    | 117.4                | 1.20     | -0.13                | 1.10      | 1.76                        | 1.51     |
| 2005 | 78       | 80                    | 117.4                | 1.20     | -0.13                | 1.10      | 1.55                        | 2.22     |
| 2006 | 194      | 80                    | 117.4                | 1.20     | -0.13                | 1.10      | 1.57                        | 2.14     |

### IV.2.2. Mortalidad natural (M)

La mortalidad natural (M) para el total del dorado capturado durante el periodo del 2004 al 2006, fue de 1.30 año<sup>-1</sup>. Sin embargo al separar la información por sexos y por año se encontró una variación en las estimaciones de la mortalidad natural (M), en donde el rango que se obtuvo fue de 1.23 año<sup>-1</sup> a 1.68 año<sup>-1</sup>, siendo las hembras las que obtuvieron los valores estimados más altos (Tabla 17).

Tabla 17. Valores semilla de la ECVB y valor medio anual de la TSM, asimismo los valores estimados de los parámetros obtenidos del modelo de mortalidad natural (m) de Pauly (1980), para hembras, machos y el total por año.

| <b>Hembras</b> | <b>N</b> | <b>Loo</b> | <b>K</b> | <b>T °C (media)</b> | <b>M</b> |
|----------------|----------|------------|----------|---------------------|----------|
| 2004           | 42       | 102.8      | 1.68     | 24.9                | 1.68     |
| 2005           | 44       | 102.8      | 1.68     | 24.4                | 1.67     |
| 2006           | 165      | 102.8      | 1.68     | 25.3                | 1.67     |
| <b>Machos</b>  |          |            |          |                     |          |
| 2004           | 19       | 122.7      | 1.14     | 24.9                | 1.24     |
| 2005           | 48       | 122.7      | 1.14     | 24.4                | 1.23     |
| 2006           | 179      | 122.7      | 1.14     | 25.3                | 1.25     |
| <b>Total</b>   |          |            |          |                     |          |
| 2004           | 61       | 117.4      | 1.20     | 24.9                | 1.30     |
| 2005           | 92       | 117.4      | 1.20     | 24.4                | 1.29     |
| 2006           | 144      | 117.4      | 1.20     | 25.3                | 1.31     |

#### IV.2.3. Longevidad (edad máxima)

El valor de la longevidad ó t máxima estimada para el total del dorado *Coryphaena hippurus* capturado en la región fue de 2.35 años. Sin embargo al separar por sexos, el valor más bajo fue estimado en las hembras (Tabla 18).

Tabla 18. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy y la longevidad ( $t_{max}$ ) estimados para hembras, machos y total del dorado *Coryphaena hippurus*, durante el periodo de estudio.

|         | <b>n</b> | <b>k</b> | <b>t<sub>o</sub></b> | <b>t<sub>(max)</sub></b> |
|---------|----------|----------|----------------------|--------------------------|
| Hembras | 251 + 10 | 1.68     | -0.09                | 1.68                     |
| Machos  | 246 + 10 | 1.14     | -0.10                | 2.51                     |
| Total   | 497 + 10 | 1.20     | -0.13                | 2.37                     |

### **IV.3. Discusión**

#### **Mortalidad total (Z)**

Son pocos los estudios que han abordado la mortalidad del dorado en el mundo, la mayor parte de ellos son provenientes de la población presente en el Atlántico Central Oeste (Tabla 19 y 20). No obstante todos estos usaron tanto modelos como valores de los parámetros de crecimiento diferentes, obtenidos a través de lecturas diarias de otolitos (Bentivoglio, 1988; Oxenford, 1986), y análisis de la estructura de tallas (Murray, 1985). Por lógica los valores de Z, fueron relativamente diferentes (Tabla 20). A pesar de esto se pudo observar que la mortalidad anual es similar, con intervalos de entre el 98 al 99 % (Oxenford, 1999). En nuestro caso es el primer trabajo que reporta valores de Z, para la población presente en la región de BCS. Los valores estimados en los dos métodos utilizados se presentaron por debajo de los reportados en el Atlántico, como puede observarse en las Tablas 19 y 20. Esto claramente es por los valores semilla que se utilizaron, además de la estructura de edades presentes en la captura durante los años de muestreo. Sin embargo en un estudio realizado recientemente que si bien no estima valores de mortalidad total (Z), pero sí la mortalidad natural (M) y la mortalidad por pesca (F), y dado que  $Z = M + F$ . Entonces suponemos indirectamente que los valores resultan similares a los que encontramos aquí, por lo menos con el estimado mediante el método de curva de captura. Aun así, si se observan diferencias, ya que los valores de F tuvieron un intervalo más amplio que los de M. Esto puede ser un reflejo de que la pesca artesanal que se lleva a cabo de forma ilegal en estas costas, si se da en grandes niveles, como por ejemplo en el estado de Nayarit (Tabla 20). Son diversos los factores que pueden estar afectando la estimación de esta variable, incluso estimarla no es cosa sencilla e interpretarla es sumamente difícil ya que no sólo involucra factores dependientes del ciclo de vida de la especie si no además antropogénicos como la pesca. No obstante al obtener valores por debajo de los estimados en las otras regiones, puede suponer que la mortalidad de la especie por lo menos en el Pacífico Mexicano y en particular en esta región no es tan alta, lo que nos indicaría una condición saludable de la especie.

Algo que también debemos considerar antes de interpretar cualquier resultado es la variabilidad entre los valores anuales estimados, donde claramente se obtuvieron diferencias (Tabla 19). Esto nos estaría sugiriendo que durante cada año intervienen factores importantes ya sean biológicos ó incrementos en el esfuerzo de pesca. Para el caso particular de este estudio durante el 2004 se obtuvo el valor más bajo y durante el 2006 el más alto, esto para el caso de los valores obtenidos por la curva de captura, que como bien mencionamos depende de la estructura de edades empleada. Ahora en los resultados del segundo modelo utilizado de Beverton y Holt, durante el 2004, que al igual que en el primer método obtuvo el menor valor. No obstante durante el 2005 el valor fue mayor, contrario del primer método que fue para el 2006. Aquí vale la pena mencionar que la particularidad para la aplicación de este método es la utilización de una talla ó edad, considerada como aquella donde los individuos están totalmente reclutados a la pesquería, que este caso fue la talla de primera madurez ( $L_{50}$ ), que como bien se ha expuesto se calculó diferente para el total, machos y hembras, que estuvieron presentes durante el periodo de estudio. Al obtener los resultados de este análisis se observó un valor más elevado en los machos lo que puede ser un reflejo que presentan estos por parte de la selectividad del arte de pesca en este caso la deportiva. Sin embargo al no presentarse esta situación en ambos métodos, nos hace plantearnos que en definitiva los valores semilla con los que se alimenten los modelos claramente influyen en los resultados finales y que la interpretación de los mismos debe ser considerando más elementos tanto técnicos como biológicos.

### **Mortalidad natural (M)**

Los valores de mortalidad natural (M) estimados por diferentes autores varían considerablemente de los estimados en este trabajo, incluso los estimados para regiones contiguas (Tabla 19 y 20). No obstante de haber usado el mismo modelo de mortalidad (Pauly, 1980). Por lo tanto es importante volver a mencionar que los valores semilla y en este caso además la temperatura superficial promedio del mar

(°C), son los causantes principales de tales resultados. Sin embargo esto precede a los factores biológicos excluyentes de la pesca, como las enfermedades, depredación (canibalismo), competencia, estrés del desove, inanición y vejez (Sparre *et al.*, 1997). Es notable observar que nuestros valores a excepción de los estimados por Oxenford (1986), pueden ser considerados como altos, esto sugiere que el dorado puede estar siendo afectado por diversos procesos biológicos importantes durante su estancia y travesía a estas aguas, sobre esto se menciona en la literatura que es posible que una misma especie puede tener distintas tasas de mortalidad natural, en diferentes zonas; según la densidad de los depredadores así como sus posibles competidores y cuya abundancia está influenciada por las actividades de pesca. Algo que quizás no este demás considerar es que muchas veces los efectos del canibalismo son subestimados ya que los encuentros depredador-presa se restringen a periodos cortos o involucran una fracción relativamente pequeña de la población. Por otra parte, se cree erróneamente que una baja proporción de individuos de la misma especie, identificados en la dieta de sus conespecíficos implica que el canibalismo es significativamente despreciable con respecto a la mortalidad en este caso la natural (Pájaro, 1998). Inclusive el canibalismo puede ser el factor principal que limite el tamaño o densidad de una población en varias especies de peces (Ricker, 1954; Nikolsky, 1974).

### **Longevidad**

Al igual que los parámetros de mortalidad, valores de longevidad estimada son pocos en la literatura, y estos coinciden en que el dorado puede presentar edades máximas de hasta 4 años (Palko *et al.*, 1982; Beardsley, 1967). A pesar de esto en la mayoría de los estudios que han estimado la edad del dorado, las edades mayores a los 3 años son poco representativas (Palko *et al.*, 1982; Beardsley 1967; Rose *et al.*, 1968), al igual que lo encontrado en este estudio.

Tabla 19. Valores estimados de los parámetros de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M), del dorado *Coryphaena hippurus*, obtenidos en este trabajo.

| Localidad | Parámetro de mortalidad | Modelo de mortalidad                              | Sexo            | Tasa instantánea de mortalidad (anual) | Autor (es)   |
|-----------|-------------------------|---|-----------------|--|--------------|
| BCS       | Total (Z)               | Chapman (1960) y Robson (1961) (curva de captura) | Todos           | 2.59                                   | Este trabajo |
|           |                         |   | Hembras         | 2.03                                   |              |
|           |                         |   | Machos          | 2.07                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2004) | 0.74                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2005) | 1.81                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2005) | 2.81                                   |              |
| BCS       | Total (Z)               | Beverton y Holt (1956)                            | Todos           | 2.00                                   | Este trabajo |
|           |                         |   | Hembras         | 1.84                                   |              |
|           |                         |   | Machos          | 2.52                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2004) | 1.51                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2005) | 2.22                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2005) | 2.14                                   |              |
| BCS       | Natural (M)             | Pauly (1980)                                      | Todos           | 1.30                                   | Este trabajo |
|           |                         |   | Hembras         | 1.67                                   |              |
|           |                         |   | Machos          | 1.26                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2004) | 1.30                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2005) | 1.29                                   |              |
|           |                         |   | Todos ** (2005) | 1.31                                   |              |

\*\* (año) valor estimado para el total estimado por año.

Tabla 20. Valores estimados de los parámetros de mortalidad total (Z) y mortalidad natural (M), del dorado *Coryphaena hippurus*, obtenidos para diferentes localidades nacionales e internacionales.

| Localidad | Parámetro de mortalidad | Modelo de mortalidad                              | Sexo    | Tasa instantánea de mortalidad (anual) | Autor (es)        |
|-----------|-------------------------|---|---------|--|-------------------|
| GM        | Total (Z)               | Robson y Chapman (1961) (curva de captura)        | Todos   | 8.18                                   | Bentivoglio, 1988 |
|           |                         |   |         | 8.23                                   |                   |
|           |                         |   |         | 8.67                                   |                   |
| BA        | Total (Z)               | Ricker (1975) (curva de captura)                  | Todos   | 3.93                                   | Oxenford, 1985    |
|           |                         |   | Todos   | 5.84                                   |                   |
|           | Todos                   | 2.56  |         |  |                   |
|           | Natural (M)             | Pauly (1980)                                      | Hembras | 2.52                                   |                   |
|           |                         |   | Machos  | 3.30                                   |                   |
| SL        | Total (Z)               | Ziegler (1979) (curva de captura)                 | Todos   | 3.53                                   | Murray, 1985      |
|           | Natural (M)             | Pauly (1980)                                      | Todos   | 0.66                                   |                   |
| SON       | Pesca (F) y Natural (M) | Análisis de cohortes (Jones, 1984) y Pauly (1980) | Todos   | 1.90, 1.06 *(2.96)                     | Anónimo, 2007     |
| SIN       | Pesca (F) y Natural (M) |   |         | 1.65, 0.97 *(2.62)                     |                   |
| NAY       | Pesca (F) y Natural (M) |   |         | 2.43, 1.15 *(3.58)                     |                   |
| BCS       | Natural (M)             |   |         | 0.97                                   |                   |

Localidades internacionales: Barbados (BA), Santa Lucía (SL).

Localidades nacionales: Golfo de México (GM), Baja California Sur (BCS), Sonora (SON), Sinaloa (SIN), Nayarit (NAY).

\* (Z) valor supuesto de la mortalidad total.

## **V. Reproducción**

### **V.1. Material y métodos**

#### **V.1.1. Origen y análisis de la información**

Durante el periodo de agosto del 2004 a noviembre del 2006, se recolectaron las gónadas y su respectivo peso, de hembras y machos, para el caso de estos últimos la colecta sólo se hizo durante el 2006. Las gónadas de ambos sexos, se fijaron en formol al 10% y en solución Davidson (Howard y Smith, 1983). Posteriormente se registró el peso de cada una y se colocaron en bolsas plásticas, con su respectiva etiqueta. Las muestras se transportaron al laboratorio de Histología del CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste), donde se llevo a cabo el análisis histológico e histoquímico de las mismas.

#### **Histología e histoquímica**

Antes de procesar las gónadas colectadas, se hizo un análisis para comprobar si el grado de desarrollo era homogéneo a lo largo de la gónada, para lo cual se tomó una submuestra de 30 hembras en donde se realizaron 3 cortes, de la parte anterior, media y posterior de ambos ovarios. Debido a que no se encontraron diferencias, para las demás muestras sólo se hizo el corte en la parte media de la gónada. Para su deshidratación cada sección se colocó en cassetes en una serie de alcoholes de menor a mayor concentración (70, 80, 90, y 100%). Después los tejidos se aclararon en xileno y se incluyeron en Paraplast X-Tra con punto de fusión de 54-56 °C. De las inclusiones en parafina se obtuvieron 2 cortes de cada gónada a 4  $\mu\text{m}$  de grosor con un micrótomo de rotación Leica RM 2155. Para el estudio histológico e histoquímico se emplearon las técnicas de tinción Hematoxilina-eosina (H-E), Azul Alciano PAS (AAPAS) y Negro Sudán B (NSB) (figura 32).

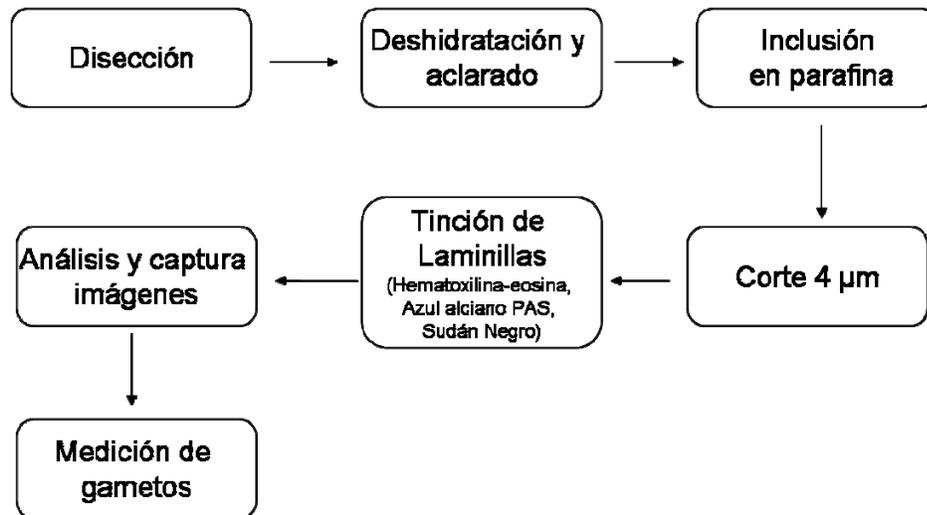


Figura 32. Tratamiento histológico e histoquímico para la identificación y determinación del ciclo gonádico del dorado *Coryphaena hippurus*.

### **Establecimiento de las categorías gametogénicas y los estadios de desarrollo gonadal en ambos sexos del dorado *Coryphaena hippurus***

Para una mejor clasificación de las categorías gametogénicas y descripción del desarrollo gonadal en ambos sexos, hubo la necesidad de aplicar diferentes técnicas de tinción. En los cortes obtenidos se utilizó la tinción Hematoxilina-eosina (HE), que es la tinción considerada como de rutina en estudios histológicos, ésta proporciona información general de los tejidos y sin variaciones importantes en sus resultados, la tinción con Azul Alciano PAS (AAPAS), fue útil para identificar los alvéolos corticales, la cual tiñe diferencialmente mucopolisacáridos ácidos de color azul, y mucopolisacáridos neutros de color rosa-magenta, la aparición de estas estructuras en el ovocito significa que éste ha comenzado el proceso de maduración y por último la tinción de Sudán Negro (SN), la cuál tiñe diferencialmente triglicéridos (Tgs) de color azul oscuro a negro y fosfolípidos (Fls) de color gris, siendo útil para confirmar la composición lipídica de los ovocitos vitelogénicos iniciales y avanzados. Cabe aclarar que sólo las dos últimas técnicas se utilizaron en las hembras, y la técnica de HE sólo para los

machos, la cual al ser únicamente cualitativa sirvió perfectamente para tener una clasificación general de las clases reproductivas de los mismos.

### **Captura de imágenes y medición de gametos**

Las imágenes de los cortes teñidos de las gónadas (ambos sexos) se capturaron en un sistema de análisis de Imágenes Image Pro Plus (versión 4.5.19), integrado por un microscopio compuesto marca (Olympus BX41 y BX50) y una cámara digital CoolSNAP-Pro conectada a una computadora. Las imágenes de los tejidos se digitalizaron con diferentes objetivos (4X, 10X, 20X). Para la medición de dichos gametos se utilizó el programa Image Pro Plus (versión 6.0), capturándolos previamente con el objetivo de 4X.

### **Establecimiento de las categorías ovocitarias y los estadios ováricos de las hembras**

Aunque las características del desarrollo ovocitario son en general similares entre los teleósteos (Wallace *et al.*, 1981) existen numerosas escalas de madurez y esquemas de clasificación de ovocitos (Yamamoto, 1956; Wallace *et al.*, 1990; Tyler *et al.*, 1996; De Vlaming, 1983; West, 1990). Estas clasificaciones son útiles para determinar estrategias reproductoras y evaluar aspectos de la biología reproductiva de las especies. Sin embargo debido a la variedad de estrategias reproductivas, es menos probable que una misma clasificación sea válida para géneros diferentes (Bowers, 1992). Para este organismo en la región del Pacífico Mexicano, se han propuesto al menos dos clasificaciones histológicas del desarrollo ovocitario, sin embargo en ambas los detalles del desarrollo gonádico son poco claros o están apoyadas en especies con diferente estrategia reproductiva. Por lo que en el presente trabajo nos basamos en la descripción hecha por Rodríguez-Jaramillo *et al.*, (en revisión). La cual está basada primordialmente en las descripciones del crecimiento y desarrollo de los peces teleósteos antes mencionadas, donde se establecen 6 fases o estadios como

indicadores de desarrollo ovárico para las hembras. El número de categorías ovocitarias se determinó utilizando el diámetro de los ovocitos y mediante la aplicación de un análisis de varianza Kruskal-Wallis (H) se comprobó que el tamaño promedio de los ovocitos en dichas categorías fue significativamente diferente.

De acuerdo a Rodríguez-Jaramillo *et al.*, (en revisión), la descripción de los estadios ováricos es la siguiente:

**Estadio I (crecimiento primario)**, este estadio está caracterizado principalmente por ovocitos previtelogénicos de un tamaño de **25 a 85  $\mu\text{m}$** , es la fase inicial de crecimiento de los ovocitos, se presentan ovocitos perinucleolares tempranos que contienen uno o varios nucléolos dispersos por el nucleoplasma y perinucleolares tardíos con múltiples nucléolos, organizados en la periferia. El ovoplasma se tiñe uniformemente. Se observan ovogonias dispuestas en grupos o nidos, son células pequeñas en las cuales el núcleo ocupa la mayor parte de la célula y el ovoplasma es escaso (figura 33).

**Estadio II (crecimiento secundario)**, en este estadio se encuentran ovocitos de **140 a 400  $\mu\text{m}$** , se caracteriza por la aparición de alvéolos corticales y las inclusiones de lípidos. Los alveolos corticales son pequeñas vesículas que se observan como estructuras esféricas que con la técnica tradicional de H-E se observan vacías, sin embargo con la tinción Azul Alciano PAS se tiñen intensamente de azul. Las vesículas aumentan de tamaño y número hasta formar varias filas en la periferia del ovoplasma. El ovoplasma aumenta de tamaño en relación al núcleo empiezan aparecer las inclusiones lipídicas en forma de glóbulos esféricos de diferentes tamaños (figura 33).

**Estadio III (crecimiento terciario)**, aquí se da inicio a la vitelogénesis, esta es un proceso gradual en el que la característica más conspicua es el aumento en tamaño del ovocito debido a la acumulación de vitelo, los ovocitos miden **530 a 650  $\mu\text{m}$** . Aparecer pequeñas esferas o glóbulos de vitelo situados en la zona

cortical del ovoplasma. Al principio son de un tamaño menor (ovocitos vitelogénicos tempranos) y se hacen grandes al avanzar la maduración (ovocitos vitelogénicos avanzados). Se observa la zona radiata desde el inicio de esta fase y la cual se va engrosando, al mismo tiempo que las células foliculares se hacen más planas (figura 33).

**Estadio IV (maduración)**, en este estadio los ovocitos posvitelogénicos miden alrededor de **720  $\mu\text{m}$** . La fracción lipídica de los gránulos de vitelo se fusionan para formar una única y gran vacuola (gota lipídica). Al mismo tiempo se observa la migración de la vesícula germinal, el núcleo se ha desplazado hacia la periferia del citoplasma (núcleo migratorio) y la fase de hidratación da inicio (figura 33).

**Estadio V (desove)**, la característica más importante de este estadio es la presencia de ovocitos hidratados (**> 899  $\mu\text{m}$** ), en esta fase la ovulación es evidente histológicamente por la pérdida de integridad del folículo. Las células foliculares que rodean al ovocito durante el proceso de vitelogénesis y maduración se rompen y el ovocito es ovulado. Además se empiezan a observar ovocitos en atresia. Cabe aclarar que debido al tipo de desarrollo ovárico de esta especie (asincrónico), los ovocitos en otros estadios de menor desarrollo (previtelogénicos y vitelogénicos) siempre están presentes en organismos que han superado la talla de primera madurez individual (figura 33).

**Estadio VI (postdesove)**, este estadio se caracteriza principalmente por la presencia de los folículos postovulatorios distribuidos por todo el ovario, los cuales son como de sacos vacío, de forma irregular contraída y sin continuidad. En los folículos postovulatorios de mayor tiempo la luz se reduce. Conforme los desoves parciales van vaciando la gónada, también se observan ovocitos atrésicos en etapa de reabsorción  $\alpha$  y  $\beta$  (Lambert 1970) (figura 33).

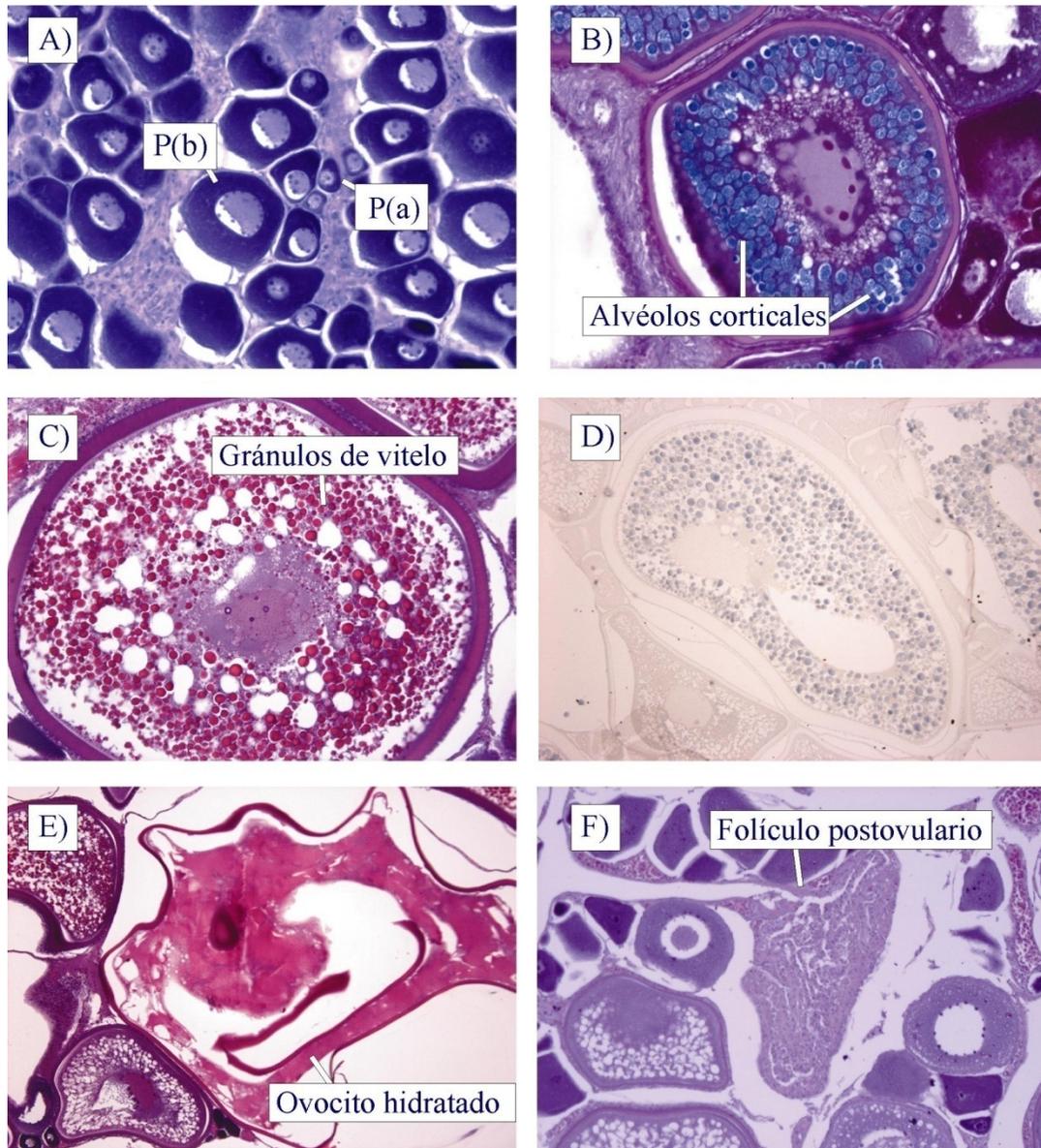


Figura 33. Estadios ováricos observados en *Coryphaena hippurus*. A) Crecimiento primario, P(a): perinucleolares tempranos, P(b): perinucleolares tardíos (Hematoxilina-eosina 200 X). B) Crecimiento secundario, alvéolos corticales (Técnica de tinción Azul Anciano PAS. 400 X). C) Crecimiento terciario, ovocitos con gránulos de vitelo (Hematoxilina-eosina 200 X). D) Maduración, ovocitos en vitelogénesis terminal con migración de la vesícula germinal (Tinción Sudán Negro 100 X). E) Desove, ovocitos hidratados (Hematoxilina-eosina 40 X). F) Postdesove, folículos postovulatorios (Hematoxilina-eosina 40 X). (Tomado de Rodríguez-Jaramillo *et al.*, en revisión).

## Ovocitos en atresia

Existen diversos criterios de clasificación de ovocitos atrésicos (Lambert 1970; Saidapur, 1978; Zamarro, 1991). Sin embargo es aceptado que la existencia de atresia menor no implica absoluta inactividad desovante. Al respecto Rodríguez-Jaramillo *et al.*, (en revisión), menciona que en *C. hippurus* se observaron hembras con gónadas que presentan abundantes ovocitos vitelogénicos además de folículos postovulatorios, las cuales se clasificaron en estadio III (crecimiento terciario) ya que presentaban una alta frecuencia de ovocitos vitelogénicos sanos y viables, sin signos de reabsorción (figura 34).

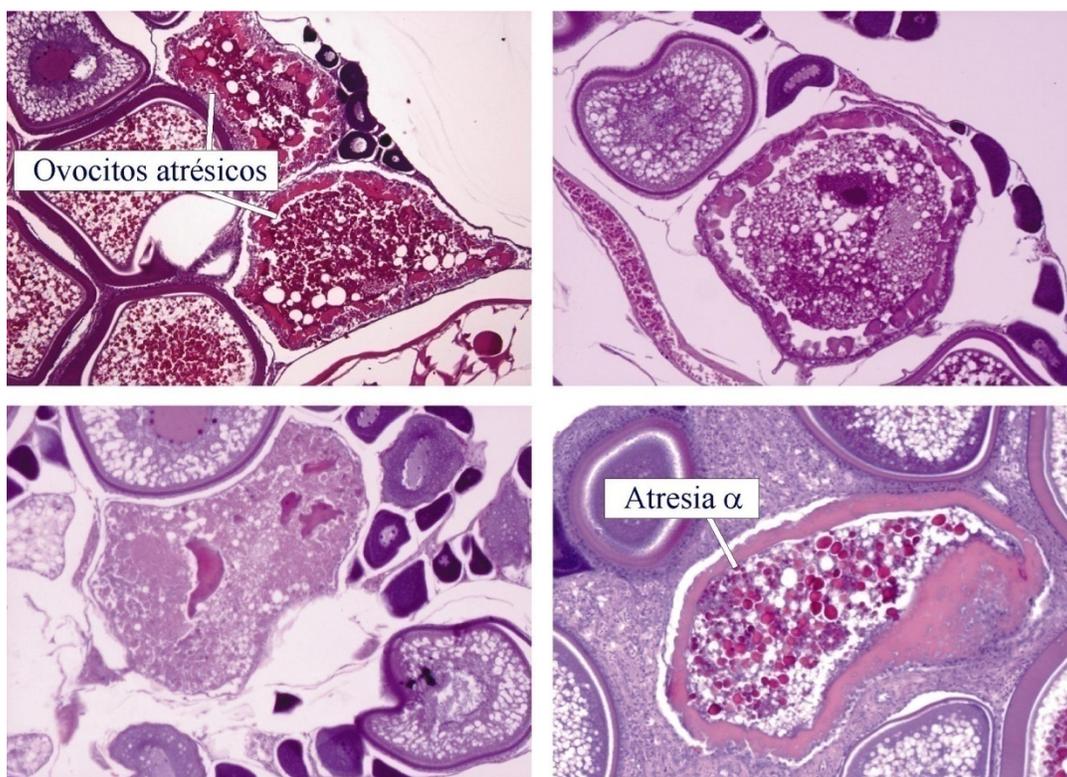


Figura 34. Estadios atrésicos en el dorado *Coryphaena hippurus* (Hematoxilina-eosina 40 X y 100 X. (Tomado de Rodríguez-Jaramillo *et al.*, en revisión).

## **Establecimiento de las clases reproductivas de los machos**

Para la descripción gonádica de los machos, Rodríguez-Jaramillo *et al.*, (en revisión), se basó en la en la definición del epitelio germinal continuo o discontinuo y en los estadios de las células germinales presentes (Grier *et al.*, 1998). En donde menciona que el testículo de *C. hippurus* está organizado en lóbulos orientados principalmente hacia el centro del lumen de la gónada. En esta descripción sólo se identificaron cuatro de las cinco clases de desarrollo de la espermatogénesis descrita para teleósteos.

**Clase I (quiescencia)**, clase ó estadio caracterizado porque el tejido gonádico está constituido principalmente por espermatogónias y abundante tejido conjuntivo (no se observó por que todos los machos presentaban actividad reproductiva).

**Clase II (maduración temprana)**, se considera el inicio de la espermatogénesis, la estructura de los espermatocistos se presenta bien definida, se observa epitelio germinal continuo entre los conductos y el lumen está parcialmente cerrado (figura 35).

**Clase III (maduración intermedia)**, se observa la presencia de epitelio germinal continuo en la región de los lóbulos y epitelio germinal discontinuo en la región de los conductos testiculares, los espermatozoides han sido liberados en el lumen (figura 35).

**Clase IV (maduración avanzada)**, en los conductos testiculares se observa abundante epitelio germinal discontinuo en su extremo distal y escaso epitelio germinal continuo en el extremo proximal. La espermiogénesis es intensa por lo que se liberan grandes cantidades de espermatozoides (figura 35).

**Clase V (regresión)**, los conductos están llenos de espermatozoides, las espermatogonias son escasas (figura 35).

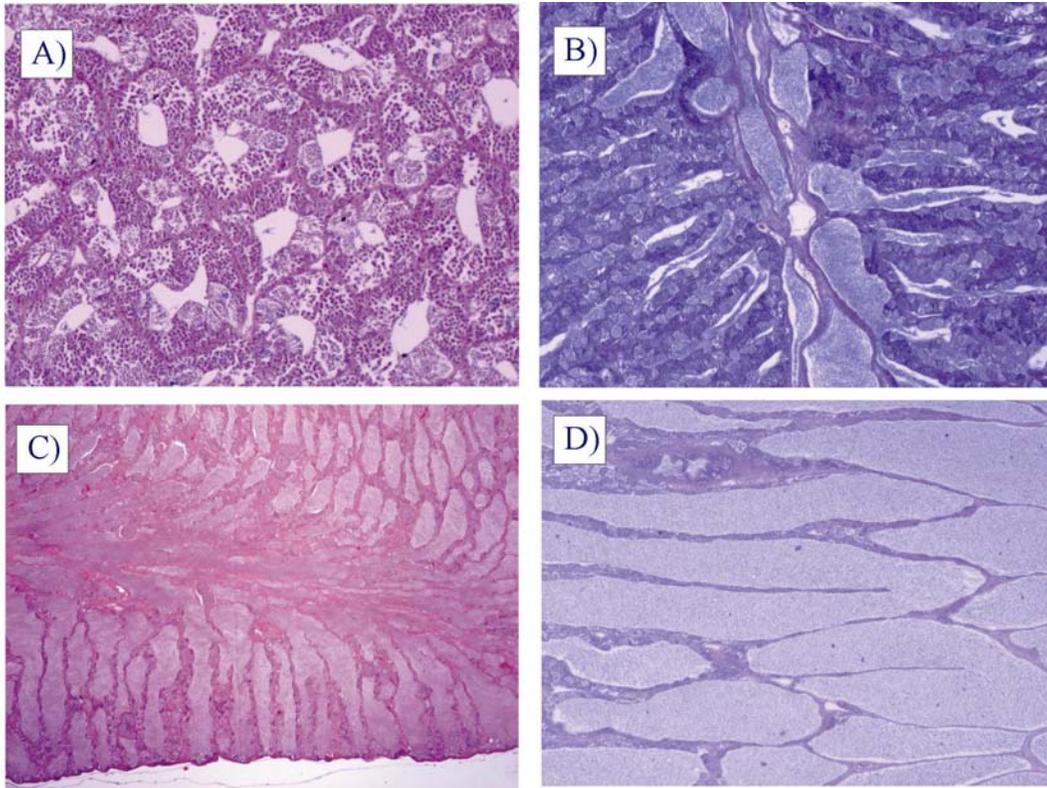


Figura 35. Desarrollo testicular de *Coryphaena hippurus*. A) Maduración temprana (Clase II, Hematoxilina-eosina 100 X). B) Maduración intermedia (Clase III, Hematoxilina-eosina 40 X). C) Maduración avanzada (Clase IV, Hematoxilina-eosina 40 X). D) Regresión (Clase V, corte longitudinal Hematoxilina-eosina 100 X). (Tomado de Rodríguez-Jaramillo *et al.*, en revisión).

### **Ciclo reproductivo del dorado y su relación con la temperatura superficial del mar (TSM)**

Se elaboró la descripción del ciclo reproductivo graficando la frecuencia relativa de los estadios de desarrollo gonadal obtenidos para cada sexo. Durante el periodo del 2004 al 2006 para las hembras y 2006 (machos) en la región sur de

Baja California. A su vez que se comparó con los indicadores de reproducción y la temperatura superficial del mar (TSM).

## **Indicadores de reproducción**

### **Proporción sexual**

Se obtuvo la proporción de sexos dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos. Asimismo para determinar si existía una diferencia de 1H: 1M en la proporción sexual por mes, total y por clase de talla, se utilizó el estadístico de prueba ji cuadrada  $X^2$  (Sokal y Rohlf, 1981).

### **Índice gonadosomático**

Con los pesos de las gónadas se calculó el índice gonadosomático de acuerdo a Balbontín *et al.* (1993), utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

IGS = Índice gonadosomático,

PG = Peso de gónada (gramos),

PT = Peso total del organismo (gramos).

### **Factor de condición**

Se calculó el factor de condición propuesto por Bagenal y Tesch (1978), para detectar los meses en los cuales se presenta la mejor condición en los dorados a partir de la siguiente ecuación:

$$FC = \left( \frac{PT}{Lf^b} \right) \times 100$$

Donde:

FC = Factor de condición,

PT = Peso total del organismo (gramos),

Lf = Longitud furcal del organismo (milímetros),

b = Parámetro de alometría de la relación peso total – longitud furcal.

### **Tamaño de los ovocitos**

Para reforzar el ciclo reproductivo de las hembras, mediante la observación y análisis de los tipos de ovocitos presentes en las gónadas analizadas, se seleccionó aquellos con un mayor desarrollo, así se determinó la moda del ovocito más avanzado (MOA). Posteriormente se midió el diámetro teórico promedio (Saout *et al.*, 1999) de entre 30-50 ovocitos en los cortes histológicos. Para la medición de los ovocitos, las imágenes se capturaron con el objetivo de 40X y se utilizó el programa Image Pro Plus (versión 6.0) para su medición. La MOA se relacionó con la TSM y el IGS.

### **Talla de primera madurez individual y poblacional**

La talla de primera madurez individual se estableció como la hembra y macho más pequeño colectado con signos de desove (Villalejo *et al.*, 1993). Para el establecimiento de la talla de primera madurez poblacional ( $L_{50}$ ), se agruparon las hembras que estuviesen en los estadios ováricos (III, IV, V y VI) determinadas previamente mediante el análisis histológico, el análisis se hizo para todo el periodo 2004 a 2006 y para cada año. De igual forma se agruparon los machos de las clases reproductivas (III y IV). Para todos los casos se aplicó el modelo

logístico utilizando el método iterativo de Levenberg-Marquardt para resolver regresiones no lineales a través del software CurveExpert (Hyams, 1993). El modelo logístico se expresa de la forma siguiente.

$$P = \frac{1}{1 + e^{a+b*LF}}$$

Donde:

P= Porcentaje de hembras y machos sexualmente maduros,

Lf = Longitud furcal (cm),

a y b = constantes de la regresión lineal.

### **Potencial reproductivo**

Esta determinación está basada en la metodología descrita por Rodríguez-Jaramillo (2004) para el callo de hacha *Atrina maura* y utilizada tanto en moluscos como en crustáceos y peces (Gómez-Robles *et al.*, 2005; Rodríguez-González *et al.*, 2006). La cual consiste en la elección de un tipo de ovocitos (principalmente en etapa de vitelogénesis). Una vez obtenidas las muestras, los cortes se tiñen con la técnica de Sudán Negro (tinción para lípidos). Los cortes teñidos se digitalizan, posteriormente mediante el uso de un software para el análisis de imágenes (Image Pro Plus) se identifican sólo los colores o tonos de pixel azul oscuro y negro que corresponden a la cantidad de Triglicéridos (Tgs) los cuales son cuantificados mediante la suma de píxeles del área ocupada. Estas áreas quedan registradas en una hoja de cálculo y posteriormente se determina el índice lipídico (IL) a partir de la siguiente ecuación:

$$IL = \left( \frac{\text{Área de cobertura de Tgs}}{\text{Área del citoplasma}} \right) \times 100$$

Debido a que para este organismo no existe referencia de esta determinación fue necesario crear previamente los criterios de selección tanto de

las hembras como del tipo de ovocito medido. Para ello se evaluaron 21 hembras colectadas durante el 2005 y que estuvieran principalmente en periodo de vitelogénesis o en los estadios ováricos de III y IV (figura 36).

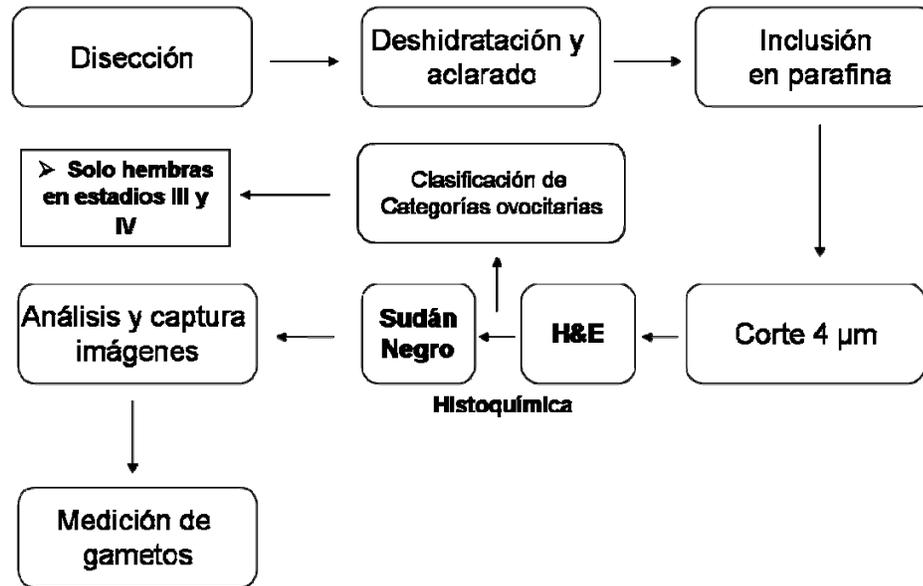


Figura 36. Tratamiento histológico e histoquímico para el análisis cuantitativo de los lípidos en los ovocitos vitelogénicos del dorado *Coryphaena hippurus*.

Posteriormente se eligieron 3 tipos de ovocitos en etapa vitelogénica (acumulación de vitelo) a los cuales se les cuantificó la cantidad de Tgs y se midió el diámetro teórico (figura 37). Para reforzar la selección del tipo de ovocito a medir en las posteriores muestras se les aplicó un análisis de varianza no paramétrico.

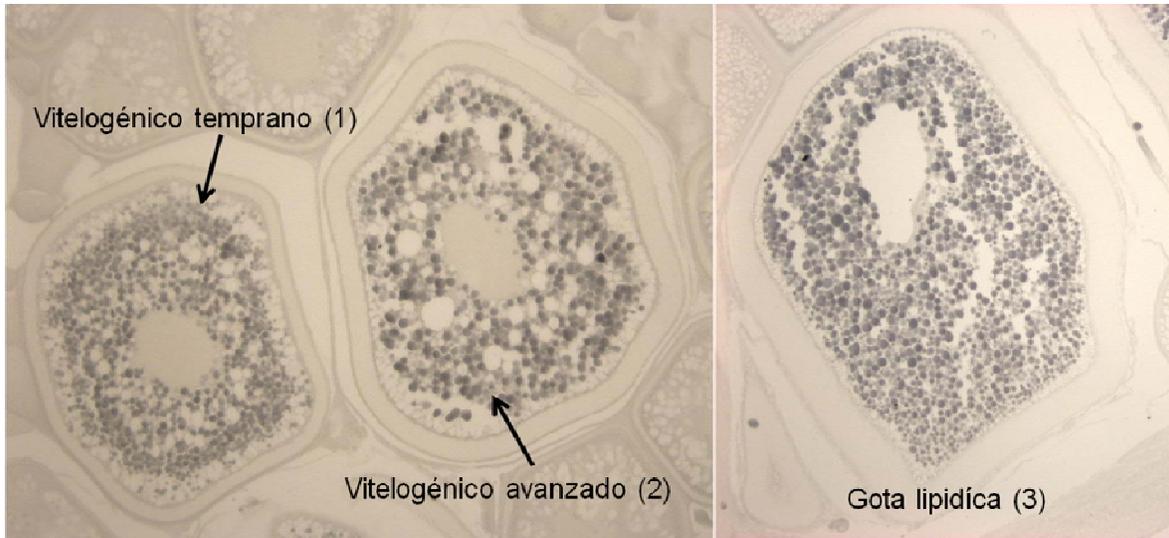


Figura 37. Tipo de ovocito seleccionados para su medición y cuantificación de lípidos (Tgs).

Debido a que se encontraron diferencias significativas en el índice lipídico (cantidad de Tgs) medido en los 3 tipos de ovocitos ( $H_{(2, 524)} = 28.34$   $p < .0000$ ), se consideró seleccionar el ovocito vitelogénico avanzado debido a que en él se encontró la mayor cantidad promedio de lípidos (figura 38).

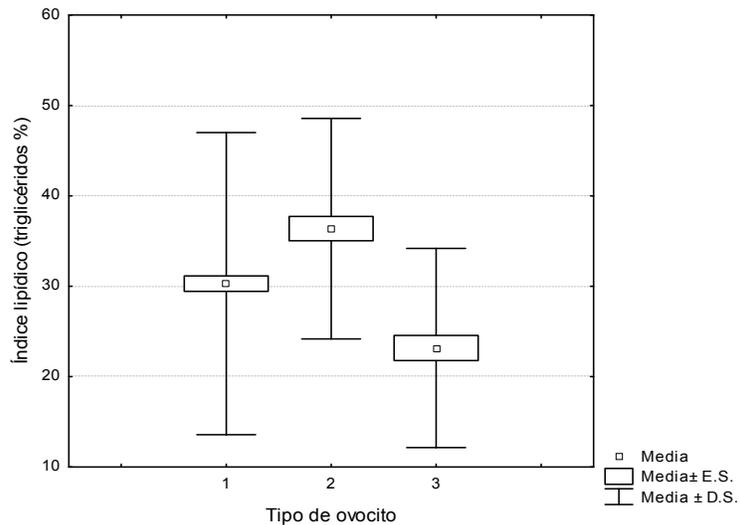


Figura 38. Relación del índice lipídico (Tgs) por tipo de ovocito.

Una vez elegido el ovocito a evaluar, se procedió a establecer los criterios para la estimación del índice lipídico en las hembras de *Coryphaena hippurus* (Tabla 21).

Tabla 21. Criterios de selección para la estimación del índice lipídico en el dorado *Coryphaena hippurus*.

|  |   |
|--|---|
| 1. <b>Técnica de Sudan Negro (SN)</b><br>(Rodríguez-Jaramillo, 2004) | a) <b>Fijación de las muestras con solución Davidson</b><br>b) <b>Cortes histológicos de 4 <math>\mu</math></b><br>c) <b>Tinción Sudan Negro (SN)</b> |
| 2. <b>Selección de las hembras de <i>Coryphaena hippurus</i></b>     | d) Hembras en estadio III (crecimiento primario)<br>e) Diferentes tallas  |
| 3. <b>Medición de los ovocitos</b>                                   | f) Imágenes a 10 X<br>g) 30 ovocitos por hembra<br>h) Ovocitos en vitelogénesis avanzada  |
| 4. <b>Índice lipídico</b>  | i) Área de cobertura de los triglicéridos (Tgs)   |

Posteriormente se realizó la estimación del índice lipídico (tgs) en las muestras colectadas durante el 2006, midiendo sólo aquellos ovocitos que estuviesen en estadio vitelogénico avanzado. El índice lipídico al igual que el diámetro teórico ( $\mu\text{m}$ ) de cada ovocito, se relacionó con la longitud furcal (cm), el peso total (kg) de cada hembra, así como el ciclo reproductivo y la TSM.

### **Fecundidad parcial del dorado *Coryphaena hippurus***

Para la estimación de la fecundidad parcial se utilizaron sólo aquellas gónadas que presentaran signos de desove es decir que tuvieran ovocitos hidratados visibles y esparcidos en el lumen ovárico. Para lo cual las gónadas colectadas previa fijación con solución Davidson, se pusieron en Alcohol al 50% esto para facilitar su manejo en el laboratorio. Posteriormente se colocaron

durante 4 días en cloro al 10% esto para poder remover con facilidad la membrana que envuelve el ovario (túnica albugínea) y liberar los ovocitos de forma manual (Choy, 1985). Se trató de seguir la metodología propuesta por Macgregor (1957) (método de ovocitos hidratados) el cual propone la toma de submuestras de ovocitos en estadio más avanzado de cualquier parte de la gónada de la hembra, sugerido principalmente por lo impráctico que resulta contarlos todos. No obstante, mediante un set de dos tamices, el superior de 1000 micras y el inferior de 500 micras a chorro de agua, se logró separar de los ovocitos hidratados aquellos con un menor tamaño y desarrollo (vitelogénicos y previtelogénicos), de esta forma los análisis posteriores sólo se hicieron sobre la masa de ovocitos hidratados obtenida.

### **Selección de la submuestra**

Para la estandarización del peso de la submuestra, se realizó una comparación entre el uso de dos técnicas para el conteo de los ovocitos, esto en peso seco y peso húmedo de la masa de ovocitos hidratados. Para la realización de la técnica en peso húmedo se pesaron 10 submuestras partiendo de 0.1 a 1.0 gr. Para el peso seco se pesaron 4 submuestras de 0.025, 0.05, 0.1 y 0.15 (todas por triplicado). El conteo de los huevos se llevó a cabo con un microscopio estereoscópico y con la ayuda de un contador (Veeder-Root). Para comparar las diferencias entre el número de huevos presentes en las submuestras se aplicó un análisis de varianza no paramétrico usando la prueba de Kruskal-Wallis, además de comparar la duración del tiempo aplicado en cada una de las técnicas.

El número de ovocitos de la submuestras obtenidas para el peso seco fluctuó entre 77 y 175 (promedio = 118.6; desviación estándar = 23.34). Para el peso húmedo entre 287 y 667 (promedio = 487; desviación estándar = 147.16). Asimismo se encontraron diferencias significativas ( $H_{(1, 22)} = 15.78$   $p < 0.001$ ), lo que ayudó en la selección del uso del peso seco para la estimación de la

fecundidad parcial de las muestras posteriores, ya que se obtuvo una menor variabilidad entre las muestras (figura 39).

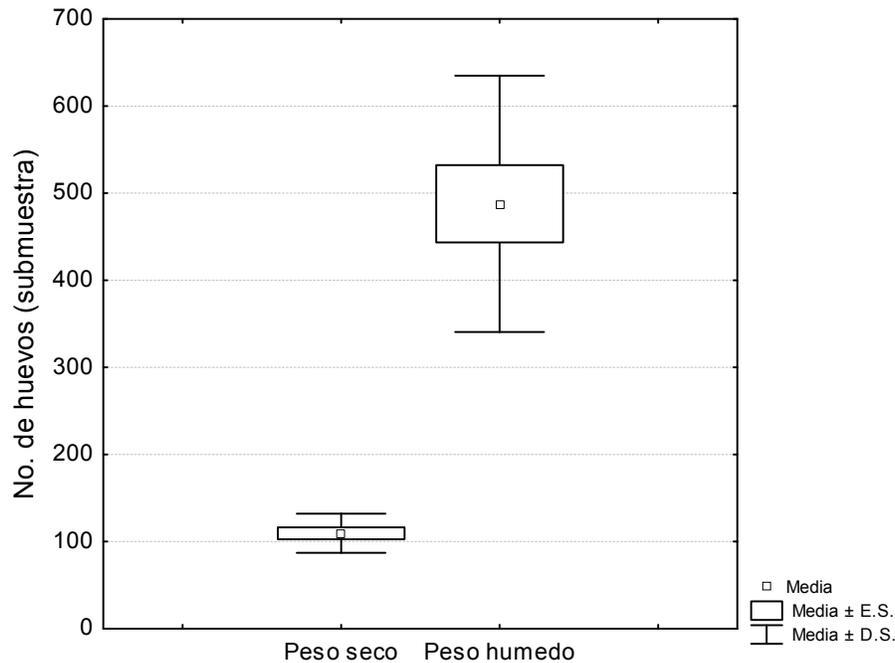


Figura 39. Variación del número de huevos en las submuestras para peso seco y peso húmedo.

### Fecundidad parcial

La formulación aplicada en el método gravimétrico convencional o el método de ovocitos hidratados (Macgregor, 1957) para la estimación de la fecundidad parcial, se expresa de la siguiente forma:

$$F = \left( \frac{NO \times PG}{PM} \right)$$

Sin embargo dado que se pudo obtener el total de la masa de hidratados, fue conveniente sustituir el PG por el PMOH por lo que la formula quedaría de la manera siguiente;

$$F = \left( \frac{NO \times PMOH}{PM} \right)$$

Donde:

F = Fecundidad parcial,

NO = Número de ovocitos en la muestra,

PMOH = Peso total de la masa de ovocitos hidratados,

PG = Peso total de la gónada,

PM = Peso de la muestra

Para determinar la relación entre la fecundidad parcial con la longitud furcal (mm), el peso eviscerado (g) así como el peso de la gónada (g) de las hembras, se aplicaron los modelos exponencial y lineal para encontrar el mejor ajuste. Así también se hizo la estimación de la fecundidad relativa y ésta se expresó por unidad de longitud furcal (cm) y por unidad de peso eviscerado (g).

## V.2. Reproducción

### V.2.1. Histología e Histoquímica

El número total de gónadas analizadas histológicamente fue de 316 gónadas, 84 ♂ y 232 ♀ (Tabla 22). La recolecta de las muestras fue durante el segundo semestre de cada año a excepción del 2005 donde a pesar de que se pudo obtener muestras en la primera mitad del año, éstas fueron muy pocas. Durante el 2006 el número de muestras aumentó considerablemente, así también fue el único año donde se colectaron gónadas de machos.

Tabla 22. Número de muestras analizadas histológicamente para hembras y machos durante el periodo de estudio.

|            | Hembras |      |      | Machos |
|------------|---------|------|------|--------|
|            | 2004    | 2005 | 2006 | 2006   |
| Enero      |         | 2    |      |        |
| Febrero    |         | 1    |      |        |
| Marzo      |         | 1    |      |        |
| Abril      |         |      |      |        |
| Mayo       |         |      | 2    | 5      |
| Junio      |         |      | 21   | 20     |
| Julio      |         | 2    | 5    | 12     |
| Agosto     | 2       | 7    | 12   |        |
| Septiembre | 20      | 28   | 61   | 24     |
| Octubre    | 11      | 7    | 29   | 19     |
| Noviembre  | 11      | 6    | 4    | 4      |
| Diciembre  |         |      |      |        |
| Total      | 44      | 54   | 134  | 84     |

### Establecimiento de las categorías ovocitarias y los estadios ováricos

A partir de las muestras analizadas se procedió al análisis de los cortes histológicos, en donde se tomaron las medidas del diámetro de las 10 categorías ovocitarias observadas en los 6 estadios ováricos (Tabla 23 y figura 40).

Tabla 23. Estadios ováricos y tipos de ovocitos descritos para las hembras de dorado *Coryphaena hippurus*.

| <b>Estadios ováricos</b>                       | <b>Tipos de ovocitos (No.)</b>                                    | <b>Diámetro <math>\mu \pm</math> S.D.</b> |
|--|---|---|
| I - Crecimiento primario<br>(previtelogénesis) | Nucleolo-cromatina (1)  | 25.22 $\pm$ 8.50                          |
|  | Perinucleolar temprano (2)  | 59.96 $\pm$ 11.55                         |
|  | Perinucleolar tardío (3)  | 85.72 $\pm$ 16.34                         |
| II - Crecimiento secundario                    | Alvéolo cortical temprano (4)                                     | 140.64 $\pm$ 39.00                        |
|  | Alvéolo cortical tardío (5)                                       | 259.55 $\pm$ 56.57                        |
|  | Inclusiones lipídicas (6)   | 398.85 $\pm$ 63.80                        |
| III - Crecimiento terciario                    | Vitelogénico temprano (7)   | 529.61 $\pm$ 74.14                        |
|  | Vitelogénico avanzado (8)   | 651.85 $\pm$ 78.96                        |
| IV - Maduración                                | Núcleo migratorio y gota lipídica (9)                             | 723.75 $\pm$ 63.94                        |
| V - Desove parcial                             | Hidratados (10)   | > 899.10                                  |
| VI - Postdesove                                | Folículos postovulatorios y ovocitos atrésicos $\alpha$ y $\beta$ |   |

En total se midieron 4012 ovocitos de diferentes tipos, encontrando diferencias significativas entre los 10 tipos de ovocitos ( $H_{(9, 4012)} = 3745.289$   $p < .0000$ ) (figura 40).

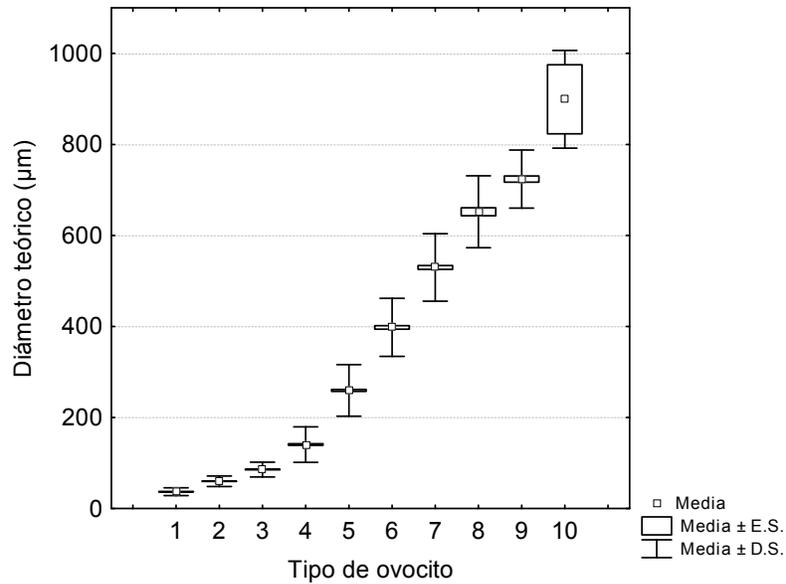


Figura 40. Variación de las categorías ovocitarias encontradas en el ovario de la hembra de dorado *Coryphaena hippurus*.

## V.2.2. Establecimiento del ciclo reproductivo del dorado

### HEMBRAS

Durante el 2004 el inicio de la época reproductiva de las hembras se presentó a partir de agosto. El periodo reproductivo (de madurez y desoves parciales) en este año, se mantuvo hasta noviembre ya que se presentaron hembras en estadios IV y VI. Las hembras muestreadas en los primeros meses del 2005, presentaron una actividad reproductiva avanzada (estadio V). En este mismo año, a partir de julio se volvió a registrar la presencia de hembras en estadio de maduración avanzada, la cual se presentó hasta noviembre, donde se repitió el mismo patrón que el año anterior. En el 2006, en el mes de mayo se observaron hembras inmaduras en estadio II, y a partir de junio se da inicio al periodo de madurez y desove, ya que se encontraron estadios avanzados de IV, V y VI. En este año se hizo más evidente la época de desove del dorado ya que se observaron hembras en desove desde julio hasta octubre. Sin embargo para este año durante el mes de noviembre no se encontraron hembras en todos los estadios como se había mostrado en los demás años. Cabe hacer notar que

durante los 3 años en los meses de mayor actividad reproductiva, las hembras que se encontraban en estadio III, se presentaron con un mayor porcentaje. Las hembras en estadio II únicamente se observaron en noviembre de 2004-2005 y en mayo 2006 (figura 41).

## MACHOS

Los machos tuvieron intensa actividad reproductiva durante los 5 meses del 2006 en los que se obtuvieron muestras, a diferencia de las hembras estos iniciaron su desove a partir del mes de mayo hasta octubre (figura 41).

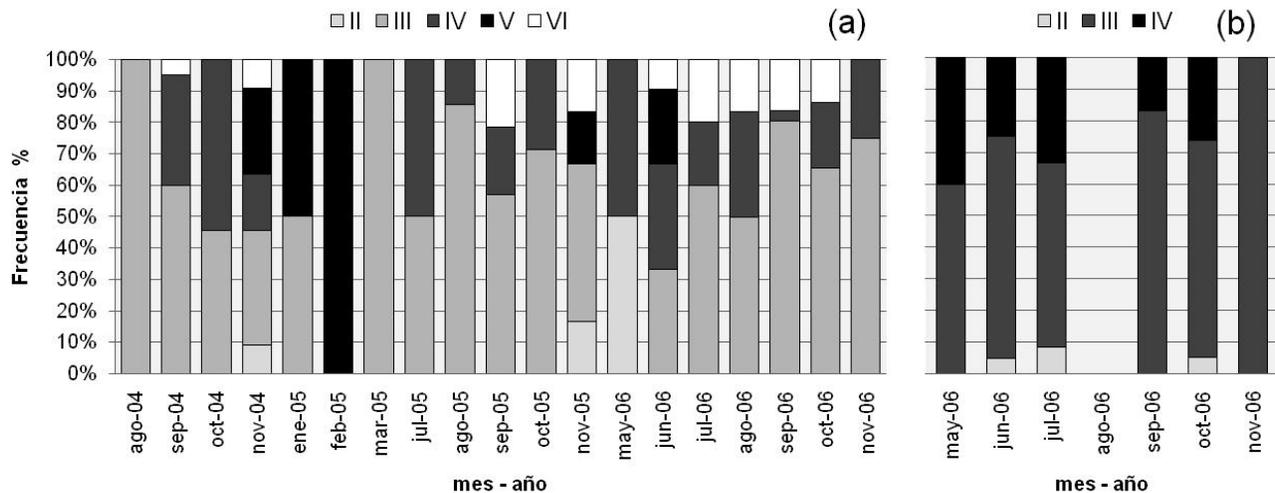


Figura 41. Ciclo reproductivo para hembras (a) y machos (b), durante el periodo de 2004-2006.

### V.2.3. Ciclo reproductivo del dorado y su relación con la temperatura superficial del mar (TSM)

La actividad reproductiva del dorado se presentó dentro de un rango amplio de TSM de 21 °C a 30 °C. La máxima actividad de las hembras se observó a partir de los 25 °C y está se intensifica conforme la TSM va incrementando. De forma

semejante los machos aumentaron su actividad conforme aumenta la TSM, sin embargo el intervalo de TSM fue más estrecho (23 °C- 30 °C). En los intervalos de TSM < 25 °C, sólo se presentaron 4 organismos con actividad desovante (2 hembras y 2 machos) (figura 42).

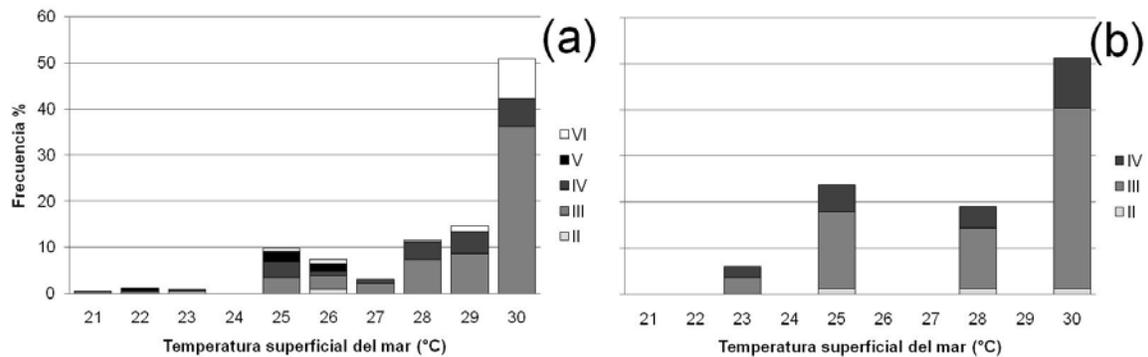


Figura 42. Ciclo reproductivo para hembras (a) y machos (b) y su relación con la TSM, durante el periodo de 2004-2006.

## V.2.4. Indicadores de reproducción

### Proporción sexual por mes

La proporción sexual para el total de organismos muestreados durante todo el periodo de estudio, no fue significativamente diferente, se determinó un valor de 1.02 :1 (♀:♂) con un valor de ji cuadrada ( $X^2$ ) de 0.48. El análisis mensual por año determinó diferencias significativas durante el 2004 en julio y septiembre. En el 2005 no se presentaron diferencias significativas en casi todo el año, a excepción de diciembre en donde la cantidad de machos fue mayor a la de las hembras. Durante el 2006 los meses que presentaron diferencias significativas fueron abril y mayo, el primero con un número mayor de machos y el segundo con un considerable aumento de hembras. Sin embargo en el total anual la proporción sexual fue de 1:1 (Tabla 24).

Tabla 24. Proporción sexual por mes y valores de  $X^2$ .

| Mes        | 2004    |        | 2005    |        | 2006    |        |
|------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|            | Hembras | Machos | Hembras | Machos | Hembras | Machos |
| Enero      | 1       | 2      | 7       | 6      | 32      | 39     |
| Febrero    |         |        | 2       | 5      | 14      | 20     |
| Marzo      | 4       | 2      | 2       | 4      | 5       | 15     |
| Abril      | 1       | 3      | 1       | 4      | 3       | 14*    |
| Mayo       | 1       | 1      | 3       | 3      | 63      | 24*    |
| Junio      | 11      | 22     | 3       | 10     | 98      | 101    |
| Julio      |         | 5*     | 3       | 10     | 60      | 73     |
| Agosto     | 25      | 22     | 12      | 12     | 75      | 70     |
| Septiembre | 75      | 47*    | 52      | 41     | 231     | 185    |
| Octubre    | 19      | 10     | 62      | 64     | 205     | 197    |
| Noviembre  | 88      | 79     | 54      | 40     | 193     | 197    |
| Diciembre  |         |        | 11      | 53*    | 24      | 19     |
| Total      | 225     | 193 NS | 212     | 252 NS | 1003    | 954 NS |

Diferencias: NS = no significativas \* significativas ( $p < 0.05$ )

### Proporción sexual por talla

En la proporción sexual por intervalo de talla para cada año hubo diferencias significativas notables. En el 2004 la proporción de los individuos de 80 cm Lf fue significativamente diferente debido a la presencia de un número mayor de hembras, intervalo de tallas de los 130 a 145 cm Lf sólo estuvo representado por machos. Durante el 2005 se encontraron diferencias significativas en la clase de talla de los 100 cm Lf, donde la mayor frecuencia fue de machos. Durante el 2006 se observaron diferencias significativas en casi todos los intervalos de talla, con excepción de la clase de los 90 cm Lf. Cabe mencionar que las tallas por debajo de este valor, fueron dominadas por hembras y por arriba de éste, los machos fueron dominantes (Tabla 25).

Tabla 25. Proporción sexual por mes, valores de  $X^2$ .

| Rango de talla (cm) | 2004    |        | 2005    |        | 2006    |        |
|---------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                     | Hembras | Machos | Hembras | Machos | Hembras | Machos |
| 40                  | 0       | 0      | 0       | 0      | 2       | 0      |
| 45                  | 0       | 0      | 0       | 1      | 2       | 1      |
| 50                  | 4       | 1      | 6       | 2      | 9       | 2      |
| 55                  | 13      | 7      | 7       | 1      | 35      | 2 *    |
| 60                  | 9       | 6      | 6       | 3      | 61      | 12 *   |
| 65                  | 12      | 9      | 15      | 9      | 87      | 29 *   |
| 70                  | 17      | 12     | 18      | 8      | 80      | 37 *   |
| 75                  | 34      | 19     | 25      | 13     | 141     | 53 *   |
| 80                  | 31      | 11 *   | 24      | 17     | 119     | 29 *   |
| 85                  | 27      | 12     | 23      | 19     | 125     | 80 *   |
| 90                  | 17      | 12     | 13      | 28     | 83      | 81 NS  |
| 95                  | 11      | 23     | 14      | 29     | 76      | 152 *  |
| 100                 | 19      | 13     | 19      | 39 *   | 81      | 126 *  |
| 105                 | 14      | 16     | 21      | 36     | 58      | 122 *  |
| 110                 | 7       | 10     | 8       | 10     | 24      | 76 *   |
| 115                 | 6       | 10     | 7       | 12     | 8       | 34 *   |
| 120                 | 3       | 5      | 2       | 8      | 4       | 30 *   |
| 125                 | 1       | 10     | 3       | 6      | 4       | 24 *   |
| 130                 | 0       | 5 *    | 1       | 2      | 3       | 21 *   |
| 135                 | 0       | 8 *    | 0       | 5 *    | 0       | 33 *   |
| 140                 | 0       | 2 *    | 0       | 3 *    | 1       | 9 *    |
| 145                 | 0       | 2 *    | 0       | 0      | 0       | 0      |
| 150                 | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      |
| 155                 | 0       | 0      | 0       | 1      | 0       | 0      |
| 160                 | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 1      |
| Total               | 225     | 165    | 212     | 205    | 1003    | 954    |

Diferencias: NS = no significativas \* significativas ( $p < 0.05$ )

### Índice gonadosomático

Los valores promedio del índice gonadosomático de las hembras fueron desde 3.34 a 8.87 y para los machos de 0.49 a 4.9, observándose los valores más altos para las hembras durante junio en el 2004-2005 y mayo del 2006 en el cual coinciden tanto hembras y machos. Para los meses de mayor actividad reproductiva o desove, este índice se comparó con la frecuencia de organismos

maduros coincidiendo con los valores más bajos obtenidos en ambos sexos (figura 43).

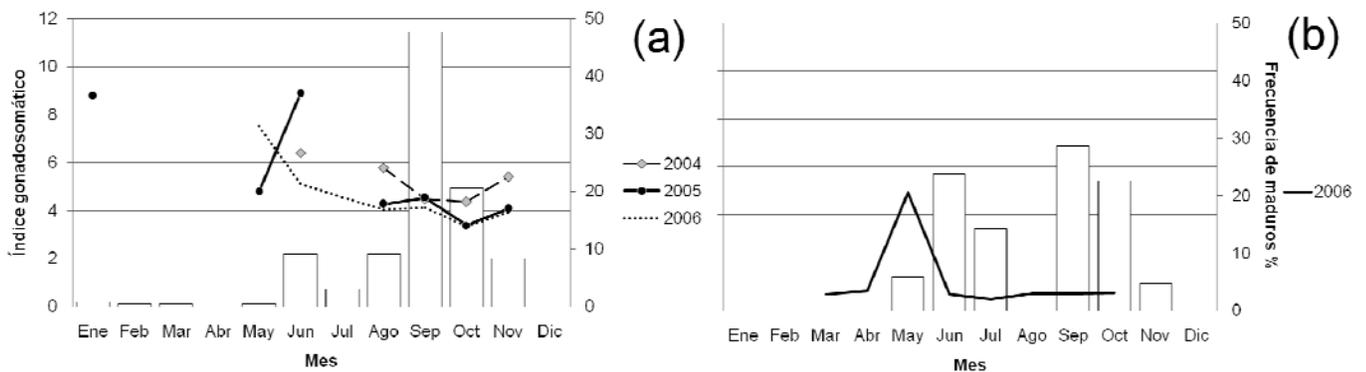


Figura 43. Índice gonadosomático por año, para hembras (a) y machos (b), en relación con la frecuencia de organismos maduros durante el periodo de 2004-2006.

### Factor de condición

Los valores promedio del factor de condición en las hembras se mantuvieron casi igual durante los 3 años, con un ligero aumento en el mes de julio del 2006, esto mismo se observó para los valores promedio de los machos (figura 44).

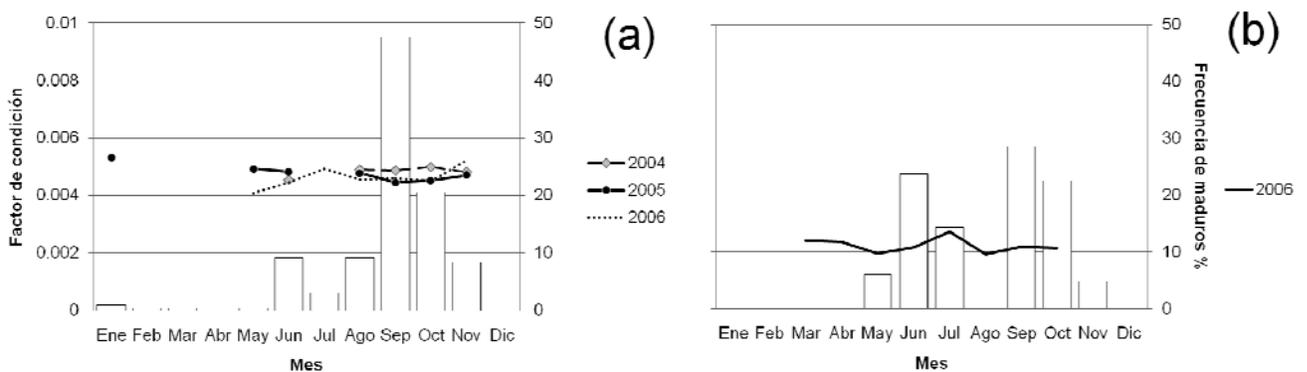


Figura 44. Factor de condición por año, para hembras (a) y machos (b), en relación con la frecuencia de organismos maduros durante el periodo de 2004-2006.

## Tamaño de los ovocitos

Se observó que la MOA parece estar respondiendo al incremento en la TSM, misma que al parecer tiene una influencia directa en el aumento y disminución del tamaño de los ovocitos. No así con el IGS donde se observó que la relación entre las dos variables fue inversa (figura 45).

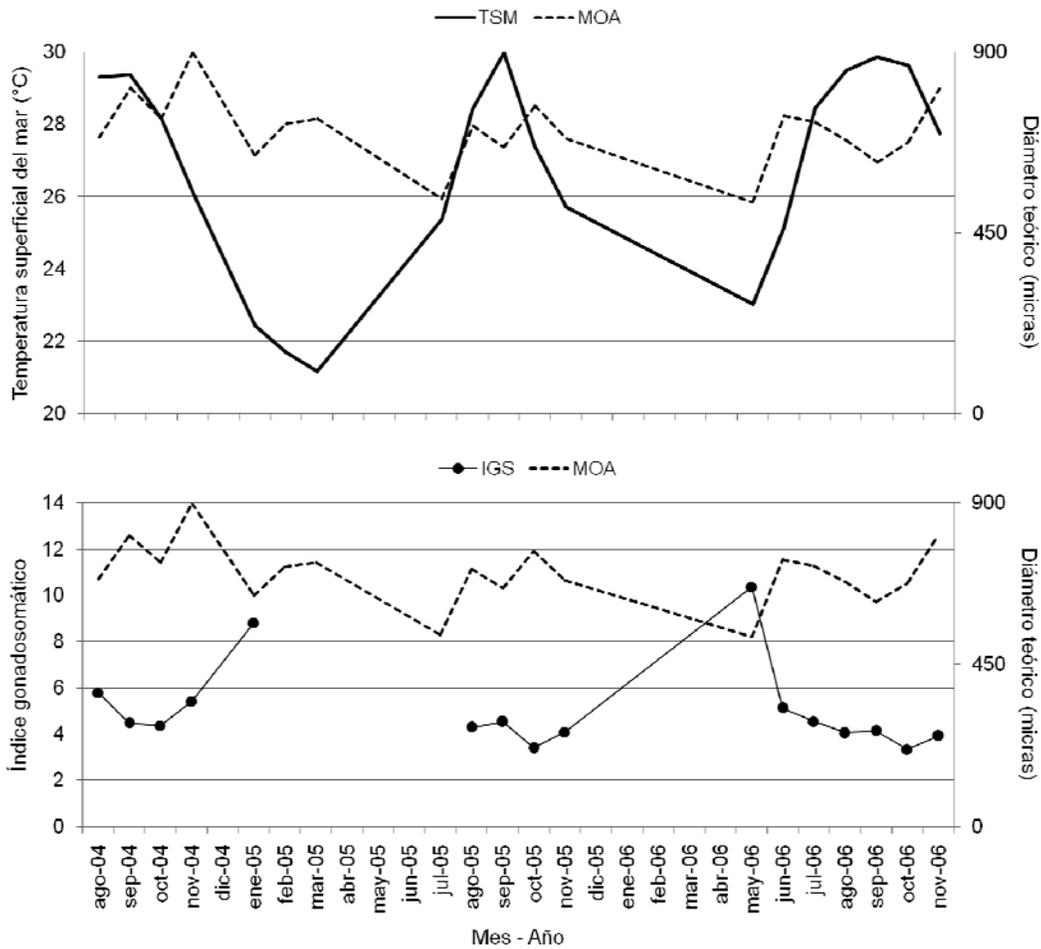


Figura 45. Relación de la moda del ovocito más avanzado (MOA) con la temperatura superficial del mar (TSM) y el Índice gonadosomático (IGS) de las hembras de *C. hippurus*, durante el periodo de 2004-2006.

### V.2.5. Talla de primera madurez individual y poblacional

La talla mínima de madurez individual se registró en una hembra de 50.5 cm Lf y en un macho de 45 cm Lf. La talla de madurez poblacional ( $L_{50}$ ) se encontró a los 80 cm Lf utilizando el total de organismos maduros. Para las hembras la  $L_{50}$  fue 77 cm Lf y de 93 cm Lf en los machos (Tabla 26 y figura 46).

Tabla 26. Talla de primera madurez y estadísticos asociados para machos, hembras y el total de los organismos colectados en B.C.S.

|          | Machos | Hembras | Total |
|----------|--------|---------|-------|
| $L_{25}$ | 77.4   | 67.0    | 68.6  |
| $L_{50}$ | 92.0   | 77.0    | 80.0  |
| $L_{75}$ | 107.0  | 86.4    | 91.6  |
| A        | 6.84   | 8.72    | 7.67  |
| B        | -0.08  | -0.11   | -0.09 |
| $r^2$    | 0.98   | 0.98    | 0.98  |
| N        | 81     | 229     | 310   |

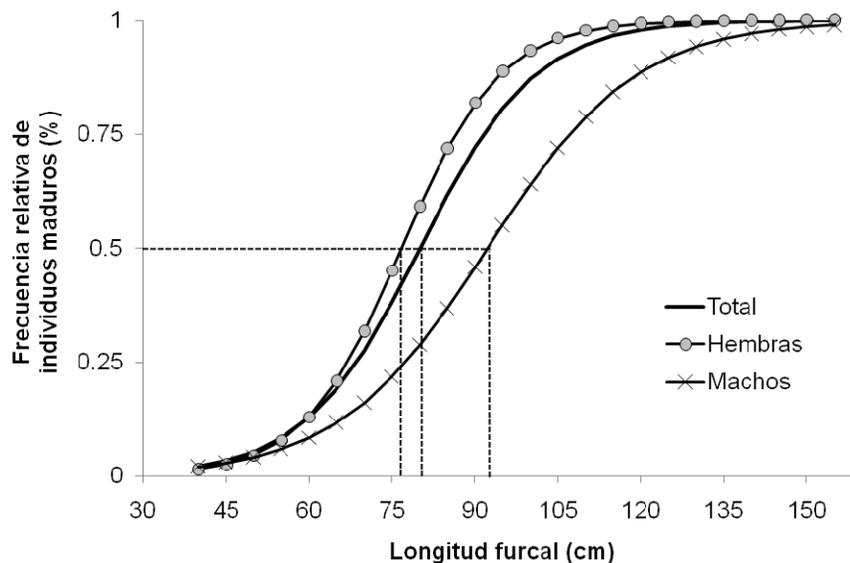


Figura 46. Talla de primera madurez poblacional ( $L_{50}$ ) para machos, hembras y el total, durante el periodo del 2004 al 2006 en la región de B.C.S.

Al calcular la talla de primera madurez poblacional anual para las hembras, no se muestran grandes diferencias ya que permanecen alrededor de la media calculada para el total de hembras colectadas (Tabla 26 y 27). Sin embargo en la figura 47, se nota que durante el 2005 las hembras alcanzan la  $L_{50}$  más rápido que en los otros dos años.

Tabla 27. Talla de primera madurez y estadísticos asociados para las hembras durante 2004-2006 colectadas en B.C.S.

|           | 2004  | 2005  | 2006  |
|-----------|-------|-------|-------|
| $L_{25}$  | 67.5  | 62.0  | 69.0  |
| $L_{50}$  | 79.0  | 73.0  | 78.0  |
| $L_{75}$  | 90.0  | 84.0  | 86.2  |
| <b>A</b>  | 7.68  | 7.23  | 9.86  |
| <b>B</b>  | -0.09 | -0.09 | -0.12 |
| <b>r2</b> | 0.98  | 0.98  | 0.98  |
| <b>N</b>  | 43    | 53    | 133   |

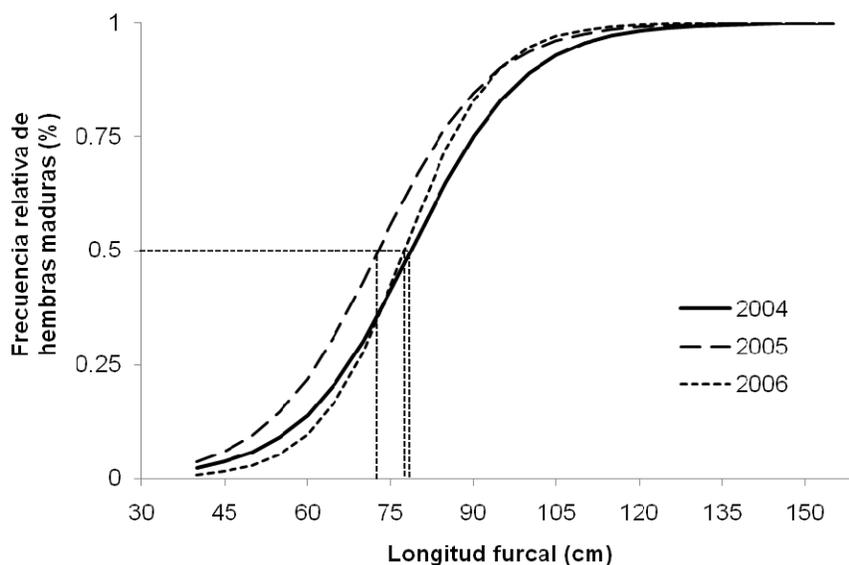


Figura 47. Talla de primera madurez poblacional ( $L_{50}$ ) para las hembras durante el periodo de 2004 al 2005.

### V.2.6. Potencial reproductivo

Se midieron un total de 329 ovocitos en etapa de vitelogénico avanzado de un total de 23 hembras (13 en el año 2005 y 10 en el 2006). El diámetro teórico de los ovocitos medidos durante los dos años estuvo dentro de un intervalo de 407 a 731 ( $\mu\text{m}$ ), sin embargo para los dos años los ovocitos más abundantes estuvieron dentro del rango de 550 a 650 ( $\mu\text{m}$ ) (figura 48).

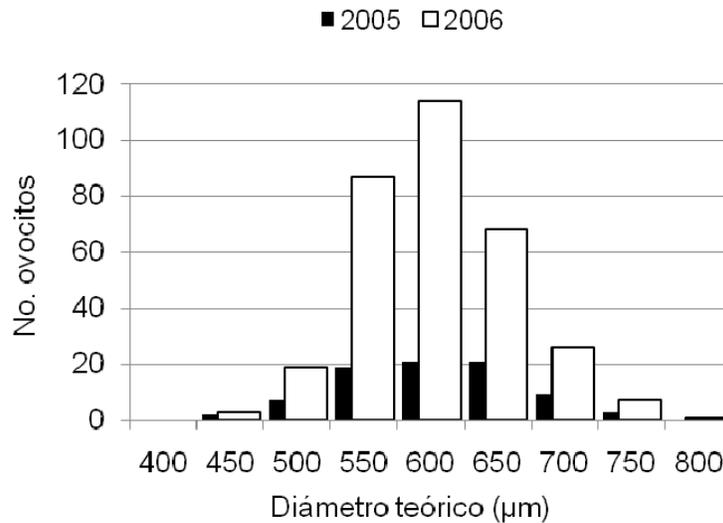


Figura 48. Distribución de frecuencias del diámetro teórico ( $\mu\text{m}$ ) de los ovocitos medidos durante 2005 y 2006.

Se encontraron diferencias importantes en la estimación del índice lipídico de los ovocitos medidos durante los años 2005-2006. El valor mínimo para el índice lipídico (Tgs) se obtuvo durante el 2005 (14.8 %) y el máximo durante el 2006 (69.6 %). En general los valores más altos se encontraron durante el año 2006 (figura 49).

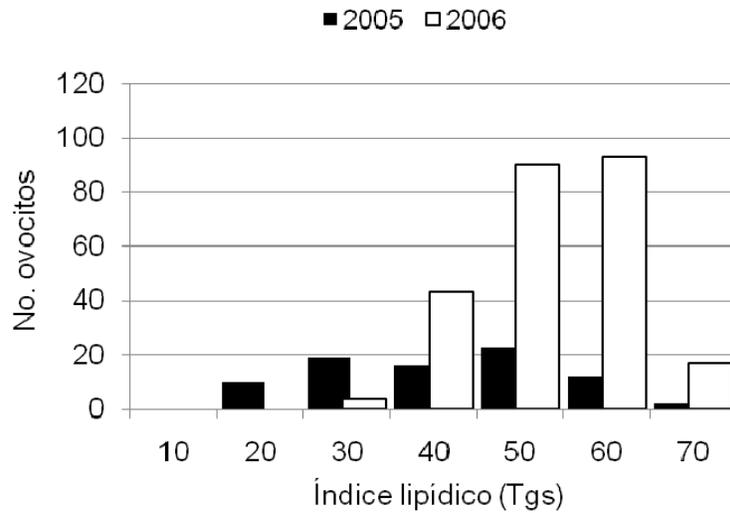


Figura 49. Distribución de frecuencias del índice lipídico (Tgs) en los ovocitos medidos durante 2005 y 2006.

Se observó que el tamaño promedio del ovocito (diámetro teórico) se incrementó con la longitud furcal (cm) y el peso total (kg) promedio de las hembras. Sin embargo al relacionar el índice lipídico promedio con el peso, se pudo observar que se presentó variabilidad entre las variables de los organismos analizados entre intervalos de 1kg a 4 kg (figura 50).

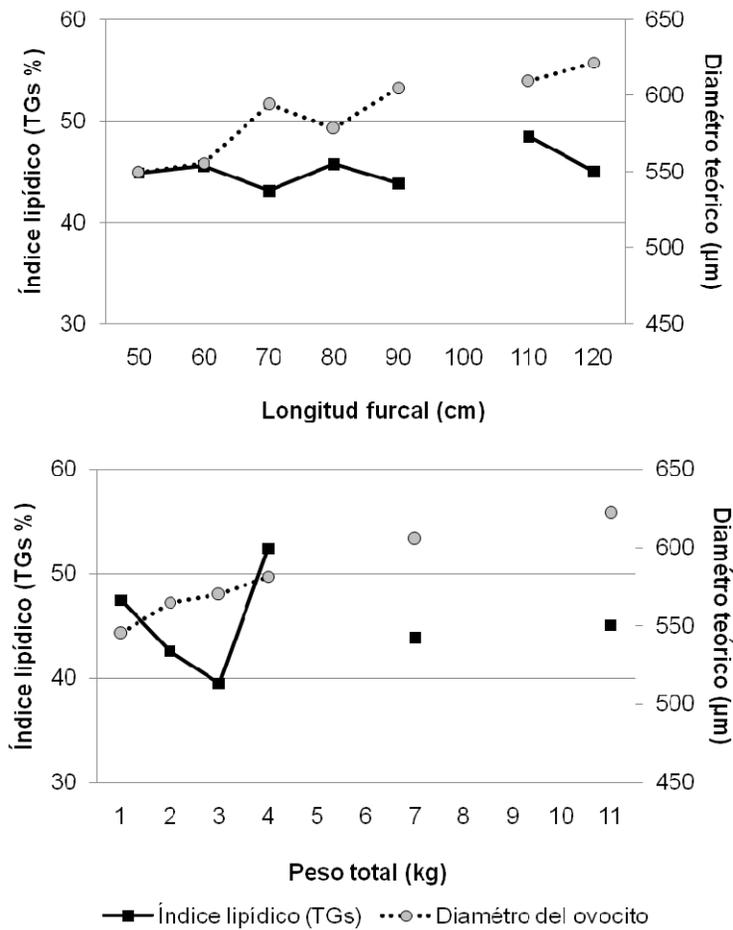


Figura 50. Relación del índice lipídico (Tgs) y el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) con la longitud furcal y el peso total de las hembras.

### Potencial reproductivo y su relación con el ciclo reproductivo de las hembras

Se observó que el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) no tuvo gran variación durante el ciclo reproductivo de las hembras, sin embargo el índice lipídico fue más alto al inicio de la temporada reproductiva decreciendo al final de la misma (figura 51).

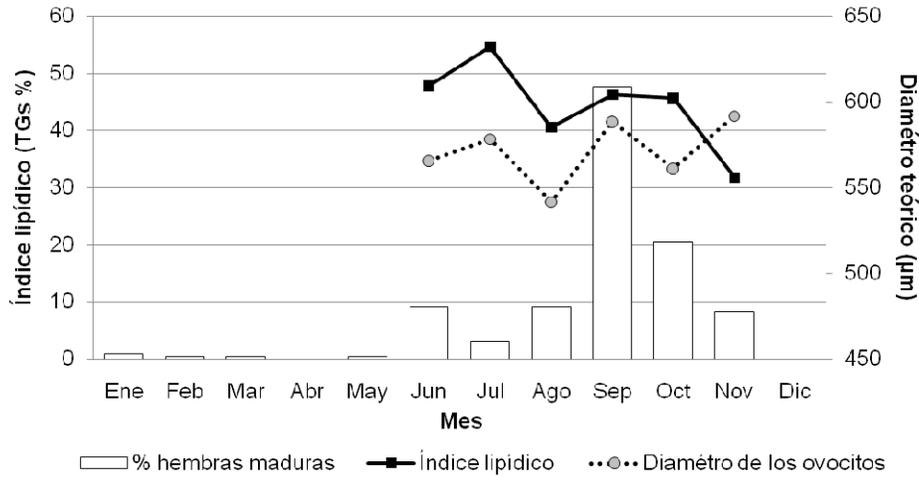


Figura 51. Relación del índice lipídico (Tgs) y el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ), con el ciclo reproductivo de las hembras.

### Potencial reproductivo y su relación con la temperatura superficial del mar (TSM)

Al relacionar el tamaño del ovocito y el índice lipídico con la TSM, se observó un ligero incremento en ambas variables a partir del intervalo de 28 °C (figura 52).

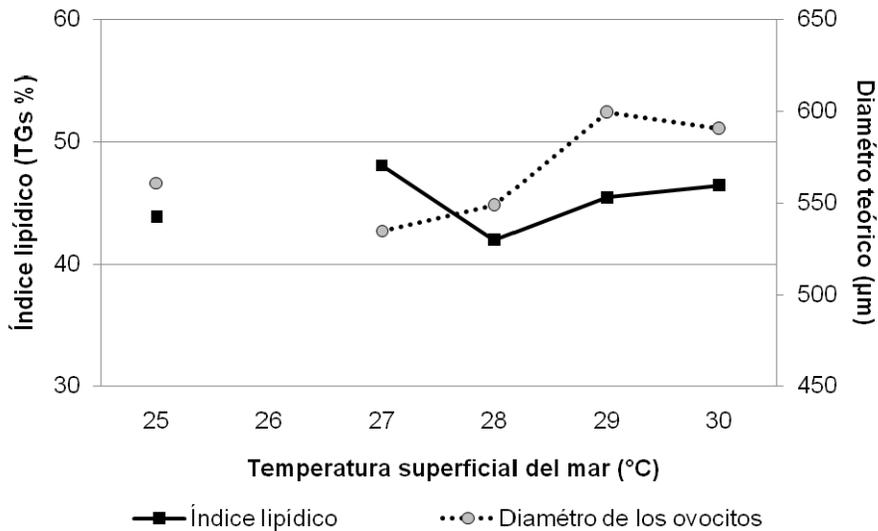


Figura 52. Relación del índice lipídico (Tgs) y el diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) con la TSM.

### V.2.7. Fecundidad parcial del dorado *Coryphaena hippurus*

Se procesaron 24 gónadas, ya que fueron las únicas que reunían las condiciones de madurez adecuadas para los cálculos de la fecundidad parcial. Las hembras estuvieron dentro de un intervalo de talla de 61 y 114 cm Lf (Tabla 28).

Tabla 28. Rango de talla de las hembras utilizadas para la estimación de la fecundidad parcial del dorado capturado en la región de B.C.S.

| <b>Rango de talla (cm Lf)</b> | <b>Frecuencia hembras</b> |
|-------------------------------|---------------------------|
| 60                            | 0                         |
| 65                            | 2                         |
| 70                            | 0                         |
| 75                            | 0                         |
| 80                            | 2                         |
| 85                            | 0                         |
| 90                            | 1                         |
| 95                            | 2                         |
| 100                           | 7                         |
| 105                           | 1                         |
| 110                           | 4                         |
| 115                           | 5                         |
| 120                           | 0                         |
| total                         | 24                        |

Se encontró una relación potencial significativa ( $r = 0.68$ ), entre la fecundidad parcial estimada (número de huevos) y la longitud furcal (mm). Con un mínimo de 33 022 (61 cm Lf), máximo 730 555 (111 cm Lf) y un promedio de 279 383 (figura 53).

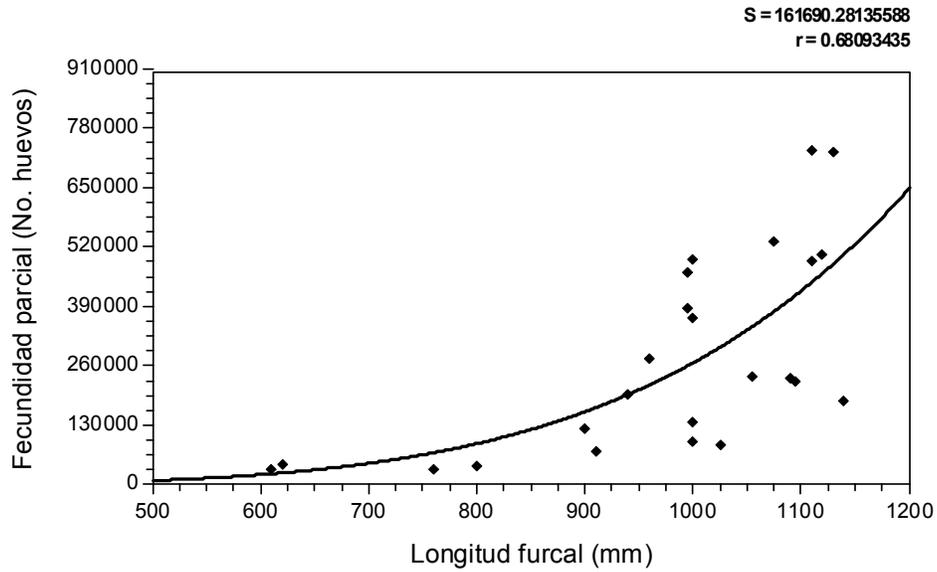


Figura 53. Relación potencial de la fecundidad parcial (no. de huevos) con la longitud furcal (mm).

Para la relación entre la fecundidad parcial y el peso eviscerado, el mejor ajuste se obtuvo utilizando el modelo de regresión lineal ( $r = 0.66$ ) (figura 54).

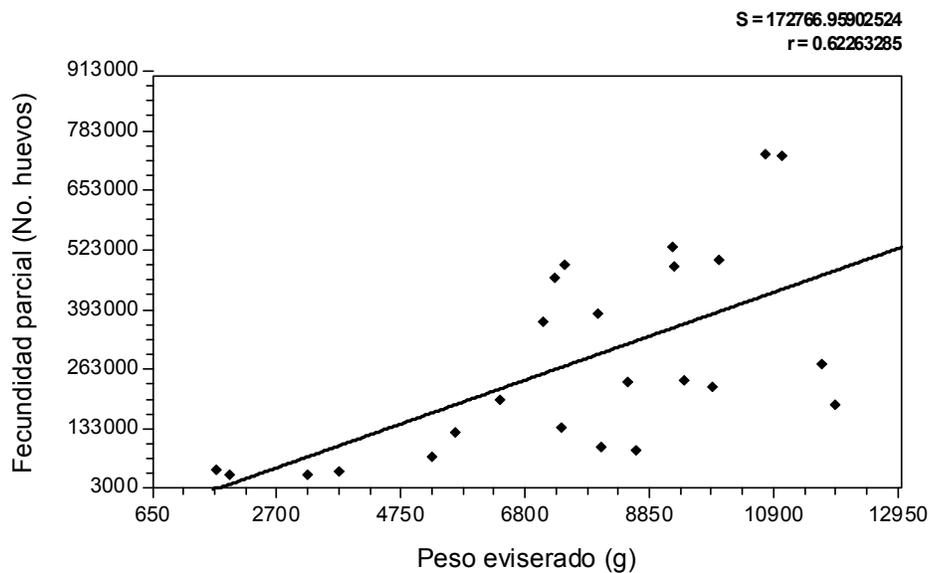


Figura 54. Relación lineal de la fecundidad parcial (no. de huevos) con el peso eviscerado (g).

Entre la fecundidad parcial estimada (número de huevos) y el peso de la gónada (g) se observó una relación lineal significativa ( $r = 0.87$ ), (figura 55).

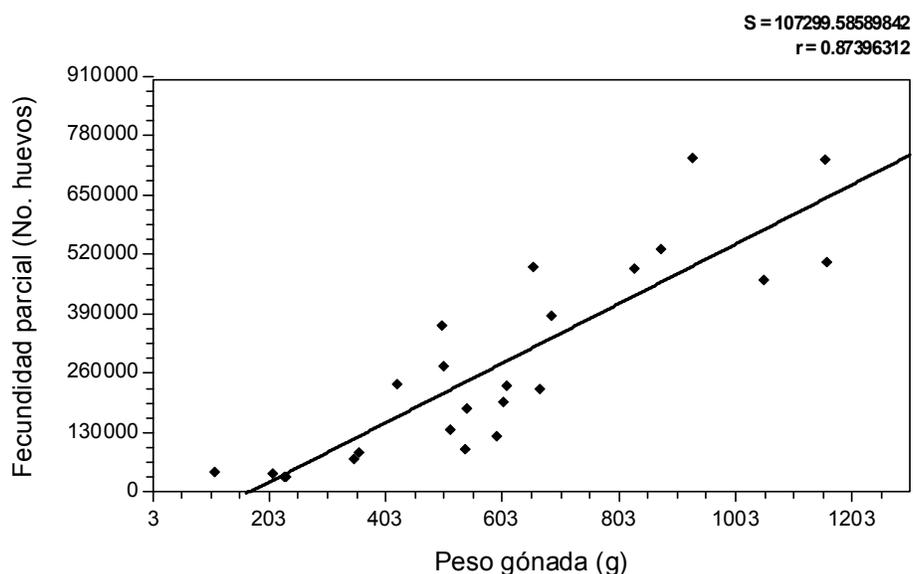


Figura 55. Relación lineal de la fecundidad parcial (no. de huevos) con el peso de la gónada (g).

### Fecundidad relativa

La fecundidad relativa calculada mostró un buen ajuste lineal ( $r = 0.99$ ) con la longitud furcal (mm) y con el peso eviscerado ( $r = 0.93$ ). Los resultados del número de huevos por Lf/cm, fue de 43.8 a 658.15 con un promedio de 268.78 (desviación estándar = 193.1) y para el peso fue de 10.03 a 67.83 (promedio = 33.7; desviación estándar = 20.57).

### V.3. Discusión

#### Estrategia reproductiva

El dorado es un pez iteróparo, es decir que presenta una reproducción estacional con uno o dos máximos de temporada, además de una elevada producción de huevos (Tyler *et al.*, 1996). La liberación de sus gametos es externa, asimismo presenta un marcado dimorfismo sexual, mismo que se hace evidente en los dorados a partir de los 40 cm Lf, ya que los machos empiezan a desarrollar una cresta fronto-nucal pronunciada que los diferencia claramente de las hembras, en tallas pequeñas ambos sexos son indistinguibles (Beardsley, 1967). El ovario y el testículo del dorado presentan los tipos celulares representativos de la mayoría de los peces teleósteos (Wallace *et al.*, 1981), observándose un desarrollo asincrónico en las gónadas de las hembras, es decir que presenta varios grupos de ovocitos en diferentes estadios de desarrollo, característica primordial de las especies que tiene desoves múltiples durante la temporada de reproducción como es el caso de diferentes atunes (*Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Katsuwonus pelamis*, *Thunnus thynnus*, *etc.*) y el róbalo *Centropomus medius* y *Centropomus undecimalis* (De Vlaming 1983; Zanuy *et al.*, 1987; Carrillo *et al.*, 1993; Grier, 2000; Schaefer, 2001; Wallace *et al.*, 2003; Maldonado *et al.*, 2005). Para el dorado se ha mencionado que puede tener entre 2 o 3 desoves por temporada (Beardsley, 1967).

Los estadios de madurez para hembras y machos se han descrito por diversos autores, algunos utilizando métodos morfocromáticos basados en la apariencia y color de las gónadas (Beardsley, 1967; Oxenford, 1985) y otros utilizando métodos microscópicos (análisis histológico) (Pérez *et al.*, 1992; García-Melgar, 1995; Rentería-Martínez, 2002). En los mismos se han determinado de 4 a 5 estadios para hembras y 2 a 3 para machos. Aunque los autores mencionan semejanza en las descripciones y sugieren que es relativamente fácil de clasificar los estadios en el dorado, creemos que el método más adecuado para la clasificación de los mismos, debe ser mediante el método histológico, como se

hizo en el presente estudio. La importancia de lo dicho anteriormente radica en que existen características delicadas que deben ser identificadas claramente, como la incidencia de los folículos postovulatorios los cuales sirven para determinar el estadio de desove y postdesove, que sólo pueden ser reconocidos mediante técnicas microscópicas. Aunado a esto, está el hecho que en el desarrollo gonadal particularmente en la hembras, es frecuente que una pequeña parte de ovocitos detiene su desarrollo y es reabsorbida, manifestándose por el proceso denominado atresia folicular (Byskov, 1978). Proceso que sólo es visible mediante el análisis histológico y que se ha considerado como un proceso común entre especies de desarrollo asincrónico, la alta incidencia de atresia folicular asume la reducción de la probabilidad de que las hembras alcancen el desove nuevamente lo que llevaría a un fallo reproductivo en la temporada de puesta afectando con ello la fecundidad y por ende el reclutamiento (Hunter *et al.*, 1985; Claramunt *et al.*, 2001; Saborido, 2004).

En el caso de los machos la clasificación de sus estadios ha sido escasamente abordada y en su mayoría los autores utilizan la basada sólo en la apariencia y color de las gónadas (Beardsley. 1967; Oxenford, 1985). Sin embargo en el presente 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, esto durante su ciclo reproductivo (Grier *et al.*, 1998). Con lo que se logró obtener una escala de madurez más detallada y específica de las características que envuelven la maduración de la gónada del macho de dorado.

El desarrollo ovocitario presentado en nuestro estudio, estuvo dentro de un intervalo de 0.26 mm a 1.57 mm, basado principalmente en los ovocitos vitelogénicos más pequeños y los más grandes, en este caso los ovocitos hidratados (OH). Rangos similares se han establecido para el dorado en las regiones de Puerto Rico (0.25 mm a 1.56 mm) por Pérez *et al.*, 1992 y del Indo Pacífico de 0.25 mm a 1.58 mm (Chatterji *et al.*, 1982). Para el Atlántico Oeste Central, numerosos estudios reportan diferencias en el diámetro promedio de los

ovocitos en su última etapa (OH). Hassler *et al.*, 1975 en el Norte de Carolina EUA, mencionan un diámetro promedio de 1.3 mm. Para el Golfo de México, Ditty *et al.*, 1994 reportan un diámetro promedio de 1.4 mm. En el Océano Pacífico, en el Mar de Japón se menciona un intervalo de 1.2 mm a 1.6 mm (Mito, 1960; Soichi 1978). A pesar de las diferencias también es necesario señalar que las mediciones fueron hechas en ovocitos obtenidos de forma diferente, es decir algunos fueron colectados en arrastres de plancton, otros cuando fueron liberados en condiciones de laboratorio y los obtenidos en las gónadas, como es el caso del presente estudio. Sobre esto, los autores mencionan que los OH más grandes fueron los que se colectaron en el plancton a diferencia de los que están en los ovarios maduros, sin embargo en el mar de Perú se ha reportado el diámetro promedio más alto de OH 1.75 mm obtenidos a través de ovarios hidratados (Tresierra *et al.*, 2006). Por lo tanto creemos que la sugerencia anterior debe ser nuevamente considerada e incluir las diferencias de los tamaños no sólo debido a la forma de colecta si no también a posibles diferencias poblacionales. Sobre esto se ha mencionado que la utilización de los ovocitos en su última etapa OH, puede ser una ayuda extra para la identificación de poblaciones diferentes de dorado u otras especies de peces (Mahon, 1987; Pérez *et al.*, 1991, 1992; Rivera-Betancourt, 1994).

### **Ciclo reproductivo**

Durante el periodo analizado, la época de reproducción del dorado fue importante durante los meses de verano y otoño. Sin embargo durante el 2005 se colectaron ovarios con signos de actividad avanzada (V y VI), principalmente en enero (n=1) y febrero (n=2), aunque fueron escasas las muestras este hecho coincide con lo por García-Melgar (1995) y Ochoa-Baéz *et al.*, 1992, como el primer pico de desove que presenta el dorado para esta zona. Asimismo en la literatura se menciona que los picos de reproducción del dorado en las regiones donde se le captura de forma habitual, se presentan durante dos estaciones: a

finales de invierno y principios de primavera y durante los meses del verano (Wu *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 1999; Potoschi *et al.*, 1999).

La extensión de la temporada de desove se ha reportado que puede tener una duración de 3 a 6 meses (Oxenford, 1985; Schwenke *et al.*, 2008), de 9 a 10 meses (Beardsley, 1967; Palko *et al.* 1982) y durante todo el año (Pérez *et al.*, 1991; Pérez *et al.*, 1992; Ditty *et al.*, 1994; Gibbs *et al.*, 1959). A diferencia de otros pelágicos como el pez vela (*Istophorus platypterus*) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) que se les han determinado temporadas de desove no tan amplias como la del dorado (Hernández-Herrera, 2001; González *et al.*, 1989). En este trabajo se observaron evidencias que pueden sugerir que la duración de la temporada de desove presenta además variación interanual, ya que durante el año del 2004 las hembras que presentaron signos de desove estuvieron sólo durante los últimos meses del año. Sin embargo para el 2005 el desove al parecer se presentó durante todo el año, ya que se encontraron ovarios con signos de desove al inicio y fin del año. Y durante el 2006 el inicio de la temporada inició en mayo y se prolongó de manera constante hasta noviembre, tanto para hembras como para machos, lo que indica que este mes es el final de la temporada de reproducción del dorado en la región. Si bien diversos autores definen que el periodo de reproducción y temporada de desove puede ser extensa y presentarse durante todo el año, es importante que esto sea corroborado de forma histológica para encontrar evidencia de folículos postovulatorios (ovarios) y por los indicios de eyaculación presentes en los testículos de los machos. Aunado a esto la presencia de larvas y juveniles durante todos los meses también apoya la teoría de una temporada extensa de desove (Uchida *et al.*, 1986; Ditty *et al.*, 1994). En la región se han realizado colectas de larvas de *C. hippurus* obteniéndose en mayor número en la estación de verano (Sánchez- Reyes, 2008).

## **Ciclo reproductivo y su relación con la temperatura superficial del mar (TSM)**

Diversas investigaciones han determinado que los peces epipelágicos están esencialmente ligados a su ambiente físico-químico; lo que indica que su distribución y abundancia están siendo afectadas por diversos factores abióticos, uno de los principales es la temperatura (De Sylva, 1989). La relación que guarda la abundancia de *Coryphaena hippurus* con la temperatura superficial del mar (TSM), ha sido causa de estudio de algunos autores de forma directa (Norton 1999; Zúñiga *et al.*, 2008). Sin embargo existen otros que mencionan una relación entre esta y la migración de la especie principalmente de carácter reproductivo (Johnson, 1978; Palko *et al.*, 1982; Massuti *et al.*, 1990; Massuti *et al.*, 1995).

La actividad reproductiva del dorado se presentó dentro de un rango amplio de TSM de 21 °C a 30 °C y a pesar de encontrar organismos con actividad reproductiva avanzada en intervalos de < 25 °C, es posible que se presente eventos fortuitos de reproducción, esto dada la poca representatividad (4). No obstante, la mayor parte del dorado colectado se encontró en etapa de vitelogénesis (crecimiento terciario) durante todo el año, sin embargo en el caso de las hembras se observó que a partir de los 25 °C a los 30 °C, dicha actividad se hizo evidente por la presencia de ovarios con signos de desove. Esto mismo coincide con lo reportado por García-Melgar, 1995, para esta misma área, mencionando que la máxima actividad de desove, se observó entre temperaturas de los 22 °C a 25 °C y de 28 °C a 30 °C. En el caso de los machos se puede observar que estos empezaron su actividad a partir de un intervalo de TSM más bajo (23 °C) lo que nos sugiere que el inicio de la reproducción es antes que las hembras, sobre esto en la naturaleza se da que los desoves de los machos se presenta antes esto para estimular el inicio del desove de las hembras.

Las zonas de desove de huevos pelágicos por lo general presentan condiciones específicas de temperatura y salinidad para cada especie, ambos

factores son importantes porque determinan la densidad de las masas de agua y esto se relaciona directamente con la flotabilidad de los huevos, lo que les permite ocupar cierto nivel en la columna de agua (Sundby, 1991). En el mar de Perú, se ha mencionado que los dorados desovan en altamar y probablemente aproximándose a la costa cuando la temperatura del agua aumenta y que los huevos se encuentran en temperaturas cercanas a los 25°C (Solano *et al.*, 2008). A la par con lo anterior, cabe mencionar que el área noroeste del país, se ha considerado como una importante zona de desove para *C. hippurus* ya que se han encontrado larvas en estadio de preflexión que son aquellas eclosionadas después de 48 hrs de la fertilización, que ya se pueden alimentar directamente del zooplancton (Uchiyama, 1992; Kraul, 1993; Sánchez-Reyes, 2008). Se ha mencionado además que estas larvas están estrechamente influenciadas por la isoterma de 28 °C durante el verano y otoño, asimismo con la de 24 °C durante primavera (Sánchez-Reyes, 2008). De igual forma se sabe que el metabolismo de las larvas de dorado aumenta en valores altos de temperatura (27 °C a 29 °C) lo que provoca un crecimiento y desarrollo acelerado, permitiéndoles pasar rápidamente a niveles tróficos más altos (Hendrix, 1983; Kraul, 1989).

## **Indicadores de reproducción**

### **Proporción sexual**

Aunque la proporción sexual para el total de organismos muestreados durante todo el periodo de estudio no fue en promedio significativamente diferente de 1:1, las diferencias se encontraron durante el primer semestre del año, en donde se capturaron un número mayor de machos que hembras a excepción del mes de mayo del 2006. Sobre esto se ha mencionado que existe una segregación sexual entre los individuos de esta especie, debido a diversas causas entre ellas, el comportamiento migratorio que tiene los machos y la preferencia de habitar zonas de mar abierto (Oxenford, 1985; Rose *et al.*, 1974). Cabe mencionar que existen condiciones oceanográficas que se presentan en el área de estudio, particularmente en la región de Cabo San Lucas, que la catalogan como una zona

oceanográfica oceánica, además de que durante los meses de invierno esta zona queda completamente separada del resto de las regiones del Golfo de California debido a la influencia de la Corriente de California (Baumgartner *et al.*, 1985; Badan, 1997). Las hembras fueron mucho más abundantes durante la segunda mitad del año, pero la proporción entre estas y los machos, no mostró diferencias significativas a excepción de septiembre del 2004. Algo similar se ha reportado en aguas de Venezuela, donde la predominancia de hembras y la máxima actividad reproductiva que se presentan durante el segundo y cuarto trimestre del año, lleva a sugerir que estas diferencias están estrechamente relacionadas con el carácter reproductivo de la especie (Arocha *et al.*, 1999).

En *C. hippurus* se presenta un fenómeno universal con respecto a la proporción sexual por talla, es decir en cardúmenes de tallas menores de los 90 cm Lf, la predominancia de hembras es mayor, y en tallas mayores de 90 cm Lf, son en su mayoría machos. Este ha sido un rasgo notable en las poblaciones de esta especie desde las primeras investigaciones (Kojima, 1966; Shcherbachev, 1973; Rose *et al.*, 1974), este estudio no fue la excepción, sin embargo fue más notable durante el 2006. Dentro de las hipótesis que se han mencionado a este respecto, está la selección de las hembras por parte de los pescadores debido al comportamiento de segregación que estas presentan, esto ya que en las aguas del Norte de Carolina EUA, las hembras y organismos juveniles tienden agregarse alrededor de objetos flotantes, comportamiento que evidentemente hace más fácil su captura, mientras que a los machos se les captura mayormente en mar abierto (Nakamura, 1971; Rose *et al.*, 1974; Oxenford, 1985). Esto mismo sugiere Pérez *et al.* (1992), Gibbs *et al.* (1959) menciona el hecho de que su proporción sexual puede ser por el hecho de que las muestras fueron tomadas en su mayoría de las capturas proveniente de palangre y no de las que están en los objetos flotantes. Para nuestro caso, esta hipótesis no puede ser tan fácil de comprobar puesto que en principio el arte de pesca utilizado es diferente, ya que se utiliza el troleo maniobra que caracteriza a la pesca deportiva (Klett *et al.*, 1996). Aunado a esto esta que la incidencia del dorado en objetos flotantes (OF) en las costas frente a

las costas de la península de Baja California Sur se menciona es menor que la localizada en otras regiones del Pacífico Mexicano (Arenas *et al.*, 1999), no obstante que la presencia de los OF es estacional y se da durante los meses de verano (Martínez-Rincón, 2008). Lo que coincide con la época de reproducción más importante, pero su proporción sexual durante estos meses es 1:1, todo esto nos lleva a la elección de la hipótesis que la diferencia en la proporción sexual es de carácter reproductivo, mismo que ha sido mencionado en aguas de Panamá, Colombia y Venezuela (Lasso *et al.*, 1999; Arocha *et al.*, 1999).

### **Índice gonadosomático (IGS)**

La amplia variabilidad de los valores del IGS, es un reflejo del patrón asincrónico del desarrollo ovárico de las hembras de dorado. En la anchoa europea *Engraulis encrasicolus* los valores altos indican la prehidratación del ovario particularmente aquellos capturados en periodo previo de la puesta (Ochoa-Báez, 1998). Sobre esto DeVlaming *et al.* (1982), menciona que los peces y particularmente en los desovadores parciales la variabilidad que se presenta en el IGS, es producida por los cambios continuos por acumulación y descarga de gametos. Para los machos se obtuvieron valores promedio inferiores debido al tamaño de los testículos el cual es menor que los ovarios de las hembras. Los valores promedio máximos, variaron de forma interanual, presentándose en junio del 2004 y 2005, no así para el 2006 donde se encontraron en mayo del 2006 para ambos sexos, estos dos últimos coinciden con las hembras y machos en los estadios de madurez y desove. Esto concuerda con lo reportado para el dorado en otras regiones donde se menciona que este índice presenta sus máximos dentro del periodo comprendido de enero a junio de cada año (Schuck, 1951; Rose *et al.*, 1968; Beardsley; 1967; Oxenford, 1985; Pérez *et al.*, 1992; Schwenke *et al.*, 2008).

Para los meses de mayor actividad reproductiva o desove, este índice obtuvo valores bajos obtenidos en ambos sexos, esto mismo fue reportado por García-Melgar (1995), para esta misma área ya que el mayor porcentaje de

hembras con estadios más avanzados (madurez y desove) durante verano y principios de otoño, fue precedido por los máximos valores del IGS. Sin embargo para peces con fecundidad indeterminada como el dorado, los cambios que se llevan a cabo durante la maduración y la puesta, sólo pueden ser identificados con técnicas de mayor precisión como la histología. Sobre esto mismo Ochoa-Báez (1998), concluye que el IGS por sí solo no da información suficiente para la identificación de los periodos de desove y que aunque este método es ampliamente utilizado en biología pesquera puede ser impreciso cuando se busca el diagnóstico del estado reproductivo real de los organismos.

### **Factor de condición**

El análisis de la condición de los peces es práctica común en el manejo de las poblaciones como una medida de interpretación de su estado fisiológico, valores bajos de este índice representa exposición a condiciones ambientales adversas y/o mala nutrición de los peces (Blackwell *et al.*, 2000). El uso del factor de condición de Fulton (Fulton, 1898), es el índice de uso común en biología pesquera. Sin embargo para peces que exhiben un crecimiento alométrico la fórmula del factor de condición propuesta por Bagenal y Tesch (1878), es más conveniente, dado que utiliza el valor de la constante “b” estimada a partir de la relación peso y longitud, proveniente de los mismos datos (Yigit *et al.*, 2008).

Para el dorado las estimaciones de este índice no han mostrado tendencias relevantes en relación con la temporada de desove (Massutí *et al.*, 1997; Wu *et al.*, 2001). Esto mismo se observó en el presente estudio, detectándose que durante el periodo de mayor abundancia de organismos maduros, el factor de condición no mostró una tendencia, lo que sugiere un escaso uso de sus reservas energéticas. Aunado a este hecho, diversos autores consideran que el comportamiento voraz del dorado y oportunista, es decir que no tiene selectividad en su alimento (Palko *et al.*, 1982; Manooch *et al.*, 1984; Zavala, 1986; Tripp-Valdez, 2005) y que a pesar de llevar a cabo su época de desove, su energía requerida es directamente obtenida de su consumo diario de alimento (Massuti *et al.*, 1997).

## Tamaño de los ovocitos

El crecimiento más notorio de los ovocitos se da cuando inicia la vitelogénesis, debido a la inclusión de glóbulos llenos de vitelo dentro del citoplasma, mismos que al final de la fase de crecimiento, se fusionan dando el típico aspecto transparente a los ovocitos hidratados (Tyler *et al.*, 1996). El diámetro promedio de los ovocitos vitelogénicos tardíos ó de ovocitos en estadios avanzados para el dorado se ha estimado de  $\geq 0.6$  mm de diámetro (Beardsley, 1967; Goldberg *et al.*, 1985; Oxenford *et al.*, 1986; Massutí *et al.*, 1997), mismo que coincide con lo establecido en este trabajo. El diámetro promedio de la moda de los ovocitos más avanzados (MOA) de los ovarios colectados durante el ciclo reproductivo de las hembras, al parecer si está influenciado por la TSM, ya que al incrementarse esta, el diámetro de la MOA también. Sobre esto se ha mencionado que el papel que desempeña la temperatura en el proceso de reproducción es de los más importantes con respecto a muchos otros factores, ya que se le atribuyen los efectos directos en la sincronización del desarrollo gonadal, posteriormente afectando sobre la cantidad y calidad de los gametos (Zanuy *et al.*, 1993). Además que su efecto sobre la calidad de los desoves es variable y depende de los límites de tolerancia de cada especie, por ejemplo en especies estenotermas, un aumento en la temperatura puede afectar tanto la viabilidad de los gametos como en la fertilización (King *et al.*, 2004; Brown *et al.*, 2006).

El desarrollo ovárico de tipo asincrónico que presentan las hembras de dorado, influyen de manera significativa en los valores del IGS ya que en este caso sólo una fracción de los ovocitos experimenta los procesos de maduración hasta su expulsión del lumen ovárico, a diferencia de los desovadores sincrónicos totales, como los salmones, en donde los ovocitos se encuentran en un solo estado de desarrollo y todos se liberan en un único desove (Tyler *et al.*, 1996).

Los indicadores de reproducción que se utilizaron en este trabajo ayudaron significativamente en el establecimiento de la temporada de reproducción del dorado en la región de Baja California Sur. A la par que se evidencia que es

necesario complementar la información resultante de los índices morfológicos con el análisis histológico, ya que el dorado al presentar una maduración asincrónica en el ovario, no permite el establecimiento de una temporada reproductiva real, únicamente basada en la observación macroscópica de las gónadas. Aunado esta que en los peces, se observan cambios evidentes en el tamaño de las gónadas durante el periodo de reproducción, en los desovadores parciales es notable la amplia variabilidad que se presenta (DeVlaming *et al.*, 1982). Sobre esto se ha mencionado que el costo de la reproducción puede ser considerable y que a menudo hay una alternancia entre “el llenado” de las reservas del soma y el desarrollo de las gónadas (Jobling 1995). Esta alternancia de energía provoca que el pez muestre distintos modelos de almacenamiento y agotamiento de energía en relación a los ciclos reproductivos, por lo que muchos animales de ambientes templados y tropicales acumulan energía de reserva principalmente durante la estación de primavera (Schultz *et al.*, 1999). Sin embargo para el dorado se presenta algo que debe de ser considerado y es que la relación inversa que comúnmente se puede observar entre el IGS y FC, no se presenta, lo que nos indica que en el dorado no hay importantes variaciones en la movilización de la energía almacenada sobre el crecimiento gonadal, lo que además hace suponer que quizás sus reservas energéticas no son significativas como es el caso de otros peces. Los resultados sugieren que el indicador de reproducción más confiable puede ser el seguimiento de la MOA (moda del ovocito más avanzada), debido a que una vez que empieza el desarrollo ovárico e inicia la maduración de los ovocitos estos no se detienen hasta que alcanzan su mayor tamaño y desarrollo fisiológico. Algo similar es reportado para el pez vela (*Istophorus platypterus*) y algunas especies de la familia de los atunes que al igual que el dorado presentan una temporada de desove múltiple y extensa, en donde el seguimiento e identificación del diámetro de los ovocitos reproductivamente activos estos calibrados por histología, puede ser el indicador más preciso en la determinación de la temporada o época reproductiva de dichas especies (Schaefer, 2001; Chiang *et al.*, 2006).

## Talla de primera madurez individual y poblacional

Durante el periodo de estudio, la talla de los individuos más pequeños colectados y con características principales de desove (folículos postovulatorios y ovocitos hidratados) fue una hembra y un macho de 50.5 cm Lf y 46 cm Lf, respectivamente. García-Melgar (1995), para esta misma área reportó una talla más pequeña (46 cm) Lf, de una hembra colectada en un estómago de un marlín. En Taiwán la hembra más pequeña encontrada fue de 47 cm Lf, a diferencia de lo reportado por Beardsley (1967), donde reporta una de una talla de 35 cm Lf y un macho de 42.7 cm Lf. Aunque no es grande la diferencia en las tallas mínimas de madurez individual reportadas, esta parece estar influenciada por el método de captura (arte de pesca) utilizado, el periodo de captura (estacionalidad), así como el método de análisis gonadal que se utilizó ya sea macroscópico o microscópico. Sobre esto mismo en las costas de Florida, EUA en donde se reporta la talla más pequeña para las hembras (35 cm Lf), el análisis gonadal fue de forma visual, lo que implica la indirecta determinación de las características de desove, mismas que ya se ha mencionado sólo pueden identificarse mediante histología. Para los machos la variabilidad es menor, dado que la característica principal de madurez y desove es la expulsión del semen y esto puede determinarse fácilmente en campo con una ligera presión a la gónada. Sin embargo se ha mencionado que el hecho de que la variación entre la talla de primera madurez se da también en poblaciones de una misma especie, lo que puede ser debida a diferencias genéticas o a respuestas compensatorias a factores poblacionales y/o medioambientales, un ejemplo es que en una situación de baja competencia entre individuos habría una mayor disponibilidad de alimento y, por tanto, de una tasa de crecimiento mayor (Saborido, 2004).

La talla de primera madurez poblacional  $L_{50}$  (%) del dorado para la región de Baja California Sur, se estableció en los 80 cm Lf para el total de los dorados capturados durante el periodo de estudio (2004-2006) (Tabla 29). Estos valores difieren en gran medida a los reportados para esta especie en el Atlántico Oeste Central y la región de Puerto Rico (Beardsley, 1967; Pérez *et al.*, 1992; Schwenke

*et al.*, 2008) en donde se menciona que el 50% de la población se encuentra madura desde los 45 cm Lf hasta los 60 cm Lf, una talla dentro de este rango es que la que reporta Massutí (1997), para el dorado capturado en el Mar Mediterráneo de 54.5 cm Lf. La excepción del grupo del Atlántico sería la estimación hecha por Oxenford (1985), ya que sus estimaciones reportan tallas un poco más altas que los demás (Tabla 29), aunque siguen siendo un poco más bajos que los estimados en el presente estudio.

Del lado del Océano Pacífico se han hecho pocas estimaciones de la talla de primera madurez, en el caso de Taiwán sólo mencionan la estimación hecha con el total (hembras y machos) y en la región del Perú aparte de que se hizo exclusivamente con las hembras, la estimación fue a través de un método empírico mediante la utilización de del parámetro de crecimiento de la longitud asintótica ó  $L_{\infty}$  (Solano *et al.*, 2008).

En la región del Pacífico Mexicano particularmente en Mazatlán, Sin., Barcelata *et al.* (1990) estimaron este parámetro y a pesar de haberlo determinado de forma indirecta es decir mediante el criterio de observación directa de las gónadas resultó un valor similar al encontrado en el presente estudio. Rentería-Martínez (2002), para esta misma región unos años después y donde el si utiliza la histología para validar los criterios de selección de individuos maduros, encontró resultados muy disimiles. La diferencia podría radicar en que la fracción de la población que se colectó fueron relativamente diferentes, ya que el segundo autor colectó principalmente sobre individuos pequeños que fueron capturados por la flota artesanal, no así Barcelata *et al.*, (1990) que basó sus estimados en los dorados capturados por la flota deportiva. Además que en el trabajo hecho por Rentería-Martínez (2002) no se especifica claramente el criterio de selección de los individuos, ya que si seleccionó organismos inmaduros estos en definitiva crearía un sesgo en la representación grafica de la L50%.

En épocas un poco más recientes, se han realizado una serie de estimaciones a lo largo de las costas norte y sur de México, incluida la región de BCS, mismas que difieren notablemente con lo determinado en este estudio (Tabla 29). A pesar de utilizar el mismo método de análisis (el modelo logístico) el método de selección de los individuos maduros no es el mismo, ya que como se mencionó anteriormente el no identificar bien un estadio de madurez, nos puede llevar a seleccionar erróneamente un individuo que aunque de forma aparentemente se vea maduro posiblemente no haya presentado ningún desove. Es por ello la importancia de la utilización de la histología para la validación de los estadios de madurez y con ello la selección de sólo aquellos individuos maduros y en desove.

Tabla 29. Valores estimados para el parámetro biológico de talla de madurez poblacional ( $L_{50}$ ) del dorado *Coryphaena hippurus*, obtenidos en este trabajo y en distintas localidades internacionales y nacionales.

| $L_{50}$ (%) | sexo    | Longitud |           | Pesca   | Autor (es)                     | Método           |
|--------------|---------|----------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|
|              |         | (cm)     | Localidad |         |                                |                  |
| 80.0         | total   |          |           |         |                                |                  |
| 77.0         | Hembras | Lf       | BCS       | PD      | Presente trabajo               | Histológico      |
| 92.0         | Machos  |          |           |         |                                |                  |
| 45.0         | total   | Lf       | FL        | PD      | Beardsley, 1967                | Morfocromático   |
| 51.9         | total   | Lf       | NC        | PD      | Schwenke <i>et al.</i> , 2008  | Morfocromático   |
| 60.0         | total   | Lf       | PR        | PD      | Pérez <i>et al.</i> , 1992     | Histológico      |
| 54.5         | total   | Lf       | MM        | PC      | Massutí 1997                   | Morfocromático   |
| 51.0         | total   | Lf       | Taiwán    | PC      | Wu <i>et al.</i> , 2001        | No especifica    |
| 74.4         | Hembras | Lf       | Perú      | PC      | Solano <i>et al.</i> , 2008    | *Método empírico |
| 66.7         | Hembras | Lf       | BA        | PD      | Oxenford 1985                  | Morfocromático   |
| 80.5         | Machos  |          |           |         |                                |                  |
| 85.4         | total   | Lp       | BCS       | PD      | Anónimo, 2007                  | Histológico      |
| 85.0         | total   | Lf       | BCS       | PD      | García 1995                    | Histológico      |
| 85.0         | total   | Lp       | MAZ       | PD      | Barcelata <i>et al.</i> , 1990 | Morfocromático   |
| 45.0         | total   | Lf       | MAZ       | PC      | Rentería-Martínez 2002         | Histológico      |
| 87.2         | total   | Lp       | SIN       | PC      |                                | Histológico      |
| 79.7         | total   | Lp       | SON       | PC y PD | Anónimo, 2007                  | Histológico      |
| 87.7         | total   | Lp       | NAY       | PC      |                                | Histológico      |
| 66.0         | total   | Lp       | GDC       | PC y PD |                                | Histológico      |
| 123.3        | machos  | Lf       | CHIS      | PC      | Alejo <i>et al.</i> , 2006     | Morfocromático   |

|       |         |      |    |
|-------|---------|------|----|
| 86.5  | Hembras | CHIS | PC |
| 107.0 | machos  | OAX  | PC |
| 101.0 | Hembras | OAX  | PC |

Localidades nacionales: Baja California Sur (BCS), Mazatlán (MAZ), Sonora (SON), Sinaloa (SIN), Nayarit (NAY), Oaxaca (OAX), Chiapas (CHIS).

Localidades internacionales: Florida (FL), Norte de Carolina (NC), Puerto Rico (PR), Mar Mediterráneo (MM), Barbados (BA).

Longitud: Longitud furcal (Lf), longitud patrón (Lp).

Pesca: Pesca comercial (PC), pesca deportiva (PD).

\* Método empírico de Froese y Binohlan, 2000.

La talla de madurez poblacional para las hembras estimadas por año, se mantuvo alrededor de la media calculada para el total del periodo (2004-2006), sin embargo se observó que si hubo una diferencia en el valor estimado durante el 2005, ya que se distingue que alcanzó la talla de madurez más rápido que en los otros dos años. Por lo general las estimaciones de este parámetro biológico para cualquier especie se determinan sobre la información agrupada del total del periodo muestreado ya sea uno o varios años. Dado el hecho de que es un parámetro calificado como poblacional (Sparre *et al.*, 1997). Sin embargo el interés de la separación individual de cada año se hace interesante cuando se plantea desde un punto de vista de estrategia reproductiva. A este respecto Saborido (2004), menciona que si individuos particularmente hembras de tallas pequeñas deben invertir sus energías en crecer para alcanzar el tamaño competitivo propio de su especie, si en ese momento comienzan a madurar, parte de las energías deberán destinarlas a la reproducción, y por tanto, no tanto al crecimiento, lo que podría suponer un claro perjuicio o en el caso contrario también pueda deberse a la variación intrínseca del crecimiento entre cohortes, esto es, que una cohorte crezca más y alcance su desarrollo sexual antes que la anterior.

### **Potencial reproductivo**

En la literatura el concepto de potencial reproductivo (PR) más utilizado es referido a la capacidad de un stock en producir descendencia de huevos y larvas viables en un año determinado (Marshall *et al.*, 2003; Saborido, 2004). Así

partiendo de este concepto en la evaluación de stocks pesqueros explotados (modelos de stock-reclutamiento), la variable que se maneja como índice del PR es la biomasa del stock reproductor (SSB por sus siglas en inglés Spawning Stock Biomass) ó el peso indiferenciado de la fracción adulta de la población. Sin embargo se ha puesto en evidencia que la SSB no es directamente proporcional al PR (Trippel 1999; Marshall *et al.*, 2003). Esto ha dado pie a una serie de razonamientos importantes teniendo como principal discusión la necesidad de una definición de la SSB considerando factores basados en la condición individual de las hembras (fecundidad individual y tasas de atresia, curva de maduración por talla/edad, peso medio por talla, talla media de las hembras adultas, índice hepático de las hembras adultas, etc.) y los factores basados en la abundancia del stock (proporción de sexos, proporción de hembras multíparas, abundancia de hembras multíparas, etc.). De este modo se pueden obtener nuevas relaciones stock-reclutamiento que expliquen la mayor parte de la variación de los reclutamientos y por tanto puntos de referencia más efectivos (Saborido, 2004).

Dado lo anterior en la actualidad diversas investigaciones han sido dirigidas a la obtención de información biológica individual carente de los principales stocks que se explotan en diversas regiones del mundo, esperando con esto ayudar a la definición correcta de la SSB y por ende una evaluación del stock más adecuada, permitiendo conclusiones consistentes y más realistas (Marshall *et al.*, 2003). De tal forma que esta situación ha permitido que la definición del PR se haga más flexible. Un ejemplo de una definición basada en condiciones individuales de las hembras, es la adaptada para el stock de bacalao del Pacífico (*Gadus macrocephalus*) por Ormseth *et al.* (2005), donde definen el PR como el número de huevos liberados y la viabilidad individual de los mismos. Conjuntamente también se ha mencionado que el tamaño del huevo está estrechamente relacionado con el tamaño de la larva y de aquí su futura supervivencia, a la par que se manifiesta que el factor determinante de la viabilidad del huevo proviene principalmente de la composición nutrimental del vitelo en particular la que aportan los lípidos (Izquierdo *et al.*, 2001; Saborido, 2004; Álvarez-Lajonchère, 2006).

Partiendo de las inferencias anteriores, durante el desarrollo de este trabajo se realizó un ejercicio con una metodología nueva (Rodríguez-Jaramillo, 2004), llegando a la obtención de un índice lipídico (IL) principalmente de triglicéridos (Tgs), que en conjunto con el análisis del diámetro teórico de los ovocitos en vitelogénesis avanzada, permitió llegar a una interpretación individual del PR de las hembras del dorado *Coryphaena hippurus* en la región de BCS. A pesar de que el ejercicio sólo pudo realizarse en pocas muestras obtenidas durante la temporada reproductiva de verano del 2005 (13) y 2006 (10), se pudieron observar diferencias interanuales en el IL de los ovocitos vitelogénicos. A pesar que es reducida la literatura que existe sobre el análisis de este tipo de índices en peces y nula para el caso del dorado, en moluscos y principalmente aquellos que son cultivados este tipo de trabajos son frecuentes (Holland, 1978; Bayne *et al.*, 1983; Marty *et al.*, 1992). Así se ha demostrado que la cantidad y calidad de vitelo son muy importantes para asegurar un éxito larvario, así también que los Tgs juegan un papel principalmente de reserva energética y que varía proporcionalmente con la tasa de eclosión (Racotta *et al.*, 2003; Bayne *et al.*, 1975; Gallagher *et al.*, 1986; Le Pennec *et al.*, 1990). De esta manera que se ha propuesto que la cuantificación de lípidos puede definitivamente servir como un índice que la condición fisiológica en larvas de moluscos, crustáceos y peces (Gallagher *et al.*, 1986; Fraser, 1989).

En el ejercicio realizado las diferencias fueron más notables en el IL que en el diámetro teórico (tamaño) de los ovocitos durante los años analizados. Esto es que durante el 2005 los valores del IL fueron relativamente más bajos que los estimados en el 2006. La explicación de las diferencias pudieran ser diversas, entre ellas la talla o el peso de las hembras, ya que se ha mencionado que en muchas especies de peces existe una alta correlación entre el tamaño del huevo y la longitud de las hembras, es decir que hembras viejas pueden producir huevos mucho más grandes y por ende una gran cantidad de vitelo (Saborido, 2004; Ormseth *et al.*, 2005). Sin embargo en este caso al parecer la única relación que se mantuvo fue la del tamaño del huevo con la talla ó peso de la hembra, no así

con la cantidad de lípidos, ya que hembras que midieron 60 cm Lf tuvieron la misma cantidad de IL que las que midieron 120 cm Lf. Analizando otra posible explicación es que también la condición de la hembra puede estar influyendo directamente en la cantidad de nutrientes que suministre a sus huevos. Una manera fácil de medir esto es con la interpretación y análisis del factor de condición (FC), sin embargo se ha visto que en el caso del dorado el FC no mostró gran variación lo que sugiere una escasa reserva energética, esto mismo hace que el dorado sea más susceptible a la disponibilidad del alimento cuando comienza su temporada reproductiva.

Ya en párrafos anteriores particularmente cuando definíamos el ciclo reproductivo de las hembras con el uso de la MOA, se observó que se encuentra influenciado por la TSM, es decir que conforme la TSM aumentaba, la MOA también. En este caso al relacionar el tamaño de los ovocitos y el IL, la observación es la misma, esta relación fue más notable en el intervalo de 27 °C a 30 °C para el diámetro y para el IL a partir de los 28 °C. Con esto argumentamos que en definitiva la TSM es uno de los factores exógenos más importantes que están regulando la época reproductiva y por tanto el PR del dorado *Coryphaena hippurus* en la región de BCS.

### **Fecundidad parcial del dorado *Coryphaena hippurus***

Como se mencionó anteriormente las características particulares de la estrategia reproductiva que se presenta en las hembras del dorado, como el desarrollo asincrónico de sus ovocitos, el desove parcial y la extensión del mismo, sugieren un patrón de puesta indeterminado, es decir, que los únicos ovocitos que son liberados son aquellos que sólo llegan a la última fase conocida como hidratación y que además en una misma temporada pueden llegar a desarrollarse al menos otros dos fracciones de ovocitos hasta ese punto, por esto mismo Arocha *et al.* (1999), sugiere que la estimación de la fecundidad parcial en el dorado, debe hacerse sólo sobre la porción de ovocitos hidratados (OH) próximos a ser liberados, así como se hizo en el presente trabajo. Sin embargo en la

mayoría de los trabajos donde se ha estimado la fecundidad parcial del dorado no han considerado esta premisa, si no que contabilizaron ovocitos con un diámetro > 6 mm bajo el supuesto de que a partir de esa talla empieza la maduración y pueden considerarse como viables para realizar la estimación (Beardsley, 1967; Goldberg *et al.*, 1985; Oxenford *et al.*, 1986; Massutí *et al.*, 1997). Es así que supuestos como estos pueden ocasionar cálculos erróneos y en consecuencia una sobreestimación de la fecundidad parcial del dorado.

Para complementar un poco la idea anterior se ha mencionado que la fecundidad real de un desovador parcial, está dada sobre la suma del número de sus desoves parciales, esto es la suma del total de los OH liberados en cada fracción durante una temporada de desove por una hembra (Hunter *et al.*, 1985). Esto sin embargo no es tarea fácil, ya que es necesario plantear un sistema de muestreo continuo durante la época de puesta, con el fin de obtener resultados histológicos de los ovarios que permitan la identificación y contabilización de los folículos postovulatorios, que serian la evidencia clara del desove. Un ejercicio de este tipo se realizó en la sardina (*Sardinops sagax*) donde se determinó que una hembra en promedio desovaría 23 veces en el año, siendo sin embargo dependiente de la talla (Claramunt *et al.*, 1994). Algo que también debemos mencionar es que en un desovador parcial como el caso del dorado, es muy difícil estimar una buena relación de reclutamiento vs fecundidad por la dificultad de estimar la fecundidad anual (Rickman *et al.*, 2000).

Las estimaciones de la fecundidad parcial fueron de 33 022 OH para una hembra de 61 cm Lf y 730 555 OH (111 cm Lf), con un promedio de 279 383 OH. Algunas estimaciones que se han hecho de este parámetro se acercan un poco en el promedio, como Chatterji *et al.* (1982), quien reporta un promedio de 300 878 OH y en Perú de 274 000 OH (Solano *et al.*, 2008). En los límites inferiores de las estimaciones caen dentro de intervalos 58 000 OH a 278 413 OH y los superiores de 549 540 OH a 3 000 000 OH (Beardsley 1967; Chatterji *et al.*, 1982; Oxenford 1985; Pérez *et al.*, 1992; Massuti *et al.*, 1997; Wu *et al.*, 2001; Solano *et al.*, 2008).

Es considerable la variación entre las estimaciones de los diversos autores, a pesar de utilizar el mismo método gravimétrico (Macgregor, 1957), lo que nos hace suponer que para realizar una buena estimación de este parámetro se deben considerar ciertos criterios, como intervalos de talla similares, además que en el desarrollo de este trabajo se realizó el ejercicio considerando las características particulares de la especie (desarrollo asincrónico y desove parcial), lo que nos permitió llegar a la separación y cuantificación del peso de la masa de OH próximos a liberarse, esto con la finalidad de extrapolar solamente a esa cantidad y no al total del peso de la gónada, como se hace comúnmente. Asociado un poco a esto, se ha mencionado que la hembra de dorado en cautiverio puede desovar un número aproximado de 30 000 OH por desove, lo que coincide con lo determinado en este trabajo, esto independientemente de la duración del desove que en condiciones de cautiverio puede ser cada dos días durante un año (Uchiyama, *et al.*, 1986). En la literatura se menciona que una especie con altas tasas de fecundidad y cambios individuales en la cantidad y calidad de huevos producidos contribuyen a la variación en la relación entre el stock parental y el subsecuente reclutamiento (Rijnsdorp, 1991).

Dado lo anterior los valores de la fecundidad relativa evidentemente variaron enormemente, además que los autores que la estimaron no utilizan las mismas unidades de longitud que en este trabajo, lo que hace más difícil la comparación entre regiones (Massuti *et al.*, 1997; Chatterji *et al.*, 1982). A pesar de las diferencias, algo en lo que si hubo coincidencia es que en las relaciones entre la fecundidad parcial con el peso y talla de las hembras en la mayoría de las investigaciones el ajuste es bueno (Beardsley, 1967; Chatterji *et al.*, 1982; Oxenford, 1985; Pérez *et al.*, 1992; Massuti *et al.*, 1997; Wu *et al.*, 2001; Solano *et al.*, 2008) incluidas las estimadas en este trabajo. Lo que indica que entre mayor es el tamaño de la hembra mayor es el número de OH. Sobre esto se menciona en la literatura que la fecundidad de una especie es el resultado de un proceso evolutivo en el que se optimiza el reparto de energía obtenida por la alimentación entre el consumo metabólico, el crecimiento y la reproducción, esto relacionado

íntimamente con las estrategias vitales de la “r” y “k” (Pianka, 1970). El dorado presenta características de estrategia r, esto es que liberan huevos de un tamaño pequeño, una época de puesta prolongada y una mortalidad larvaria muy elevada, además de adaptarse mejor a los ambientes muy variables e impredecibles. Dado lo anterior sólo quedarían dos opciones: o incrementar el número de OH o el tamaño de los mismos, en el caso del dorado al parecer sería la primera opción. Esto mismo se determinó para el bacalao del Pacífico (*Gadus macrocephalus*) en donde se demostró que este maximiza su potencial reproductivo a través de su fecundidad y no por el tamaño del huevo (Ormseth *et al.*, 2005).

## **VI. Elaboración del modelo conceptual del ciclo de vida del dorado (*Coryphaena hippurus*) en Baja California Sur.**

En años recientes se ha dado mayor importancia al estudio del ciclo de vida de los recursos y a la incorporación de sus elementos dentro de los modelos de evaluación, esto debido a que las herramientas de manejo basadas tan sólo en las estadísticas de la captura y esfuerzo comercial no han sido suficientes para prevenir el colapso de muchas pesquerías en el mundo (Martínez-Aguilar, 2006). Es por ello que en el presente trabajo se planteó como un objetivo generar un modelo conceptual del ciclo vital del dorado. Para cubrirlo, en esta sección se describieron tres fases de su desarrollo ontogénico (inicial, juvenil y adulto), considerando aquellos procesos bióticos y abióticos que pudieran estar afectando a cada una de ellas.

### **a) Fase inicial (huevo (embrión) y larva)**

En la literatura se pone de manifiesto que el desconocimiento de los primeros estadios de vida de los pelágicos mayores (incluidos los dorados) es escaso, siendo la causa principal, su carácter migratorio (Sánchez-Reyes, 2008). Aunado a esto, en la región del Pacífico Mexicano, se hizo la observación de que en los arrastres de plancton, las larvas de dorado eran muy escasas; entre las razones vertidas fue a que éstas se encontraban en parches ó cardúmenes, lo que afecta directamente al realizar el muestreo en estaciones fijas, aunado a que la velocidad del arrastre durante la maniobra de colecta es lenta, y dado que las larvas de dorado son consideradas como veloces nadadoras, estas lograban fácilmente escapar de las redes (Sánchez-Reyes, 2008). Por consiguiente la mayoría del conocimiento que se ha generado de los primeros estadios, ha sido bajo la observación de organismos en cautiverio (Gibbs *et al.*, 1959; Mito *et al.*, 1960; Potthoff, 1980; Hendrix, 1983, Kraul, 1999). De ésta forma, y bajo condiciones controladas con temperaturas de 26 °C a 29 °C, se observó que su primera división celular se presentó a los 40 minutos después de la fertilización del huevo. A las 26 horas ya era posible observar al embrión, el cual ocupaba 2/3

partes de la circunferencia del huevo. Posteriormente a las 28 horas el huevo eclosionaba y a las 40 horas ya era posible observar una larva de vida libre con tallas de alrededor de 0.4 cm de longitud total (Lt) (Hagood *et al.*, 1979). Los intervalos de tiempo durante el desarrollo embrionario pueden quizás ser muy relativos, sin embargo la mayoría coincide en que este se da de manera rápida, que inclusive a los 15 días ya puede ser posible observar una larva de 1.5 cm Lt, con dientes, aletas, ojos y boca completamente desarrollados. A estos organismos se les puede considerar como juveniles ya que poseen casi todas las características de un individuo adulto (Hassler *et al.*, 1975).

### **a.1) Alimentación**

Las larvas de dorado se caracterizan por tener un espectro trófico amplio, ya que se pueden alimentar de copépodos, larvas de peces é incluso presentar canibalismo (Hendrix, 1983; Uchiyama *et al.*, 1992; Kraul, 1993). En la región del Pacífico Mexicano, se realizaron una serie de campañas de muestreo en cruceros durante los años 1992 a 1996, en ellos se logró coleccionar un número considerable de larvas de dorado tanto de *C. hipurus* como *C. equiselis*. Asimismo se analizó la composición específica del zooplancton y se le relacionó con la abundancia de las larvas, encontrándose que a pesar de que dichas muestras contenían los grupos zooplanctónicos antes mencionados, la relación se presentó inversa, es decir que cuando el número de larvas fue abundante el zooplancton no (Sánchez-Reyes, 2008). Sin embargo esto no se presenta en aguas de Hawai donde también se realizó dicha comparación y se encontró positiva (Uchiyama *et al.*, 1992). Lo que indudablemente marca diferencias en el comportamiento de las larvas entre las dos regiones. De las explicaciones probables del por que, estas se están presentando, se ha mencionado que puede ser debido a las temperaturas del mar, que en este caso para la región mexicana fueron de 28 °C, lo que puede ocasionar que el metabolismo se acelere y por consecuencia el crecimiento y/o desarrollo sea más rápido, permitiendo con esto pasar su periodo de alimentación larval más rápido que en la región de Hawai (Hendrix, 1983; Kraul, 1989), de tal

manera que la abundancia estacional de las larvas pueda depender tanto de las tasas de supervivencia de cada cohorte como de los cambios en la temperatura superficial del mar (Kraul, 1999; Sánchez-Reyes, 2008). Otra conducta posible es que el stock parental pueda elegir zonas de desove, con escasos organismos zooplanctónicos evitando que estos lleguen a constituirse en potenciales depredadores de los huevos recién desovados y por otra parte, cerca de la región en donde los adultos dispongan de alimento.

## **a.2) Hábitat y depredadores**

Como se mencionó anteriormente, la etapa larval del dorado es muy corta, y en 15 días ya puede estar en etapa de juvenil (Hassler *et al.*, 1975). En la región del Pacífico Mexicano, se reportaron juveniles de tallas a partir de 1.4 a 4.8 cm (Sánchez-Reyes, 2008). Sin embargo, cabe mencionar que antes que pase a este estadio, existen otros dos considerados importantes, como lo son el de postflexión y metamorfosis, la diferencia en tiempos también es relativa, pero estos se consideran rápidos (Mito *et al.*, 1960; Hagood *et al.*, 1979). Esta mención es importante por que, se sabe que el 80% de las larvas de peces que se encuentran agregados a objetos flotantes (OF), son larvas de peces en estadio de postflexión ó juveniles (Castro *et al.*, 2002), y en el caso particular de esta especie se ha obtenido evidencia visual de estar presente en esos estadios, en los mantos de sargazo en la región del Norte de Carolina en mar abierto (Moser *et al.*, 1998). Este comportamiento involucra además un mecanismo de dispersión y por consecuencia incrementa la sobrevivencia de la tasa de juveniles en el ambiente pelágico (Castro *et al.*, 2002). Si suponemos que el dorado en estas etapas se encuentra asociado a los OF hasta tener mayor independencia y poder formar cardúmenes, sus depredadores potenciales serían entonces larvas de otras especies e inclusive de sus mismos conespecíficos, esto quizás no esta del todo errado ya que el dorado esta catalogado a nivel mundial por presentar alto nivel de canibalismo en la etapa larval (Kraul, 1999; Álvarez-Lajoncheré, 2006). Aquí cabría mencionar que dentro de las ventajas del canibalismo están las ventajas

nutricionales, esto es, que preda sobre individuos más pequeños de su misma especie, permite a los peces caníbales una diferente fuente de alimento y energía incorporada previamente por las presas conespecíficas (Pájaro, 1998).

## **b) Fase juvenil**

En esta etapa el dorado se ha reportado en todo el mundo, incluyendo individuos entre intervalos de talla de 10 a 72 cm Lf (Gibbs *et al.*, 1959; Beardsley 1967; Oxenford *et al.*, 1985; Ditty *et al.*, 1994; Hunte *et al.*, 1995; Morales-Nin *et al.*, 1999). Se considera que por la época de desove parcial del dorado, es posible encontrar juveniles durante todo el año. Las mayores abundancias de éstos se tienen en abril, mayo y durante el verano, cuando la temperatura del mar esta por arriba de  $\geq 24$  °C (Gibbs *et al.*, 1959; Beardsley 1967; Oxenford *et al.*, 1985; Hunte *et al.*, 1995), y en lugares como las desembocaduras de los ríos, como por ejemplo en el Mississippi en EUA (Ditty *et al.*, 1994). En el Mar Mediterráneo (MM) incluso se ha mantenido por años una captura de éstos en grandes niveles, con todo lo que implica una pesquería establecida y realizada sobre OF ó FAD's (Fish Aggregating Device), principalmente durante el verano-otoño (Morales-Nin, *et al.*, 1999). Es por esto que casi todos los estudios realizados en esa región son con información correspondiente a juveniles (Morales-Nin *et al.*, 1999; Pla *et al.*, 1999; Potoschi *et al.*, 1999). En la región de estudio, son pocos los trabajos que mencionan la presencia de juveniles, salvo en contenidos estomacales de picudos y en un estudio realizado sobre reproducción por Rentería-Martínez (2002), en la región de Mazatlán el cual coincide con los otros trabajos reportando su presencia en el mes de Mayo. Esto nos limita por lógica el conocimiento de la distribución, abundancia y biología de la especie en esta etapa en la región de estudio.

### **b.1) Crecimiento**

De los estudios de crecimiento realizados para juveniles ó grupo de edad 0, realizados en el MM (Morales-Nin *et al.*, 1999), se han obtenido interesantes resultados, enmarcando que estos crecen de manera muy rápida y logran alcanzar

tallas comerciales de 40 a 60 cm Lf, en edades que van de 0.2 a 0.6 años, si bien podría esto ser perjudicial para la especie, ya que la mayoría de estos son inmaduros ó que no han llegado alcanzar la madurez (Potoschi *et al.*, 1999). Esto no ha causado a la fecha ningún impacto sobre la población, ya que se tiene un monitoreo continuo y medidas de manejo consideradas a partir de su biología básica como el crecimiento, migración y reproducción estos llevados a cabo por el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA) en España. Y aunque se ha encontrado que los parámetros de crecimiento estimados ( $K$ ,  $t_0$  y  $L_\infty$ ), varían un poco en cada localidad dentro del MM, el índice del desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ) se mantiene dentro de los mismos intervalos, lo que sugiere que el crecimiento se da de manera similar en todas las regiones (Morales-Nin *et al.*, 1999). Aquí cabría mencionar que el índice estimado en este trabajo presenta valores símiles, lo que nos da un buen ajuste en la curva de crecimiento y una representación adecuada del grupo de edad 0.

## **b.2) Dimorfismo sexual**

Este factor se maneja como particular para esta etapa del dorado, ya que el dorado presenta un dimorfismo sexual muy marcado entre machos y hembras, donde el macho presenta una frente pronunciada que lo hace diferente de la hembra. ¿Pero a que edad y talla, se empieza a dar esta diferencia?, esperaríamos que lógicamente ésta se relacione estrechamente con su primera madurez, no obstante a la fecha no hay un sólo trabajo abordando esto en particular, pero si hay otros que lo sugieren de manera hipotética. Por ejemplo el que presente una proporción sexual diferente de 2 hembras y 1 macho, es decir 2:1, entre los grupos de edad 0 a 0.5 y a partir de ahí la proporción sea de 1:1, incluso el fenómeno se revierte después de esas edades ya que la mayor proporción la dan los machos (Potoschi *et al.*, 1999; Rose *et al.*, 1974; Massutí, 1997). Esto coincidió con lo encontrado en este trabajo, sin embargo no pudo corroborarse con los estadios de madurez, ya que no se colectaron gónadas de los peces en los que se estimaron esas edades.

### **b.3) Alimentación y Hábitat**

Entre las presas principales de los juveniles de dorado, se han mencionado los crustáceos y pequeños camarones como los anfípodos, mismos que se pueden presentar en asociación con los OF, ya una vez que va avanzando su desarrollo ontogénico empiezan a consumir presas como cefalópodos y peces (Carbonell *et al.*, 1999; Sakamoto *et al.*, 1999). Como se mencionó anteriormente los juveniles de dorado suelen pasar esta etapa en asociación con los OF, en donde por lógica deben crecer mientras se encuentran a la deriva, hasta obtener la suficiente fortaleza ó bien que llegue el tiempo donde empiecen a formar cardúmenes para empezar sus desplazamientos. Esto se ha observado en otras especies de peces (Hunter *et al.*, 1967; Kingsford, 1993; 1995), incluso para el mismo dorado (Taquet *et al.*, 2007). En diversos estudios se ha mencionado que los juveniles hembras forman cardúmenes y que se les puede encontrar más cercanos a las costas (Palko *et al.*, 1982), no así los machos donde se les observa que prefieren habitar zonas alejadas (Rose *et al.*, 1974). Dado que sus requerimientos energéticos pueden ser mayores (Shchervachev, 1973; Rose *et al.*, 1974; Manooch *et al.*, 1984; Oxenford *et al.*, 1999). Sin embargo al mantener una talla similar dentro del cardumen puede evitar que la depredación sea mayor.

Una de las primeras hipótesis planteadas sobre las migraciones del dorado, fue acerca de que éstos las realizan dependiendo del movimiento de los OF en mar abierto (Palko *et al.*, 1982). Esto pudiera indicar una fuerte co-dependencia, que quizás pudiera afectar la biología de la especie, particularmente en su patrón de migración, además de que al estar consumiendo sólo lo que esta asociado, puede no conseguir los requerimientos energéticos suficientes y en consecuencia tener repercusiones en su crecimiento y/o desarrollo, como se ha observado con el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), en donde se ha mencionado que los OF pueden actuar como una trampa ecológica (Marsac *et al.*, 2000). Sin embargo para poder probar dicha teoría el tiempo de permanencia en ellos debe ser en

periodos de más de un mes; a este respecto en un estudio llevado a cabo para determinar el tiempo de residencia del dorado sobre los OF ó FADs en costas del oeste del Océano Indico éstos permanecieron en ellos alrededor de dos semanas, lo que implicaría que los OF no afectarían su patrón migratorio (Taquet *et al.*, 2007; Girard *et al.*, 2007). Se comprobó además que en su dieta sólo el 27% eran de presas asociadas a los OF y el resto de presas no asociadas como el pez volador (familia: exocotidae) (Taquet, 2004; Taquet *et al.*, 2007).

#### **b.4) Depredadores**

El dorado en esta etapa es principalmente depredado por pelágicos mayores de tallas grandes, ya que en los diversos estudios de alimentación, estos han sido reportados dentro de su espectro trófico, como los atunes albacora (*Thunnus alalunga*) y el atún aleta amarilla (Murphy, 1914; Potthoff, 1971; Galván, 1999; Bocanegra-Castillo, 2007), el Marlin azul (*Makaira nigricans*) (Farrington, 1949), marlin negro (*Makaira indica*), Pez vela (*Istiophorus platypterus*) (Takahashi *et al.*, 1973) y el Pez espada (*Xiphias gladius*) (Gorbunova, 1969), incluyéndose también los adultos de dorado (Oxenford *et al.*, 1999). En regiones del Pacífico Colombiano se han reportado juveniles en estómagos de un ave (*Sula Granti*) (García *et al.*, 2007). En el Pacífico Mexicano se han reportado juveniles en estómagos de marlin azul, marlin rayado (*Tetrapturus audax*) y dorado (Abítia *et al.*, 1998; Abitia *et al.*, 1999; Tripp-Valdez, 2005).

#### **c) Fase (adulto)**

Durante todo el año en la región, se puede llegar a observar dorado, sin embargo su abundancia y mayor disponibilidad se presenta durante los meses de verano-otoño, lo cual coincide estrechamente con el incremento en la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona (Zúñiga *et al.*, 2008). De las primeras investigaciones de la especie en BCS, los temas que se abordaron fueron sobre su reproducción, alimentación y edad-crecimiento (García, 1995; Aguilar *et al.*, 1998; Torres, 1996). Todos ellos basándose principalmente en una estructura de

tallas de entre 70 a 100 cm Lf, lo que coincide con lo expuesto en este trabajo, al manejar en su mayoría datos dentro de un intervalo similar. De esta manera con los resultados previamente obtenidos, es la fracción adulta de la población la que se analizó. Si bien la migración de la especie pudiera ocasionar sesgos en el análisis interpretativo de los diferentes parámetros biológicos estimados, como por ejemplo el crecimiento (al no tener juveniles), en este trabajo esto se logró ajustar adecuadamente al utilizar tallas de estadios larvales colectados pertenecientes a la misma población (Sánchez-Reyes, 2008).

### **c.1) Migración**

El dorado como bien se ha mencionado, es un recurso migratorio (FAO, 1995). Sólo en la región del Norte de Carolina y Florida (EUA), desde el 2002 hasta la fecha ha existido un proyecto de marcado con el único objetivo de conocer sus rutas a lo largo del Atlántico Oeste Central (Hammond, 2008). De estos se han derivado importantes resultados así como información precisa sobre la duración y distancia de sus desplazamientos y también algunas particularidades del comportamiento biológico de la especie, como la asociación tan estrecha que guarda con los OF, principalmente a los mantos de sargazos (Farrell, 2009). En el Océano Pacífico aún se desconocen sus rutas e incluso las teorías acerca de ello carecen de un buen argumento (Kojima, 1966). Para el Pacífico Mexicano, existen pocas propuestas de las rutas de migración, aunque todas estas coinciden en que el dorado en ciertas temporadas se mueve de sur a norte en posible respuesta al cambio estacional de las corrientes marinas y el incremento en la TSM (Alejo *et al.*, 2006; Anónimo, 2007; Anónimo, 2008). Aun así, es de importancia la intervención de estudios que dediquen como único objetivo el marcado de individuos en zonas particularmente importantes y de mayor abundancia ó en los límites nacionales, el caso norteño de BCS y sureño el Golfo de Tehuantepec en Chiapas y Oaxaca.

En la literatura se manifiesta que para propósitos de evaluación, el porqué migran los peces tiene poca importancia, que lo que realmente interesa es saber donde se encuentran éstos en las distintas épocas del año y conocer su ciclo de vida (Sparre *et al*, 1997). Este argumento claramente se contradice, pues es lógico pensar que dentro de su ciclo de vida, las migraciones que estos realizan a las zonas de desove o alimentación es obedeciendo a sus requerimientos básicos de su historia de vida. Sobre esto mismo y para el caso particular del plan de manejo del dorado en la región norte del Atlántico Oeste, fue necesario un estudio minucioso de los parámetros biológicos, como el crecimiento, alimentación, época de desove, entre otros rasgos importantes de su ciclo de vida.

<http://www.safmc.net/Library/Dolphin/Wahoo/tabid/410/Default.aspx>

Tomando en consideración lo anterior y partiendo de que no se conocen a ciencia cierta los desplazamientos del dorado en el Pacífico Mexicano, y el hecho de que en el área de estudio sólo hemos podido observar la fracción considerada como adultos, se podría sugerir que la migración de los dorados al área, sea lógicamente horizontal y obedeciendo a la estrategia reproductiva, es decir que esta región sea considerada como una zona de desove importante para la especie (Ortega *et al.*, 2006). Entre las características básicas de una zona de desove, están que sirvan como hábitat adecuado para la sobrevivencia de los huevos y larvas lo que posteriormente determinarían la intensidad del reclutamiento (Hinojosa, 2004). Si bien se ha mencionado que las mayores abundancias se dan durante el verano, que es cuando en la zona la productividad primaria es menor (Zúñiga-Flores, 2004), y asociado a que las larvas de dorado pasan de manera rápida su desarrollo planctónico, implicando que para cubrir sus requerimientos energéticos tiene que empezar a consumir presas más grandes como larvas de otra especie o a sus mismos conespecíficos (canibalismo), esto es evidencia clara que la cantidad de zooplancton no es un factor que limite la supervivencia del dorado en la región, si no que obedezca a otros factores, como intervalos de TSM

$\geq 28$  °C, mismos que aceleran el metabolismo de las larvas y hacen que estas crezcan rápidamente (Hendrix, 1983; Kraul, 1989; Sánchez-Reyes, 2008)

## **c.2) Reproducción**

La estrategia de vida de esta especie es de tipo “r”, con las ventajas de un pez que presenta múltiples y extensos desoves con fecundidades altas, además de adaptarse mejor a los ambientes muy variables e impredecibles. En contraparte, presenta una mortalidad larvaria muy alta y una longevidad corta. El hecho de tener desoves múltiples es un rasgo característico de especies que viven en regiones tropicales, ya que la disponibilidad de alimento para la sobrevivencia de las larvas puede ser relativamente incierta (Lauth *et al.*, 1996). Asociado a esto, en estudios realizados para explicar la supervivencia y el éxito en el reclutamiento, señalan que las especies responden a los ciclos reproductivos relacionados con el ambiente (Frank *et al.*, 1983), como también a la selección del área y época de reproducción de los adultos que comparten requerimientos comunes (Fuiman *et al.*, 2002). De tal forma que es de esperar que un incremento en la abundancia de los individuos, pudiera tener relación con un ambiente favorable para el desarrollo de sus primeros estadios, es aquí donde pudiera entrar la marcada estacionalidad del dorado que es corroborado con la intensa actividad de desove y evidencias de larvas en estadio de preflexión (García, 1995; Sánchez-Reyes, 2008).

Como se ha mencionado, la actividad reproductiva en la región la llevan a cabo individuos de todas las edades desde los 0.5 a 3.0 años, ya que se encontraron escasos individuos inmaduros (3). No obstante es importante hacer notar que los que tienen entre 1 y 2 años, con tallas promedio aproximadas de 85 a 110 cm Lf, en ambos sexos, quizás estén contribuyendo con el mayor potencial reproductivo (PR). A pesar de esta observación, en el análisis del índice lipídico (IL) (medida proxy del potencial reproductivo) de las hembras, se determinó que el tamaño no influyó en el IL, esto es que tanto hembras chicas como grandes tuvieron los mismos valores y que por tanto están aportando la misma calidad

desde su primer desove. Sin embargo no es posible dejar de lado que la cantidad de huevos (fecundidad parcial) por tamaño no es el mismo, lo que implica que para la interpretación del PR deben tomarse en cuenta ambos parámetros, es decir tanto la calidad como la cantidad (Tabla 30). Con esto se cumple parte de la teoría que se ha manejado recientemente sobre que los individuos de tallas ó edades grandes producen larvas con mejor calidad, argumentándose que las fecundidades de estos son más elevadas, de tal manera que una captura indiscriminada de éstas, puede llevar a importantes consecuencias en el potencial reproductivo de la población (Berkeley *et al.*, 2004; Bobko *et al.*, 2004; Birkeland *et al.*, 2005).

Tabla 30. Valores promedio de fecundidad parcial e índice lipídico, por grupo de edad de las hembras de dorado capturado en la región de Baja California Sur.

| Talla<br>cm Lf | n | Edad relativa<br>(años) | Fecundidad parcial<br>(no. Huevos) | Índice lipídico<br>(% Tgs) |
|----------------|---|-------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 60             | 2 | 0.43                    | 38015                              | 45.0                       |
| 80             | 2 | 0.82                    | 37500                              | 45.2                       |
| 90             | 3 | 1.22                    | 297621                             | 42.0                       |
| 100            | 8 | 2.25                    | 227804                             | --                         |
| 110            | 9 | >2.5                    | 478406                             | 46.0                       |

Los peces de la familia Coryphaenidae son heterosexuales, su madurez sexual se presenta a partir de los 4 ó 5 meses de edad (Randall, 1995). Lo que coincide con lo estimado en este trabajo (4 meses). No obstante la talla de primera madurez poblacional ( $L_{50}$ ) estimada en este trabajo no fue similar a lo reportado en otras regiones, es quizás debido a que los dorados que llegan a esta región son peces grandes ó bien pudiera ser reflejo de la selectividad del arte de pesca empleado por parte de la pesca deportiva que es selectiva en capturar individuos de tallas grandes. Si se tomará en consideración que la segunda opción estuviese actuando sobre este suceso, entonces en la región de Punta Lobos esperaríamos una mayor representación de individuos de tallas pequeñas, ya que en esta localidad el recurso se pesca de manera artesanal y los artes de pesca son variados. Sin embargo la talla promedio para esta localidad fue similar a la

encontrada en las otras localidades muestreadas, es decir que los organismos que se llegan a capturar son los que están disponibles en la región durante la temporada de mayor abundancia.

### **c.3) Alimentación**

El dorado ha sido catalogado como un depredador voraz de ambiente epipelágico, consumidor principalmente de peces, aunque en diversas regiones consume crustáceos y cefalópodos (Palko *et al.*, 1982; Manooch *et al.*, 1983; Kojima, 1999). Su comportamiento alimenticio comúnmente se ha asociado a su presencia en los OF (naturales y artificiales), esta cualidad la presenta desde edades muy pequeñas (juveniles) hasta los adultos, ya que en ellos encuentra de manera fácil las presas que consume (Kojima, 1961; Rose *et al.*, 1974; Uchiyama *et al.*, 1986). En la región de BCS, este comportamiento no ha sido tan fácil de identificar, probablemente a que los OF no son tan abundantes como en otras regiones (ejemplo; el mar de los sargazos), además que la mayor cantidad de presas que se han encontrado en los estómagos son principalmente de aquellas que forman grandes cardúmenes o agregaciones, como la langostilla *Pleuroncondes planipes* y el calamar *Dosidicus gigas* (Velasco-Tarelo, 2003; Tripp-Valdez, 2005; Torres *et al.*, 2007). Con esto se ha llegado a la conclusión que este es una especie de carácter oportunista, dejando de lado el hecho de que en algunos meses del año, particularmente en primavera y otoño este se muestra selectivo (Tripp-Valdez, 2005).

Se podría considerar que la estrecha relación que este guarda hacia los OF, forma parte de su historia de vida, ya que en innumerables investigaciones hasta la fecha realizadas en todos los ámbitos tanto internacionales como nacionales, lo relacionan con éstos, ya sea como una estrategia de alimentación (Kojima, 1961; Rose *et al.*, 1974; Manooch *et al.*, 1983; Uchiyama, 1986; Galván, 1999; Bocanegra-Castillo, 2007), por resguardo de sus depredadores en etapas larvales y juveniles (Suyehiro, 1952; Rose *et al.*, 1974; Gooding *et al.*, 1967; Hunter *et al.*,

1967) y como puntos de reunión de cardúmenes ó formación de los mismos (Taquet *et al.*, 2007, Fréon y Dagorn, 2000). No obstante que el dorado sea una de las especies que mayor asociación presenta con los OF (Taquet, 2004) y la mayor especie capturada de forma incidental en la captura sobre estos (Romanov, 2002; Bocanegra-Castillo, 2007; Martínez-Rincón, 2008), es notable que se sabe poco sobre su comportamiento natural, es decir el ¿por qué? y ¿para qué?, les sirve a estos asociarse a ellos y que beneficios presenta en su ciclo de vida (Dempster *et al.*, 2003; Kingsford 1993).

#### **c.4) Hábitat**

Antes de generar una hipótesis para tratar de responder estas preguntas principalmente sobre lo que podría estar pasando con el dorado en esta región y su relación con ellos, es conveniente mencionar una de las teorías más citadas sobre las observaciones de la asociación y agregación que los peces presentan en los OF. Nos referimos a la propuesta hecha por Parin y Fedoryako (1999) inicialmente y retomada por Fréon y Dagorn (2000) Estos autores clasifican en 3 grupos a las especies de peces que se asocian a los OF de acuerdo a la distancia que estos guardan entre ellos, el primer grupo lo integran los peces ***intranadantes***, que son aquellos encontrados en distancias de 0.5 m, consideradas como especies agregadas al objeto, ya que permanecen dentro y consumen lo que se encuentra en él, estos son principalmente larvas y juveniles de diversas especies (Castro *et al.*, 2002). El segundo son los ***extranadantes***, que lo constituyen peces juveniles y adultos, estos casi no consumen presas asociadas a los OF, si no otras que no se encuentran, como el pez volador ó calamares (Galván, 1999; Taquet, 2004; Bocanegra-Castillo, 2007), y por lo regular se encuentran lejos del OF durante el periodo diurno nadan a una distancia de entre 0.5 a 2 m, y en la noche retornan a él, posiblemente como resguardo de los depredadores, se podría decir que estos son peces asociados (Castro *et al.*, 2002). El último grupo lo componen los ***circumnadantes***, son principalmente peces adultos y considerados grandes depredadores, estos se encuentran a una

mayor distancia del OF (10 a 50 m), ocasionalmente se alimentan de los peces asociados a los OF, principalmente cuando se encuentran con ellos durante sus migraciones, es posible que los dorados permanezcan en él durante un periodo corto (Castro *et al.*, 2002). Claramente las clasificaciones dependen de las especies presentes, los movimientos y la permanencia de estos en ellos, así como la época, la cercanía de la costa o lejanía, en mar abierto. Para el caso particular del dorado, se ha podido confirmar su presencia en dos grupos extranadante y circunadante (Galván, 1999; Bocanegra-Castillo, 2007; Taquet *et al.*, 2007). Como pez intranadante no hay mención alguna, sin embargo se han observado un comportamiento reproductivo activo de esta especie, llevado a cabo alrededor de estos, sugiriéndose con esto que el dorado se puede estar reproduciéndose cerca de los OF (Castro *et al.*, 1999).

Considerando lo descrito en párrafos anteriores, quizás pueda ser posible que este pasando el siguiente escenario. Si el dorado llega a las costas de BCS principalmente durante el verano y permanece hasta finales de otoño, coincidiendo con la mayor concentración de los OF alrededor de la península por efecto de las descargas de los ríos ó por causas naturales como el desprendimiento de las macroalgas como el género *Sargassum* y/o *Macrocystis* (Arenas *et al.*, 1992; Blasco, 1978; Zárate-Villafranco, 1998; Martínez-Rincón, 2008), esperamos por tanto se presente la asociación y agregación de forma habitual, ya sea con fines de alimentación principalmente adultos (Tripp-Valdez, 2005) y como plataforma para la agregación y dispersión de sus primeras etapas de vida (huevos y larvas) asimismo de juveniles hacia otras áreas (Hunter, 1968; Ortega *et al.*, 2006), obteniendo en consecuencia un incremento en la sobrevivencia en los primeros estadios de vida. Por lo que es posible que el dorado como especie que desova de forma pelágica, esta obligado a buscar las condiciones más adecuadas tanto para ellos mismos, como para poder asegurar la sobrevivencia de sus huevos y larvas, y es posible que lo este consiguiendo al asociarse a los OF en casi todas las etapas de su vida.

Otro punto a considerar aquí son las condiciones ambientales, particularmente las corrientes marinas y aquellos eventos oceanográficos como el fenómeno del Niño, y que la TSM es la variable que mayor afectación tiene en su distribución y abundancia (Norton, 1999; Zúñiga *et al.*, 2008). El dorado con su condición de pelágico esta sujeto principalmente a los cambios de corto plazo que se presentan en el ambiente marino, sin embargo al parecer se logra adaptar de manera rápida, esto basándonos en que hasta la fecha no se ha publicado ninguna cifra alarmante que indique un decremento en su captura en los sitios en donde es sujeto a explotación. Sin embargo el hecho de presentar una estacionalidad marcada y que en ciertos años su época de desove (como lo presentado en este trabajo) sea variable, puede darnos indicios de que efectivamente sus desplazamientos y disponibilidad no obedecen a una sola variable (TSM) si no que se están presentando una serie de factores. Por ejemplo a nivel espacial y temporal, si se presenta un flujo menor ó bien un decremento en intensidad y velocidad de las corrientes marinas, entonces se tendría un efecto en el desplazamiento y duración de los OF en las regiones donde regularmente se encuentran. Otra fuente que podría también estar afectando, es la presencia de eventos anómalos como el fenómeno del Niño el cual científicamente comprobado condiciona el índice pluvial en las regiones del Océano Pacífico, y de una forma más regional la creación e intensidad de huracanes, y sus desplazamientos en el Pacífico Mexicano.

Analizando a detalle el periodo de estudio en el que se desarrollo este trabajo, particularmente durante los años 2005 y 2006, Tripp-Valdez (2009), realizó un trabajo de genética poblacional a la par con muestras colectadas en esta misma región, en donde determinó ligeras diferencias entre la estructura poblacional del dorado entre estos dos años. Este autor menciona que las posibles diferencias encontradas pudieran estar dadas por el éxito reproductivo de las larvas, por el reflejo de una migración diferencial de los adultos, esto obedeciendo a los cambios en la disponibilidad de alimento tanto para las larvas como para los adultos, así como también por la variación de la TSM en el Golfo de California.

Estos factores quizás influyeron en la diferenciación genética entre los sitios colectados en el 2005, y que no fueron observados en los individuos del 2006 posiblemente como consecuencia de un restablecimiento de las condiciones ambientales que permitieron un mayor flujo entre individuos disminuyendo la diferenciación genética entre estos. Sobre esto mismo la NOAA (2009), menciona que las condiciones ambientales que prevalecieron hasta el 2005 fueron condiciones con anomalías positivas en la TSM, e incluso se manifestó un evento “El Niño” durante 2002-2004, y el 2006 es considerado como un año de transición entre los eventos cálidos y fríos. En nuestro caso pudimos observar que en entre estos dos años, se dieron diferencias en el IL, el crecimiento individual y talla de primera madurez particularmente de las hembras, por lo que también coincidimos en que la población del dorado año con año, se vea fuertemente influenciado por diversos factores especialmente a los cambios en la TSM y quizás a los posibles patrones de distribución de los OF en el Pacífico Mexicano.

Retomando los dos últimos párrafos donde consideraremos a los OF como parte importante en el ciclo de vida del dorado, donde se asocian las implicaciones de agregación y transporte que estos tienen en las primeras etapas de la especie. Asimismo que su cantidad dependen de las descargas de los ríos y por lógica de la afectación de eventos oceanográficos como tormentas, ciclones y huracanes a territorio continental de México y que sus movimientos obedecen a los cambios estacionales de las corrientes marinas. Es posible quizás plantear el siguiente escenario : Durante los veranos del 2004 y 2005, la afectación de los huracanes fue considerada como baja, es decir que de los huracanes que se lograron crear en el Pacífico Mexicano ninguno tuvo afectación directa al territorio continental, y en donde la mayor afectación fue en la parte oceánica (Rosengaus *et al.*, 2005). Al contrario de lo que sucedió en el 2006, donde por lo menos dos de ellos tuvieron afectación directa al territorio continental, sin contabilizar la cantidad de tormentas y depresiones tropicales que se suscitaron (Rosengaus *et al.*, 2006). Esto por tanto pudo afectar potencialmente en la descarga y acumulación de los OF en el mar, de tal manera que durante los años de estudio se presentaron condiciones

con anomalías positivas, clara evidencia de un posible evento “El Niño”, el cual como se mencionó anteriormente puede ocasionar un debilitamiento en el flujo de las corrientes marinas, particularmente aquellas presentes durante las estaciones de verano-otoño en el Pacífico Mexicano, como la Corriente Costera de Costa Rica que es alimentada por la Contracorriente Norecuatorial, mismas que fluyen de sur a norte y ambas de naturaleza cálida (Kessler, 2006). Todo esto nos llevaría a la suposición de que el patrón de distribución y por tanto la abundancia y disponibilidad del dorado, se vieron claramente afectadas en las principales regiones donde se le captura de forma habitual en el Pacífico Mexicano. Algo similar fue mencionado en un estudio realizado recientemente basándose en el análisis de la captura incidental del dorado por la flota atunera Mexicana en el Pacífico Oriental, en el cual se planteó una hipótesis sobre el patrón espacial de los OF y la distribución del dorado, esto durante un ciclo anual, que a pesar de tener como limitante el desconocimiento puntual de los cambios en la trayectoria de los OF, se pudieron observar diferencias interanuales significativas en la captura de dorado en los lances sobre objetos flotantes (Martínez-Rincón, 2008).

### **c.5) Longevidad**

El dorado crece rápidamente a lo largo de toda su vida (Beardsley, 1967; Rose *et al.*, 1968) y su longevidad máxima ha sido estimada de 4 años (Beardsley, 1967). A pesar de esto en la mayoría de los estudios que han estimado la edad del dorado, las edades mayores a los 3 años son poco representativas (Palko *et al.*, 1982; Beardsley 1967; Rose *et al.*, 1968), al igual que lo encontrado en este estudio. Del mismo modo, la estructura etaria determinada en ambos sexos fue diferente, rasgo que en otros estudios no había sido mencionado y que pueden contener implicaciones biológicas importantes, como la variabilidad en los reclutamientos, ya que puede afectar la sincronía inicial entre el desove de los adultos, así como las condiciones ambientales favorables para el nacimiento y sobrevivencia de las nuevas generaciones (Saborido, 2004). Sin embargo, cabe destacar que la mayor representación la dieron aquellos individuos con edades

dentro de un mismo intervalo de 0.5 a 1.5 años, y tomando en consideración que las edades de primera madurez poblacional ( $E_{50}$ ), estimadas tanto para machos, hembras y el total caen dentro de este intervalo (Tabla 31). Indica que al menos el 50 % de la población se esta reproduciendo debidamente, lo que podría considerarse como un efecto favorable para la especie en el área de BCS.

Tabla 31. Características principales del ciclo de vida del dorado *Coryphaena hippurus* capturado durante 2004 a 2006, en la región de Baja California Sur.

|         | Duración del desove (meses) | Talla de primera madurez $L_{50}$ (cm Lf) | Edad de primera madurez $E_{50}$ (año) | Talla promedio (cm Lf) | Peso promedio (kg) | Edad máxima (año) |
|---------|-----------------------------|---|--|------------------------|--------------------|-------------------|
| Hembras | 3 a 5 meses                 | 77  | 0.7                                    | 81                     | 5.0                | 1.68              |
| Machos  | 7 meses                     | 92  | 1.1                                    | 95                     | 9.0                | 2.51              |
| todos   | 3 a 7 meses                 | 80  | 0.8                                    | 88                     | 7.0                | 2.37              |

### c.6) Competencia y depredación

Es posible que el dorado presente competencia por los mismos organismos en la cadena alimenticia con otros depredadores pelágicos, sin embargo es escasa la información que existe acerca de esto, y por ende el efecto que esta puede tener en su sobrevivencia. Pero asumiendo que el dorado es capaz de alimentarse de una gran variedad de alimento y que esta caracterizado como un depredador oportunista (Palko *et al.*, 1982), es probable que este efecto no sea tan serio. En el área de BCS, no ha habido un estudio que maneje este tipo de información directamente, sin embargo al encontrarse en una zona con una alta diversidad biológica (Lara *et al.*, 2008), y siendo por ejemplo el calamar uno de sus alimentos preferidos y que este tenga una gran abundancia, esto puede sugerir que no se presente un efecto serio de competencia. Por otro lado como bien se ha mencionado este es depredado en casi todos sus estadios de vida, principalmente por pelágicos mayores como atunes, picudos y hasta individuos de su misma especie (canibalismo) (Palko *et al.*, 1982). En la región el marlin azul (*Makaira*

*nigricans*) y el marlin rayado (*Tetrapturus audax*) se encuentran como sus mayores depredadores (Abitía *et al.*, 1999; Abitía *et al.*, 2002).

## **VII.1. Análisis de los parámetros poblacionales y recomendaciones de las medidas regulatorias para el recurso en la región de Baja California Sur (BCS).**

En este apartado se hizo un análisis de los parámetros poblacionales que consideramos importantes y que previamente fueron determinados en cada uno de los temas abordados (edad-crecimiento, reproducción y mortalidad), así como en la parte integral discutida en el modelo conceptual del ciclo de vida del dorado *Coryphaena hippurus* en la región de BCS. Con la finalidad de responder al último objetivo planteado correspondiente a la definición de algunas medidas de regulación para la proposición de un plan manejo pesquero adecuado, mismo que pueda garantizar un uso sustentable de la especie en la región. Los parámetros que se analizaron fueron los siguientes:

### **a) Composición por tallas y/o edades de la captura**

El encontrar las principales modas en 75 cm Lf y 95 cm Lf para hembras y machos respectivamente, nos da la idea que la mayor captura en esta región esta dada por organismos de talla intermedia, cosa que en regiones sureñas como Oaxaca y Chiapas se han reportado como poco representativas. Lo que nos indica claramente que la distribución espacial y temporal de los organismos es diferente a lo largo de las costas del Pacífico Mexicano, influenciado principalmente por su carácter migratorio, obedeciendo a otros factores como las condiciones ambientales presentes en cada una de las localidades, como se ha conceptualizado en el modelo del ciclo de vida previamente analizado. Asimismo aunque se pudieron representar edades desde 0 a 3.5 años, las más abundantes fueron de 0.5 a 1.5 años para ambos sexos. Esta es la primera evidencia de que el manejo para esta especie se debe plantear de manera regional, es decir, que para la ordenación y regulación que se pretenda aplicar, debe estar sustentada sobre las bases biológicas de la fracción de la población que se encuentre disponible y que esta siendo explotada en cada una de las regiones. Ya que en los dorados como otras especies de interés comercial, se presentan cambios ontogénicos importantes en su comportamiento durante el transcurso de su vida, por ello este parámetro es considerado como un

componente esencial en los modelos de evaluación poblacional. Principalmente abordando aquellas preguntas referentes a su depredación y a la pesca, ya que son efectos específicos del tamaño.

### **b) Tasa de crecimiento en longitud y peso**

El dorado presentó tasas de crecimiento en longitud y peso que pueden considerarse como rápidos. Ya que durante su primer año de vida logra alcanzar tallas de hasta 110 cm Lf, tallas cercanas a su longitud infinita, no obstante que durante el análisis por año se dieron pequeñas diferencias. Si bien esto posiblemente podría tener poco sentido, nos sirvió como ejemplo para demostrar que el dorado presenta variación interanual en su crecimiento individual. Por ello es recomendable actuar con cautela ante las interpretaciones de dicho parámetro y que es posible que las estimaciones hechas en tiempos limitados (ej. un año), no de la información suficiente para tomar las decisiones correctas de manejo. Ya que si lo que se busca en la evaluación de la población es conocer en números, cuanto le toma a la especie en alcanzar la talla y/o edad, misma que represente el mayor rendimiento, un cálculo erróneo o sesgado puede terminar en una grave afectación en las estimaciones y por ende en la población. Sobre esto mismo, por ejemplo si en una población que este siendo explotada intensamente y el máximo rendimiento se obtiene con un talla de primera captura no muy por debajo de la longitud infinita ( $L_{\infty}$ ), pero si se da un cambio en el crecimiento y en este se estima un nuevo parámetro de  $L_{\infty}$  y este es más pequeño, se puede dar que muchos peces no sobrevivan hasta la talla de primera captura estimada previamente y que por lógica el rendimiento con ese valor sea menor. Aquí también es importante mencionar que las estimaciones de  $L_{\infty}$  están por debajo de lo que se ha estimado en las regiones del sur del Pacífico Mexicano incluso para esta misma región. No obstante, no debemos dejar de lado que existen diversos factores que puedan estar influyendo como las metodologías, el muestreo, temporalidad e inclusive los criterios de lectura de cada autor. Lo ideal sería que se planteará un sistema estándar para su estimación, pero aun así esto no nos da la seguridad de obtener los mismos resultados. Ya que de forma natural la especie esta sujeta a factores externos que pueden tener efecto sobre su crecimiento.

### **c) Talla y/o edades de primera madurez para los machos y hembras**

Los valores de las tallas de madurez poblacional ( $L_{50}$ ), se estimaron cercanos a las modas registradas en la estructura de tallas en ambos sexos (77 cm Lf ♀ y 92 cm Lf ♂), con edades de 0.8 a 1.1 años. Lo que nos obliga a pensar que, si el 50% muestreada estaba madura y fue de esta talla, el objetivo de esta fracción de la población es para llevar a cabo su evento reproductivo en la región. De forma individual para las hembras, aunque la  $L_{50}$  haya sido estimada con un valor intermedio entre las que tienen la mayor representación 0.5 a 1 años, es notorio que se tuvo una representación considerable de hembras de 0.5 años, lo que nos indica que se están capturando hembras por debajo del valor estimado, lo que un futuro puede llegar a tener un efecto considerable en el reclutamiento de esta especie. Algo que también se pudo observar en este trabajo, es que se presentaron ligeras diferencias en los valores de la  $L_{50}$  por año, principalmente en el 2005. Esto pudiese tener efectos considerables en el comportamiento de la población, sin embargo si analizamos a detalle los límites de  $L_{25}$  y  $L_{75}$  podemos observar que durante el 2005 y el 2006 el 75% de la población maduró casi a la misma talla. Esto nos sugiere que el dorado, puede presentar tácticas reproductivas posiblemente en respuesta a las condiciones adecuadas y/o no adecuadas presentes para llevar ó retrasar su evento reproductivo.

### **d) Época de reproducción y desove**

Los indicadores de reproducción que se utilizaron en este trabajo ayudaron significativamente en el establecimiento de la temporada de reproducción del dorado, que fue principalmente durante el verano-otoño. Asimismo se cuestiona el uso de los índices morfológicos como el IGS y el FC, para el establecimiento de las épocas en otras regiones, ya que se demostró que es necesario complementar la información resultante de estos con el análisis histológico, ya que el dorado al presentar una maduración asincrónica en el ovario, no permite el establecimiento de una temporada reproductiva real, únicamente basada en la observación macroscópica de las

gónadas. Aunado que el seguimiento de la MOA (moda del ovocito más avanzada), es el indicador más confiable para el establecimiento de la época reproductiva, además que se encontró una relación estrecha, entre éste y la temperatura superficial del mar. El desove se presentó en la mayoría de los meses muestreados, sin embargo durante los 3 años este fue variable. Además cabe destacar que en el mes de septiembre de los 3 años coincide en tener representantes en este estadio.

#### **e) Fecundidad parcial y potencial reproductivo**

En la estimación de la fecundidad parcial del dorado se observaron cambios notables con respecto a lo estimado en otras regiones para esta misma especie, no obstante se considera que los criterios tomados en cuenta para la estimación fueron los adecuados, ya que partieron del análisis detallado de su biología reproductiva y su particularidad de desovar parcialmente. Asimismo los valores deben tomarse con cautela para la representación de su fecundidad real ó total, ya que para obtenerla se debe conocer el número total de hembras así como el total de puestas probables de cada una de ellas. Aunado a esto, se determinó que el potencial reproductivo (índice lipídico en los ovocitos), fue igual en las hembras tanto chicas como grandes, a diferencia de los valores de fecundidad, en donde las hembras grandes tuvieron un número mayor de huevos. Pero de forma complementaria estos dos parámetros nos permitieron determinar que aunque las hembras chicas mantienen una buena calidad en sus desoves, las hembras grandes tuvieron el mayor potencial reproductivo tanto en calidad como en cantidad. Aquí cabe destacar que hembras mayores de los 110 cm Lf tuvieron poca representación, lo que entonces nos hace pensar en otra estrategia, en donde las hembras chicas estén obligadas a mantener una alta calidad en sus desoves y con ello proveer una cantidad de huevos con una alta viabilidad para la sobrevivencia de las larvas.

#### **f) Mortalidades (total y natural) y longevidad**

Los estimados de mortalidad total (Z), fueron relativamente más bajos que los que se han reportado en la literatura, incluso en los estimados indirectamente para

las otras regiones del Pacífico Mexicano (Sonora, Sinaloa y Nayarit). Esto no ocurrió para la mortalidad natural (M), ya que se presentaron valores relativamente altos, si los comparamos con las estimadas en las regiones antes mencionadas. Lo que nos podría sugerir que la población podría estar subexplotada en la región, sin embargo no podemos aseverar este hecho hasta no contar con el elemento faltante que es la estimación de la mortalidad por pesca (F), y para ello tenemos que llevar a cabo análisis del esfuerzo aplicado en la región, datos que a la fecha son limitados e inaccesibles. Aquí mismo cabe mencionar que los valores de longevidad estimados son valores muy por debajo de lo que se ha observado para la especie en otras regiones, sin embargo recordemos que estas estimaciones dependen de los parámetros de crecimiento estimados, y en particular la  $k$  fue alta en ambos sexos, posiblemente en respuesta a la poca representación de edades mayores de 2 años en las hembras y de 3 en los machos. Esto de manera indirecta pudiera sugerir dos opciones, que el arte de pesca no está siendo selectivo a esas edades ó bien que los dorados a estas edades están siendo explotados en otras regiones por donde este pasa cuando realiza sus migración hacia este sitio. No obstante la primera opción no se estaría ajustando del todo, ya que el objetivo de la pesca deportiva es capturar organismos de tallas grandes y para lo cual se supone que sus métodos y artes de pesca son los apropiados para ello. Pero si se estuviese presentando la segunda opción, entonces nos estaríamos topando con un problema de sobrepesca, lo que nos llevaría sugerir nuevamente que el manejo de la especie debe considerarse como urgente y bajo un esquema regionalizado.

## **VII.1. Recomendaciones de las medidas regulatorias para la especie en la región de BCS.**

Una vez analizadas cada una de las partes anteriores es posible realizar la propuesta de por lo menos 2 posibles medidas de regulación mismas que servirían para la planeación del plan de manejo adecuado para la especie:

### **1) Talla mínima de captura**

Se propone una talla mínima de captura a partir de los 80 cm Lf, principalmente en las hembras, ya que se observó un buen porcentaje de hembras pequeñas capturadas en edades por debajo de su  $L_{50}$  y  $E_{50}$ .

### **2) Veda temporal**

Otra medida alternativa sería una veda temporal durante los meses de verano-otoño, que es cuando la especie se está reproduciendo. Principalmente durante uno ó dos meses, durante los meses de septiembre - octubre ó durante un periodo de un mes contando a partir del 15 de septiembre al 15 de octubre.

## VIII. Conclusiones

- Se observó una marcada estacionalidad del dorado *Coryphaena hippurus* en la región, donde el 65% de los organismos muestreados correspondieron a los meses de septiembre, octubre y noviembre y con poca representación durante los primeros meses del año. Con evidencias claras que durante estos meses se lleva a cabo su máxima actividad reproductiva la cual coincide con el incremento en la temperatura superficial del mar (TSM).
- Se encontraron diferencias significativas en la estructura de tallas entre sexos, las hembras estuvieron mayormente representadas en intervalos de talla < 85 cm Lf y los machos > 90 cm Lf, lo que indica que en promedio los machos siempre presentaron tallas más grandes que las hembras.
- Se obtuvo un buen ajuste en la relación lineal entre el radio total de la escama y la longitud furcal, indicándonos que el crecimiento es proporcional al crecimiento del dorado y que la escama es una estructura dura adecuada para la representación del crecimiento individual. Además de obtener un grado de concordancia en las lecturas de las marcas de crecimiento del 90%, respaldada con una prueba estadística de  $X^2$  no significativa.
- La validación de la periodicidad de las marcas a través del índice de incremento marginal (IIM) de crecimiento, indicó que la formación del *annuli* en la escama se lleva a cabo durante octubre – noviembre, mismo que coincide con la variación anual de la temperatura y el ciclo reproductivo de la especie.
- En este trabajo se determinó que tanto hembras como machos de *Coryphaena hippurus* presentaron un crecimiento alométrico negativo lo que indica que esta especie crece más en longitud que en peso.
- De acuerdo a los parámetros de crecimiento estimados en este estudio, se puede concluir que el crecimiento del dorado es acelerado durante sus

primeros 6 meses de vida (0.5 años), principalmente en longitud, no así en el peso, ya que es hasta el primer año donde se da el mayor incremento. No obstante se pudo observar ligera variación en el crecimiento individual por año, en ambos sexos.

- Se determinaron 6 grupos de edad, de 0 a 3.5 años, no obstante la composición de los grupos de edad tanto de machos como de hembras, lo constituyeron principalmente los grupos de edad de 0.5 a 1.5 años.
- La mortalidad total (Z) de *Coryphaena hippurus* estimada para el área de Baja California, presentó valores menores que los calculados en otras regiones, lo que nos podría indicar una condición saludable de la especie en esta región. Sin embargo el hecho de que el valor de la mortalidad natural (M) estimada haya sido alta nos indica que esta especie está siendo afectada por diversos factores biológicos derivados de su ciclo de vida y/o a las condiciones presentes en la región.
- Se encontró una relación potencial significativa entre la talla de la hembra y la fecundidad parcial ( $r = 0.68$ ), esto es que mientras más grande sea la hembra mayor será es el número de huevos.
- Se determinó que la talla de primera madurez individual es a los 4 meses de edad en ambos sexos, el 50% de las hembras alcanzan su madurez a los 0.7 años con una talla promedio de 77 cm Lf y los machos a los 93 cm Lf con edades de 1.1 año. Tomando en cuenta el total de organismos, la talla de primera madurez la alcanzan a los 0.8 años con tallas de 80 cm Lf, estimaciones similares a las reportadas hace 13 años para la región de B.C.S.
- El mayor potencial reproductivo lo están aportando las hembras mayores de 90 cm Lf, con edades aproximadas de 1.2 años, esto considerando la cantidad de lípidos y la fecundidad parcial estimada (número de huevos). Sin embargo

las hembras menores de esa talla también presentan buena calidad en sus desoves aunque el número de huevos que liberan sea menor.

- Mediante el análisis de los parámetros poblacionales se logró proponer dos medidas de regulación: una talla mínima de captura determinada a partir de los 80 cm Lf y una veda temporal durante los meses de verano-otoño, cuando la especie presenta su mayor actividad reproductiva. Esto con la finalidad de motivar a la realización de un plan de manejo, mismo que garantice la pesca sustentable de la especie en la región.

## **IX. Recomendaciones**

Los resultados de nuestro estudio sugieren que se tiene que cambiar la estrategia de los estudios de pasar de observaciones puntuales ó limitadas a un año, a escalas de tiempo de varios años, que nos permitan entender los procesos y causas de la dinámica poblacional de esta especie, ya que por su naturaleza migratoria, sólo es posible analizar la fracción ó stock disponible a la pesca y no de toda la población.

Se recomienda realizar estudios específicos para determinar la fecundidad durante un evento completo de desove, contabilizando el número total de desoves parciales para cada hembra. Esto con la finalidad de obtener una estimación de la fecundidad real del stock de hembras desovantes en la región de Baja California Sur (BCS).

Asimismo se enfatiza en que se lleve a cabo el registro de embarcaciones y de bitácoras de la pesca deportiva, ya que el hecho que continuar con la aplicación de esfuerzo y extracción sin control, puede llevar a realizar interpretaciones falsas en las evaluaciones pesqueras del recurso, mismas que conlleven a tomar decisiones administrativas erróneas que puedan afectar gravemente a la población del dorado en la región de BCS.

## X. Literatura citada

- Abitia Cárdenas, L. A. 1992. Espectro trófico energético del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) y marlin azul *Makaira mazara* (Jordan y Snider, 1901), del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMARIPN. La Paz, B.C.S., México. 76 p.
- Abitia Cárdenas, L. A., F. Galván-Magaña, F.J. Gutiérrez-Sánchez., J. Rodríguez-Romero, B. Aguilar-Palomino. & A. Moehl, H. 1999. Diet of blue marlin *Makaira mazara* off the coast of Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. Fisheries Research. Elsevier Science, 44(1999) 95-100.
- Aguilar Palomino B. 1993. Espectro trófico del Dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus 1758 (Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en la Bahía de La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, durante 1990 y 1991. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, 109 p.
- Alejo Plata M.C., Carrillo R. S. Cerdaneres G., Gonzalez M. G. & Herrera G. E. 2006. Desarrollo sexual, madurez y reproducción del dorado *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) en Puerto Madero Chiapas. (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.
- Álvarez, S. L., B. Wyatt & M. Stevenson. 1978. Corrientes en la región de la boca del Golfo de California en la primavera de 1970. Ciencias Marinas. 5(1): 105-118.
- Álvarez Lajoncheré L. 2006. Nutrición de Reproductores de Peces Marinos. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Maie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villareal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15-17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- Anónimo, 2008. Informe técnico final del proyecto Variación espacio-temporal de la abundancia relativa del dorado (*Coryphaena spp.*) en el Pacífico Mexicano. SAGARPA-2004-C01-145/a-1. 2005 a 2008.
- Anónimo, 2007. Evaluación Biológico-Pesquera del dorado (*Coryphaena hippurus* y *C. equiselis*) en el Océano Pacífico. Región I. Guaymas, Sonora. [http://www.sisi.org.mx/jsp/psi/documentos/2009/seguimiento/11107/1110700003608\\_065.pdf](http://www.sisi.org.mx/jsp/psi/documentos/2009/seguimiento/11107/1110700003608_065.pdf)
- Arenas P, M. Hall & M García. 1999. Association of fauna with floating objects in the eastern Pacific Ocean. IATTC. Special report No. 11. 480 pp.

- Arenas, P., Hall M. & Miller F. 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean: Environment and fishing areas. Comisión Interamericana del Atún Tropical (ms). 55p.
- Arocha F., Marcano L. A., Lárez A., Altuve D. & Alio J. 1999. The fishery, demographic size structure and oocyte development of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Venezuela and adjacent waters. *Scientia Marina*. 63(3-4): 401- 409.
- Bagenal, T. B. & F. W. Tesch. 1978. Age and Growth. *En*: T. Bagenal (editor). *Methods for assessment of fish production in freshwater*, 3era edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England. 101-136.
- Balbotín, F. & W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 17(3): 85-334.
- Barcelata Ortíz, M.J. de la O-Girón and L. González-Márquez. 1990. Aspectos reproductivos de las especies: pez vela *Istiophorus platypterus* y dorado *Coryphaena hippurus*, capturados en las costas de Mazatlán, Sinaloa en 1988. Tesis Licenciatura. Univ. Aut. Sin. , México: 56 p.
- Baumgartner, T. R. & N. Christensen Jr. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *J. Mar. Res.*, 43: 825-848.
- Bayne, B. L. 1976. Aspects of reproduction in bivalve mollusks. *En*: M. Wiley (ed.), *Estuarine Processes*. Vol.1. London: Academic Press. pp. 432-448.
- Bayne, B. & R. Newel. 1983. Bivalves. *En*: *Mollusca 1: Physiology*, Vol. 4, Verdonky A. N. y J. Van den Biggelaar, (eds.). New York: Academic Press. pp. 1-64.
- Beardsley, G.L. Jr. 1967. Age, growth, and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia* (2): 441-451.
- Bentivoglio, A. A. 1988. Investigations into the growth, maturity, mortality rates and occurrence of the dolphin (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus) in the Gulf 52 of Mexico. M. Sc. Thesis. University College of North Wales, Bangor, UK. 37 pp.
- Berkeley, S. A., C. Chapman, & S. M. Sogard. 2004. Maternal age as determinant of larval growth and survival in a marine fish, *Sebastes melanops*. *Ecology* (85): 1258-1264.
- Bernard, D. R. 1981. Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 233-236.
- Betancourt Rivera, G.A. 1994. Age and growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* L., in Puerto Rico as determined by otolith analysis. M.Sc. thesis, University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico, 56 pp.

- Beverton, R. & S. Holt. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in fish population, with special reference to source of bias in catch sampling. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Penn. Int. Explor. Mer*, 140: 67-83.
- Birkeland C. and Dayton P. K. 2005. The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends in Ecology and Evolution* 20(7): 357-358.
- Blackwell B.G., Brown M.L. and N. W. Willis. 2000. Relative weight ( $W_r$ ) status and current use in fisheries assessment and management. *Rev. Fish. Sci.*, 8(1): 1-44.
- Blasco, D. 1978. Observations on the diel migration of migration of marine dinoflagellates off the Baja California Coast. *Mar. Biol.* 46:41-42.
- Bobko, S. J. & Berkeley, S. A. 2004. Maturity, ovarian cycle, fecundity, and age-specific parturition of black rockfish (*Sebastes melanops*). *Fish. Bull.* (102): 418-429.
- Bocanegra-Castillo, N. 2007. Relaciones tróficas de los peces pelágicos asociados a la pesquería del atún en el océano pacífico oriental. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN. 178 pp.
- Bowers, M.J. 1992. Annual reproductive cycle of oocytes and embryos of yellowtail rockfish *Sebastes flavidus* (Family Scorpaenidae). *Fish. Bull.* (90): 231-242.
- Brown, N. P., Shields R. J. y Bromage N. R. 2006. The influence of water temperature on spawning patterns and egg quality in the Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. . *Aquaculture*, 261: 993-1002.
- Byskov, A. G. 1978. Follicular atresia. In: Jones RE ed. *The vertebrate ovary*. Plenum Press, New York pp 533-562.
- Campana, 1990 S.E. Campana, How reliable are growth back-calculation based on otoliths?, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47 (1990), pp. 2219-2227.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59: 197- 242.
- Campos, J. A., A. Segura, O. Lizano & Madrigal E. 1993. Ecología básica de *Coryphaena hippurus* (Pisces:Coryphaenidae) y abundancia de otros grandes pelágicos en el Pacífico de Costa Rica. *Revista Biología tropical* 41(3):783-790.
- Cannizaro, L. F. D'Andrea, A. Potoschi & M. Scalisi. 1999. Economic aspects of fishing of dolphinfish in Sicily. *Scientia Marina*. 63(3-4): 459-464.

- Carbonell, E., Massutí, E. Castro, J. & R. García. 1999. Parasitism of dolphinfishes, *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis*, in the western Mediterranean (Balearic Islands) and Central-eastern Atlantic (Canary Islands). *Scientia Marina*. 63(3-4):343-354.
- Carrillo, M. & S. Zanuy. 1993. Fisiología de la reproducción de los teleósteos. In: *Acuicultura Marina. Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Coord. F. Castelló Orvay Universidad de Barcelona. España. 125-142.
- Carrillo, M., Zanuy, S., Oyen, F., Cerdá, J., Navas, J. M. & Ramos, J. 2000. Some criteria of the quality of the progeny as indicators of physiological broodstock fitness. In: *Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification, Proceedings of the seminar of the CIHEAM Network on technology of aquaculture in the Mediterranean TECAM*, jointly organized by CIHEAM and FAO, Zaragoza España, 24- 28 mayo de 1999. *Cahiers* 47: 61-73.
- Castro J. J., J. A. Santiago & A. T. O. Santana. 2002. A general theory on fish aggregation to floating objects: An alternative to the meeting point hypothesis. *Review in Fish Biology and Fisheries* (11): 255-277.
- Castro, G. S. E., R. C. Gómez & T. A. Klett. 1996. Abundancia relativa, composición por tallas de dorado (*Coryphaena hippurus*) y su relación con la temperatura del mar en Cabo San Lucas, B.C.S. Durante 1990. *Boletín pesquero CRIP- La Paz*, 2: 9-14.
- Castro, J.J., J.A. Santiago and V. Hernández García. 1999. Fish associated with fish aggregation devices off the Canary Islands (Central-East Atlantic). *Scientia Marina* 63(3-4): 191-198.
- Castro, J.J., J.A. Santiago, V. Hernández-García and C. Pla. 1999. Growth and reproduction of the dolphinfish (*Coryphaena equiselis* and *Coryphaena hippurus*) in the Canary Islands, Central-East Atlantic (preliminary results) *Scientia Marina* 63(3-4): 317-325.
- Castro, R. S. A. Mascareñas, R. Durazo & C. A. Collins. 2000. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*. 26 (4): 561-583.
- Chatterji, A. & Z.A. Ansari. 1982. Fecundity of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* L. *Mahasagar* 15(2): 129-133.
- Chiang, W.C., C.L. Sun, S.Z. Yeh, W.C. Su, D.C. Liu & W.Y. Chen, Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of sailfish *Istiophorus platypterus* from eastern Taiwan, *Bull. Mar. Sci.* 79: 727–737.
- Choy S. C. 1985. A rapid method for removing and counting eggs from fresh and preserved decapod crustaceans. *Aquaculture*, 48: 369-372.

- Claramunt, G. & R. Roa. 2001. An direct approach of estimating spawning fraction as applied to *Sardinops sagax* from northern Chile. *Scientia Marina* 65(2): 87-94.
- Claramunt, G., G. Herrera & P. Pizarro. – 1994. Producción potencial anual de huevos por tallas en *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) del norte de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, 29(2):211-233.
- Collins, C. A., N. Garfield, A. S. Mascarenhas Jr. & M. G. Spearman. 1997. Ocean Current across the entrance to the Gulf of California. *J. Geophys. Res.* 99: 3249-3261.
- Comisión Interamericana del Atún Tropical. 18(6):423-482.
- CONAPESCA, Carta Nacional Pesquera 2000. [http://inp.semarnat.gob.mx/CNP/Pesca\\_Extractiva/pesquerias\\_maritimasycosteras/litoral\\_del%20pacifico/dorado.htm](http://inp.semarnat.gob.mx/CNP/Pesca_Extractiva/pesquerias_maritimasycosteras/litoral_del%20pacifico/dorado.htm)
- Cone, R. S. 1989. The need to reconsider the use of condition indices in fisheries science. *Transactions of the American Fisheries Society.* 118: 510-514.
- Coward K. & Bromage N. R. 1998. Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia Zilli*. *Journal of Fish Biology.* 53: 285-302.
- D'Anna, G., F. Badalamenti & S. Riggio.1999. Traditional and experimental floating fish aggregating devices in the Gulf of Castellammare (NW Sicily): results from catches and visual observations. *Scientia Marina.* 63(3-4): 209-218.
- De Sylva, P. D. 1989. Distributional Changes in Billfishes (Istiophoridae) and sea surface temperatures, A posible early warning system to monitor global greenhouse climate warning. En: R. H. Stroud (ed) *Planning The Future of Billfishes. Research and Management in the 90's and Beyond.* Marine Recreational Fisheries 13. National Coalition for Marine Conservation, Inc., Part 2, 137-143.
- De Vlaming, V. 1983. Oocyte developmental patterns and hormonal involvements among teleosts. In: *Control processes in Fish Physiology.* Ed J. C. Rankin, T. J. Pitcher and R. T. Duggan. Croom Helm, London: 176 – 199.
- De Vlaming, V., G. Grossman & F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73A: 31 – 39.
- Dempster T., & Kingsford M.J., 2003, Homing of pelagic fish to fish aggregating devices (FADs): an investigation of the role of sensory cues. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 258, 213-222.

- Deudero, S. P., Merella, B. Morales-Nin, E. Massutí & F. Alemany. 1999. Fish communities associated with FADs *Scientia Marina* 63(3-4): 199-207.
- Díaz Jaimes, P., M. Uribe-Alcocer, S. Ortega-García & J. Dominique-Durand. 2006. Spatial and temporal mitochondrial DNA genetic homogeneity of dolphinfish populations (*Coryphaena hippurus*) in the eastern central Pacific. *Fish. Res.* 80(2-3): 333-338.
- Ditty, J.G., R.F. Shaw, C.B. Grimes, & J. Cope. 1994. Larval development, distribution, and abundance of common dolphin, *Coryphaena hippurus*, and pompano dolphin, *C. equiselis* (Family Coryphaenidae), in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 92:275-291. dolphinfish and cobia.
- Douglas, M. W., R. A. Maddox, K. Howard & S. Reyes. 1993. The Mexican monsoon. *J. Climate*, 6: 1665-1677.
- Ehrhardt, N. 1981. Curso de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. La Paz, B.C.S. Métodos de análisis de las estadísticas de captura y Esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales de pesquerías.
- 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.
- FAO. 1995. Código de Conducta para la pesca responsable. Roma. 46 p.
- Farrell, E. R. 2009. The Habitat, Movements, and Management of Dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western North Atlantic, Caribbean, and Gulf of Mexico. Master degree thesis. Duke University NC. EUA. 55p.
- Fernández Palacios, H., Izquierdo, M., Robaina, L., Valencia, A. Salhi, M. & Montero, D. 1997. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for gilthead seabream *Spaurus aurata*. *Aquaculture* 148: 233-246.
- Francis, R. C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish. Biol.* 36: 883-902.
- Frank, K. T. & W. C. Leggett. 1983. Multispecies larval fish associations: accident or adaptation? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 754-762.
- Fréon P., Dagorn L., 2000, Review of fish associative behaviour: toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Rev. Fish Biol. Fish.* 10, 183-207.
- Froese, R. & C. Binohlan 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *J. Fish Biol.* 56:758-773.

- Fuiman, L. E. & R. G. Werner. 2002. Fishery Science. The unique contributions of early life stages. Blackwell publishing. Chapters 1-8 & (until p. 272). 235 pp.
- Fulton, T. W. 1898. On the growth and maturation of the ovarian eggs in teleosts. Fisheries Board of Scotland 16th Annual Report, Part 3: 88 – 124.
- Galindo Cortes G., Ortega G. S., Klett T. A. & López M. J. 2006. Relación longitud-peso y crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus* en las costas de Baja California Sur, México. (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.
- Gallager, S. M., R. Mann & G.C. Sasaki. 1986. Lipid as an index of growth and viability in three species of bivalve larvae. Aquaculture. 56:81-103.
- Galván, M. F. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del océano pacífico oriental. Tesis de Doctorado. CICESE. 212 p.
- García Melgar, C. G. 1995. Ciclo de reproducción del dorado *Coryphaena hippurus*. Linnaeus 1758. Pistes: Coryphaenidae) en el área de los Cabos, B.C.S., México. Tesis Licenciatura. UABCS, 62 p.
- García R. S. & M. L. Victoria. 2007. Ecología trófica del Piquero de Nazca *Sula granti* (Aves: Sulidae) en la Isla Malpelo, Colombia. Boletín de investigaciones Marinas y Costeras 36: 9-32.
- Gibbs Jr., R. H. & B. B. Collete. 1959. On the identification, distribution and biology of the dolphins, *Cotyphaena hippurus* and *Cotyphaena equiseffis* Bull. Mar. Sci. Caribb. 9: II 7-I 52.
- Girard C., L. Dagorn, M. Taquet, A. Riaz, C. Peignon & S. BenHamou. 2007. Homing abilities of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) displaced from fish aggregating devices (FADs) determined using ultrasonic telemetry. Aquat. Living Resour. (20): 313-321.
- Goldberg, S. & A. Tresierra. 1985. Notes on spawning in the dolphin-fish *Coryphaena hippurus* (Coryphaenidae) from Peru. Bull. South Calif. Acad. Sci., 84: 51-52.
- Gómez Robles E., Rodríguez Jaramillo, C., & P. E. Saucedo. 2005. Digital image analysis of lipid and protein histochemical markers for measuring oocyte development and quality in pearl oyster *Pinctada* (Hanley, 1956). Journal of shellfish Research 24(4): 1197-1202.
- González, P. G. & M. Ramírez R. 1989. Zonas y épocas de reproducción del atun aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico mexicano. Investigaciones Marinas CICIMAR, Vol. 4(2): 203-210 p.

- Gooding R.M. & Magnuson J.J., 1967, Ecological significance of drifting objects to pelagic fishes. *Pac. Sci.* 21, 1-36.
- Grier H. 2000. Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook *Centropomus undecimalis* Teleostei: Centropomidae. *Journal of Morphology* 243: 265-281.
- Grier H. J. & Taylor R.G. 1998. Testicular maturation and regresión in the common snook. *Journal of Fish Biology* 53: 521-542.
- Gulland, J. A. 1971. *Manual de Métodos para la Evaluación de las poblaciones de peces.* FAO. Zaragoza, España. 163 pp.
- Hagood. R. W., G.N. Rothwell, M. Swafford & M Tokasi. 1979. Preliminary report on the aquacultural development of the dolphin fish, *Coryphaena hippurus* (Linneaus). *Proc. World Maricult. Soc.*
- Hammann, M. G., J. S. Palleiro-Nayar & O. Sosa-Nishizaki. 1992. The effects of the El Niño on the fisheries of Baja California, México. *CalCOFI Rep.* 36: 127-133.
- Hammond, D. 2008. Using pop-off satellite archival tags to monitor and track
- Harel, M., Tandler A. & Kissil, G. W. 1992. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead seabream *S. aurata* females and subsequent effects on egg composition and egg quality. *Irs. J. Aquacult. Bamidgeh* 44, 127.
- Hassler W. W. & W. T. Hogarth. 1977. The growth and culture of dolphin, *Coryphaena hippurus*, in North Carolina. *Aquaculture*, 12: 115-122.
- Hassler, W.W., & R.P. Rainville. 1975. Techniques for hatching and rearing dolphin, *Coryphaena hippurus*, through larvae and juvenile stages. Univ. North Carolina sea grant Program Publ. UNC-SG 75-31, 17 p.
- 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 a National Marine Fisheries Service Contract No. 82-ABA-305. 40 p.
- Hernández-Herrera, A. 2001. *Biología del pez vela (Istiophorus platypterus)*, Shaw y Nodder, 1971 al sur del Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B.C.S., México. 67 p.
- Hickling, C.F. 1933. The natural history of the hake. IV. Age-determination and growth-rate. *Fishery Investment London Series* 2: 13 (2): 120 pp.

- Holland, D.L. 1978. Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine invertebrates. *Biochem. Biophys. Pers. Mar. Biol.* 4:84-123.
- Howard, D. W. & C. S. Smith. 1983. Histological techniques for marine bivalve mollusks. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Memorandum NMFS-F/NEC-25. U.S. Department of Commerce. 95 pp.  
<http://dolphintagging.homestead.com/2007SatelliteTagCompletionRpt.pdf>.
- Hunter J.R., & Mitchell C.T., 1967, Association of fishes with flotsam in the offshore water of Central America. *Fish. Bull.* 66, 13-29.
- Hunter J.R., & Mitchell C.T., 1968, Field experiments on the attraction of fish to floating objects. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 31, 427-434.
- Hunter, J. & B. Macewicz. – 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, 83: 119-136.
- Hyams D. 1993. CurveExpert Versión 1.34. Microsoft Corporation.
- Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H. & Tacon, A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197: 25-42.
- 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 p.
- Jiménez Q. M. C., B. E. Espino & 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.
- Jobling, M. 2005. Environmental factors and rates of development and growth. En: Hart P. J. B. y J. D. Reynolds (Eds). *Handbook of fish biology and fisheries*. Vol. 1 *Fish Biology*. p 97. Blackwell Publishing.
- Johal, M. S., H.R. Esmaeili & K.K. Tandon.2001. A comparison of back-calculated lengths of silver carp derived from bony structures. *Journal of Fish Biology* 59: 1483-1496.
- Jones, R.E.; Petrell, R.J. & Pauly, D. 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacult. Eng.* 20: 261–276.
- 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.

- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the Eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* (69): 181-217.
- King H. R. & Pankhurst N. W. 2004. Effect of maintenance at elevated temperatures on ovulation and leutinizing hormone releasing hormone analogue responsiveness of female Atlantic salmon *Salmo salar* .Tansmania. *Aquaculture*. 233: 583-597.
- Kingsford, M. J. 1995. Drift algae: a contribution to near-shore habitat complexity in the pelagic environment and attractant for fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 116: 297-301.
- Kingsford, M. J. 1993. Biotic and abiotic structure in the pelagic environment: Importance to small fishes. *Bull. Mar. Sci.* 53(2): 393-415.
- Kingsford, M.J. & DeFries, A. (1999). The ecology and fishery of *Coryphaena* spp. in the waters around Australia and New Zealand. *Scientia Marina*. 63(3–4):267–275. Barcelona-España.
- Klett, T. A., D. G. Ponce & S. G. Ortega.1996. Pesquería deportivo-recreativa. En: Casas V. M. y Ponce D (Eds.). 1996. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, México. 389 - 418.
- 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. Sci. Fish.* 31: 575-578.
- Kojima, S. 1966. Studies of dolphin fishing conditions in the western Sea of Japan-XII. The size of a dolphin school. [En Japonés, Res. Inglés] *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 32: 652-654.
- Kraul 1993. Larviculture of the Mahimahi, *Coryphaena hippurus* in Hawaii, USA. *Journal of the World Aquaculture Society*. 24(3), 410-421.
- Kraul, S. 1989. Review and current status of the aquaculture potential for Mahimahi, *Coryphaena hippurus*. *Advances in tropical aquaculture*. *Aquacop. Ifremer. Actes de Colloque* 9, 445-459.
- Kraul, S. 1990. Review and current status of the aquaculture potential for the mahi mahi , *Coryphaena hippurus*. *Advances in tropical aquaculture: workshop held in Tahiti ,French Polynesia ,February 20 – march 4 1989., 1990 ,pp. 445-459.*
- Kraul, S. 1999. Seasonal abundance of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in Hawaii and the tropical Pacific Ocean. *Scientia Marina*. 63(3-4): 261-266.

- Lai, H. L. & H. C. Liu. 1979. Age determination of walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) using four age structures. Bull. Int. N. Pac. Fish. Comm. 45: 66-98.
- Lambert, J. G. D. 1970. The ovary of the guppy, *Poecilia reticulata* the atresic follicle, a Corpus atreticum or a Corpus luteum praeovulationis. Z. Zellforsch., Vol. 107, Pag. 51-67.
- Lara L. J.R., Arenas F. V., Bazán G. C., Díaz C. V., Briones E. E., García A. M.C., Gaxiola C. G. Robles J. G., Sosa A. R. Soto G. L. A., Tapia G. M. & Valdez H. J.E. 2008. Los ecosistemas marinos, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México pp. 135-159.
- Lasso, J. & Zapata, L. 1999. Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Columbia and Panama. Scientia Marina. 63 (3-4): 261–266.
- Lauth, R. R. & R. J. Olson. 1996. Distribución y abundancia de escómbridos larvales en relación al ambiente físico en el noroeste del Recodo de Panamá. *Inter-American Tropical Tuna Commission* 21 (3): 149-167.
- Lavín, M., A. Badan & E. Beier. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual, En *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, editado por M.F. Lavín, UGM, Monografía #3, 141-171, México, 1997.
- Le Pennec, M., F. Gueguen, J. C. Cochard, & M. Paulet y G. Dorange. 1990. Relations entre le contenu lipidique des ovocytes de *Pecten maximus* et les performances des larves en élevage. *Haliotis* 10: 101-113.
- Lleonart, J., B. Morales-Nin, E. Massutti, S. Deudero & O. Reñones. 1999. Population dynamics and fishery of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. Scientia Marina. 63 (3-4): 447-457.
- Lluch, C. S. E., Martínez J. L., Romero B. J. J., Arias A. J. P., Castillo B. L., Razo A. E. y Chávez M. E. 1998. Variabilidad temporal de las surgencias por viento en la costa continental del Golfo de California. Informe técnico Interno. CIBNOR, S. C.
- Macgregor, J.S. 1957. Fecundity of the Pacific Sardine (*Sardinops caerulea*). Fish. Bull., U.S. 57: 427-449.
- Madrid, J.V. & R. Beltran-Pimienta. 2001. Longitud, Peso y sexo del dorado *Coryphaena hippurus* (Perciformes: Coryphaenidae), del litoral de Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur, Mexico. Rev. Biol. Trop. 48(3-4): 931-938.

- Mahon, R. & H. A. Oxenford. 1999. Precautionary assessment and management of dolphinfish in the Caribbean. *Scientia Marina*. 63(3-4): 429-438.
- Maldonado G. M., Gracia L. V., Carrillo M., Hernández A. & Rodríguez J. C. 2005. Stages of gonad development during the reproductive cycle of the blackfin snook, *Centropomus medius*. *Aquaculture Research*, 36: 554-563.
- Manooch, I I I, C.S., D. L. Mason & R. S. Nelson. 1984. Food and gastrointestinal parasites of dolphin *Coryphaena hippurus* collected along the southern and Gulf coast of the United States. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50: 1511-1525.
- Marsac F., Fonteneau A. & Ménard F. (2000). Drifting FADs used in tuna fisheries : an ecological trap ? In : Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.-Y., P. Cayré, M. Taquet (eds). Ed. Ifremer, Actes Colloq., (28): 537-552.
- Marshall T. C., L. O'Brien, J. Tomkiewicz, F. W. Koster, Kraus G., G. Marteinsdottir, M. J. Morgan, F. Saborido-Rey, J. L. Blanchard, D. H. Secor, P.J. Wright, N. V. Mukhina & H. Bjornsson. 2003. Developing alternative indices of reproductive potential for use in fisheries management: Case studies for stocks spanning and information gradient. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, Vol.33: 161-190.
- Martínez Aguilar, S. 2006. Modelo dinámico de la pesquería de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) del Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. CICIMAR, La Paz, B.C.S., México. 127 p.
- Martínez Rincón, 2008. Análisis de la captura incidental de dorado (*Coryphaena spp*) registrada por la flota atunera mexicana en el Pacífico Oriental. Tesis de Maestría. CICIMAR, La Paz, B.C.S., México. 97p.
- Marty, Y., F. Delaunay, J. Moal & J. F. Samain. 1992 Changes in the fatty acid composition of *Pecten maximus* (L) during larval development. *J. Exp. Biol. Ecol.* 163:221-234.
- Massutí E. & Morales-Nin B. 1997. Reproduction biology of dolphin- fish (*Coryphaena hippurus* L.) off the Island of Majorca (western Mediterranean). *Fish. Res.* 30: 57-65.
- Massutí, E. & B. Morales-Nin. 1991. La pesca de la llampuga (*Coryphaena hippurus*) en Mallorca. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.* 96: 1-18
- Massutí, E. & B. Morales-Nin. 1995. Seasonality and reproduction of dolphin fish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. *Scientia Marina*. 59: 357-364.
- Massuti, E., B. Morales-Nin & J. Moranta. 1999. Otoliths microstructure a growth patterns of dolphin *Corypahena hippurus* in Western Mediterranean. *Fish. Bull.* 97: 891-899.

- Melo-Barrera, F. N., R. Félix-Uraga & C. Quiñónez-Velázquez. 2003. Crecimiento y relación peso longitud del marlin rayado, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae), en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas. 29(3): 305-313.
- Mito, S. 1960. Egg development and hatched larvae of the common dolphin-fish *Coryphaena hippurus* Linné. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 26: 223-226.
- Molina, C. A. 1986. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. 1986. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auto. México. 13(2): 95-120.
- Morales-Nin, B., S. D. Mirella, A. Potoschi, E. Massutí, P. Rizzo & S. Gancitano. 1999. Differences between the sagita, lapillus and vertebra in estimating age and growth in juvenile Mediterranean dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). Scientia Marina. 59: 327-337.
- Mosig J. & Fallu R. 2004. Australian fish farmer, 2nd edn. Landlinks Press, Victoria
- Murray, P. A. 1985. Growth and mortality in the dolphin-fish *Coryphaena hippurus* caught off Saint Lucia, W.I. In: WECAFC (ed.), National reports and selected papers presented at the fourth session of the Working Party on assessment of marine fishery resources, pp. 147-153. Paipa, Departament of Boyaca, Colombia, 29 October – 2 November, 1984. FAO Fish. Rep, 327, 290 pp.
- Murphy, R.C. 1914. Notes on Pelagic fishes. Copeia (6): 1-2.
- Nakamura, E.L. 1971. An analysis of the catches and the biology of big game fishes caught by the New Orleans Big Game Fishing Club, 1966-1970. East Gulf Sport Fish. Mar. Lab. Rep. 38 pp.
- Nakamura, I. 1985. FAO Species Catalogue. Vo1. 5. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop. (125): 65.
- Nikolsky, G. V. 1974. The ecology of fishes. Academic Press, London. 352 pp.
- Norton, J 1999. Apparent habitat extensions of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in response to climate transients in the California Current. Scientia Marina. 63 (3-4): 239-260.
- Norton, J. G. 1999. Apparent habitat extensions of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in response to climate transients in the California Current. Scientia Marina. 63 (3-4): 239-260.

- 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 p.
- Núñez Orozco, A. L. & Alejo P. M. C. 2006. Estructura de tallas y relación peso-longitud del dorado (*Coryphaena hippurus*) en la costa chica de Oaxaca. (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.
- Ochoa, R.I., J.R. Torres, C.G. García & L. Pérez. 1992. Parámetros reproductivos de *Coryphaena hippurus* en el área de los Cabos, B.C.S. México. Res. III Cong. Nac. Ictiol., Soc. Ictiol. Méx. México. 24 p.
- Ochoa-Báez, R. I. 1998. Estacionalidad reproductiva y producción ovárica de la anchoa europea, *Engraulis encrasicolus* Clupeiformes: Engraulidae en el mar catalán. Tesis de Doctorado. Univ. Polit. de Cataluña, Barcelona, España. of early life stages. Blackwell Science. Oxford, UK. 325 p.
- Ormseth O.A. & Norcross B.L. 2005. Reproductive potential of Pacific cod in Alaska. (Poster). NOAA. University of Alaska Fairbanks.
- 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., S. Salcedo-Bojorquez, M. S. Zúñiga-Flores & J. P. Arias Aréchiga. 2006. Actividad de la Flota Deportiva en Cabo San Lucas B.C.S. Boletín Informativo 1º Trimestre 2006. News Bulletin First Quarter. CICIMAR-Administración Portuaria Integral de Cabo San Lucas.
- Ortega García S., S. Salcedo-Bojorquez, M. S. Zúñiga-Flores & J. P. Arias Aréchiga. 2006. Actividad de la Flota Deportiva en Cabo San Lucas B.C.S. Boletín Informativo 2º Trimestre 2006. News Bulletin Second Quarter. CICIMAR-Administración Portuaria Integral de Cabo San Lucas.
- Oxenford, H. A. & W. Hunt. 1983. Age and growth of dolphin, *Coryphaena hippurus*, as determined by growth rings in their otoliths. *Fish. Bull.* 81(4): 906-909.
- Oxenford, H. A. & W. Hunte. 1986. A preliminary investigation of stock structure of the dolphin *Coryphaena hippurus* in the Western Central Atlantic. *Fish. Bull.* 84(2): 451-459.
- Oxenford, H. A., & W. Hunte. 1999. Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. *Scientia Marina.* 63(3-4):303-315.

- Pájaro M. 1998. El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta argentina (*Engraulis anchoíta*). Su relación con las estrategias reproductivas de la especie. Tesis Doctorado. Univesidad Nacional de Mar del Plata. 273 p.
- Palko ,B.J., G. L. Beardsley & W. J. Richards. 1982. Synopsis of biological data on dolphin-fishes *Coryphaena hippurus* linnaeus and *Coryphaena equiselis* linnaeus .U. S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS. Circ. 443,28 p.
- Parin, N. & B. Fedoryako. 1999. Pelagic Fish Communities around floating objects in the open ocean. En: MD Scott, WH Bayliff, CE Lennert-Cody y KM Shaefer (edit) Proc Internal Work Ecol Fish Tunas Assoc Objects. IATTC. 447-458.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean enviromental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer., 39 : 175-192.
- Pauly, D. & J. L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte. 2: 21.
- Pauly, D.1993. Fishbyte section editorial. Naga, ICLARM Quart., 16:26.
- Peralta-Bravo, M.R. 2006. Análisis comparativo de los parámetros de crecimiento del dorado *Coryphaenna hippurus* en dos áreas del Pacifico central oriental. Tesis de maestría. CICIMAR.IPN. México. 60 p.
- Pérez, R. N. & Y. Sadovy. 1991. Preliminary data on landings records and reproductive biology of *Coryphaena hippurus*, L., in Puerto Rico. Proc. Gulf. Caribb. Fish Inst. 44: 636-650.
- Pérez, R. N., A. M. Román & G. A. Rivera. 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.
- Pianka, E. R. 1970. On r- and K-selection. Am.Nat. 104: 592-597.
- Pla, C. & J. M. Pujolar. 1999. Genetic homogeneity of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean and the eastern Atlantic. Scientia Marina. 63(3-4): 337-341.
- Potoschi A., Reñones O. & Cannizzaro L.1999. Sexual development, maturity and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western and central Mediterranean. Scientia Marina. 63 (3-4): 367-372.

- Potthoff, T. 1971. Observations on two species of dolphin (*Coryphaena*) from the tropical mid-Atlantic. Fish. Bull., U.S. (69): 877-879.
- Potthoff, T. 1980. Development and structure of the fins and the fin supports in the dolphin fishes *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equilepis* (Coryphaenidae), Fish. Bull., U.S. (78): 277-312.
- Prince, E. D., D. W. Lee & R. Conser. 1987. Estimating age and growth rate of atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*): progress and future work plan. ICCAT. 26(2): 426- 435.
- Racotta, I. S., J. L. Ramírez, A. M. Ibarra, M. C. Rodríguez-Jaramillo., D. Carreño & E. Palacios. 2003a. Growth and gametogenesis in the lion-paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. Aquaculture. 217: 335-349.
- 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. La Paz, B. C. S., México. 50 p.
- Randall, J. E. 1995. Coastal Fishes of Oman. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 439 p.
- Rentería Martínez, J. 2002. Biología reproductiva del dorado (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1785) en las costas de Mazatlán. Sinaloa, ciclo 2001-2001. Tesis Licenciatura. Univ. Aut. Sin. , México: 53 p.
- Reñones, N., B. Morales-Nin & S. Deudero. 1999. Population size structure, age and growth of *Naucrates ductor* in the small scale FADs fishery of Mallorca Island (western Mediterranean). Scientia Marina. 63 (3-4): 355-366.
- Reynolds, R. W. & T. M. Smith. 1994. Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. Journal of Climate. 7: 929-948.<http://www.cdc.noaa.gov/>).
- Ricker, W. E. 1954. Stock and recruitment Journal of the Fisheries Research Board of Canada (11): 559-623.
- Riera, F. A. Grau, A.M. Grau, E. Pastor, A. Quetglas & S. Pou. 1999. Ichthyofauna associated with drifting floating objects in the Balearic Islands (Western Mediterranean) Scientia Marina. 63(3-4): 229-235. Barcelona-España
- Rijnsdorp, A. D., N. Daan, F. Beek, & H. J. L. Heessen. 1991. Reproductive variability in North Sea plaice, sole, and cod. ICES J. Cons., 47: 352-375.
- Rivera Betancourt, G.A. 1994. Age and Growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* L., in Puerto Rico as determined by otoliths analysis. M. Sc. Thesis, University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico. 56 p.

- Rocha Olivares, A., M. Bobadilla-Jiménez, S. Ortega García, N. Saavedra-Sotelo & J.R. Sandoval-Castillo. 2006. Mitochondrial variability of dolphinfish *Coryphaena hippurus* populations in the Pacific Ocean. *Ciencias Marinas*. 32(3): 569-578.
- Rodríguez Jaramillo, M. C. 2004. Efecto de la temperatura sobre la gametogénesis en el callo de hacha Sowerby, 1835 Bivalvia: Pinnidae. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN.
- Romanov E. V. 2002. Bycatch in the tuna purse-seine fisheries of the western Indian Ocean. *Fish. Bull.* 100(1): 90-105.
- Rose, C. D. & W. W. Hassler. 1968. Age and growth of the dolphin *Coryphaena hippurus* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Trans. Am. Fish. Soc.* 97: 271-276 p.
- Rose, C. D. & W. W. Hassler. 1974. Food habits and sex ratios of the dolphin *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off Hatteras, North Carolina. *Trans. Am. Fish. Soc.* 103: 94-100p.
- Rosengaus, M. & A. U. Hernández. 2005. Resumen de la temporada de ciclones tropicales 2005. CONAGUA. 10 pp.
- Rosengaus, M. & A. U. Hernández. 2006. Resumen de la temporada de ciclones tropicales 2006. CONAGUA. 10 pp.
- Saborido F. 2004. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso doctoramento do bienio 2002-2004. Universidad de Vigo. Inst. de Invest. Mar., Vigo, España. 71 pp.
- Saidapur, S. K. 1978. Follicular atresia in the ovaries of nonmammalian vertebrates. *Internat. Rev. Cytol.* 54: 225-244.
- Sánchez Reyes, N.A. 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. 90 p.
- Santana H. H. & Valdez F. J. J. 2006. Análisis de datos de dorado *Coryphaena hippurus*, capturado incidentalmente con palangre de deriva en el pacífico mexicano: 1995-2006. (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.
- Santana, H. 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. Tesis doctoral. Universidad de Colima, México. 122p.

- Saout, C., C. Quéré, A. Donval, Y. M. Paulet & J. F. Samain. 1999. An experimental study of the combined effect of temperature and photoperiod on reproductive physiology of *Pecten maximus* from the Bay of Brest (France). *Aquaculture*. 172: 301-314.
- Sakamoto. R. & Kojima S. 1999. Review of dolphinfish biological and fishing data in Japanese waters. *Scientia Marina*. 63 (3-4): 375-385.
- Schaefer, M. K. 2001. Reproductive Biology of tunas. Tuna physiology, ecology, and evolution. (eds. B. A. Block & E. D. Stevens), pp. 225-262.
- Schuck, H.A. 1951. Notes on the dolphin (*Coryphaena hippurus*) in North Carolina waters. *Copeia* 1951: 35-39.
- Schultz, E.T & D.O. Conover. 1999. The allometry of energy reserve depletion: test of a mechanism for size-dependent winter mortality. *Oecologia* 119: 474-483.
- 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 p.
- Schwenke, K. L. & J. A. Buckel. 2008. Age, growth, and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) caught off the coast of North Carolina. *Fish. Bull.* 106: 82-92.
- Shcherbachev, Y. N. 1973. The biology and distribution of the dolphins (Pisces, Coryphaenidae). *J. Ichthyol.* 13(2):182–191.
- Soichi M., 1978. Spawning behaviour of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the aquarium and its eggs and larvae. *Jpn J. Ichthyol.* 24: 290 - 294.
- Sokal & Rohlf, 1981, *Statistical tables*. 2a ed. Wlt. Freeman and Company, 219 p.
- Solano Fernández, M. 2007. Determinacion de edad y crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus 1758) en el Pacifico sur de México. *Tesis de maestría*. Universidad del Mar. México. 71 p.
- Solano S. A., Tresierra A. A., García N. V. Dioses T., Marín W., Sánchez C. & Wosnitza M. C. 2008. Biología y pesquería del perico (*Coryphaena hippurus*). 23 p.
- Sosa N., O. 1998. Historical review of the billfish management in the Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*. 24 (1): 95-111.

- Sparre, P. 1995. Introduction to tropical fish stock assesment. FAO/DANIDA project Training Fish Stock Assesment GCP/INT/392/DEN.338 p.
- Sparre, P. & S. C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I: Manual. FAO Fisheries Technical Paper. 306(1): 420 p.
- Stafsoft. 1984-2001. Statistica for windows, Version 6 .Tulsa, Ok: Stafsoft Inc.
- Sundby, S. 1991. Factors affecting the vertical distribution of eggs. Pages 33-38 in S. J. Lockwood, ed. ICES marine science symposia, Copenhagen.
- Suyehiro, Y. 1952. A study on the digestive system and feeding habits of fish. Jpn. J. Zool. (10): 1-303.
- Takahashi, M. & K. Mori. 1973. Studies on relative growth in body parts compared in *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*, and notes on gonadal maturation in the latter species. [In jpn., Engl. Summ.] Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab. (8): 79-113.
- Taquet M. L. Dagorn, J. C. Gaertner, C. Girard, A. Riaz, S. Gorka & Itano D. 2007. Behavior of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) around drifting FADs as observed from automated acoustic receivers. Aquat. Living Resour. (20): 323-330.
- Taquet M., 2004, Le comportement agrégatif de la dorade coryphène (*Coryphaena hippurus*) autour des objets flottants. Thèse de Doctorat, Université de Paris 6, Océanologie biologique.
- Thompson. N.B. 1999. Characterization of the dolphinfish (*Coryphaenidae*) fishery of the United States western north Atlantic Ocean. Scientia Marina. 63(3-4): 421-427. Barcelona-España.
- Toledo M. I. D., Valia V. M. & Muga. H. C. 1994. Ciclo gonadal de hembras reproductoras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la piscicultura de Río Blanco, Los Andes, Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 22: 39-43.
- Torres Rojas. Yassir E. Sofía Ortega García, Juana López Martínez & Marcela S. Zúñiga Flores. 2007. Hábitos alimenticios del dorado (*Coryphanena hippurus*) en el Pacífico mexicano. X Foro Nacional sobre el Atún. Veracruz, México.
- 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. 71 p.
- Tresierra A. A. E., Solano S. A. & García N. V. M. 2006. Biología y captura por unidad de esfuerzo de *Coryphaena hippurus* “perico” en el área centro del Perú. Instituto Del Mar del Perú. CRIPA, CHIMBOTE.

- Tripp Valdez, A. 2005. Ecología Trófica del Dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) en dos áreas del sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 125 p.
- Tripp Valdez, M. A. 2009. Análisis de la estructura genética poblacional del dorado (*Coryphaena hippurus*; Linnaeus, 1758) en el Noroeste del Pacífico Mexicano y Golfo de California mediante el uso de microsatélites. Tesis de Maestría. CIBNOR, México. 106 p.
- Trippel, E. A. Estimation of stock reproductive potential: history and challenges for Canadian Atlantic gadoid stock assessments. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, **25**: 61–81
- Tyler, C.R. & J. P. Sumpter. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. *Rev. Fish Biol. and Fish.* 6: 287-318.
- Uchida, R.N. & J.H. Uchiyama. 1986. Fishery atlas of the Northwestern Hawaiian islands. NOAA. Tech. Report. NMFS. Circ.38:248.
- Uchiyama J.H. & Boggs H. 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. *Marine Fisheries Review*. 68(1-4): 19-29.
- Uchiyama, J. H., R. K. Burch, & S. A. Kraul Jr. 1986. Growth of dolphins *Coryphaena hippurus* and *C. equisetis*, in Hawaiian waters as determined by daily increments on otoliths. *Fish. Bull.* 84 (1): 186-191.
- Uchiyama, J.H., R.A. Skillman y J. D. Sampaga. 1992. Preliminary results on the larval distribution of *Coryphaena hippurus*, *C. equiselis*, and other pelagic management unit species in Hawaiian waters. Southwest Fisheries Science Center Administrative Report H-92-04. 74 p.
- Velasco Tarelo, P. M. 2003. Hábitos alimenticios del dorado, *Coryphaena hippurus*, Linnaeus 1758. (Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en Punta Lobos y Los Barriles Baja California Sur, México, durante 2000 y 2001. UABCS, México 75p.
- Vella A.1999. Dolphinfish fishery around the Maltese Islands. *Scientia Marina*. 63(3-4): 465-467.
- Villalejo Fuerte M & RI Ochoa-Báez. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby 1835), en relación con temperatura y fotoperíodo, en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 19: 181-202.

- Wallace, R. A. & K. Selman 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist* 21: 325 – 343.
- Wallace, R. A. & K. Selman. 1990. Ultrastructural aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. *Jour. Of Electron Microscopy Tech.* 16: 175-201.
- Watanabe, T. & Vassallo-Agius, R. 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. *Aquaculture* 227: 35-61.
- Watanabe, T., Arakawa, T., Kitajima, C. & Fujita, C. 1984. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 50: 495-501.
- Watanabe, T., Itoh, A. Satoh, S., Kitajima, C. & Fujita, S. 1985. Effect of dietary protein levels on chemical components of eggs produced by red sea bream broodstock. *Nippon Suisan Gakkaishi* 51: 1501-1509.
- Watanabe, T., Lee, M., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T. & Arakawa, T. 1991. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 681-694.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in Fishes: a review. *Aust. J. Mar. Fresh. Res.*, 41, 199-22.
- Wild, A. 1986. Crecimiento del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), en el Océano Pacífico Oriental, basada en los incrementos de los otolitos. *Boletín de la*
- Wu, Chuen-Chi, Cheng Su W. & Kawasaki, T. 2001. Reproductive biology of the dolphin fish *Coryphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. *Fisheries Science*. 67: 784-793.
- Yamamoto K. I. 1956. Annual cycle in the development of ovarian eggs in the flounder, *Liopsetta obscura*. *J Fac Sci Hokkaido Univ, Ser VI (Zool)*. 12: 362–373.
- Yigit S., M.B. Ergonul & A. Altindag.2008. The growth features of chub *Squalius cephalus* and comparison of five different condition indices  
Caractéristiques de la croissance du chevaine, *Squalius cephalus* (Cyprinidae), et comparaison de cinq coefficients de condition différents  
317-319.
- Zanuy E. & Carrillo M. 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en la acuicultura. Pp. 1-131. En: Reproducción en acuicultura J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Eds. Plan de Formación de Técnicos en Acuicultura, Programa Especial de I + D de acuicultura CAICYT, Madrid España.

- Zanuy S. & Carrillo M. 1993. Técnicas de control de la reproducción de teleósteos. En Acuicultura F. Castelló, coord. pp. 143-156. Pub. Univ. Barna. Barcelona. España.
- Zaouali J. & H. Missaoui. 1999. Small-scale Tunisian fishery for dolphinfish *Scientia Marina*. 63(3-4): 469-472.
- Zárate-Villafranco, A. 1998. Estudio de la asociación de los objetos flotantes naturales y/o artificiales (FADS) con la captura de atún. Tesis de Maestría. CICIMAR, La Paz, B.C.S., México. 114 p.
- Zavala Camin, L. A. 1986. Conteúdo estomocal e distribuição do dourado *Coryphaena hippurus* e ocorrência de *C. equiselis* no Brasil (24°S– 33°S). Bol. Inst. Pesca, Brazil 13(2):5–14.
- Zúñiga Flores, M. S. 2002. Análisis de la estructura de tallas y relación peso-longitud del dorado (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus 1758) capturado en Mazatlán, Sinaloa, durante 2000-2001. Tesis de Licenciatura. UAS, México. 40 p.
- Zúñiga Flores, M.S., S. Ortega García & A. Klett Traulsen. 2008. Interannual and seasonal variation of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) catch rates in the southern Gulf of California, Mexico. Fish. Res. 94: 13-1

## XI. ANEXOS

### XI. 1. Relación peso total (kg) y la longitud furcal (cm) por año

Tabla 32. Parámetros de la relación entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras, machos y el total del dorado *Coryphaena hippurus* capturado durante el periodo de estudio.

| <b>2004</b> | <b>n</b> | <b>A</b>                 | <b>b</b> | <b>r<sup>2</sup></b> | <b>F</b> | <b>E.S.</b> | <b>p</b> |
|-------------|----------|--------------------------|----------|----------------------|----------|-------------|----------|
| Hembras     | 216      | 2.51 x 10 <sup>-05</sup> | 2.74     | 0.94                 | 33.27    | 0.044       | 0.000    |
| Machos      | 182      | 1.86 x 10 <sup>-05</sup> | 2.83     | 0.96                 | 12.87    | 0.046       | 0.000    |
| <b>2005</b> |          |                          |          |                      |          |             |          |
| Hembras     | 207      | 2.06 x 10 <sup>-05</sup> | 2.80     | 0.94                 | 13.21    | 0.054       | 0.000    |
| Machos      | 247      | 2.66 x 10 <sup>-05</sup> | 2.77     | 0.92                 | 22.78    | 0.048       | 0.000    |
| <b>2006</b> |          |                          |          |                      |          |             |          |
| Hembras     | 679      | 3.37 x 10 <sup>-05</sup> | 2.68     | 0.92                 | 87.36    | 0.033       | 0.000    |
| Machos      | 612      | 1.35 x 10 <sup>-05</sup> | 2.92     | 0.94                 | 5.61     | 0.033       | 0.018    |

E.S. = (error estándar)      Diferencias: NS = no significativas

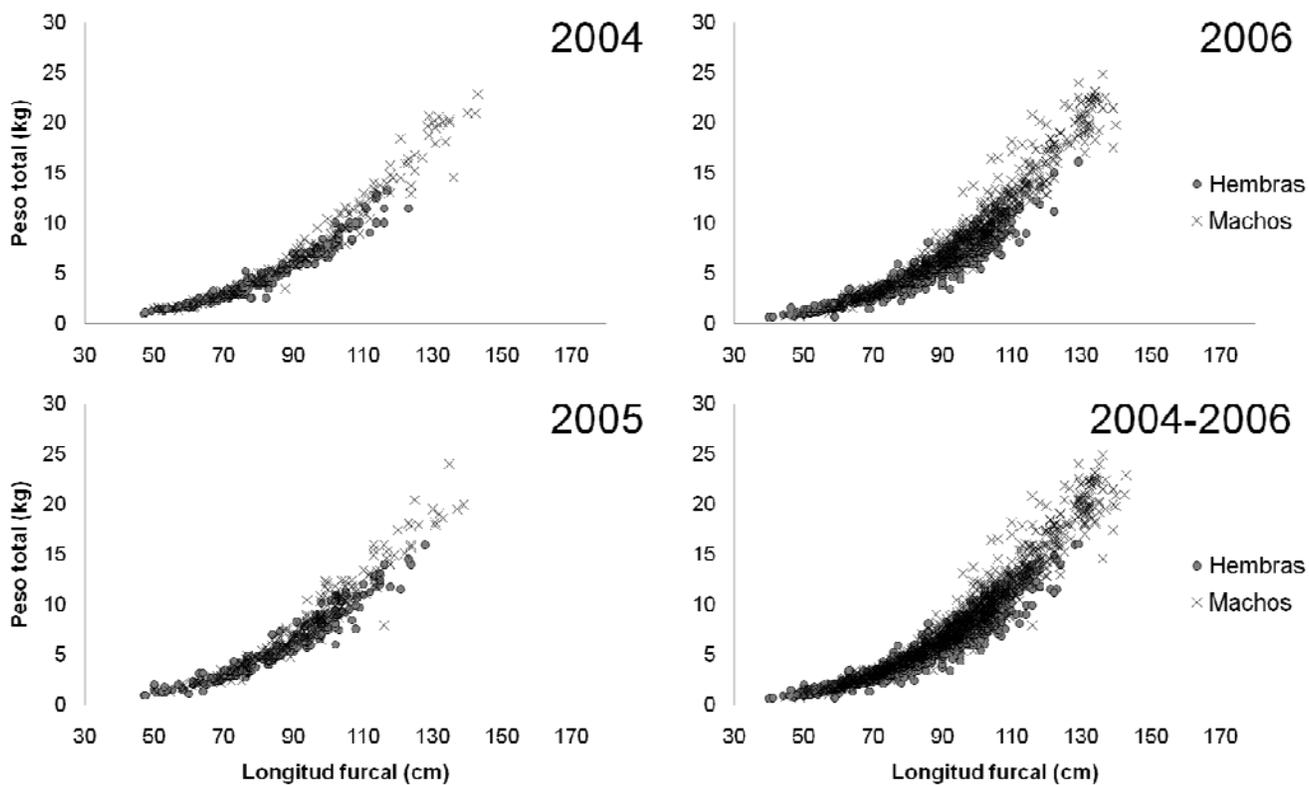


Figura 56. Relaciones entre el peso total (kg) y longitud furcal (cm), para hembras, machos y el total del dorado *Coryphaena hippurus* capturado durante los años analizados y para todo el periodo de estudio.

## XI. 2. Crecimiento individual en longitud (continuación)

Tabla 33. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados en la tercera y cuarta combinación para hembras, machos y total del dorado *Coryphaena hippurus*, durante el periodo de estudio.

### 3) Observados + retrocalculados

|         | n          | $L_{\infty}$ | K    | $t_0$  | $\phi'$ | $t_{(max)}$ | $r^2$ |
|---------|------------|--------------|------|--------|---------|-------------|-------|
| Hembras | 251 + 503  | 130.6        | 0.57 | -0.57  | 3.99    | 4.66        | 0.64  |
| Machos  | 246 + 673  | 173.8        | 0.32 | -0.84  | 3.98    | 8.51        | 0.73  |
| Total   | 497 + 1176 | 168.9        | 0.33 | --0.81 | 3.98    | 8.06        | 0.70  |

### 4) Observados + retrocalculados + larvas

|         |                 |       |      |        |      |      |      |
|---------|-----------------|-------|------|--------|------|------|------|
| Hembras | 251 + 503 + 10  | 101.7 | 1.35 | -0.13  | 4.14 | 2.08 | 0.68 |
| Machos  | 246 + 673 + 10  | 136.6 | 0.59 | -0.43  | 4.04 | 4.60 | 0.73 |
| Total   | 497 + 1176 + 10 | 127.4 | 0.70 | --0.36 | 4.05 | 3.88 | 0.72 |

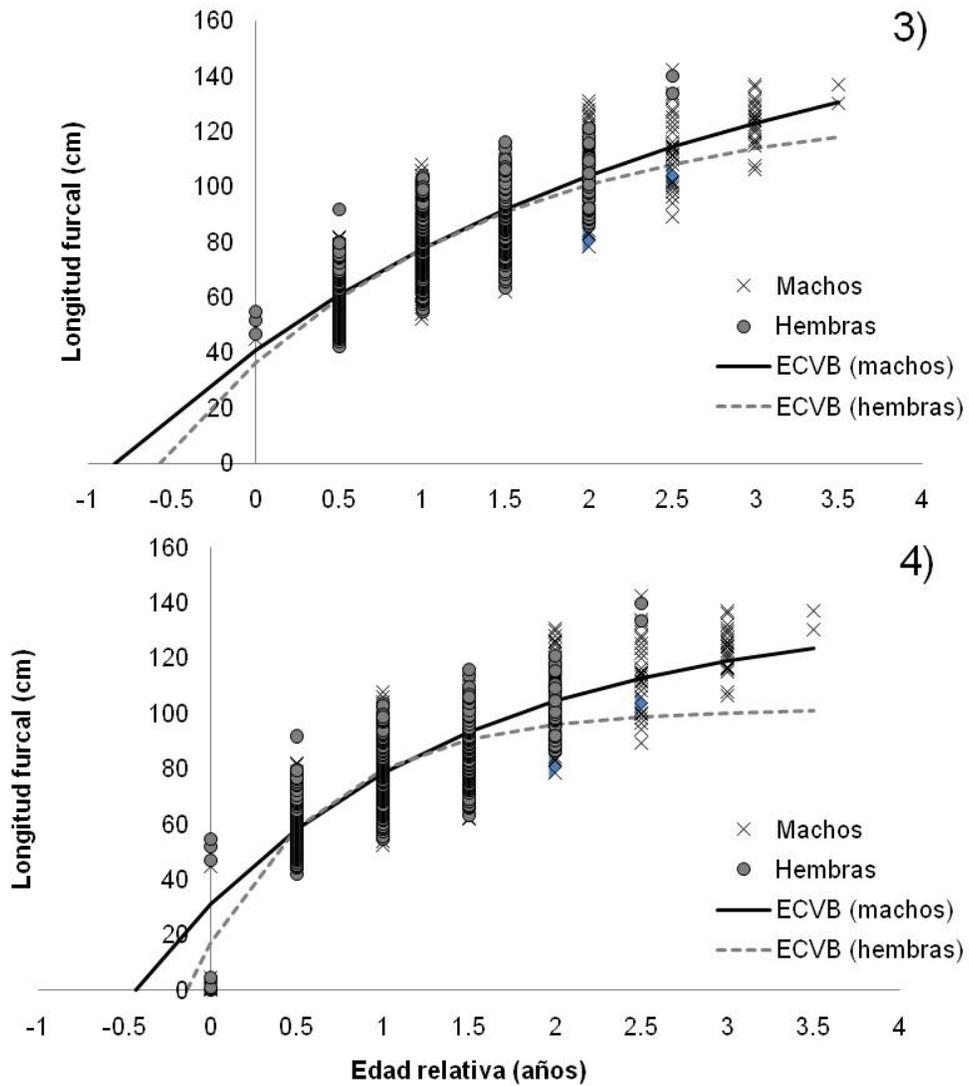


Figura 57. Representación del modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy, utilizando la información de los datos observados y los retrocalculados (3) y de los datos observados, retrocalculados y la información de las larvas (4), para machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*.

### XI. 3. Crecimiento individual en longitud y peso por año

Tabla 34. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy y  $t_{\max}$  estimados para hembras, machos y total del dorado *Coryphaena hippurus* para cada año.

#### 2004 (observados + larvas)

|         | n       | $L_{\infty}$ | K    | $t_0$ | $\phi'$ | $t_{(\max)}$ | $r^2$ |
|---------|---------|--------------|------|-------|---------|--------------|-------|
| Hembras | 42 + 10 | 104.4        | 1.80 | -0.01 | 4.29    | 1.64         | 0.92  |
| Machos  | 19 + 10 | 125.3        | 1.19 | -0.01 | 4.27    | 1.49         | 0.96  |
| Total   | 61 + 10 | 115.6        | 1.39 | -0.02 | 4.27    | 2.12         | 0.90  |

#### 2005 (observados + larvas)

|         |         |        |      |        |      |      |      |
|---------|---------|--------|------|--------|------|------|------|
| Hembras | 44 + 10 | 114.75 | 1.41 | -0.042 | 4.26 | 2.07 | 0.92 |
| Machos  | 48 + 10 | 107.3  | 1.71 | -0.014 | 4.29 | 1.73 | 0.90 |
| Total   | 92 + 10 | 112.13 | 1.46 | -0.051 | 4.26 | 1.99 | 0.86 |

#### 2006 (observados + larvas)

|         |          |        |      |        |      |      |      |
|---------|----------|--------|------|--------|------|------|------|
| Hembras | 165 + 10 | 97.57  | 2.05 | -0.054 | 4.29 | 1.40 | 0.81 |
| Machos  | 179 + 10 | 121.9  | 1.20 | -0.08  | 4.25 | 2.41 | 0.86 |
| Total   | 344 + 10 | 119.95 | 1.08 | -0.19  | 4.19 | 2.57 | 0.77 |

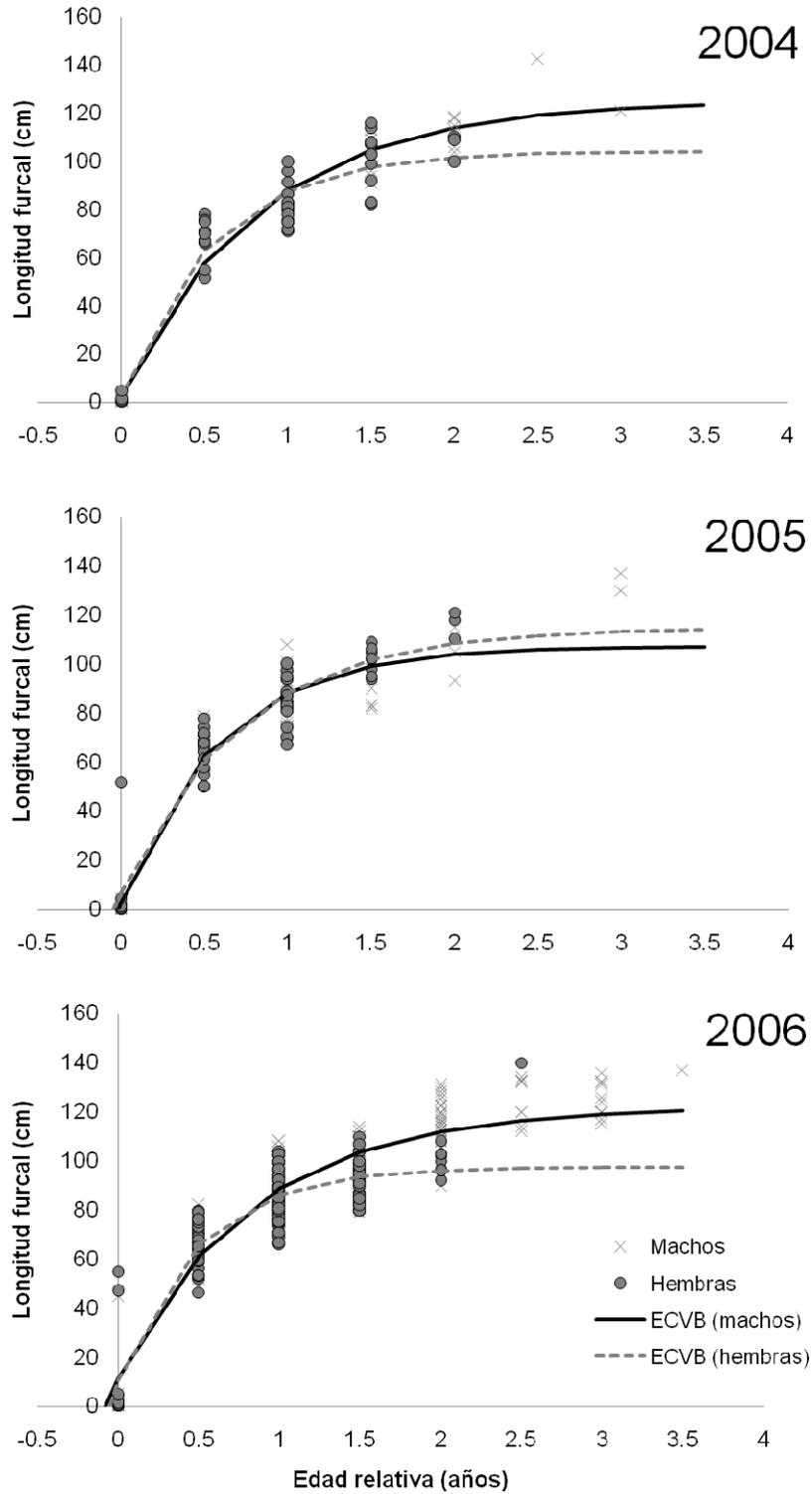


Figura 58. Representación del modelo de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy para machos y hembras del dorado *Coryphaena hippurus*, durante el periodo de estudio.

Tabla 35. Resultados de la prueba  $T^2$  de Hotelling para hembras y machos del dorado *Coryphaena hippurus* durante los años 2004, 2005 y 2006.

| <b>Hembras</b> | <b>n</b> | <b>n</b> | <b><math>T^2</math></b> | <b><math>T_0^2</math></b> |
|----------------|----------|----------|-------------------------|---------------------------|
| 2004 - 2005    | 52       | 54       | 13700.14                | 8.23                      |
| 2004 - 2006    | 52       | 175      | 70228.72                | 8.00                      |
| 2005 - 2006    | 54       | 175      | 135858                  | 8.00                      |
| <b>Machos</b>  |          |          |                         |                           |
| 2004 - 2005    | 29       | 58       | 22958                   | 8.33                      |
| 2004 - 2006    | 29       | 189      | 30421.36                | 8.01                      |
| 2005 - 2006    | 58       | 189      | 125258.5                | 7.99                      |

**Si  $T^2 > T_0^2$  = Diferencias significativas**

#### XI. 4. Tasas de crecimiento relativo individual en longitud y peso por año

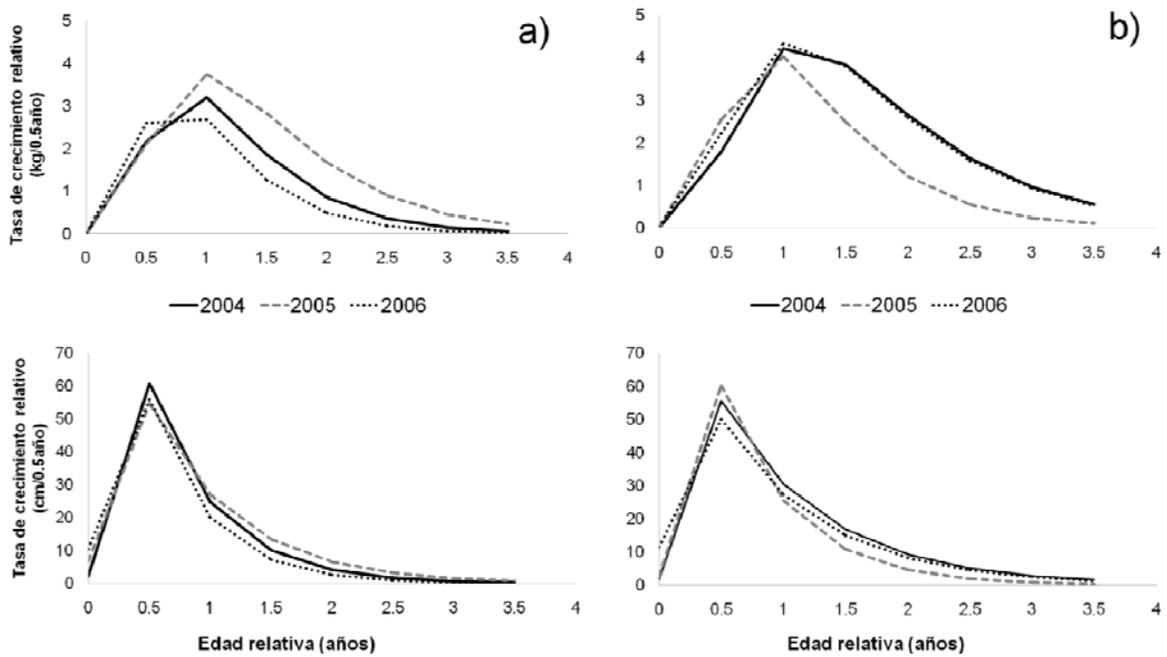


Figura 59. Tasa de crecimiento relativo en peso (kg/0.5 año) y en longitud (cm/0.5 año) para hembras (a) y machos (b) del dorado *Coryphaena hippurus* durante el periodo de estudio.

Tabla 36. Tasas de crecimiento estimadas en longitud y peso, para las hembras (a) del dorado *Coryphaena hippurus* durante los 3 años.

| <b>Edad (años)</b> | <b>Lf (cm) estimada (2004)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> | <b>Lf (cm) estimada (2005)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> | <b>Lf (cm) estimada (2006)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> |
|--------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|
| <b>0.0</b>         | 2.11                           | 60.84                                     | 6.73                           | 54.75                                     | 10.43                          | 56.03                                     |
| <b>0.5</b>         | 62.95                          | 24.66                                     | 61.48                          | 27.00                                     | 66.46                          | 20.01                                     |
| <b>1.0</b>         | 87.61                          | 10.00                                     | 88.48                          | 13.32                                     | 86.46                          | 7.14                                      |
| <b>1.5</b>         | 97.61                          | 4.05                                      | 101.80                         | 6.57                                      | 93.61                          | 2.55                                      |
| <b>2.0</b>         | 101.66                         | 1.64                                      | 108.37                         | 3.24                                      | 96.16                          | 0.91                                      |
| <b>2.5</b>         | 103.30                         | 0.67                                      | 111.60                         | 1.60                                      | 97.07                          | 0.33                                      |
| <b>3.0</b>         | 103.97                         | 0.27                                      | 113.20                         | 0.79                                      | 97.39                          | 0.12                                      |
| <b>3.5</b>         | 104.24                         |   | 113.99                         |   | 97.51                          |   |
| <b>Edad (años)</b> | <b>Pt (kg) estimada (2004)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> | <b>Pt (kg) estimada (2005)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> | <b>Pt (kg) estimada (2004)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> |
| <b>0.0</b>         | 0.00                           | 2.17                                      | 0.00                           | 2.11                                      | 0.02                           | 2.60                                      |
| <b>0.5</b>         | 2.17                           | 3.21                                      | 2.12                           | 3.76                                      | 2.62                           | 2.69                                      |
| <b>1.0</b>         | 5.38                           | 1.86                                      | 5.87                           | 2.83                                      | 5.31                           | 1.26                                      |
| <b>1.5</b>         | 7.24                           | 0.85                                      | 8.70                           | 1.67                                      | 6.58                           | 0.49                                      |
| <b>2.0</b>         | 8.09                           | 0.36                                      | 10.37                          | 0.89                                      | 7.07                           | 0.18                                      |
| <b>2.5</b>         | 8.46                           | 0.15                                      | 11.26                          | 0.46                                      | 7.25                           | 0.07                                      |
| <b>3.0</b>         | 8.61                           | 0.06                                      | 11.72                          | 0.23                                      | 7.31                           | 0.02                                      |
| <b>3.5</b>         | 8.67                           |   | 11.95                          |   | 7.34                           |   |

Tabla 37. Tasas de crecimiento estimadas en longitud y peso, para los machos (b) del dorado *Coryphaena hippurus* durante los 3 años.

| <b>Edad (años)</b> | <b>Lf (cm) estimada (2004)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> | <b>Lf (cm) estimada (2005)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> | <b>Lf (cm) estimada (2006)</b> | <b>Tasa de crecimiento (cm / 0.5 año)</b> |
|--------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|
| <b>0.0</b>         | 1.81                           | 55.62                                     | 2.61                           | 60.31                                     | 11.35                          | 50.02                                     |
| <b>0.5</b>         | 57.43                          | 30.57                                     | 62.93                          | 25.59                                     | 61.37                          | 27.40                                     |
| <b>1.0</b>         | 88.00                          | 16.80                                     | 88.52                          | 10.86                                     | 88.77                          | 15.00                                     |
| <b>1.5</b>         | 104.80                         | 9.23                                      | 99.38                          | 4.61                                      | 103.77                         | 8.22                                      |
| <b>2.0</b>         | 114.03                         | 5.08                                      | 103.99                         | 1.96                                      | 111.99                         | 4.50                                      |
| <b>2.5</b>         | 119.11                         | 2.79                                      | 105.95                         | 0.83                                      | 116.49                         | 2.46                                      |
| <b>3.0</b>         | 121.90                         | 1.53                                      | 106.78                         | 0.35                                      | 118.95                         | 1.35                                      |
| <b>3.5</b>         | 123.43                         |   | 107.13                         |   | 120.30                         |   |
| <b>Edad (años)</b> | <b>Pt (kg) estimada (2004)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> | <b>Pt (kg) estimada (2005)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> | <b>Pt (kg) estimada (2005)</b> | <b>Tasa de crecimiento (kg / 0.5 año)</b> |
| <b>0.0</b>         | 0.00                           | 1.79                                      | 0.00                           | 2.56                                      | 0.02                           | 2.23                                      |
| <b>0.5</b>         | 1.79                           | 4.21                                      | 2.56                           | 4.02                                      | 2.24                           | 4.35                                      |
| <b>1.0</b>         | 6.00                           | 3.85                                      | 6.58                           | 2.49                                      | 6.59                           | 3.81                                      |
| <b>1.5</b>         | 9.85                           | 2.66                                      | 9.07                           | 1.21                                      | 10.40                          | 2.59                                      |
| <b>2.0</b>         | 12.51                          | 1.64                                      | 10.28                          | 0.54                                      | 12.99                          | 1.58                                      |
| <b>2.5</b>         | 14.15                          | 0.96                                      | 10.83                          | 0.24                                      | 14.57                          | 0.92                                      |
| <b>3.0</b>         | 15.11                          | 0.54                                      | 11.06                          | 0.10                                      | 15.49                          | 0.52                                      |
| <b>3.5</b>         | 15.66                          |   | 11.17                          |   | 16.01                          |   |

## XI.5. Mortalidad total (Z) (curva de captura linealizada – frecuencias relativas)

Tabla 38. Puntos utilizados para la obtención de la mortalidad total (Z) mediante la curva de captura linealizada de las hembras, machos y el total en las frecuencias relativas de 100, 1000 y 10000.

|         | Frecuencia relativa | Puntos seleccionados (grupos de edad) | r <sup>2</sup> | Z    |
|---------|---------------------|---------------------------------------|----------------|------|
| Machos  | 100                 | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.98           | 1.33 |
| Hembras |                     | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.90           | 2.03 |
| total   |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.98           | 2.99 |
| Machos  | 1000                | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.96           | 2.48 |
| Hembras |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.98           | 2.68 |
| total   |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.98           | 2.99 |
| Machos  | 10000               | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.96           | 2.48 |
| Hembras |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.98           | 2.68 |
| total   |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.98           | 2.99 |

Tabla 39. Puntos utilizados para la obtención de la mortalidad total (Z) mediante la curva de captura linealizada de los años 2004, 2005 y 2006 en las frecuencias relativas de 100, 1000 y 10000.

|      | Frecuencia relativa | Puntos seleccionados (grupos de edad) | r <sup>2</sup> | Z    |
|------|---------------------|---------------------------------------|----------------|------|
| 2004 | 100                 | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.75           | 0.74 |
| 2005 |                     | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.96           | 1.81 |
| 2006 |                     | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.89           | 2.00 |
| 2004 | 1000                | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.92           | 2.94 |
| 2005 |                     | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.96           | 1.81 |
| 2006 |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.99           | 2.81 |
| 2004 | 10000               | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.92           | 2.94 |
| 2005 |                     | 1.0, 1.5, 2.0                         | 0.96           | 1.81 |
| 2006 |                     | 1.5, 2.0, 2.5                         | 0.99           | 2.81 |