

INFORME FINAL

PROYECTO N° 2000- 23

ESTUDIO BIOLÓGICO DE TIBURONES (MARRAJO DENTADO, AZULEJO Y TIBURÓN SARDINERO) EN LA ZONA NORTE Y CENTRAL DE CHILE.

INSTITUCION EJECUTORA

Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte – Sede Coquimbo.

INSTITUCION SUBCONTRATADA:

Departamento de Acuicultura, Facultad de Recursos del Mar, Universidad de Antofagasta

Coquimbo, Diciembre 2001.

INFORME FINAL

PROYECTO N° 2000- 23

ESTUDIO BIOLÓGICO DE TIBURONES (MARRAJO DENTADO, AZULEJO Y TIBURÓN SARDINERO) EN LA ZONA NORTE Y CENTRAL DE CHILE.

INSTITUCION EJECUTORA

Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte – Sede Coquimbo.

INSTITUCION SUBCONTRATADA:

Departamento de Acuicultura, Facultad de Recursos del Mar, Universidad de Antofagasta

Coquimbo, Diciembre 2001.

EQUIPO PROFESIONAL Y TECNICO

Nombre	Título/Grado	Función en el Proyecto
PROFESIONALES		
Enzo Acuña	M.Sc. Oceanógrafo Méd. Veterinario	Jefe de Proyecto. Coordinación, control y recepción de información. Análisis y elaboración de informes.
Luis Cid	Ph. D. Estadística	Análisis estadísticos.
Eduardo Pérez	Maestro en Ciencias	Estimación de crecimiento. Medidas somatométricas.
Ismael Kong	M.Cs. Biológicas	Condición reproductiva de las tres especies. Muestreo Biológico. Medidas somatométricas. Subjefe de Proyecto Zona Norte.
Miguel Araya	M.Cs. Biológicas	Muestreo Biológico. Medidas somatométricas. Estimación de edad.
Julio Lamilla	M. Sc. Zoología	Condición reproductiva de las tres especies.
Jessica Peñailillo	Ingeniero Pesquero	Estimación de edad.
PROFESIONALES – TECNICOS		
Ximena Bennett	Biólogo	Control de planillas. Coordinador muestreos a bordo. Digitación de datos. Procesamiento computacional de datos.
Miguel González	Biólogo Marino	Muestreos frecuencias y biológico-específicos. Digitación datos.
J.C. Villarroel	Biólogo Marino	Muestreos frecuencias y biológico-específicos Trabajo a bordo y en tierra IV y V Región.
Herman López	Técnico	Muestreos frecuencias y biológico-específicos Trabajo a bordo y en tierra III Región.
Oscar Barraza	Biólogo Pesquero	Muestreos frecuencias y biológico-específicos Trabajo a bordo y en tierra I Región.

RESUMEN EJECUTIVO

Se entregan los resultados del muestreo biológico de los tiburones azulejo, marrajo y sardinero. Este no comenzó simultáneamente en el área de estudio por tratarse de una pesquería estacional en el caso de embarcaciones artesanales que desarrollan sus operaciones más cercanos a la costa en primavera-verano. El período de muestreo en tierra comenzó en agosto de 2000 y además se realizaron ocho embarques en embarcaciones que operan en alta mar fuera de la ZEE entre noviembre de 2000 y agosto de 2001.

Se midió un total 2.591 tiburones, 2.044 marrajos, 831 azulejos y 76 tiburones sardineros. Tanto el azulejo como el tiburón sardinero son capturados principalmente en áreas oceánicas por la flota palangrera, mientras el marrajo es la especie más costera que es capturada por la flota artesanal. Durante el estudio, las especies desembarcadas en puertos fueron principalmente el marrajo y el tiburón sardinero. Estos son faenados a bordo siendo eviscerados, y llegan a puerto sólo los troncos sin cabeza y sin cola. El azulejo en tanto normalmente es descartado y sólo se traen sus aletas.

Se obtuvieron relaciones morfométricas desde ejemplares completos con el propósito de reconstruir la longitud de los tiburones desembarcados en puertos. El mejor ajuste se obtuvo entre la longitud total y la longitud entre aletas dorsales para las tres especies de tiburones.

La estructura de tallas del azulejo mostró tres modas, una de individuos pequeños (105 cm LT), una de individuos de talla mediana (175 cm LT) y otra de individuos de talla mayor (275 cm LT), con un rango de talla total entre 55 y 315 cm LT. La moda de los ejemplares más grandes se detectó solamente en las capturas de alta mar, mientras que los desembarcados en puertos correspondieron a ejemplares de talla pequeña y mediana. Se observaron cambios temporales en la estructura de tallas, las que fueron atribuidas a los desplazamientos latitudinales de la flota del pez espada. La distribución de frecuencia por sexo mostró un predominio de machos en la zona de alta mar.

El rango de talla observado en el marrajo fluctuó entre 45 y 295 cm LT, apreciándose la presencia de dos modas principales (75 y 125 cm LT). En Caldera y Coquimbo se observó un rango de talla más amplio, con la presencia de ejemplares de mayor talla que aquellos desembarcados entre Iquique y Taltal. Se observaron cambios temporales en la estructura de talla de este tiburón principalmente en la II y la III región.

Los ejemplares de la especie *Lamna nasus* analizados en este estudio fueron capturados fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile entre los 26° y 36°S, zona donde opera la flota palangrera industrial y una nave artesanal de Coquimbo. La distribución de frecuencia total del tiburón sardinero mostró dos grupos modales y un rango total que contuvo especímenes de entre 75 y 245 cm LT. Los tiburones muestreados en alta mar fueron principalmente de talla menor (moda 75 cm LT), los cuales son normalmente descartados, mientras que aquellos desembarcados en Coquimbo, son ejemplares de la moda mayor (175 cm LT).

El examen microscópico de la gónada masculina del azulejo revela una organización de acinos, los cuales contienen espermatozoides en organismos maduros y presentan espermatogonias o espermatocitos en desarrollo en ejemplares en maduración. La gónada femenina en estado en maduración presentó ovocitos en diferentes estados de desarrollo, midiendo de 587,5 a 5.000 um, los de diámetro mayor.

De la experiencia obtenida a bordo se confeccionó una escala macroscópica de madurez sexual para hembras. El 45% del total de hembras de azulejo se encontraron en estado inmaduro, el 17% en maduración, el 22% portó crías y el 16% restante fueron hembras desovadas. Se observó hembras maduras principalmente sobre los 145 cm LT. En los machos, la textura del órgano copulador indicó un mayor porcentaje de especímenes con el cláster duro sobre los 195 cm LT, que se consideró como la talla en la cual los machos empiezan a madurar sexualmente. En esta especie la relación entre la longitud del animal y la longitud del cláster fue poco clara, y por tanto ésta no fue considerada como un buen indicador de madurez sexual.

Se observaron hembras con crías de azulejo en noviembre de 2000 (promedio de 45,2 cm LT) y en el período julio-agosto de 2001, donde se observó un aumento en el tamaño promedio de las

crías desde 42,6 cm LT en julio hasta 45,9 cm LT en agosto. Por lo tanto, el período de parición ocurre principalmente entre agosto y noviembre estimándose la talla de parición en 52 cm LT.

La fecundidad potencial del azulejo se determinó en 33 crías por individuo sobre la base de 23 hembras con crías, cuyo rango osciló entre 3 y 62 crías por individuo. El número promedio de huevos por hembra fue de 402 con rangos de entre 79 y 797 huevos por hembra.

A pesar que se recolectó una gran cantidad de marrajos, éstos correspondieron en su mayoría a individuos sin desarrollo de gónada. Por lo tanto, el examen histológico de las gónadas masculinas de esta especie permitió distinguir un solo estado de madurez denominado Maduro, el que se caracterizó por la presencia de acinos con espermatozoides totalmente desarrollados. En las gónadas femeninas se distinguió un solo estado gonadal denominado en maduración, en el cual se distinguen ovocitos previtelogénicos de talla homogénea y pequeña que fluctúan entre 25 y 80 μm .

La escasa cantidad de ejemplares de tiburón sardinero en su mayoría correspondió a ejemplares pequeños sin desarrollo de gónada, lo cual no permitió realizar el estudio histológico. No obstante, se obtuvieron crías de tres hembras capturadas en julio y agosto de 2001 cuya longitud promedio fue de 73,4 cm LT. La talla de parición se estimó en el rango 72-73 cm LT, por lo tanto, el período de parición ocurre en invierno.

Las radiografías mediante rayos-X fue la técnica que mejores resultados entregó para la observación y lectura de los anillos presentes en las vértebras. Se utilizaron diversos filtros para mejorar la observación. En ellos es posible distinguir los anillos de crecimiento, principalmente el de nacimiento y el primer anillo. Las vértebras del azulejo *P. glauca* presentan una estructura distinta a aquellas del marrajo, lo que hace un poco mas difícil su lectura, pero gracias a los distintos filtros es posible hacer visibles los anillos de crecimiento de esta especie. Se obtuvieron curvas de crecimiento para las tres especies de tiburones explotados por la flota artesanal e industrial nacional.

La información obtenida en las tres especies, permite ajustar una modificación del modelo de von Bertalanffy, el modelo bifásico (Soriano *et al.*, 1992).

Los resultados de las relaciones morfométricas en el azulejo muestran un mejor ajuste entre la longitud inter aletas dorsales y la longitud total para los machos, hembras y sexos combinados.

En el marrajo los mejores ajustes fueron encontrados entre la longitud inter aletas dorsales y las longitudes total y horquilla.

El mejor ajuste para el tiburón sardinero también fue obtenido entre la longitud inter aletas dorsales y la longitud total. No se encontraron datos suficientes para apoyar un análisis cuantitativo de las medidas somatométricas.

INDICE GENERAL

Resumen ejecutivo.....	ii
Indice general.....	vi
Indice de tablas.....	viii
Indice de figuras.....	xi
1. Introducción.....	1
2. Objetivo general.....	8
3. Objetivos específicos.....	8
4. Metodología	9
4.1. Objetivo específico 3.1.....	9
a) Muestreo.....	9
b) Caracterización de los estados de madurez sexual.....	12
c) Períodos de gestación y parición.....	14
d) Proporción de ejemplares maduros y fecundidad potencial.....	15
e) Tamaños mínimos de reproducción individual y poblacional.....	15
4.2. Objetivo específico 3.2.....	18
a) Métodos de muestreo.....	18
b) Observación y lectura de vértebras.....	18
c) Precisión	23
d) Ajuste de una curva de crecimiento.....	24
4.3. Objetivo específico 3.3.....	30
5. Resultados	32
5.1. Objetivo específico 3.1.....	32
a) Muestreo.....	32
b) Caracterización de los estados de madurez sexual.....	50
c) Períodos de gestación y parición.....	65
d) Proporción de ejemplares maduros y fecundidad potencial.....	68
e) Tamaños mínimos de reproducción individual y poblacional.....	71

4.2. Objetivo específico 3.2.....	73
4.3. Objetivo específico 3.3.....	87
6. Discusión.....	98
7. Conclusiones	106
8. Bibliografía	107

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de la pesquería artesanal de tiburones en la zona centro-norte de Chile.	3
Tabla 2. Desembarque en toneladas de marrajo (<i>Isurus oxyrinchus</i>) en la zona centro-norte de Chile. A.I.= Aguas internacionales. Fuente: Anuario estadístico del Servicio Nacional de Pesca.	3
Tabla 3. Desembarque del azulejo (<i>Prionace glauca</i>) en la zona centro-norte de Chile. A.I.= Aguas internacionales. Fuente: Anuario Estadístico del Servicio Nacional de Pesca.	4
Tabla 4. Número de ejemplares de las tres especies de tiburones analizados, por sexo y Región durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.	34
Tabla 5. Número de ejemplares de <i>P. glauca</i> obtenidos por sexo, región y mes durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.	35
Tabla 6. Número de ejemplares de <i>I. oxyrinchus</i> obtenido por sexo, región y mes durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.	35
Tabla 7. Número de ejemplares de <i>L. nasus</i> obtenido por sexo y mes en la IV Región, durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.	36
Tabla 8. Longitud total promedio (cm) de las crías de azulejo obtenidas en alta mar durante noviembre de 2000 y julio-agosto de 2001. H = Hembras, M = Machos.	66
Tabla 9. Longitud total promedio (cm) de las crías de tiburón sardinero obtenidas en alta mar en el período julio-agosto de 2001. H = Hembras, M = Machos.	67
Tabla 10. Proporción de hembras maduras de azulejo obtenidas en alta mar durante el período de estudio.	69
Tabla 11. Proporción de machos maduros de azulejo obtenidas en alta mar durante el período de estudio.	70
Tabla 12. Producción relativa de azulejo y tiburón sardinero. Significado de parámetros en metodología.	72
Tabla 13. Número de vértebras por especie y región que fueron radiografiadas y que se encuentran en proceso de lectura.	73
Tabla 14. Longitud total mínima y máxima de las tres especies de tiburones muestreados en el estudio y considerados para efectos de la determinación de la edad.	78

Tabla 15. Índice de error de porcentaje promedio y coeficiente de variación estimado para cada lector y en las tres especies estudiadas	78
Tabla 16. Ajuste estadístico del modelo 1 de Schnute, para el marrajo para ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.	80
Tabla 17. Ajuste estadístico del modelo 4 de Schnute, para el marrajo para ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.	81
Tabla 18. Ajuste estadístico del modelo de von Bertalanffy, para el marrajo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.	81
Tabla 19. Ajuste estadístico del modelo Bifásico, para el marrajo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.	82
Tabla 20. Ajuste estadístico del modelo 1 de Schnute, para el azulejo, ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.	83
Tabla 21. Ajuste estadístico del Modelo 4 de Schnute, para el azulejo, ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.	83
Tabla 22. Ajuste estadístico del modelo de von Bertalanffy, para el azulejo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.	83
Tabla 23. Ajuste estadístico del modelo Bifásico, para el azulejo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.	84
Tabla 24. Ajuste estadístico del Modelo 1 de Schnute, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.	85
Tabla 25. Ajuste estadístico del Modelo 2 de Schnute, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.	85
Tabla 26. Ajuste estadístico del modelo de von Bertalanffy, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.	85
Tabla 27. Ajuste estadístico del modelo Bifásico, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.	86
Tabla 28. Relaciones morfométricas obtenidas del azulejo durante el período de muestreo. LID = Longitud inter aletas dorsales, LEPP = Longitud espacio pectoral-pélvica, LEPA = Longitud espacio pectoral-anal, N = total de datos.	88
Tabla 29. Resumen del análisis de covarianza para las relaciones morfométricas de la especie <i>Prionace glauca</i> . LT: long. Total (cms); LPC: long. Precaudal (cms); DID: distancia entre aletas dorsales (cms); PT: peso total; PE: peso eviscerado; H: hembras; M: machos; Paralelismo: hipótesis de pendientes paralelas; Elevación: hipótesis de	89

interceptos comunes; p: probabilidad de aceptación de la hipótesis de igualdad; r^2 : coeficiente de determinación; N: total de datos; s/i: sin información o información insuficiente para desarrollar el análisis; Pr: primavera; Ve: verano; Ot: otoño; In: invierno.

- Tabla 30. Relaciones morfométricas obtenidas del marrajo durante el período de muestreo. LID = Longitud inter aletas dorsales, LEPP = Longitud espacio pectoral-pélvica, LEPA = Longitud espacio pectoral-anal, N = total de datos. 92
- Tabla 31. Resumen del análisis de covarianza para las relaciones morfométricas de la especie *Isurus oxyrinchus*. LT: long. Total (cms); LPC: long. Precaudal (cms); DID: distancia entre aletas dorsales (cms); PT: peso total; PE: peso eviscerado; H: hembras; M: machos; Paralelismo: hipótesis de pendientes paralelas; Elevación: hipótesis de interceptos comunes; p: probabilidad de aceptación de la hipótesis de igualdad; r^2 : coeficiente de determinación; N: total de datos; s/i: sin información o información insuficiente para desarrollar el análisis; Pr: primavera; Ve: verano; Ot: otoño; In: invierno. 94
- Tabla 32. Relaciones morfométricas obtenidas del tiburón sardinero durante el período de muestreo. LID = Longitud inter aletas dorsales, LEPP = Longitud espacio pectoral-pélvica, LEPA = Longitud espacio pectoral-anal, N = total de datos. 97
- Tabla 33. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy recopilados de la literatura para las tres especies de tiburones estudiados en el presente estudio. 105

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Nomenclatura de las diversas medidas somatométricas registradas en las especies de tiburones objetivo del estudio. (Modificado de Compagno, 1984).	11
Fig. 2.	Medidas que se realizaron en el clasper (órgano copulador) de los machos. LEC= largo exterior del clasper; ABC= ancho de la base del clasper y LIC=largo interior del clasper. (Modificado de Compagno, 1984).	11
Fig. 3.	Vértebras sobre un trozo de película Kodak Industrex M Ready Pack II.	21
Fig. 4.	Nomenclatura utilizada en el trabajo de edad y crecimiento con vértebras. (Modificado de Wintner & Cliff, 1999).	22
Fig. 5.	Distribución de frecuencia de tallas de azulejo total, en alta mar y por puerto de desembarque, sexos combinados.	37
Fig. 6.	Distribución de frecuencia de tallas de azulejos capturados en alta mar durante el Proyecto FIP N° 2000-11 y este estudio, sexos combinados.	38
Fig. 7.	Distribución de frecuencia de talla mensual de azulejo obtenido en la I Región, sexos combinados.	38
Fig. 8.	Distribución de frecuencia de talla mensual de azulejo obtenido en la II Región, sexos combinados.	39
Fig. 9.	Distribución de frecuencia de talla mensual de azulejos capturados en alta mar, sexos combinados.	40
Fig. 10.	Distribución de frecuencia de talla por sexo del azulejo obtenido por puerto de desembarque y en en alta mar.	41
Fig. 11.	Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del azulejo obtenido en alta mar.	41
Fig. 12.	Distribución de frecuencia de tallas de marrajo obtenido por puerto de desembarque y en alta mar, sexos combinados.	42
Fig. 13.	Distribución de frecuencia de tallas de marrajos capturados en alta mar durante el Proyecto FIP N° 2000-11 y este estudio, sexos combinados.	43
Fig. 14.	Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la I Región, sexos combinados.	43
Fig. 15.	Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la II Región, sexos combinados.	44

Fig. 16. Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la III Región, sexos combinados.	45
Fig. 17. Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la IV Región, sexos combinados.	46
Fig. 18. Distribución de frecuencia de talla por sexo del marrajo obtenido por puerto de desembarque, meses combinados.	47
Fig. 19. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del marrajo obtenido en el puerto de Iquique, I Región.	47
Fig. 20. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del marrajo obtenido en el puerto de Taltal, II Región.	48
Fig. 21. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del marrajo obtenido en el puerto de Caldera, III Región.	48
Fig. 22. Distribución de frecuencia de tallas de tiburón sardinero obtenido por puerto de desembarque y en alta mar, sexos combinados.	49
Fig. 23. Distribución de frecuencia de tallas de tiburones sardineros capturados en alta mar durante el Proyecto FIP N° 2000-11 y este estudio, sexos combinados.	50
Fig. 24. Distribución de frecuencia de talla por sexo del tiburón sardinero obtenido en toda el área de estudio.	50
Fig. 25. Estructura interna de un macho inmaduro de azulejo.	51
Fig. 26. Sistema reproductivo de una hembra inmadura de azulejo.	52
Fig. 27. Sección del sistema reproductivo de una hembra desovada de azulejo mostrando el ensanchamiento del útero.	52
Fig. 28. Estructura gonadal masculina de azulejo. oe = órgano epigonal; g = gónada; zg = zona germinativa; zm = zona de maduración.	53
Fig. 29. Zona germinativa del testículo de azulejo. zg = origen de zona germinativa; flecha indica acinos en maduración en la región media del tejido gonadal.	54
Fig. 30. Testículo de azulejo en estado maduro. e = estroma; las flechas indican acinos maduros.	54
Fig. 31. Corte transversal de un acino maduro de azulejo. c = cabeza; f = flagelo; las flechas indican células foliculares.	55

Fig. 32. Testículo de azulejo en estado en maduración. Zona de acinos en aparente regresión. rc = restos celulares; flechas indican acinos “en regresión”.	55
Fig. 33. Estructura de gónada femenina de azulejo. oe = órgano epigonal; g = gónada; o = ovocito.	56
Fig. 34. Ovario de azulejo con ovocitos previtelogénicos en diferentes estados de maduración. e = estroma, oe = órgano epigonal; flechas indican ovocitos previtelogénicos.	56
Fig. 35. Ovocito vitelogénico de azulejo. cf = células foliculares; v = vitelo; e = estroma.	57
Fig. 36. Porcentaje de los estados de madurez sexual a la talla en hembras de azulejo obtenido en alta mar durante el período de estudio.	58
Fig. 37. Porcentaje de la textura del clasper de machos en el azulejo obtenido en alta mar durante el período de estudio.	59
Fig. 38. Relación entre la longitud total (LT) y la longitud del clasper en el azulejo obtenido durante el período de estudio. LEC = longitud exterior del clasper, ABC = ancho de la base del clasper, LIC = longitud interior del clasper.	59
Fig. 39. Estructura interna de una hembra inmadura de marrajo.	60
Fig. 40. Órgano reproductivo de una hembra madura de marrajo.	61
Fig. 41. Órgano reproductivo de un macho inmaduro de marrajo.	61
Fig. 42. Órgano reproductivo de un macho maduro de marrajo.	62
Fig. 43. Estructura gonadal masculina tipo radial del marrajo. A = acinos espermáticos; oe = órgano epigonal; las flechas indican la periferia de los lóbulos.	62
Fig. 44. Testículo de marrajo en estado maduro. c = cabeza; flagelo; las flechas indican células foliculares.	63
Fig. 45. Gónada femenina de marrajo. g = gónada; oe = órgano epigonal; lb = lumen laberíntico.	64
Fig. 46. Gónada femenina de marrajo en estado madurante. op = ovocitos previtelogénicos; e = estroma; la flecha indica vesícula germinativa.	64
Fig. 47. Porcentaje de la textura del clasper de machos en el marrajo obtenido en alta mar durante noviembre de 2000, marzo a mayo de 2001.	65
Fig. 48. Distribución de frecuencia del diámetro de huevos (mm) en los ovarios del azulejo, período mayo-agosto de 2001.	67

Fig. 49.	Diámetro promedio de huevos (mm) en los ovarios del azulejo, período mayo-agosto de 2001.	67
Fig. 50.	Diámetro promedio de huevos (mm) por rango de talla en los ovarios del azulejo, período mayo-agosto de 2001.	68
Fig. 51.	Número promedio de huevos por rango de talla en los ovarios del azulejo, período mayo-agosto de 2001.	71
Fig. 52.	Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un ejemplar de <i>I. oxyrinchus</i> (código 1189). a) foto original. b) foto con contraste c) figura con la aplicación del filtro “emboss”. El ejemplar midió 139,5 cm LT y presenta 5 anillos.	74
Fig. 53.	Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un ejemplar de <i>I. oxyrinchus</i> (código 1108). a) foto original. b) foto con contraste c) con la aplicación del filtro “emboss”. El ejemplar midió 176,2 cm LT y presenta 7 anillos.	75
Fig. 54.	Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un azulejo (código 6013). a) foto original. b) foto con contraste c) con la aplicación del filtro “emboss” y d) con la aplicación del filtro “glowing”. El ejemplar midió 177,1 cm LT y presenta 6 anillos.	76
Fig. 55.	Resultados de la primera lectura realizada por los tres lectores en 57 vértebras de <i>I. oxyrinchus</i> .	77
Fig. 56.	Distribución de frecuencias relativa de la longitud total de las tres especies de tiburones. Línea continua ejemplares muestreados; Línea punteada ejemplares considerados en las lecturas. a) marrajo, b) azulejo y c) sardinero.	79
Fig. 57.	Ajuste del modelo Bifásico a los datos de edad y longitud total para hembras, machos y sexos combinados del marrajo.	82
Fig. 58.	Ajuste del modelo Bifásico a los datos de edad y longitud total para hembras, machos y sexos combinados del azulejo.	84
Fig. 59.	Ajuste del modelo Bifásico a los datos de edad y longitud total para ambos sexos del tiburón sardinero.	86
Fig. 60.	Curvas de crecimiento estimadas para el azulejo (a), marrajo y tiburón sardinero (b). H: hembras, M: machos	104

1. INTRODUCCION

Los peces cartilagosos, Clase Chondrichthyes son el grupo más antiguo sobrevivientes de vertebrados con mandíbula. Son un grupo de gran tamaño y diversidad que incluye aproximadamente entre 900 a 1100 especies de tiburones, rayas y quimeras (Wourms & Demski, 1993). La Subclase dominante corresponde a los Elasmobranchii, que incluye a los tiburones y rayas. Existen alrededor de 375 a 500 especies de tiburones asignados a 8 Ordenes. Los principales Ordenes corresponden a Carcharhiniformes con un 56%, Squaliformes con un 23%, Orectolobiformes con un 8% y Lamniformes con un 4% (Compagno, 1990).

Las pesquerías de elasmobranquios no han aumentado en la misma forma que otras pesquerías mundiales, siendo el bajo valor de mercado de estos peces y su relativamente baja abundancia algunas razones para explicar lo anterior. Excepciones a lo anterior son las pesquerías deportivas que pueden ser de considerable valor económico; algunas especies con demanda gastronómica reciente (ej. El mako *Isurus oxyrinchus*, en USA) o aquellas especies que son capturadas sólo por sus dientes y mandíbulas como el tiburón blanco *Carcharodon carcharias* (Bonfil, 1994). El único producto de elasmobranquios de alto valor es la aleta para sopas orientales, una commodity que ha tenido un considerable aumento en demanda. Las pesquerías de elasmobranquios como tales han tenido bajos niveles de producción en comparación con las de teleósteos; los productos han sido generalmente de menor valor, aunque un número significativo son capturados como fauna acompañante (bycatch) en otras pesquerías, como la de atunes y pez espada (Buencuerpo *et al.*, 1998; Francis *et al.*, 2001; Acuña *et al.*, *in litteris*). En los pocos casos en que las pesquerías han apuntado a especies de alto valor, los stocks a menudo han colapsado antes que se implementara un manejo para ellas. Las mayores dificultades que enfrentan los investigadores y administradores intentando evaluar y manejar las poblaciones de tiburones y rayas son la falta de información de calidad, herramientas de manejo y voluntad política (Camhi *et al.*, 1998).

Existe poca investigación independiente de las pesquerías, la mortalidad por pesca no se calcula y monitorea adecuadamente porque en la mayoría de las pesquerías no se identifica y registra sus desembarques o bycatch y éstos pueden ocurrir a una gran distancia de la fuente de captura. Finalmente, en general la biología de los elasmobranquios es poco entendida y pocos modelos de

manejo disponibles consideran este aspecto y el estado del conocimiento de los condriktios (Camhi *et al.*, 1998). Los tiburones como grupo, tienden a tener un crecimiento lento, edad tardía de maduración y baja fecundidad. Como consecuencia de estas características de historia de vida, su reclutamiento es directamente dependiente del tamaño del stock (Holden, 1974), lo que determina que probablemente no sean capaces de recuperarse rápidamente de una sobrexplotación. En consecuencia un manejo apropiado de estos peces, a nivel específico, requiere información específica sobre la edad y el crecimiento (Natanson *et al.*, 1995).

Los estudios de edad y crecimiento en los tiburones grandes es difícil porque muchas especies son altamente migratorias, lo que influye en una disponibilidad por cortos períodos estacionales, y además diferentes integrantes de la población se segregan espacialmente por talla y sexo (Hoenig & Gruber, 1990).

Recientemente en los Estados Unidos, se publicó un plan destinado a la protección de 39 especies de tiburones. Este plan de gestión de la pesca plantea como objetivo fundamental reducir la pesca comercial y recreativa de tiburones, mediante un sistema de cuotas y de licencias obligatorias y prohíbe la práctica de arrancar sólo las aletas y arrojar los tiburones mutilados al océano (NOAA, 1999).

En nuestro país, la pesca de tiburones corresponde sólo a capturas incidentales (bycatch) en la flota industrial de palangre que opera en aguas internacionales entre el paralelo 25 y 35°S, cuyo puerto base de operaciones es Coquimbo y sólo la flota artesanal realiza pesca objetivo de especies de tiburones. En la Tabla 1, se muestran las características de la pesquería en las primeras cinco regiones de Chile. El número de pescadores asociado a la pesquería se encuentra en el rango entre 15 y 60 dependiendo de la región, las especies objetivos son el marrajo (*Isurus oxirynchus*), el azulejo (*Prionace glauca*) y el tollo (*Mustelus mento*) y la temporada de mayor captura ocurre en los meses de primavera y verano.

Tabla 1. Características de la pesquería artesanal de tiburones en la zona centro-norte de Chile.

INDICADORES / REGION	I	II	III	IV	V
N° Pescadores	111	45	20	(*)	9
N° Embarcaciones	37	15	60	(*)	27
Especies Objetivo	Marrajo Tollo Azulejo	Marrajo Tollo Azulejo	Marrajo Tollo Azulejo	Marrajo Tollo Azulejo	Marrajo Tollo Azulejo
Estacionalidad	Octubre- Marzo	Noviembre- Marzo	Noviembre- Abril	Febrero - Marzo	Febrero - Marzo
Caleta principal	Iquique	Tocopilla Antofagasta	Caldera Chañaral	Coquimbo Los Vilos	Valparaíso San Antonio

(*) en la IV región se registran desembarques, pero no existen antecedentes sobre una flota o pescadores cuyo recurso objetivo sean los tiburones.

En la Tabla 2, se muestran los desembarques de Marrajo en el período 1992 -1998. Se observa que las capturas como pesca incidental (bycatch) de la flota palangrera de Pez Espada decrecieron entre 1992 a 1995 y luego aumentaron progresivamente en el trienio 1996 -1998. En el caso de la pesca artesanal el desembarque de esta especie disminuyó progresivamente entre 1992 – 1996, para luego presentar un aumento de las capturas entre 1997 -1998.

Tabla 2. Desembarque en toneladas de marrajo (*Isurus oxirynchus*) en la zona centro-norte de Chile. A.I.= Aguas internacionales. Fuente: Anuario estadístico del Servicio Nacional de Pesca.

Año/Región	I	II	III	IV	V	Total
1992	158	171	110	24	180	702
1993	97	73	64	25	127	581 (AI:190)
1994	19	90	105	56	69	450 (AI:108)
1995	24	131	104	24	120	475 (AI:68)
1996	44	27	66	12	69	320 (AI:93)
1997	199	134	247	50	98	888 (AI:139)
1998	26	87	261	51	238	822 (AI:159)
1999	15	42	81	11	86	379 (AI:139)
2000						

En el caso del Azulejo, su desembarque ha disminuido progresivamente durante todo el período analizado, tanto en la flota industrial como artesanal, con un aumento puntual en 1997 en ésta última (Tabla 3).

Debido a la carencia de información de la biología pesquera de estas especies no es posible fundamentar las causas y las variables que condicionan la dinámica del desembarque de la pesca incidental de la flota palangrera y de la pesca dirigida hacia el marrajo y azulejo por la flota artesanal.

Tabla 3. Desembarque del azulejo (*Prionace glauca*) en la zona centro-norte de Chile. A.I.= Aguas internacionales. Fuente: Anuario Estadístico del Servicio Nacional de Pesca.

Año/Región	I	II	III	IV	V	Total
1992	11	9	6	-	149	175
1993	16	20	-	15	77	237 (AI:109)
1994	-	12	10	-	11	33
1995	-	8	6	-	24	39 (AI:1)
1996	4	3	4	-	-	11
1997	92	12	-	5	-	114 (AI:5)
1998	-	8	-	1	-	10 (AI:1)
1999	5	1	-	-	1	7
2000						

La bibliografía disponible sobre las especies en estudio es relativamente escasa y corresponde a áreas geográficas principalmente del Océano Atlántico y Pacífico Norte, aunque al menos existe un resumen que incluye la edad a la madurez (años), el tamaño (al nacimiento, madurez y máximo), longevidad, tamaño de la camada, duración de la gestación, distribución e información del hábitat para esas áreas (Camhi *et al.*, 1998). Compagno (1984) hace una recopilación completa de toda la información de distribución, hábitos, reproducción, crecimiento que incluye a las tres especies en estudio, actualizada a ese año, donde señala su presencia en aguas chilenas. Con respecto a la reproducción de los tiburones, Wourms (1977) describe todos los tipos y características específicas de la reproducción de los elasmobranquios. En ese sentido la mayor parte de los estudios posteriores se basan en forma importante en estos dos últimos trabajos, salvo en aspectos específicos como la edad y el crecimiento, donde la literatura es mucho más reciente.

***Isurus oxirynchus* Rafinesque, 1809**

En relación a la historia de vida de los tiburones descritos, el Marrajo es una especie que pertenece a la familia Lamnidae, que está constituida por 3 géneros y 5 especies (*Carcharodon carcharias*, *Isurus paucus* e *I. oxirynchus*; *Lamna nasus* y *L. ditropis*). La distribución de estas especies ocurre desde aguas tropicales a aguas frías, litorales y epipelágicas (Compagno, 1984). En el caso de la especie *Isurus oxirynchus*, ésta es litoral y epipelágica y se ha registrado que su ocurrencia más frecuente es en masas de agua cercanas a los 16°C. La reproducción es ovovivípara, con registro de canibalismo y con un número de crías por camada entre 4 y 16.

Su alimentación es sobre peces pelágicos pequeños (jureles, sardinas, anchovetas), grandes pelágicos (pez espada y otros tiburones; Compagno, 1984). Es fauna acompañante de la pesquería del pez espada en la costa del Atlántico norte y el Mediterráneo, su incidencia es significativa en relación a otras especies como *Alopias vulpinus*, representando el 12% de la fauna acompañante en la temporada de pesca entre 1991-1992 (Buencuerpo *et al.*, 1998).

La madurez reproductiva ha sido descrita en el rango 195-284 cm y las hembras maduran en el rango entre 280-394 cm. El tamaño de nacimiento se ha registrado entre 60 - 70 cm (Stevens, 1983).

La edad de madurez sexual para machos ha sido estimada entre 2- 3 años (Pratt & Casey, 1983), menor a la estimación para *Lamna nasus*, que es de 5 años (Paust & Smith, 1986) y para *Carcharodon carcharias* en el rango de edad entre 8-10 años (Wintner & Cliff, 1999). La edad de madurez sexual en el caso de las hembras se ha estimado en 7 años (Pratt & Casey, 1983) menor a la estimada para *L. nasus* de 9-10 años (Paust & Smith, 1986) y para *C. carcharias* de 12-13 años (Wintner & Cliff, 1999).

El coeficiente de crecimiento (K) está en el rango de 0,203-0,266 (Pratt & Casey, 1983), y es superior en relación con el estimado para *Lamna nasus* de 0,116 (Aasen, 1963) y para *Carcharodon carcharias* de 0,065 (Wintner & Cliff, 1999).

***Lamna nasus* (Bonnaterre, 1788)**

La especie *Lamna nasus* de nombre vernacular Tiburón Sardinero, pertenece a la familia Lamnidae como se señalara, y a pesar de su presencia en aguas chilenas (Compagno, 1984) no aparece registrada en las estadísticas de desembarques pesqueros recopiladas en los Anuarios de Pesca que publica el Servicio Nacional de Pesca, y por lo tanto se desconoce su importancia pesquera.

La especie es de hábitos litorales y epipelágicos y se ha registrado que su ocurrencia más frecuente es en masas de agua cercanas a los 18°C y no ocurre en aguas ecuatoriales. Tiene reproducción ovovivípara, con registro de canibalismo y con un número de crías por camada entre 1 a 5, habiéndose estimado su período de gestación en 8 meses (Compagno, 1984).

La edad de madurez sexual para machos ha sido estimada en 5 años (Paust & Smith, 1986) mayor a la estimada para *I. oxirynchus* estimada por Pratt & Casey (1983) y menor a la estimada para *C. carcharias* por Wintner & Cliff (1999). La edad de madurez sexual en el caso de las hembras se ha estimado entre 9-10 años (Paust & Smith, 1986), mayor a la estimada para *I. oxirynchus* por Pratt & Casey (1983) y menor a la estimada para *C. carcharias* (Wintner & Cliff, 1999).

El coeficiente de crecimiento (K) es de 0,116 (Aasen, 1963) menor al estimado para *I. oxirynchus* (Pratt & Casey, 1983) y es superior en relación con el estimado para *C. carcharias* (Wintner & Cliff, 1999).

***Prionace glauca* (Linnaeus, 1758)**

En el caso del Azulejo (*Prionace glauca*), esta especie pertenece a la familia Carcharrinidae que está constituida por 12 géneros y 53 especies. La mayoría de estas especies ocurre en aguas tropicales en área costeras y oceánicas. Una minoría ocurre en aguas templadas, siendo una de ellas *P. glauca*, que muestra la mayor distribución de los elasmobranquios. Con excepción de los tiburones tigres (*Galeocerdo cuvier*) de reproducción ovovivípara, todas las especies de esta familia son vivíparas (Compagno, 1984).

En términos específicos, *P. glauca* es una especie de amplio rango de distribución oceánico-epipelágica. Se ha registrado que esta especie se asocia a masas de agua en el rango de 7-16°C de temperatura. En el Pacífico muestra gran abundancia entre los 20° - 50° N y específicamente migra hacia el noroeste en el verano y al suroeste en el invierno. En la latitud tropical su distribución es homogénea durante todo el año. Existe segregación sexual según la latitud, siendo las hembras más abundantes en latitudes altas (Compagno, 1984).

La estrategia reproductiva de la especie es vivípara con un número de crías entre 4 a 135 por camada (Compagno, 1984), con un promedio de 40 (Camhi *et al.*, 1998). El período de gestación es de entre 9 a 12 meses. Las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 4-5 años (Compagno, 1984).

Consecuente con lo planteado en los Términos Técnicos de Referencia, este proyecto tiene por objeto proveer información actualizada y oportuna sobre las características biológicas relevantes de las principales especies de tiburones objeto de pesca en Chile, con el fin de contribuir mejor al conocimiento del ciclo vital de las mismas y cooperar así para hacer un manejo más racional de esta delicada pesquería.

2. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio biológico de marrajo dentado (*Isurus oxyrinchus*), azulejo (*Prionace glauca*) y tiburón sardinero (*Lamna nasus*), en la zona norte y central de Chile.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.1. Determinar y caracterizar el ciclo reproductivo de las especies de tiburones en estudio.
- 3.2. Desarrollar y aplicar un método para asignar edades y estimar las relaciones edad – talla por sexos y sexos combinados de las especies de tiburones en estudio.
- 3.3. Determinar las relaciones somatométricas para períodos estacionales y anual por sexos y sexos combinados de las especies de tiburones en estudio.

4. METODOLOGIA

4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.1: DETERMINAR Y CARACTERIZAR EL CICLO REPRODUCTIVO DE LAS ESPECIES DE TIBURONES.

a) Muestreo.

La zona de estudio cubrió el área entre la I a V Regiones, con información proveniente del desembarque de embarcaciones artesanales en las caletas de Iquique, Mejillones, Taltal, Caldera, Coquimbo y Valparaíso, y de la flota palangrera con puerto base en Coquimbo, IV región. De esta manera se registró información de la fracción presente en la zona de distribución oceánica y costera de las especies objetivos de este proyecto.

El muestreo biológico para establecer el ciclo de vida de las especies de tiburón objetivo consistió en la recolección mensual de especímenes de cada especie, en el rango geográfico establecido. Para este objeto y con la información ad-hoc que fue recopilada antes del inicio del proyecto se calculó el tamaño de muestra para un muestreo completamente aleatorio de acuerdo a:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2} \quad (1)$$

donde Z^2 corresponde al nivel de confianza, con un 95% de confianza este valor corresponde a $1,96^2$ y con un 90% de confianza a $1,645^2$. El valor de E^2 corresponde al cuadrado del error admisible.

El estimador de la varianza de la población se puede obtener de la fórmula, aunque si se tienen suficientes datos ésta se puede estimar directamente de la fórmula de la varianza muestral S^2 como:

$$S^2 = \frac{(\text{máx} - \text{mín})^2}{16} \quad (2)$$

donde máx = talla máxima de los especímenes medidos; mín = talla mínima de los ejemplares medidos y 16 corresponde a las 4 desviaciones standard al cuadrado, lo que permite un nivel de confianza al 95%.

Para cumplir con el muestreo biológico, los especímenes de cada especie fueron eviscerados y los ovarios y testículos fijados en formaldehído al 10% y luego transferidos a alcohol al 40%. Los ovarios fueron pesados con una precisión de 0,01 g, previamente a su fijación.

Inicialmente se había propuesto realizar un mayor número de medidas morfométricas, no obstante durante el transcurso del estudio se decidió dejar sólo algunas de ellas, mostradas en el esquema de la Figura 1. La razón para haber tomado esta decisión fue el estado en el cual son desembarcados los ejemplares, esto es sin cabeza ni cola, con lo cual se hace imposible el registrar la mayoría de las medidas. Además, el gran número de medidas que se debían tomar a bordo interfiere con la faena de pesca, considerando que además se debió realizar el muestreo de las estructuras reproductivas y vértebras, lo cual no se pudo hacer por contar sólo con la presencia de un muestreador a bordo debido a la capacidad y disponibilidad de acomodaciones en las embarcaciones. Todas las medidas fueron registradas con una huincha de precisión 0,1 cm. En el caso específico de los machos se midió el largo del pterigodio o clasper (órgano copulador) desde la cloaca hasta su zona distal (Fig. 2). En el caso de las hembras preñadas con crías, éstas fueron contadas y sexadas, dependiendo del estado de desarrollo y medidas en su longitud total (LT) con una huincha de precisión 0,1 cm.

El muestreo biológico antes señalado y que permite establecer el ciclo de vida de las especies de tiburón objetivo tuvo un diseño doble: en el mar y en tierra. Teniendo en cuenta que se trata de especies objeto de pesca comercial, que los ejemplares generalmente son faenados a bordo, esto es eviscerados y seccionados, y la dificultad de embarque en lanchas artesanales, se realizaron embarques selectivos de técnicos del Proyecto en naves de la flota palangrera, con el objeto de tener antecedentes de las mediciones en ejemplares enteros como también para obtener el peso total y eviscerado. Posteriormente, se registró la longitud y peso total de los ejemplares y las vísceras fueron recolectadas en bolsas plásticas numeradas, para análisis posterior en el laboratorio. También se realizaron mediciones en los troncos, sin cabeza y cola, que se

desembarcan para establecer las relaciones somatométricas correspondientes. Detalles en el Objetivo 2.3. más adelante.

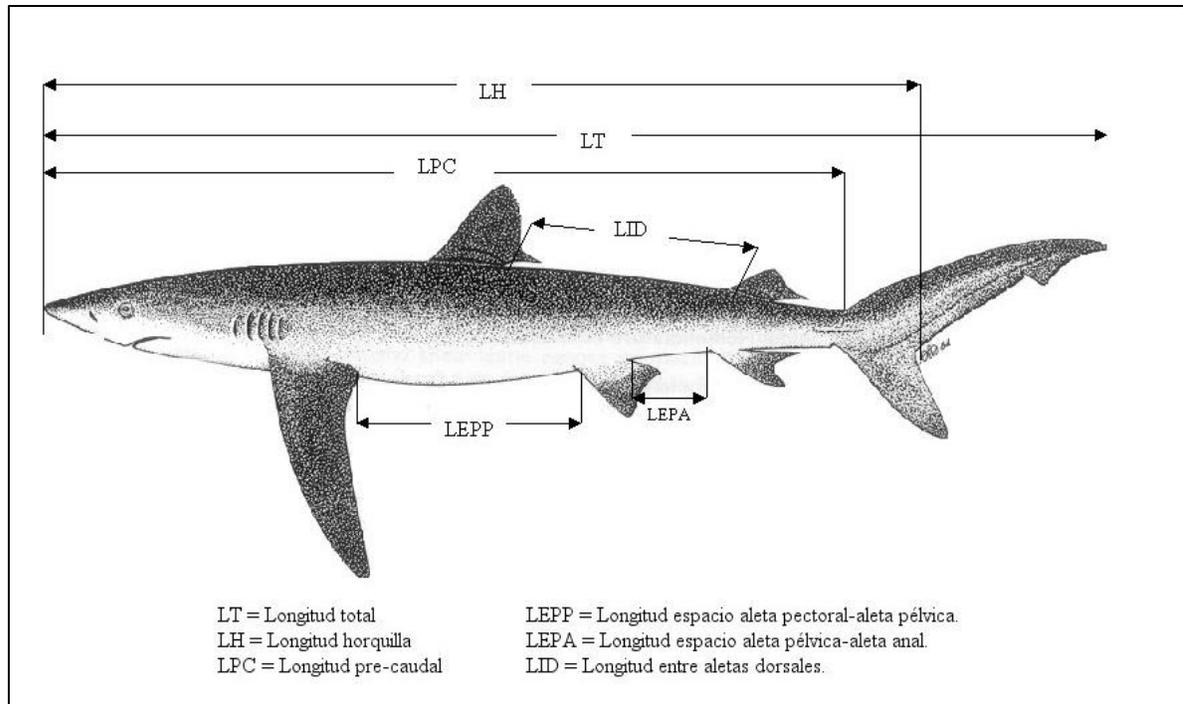


Fig. 1. Nomenclatura de las diversas medidas somatométricas registradas en las especies de tiburones objetivo del estudio. (Modificado de Compagno, 1984)

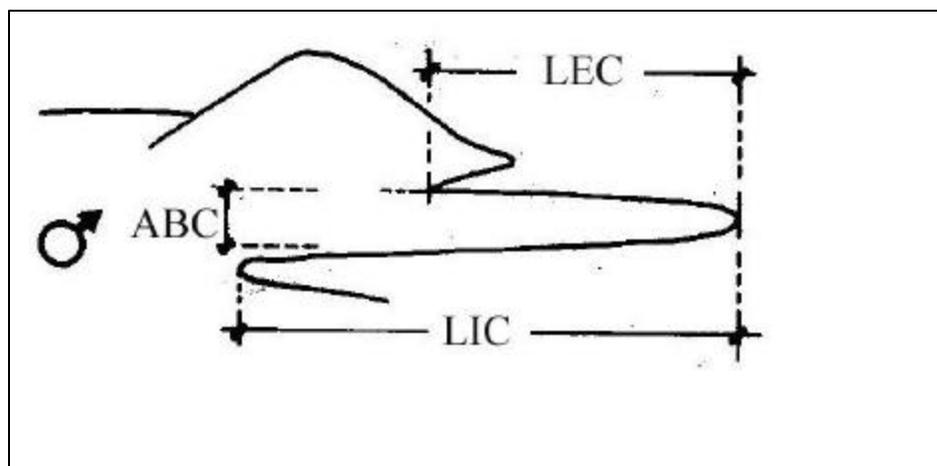


Fig. 2. Medidas que se realizaron en el clasper (órgano copulador) de los machos. LEC= largo exterior del clasper; ABC= ancho de la base del clasper y LIC=largo interior del clasper. (Modificado de Compagno, 1984).

b) Caracterización de los estados de madurez sexual

La caracterización de los estados de madurez sexual se determinó de acuerdo a los siguientes aspectos:

- características morfológicas externas del sistema reproductor (contextura y morfología celular del contenido del ovario, desarrollo del órgano copulador del macho, grosor de la pared del útero y su diferenciación con los oviductos)
- presencia o ausencia de material reproductivo (esperma y huevos)
- tamaño del material reproductivo y de los órganos del sistema reproductor (diámetro de huevos, relación del órgano copulador de machos en relación al crecimiento individual).
- Descripción histológica, basada en el estudio de Pratt (1988) quien analizó siete especies de Lamniformes, describiendo tanto la estructura de los testículos como de los ovarios.

Para el estudio reproductivo con métodos histológicos, se extrajeron las gónadas, las que fueron fijadas en formalina al 10% y etiquetadas con los datos correspondientes a cada espécimen: longitud precaudal, peso total vísceras; peso gónadas y fecha de captura. Una vez desembarcadas las gónadas fueron lavadas en el laboratorio con agua corriente para eliminar el exceso de formalina.

Para determinar el estado de madurez reproductiva mediante análisis histológico clásico se tomaron muestras provenientes de una sección transversal de la parte media de las gónadas, las cuales podían ser reconocidas externamente.

El tejido fue fijado en formaldehído al 4% y procesado mediante la técnica histológica usual descrita por Martoja & Martoja-Pierson (1970). Las muestras fueron incluidas en parafina Paraplast, cortadas en secciones de 5 μ m de grosor y teñidas con Hematoxilina- Eosina de Harris.

Para caracterizar la estructura histológica de las gónadas masculinas de tiburón azulejo, se midió el tamaño de tres folículos espermáticos de la zona germinativa con lumen visible y tres folículos maduros de la región opuesta a la zona germinativa. Del mismo modo, en las gónada femenina se

escogió los tres ovocitos más pequeños y los tres más grandes presentes en el corte. Cabe destacar que estas medidas representan una estimación preliminar de su tamaño dado que en los ovocitos de diámetro mayor no se visualizó el núcleo. El núcleo y a veces el nucleolo, se utilizan como referencia del nivel del corte en el ovocito, para asegurar que el diámetro medido corresponda a una sección transversal equivalente entre todos ellos.

El procesamiento de las muestras, análisis histológico de los cortes y fotografía se realizó en el Laboratorio de Histología de la Universidad Católica del Norte, en Coquimbo.

El diámetro promedio ovocitario de cada ovario también fue determinado mediante un micrómetro ocular graduado colocado en una lupa. En esta actividad se midieron aproximadamente 40 ovocitos de la moda más avanzada, calculándose los diámetros promedios para todas las recolecciones en un mes dado y se relacionaron con el proceso de maduración.

Para establecer una época probable de desove, se calcularon las frecuencias numéricas y porcentuales mensuales de ovarios y testículos en los distintos estados de madurez. También se utilizaron las diferencias estacionales en los diámetros promedio de los ovocitos en el tiempo.

Para establecer estados de madurez en machos, los autores Aasen (1966) y Pratt (1979) en la especie *P. glauca* y Joung & Chen (1995) en la especie *Carcharhinus plumbeus*, mostraron que el cambio marcado de la relación entre el largo total del macho y el largo del pterigodio o clasper es un índice de madurez. Estos autores asocian este indicador a características morfológicas que describen la facilidad de rotación del órgano copulador hacia adelante (Clark & von Schmidt, 1965), el nivel de calcificación de este órgano (Springer, 1960) y la presencia de productos sexuales. Con esta información, se pueden establecer estados de madurez, estableciendo que en el rango de variación de las características descritas, la madurez se caracteriza por una marcada inflexión de la curva en términos ascendentes cuando se relaciona el largo total con el largo del pterigodio. Este órgano se calcifica y es de contextura rígida y rota fácilmente hacia adelante (Chen & Mizue, 1973 y Liu *et al.*, 1999).

En el caso de las hembras los estados de madurez se basaron en la escala propuesta por Holden & Raitt (1974) que se caracteriza de la siguiente manera:

- Inmaduro (I): Ovarios pequeños, flácidos y no desarrollados, sin la presencia de huevos en los oviductos.
- En maduración (II): Ovarios y oviductos en desarrollo, con contenido visible de huevos.
- Maduros (III): Ovarios conteniendo grandes y fuertes huevos vitelados
- Maduros y reproductivamente activos (IV): Huevos fertilizados y/o presencia de embriones en el útero.

Esta escala fue la base para establecer los estados de madurez de las especies objetivo, complementando esta información con las características del útero y el diámetro de los huevos de acuerdo a lo planteado por Joung & Chen (1995) y Liu *et al.* (1999). Este último parámetro planteado con el largo de la hembra indica el comienzo del período de madurez (Natanson & Caillet, 1986).

c) Períodos de gestación y parición

La estimación del período de gestación y parición se obtuvo a través de la variación del tamaño de los embriones, utilizando el promedio de talla mensual de la camada por hembra como un indicador de crecimiento de acuerdo a lo propuesto por Natanson & Caillet (1986) y Francis & Stevens (2000). El tamaño al nacimiento se estimó de la comparación del máximo tamaño embrionario y el menor tamaño capturado en natación libre (Liu *et al.*, 1999).

En el período de registro de información para establecer el período de gestación y parición, se asoció la información del peso y características del material celular reproductivo del ovario en las hembras con presencia de embriones, a fin de registrar potenciales períodos de maduración de los ovarios durante el crecimiento de las crías, puesto que el desove del material celular que sería alimentación para los embriones en crecimiento, a fin de caracterizar indirectamente procesos de ovifagia descritos en las especies objetivos de este estudio (Otake & Mizue, 1981; Gilmore *et al.*, 1983; Francis & Stevens, 2000).

d) Proporción de ejemplares maduros y fecundidad potencial

La estimación de la fecundidad, de acuerdo con la naturaleza vivípara sin conexión placentaria de las especies objetivos de este estudio, se estableció de acuerdo a los siguientes criterios:

- Número promedio de embriones por individuo
- Número promedio de huevos en maduración por hembras.

a) Tamaños mínimos de reproducción individual y poblacional

El tamaño de madurez se estimó mediante la frecuencia de longitud total (LT) o longitud horquilla (LH), a la cual el 50% de los machos y hembras se encontraron maduros (Liu *et al.*,1999; Joung & Chen, 1995), según los criterios de estados de maduración establecidos previamente.

Para comparar las estrategias reproductivas de las especies objetivo de este estudio, se estimó el potencial reproductivo y los siguientes parámetros reproductivos en función de la talla de los individuos hembras. Se consideraron 2 tallas de acuerdo a la distribución de tamaños de la población, definiéndose como TL_1 la talla modal de la distribución de la muestra total de la población y TL_2 como la talla más grande de la distribución de frecuencia de la muestra. Paralelamente se estima los pesos respectivos (W_1 y W_2) a través de la ecuación longitud total/peso total, para cada talla descrita. El peso total se registra en el animal eviscerado, con el objeto de eliminar las variaciones del peso total de la masa del cuerpo de la hembra debido a las fluctuaciones del peso del estómago, hígado y útero.

$$(WT = a TL^b) \quad (3)$$

donde TL = longitud total, WT = peso total; a y b = constantes de la relación.

Con los parámetros descritos y de acuerdo a la metodología propuesta por Vooren (1992) se estiman los siguientes indicadores:

En función de la fecundidad uterina:

R_1 = Duración del ciclo reproductivo de la hembra (años)

R_2 = Duración del período reproductivo de la vida, definido como los años entre la primera madurez sexual y el largo infinito estimado de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

El largo infinito al ser una función asintótica y teórica, se reemplazó por la edad máxima que entrega un valor más real sobre la duración del período reproductivo de la vida. La edad máxima se determinó de acuerdo a una ecuación propuesta por Frisk *et al.* (2001), quienes relacionan la talla de primera madurez sexual (T_m) y la talla máxima ($T_{m\acute{a}x}$) de los elasmobranquios como $T_m/T_{m\acute{a}x}=0,38$.

N_1 = Número promedio de embriones por camada

N_2 = Producción anual de crías, definido como:

$$N_2 = N_1 / R_1 \quad (4)$$

N_3 = El número de crías acumulada (progenie) durante el período de actividad reproductiva de la hembra, estructurado como:

$$N_3 = R_2 \cdot N_2 \quad (5)$$

En función de la talla y peso se obtienen los siguientes indicadores:

TL_1 y W_1 = talla y peso de la hembra promedio.

TL_2 y W_2 = talla y peso de la hembra máxima.

TL_3 y W_3 = talla y peso en la primera madurez sexual.

TL_4 y W_4 = talla y peso de los embriones “a término”, es decir antes del nacimiento.

W_5 = peso promedio de la camada definida como:

$$W_5 = W_4 \times N_1 \quad (6)$$

W_6 = peso anual de la producción de juveniles definida como:

$$W_6 = W_4 \times N_2 \quad (7)$$

W_7 = crecimiento durante la fase de vida de actividad reproductiva definida como:

$$W_7 = W_2 - W_3 \quad (8)$$

W_8 = masa acumulada de la progenie definida como:

$$W_8 = R_2 \times W_6 \quad (9)$$

$RW_{(camada)}$ = Producción relativa de la biomasa de la camada por ciclo definida por:

$$RW_{(camada)} = W_5 / W_1 \quad (10)$$

$RW_{(año)}$ = Producción relativa anual de biomasa definida como:

$$RW_{(año)} = W_6 / W_1 \quad (11)$$

$RW_{(nacimiento)}$ = Peso corporal relativo de nacimiento, definido como:

$$RW_{(nacimiento)} = W_4 / W_1 \quad (12)$$

RB_1 = Producción relativa de biomasa durante la fase reproductiva de vida

$$RB_1 = (W_7 + W_8) / W_3 \quad (13)$$

RB₂= Producción relativa de masa corporal durante la fase reproductiva de vida

$$RB_2 = W_7 / W_3 \quad (14)$$

RB₃= Producción relativa de la masa de camada durante la fase reproductiva de la vida

$$RB_3 = W_8 / W_3 \quad (15)$$

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.2: DESARROLLAR Y APLICAR UN MÉTODO PARA ASIGNAR EDADES Y ESTIMAR LAS RELACIONES EDAD-TALLA POR SEXOS Y SEXOS COMBINADOS DE LAS ESPECIES DE TIBURONES EN ESTUDIO.

a) Métodos de Muestreo

El procedimiento de muestreo para la estimación de edad, está basado en la misma estrategia descrita para el Objetivo Específico 3.1 en el punto 4.1.

Las muestras de vértebras se obtienen de la zona precaudal o cervical, por ser la fracción corporal más fácilmente disponible de las especies objetivo de este estudio, en términos operativos tanto en el desembarque como a bordo. Las vértebras han sido utilizadas con éxito en especies como *Prionace glauca* (Stevens, 1975; Cailliet *et al.*, 1983a; Henderson *et al.*, 2001), *Isurus oxyrinchus* (Cailliet *et al.*, 1983a, Pratt & Casey, 1983) y otras como *Alopias superciliosus* (Liu *et al.*, 1998), *Galeorhinus galeus* (Francis & Mulligan, 1998), *Carcharodon carcharias* (Wintner & Cliff, 1999). Las vértebras una vez extraídas se congelan para posteriormente en el laboratorio remover su tejido conectivo y adicionalmente, ser tratadas en una solución al 5% de hipoclorito de sodio por una fracción de tiempo entre 5 - 10 minutos (Wintner & Cliff, 1999).

b) Observación y Lecturas de las Vértebras

La toma de muestra de las vértebras se realiza de acuerdo a la disponibilidad de los ejemplares, ya que diversos autores han utilizado vértebras de la zona cervical (sobre la

cámara branquial) (Natanson *et al.*, 1995) o de la zona caudal (Liu *et al.*, 1998), sin encontrar diferencias con aquellas de la zona bajo la aleta dorsal. Esto es muy conveniente, pues no se interfiere con el procesamiento pesquero de los especímenes, ni es necesario adquirir ejemplares con el propósito de conseguir las vértebras.

La tinción y radiografía de las vértebras de elasmobranquios son dos métodos comúnmente utilizados para mejorar la claridad de las bandas de crecimiento en estas estructuras. El problema que se presenta con la tinción, es que una misma técnica no es válida para las distintas especies, producto de la cantidad y patrón de calcificación Cailliet *et al.* (1983a). Aunque sí se ha determinado que generalmente con el método de las radiografías se consigue una mayor claridad y definición de las bandas (Cailliet *et al.*, 1983a,b; Liu *et al.*, 1998; Wintner & Cliff, 1999).

Con el fin de observar las bandas de crecimiento en las vértebras, en el presente estudio, se han probado las siguientes técnicas de tinción debido que no implica costos tan elevados a los contemplados en la Propuesta Técnica. En cada tinción se emplearon vértebras enteras, corte longitudinal y secciones delgadas. En el punto de las secciones delgadas se explica la manera de obtener éstas. Antes de proceder al tratamiento de las vértebras, éstas son medidas en su diámetro máximo.

Nitrato de Plata (Cailliet *et al.*, 1983a,b; Schwartz, 1983)

Esta técnica se basa en que las sales de calcio presentes en las vértebras son remplazadas con plata, entregando distintas bandas las que llegan a ser más oscuras después de la iluminación bajo luz ultravioleta. Para esto se preparó una solución de nitrato de plata al 1%, cuidando de no exponerla a la luz para evitar su deterioro. Las vértebras fueron puestas en la solución probando distintos tiempos, entre 5 segundos a 5 minutos y luego iluminadas con una fuente de luz ultravioleta, probando distintos tiempos de exposición (1-3-5-10-15 y 20 minutos). Posteriormente eran lavadas con agua destilada para remover el exceso de nitrato de plata.

Violeta Cristal (Schwartz, 1983).

Se preparó una solución de 0,01% de violeta cristal y las vértebras fueron inmersas por un intervalo de tiempo entre 5-20 minutos, posteriormente eran desteñidas en alcohol isopropil al 50% por lapsos que permitieran observar las bandas.

Alizarina Roja

Las vértebras fueron inmersas en una solución diluida alcalina de alizarina roja según los procedimientos de Moulton *et al.* (1992). Esta se preparó a partir de una solución concentrada de alizarina roja y de una solución de hidróxido de potasio en relación 9:1. La duración de la inmersión varió entre un intervalo de 1 a 30 minutos para luego ser lavadas en agua corriente.

Secciones Delgadas

Otros autores (Sminkey & Musick, 1995; Branstetter & Musick, 1994; Walter & Ebert, 1991) han trabajado con secciones delgadas de entre 0,1 a 0,7 mm, las que son observadas en un estereomicroscopio o microscopio con luz transmitida. Para efectos del presente estudio también se probó esta metodología, colocando las vértebras en moldes de PVC para luego llenarlos con resina de poliéster, y una vez endurecida, las secciones delgadas se obtuvieron con una cortadora Buehler modelo Isomet. Se probaron distintos espesores entre los 0,15 y 0,7 mm.

Hematoxilina

La solución de hematoxilina se preparó de acuerdo a los procedimientos estándar de las técnicas histológicas, las vértebras fueron inmersas por lapsos entre 15 segundos y 5 minutos, luego fueron lavadas con agua destilada y dejadas en agua corriendo por 10 minutos.

A pesar de haber probado con las tinciones y secciones delgadas, con ninguna de ellas se obtuvo resultados satisfactorios para observar los anillos de crecimiento en las vértebras. Por lo tanto, se recurrió a utilizar radiografías, método propuesto por distintos autores, como ya se señaló.

Radiografías-X

Las vértebras enteras fueron puestas sobre una película KODAK INDUSTREX M READY PACK II (Cailliet *et al.*, 1983a,b; Natanson & Cailliet, 1990; Ferreira & Vooren, 1991) (Fig. I) y radiografiadas en un equipo DABI-ATLANTE modelo SPECTRO II con exposición de 4 segundos a una distancia de 20 cm y a 10 mA y 60 kV. Las películas fueron procesadas manualmente con revelador estándar y tiempo de fijación de 10 minutos.



Fig. 3. Vértebras sobre un trozo de película KODAK INDUSTREX M READY PACK II.

Con el fin de mejorar las imágenes, las radiografías fueron fotografiadas con una máquina digital Sony modelo Mavica MVC-FD90 y posteriormente tratadas en el programa Adobe Photoshop 6.0. En este programa se le aplicó a las fotos de los tiburones marrajos y sardineros, contraste y luego se les pasó por el filtro “emboss” lo que permitió discernir entre un anillo y otro. Mientras que para el azulejo se volvió a pasar por otro filtro llamado “glowing”.

La lectura de las imágenes se realizó desde una proyección con un equipo multimedia por tres lectores simultáneamente; con el fin de despejar dudas se observaron todas las imágenes de cada vértebra (original, contrastada, filtros emboss y glowing en el azulejo). Cada lector realizó tres lecturas de cada vértebra no consecutiva e ignorando el tamaño del tiburón y el recuento previo.

Un anillo anual de crecimiento se definió como aquel compuesto por una banda calcificada (opaca) y otra menos calcificada (translúcida). Se comenzó a contar desde la marca de nacimiento la cual es característica en los tiburones y se presenta por un cambio en el ángulo de crecimiento de la vértebra. Este cambio de ángulo en el proceso de depósito del anillo de crecimiento es el resultado del paso de la fase intrauterina a la de vida libre. Este criterio ha sido utilizado para Carcharínidos como *Carcharodon carcharias* (Wintner & Cliff, 1999) y *Carcharhinus brachyurus* (Walter & Ebert, 1991) (Fig. 4).

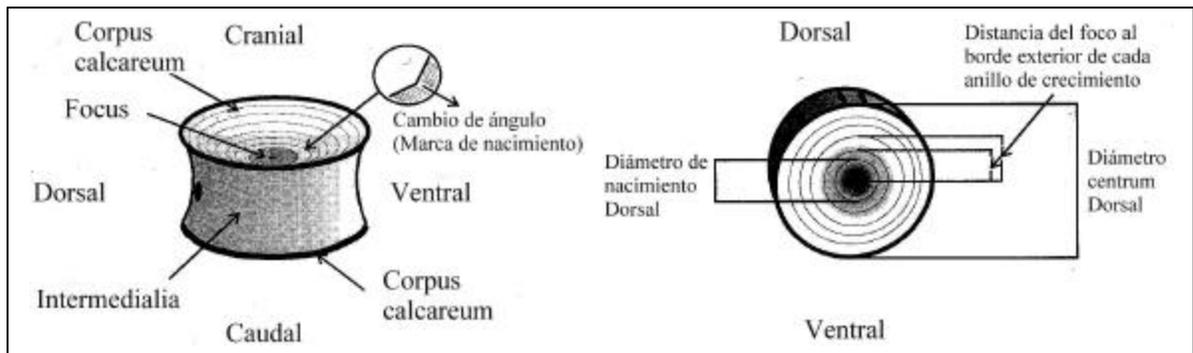


Fig. 4. Nomenclatura utilizada en el trabajo de edad y crecimiento con vértebras. (Modificado de Wintner & Cliff, 1999).

La interpretación de los anillos de crecimiento se basa en el supuesto que la formación de éstos entregue un registro continuo del crecimiento y que el recuento de los anillos representa un intervalo de tiempo conocido. Para corroborar esto se tiene que realizar la validación de los anillos que se están contando. En la Propuesta Técnica se mencionó que la validación se realizaría por las características del borde que se presenta mensualmente y por el índice del incremento marginal. Lamentablemente en las vértebras de ejemplares con más

de 2 anillos, el borde se presenta difuso lo que no permite distinguir que tipo de borde es, y por lo tanto, no es posible medir los últimos anillos para calcular el último índice.

De acuerdo a lo anterior, en el presente proyecto, cada anillo (claro y oscuro) en la vértebra se consideró de formación anual sustentado en los siguientes puntos, primero, en los elasmobranquios, el crecimiento del esqueleto cartilaginoso calcificado ocurre por una serie de procesos de depositación y no hay indicios que se produzca reabsorción (Cailliet *et al.*, 1983b). Segundo, el incremento en el tamaño del cuerpo es acompañado por incremento en el tamaño de la vértebra lo que se traduce en la depositación de nuevos anillos y tercero, debido al patrón de formación de los anillos visibles en las radiografías, esto se puede deber al resultado de diferencias de densidad en la vértebra, es decir, a diferencias en la mineralización que ocurre en las diferentes fases de crecimiento.

c) Precisión

La precisión se refiere al grado de repetibilidad (o acuerdo) de una misma medida (Campana & Jones, 1990). Las estimaciones de edad se basan en que los anillos de crecimiento puedan ser identificados y contados, pero sucede que las lecturas llevan implícita variabilidad entre ellas, la que puede estar dada entre lectores, lecturas, entre estructuras para determinar la edad o entre instituciones de investigación. Puede depender, además de la interpretación (error y variabilidad del lector, errores de preparación), o puede depender de la variabilidad propia del individuo. Para estos factores, por separado, se realizaron una serie de pruebas estadísticas para determinar si existen tendencias sistemáticas en las interpretaciones. El análisis estadístico se basa en el supuesto que las repeticiones de las lecturas son estadísticamente independientes, esto significa que cada lector no tuvo conocimiento del resultado del otro lector, ni de sus lecturas anteriores.

La precisión de las lecturas (número de incrementos que identifica cada lector) se calculó mediante una modificación al índice de error promedio (APE) para estimaciones repetidas, propuesto por Beamish & Fournier (1981) el que se define por:

$$APE = 100 * \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \quad (16)$$

donde X_{ij} es la i -ésimo recuento de incrementos del j -ésimo pez ; X_j es el número de incrementos promedio del j -ésimo pez y R es el número de veces que se contaron los incrementos.

Además, se empleó el índice propuesto por Chang (1982), el cual emplea un coeficiente de variación (C.V.) como test de reproducibilidad en la estimación de la edad entre e intralectores. Este último índice ha demostrado ser una medida de precisión más robusta en este tipo de estudios (Campana *et al.*, 1995).

$$CV_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \quad (17)$$

d) Ajuste de una curva de crecimiento

En la Propuesta Técnica se indicaba que se obtendría la relación entre la longitud precaudal y el radio total de la vértebra, el fin de trabajar con esta relación es obtener una estimación de los parámetros que posteriormente permitan realizar el retrocálculo de las longitudes pretéritas para edades que no estuvieran representadas en las capturas. Debido a que se obtuvieron ejemplares de las primeras edades, es que en los análisis que siguen sólo se considera trabajar con las longitudes a la edad actual y no con las retrocalculadas. La idea de evitar realizar retrocálculo es debido a los sesgos que se pueden introducir en las estimaciones al no cumplirse ciertos supuestos y que se describen en Francis (1990) y Araya & Cubillos (en prensa).

Con el fin de realizar un análisis exploratorio de los datos y poder caracterizar la dinámica del crecimiento, la información de edad y longitud se ajustó al modelo de crecimiento generalizado de Schnute (1981). Este modelo tiene la ventaja de incluir varios modelos tradicionales que se utilizan para explicar el crecimiento en peces.

El modelo de Schnute (1981) no modela la tasa instantánea de cambio, sino que se concentra en el logaritmo de la tasa relativa de cambio en longitud (Z). Las ecuaciones que lo definen son,

$$Z = \frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} \quad (18)$$

lo que equivale a que Z represente el logaritmo de la tasa de crecimiento

$$Z = \frac{d}{dt} (\log Y) \quad (19)$$

Luego Schnute (1981), se planteó el supuesto que la tasa relativa de cambio de Z es lineal decreciente

$$\left(\frac{1}{Z} \right) \frac{dZ}{dt} \equiv \frac{d}{dt} \ln Z = -(a + bZ) \quad (20)$$

lo que llega a

$$\frac{dZ}{dt} = -Z(a + bZ) \quad (21)$$

esta ecuación puede ser resuelta si se dan dos condiciones iniciales, sean $Y(\tau_1)=y_1$ y $Y(\tau_2)=y_2$ en los tiempos τ_1 y τ_2 . Por lo que el modelo consiste de cuatro parámetros (a , b , y_1 , y_2), existiendo cuatro soluciones al sistema de ecuaciones diferenciales, siendo estas

Modelo 1: $a \neq 0$ $b \neq 0$

$$Y_t = \left[y_1^b + (y_2^b - y_1^b) \frac{1 - \exp[-a(t - \mathbf{t}_1)]}{1 - \exp[-a(\mathbf{t}_2 - \mathbf{t}_1)]} \right]^{\frac{1}{b}} \quad (22)$$

Modelo 2: $a \neq 0$ $b = 0$

$$Y_t = y_1 * \exp \left[\ln \left(\frac{y_2}{y_1} \right) \frac{1 - \exp[-a(t - \mathbf{t}_1)]}{1 - \exp[-a(\mathbf{t}_2 - \mathbf{t}_1)]} \right] \quad (23)$$

Schnute (1981) entrega además la expresión para calcular la longitud infinita a partir del modelo 2, siendo esta

Modelo 3: $a = 0$ $b \neq 0$

$$Y_t = \left[y_1^b + (y_2^b - y_1^b) \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \right]^{\frac{1}{b}} \quad (24)$$

Modelo 4: a=0 b=0

$$Y_t = y_1 * \exp \left[\ln \left(\frac{y_2}{y_1} \right) \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \right] \quad (25)$$

donde Y_t es el tamaño o peso promedio del organismo con respecto a la edad t , y_1 y y_2 representan los tamaños cuando la edad es τ_1 y τ_2 , estas edades corresponden al individuos mas pequeño y al mas grande en la muestra.

El modelo, según el valor de los parámetros puede tomar distintas formas, siendo las principales:

a>0	b>0	von Bertalanffy tradicional
a>0	b=0	Gompertz
a>0	b=-1	Logística
a=0	b=1	Lineal
a=0	b=1/2	Cuadrática
a=0	b=0	Potencial
a<0	b=1	Exponencial

Los parámetros de estos modelos se estimaron mediante mínimos cuadrados no lineales.

Independiente de lo anterior se ajustó también el modelo de crecimiento del tipo von Bertalanffy, el cual es descrito tradicionalmente por:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{(-K(t-t_0))}) \quad (26)$$

donde L_t es la longitud del pez a la edad t , L_∞ es la longitud asintótica, K es el coeficiente de crecimiento, que mide la rapidez con que se alcanza L_∞ y t_0 es un parámetro que da cuenta del momento en que la longitud del pez es cero (usualmente negativo).

- **Estimación de parámetros**

La estimación de los parámetros de crecimiento se puede obtener a partir de una gran variedad de métodos existentes, los cuales requerirán (pero no siempre) de los pares de datos

longitud-edad. Los métodos clásicos de estimación utilizan linealización del modelo y son resumidos en Ricker (1975), pero estos métodos presentan varios inconvenientes de tipo estadístico en la estimación de los parámetros. En efecto, la estructura del error de los datos no es explícitamente definida y los estimados de precisión de los parámetros son difíciles de obtener. Los métodos clásicos están obsoletos con el advenimiento de modernos computadores (Galluci & Quinn, 1979, Vaughan & Kanciruk, 1992).

Una estimación adecuada y apropiada de los parámetros del modelo de von Bertalanffy depende de la estructura del error de los datos. Una estructura de error aditiva es apropiada cuando la variabilidad en el crecimiento se asume constante como una función de la variable independiente. Una estructura de error multiplicativa es apropiada cuando la variabilidad en el proceso del crecimiento incrementa en función de la variable independiente.

- **Estructura de error aditiva:**

Para una estructura de error aditiva, los datos se modelan por:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{(-K(t-t_0))}) + \mathbf{e}_t \quad (27)$$

donde ε_t es un término error con media igual a cero y varianza constante, σ^2 . Las estimaciones de los parámetros se pueden realizar a través de un método de mínimos cuadrados no lineal. Sin embargo, bajo este método de estimación se considerará

$$L_t = L_\infty (1 - e^{(-K(t-t_0))}) + \mathbf{e}_t \quad (28)$$

ó

$$L_{t,i} = L_\infty (1 - e^{(-K(t_i-t_0))}) + \mathbf{e}_{,it} \quad (29)$$

La primera utiliza la longitud promedio de todos los individuos de edad t y la segunda la longitud de cada individuo. La función objetivo a ser minimizada es la siguiente:

$$\sum_t (L_t - E(L_t))^2 = \sum_t (L_t - L_\infty (1 - e^{(-K(t-t_0))}))^2 \quad (30)$$

donde $E(L_t)$ es el valor predicho esperado por el modelo de crecimiento a la edad t .

- **Estructura de error multiplicativa:**

Para una estructura de error multiplicativa, los datos se modelan por:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{(-K(t-t_0))}) * e^{(\mathbf{e}_t)} \quad (31)$$

donde \mathbf{e}_t es un término de error con media igual a cero y varianza constante, σ^2 . Las estimaciones de los parámetros se pueden realizar a través de un método de mínimos cuadrados no lineal. Sin embargo, bajo este método de estimación se consideró:

$$\ln(L_t) = \ln(L_\infty) + \ln(1 - e^{(-K(t-t_0))}) + \mathbf{e}_t \quad (32)$$

ó

$$\ln(L_{t,i}) = \ln(L_\infty) + \ln(1 - e^{(-K(t_i-t_0))}) + \mathbf{e}_{,it} \quad (33)$$

La primera utiliza la longitud promedio de todos los individuos de edad t y la segunda la longitud de cada individuo. La función objetivo a ser minimizada es la siguiente:

$$\sum_t (\ln L_t - E(\ln L_t))^2 = \sum_t (\ln(L_t) - (\ln L_\infty + \ln(1 - e^{(-K(t-t_0))})))^2 \quad (34)$$

donde $E(\ln(L_t))$ es el valor predicho esperado por el modelo de crecimiento a la edad t .

En ambos casos, los métodos de estimación no lineal son provistos en una serie de programas computacionales estadísticos.

Dado las características de la información de la relación longitud edad, también se ajustó una variante del modelo de von Bertalanffy, que corresponde al modelo bifásico propuesto por Soriano *et al.* (1992), donde el crecimiento es en dos fases, el cual puede ocurrir en

organismos que cambian sus hábitos alimenticios, por ej. en peces que tienen una dieta de zooplancton, cuando son juveniles, a una de peces, cuando son más grandes o bien al momento de su primera madurez sexual. El modelo en cuestión es

$$L_t = L_\infty (1 - e^{(-KA_t(t-t_0)})} \quad (35)$$

donde A_t corresponde a un factor que modifica a K , a medida que se incrementa la edad.

A_t se define por:

$$A_t = 1 - \frac{h}{(t - t_h)^2 + 1} \quad (36)$$

donde t_h es la edad a la cual se produce la transición entre las dos fases y h determina la magnitud entre la ecuación tradicional y la propuesta. La estimación de los parámetros se realizó mediante ajuste no lineal.

Con el fin de comparar el crecimiento entre sexos se utilizó el test propuesto por Chen (1992) el cual se basa en el análisis de la sumatoria de los residuos al cuadrado, y su forma es:

$$F = \frac{\frac{SRC_p - SRC_s}{3(k-1)}}{\frac{SRC_s}{n-3k}} \quad (37)$$

donde SRC_p es la suma de los residuos al cuadrado del ajuste con los datos de las dos muestras. SRC_s sumatoria de residuos al cuadrado de cada muestra y luego sumadas. k : es el número de muestras a comparar, y n tamaño total de la muestra.

En la información que se ajustó a cada modelo no se incluyeron los individuos con cero anillos, ya que provocarían distorsión en la estimación de los parámetros.

4.3. OBJETIVO ESPECIFICO 3.3: DETERMINAR LAS RELACIONES SOMATOMÉTRICAS PARA PERÍODOS ESTACIONALES Y ANUAL POR SEXOS Y SEXOS COMBINADOS DE LAS ESPECIES DE TIBURONES EN ESTUDIO.

Para establecer las relaciones longitud / peso, se utiliza el largo precaudal y largo total y el peso total y eviscerado, por sexo y sexos combinados, sobre una base anual y estacional, dependiendo de las épocas de captura de las tres especies de tiburones objetivo de este estudio. Paralelamente se estima la relación entre la distancia entre aletas dorsales y el largo total y el peso total respectivamente.

Las mediciones correspondientes se definieron en el capítulo del Objetivo Específico 2.1 y se pueden visualizar en la Figura (1). Con todas las regresiones obtenidas de las distintas medidas corporales con relación al largo total de los ejemplares medidos enteros, posteriormente se podrá reconstruir las tallas originales al realizar las mediciones en los tiburones ya faenados que son desembarcados y/o mantenidos en plantas procesadoras.

En este contexto, es conveniente destacar la medida de la distancia entre aletas dorsales como una variable clave para la estimación de largo total y peso total original a partir de ejemplares disponibles en el desembarque y en plantas de proceso. Esta medida se utiliza extensamente en la pesquería del pez espada, para similares objetivos. Sin embargo, independiente de lo anterior se explorará sobre otras mediciones que permitan realizar estimaciones múltiples para acercarse más a las tallas y/o pesos originales.

El primer paso del análisis consistió en organizar la información seleccionada de la base de datos que tuvieran registradas los pares de datos (x, y) a fin de aplicar una regresión. Una vez reestructurada la base de datos en función de lo anterior a las relaciones somatométricas se les aplicó un modelo de regresión lineal simple de la forma $y = ax^b$.

La variable dependiente fue asociada a las medidas de peso total (PT) y peso eviscerado (PE), mientras que la variable independiente estuvo relacionada con distintas medidas de longitud:

longitud total (LT), longitud precaudal (LPC) y longitud entre aletas dorsales (LID). Las regresiones fueron aplicadas por sexos (hembras y machos) separados, sexo por estación del año, sexos separados en forma anual.

Para comparar las similitudes o diferencias en las relaciones somatométricas entre sexos y a distintas escalas temporales (estacional y anual) se realizaron análisis de covarianza o ANCOVA (Zar, 1996). A través del ANCOVA se evalúan dos hipótesis principales: la primera de ellas guarda relación con el paralelismo entre las pendientes que se comparan. El supuesto principal para desarrollar el ANCOVA es que las pendientes son paralelas, el cual de ser cumplido lleva a la segunda hipótesis acerca del origen de la relación en el intercepto. De ser aceptada la hipótesis nula se concluye que ambas curvas poseen el mismo origen y tienen pendientes paralelas, es decir, son curvas superpuestas, en consecuencia provienen de la misma población estadística. De ser rechazada, se concluye que ambas curvas tienen pendientes paralelas y distintos orígenes y en consecuencia provienen de poblaciones estadísticas diferentes.

Las pruebas de hipótesis fueron evaluadas en el programa Statistica ®, donde se especificaron los factores, las variables dependientes y las covariantes.

5. RESULTADOS

5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.1: DETERMINAR Y CARACTERIZAR EL CICLO REPRODUCTIVO DE LAS ESPECIES DE TIBURONES

a) Muestreo

Tal como se señaló tanto en la Oferta Técnica como en la Introducción del Informe, el muestreo “costero” de las tres especies de tiburones fue muy dependiente de la operación de la flota artesanal. Esta flota, por una parte, considera a estos recursos sólo como una alternativa frente a otros de mayor valor económico y es fuertemente dependiente de la disponibilidad de los mismos en áreas accesibles a sus embarcaciones, las que tienen limitaciones de autonomía, lo que genera una estacionalidad marcada en las capturas. En consecuencia, los muestreos no comenzaron simultáneamente en toda el área de estudio, debido a la estacionalidad en la actividad extractiva de estos peces, la que determina por lo tanto la posibilidad de acceso a muestras ni tampoco terminó en forma simultánea por las razones expuestas. Por tal motivo, a continuación se entregan algunos detalles de la obtención de la información biológica en cada región.

El período de muestreo en la I Región comenzó en diciembre de 2000 con la obtención de ejemplares incompletos (troncos eviscerados), que aparecieron como fauna acompañante en la pesquería de la palometa de altura *Coryphaena hippurus* que es capturada con palangre artesanal. Estas embarcaciones, principalmente faluchos, por sus características operacionales generalmente no se desplazan más allá de 20 millas de la costa. Desde enero hasta el mes de junio del 2001, las muestras obtenidas corresponden a tiburones capturados como especie objetivo provenientes de la actividad de la flota artesanal de Iquique, la que terminó en ese último mes.

En la II Región la obtención de muestras comprendió el período entre agosto de 2000 y mayo de 2001. En esta zona algunas embarcaciones artesanales capturan a los tiburones marrajo y azulejo como especies objetivo. La captura se realiza mediante “espineles marrajeros”, que se calan a pocos metros de la superficie, usando como carnada jurel o caballa. La actividad de estas embarcaciones cesó en mayo de 2001, por las mismas razones señaladas para la I Región.

En la III Región, las actividades de pesca comenzaron en noviembre de 2000 y se extendieron hasta marzo de 2001. Estas también se realizan con espineles artesanales y se produjeron posterior al inicio del muestreo en la II Región, debido a que las embarcaciones estaban dedicadas a la captura de otras especies objetivo antes del período señalado.

Tal como se señalara en la Introducción, en la IV región se registran desembarques pero no existe una flota o pescadores que se dediquen a los tiburones como pesca objetivo. En esta Región se obtuvieron tiburones desde plantas congeladoras sólo al principio del estudio. Posteriormente se registraron pocos ejemplares, los cuales fueron comercializados rápidamente no pasando por dichas plantas, lo que hizo imposible medirlos. Por lo tanto, la información que se obtuvo de las tres especies de tiburones en esta región es aquella recopilada en embarques de profesionales de la Universidad Católica del Norte en la flota palangrera artesanal e industrial entre noviembre de 2000 y agosto de 2001, cubriendo todo el período del estudio. Estas embarcaciones se dedican a la pesquería del pez espada *Xiphias gladius*, realizando sus actividades extractivas en alta mar, los industriales incluso fuera de la zona económica exclusiva. Entre diciembre y enero, esta flota no operó, y desde marzo de este año 2001 sólo se realizaron embarques en una embarcación artesanal, puesto que los pesqueros industriales no han tenido disponibilidad de espacio para un profesional a bordo por estar comprometidos en un Proyecto FIP sobre el pez espada.

Una de las características de esta pesquería de tiburones, es el descarte de la totalidad de los cuerpos de los azulejos, utilizando sólo las aletas, que son comercializadas posteriormente en tierra. En tanto, los ejemplares más grandes de los marrajos y tiburón sardinero son faenados a bordo y posteriormente, los troncos sin cabeza, aleta caudal y eviscerados son congelados y desembarcados para su venta. En consecuencia, la información de ejemplares enteros debe ser conseguida a bordo de las embarcaciones, ya que en un caso los cuerpos se descartan y en el otro se faenan, muestreo que se realizó en una nave palangrera artesanal.

En el caso de la V Región, se obtuvieron muestras sólo en el mes de diciembre debido a problemas de mercado del azulejo, la especie que representó la mayor proporción de la pesca. En efecto, esta especie presentó problemas de venta y por lo tanto rentabilidad a principios de año, lo que motivó a las embarcaciones a cambiarse a la pesca del bacalao.

El muestreo de ejemplares finalizó en el mes de agosto. Se midieron un total de 2.951 ejemplares, según se detalla en la Tabla (4). El mayor número correspondió al marrajo (69,3%), seguido por el azulejo (28,2%) y una muy baja cantidad de tiburón sardinero (2,5%). Con respecto al sexo, el 79,2% de las hembras y el 57,1% de los machos capturados correspondieron al marrajo. La mayor proporción de los ejemplares de marrajo fue obtenida de las regiones I (91,6%), II (83,1%) y III (100%) superando ampliamente al azulejo en estos puntos de muestreo que corresponden a capturas "costeras" obtenidas principalmente por la flota artesanal.

Tabla. 4. Número de ejemplares de las tres especies de tiburones analizados, por sexo y región durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.

Especie	REGIÓN																	
	I			II			III			IV			V			Total		
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total
Azulejo	31	14	45	63	5	68	0	0	0	160	545	705	11	2	13	265	566	831
Marrajo	260	228	488	144	191	335	695	286	981	139	97	236	1	3	4	1155	805	2044
Tiburón										38	38	76				38	38	76
Total	291	242	533	207	196	403	695	286	981	337	680	1017	12	5	17	1458	1409	2951

La mayoría de los azulejos fueron obtenidos en los muestreos realizados en la IV Región, en particular en el mes de noviembre, siendo los ejemplares en su mayoría machos. Esta característica de predominio de los machos se mantiene durante el muestreo en esta Región, salvo en los meses de mayo y junio, cuando predominan las hembras o la cantidad obtenida de ambos sexos es la misma (Tabla 5). En el resto de las regiones se obtuvieron muy poco ejemplares de tiburón azulejo, los cuales están repartidos sin una tendencia clara entre los meses de muestreo y no se capturó esta especie en la III Región.

La mayoría de los marrajos provinieron de los muestreos realizados en la III Región, en particular en el mes de enero, siendo los ejemplares en su mayoría hembras. Este predominio de las hembras se mantiene durante todo el muestreo en esta Región, salvo en el mes de noviembre, cuando lo hacen los machos. En la I Región durante el período diciembre - febrero se mantuvo esta característica, observándose lo contrario en el período abril - junio, cuando predominan los machos. En la II Región entre agosto y noviembre la proporción sexual es prácticamente 1:1, predominando luego los machos, salvo durante marzo (Tabla 6). La cantidad proveniente de la IV Región, principalmente de alta mar, es muy menor.

Tabla 5. Número de ejemplares de *P. glauca* obtenidos por sexo, región y mes durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.

Mes	REGIÓN														
	I			II			IV			V			Total		
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total
Septiembre				11	2	13							11	2	13
Octubre				29	2	31							29	2	31
Noviembre				21	1	22	77	429	506				98	430	530
Diciembre	11	9	20	1		1							12	9	21
Enero	2		2	1		1				11	2	13	14	2	16
Febrero	1		1										1	0	1
Marzo							5	21	26				5	21	26
Abril							5	28	33				5	28	33
Mayo	16		16				45	37	82				61	37	98
Junio	1	5	6				28	28	56				29	33	62
Julio							72	109	181				72	109	181
Agosto							39	72	111				39	72	111
Total	31	14	45	63	5	68	160	545	705	11	2	13	265	566	831

Tabla 6. Número de ejemplares de *I. oxyrinchus* obtenido por sexo, región y mes durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.

Mes	Región																	
	I			II			III			IV			V			Total		
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total
Julio										48	32	80				48	32	80
Agosto				8	8	16										8	8	16
Septiembre				4	5	9				7	4	11				11	9	20
Octubre				1	1	2										1	1	2
Noviembre				25	24	49	45	83	128	2	7	9				72	114	186
Diciembre	80	66	146	11	16	27	64	58	122							155	140	295
Enero	56	44	100	29	46	75	272	68	340				1	3	4	358	161	519
Febrero	53	33	86	24	30	54	160	40	200							237	103	340
Marzo				15	11	26	154	37	191	1		1				170	48	218
Abril	21	27	48	8	26	34				10	2	12				39	55	94
Mayo	34	39	73	19	24	43				11	12	23				64	75	139
Junio	16	19	35							12	12	24				28	31	59
Julio										23	10	33				23	10	33
Agosto										25	18	43				25	18	43
Total	260	228	488	144	191	335	695	286	981	139	97	236	1	3	4	1155	805	2044

Los ejemplares de tiburón sardinero analizados en este estudio provinieron exclusivamente de la IV Región y correspondieron a especímenes capturados en alta mar, durante la captura de pez espada realizada por una nave palangrera artesanal de Coquimbo durante marzo-noviembre fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile entre los 26°S y 36°S. Una menor cantidad de tiburón sardinero correspondió a 17 ejemplares muestreados desde plantas congeladoras en los meses de mayo, julio y octubre y a 69 ejemplares obtenidos de las faenas de alta mar en noviembre de 2000 y entre mayo y agosto de 2001 (Tabla 7).

Tabla. 7. Número de ejemplares de *L. nasus* obtenido por sexo y mes en la IV Región, durante el período de estudio. H = hembra, M = macho.

Mes	IV		
	H	M	Total
Mayo	1	2	3
Julio	1	6	7
Octubre	3	1	4
Noviembre	17	19	36
Mayo	1	2	3
Junio		2	2
Julio	4	3	7
Agosto	11	3	14
Total	38	38	76

En este Informe se incluye además la información de tiburones obtenidos como fauna acompañante del pez espada y capturados durante la ejecución del Proyecto FIP N° 2000-11 sobre esta especie, por personal de IFOP a bordo de naves palangreras industriales y puestas a disposición por el Consejo de Investigación Pesquera.

Distribución de frecuencia de tallas

Azulejo

El rango total incluye tiburones de entre 55 y 315 cm LT. La distribución de frecuencia de tallas total del azulejo mostró tres modas, una de individuos pequeños (105 cm LT), una de individuos de talla mediana de alrededor de 175 cm LT y otra de individuos de mayor talla de 275 cm LT. Cabe destacar que la moda de los ejemplares de mayor longitud se detectó exclusivamente en las

capturas de alta mar realizadas en el período noviembre 2000-agosto 2001 frente a la zona localizada entre Antofagasta y Talcahuano. Los ejemplares de esta especie producto de la pesca artesanal, que son desembarcados en puertos corresponden a tiburones de la moda de menor longitud y ejemplares de talla mediana (Fig. 5).

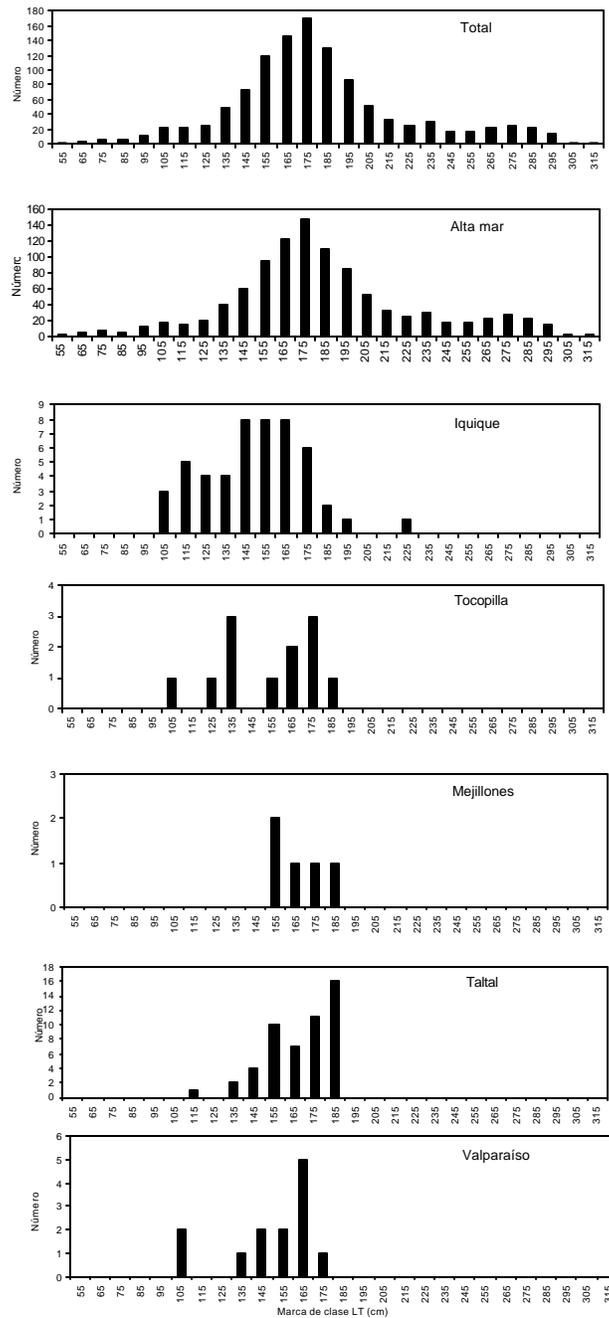


Fig. 5. Distribución de frecuencia de tallas de azulejo total, en alta mar y por puerto de desembarque, sexos combinados.

En la figura 6 se compara las estructuras de tallas obtenidas en alta mar durante los muestreos del presente estudio y del estudio FIP N° 2000-11, ambos provenientes de la fauna acompañante del pez espada *Xiphias gladius*, las que no muestran diferencias significativas entre sí.

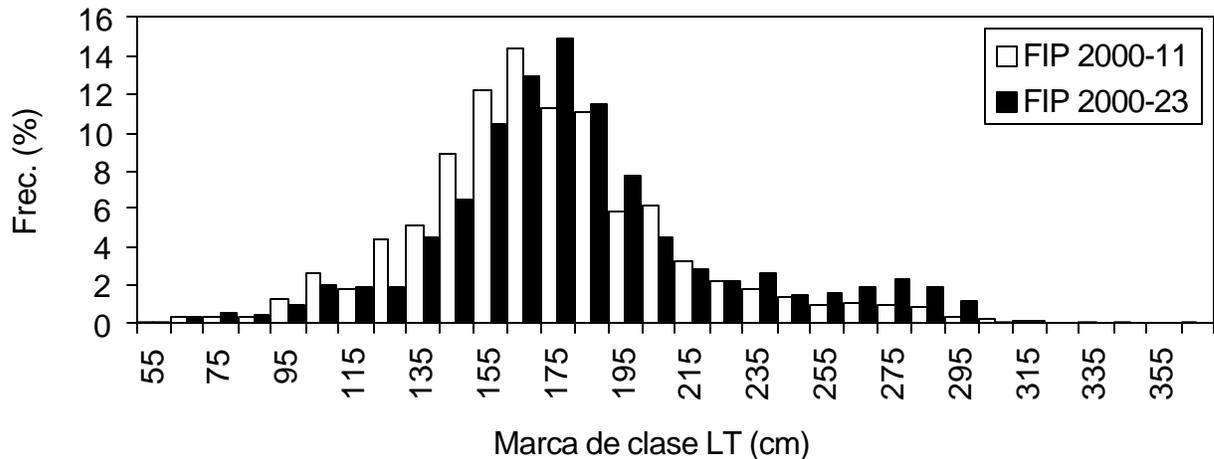


Fig. 6. Distribución de frecuencia de tallas de azulejos capturados en alta mar durante el Proyecto FIP N° 2000-11 y este estudio, sexos combinados.

El tiburón azulejo desembarcado por embarcaciones artesanales en la I y II Regiones tuvo la misma estructura de talla para todos los meses muestreados a finales de 2000 y principios de 2001, con un rango de tamaño que fluctuó principalmente entre 105 y 195 cm LT (Figs. 7 y 8).

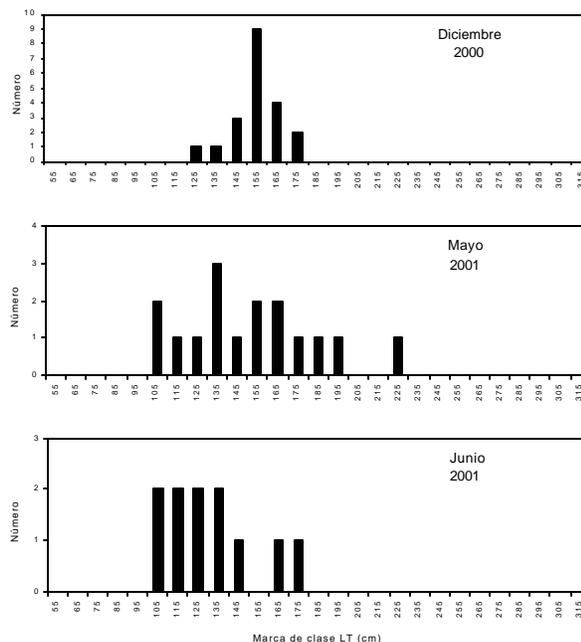


Fig. 7. Distribución de frecuencia de talla mensual de azulejo obtenido en la I Región, sexos combinados.

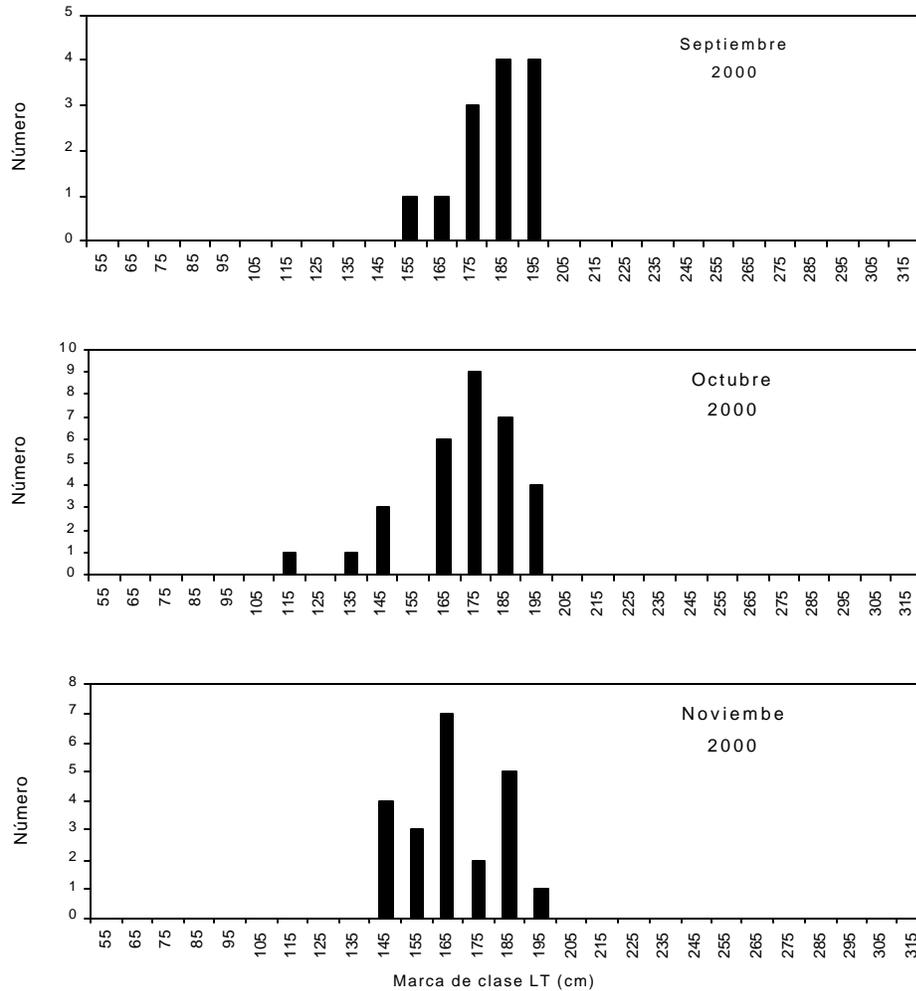


Fig. 8. Distribución de frecuencia de talla mensual de azulejo obtenido en la II Región, sexos combinados.

La distribución de frecuencia de talla mensual de los ejemplares capturados en alta mar muestra la presencia de dos modas en noviembre de 2000, una de ejemplares medianos y otra de grandes, con una baja cantidad de individuos de talla pequeña. Estos últimos sólo aparecen principalmente en las capturas de mayo de 2001. Entre marzo y agosto de 2001 el número de especímenes obtenidos es menor, no obstante, se puede notar la presencia de tiburones de talla mediana en todo este período, mientras en agosto se puede observar una situación similar a las pescas realizadas en noviembre de 2000 (Fig. 9).

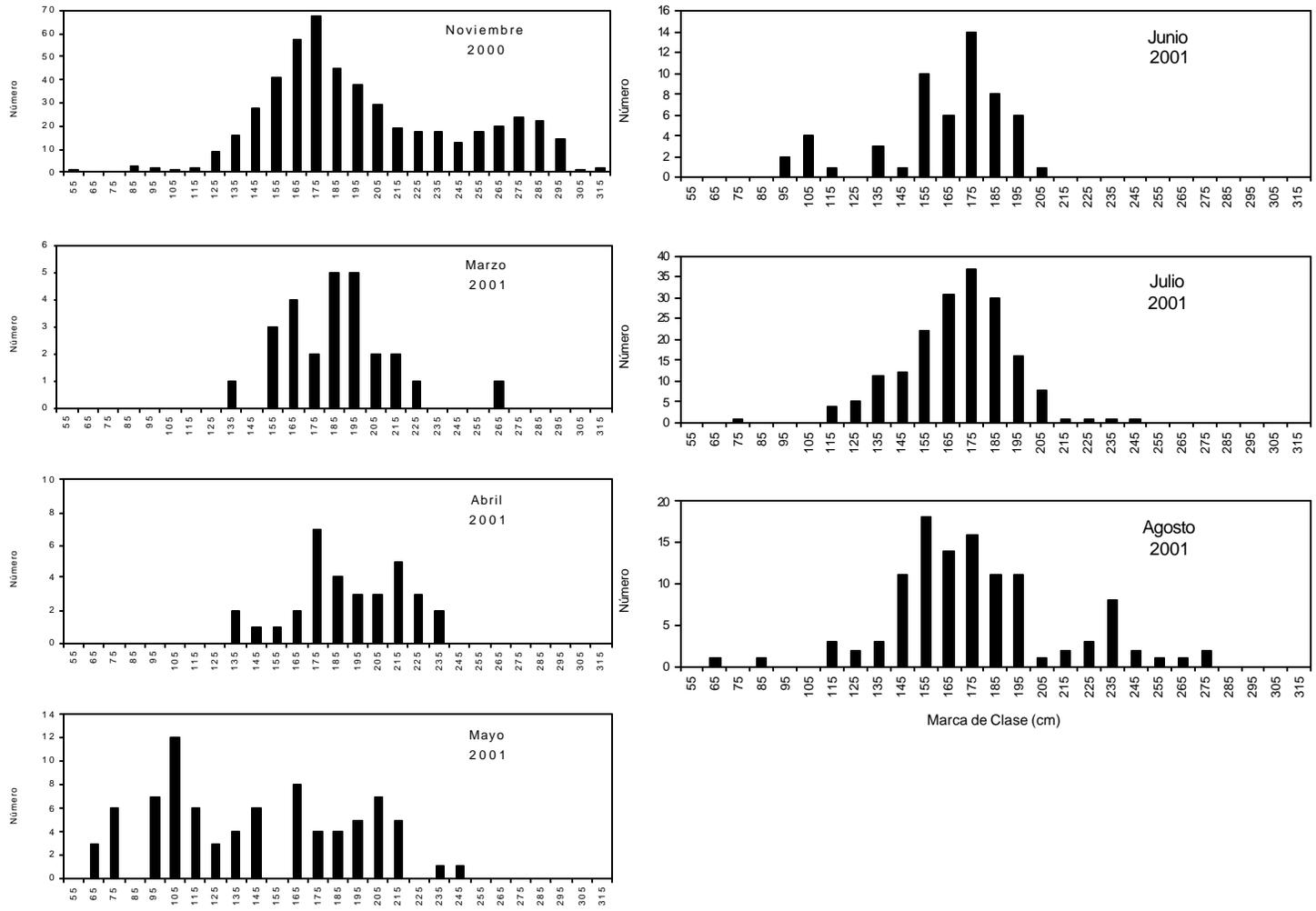


Fig. 9. Distribución de frecuencia de talla mensual de azulejos capturados en alta mar, sexos combinados.

La distribución de frecuencia por sexo mostró una gran cantidad de ejemplares machos en la zona de alta mar, observándose claramente los tres grupos modales mencionados anteriormente en ambos sexos. En Iquique y Taltal, la escasa cantidad de tiburones muestreados no permite observar ningún patrón claro (Fig. 10).

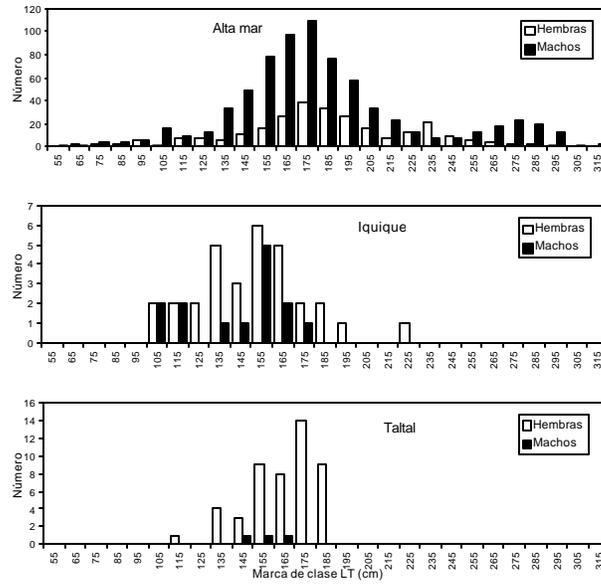


Fig. 10. Distribución de frecuencia de talla por sexo del azulejo obtenido por puerto de desembarque y en en alta mar.

En alta mar, la distribución de frecuencia mensual por sexo muestra las mismas características del patrón general, con menor proporción de hembras y un rango similar para ambos sexos (Fig. 11).

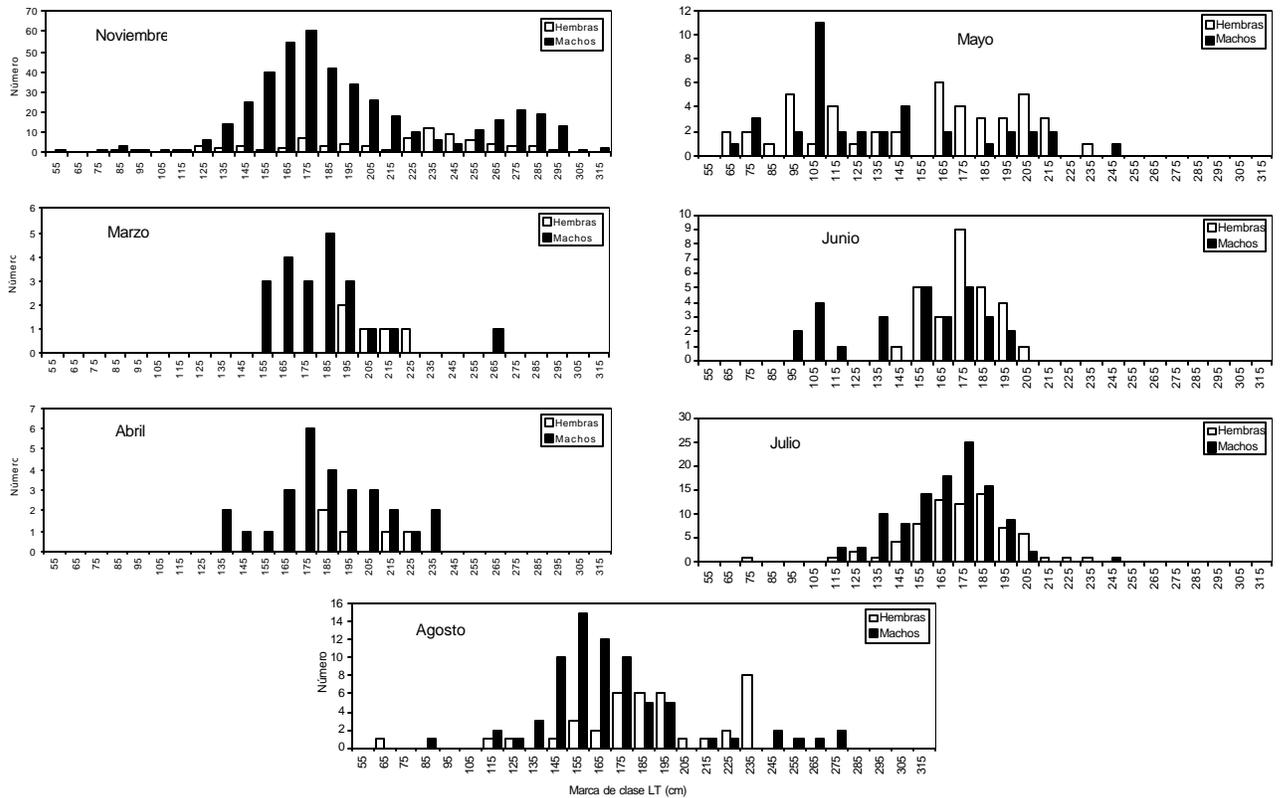


Fig. 11. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del azulejo obtenido en alta mar.

Marrajo

El rango de talla de los marrajos obtenidos durante el estudio fluctuó entre 45 y 295 cm LT. En la distribución de frecuencia total se aprecia una moda en 125 cm LT y una moda secundaria en los 75 cm LT. En general, en las zonas de Iquique, Tocopilla, Mejillones, Taltal y Valparaíso, los tiburones capturados tuvieron un rango de talla más estrecho dentro de la moda principal encontrada. En Caldera y Coquimbo se observó un rango de talla más amplio, encontrándose en el primer puerto dos modas bien marcadas en 75 y 145 cm LT, respectivamente. Los ejemplares desembarcados en Coquimbo corresponden a capturas realizadas en alta mar y presentaron tres modas en 115, 165 y 255 cm LT (Fig. 12).

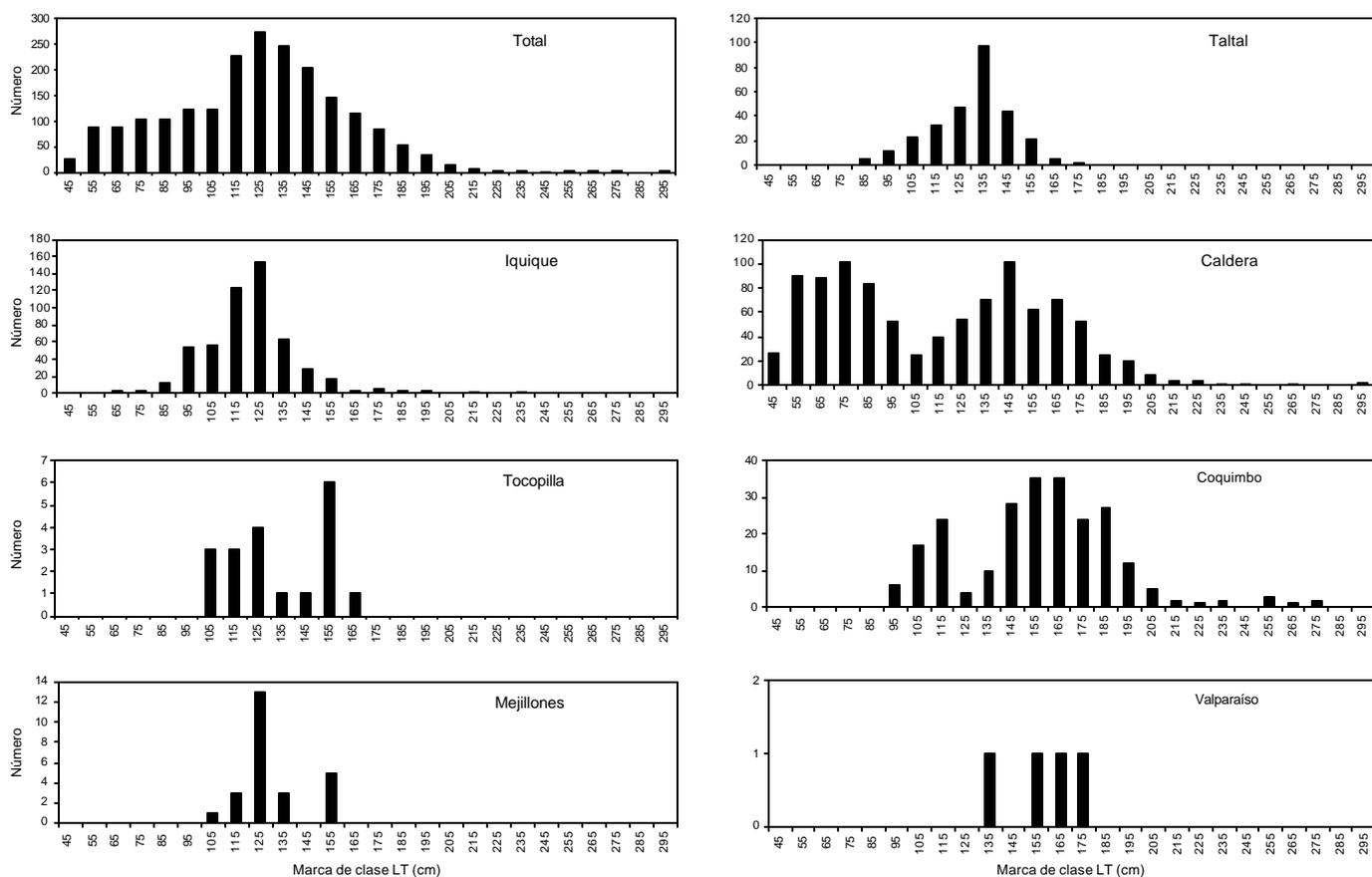


Fig. 12. Distribución de frecuencia de tallas de marrajo obtenido por puerto de desembarque y en alta mar, sexos combinados.

En la figura 13 se compara las estructuras de tallas obtenidas en alta mar durante los muestreos del presente estudio y del FIP N° 2000-11, ambos provenientes de la fauna acompañante del pez espada, las que presentan diferencias menores entre sí, en particular en las tallas más pequeñas.

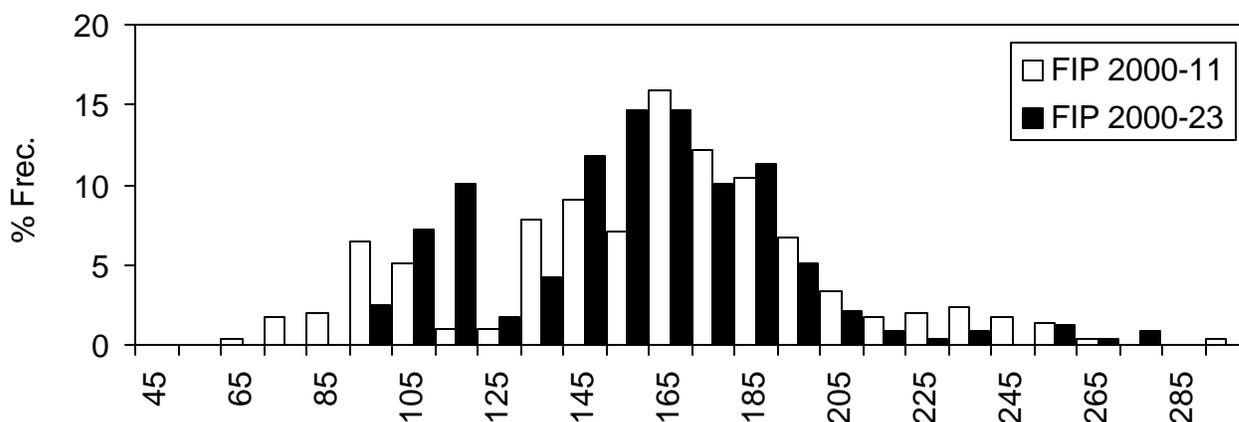


Fig. 13. Distribución de frecuencia de tallas de marrajos capturados en alta mar durante el Proyecto FIP N° 2000-11 y este estudio, sexos combinados.

La distribución de frecuencia del marrajo capturado en la I Región mostró tallas similares en los ejemplares muestreados en los meses de diciembre 2000 a enero 2001 y mayo a junio 2001, observándose la presencia de tallas mayores a 185 cm LT sólo en el mes de abril (Fig. 14).

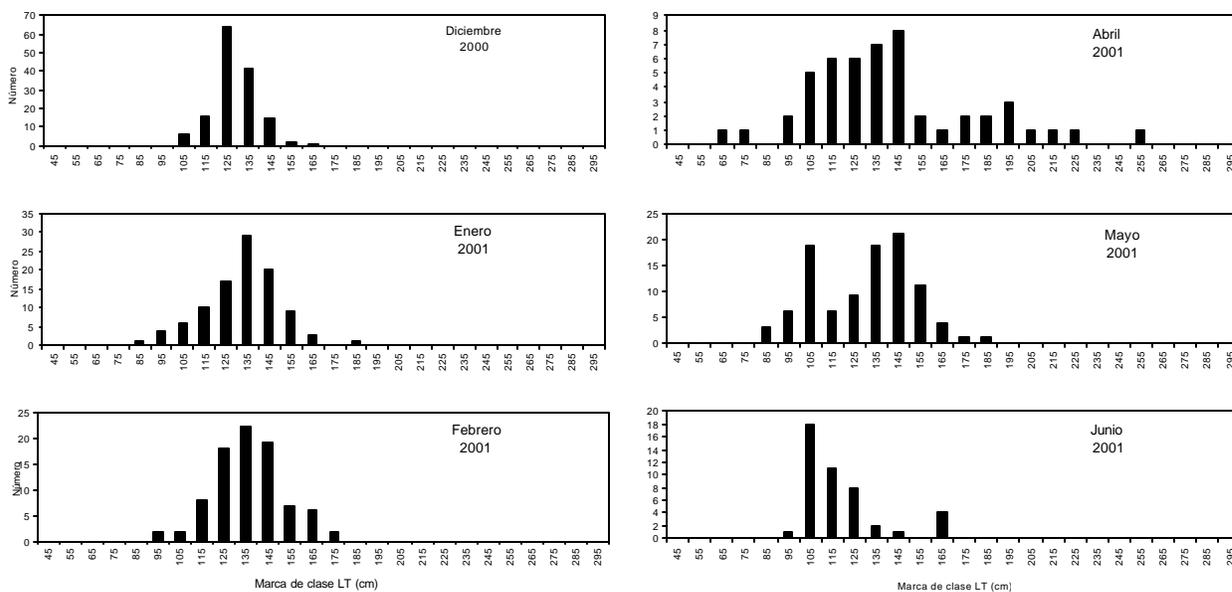


Fig. 14. Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la I Región, sexos combinados.

La distribución de frecuencia mensual del marrajo en la II Región mostró la presencia de tallas pequeñas en agosto de 2000, aumentando levemente los tamaños capturados en los períodos septiembre-diciembre de 2000 y enero-mayo de 2001, meses en los cuales las distribuciones de frecuencia fueron similares. Cabe destacar la presencia de dos modas principalmente entre febrero y mayo de 2001 (Fig. 15).

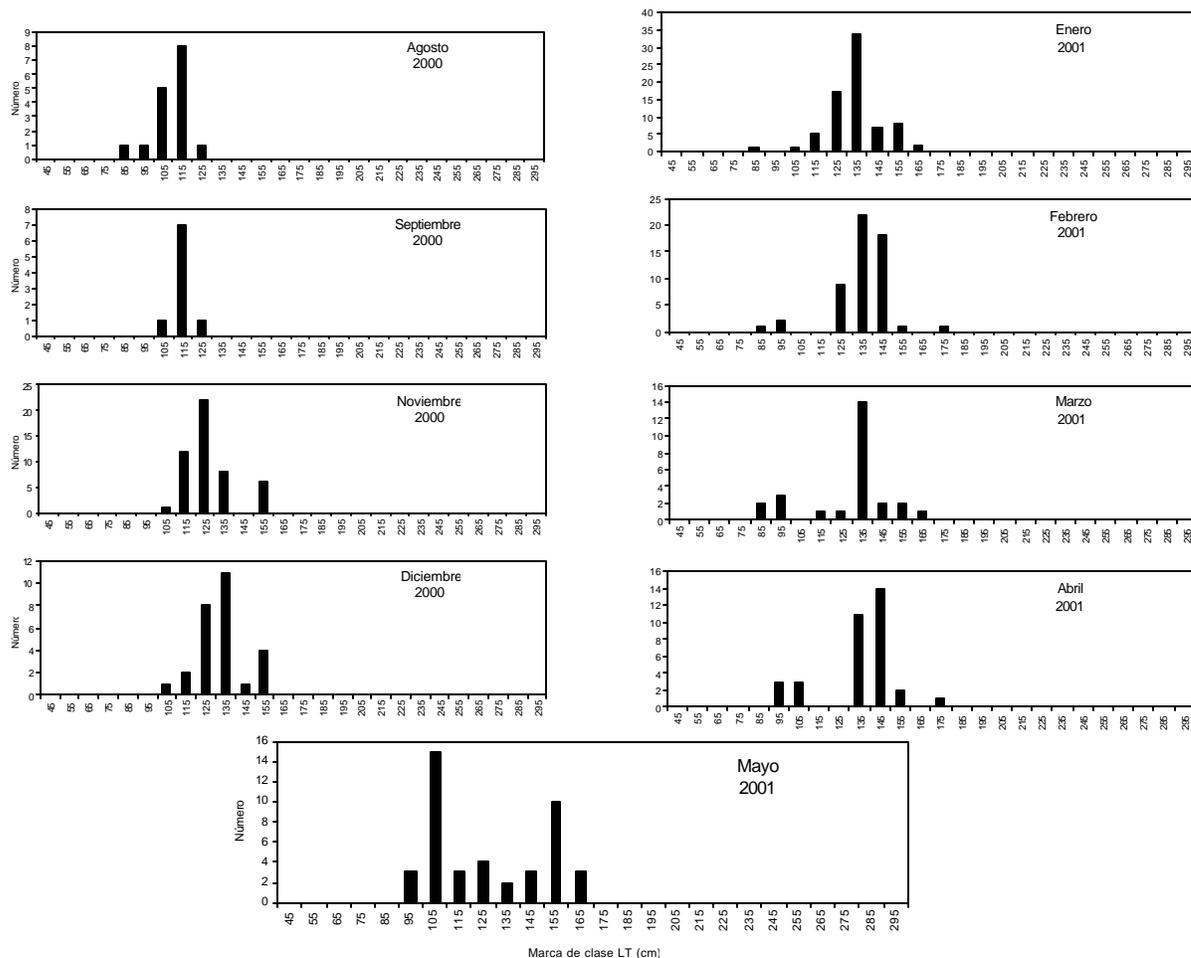


Fig. 15. Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la II Región, sexos combinados.

En la III Región se observó una disminución de la talla entre finales del 2000 y principios de 2001, con tallas más grandes entre noviembre y diciembre de 2000. En enero de 2001, además de este primer grupo descrito aparece un grupo de ejemplares de tallas menores de entre 55 y 95 cm LT, el cual se mantiene hasta marzo del mismo año. En enero se observa un rango de tamaño amplio con la presencia incluso de ejemplares de tallas grandes (295 cm LT). Este rango se estrecha y se detecta la presencia de dos modas marcadas en febrero y marzo de 2001 (Fig. 16).

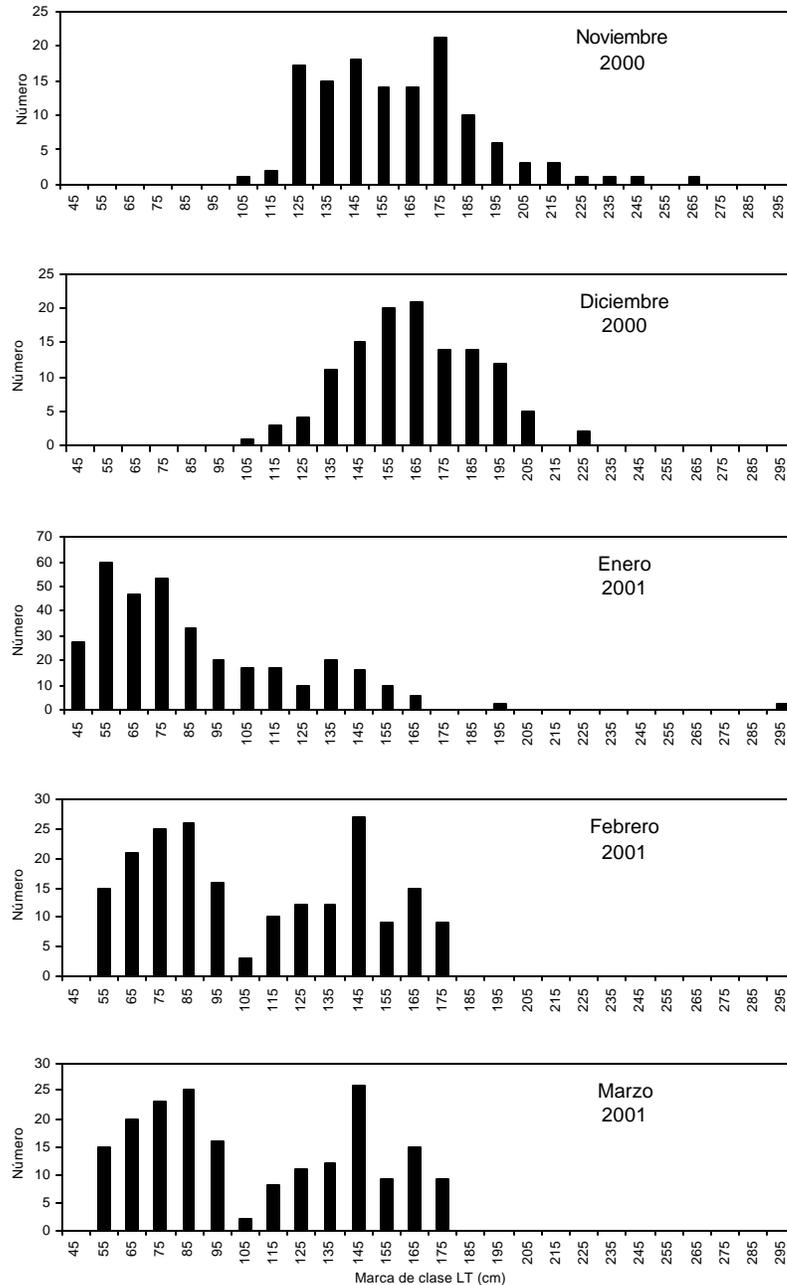


Fig. 16. Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la III Región, sexos combinados.

En la IV Región, a pesar de la baja cantidad de muestras disponibles de esta especie, se puede observar la presencia de ejemplares de tallas similares a lo largo de todo el período de estudio. Cabe recordar que estos ejemplares provienen totalmente de pescas realizadas en alta mar a bordo de una embarcación palangrera artesanal (Fig. 17).

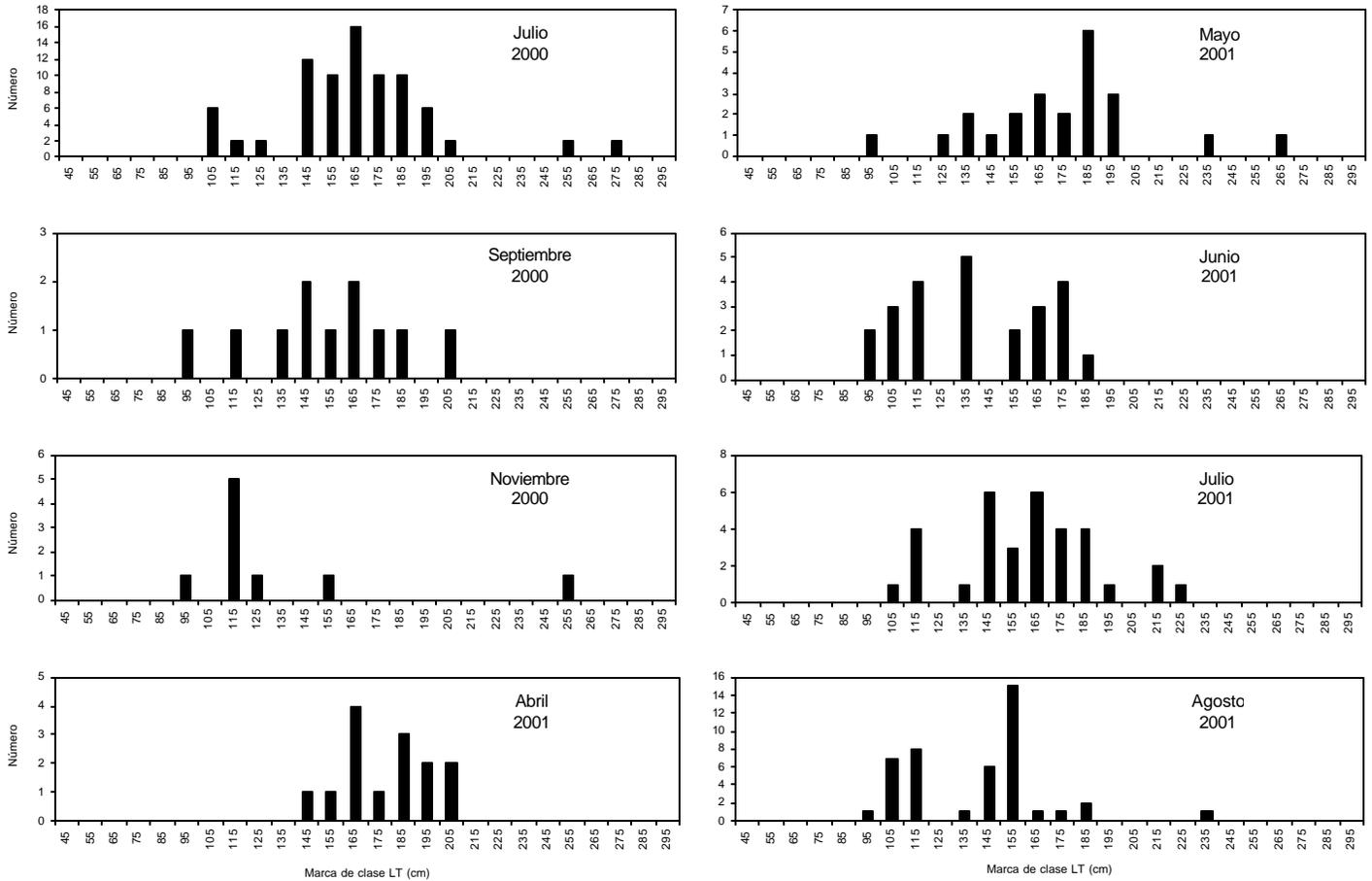


Fig. 17. Distribución de frecuencia de talla mensual de marrajo obtenido en la IV Región, sexos combinados.

La estructura de talla por sexo en el marrajo tuvo la misma distribución tanto para hembras como para machos en las zonas de Iquique y Taltal, mientras que en Caldera se observa una mayor cantidad de hembras en las tallas menores. En Tocopilla y Mejillones el bajo número de ejemplares no permite realizar una interpretación clara (Fig. 18). Asimismo, la distribución de frecuencia mensual por sexo en Iquique y Taltal fue similar para machos y hembras (Figs. 19, 20), mientras que en Caldera las distribuciones de frecuencia fueron similares en noviembre y diciembre de 2000 observándose mayor presencia de hembras en las capturas realizadas entre enero y marzo de 2001 (Fig. 21).

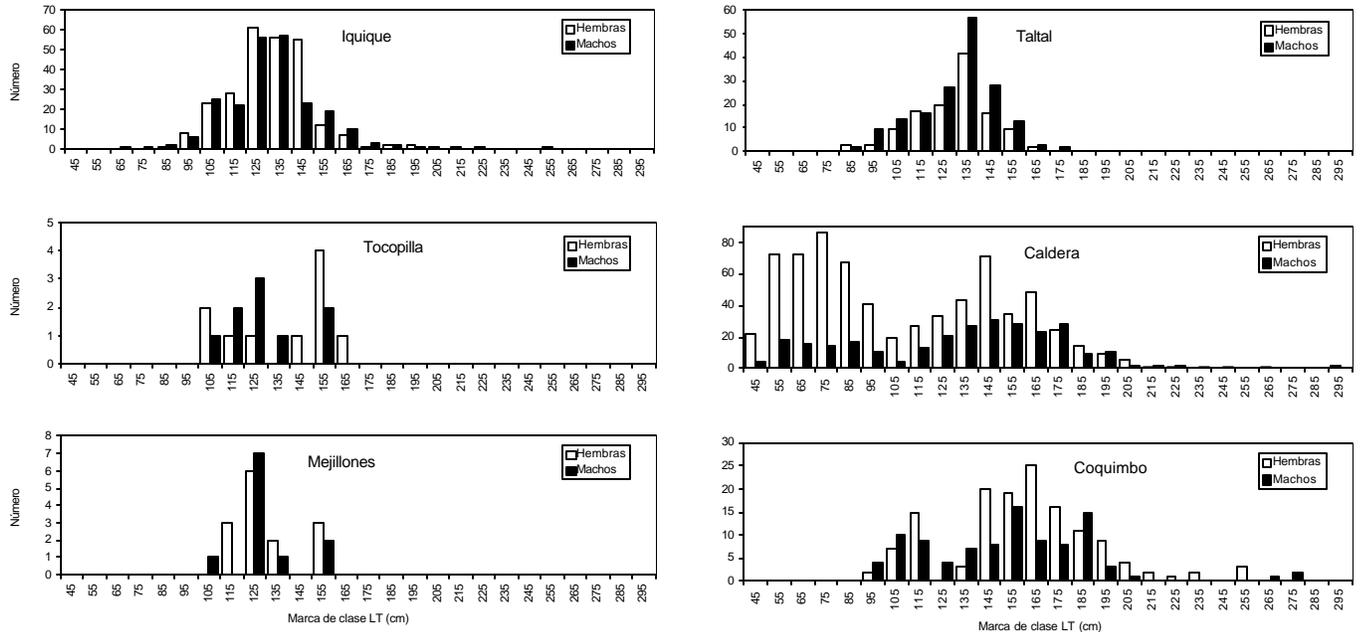


Fig. 18. Distribución de frecuencia de talla por sexo del marrajo obtenido por puerto de desembarque, meses combinados.

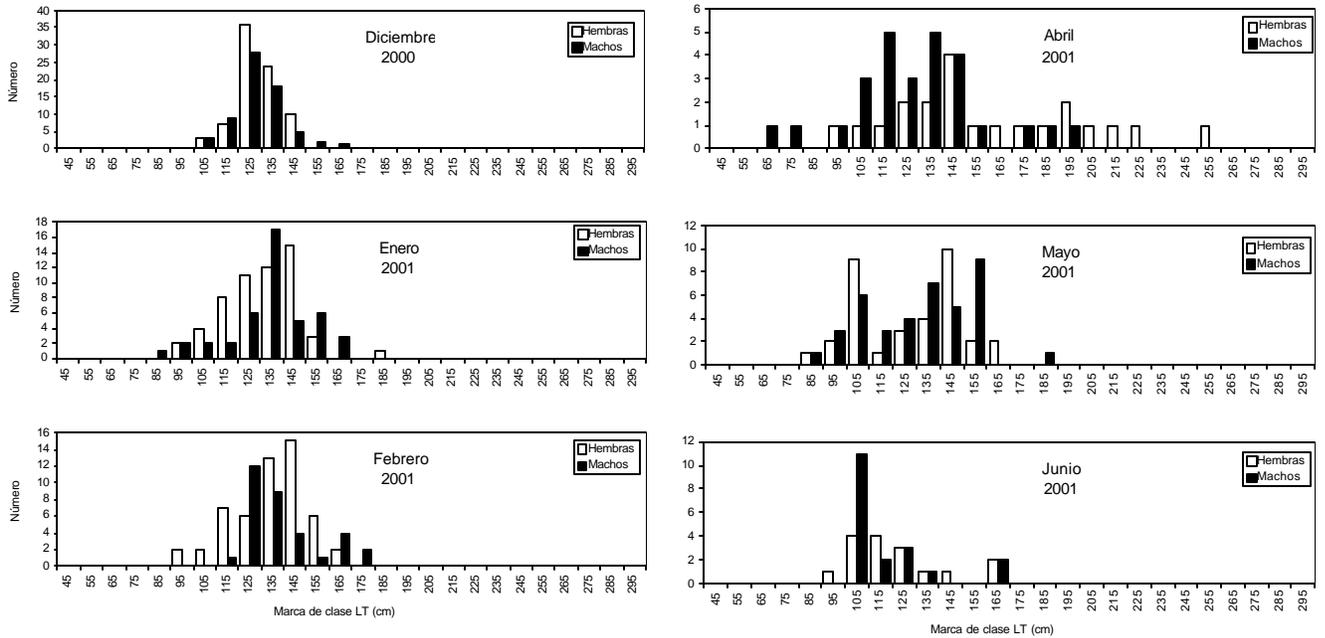


Fig. 19. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del marrajo obtenido en el puerto de Iquique, I Región.

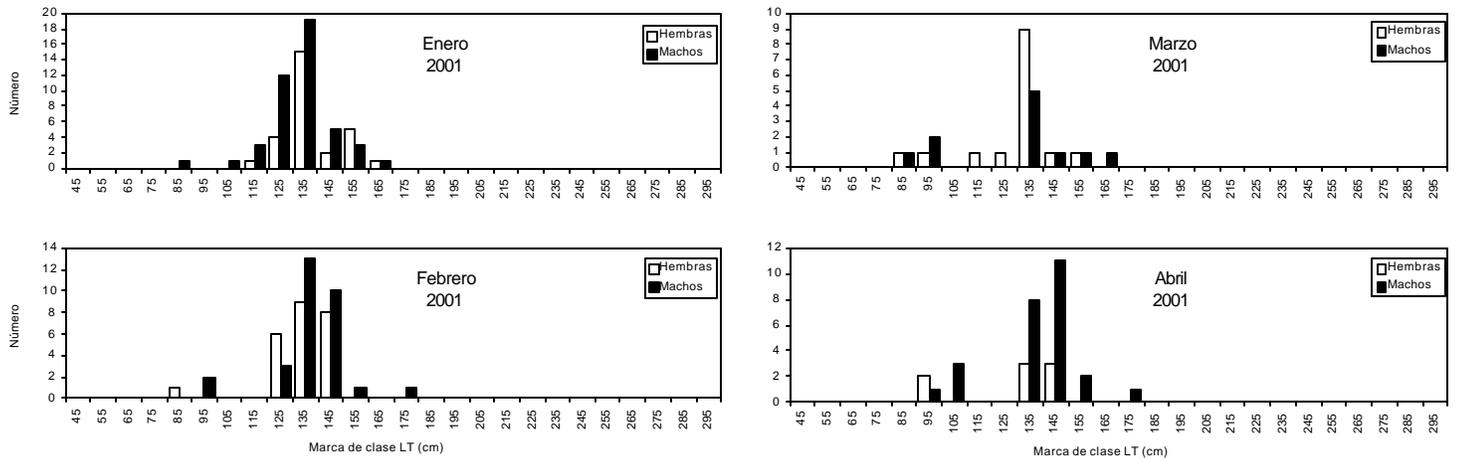


Fig. 20. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del marrajo obtenido en el puerto de Taltal, II Región.

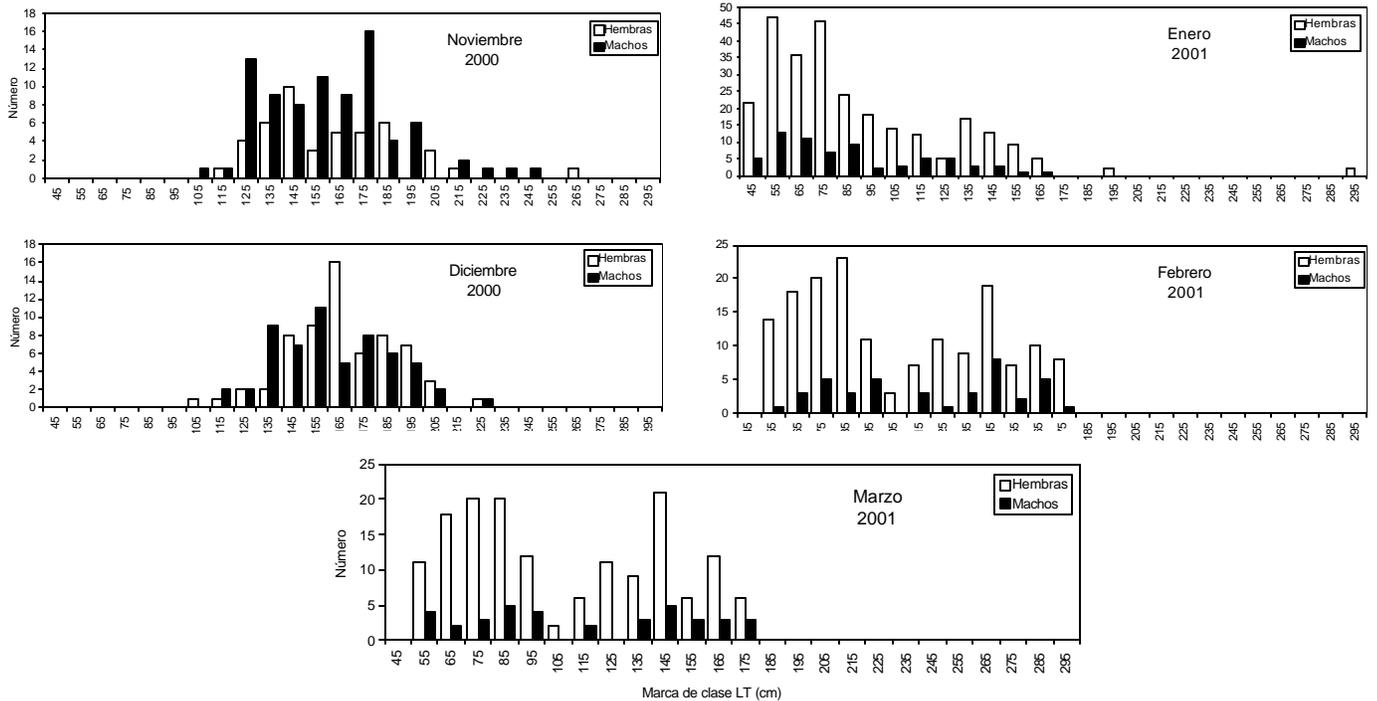


Fig. 21. Distribución de frecuencia de talla mensual por sexo del marrajo obtenido en el puerto de Caldera, III Región.

Tiburón sardinero

Los ejemplares de esta especie no fueron frecuentes en las capturas de los embarques de alta mar y no fueron depositados en plantas congeladoras durante el período de estudio, por lo cual los

especímenes analizados corresponden solamente a unos pocos obtenidos en los períodos julio-noviembre de 2000 y marzo-agosto de 2001 a bordo de una embarcación palangrera artesanal. La distribución de frecuencia total del tiburón sardinero mostró un rango total que contiene especímenes de entre 75 y 245 cm LT, con dos grupos modales: uno en los 85 cm LT y otro grupo de ejemplares más grandes cuya moda se ubica alrededor de los 175 cm LT. Sin embargo, esta última es poco clara por el bajo número de especímenes capturados (Fig. 22).

Los tiburones sardineros muestreados en alta mar corresponden por lo general a ejemplares pequeños que son descartados por las tripulaciones de las naves palangreras, mientras que aquellos desembarcados en el puerto de Coquimbo, fueron los ejemplares de mayor talla (Fig. 22).

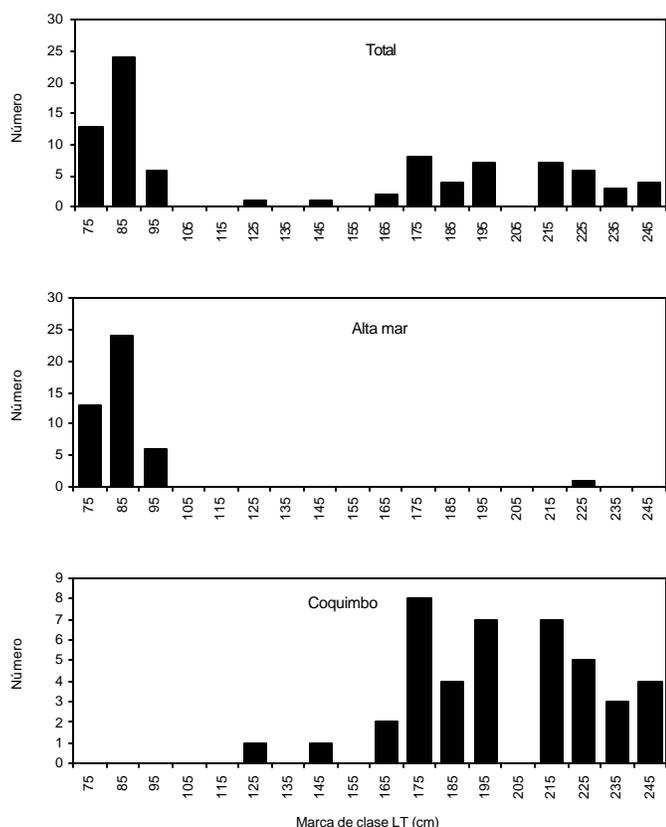


Fig. 22. Distribución de frecuencia de tallas de tiburón sardinero obtenido por puerto de desembarque y en alta mar, sexos combinados.

En la figura 23 se compara las estructuras de tallas obtenidas en alta mar durante los muestreos del presente estudio y del FIP N° 2000-11, ambos provenientes de la fauna acompañante del pez espada, las que presentan diferencias menores entre sí, en particular en las tallas más pequeñas.

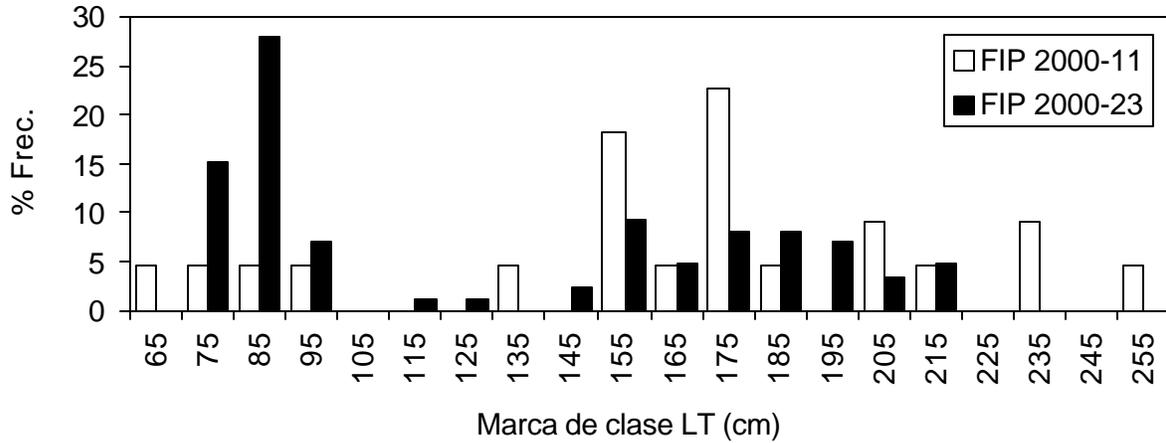


Fig. 23. Distribución de frecuencia de tallas de tiburones sardineros capturados en alta mar durante el Proyecto FIP N° 2000-11 y este estudio, sexos combinados.

En la distribución por sexo se observa la misma tendencia, con una estructura de tamaño similar entre machos y hembras (Fig. 24).

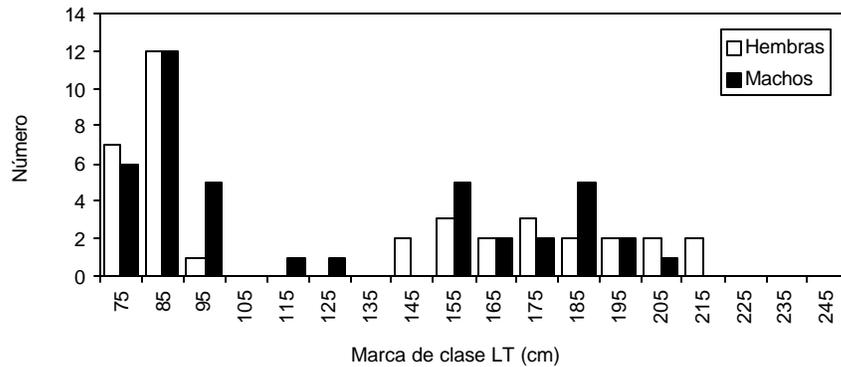


Fig. 24. Distribución de frecuencia de talla por sexo del tiburón sardinero obtenido en toda el área de estudio.

b) Caracterización de los estados de madurez sexual

Una de las dificultades para el estudio reproductivo de tiburones en el desembarque desde tierra es que los ejemplares llegan eviscerados. Además, los pescadores son reacios a traer ejemplares completos y más aún bolsas con vísceras que pueden descomponer la pesca objetivo. Esto justificó el embarque de personal científico previamente entrenado, lográndose realizar muestreos biológicos en embarcaciones que trabajan en la pesquería del pez espada en alta mar durante el período de estudio. En la II Región se logró obtener muestras de gónadas mediante la compra de

ejemplares a pescadores artesanales. Por lo tanto, los resultados que se entregan a continuación están basados principalmente en estas actividades.

Azulejo

Los machos de azulejo se caracterizan por tener dos testículos, cilíndricos y redondeados en sus bordes, en la parte anterior del órgano epigonal, al cual se une a través del mesorquio. Este se conecta al epidídimo a través de un conducto deferente y desde aquí aparece otro conducto deferente que se une a los sacos espermáticos, el que se conecta a los cláser (Fig. 25).

En la hembra sólo se desarrolla el ovario derecho, el cual descansa en la parte anterior del órgano epigonal. El ovario se conecta al oviducto a través del ostium, una abertura anterior la cual se bifurca y se une a las glándulas de la concha (oviducal). A su vez, la glándula de la concha se conecta al útero, lugar donde se desarrollan los huevos y las crías (Fig. 26). Así, cuando las hembras están preñadas o desovadas el útero esta hinchado con las crías o material placentario adentro, respectivamente (Fig. 27).

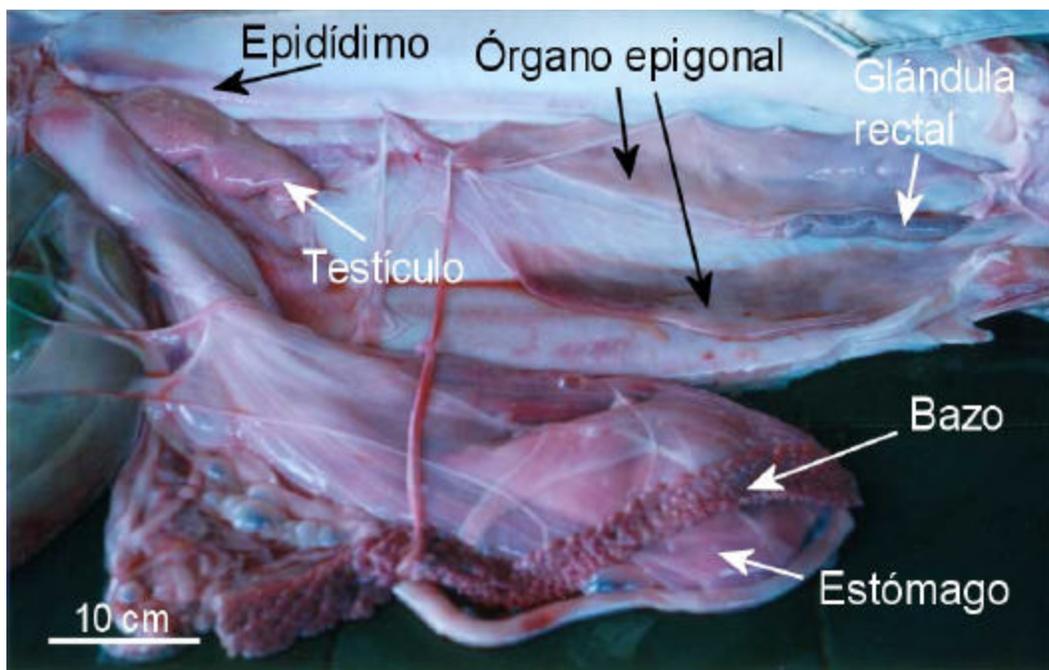


Fig. 25. Estructura de parte del sector visceral de un macho inmaduro de azulejo, destacándose el tracto reproductor.

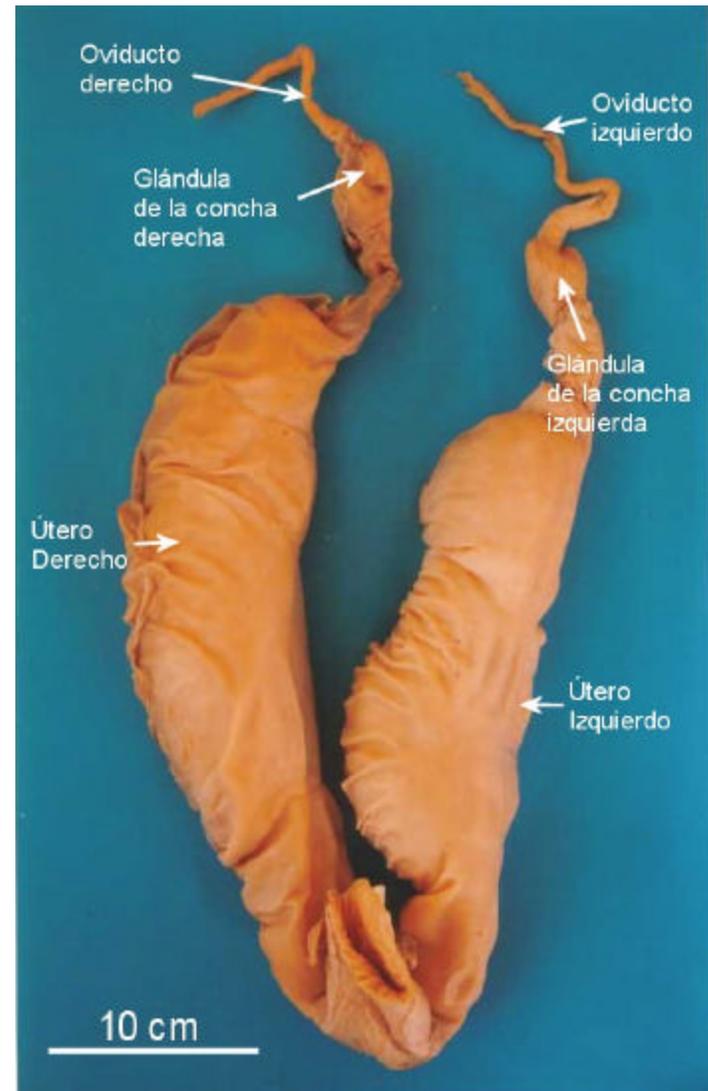
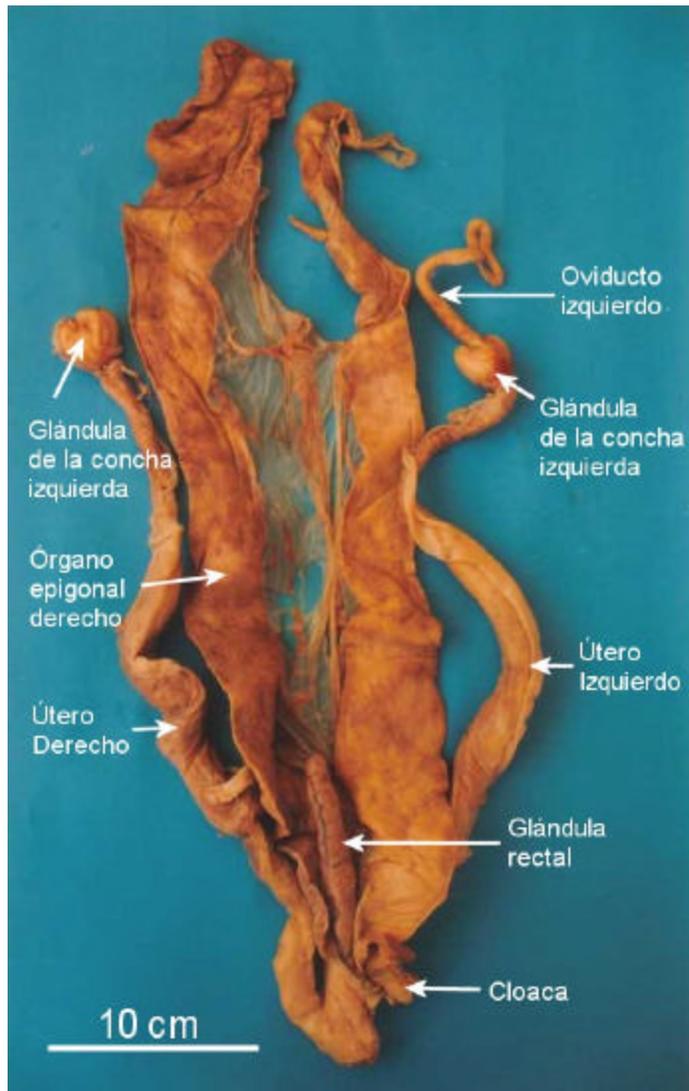


Fig. 26. Sistema reproductor de una hembra inmadura de azulejo.

Fig. 27. Sección del sistema reproductor de una hembra desovada de tiburón azulejo, mostrando el ensanchamiento del útero. Se omiten los ovarios.

El número de muestras para determinar el estado de madurez reproductiva mediante análisis histológico correspondió a 22 machos y 22 hembras.

La gónada masculina vista en corte transversal se encuentra estrechamente asociada al órgano epigonal en casi toda su periferia (Fig. 28). El examen microscópico revela una organización de acinos correspondientes a una sección de folículos esféricos también denominados ámpulas. En una región lateral de la gónada se distingue una zona germinativa compuesta por acinos de diámetro pequeño, 20 a 75 μm de diámetro, 47,5 μm en promedio (DE=11,5;n=45) los cuales contienen gonias en desarrollo (Fig. 29). Los acinos hacia la región distal de la zona germinativa aumentan de diámetro de 150 a 385 μm , 262 μm en promedio (DE=64,1;n=48). En algunos organismos se encuentran con espermatozoides y en otros sólo presentan gonias o restos celulares

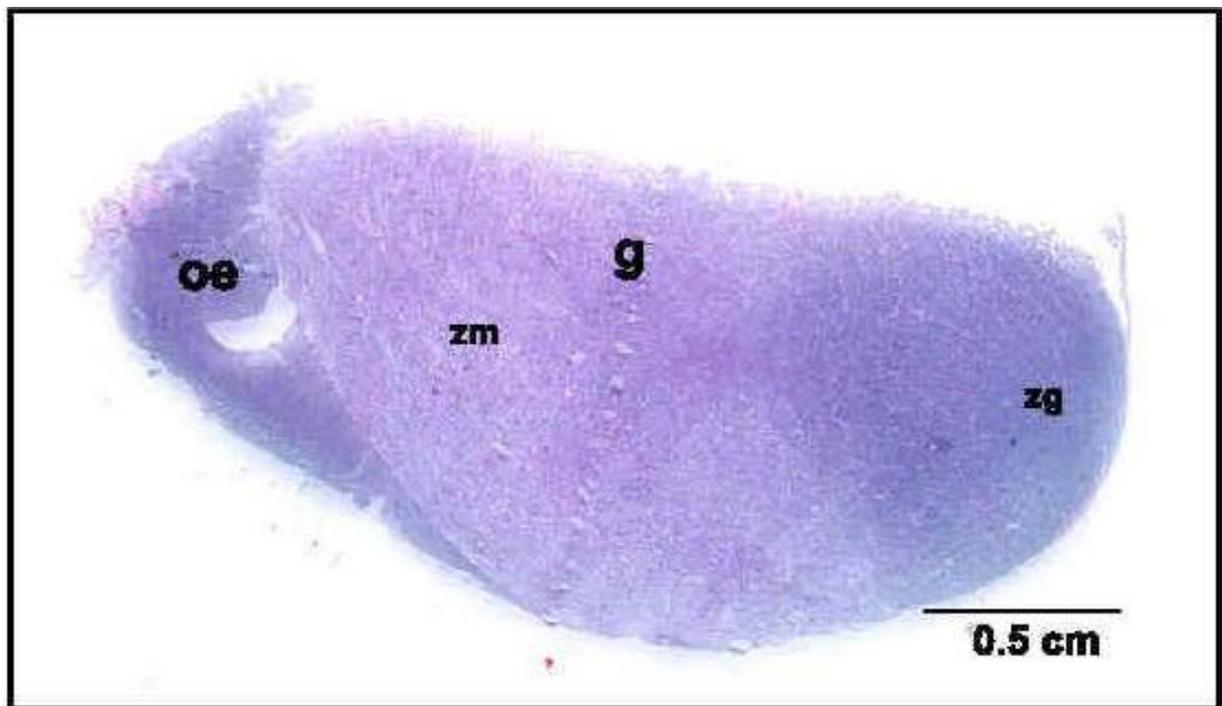


Fig. 28. Estructura gonadal masculina de azulejo. oe = órgano epigonal; g = gónada; zg = zona germinativa; zm = zona de maduración.

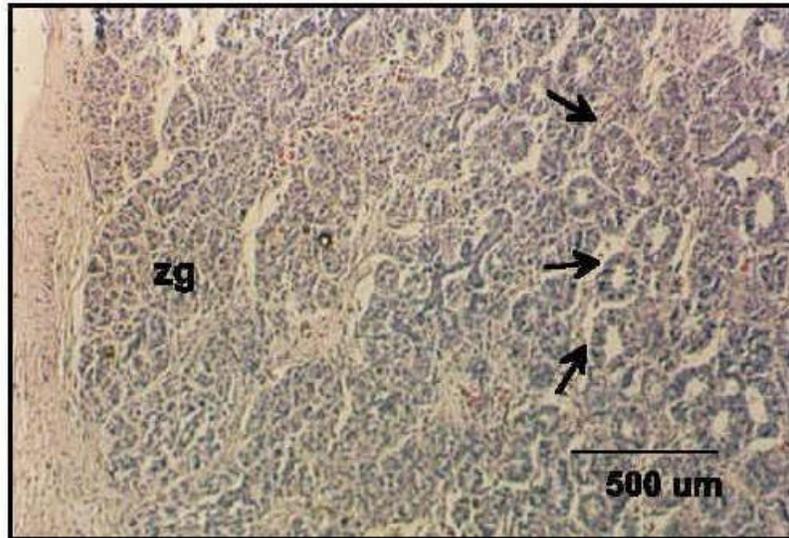


Fig. 29. Zona germinativa del testículo de azulejo. Zg = origen de zona germinativa; las flechas indican acinos en maduración.

Se asignaron al estado maduro todos aquellos organismos con espermatozoides en los acinos ubicados en la región intermedia entre la zona germinativa y su extremo distal (Fig. 30). Estos acinos maduros se caracterizan por presentar una capa de células foliculares de forma aplanada y núcleo ovalado. La cabeza de espermatozoides completamente desarrollados presenta la forma helicoidal característica de este grupo y éstos se encuentran asociados estrechamente a las células foliculares por su extremo anterior (Fig. 31). En el extremo distal se observó en todos ellos acinos sin espermatozoides y con células en desintegración. Se asignaron 10 ejemplares a este estado.

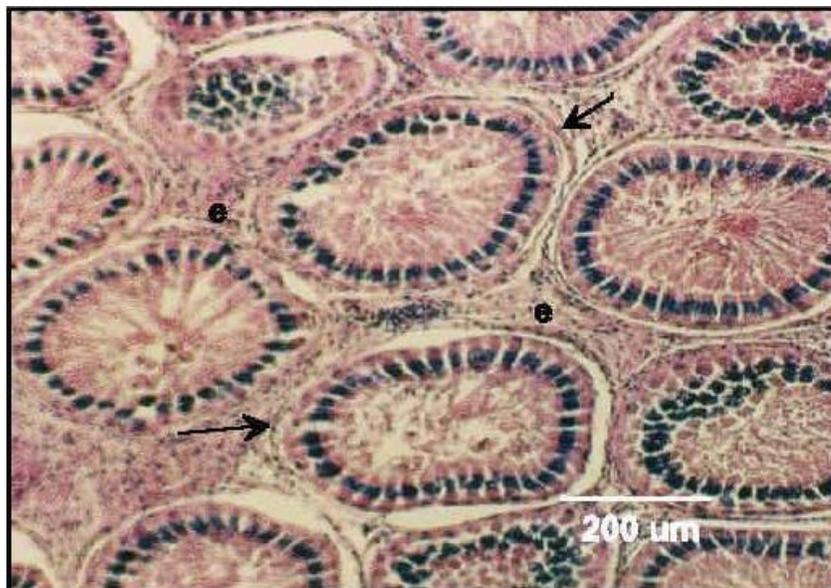


Fig. 30. Corte transversal en un testículo de azulejo en estado maduro. E = estroma; las flechas indican acinos maduros.

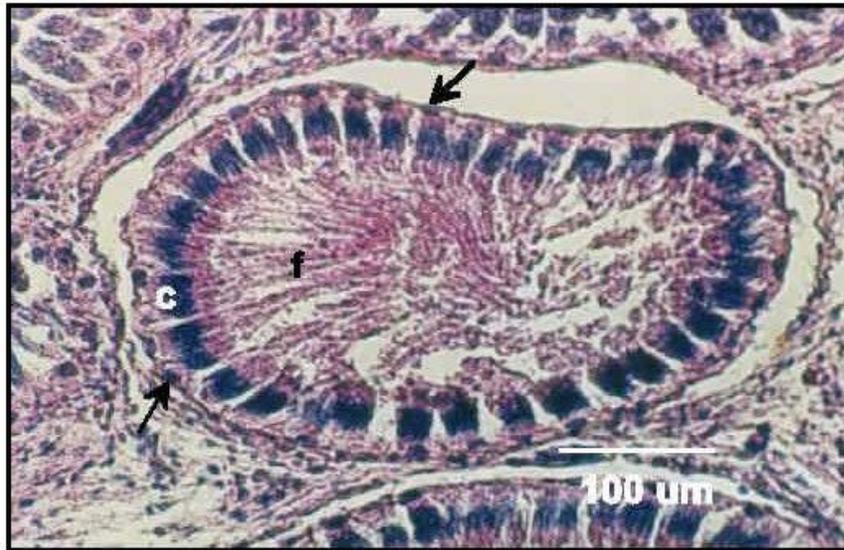


Fig. 31. Corte transversal de un acino maduro de azulejo. c = cabeza; f = flagelo; las flechas indican células foliculares.

Los ejemplares asignados al estado en maduración presentan una zona germinativa común al resto de los individuos. Los acinos circundantes contienen espermatogonias y espermatocitos en desarrollo. El resto de los acinos no presentan espermatozoides y sólo contienen restos celulares (Fig. 32). Estos últimos corresponderían a acinos evacuados en aparente regresión. El espacio interacinar en esta zona es mayor que entre acinos inmaduros o maduros. Se asignaron 10 ejemplares a este estado.

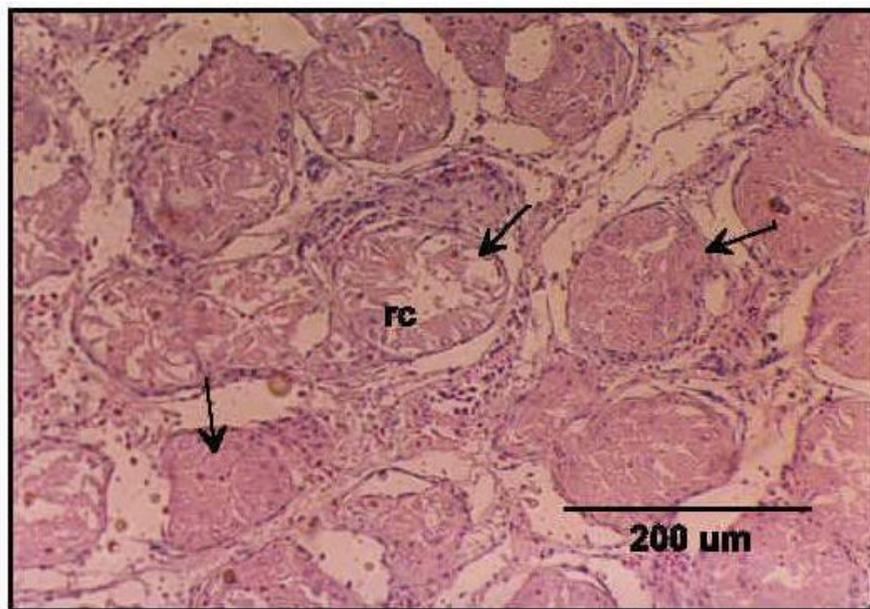


Fig. 32. Testículo de azulejo en estado en maduración. Zona de acinos en aparente regresión. rc = restos celulares; flechas indican acinos “en regresión”.

La gónada femenina en corte transversal está cubierta por tejido epigonal aproximadamente la mitad de la periferia de la gónada. El resto se encuentra delimitado por una capa delgada de musculatura (Fig. 33). Se distinguió sólo un estado gonadal denominado En Maduración.

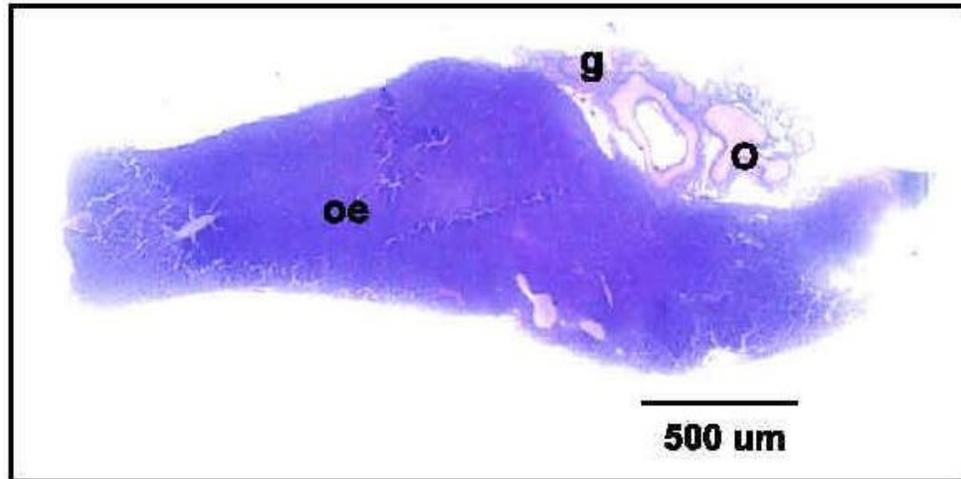


Fig. 33. Estructura de gónada femenina de azulejo. oe = órgano epigonal; g = gónada; o = ovocito.

La gónada del estado en maduración presenta ovocitos en diferentes estados de desarrollo. Los ovocitos más pequeños se distribuyen en la periferia de la gónada y frecuentemente mantienen la vesícula germinativa y el nucleolo visibles. Su tamaño varía de 40 a 170 μm, 77,5 μm de diámetro promedio (DE=30,4; n=60; Fig. 34).

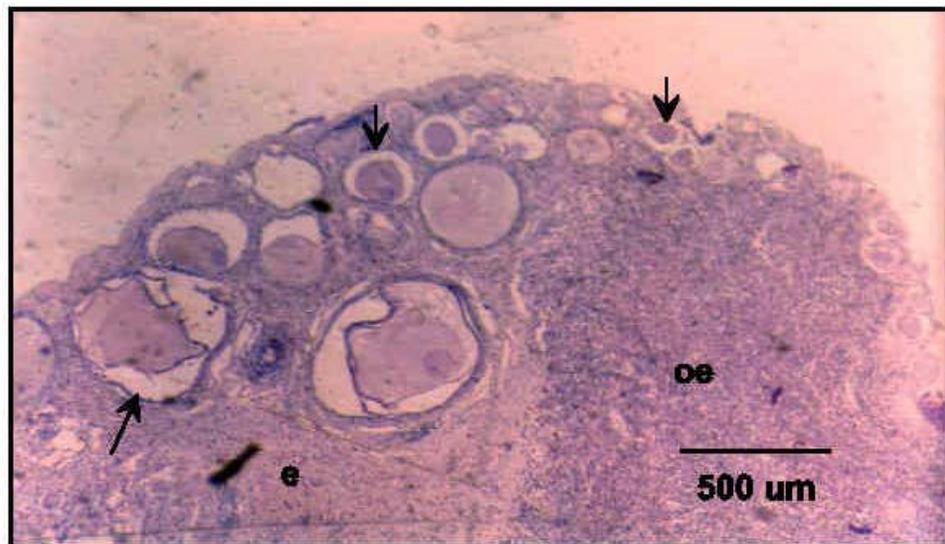


Fig. 34. Ovario de azulejo con ovocitos previtelogénicos en diferentes estados de maduración. e = estroma, oe = órgano epigonal; flechas indican ovocitos previtelogénicos.

Los ovocitos de diámetro mayor miden de 587,5 a 5000 μm , 1837,5 μm en promedio (DE= 1089,3; n=42; Fig. 35). En la región central se ubican conductos revestidos de epitelio cilíndrico bajo el cual subyace una capa de tejido muscular. Su estructura y ubicación sugiere que corresponden a conductos de evacuación de gametos. Se asignaron 20 ejemplares a este estado.

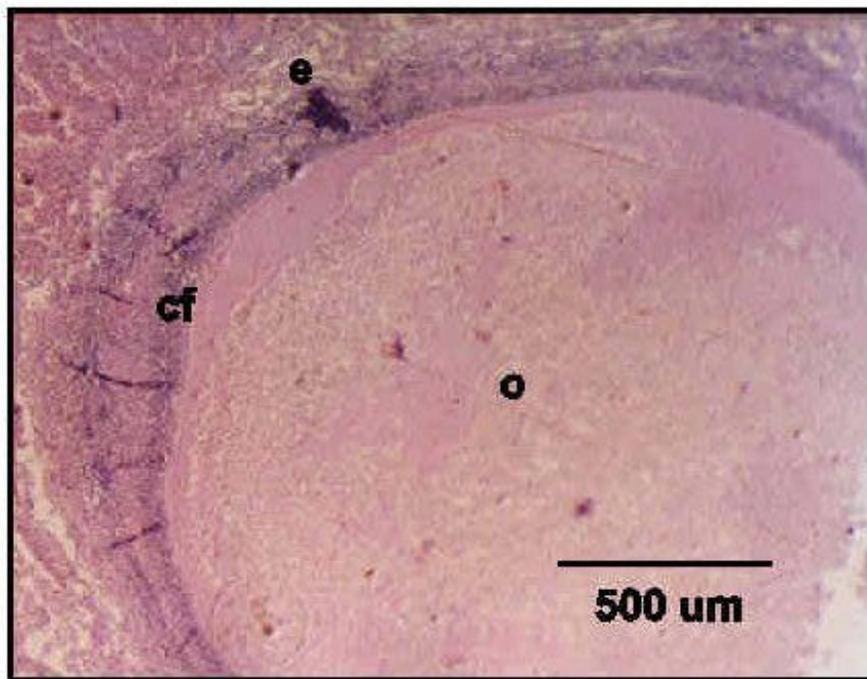


Fig. 35. Ovocito vitelogénico de azulejo. cf = células foliculares; v = vitelo; e = estroma.

La caracterización de los estados reproductivos sólo pudo hacerse para el mes de noviembre de 2000, puesto que como se indicó antes el número de ejemplares de azulejo en los meses siguientes fue bajo y correspondió principalmente a machos.

Los estados de madurez de las hembras de tiburón azulejo registrados durante el período de estudio se caracterizaron por la presencia de ejemplares inmaduros, con presencia de huevos, embriones y desovados. La escala macroscópica de madurez sexual resultante de la experiencia a bordo y siguiendo la metodología descrita anteriormente quedó definida como:

- Inmaduro (I): No se observa a simple vista el ovario en la parte anterior del órgano epigonal, oviductos delgados.

- En maduración (II): Se observa el ovario con contenido visible de huevos sobre el órgano epigonal derecho, glándula de la concha o nidamental y oviductos en desarrollo.
- Maduros (III): Presencia de embriones en desarrollo o crías en el interior del útero.
- Desovados (IV): Presencia de material placentario en el útero, el cual alcanza un notable diámetro.

De acuerdo a esta escala se pudo observar que el 45% del total de hembras analizadas a bordo se encontraron en estado inmaduro (I), el 17% se encontró en maduración (II), el 22% estaban maduros (III) con la presencia notoria de embriones en el útero y el 16% restante fueron hembras desovadas (estado IV), con una gran cantidad de materiales placentarios. Los estados III y IV se observaron principalmente en hembras mayores a 145 cm LT (Fig. 36).

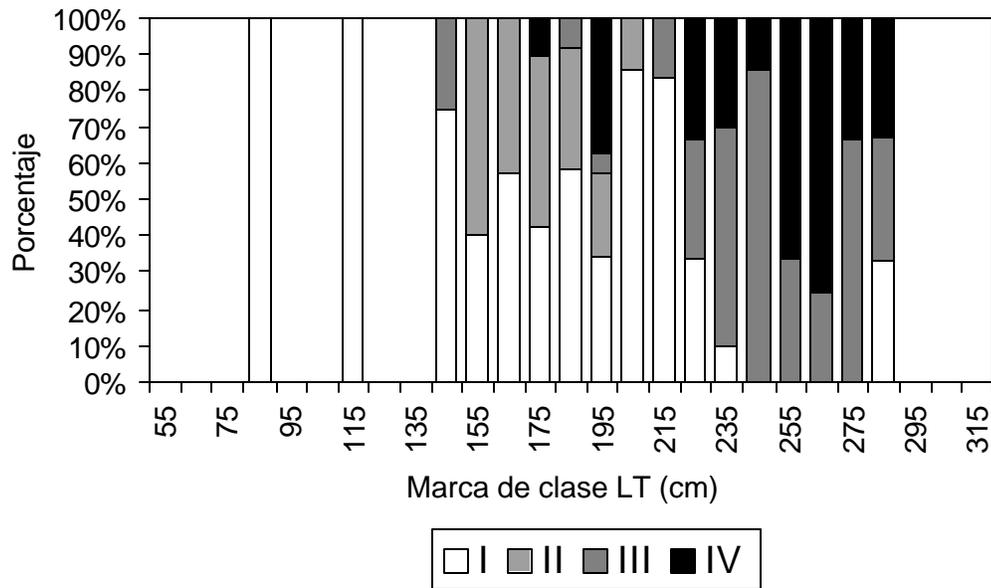


Fig. 36. Porcentaje de los estados de madurez sexual a la talla en hembras de azulejo obtenido en alta mar durante el período de estudio. N=143.

Se observó la presencia o ausencia de material reproductivo en los clasper de 173 machos de azulejo, encontrándose semen sólo en cinco ejemplares mayores a 145 cm LT. La textura de este órgano copulador a la talla indica un mayor porcentaje de especímenes con el clasper rígido sobre los 195 cm LT (Fig. 37).

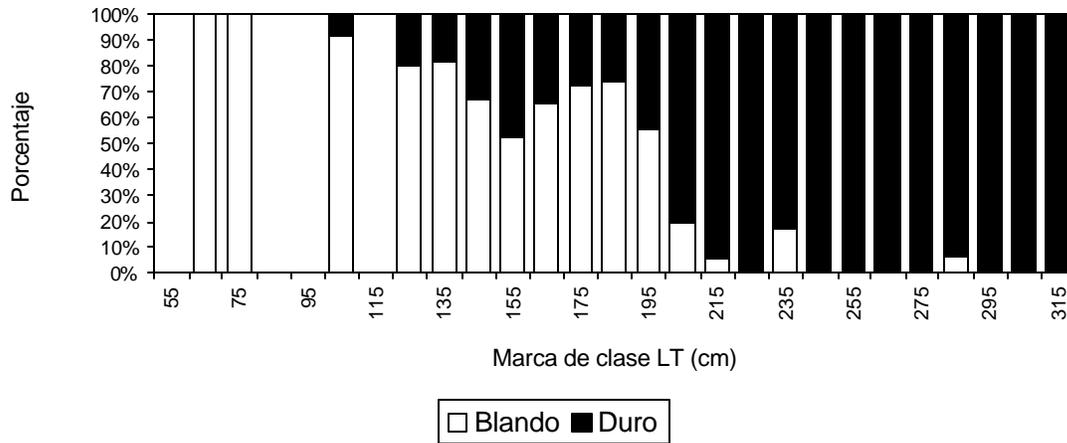


Fig. 37. Porcentaje de la textura del clasper de machos en el azulejo obtenido en alta mar durante el período de estudio. N=458.

En el análisis de la relación entre la longitud total del animal y del clasper se consideraron los datos de las crías, las cuales estaban en su período de nacimiento. De las medidas del órgano copulador tomadas para el azulejo, la que mejor muestra el punto de inflexión fue la longitud exterior del clasper (LEC). En tanto, la dispersión de los puntos observada en el ancho de la base y en la longitud interior del clasper no permitieron mostrar claramente el fuerte cambio descrito en este órgano para la determinación de la madurez sexual de machos. Según este criterio, el clasper (LEC) aumenta de tamaño notablemente alrededor de los 120 cm LT (Fig. 38).

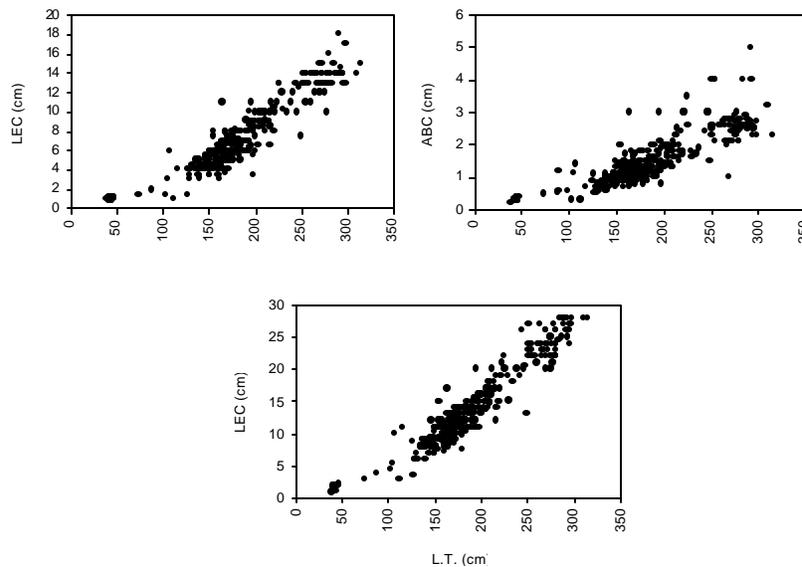


Fig. 38. Relación entre la longitud total (LT) y la longitud del clasper en el azulejo obtenido durante el período de estudio. LEC = longitud exterior del clasper, ABC = ancho de la base del clasper, LIC = longitud interior del clasper.

Marrajo

La hembra del marrajo se caracteriza por presentar un solo ovario, el derecho, contenido dentro del órgano epigonal. Este se encuentra en la parte dorsal anterior de la cavidad abdominal y está unido a tejidos conectivos de la columna vertebral por el mesorquio (Fig. 39). El ovario descarga los huevos a través de poros laterales los que están encerrados en bolsillos (Fig. 40). Los huevos que salen por este poro ovárico se introducen en el ostium, luego a la glándula de la concha (oviducal) y desde aquí al útero.

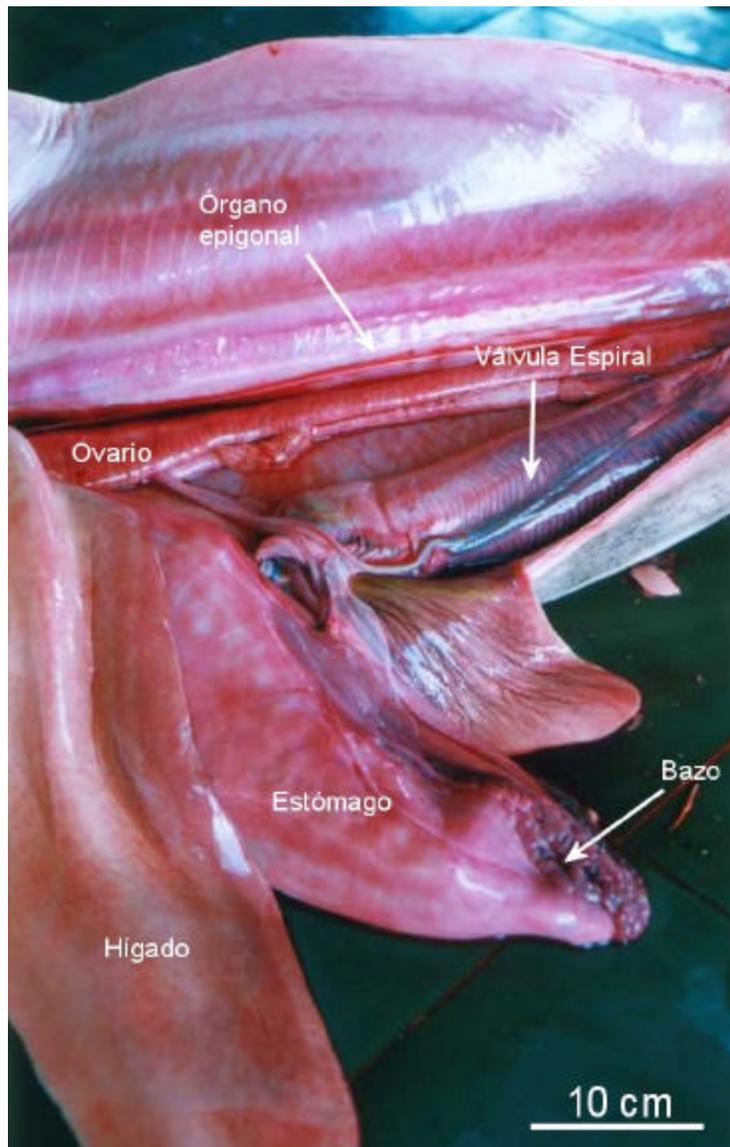


Fig. 39. Parte de las vísceras y del tracto reproductor de una hembra inmadura de marrajo.

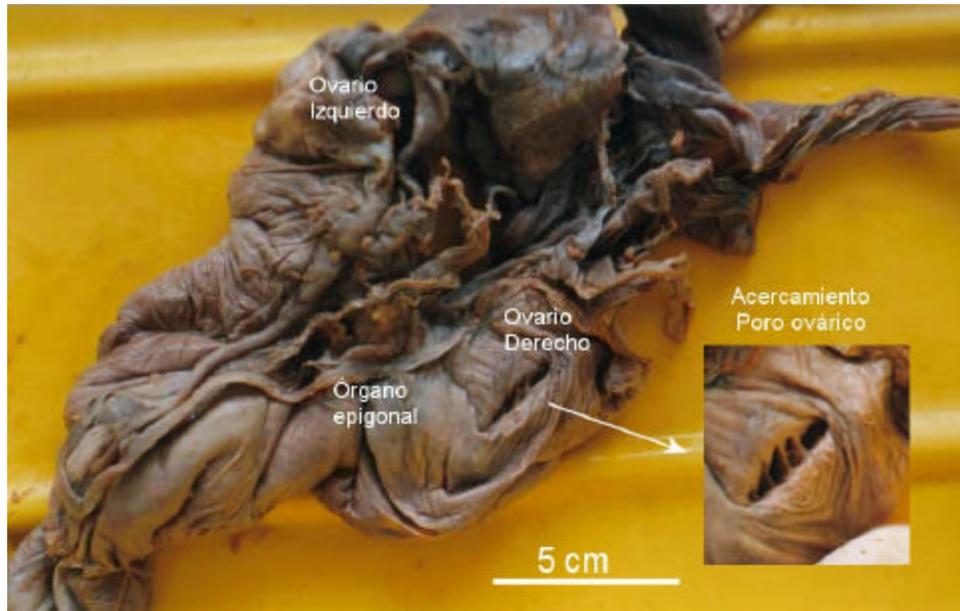


Fig. 40. Parte del sistema reproductor de una hembra madura de marrajo.

El macho del tiburón marrajo se caracteriza por tener dos testículos en la parte anterior del órgano epigonal, al cual se une a través del mesorquio. Los testículos son cilíndricos y redondeados en sus bordes estando totalmente embebidos en el órgano epigonal (Fig. 41).

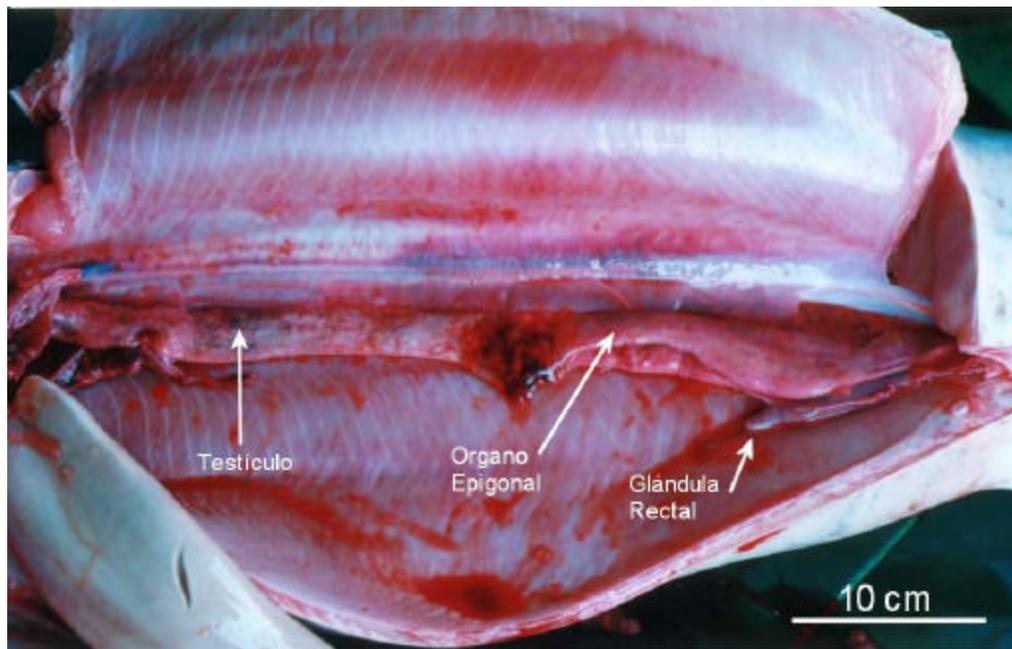


Fig. 41. Cavity abdominal de un macho de marrajo inmaduro abierta, mostrando parte importante del tracto interno de su sistema reproductor.

En machos maduros la parte anterior del órgano epigonal se ensancha a medida que el tejido reproductivo va madurando (Fig. 42).

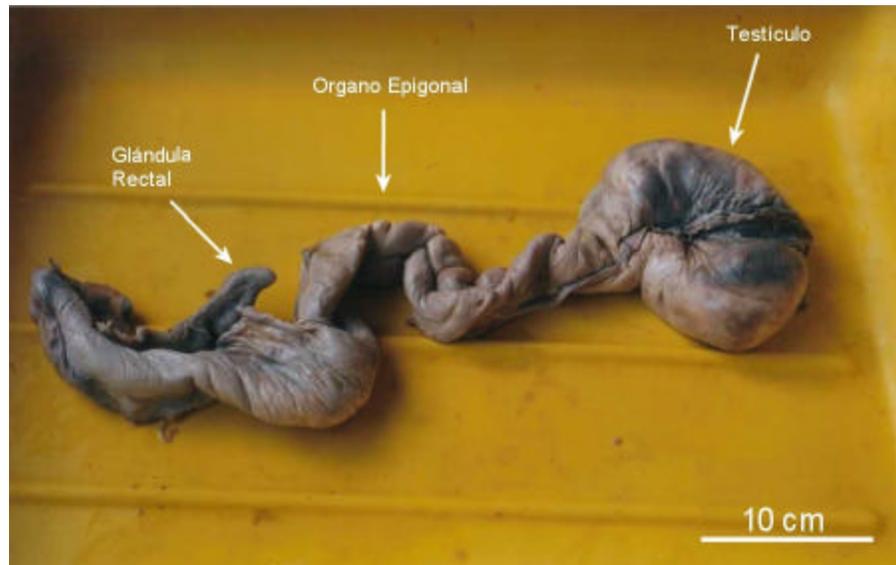


Fig. 42. Parte interna del sistema reproductor de un macho maduro de marrajo.

Las gónadas masculinas del marrajo están rodeadas por el tejido epigonal. Dentro de ella se distinguen lóbulos con acinos maduros en la periferia y una región germinativa de acinos con gametos en desarrollo (Fig. 43). Se distinguió un sólo estado de madurez denominado Maduro.

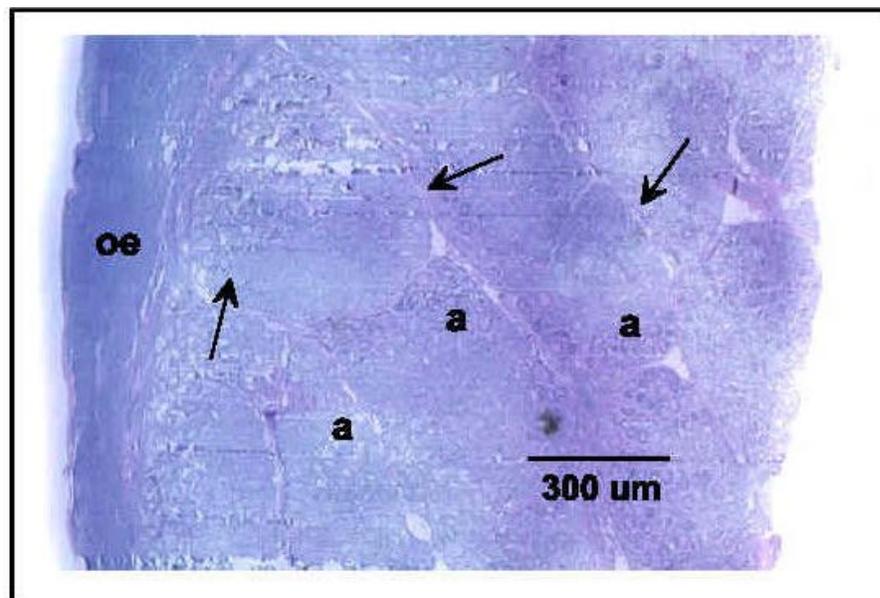


Fig. 43. Estructura gonadal masculina tipo radial del marrajo. A = acinos espermáticos; oe = órgano epigonal; las flechas indican la periferia de los lóbulos.

Se asignó al estado maduro aquellas gónadas que presentaban abundantes acinos en la periferia del lóbulo con grupos de espermatozoides maduros. Los acinos con espermatozoides miden 220 a 365 μm de diámetro, 293 μm de promedio (DE= 45,9; n=30). Los espermatozoides totalmente desarrollados poseen una cabeza de forma helicoidal y se encuentran asociados por ésta a las células foliculares (Fig. 44). Se asignó un ejemplar a este estado.

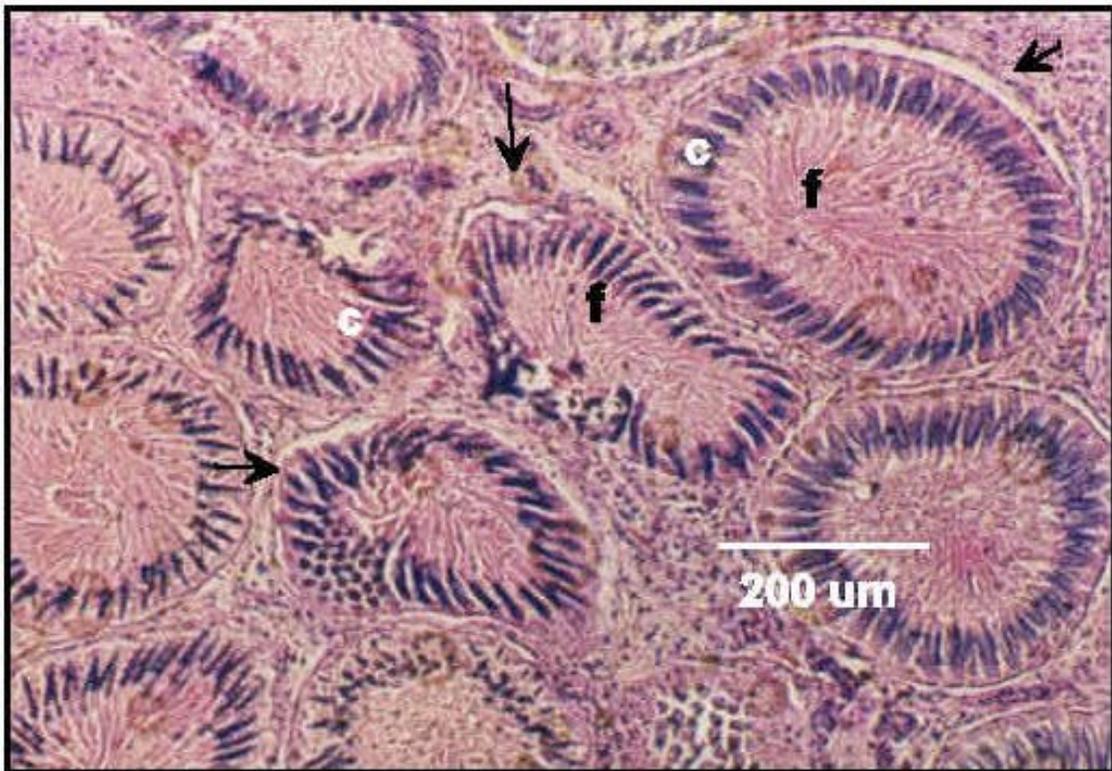


Fig. 44. Testículo de marrajo en estado maduro. c = cabeza; flagelo; las flechas indican células foliculares.

La gónada femenina del marrajo está contenida dentro del órgano epigonal y se contacta con el exterior a través de una estrecha apertura (Fig. 45). Se distinguió un solo estado de madurez gonadal denominado En Maduración.

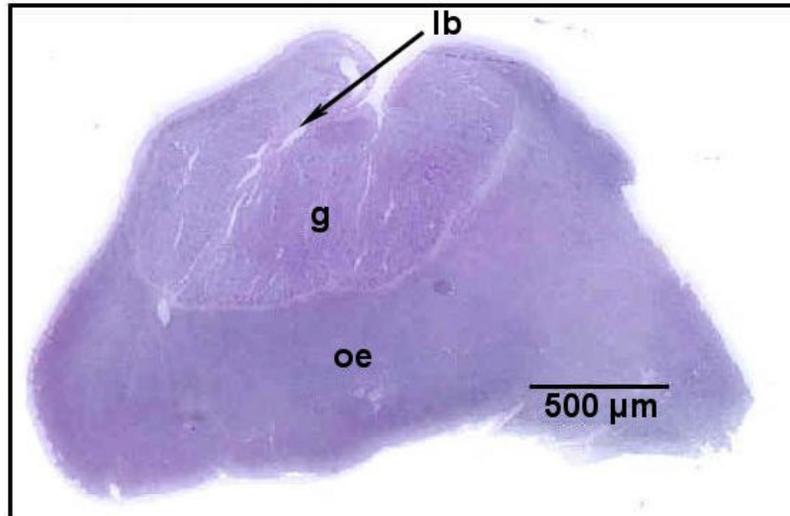


Fig. 45. Gónada femenina de marrajo. g = gónada; oe = órgano epigonal; lb = lumen laberíntico.

La gónada femenina En Maduración está constituida mayoritariamente de estroma. Todos los ovocitos son previtelogénicos y se distingue en ellos la vesícula germinativa y un nucleolo. No presentan la corona de células foliculares observada en ovocitos maduros. Los ovocitos son de talla homogénea y pequeña que fluctúa entre 25 y 80 μm, 50,5 μm en promedio (DE=11,6; n=60; Fig. 46). Se asignaron dos ejemplares a este estado.

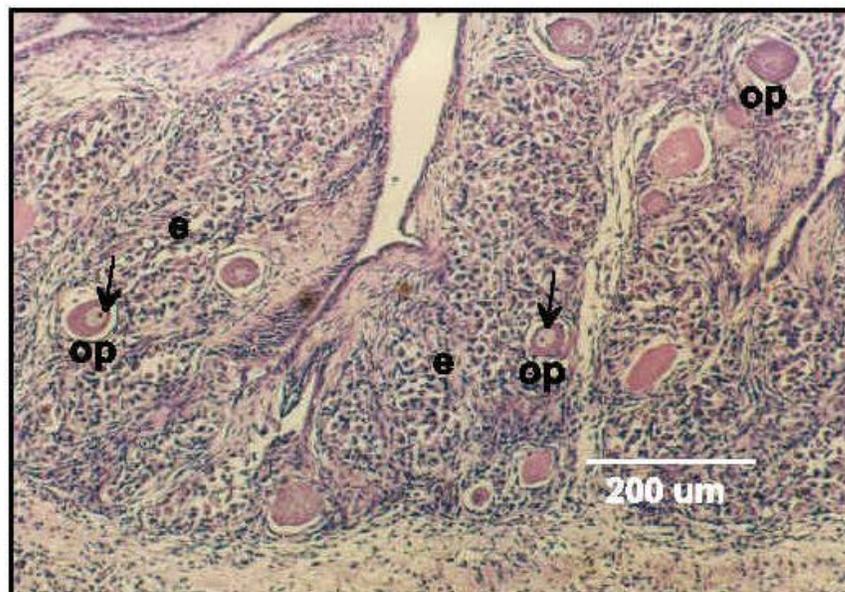


Fig. 46. Gónada femenina de marrajo en estado “En maduración”. op = ovocitos previtelogénicos; e = estroma; la flecha indica vesícula germinativa.

La condición en la cual se encuentran los ejemplares de marrajo cuando son desembarcados no permitió detectar la presencia de material reproductivo en los machos, y los pocos especímenes muestreados a bordo fueron de pequeña talla y la textura del clasper no presentó una tendencia clara en ellos (Fig. 47). El estrecho rango de tamaño del marrajo, principalmente de menor tamaño, tampoco permitió analizar la relación entre la longitud del animal y la longitud del clasper.

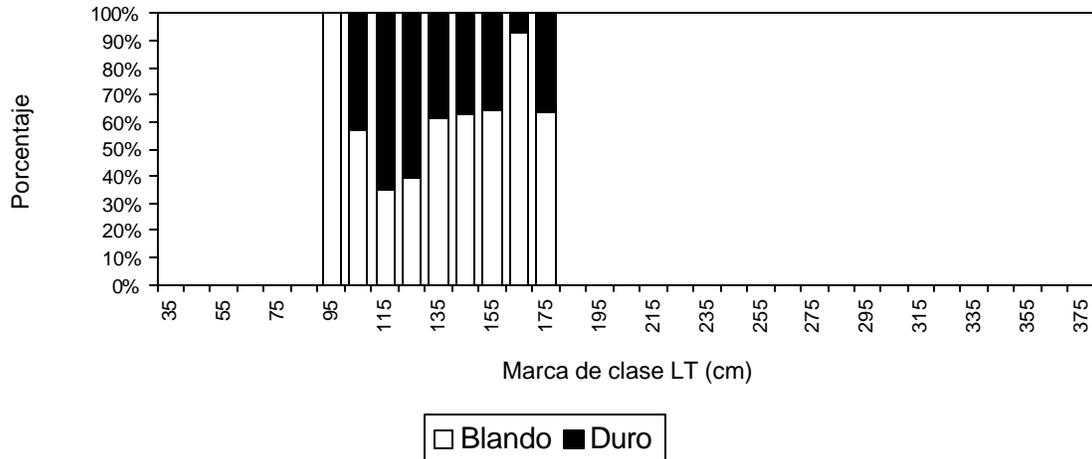


Fig. 47. Porcentaje de la textura del clasper de machos en marrajo obtenido en alta mar durante noviembre de 2000, marzo a mayo de 2001.

Tiburón sardinero

La escasa cantidad de ejemplares de tiburón sardinero no permitió realizar el estudio histológico y la condición en la cual se encuentran los ejemplares cuando son desembarcados tampoco permitió detectar la presencia de material reproductivo en los machos, y los pocos especímenes muestreados a bordo fueron de pequeña talla y la textura del clasper no presentó una tendencia clara.

c) Períodos de gestación y parición

Los datos sobre gestación y parición son aquellos recolectados en el azulejo y tiburón sardinero. Respecto al marrajo, se puede señalar que no se encontró ninguna hembra portando huevos y/o crías. Por lo tanto, estos parámetros no pudieron ser determinados para esta especie.

Se obtuvieron crías de azulejo de 10 individuos obtenidos en noviembre de 2000, sólo una hembra capturada en julio y desde 10 hembras obtenidas en agosto de 2001. La longitud promedio total de las crías de azulejo para el mes de noviembre fue de 44,4 cm LT. Posteriormente, no fueron observadas hembras con crías hasta el período julio-agosto de 2001. En este período, se observó un aumento en el tamaño promedio de las crías desde 42,6 cm LT en julio hasta 45,9 cm LT en agosto (Tabla 8).

Tabla. 8. Longitud total promedio (cm) de las crías de azulejo obtenidas en alta mar durante noviembre de 2000 y julio-agosto de 2001. H = Hembras, M = Machos.

Mes	SEXO	Promedio	D.E.
Noviembre	H	44,6	2,2
	M	44,2	2,0
Total Noviembre		44,4	2,1
Julio	H	42,6	0,7
	M	42,5	0,5
Total Julio		42,6	0,6
Agosto	H	45,8	3,4
	M	45,8	3,6
Total Agosto		45,9	3,5
Total general		45,0	3,0

Con las observaciones realizadas durante el período de estudio se pudo estimar la talla de parición para el tiburón azulejo en 52 cm LT. La cría más grande que fue encontrada en el interior del útero y la talla más pequeña encontrada en la pesca fue la misma, 52 cm LT.

Se obtuvo crías de 3 hembras de tiburón sardinero capturadas en el período julio-agosto de 2001. La longitud promedio total de las crías de esta especie para el mes de julio fue de 72,5 cm LT y en agosto fue de 73 cm LT (Tabla 9). La talla de parición para esta especie se estimó en el rango 72-73 cm LT. La cría más grande encontrada en el útero de una hembra fue un ejemplar de 73 cm LT, mientras que la menor talla encontrada en las capturas fue un ejemplar de 72 cm LT.

Tabla. 9. Longitud total promedio (cm) de las crías de tiburón sardinero obtenidas en alta mar en el período julio-agosto de 2001. H = Hembras, M = Machos.

Mes	SEXO	Promedio	D.E.
Julio	H	72,3	0,5
	M	72,8	0,5
Total Julio		72,5	0,5
Agosto	H	73	
	M	73	0,0
Total Agosto		73	0,0
Total general		73,4	1,6

Se observó la presencia de huevos en hembras de azulejo durante el período mayo-agosto de 2001. La distribución de frecuencia de los huevos mostró una distribución normal con un diámetro promedio de 3,4 mm LT (D.E. = 1,7 mm; Fig. 48). El tamaño promedio de los huevos aumentó mensualmente de 3,2 mm de diámetro (D. E. = 1,6 mm) en el mes de mayo a 4,7 mm de diámetro (D. E. = 2,4 mm) en agosto (Fig. 49).

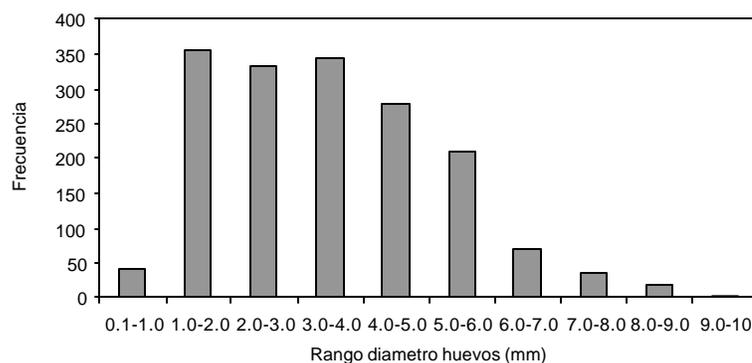


Fig. 48. Distribución de frecuencia de diámetro de huevos (mm) en los ovarios del azulejo, período mayo-agosto de 2001.

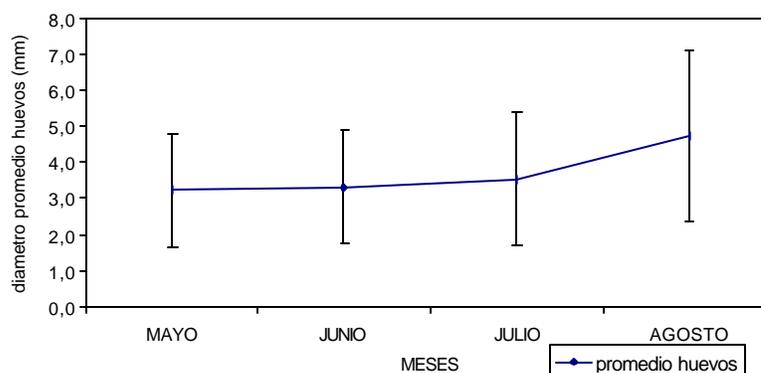


Fig. 49. Diámetro promedio de huevos (mm) en los ovarios de azulejo, período mayo-agosto de 2001.

El diámetro promedio de huevos (mm) a la talla muestra un aumento paulatino con la talla observándose luego un aumento significativo entre el rango 200-210 cm LT y el rango 210-220 cm LT (Fig. 50).

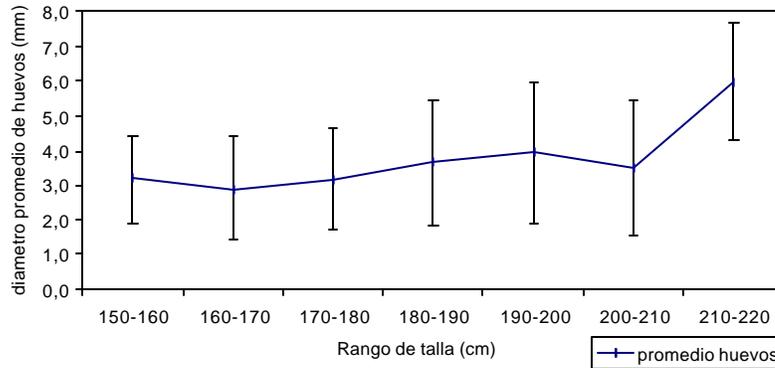


Fig. 50. Diámetro promedio de huevos (mm) por rango de talla en los ovarios de azulejo, período mayo-agosto de 2001.

d) Proporción de ejemplares maduros y fecundidad potencial

El criterio utilizado para determinar la proporción de hembras maduras fue el estado de madurez sexual en que se encontraron las hembras, siendo los estados II, III y IV aquellos considerados como maduros. En los machos después de probar otras alternativas como el análisis microscópico de las gónadas y la presencia de semen en los clasper, se consideró la textura de este órgano como el carácter más apropiado para determinar la madurez sexual en el azulejo. Por lo tanto, aquellos especímenes con el clasper rígido producto de la calcificación de este órgano fueron considerados maduros, mientras que aquellos con el clasper flexible fueron considerados inmaduros.

En el caso de las hembras de azulejo el rango de talla de 130-139 cm LT fue el rango mayor en que se encontró el 100% de los ejemplares inmaduros y a partir del rango 140-149 pueden observarse ejemplares maduros. Tomando en cuenta que la cantidad de datos es insuficiente para cada rango de talla, se puede señalar que la madurez de las hembras se produciría entre los 140 y los 159 cm LT (Tabla 10).

Tabla. 10. Proporción de hembras maduras de azulejo obtenidas en alta mar durante el período de estudio.

Rango talla LT (cm)	Número		Porcentaje (%)	
	Inmaduro	Maduro	Inmaduro	Maduro
60-69	2	0	100,0	0,0
70-79	1	0	100,0	0,0
80-89	2	0	100,0	0,0
90-99	4	0	100,0	0,0
100-109	1	0	100,0	0,0
110-119	5	0	100,0	0,0
120-129	1	0	100,0	0,0
130-139	2	0	100,0	0,0
140-149	3	1	75,0	25,0
150-159	2	3	40,0	60,0
160-169	4	3	57,1	42,9
170-179	8	11	42,1	57,9
180-189	7	5	58,3	41,7
190-199	6	7	46,2	53,8
200-209	6	1	85,7	14,3
210-219	5	1	83,3	16,7
220-229	3	6	33,3	66,7
230-239	2	18	10,0	90,0
240-249	0	7	0,0	100,0
250-259	0	6	0,0	100,0
260-269	0	4	0,0	100,0
270-279	0	3	0,0	100,0
280-289	1	2	33,3	66,7
Total general	65	78	45,5	54,5

En los machos se observó el mayor porcentaje de ejemplares maduros sobre los 200 cm LT. Sin embargo, bajo esta talla también pueden observarse grupos de tamaño con porcentajes significativos de machos maduros (Tabla 11).

Durante el período de estudio se observaron 23 hembras de azulejo con crías, de entre 148 y 288 cm LT, estimándose la fecundidad potencial en 33 crías por individuo. El número mínimo de crías observado por hembra fue tres, mientras que el máximo fue de 62 individuos. La proporción sexual promedio entre crías machos y hembras por individuo fue de 1:1.

Además, se observaron tres hembras de tiburones sardineros con crías, con rangos de entre 203 y 210 cm LT. Todas portaron cuatro crías y en dos hembras la camada tuvo una proporción sexual 1:1.

Tabla 11. Proporción de machos maduros de azulejo obtenidas en alta mar durante el período de estudio.

Rango de talla	Número		Porcentaje (%)	
	Inmaduro	Maduro	Inmaduro	Maduro
50-59				
60-69	1		100,0	0,0
70-79	2		100,0	0,0
80-89		1		
90-99	2			
100-109	11	1	91,7	8,3
110-119	3	1		
120-129	4	1	80,0	20,0
130-139	13	3	81,3	18,8
140-149	16	8	66,7	33,3
150-159	21	19	52,5	47,5
160-169	42	22	65,6	34,4
170-179	54	21	72,0	28,0
180-189	31	11	73,8	26,2
190-199	20	16	55,6	44,4
200-209	4	17	19,0	81,0
210-219	1	19	5,0	95,0
220-229		8	0,0	100,0
230-239	1	5	16,7	83,3
240-249		6	0,0	100,0
250-259		9	0,0	100,0
260-269		12	0,0	100,0
270-279		21	0,0	100,0
280-289	1	15	6,3	93,8
290-299		12	0,0	100,0
300-309		1	0,0	100,0
310-319		2	0,0	100,0
Total general	227	231	49,6	50,4

En el período mayo-agosto se observaron hembras con huevos cuyo número fluctuó entre 79 a 797 huevos en especímenes de 219 y 170 cm LT, respectivamente. El promedio de huevos por individuo fue de 402 (D. E. = 193). Al analizar el número de huevos por rango de talla se puede

observar una disminución significativa entre los rangos 180-190 cm LT y 210-220 cm LT (Fig. 51).

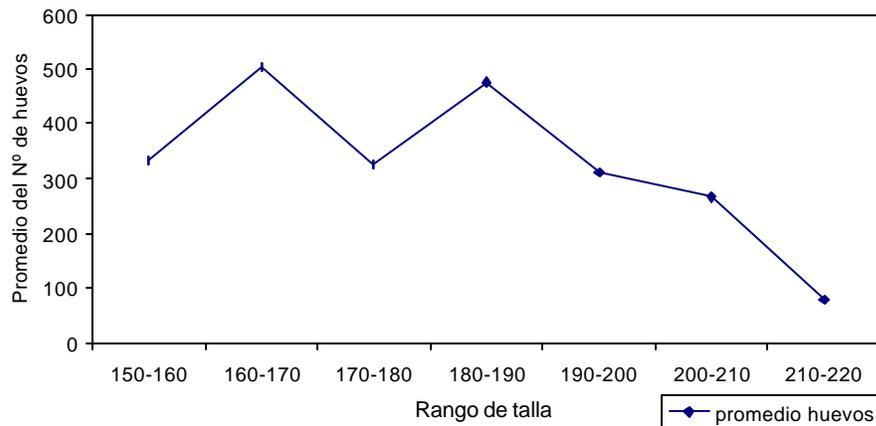


Fig. 51. Número promedio de huevos por rango de talla en los ovarios de tiburón azulejo, período mayo-agosto de 2001.

e) Tamaños mínimos de reproducción individual y poblacional

Los cálculos de los parámetros descritos en la metodología de esta actividad fueron realizados íntegramente sólo para el tiburón azulejo, especie que presentó la mayor cantidad de datos biológicos. En el caso del marrajo, el hecho de no haber obtenido una estimación aproximada de la talla de madurez sexual no permitió determinar ninguno de estos parámetros. Para el tiburón sardinero los resultados que se presentan deberán ser tomados con cautela y representan sólo una aproximación. Esto se debe a que la mayoría de los datos correspondieron a tiburones inmaduros.

La producción relativa del tiburón azulejo se calculó utilizando dos períodos para la duración del ciclo reproductivo R1, ya que aún no existe claridad sobre la duración de este ciclo y la información obtenida en este estudio fue insuficiente.

La talla de primera madurez sexual del tiburón sardinero se obtuvo como una aproximación entre información de literatura y datos de este estudio. Según Camhi *et al.* (1998), el rango en el cual ocurre la primera madurez sexual de hembras se encuentra entre 152 y 225 cm LT. En este estudio se encontraron tres hembras maduras (con crías) entre 203 y 210 cm LT con un promedio

de talla de 206 cm LT (11 años), la cual se encuentra dentro del rango descrito en literatura y fue la talla de primera madurez elegida para este objetivo.

Si se considera una duración del ciclo reproductivo de un año para ambas especies, se observa que el tiburón sardinero tiene una producción relativa en biomasa mayor que el tiburón azulejo (Tabla 12).

Tabla 12. Producción relativa de azulejo y tiburón sardinero. Significado de parámetros en metodología..

Parámetros	Azulejo		Sardinero
	(1)	(2)	
1° madurez (años)	4	4	11
L. máx. (años)	11	11	29
R1 (años)	*1	*2	**1
R2 (años)	7	7	18
N1	33	33	4
N2	33	16,5	4
N3	231	115,5	72
TL1 (cm)	183	183	126
W1 (kg)	21,9	21,9	22,2
TL2 (cm)	290	290	210
W2 (Kg)	72,4	72,4	114,7
TL3 (cm)	155	155	155
W3 (kg)	14,3	14,3	14,3
TL4 (cm)	52	52	73
W4 (Kg)	0,8	0,8	3,7
W5	27,7	27,7	14,8
W6	27,7	13,9	14,8
W7	58,2	58,2	100,4
W8	194	97	266,4
RW(camada)	1,3	1,3	0,7
RW(año)	1,3	0,6	0,7
RW(nacimiento)	0,04	0,04	0,2
RB1	17,7	10,9	25,7
RB2	4,1	4,1	7,0
RB3	13,6	6,8	18,7

* Camhi *et al.* (1998), ** Aasen (1963).

5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 3.2. :DESARROLLAR Y APLICAR UN MÉTODO PARA ASIGNAR EDADES Y ESTIMAR LAS RELACIONES EDAD-TALLA POR SEXOS Y SEXOS COMBINADOS DE LAS ESPECIES DE TIBURONES EN ESTUDIO.

Observación y Lectura de las Vértebras

En la Tabla 13 se presentan el número de vértebras, por especie y región a las cuales se les tomó radiografías. Del total por especie el 1,2%, 19% y 17,2% para marrajo, azulejo y tiburón sardinero respectivamente no se pudieron leer, ya sea por que la imagen era difusa o las diferencias de lecturas entre lectores eran muy marcadas. Las lecturas realizadas (Tabla 12) superan ampliamente las necesidades de los análisis, dado el trabajo que se requiere en tiempo y costo.

Tabla 13. Número de vértebras por especie y región que fueron radiografiadas y que se encuentran en proceso de lectura.

	I Región	II Región	III y IV Región	Total	Leídas
Marrajo	260	259	60	579	572
Azulejo	31	89	169	289	234
Tiburón sardinero			64	64	53
Total	291	348	283	922	859

Las radiografías mediante rayos-X fue la técnica que mejores resultados entregó para la observación y lectura de los anillos presentes en las vértebras. En la Figura 52 (a) se aprecia la foto tomada a la radiografía de un marrajo y en (b) y (c) el mejoramiento que se produce al aplicarle los filtros descritos anteriormente. En ellos es posible distinguir los anillos de crecimiento, principalmente el de nacimiento y el primer anillo. En la vértebra del ejemplar de la Figura 52 es posible observar 5 anillos.

Al igual que en la figura anterior en la Figura 53 (a,b,c,d) se presenta la foto de una vértebra de marrajo, con sus correspondientes arreglos, en ellas se puede apreciar claramente el primer anillo. Dicha vértebra presenta 7 anillos.

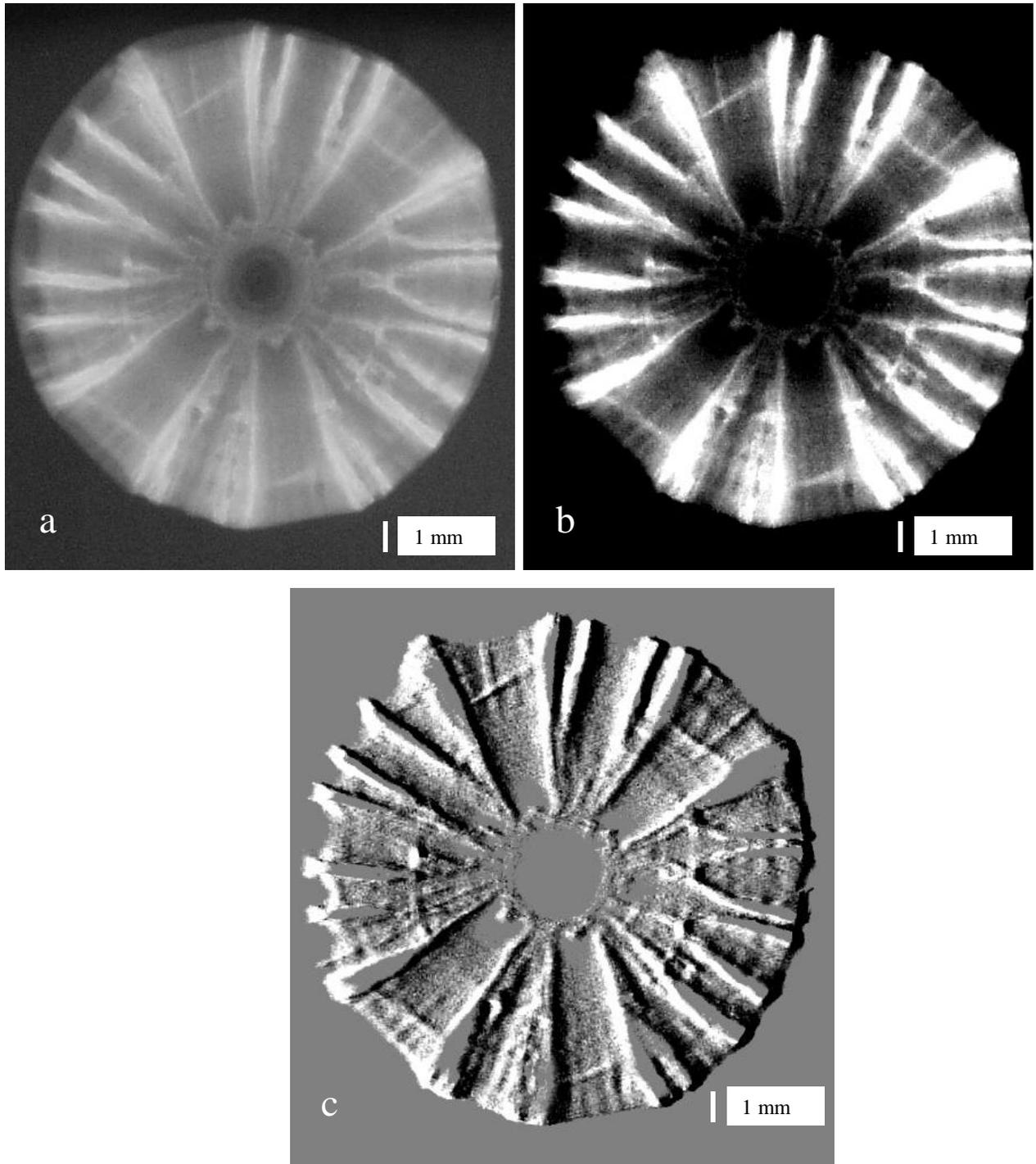


Fig. 52. Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un ejemplar de *I. oxyrinchus* (código 1189). a) foto original. b) foto con contraste c) figura con la aplicación del filtro “emboss”. El ejemplar midió 139,5 cm LT y presenta 5 anillos.

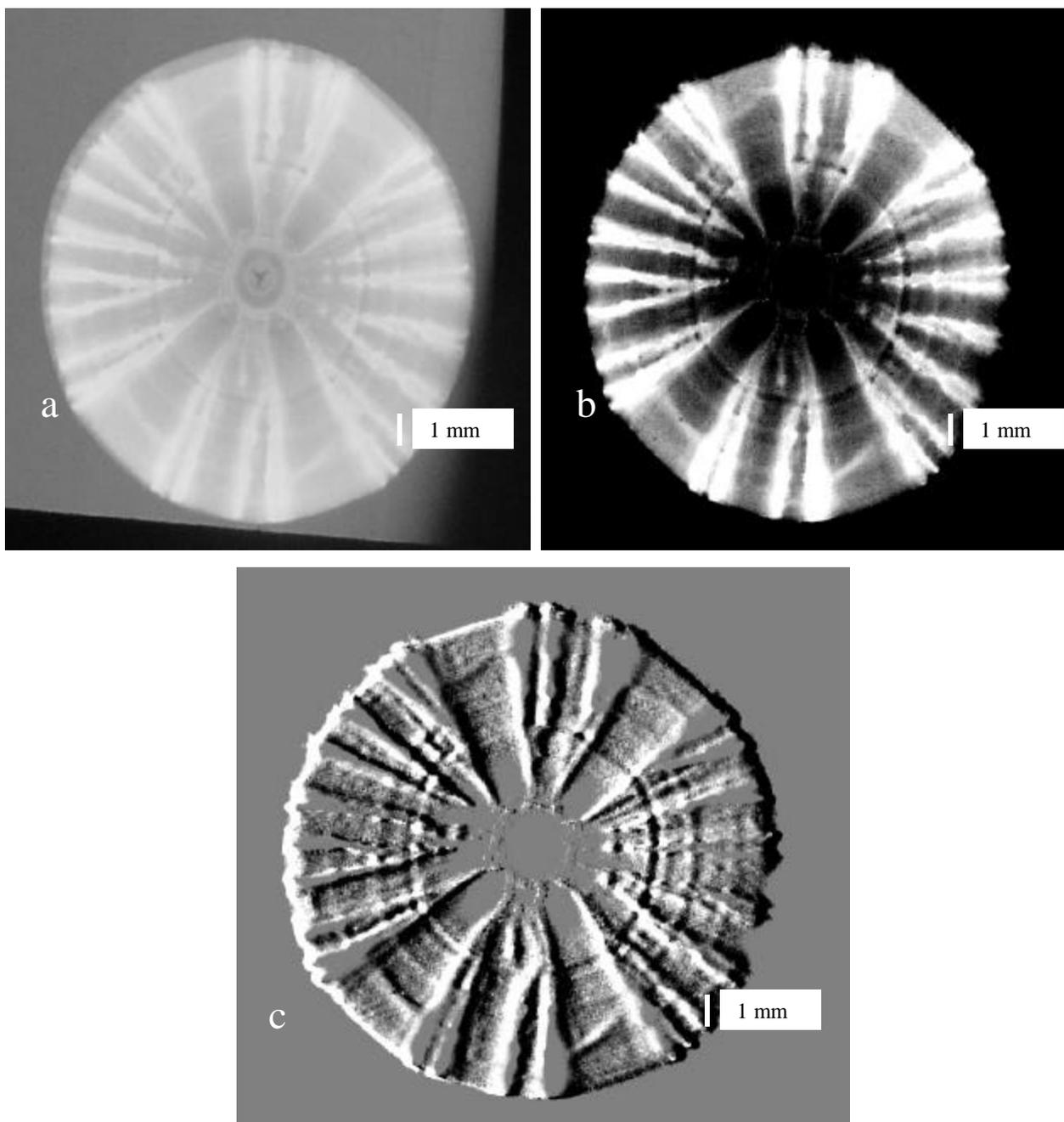


Fig. 53. Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un ejemplar de *I. oxyrinchus* (código 1108). a) foto original. b) foto con contraste c) con la aplicación del filtro “emboss”. El ejemplar midió 176,2 cm LT y presenta 7 anillos.

Las vértebras del azulejo *P. glauca* presentan una estructura distinta a aquella del marrajo lo que hace un poco más difícil su lectura, pero gracias a los distintos filtros es posible hacer visibles los anillos como se puede apreciar en la Figura 54 (a,b,c,d).

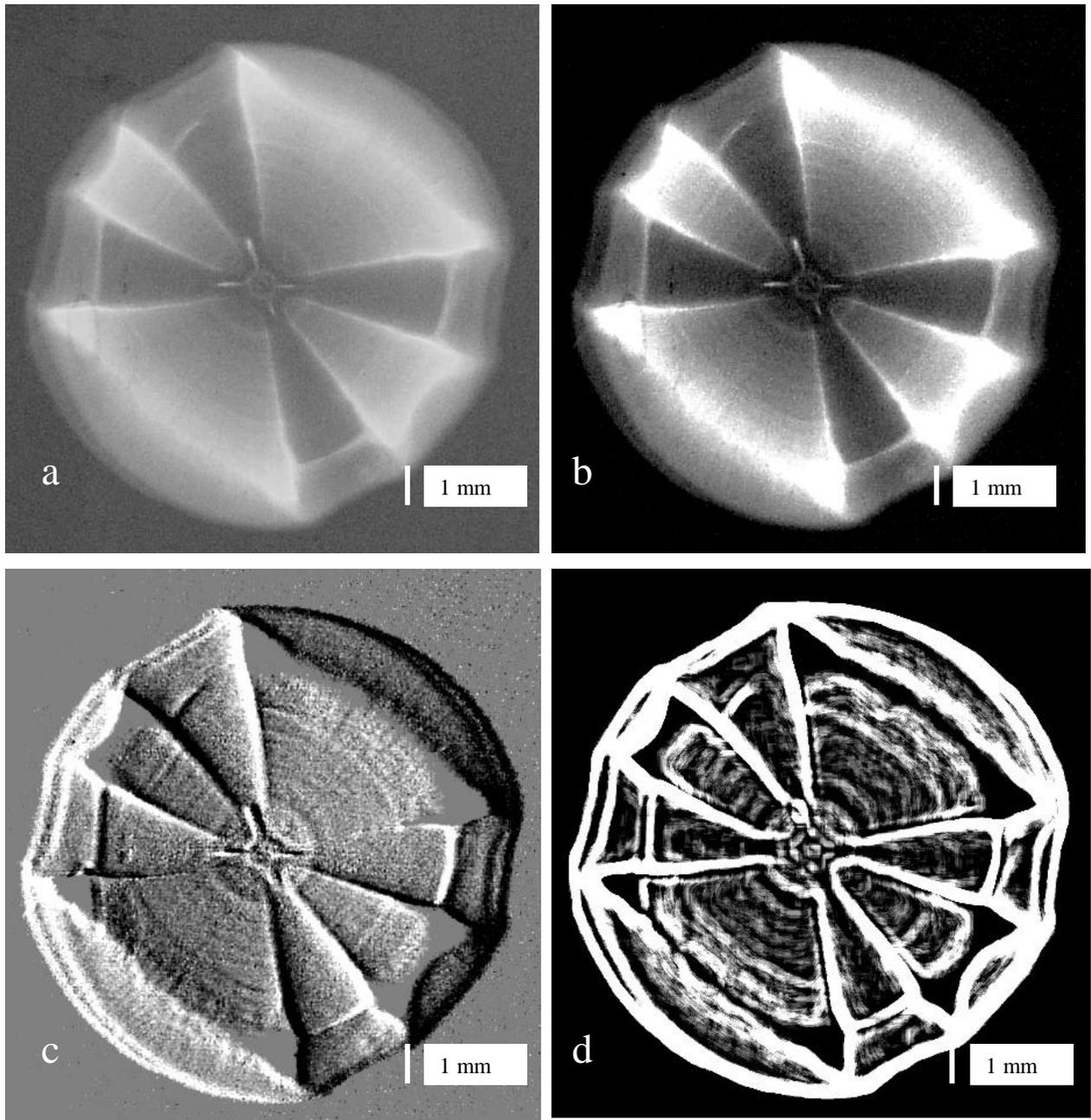


Fig. 54. Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un azulejo (código 6013). a) foto original. b) foto con contraste c) con la aplicación del filtro “emboss” y d) con la aplicación del filtro “glowing”. El ejemplar midió 177,1 cm LT y presenta 6 anillos.

En la Figura 55 a,b y c se muestran las fotos en su forma original, con contraste y con el filtro “emboss”, de una vértebra de tiburón sardinero con 7 anillos. Al igual que en el marrajo éstas se presentan nítidas y se pueden leer sin mayores problemas.

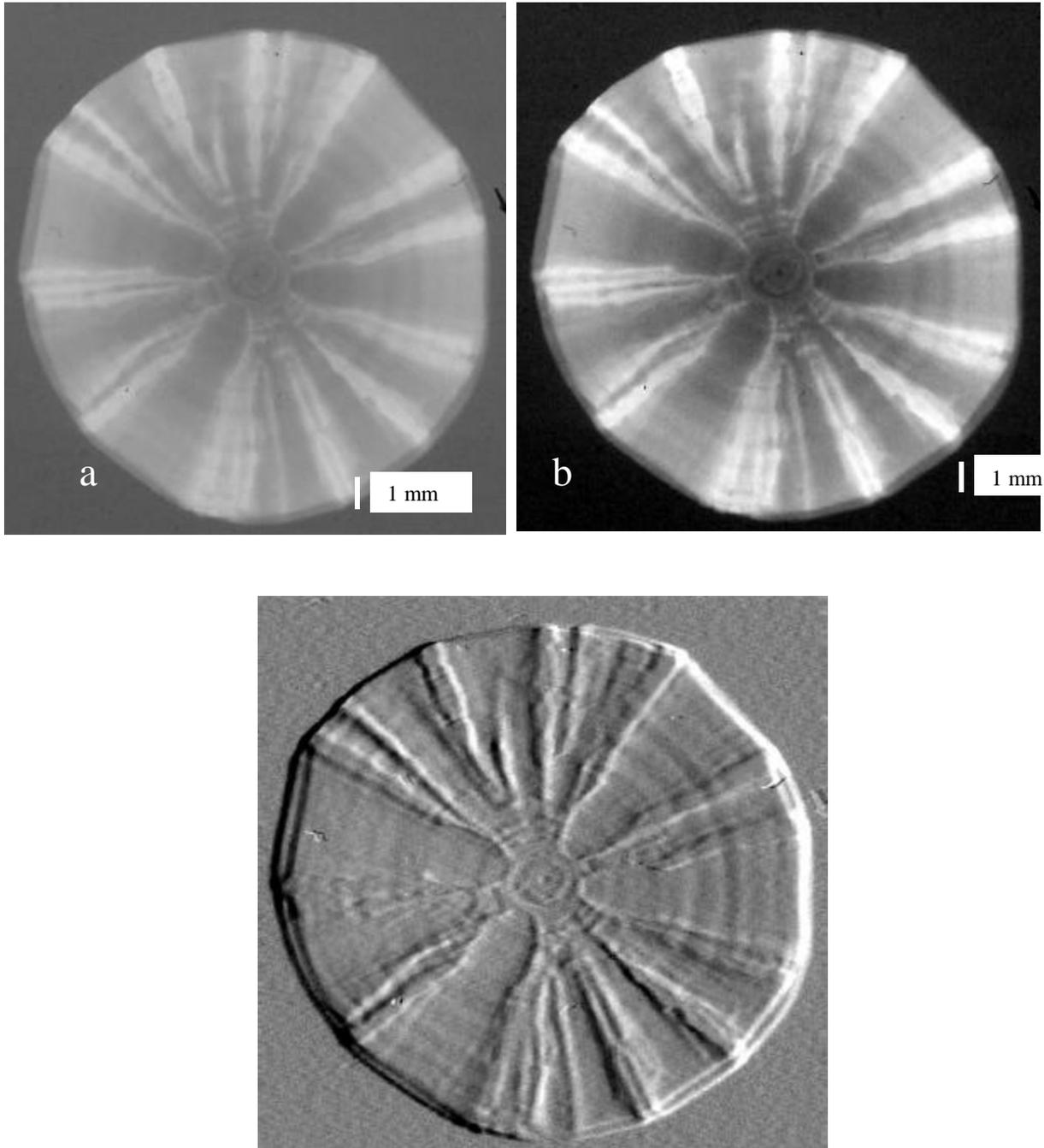


Fig. 55. Fotografía digital de la película radiográfica de la vértebra de un tiburón sardinero (código 8108). a) foto original. b) foto con contraste c) con la aplicación del filtro “emboss” . El ejemplar midió 124 cm LT y presenta 7 anillos.

En las tres especies de tiburones, los ejemplares considerados para las lecturas cubren todo el rango de longitudes obtenido en los muestreos según se puede apreciar en la Fig. 56 y en la Tabla 14, donde se indica las longitudes mínima y máxima de cada especie muestreada y consideradas para efectos de la determinación de la edad.

Tabla 14. Longitud total mínima y máxima de las tres especies de tiburones muestreados en el estudio y considerados para efectos de la determinación de la edad.

	Mínimo	Máximo	N
Marrajo muestreo	70,5	373,1	1.670
Marrajo edad	88,2	265,0	572
Azulejo muestreo	52,0	315,0	1.058
Azulejo edad	66,0	310,0	244
Sardinero muestreo	72,0	223,0	107
Sardinero edad	74,0	223,0	61

Precisión

El índice de error de porcentaje promedio (APE) y el coeficiente de variación (CV) entre lectores (Tabla 15), para las tres especies, indican que el Lector 3 es quien obtiene un menor valor del APE y del CV. Esto quiere decir que el Lector 3 tiene una mayor precisión en las lecturas. Lo contrario sucede con el Lector 2 quien obtiene baja precisión en las lecturas.

Tabla 15. Índice de error de porcentaje promedio y coeficiente de variación estimado para cada lector y en las tres especies estudiadas

Marrajo		APE	CV
	Lector 1	14,3	19,1
	Lector 2	18,7	25,2
	Lector 3	13,7	18,2
Azulejo		APE	CV
	Lector 1	12,7	17,1
	Lector 2	18,2	24,6
	Lector 3	12,4	16,5
Sardinero		APE	CV
	Lector 1	14	18,4
	Lector 2	24,1	32,7
	Lector 3	9,3	12,3

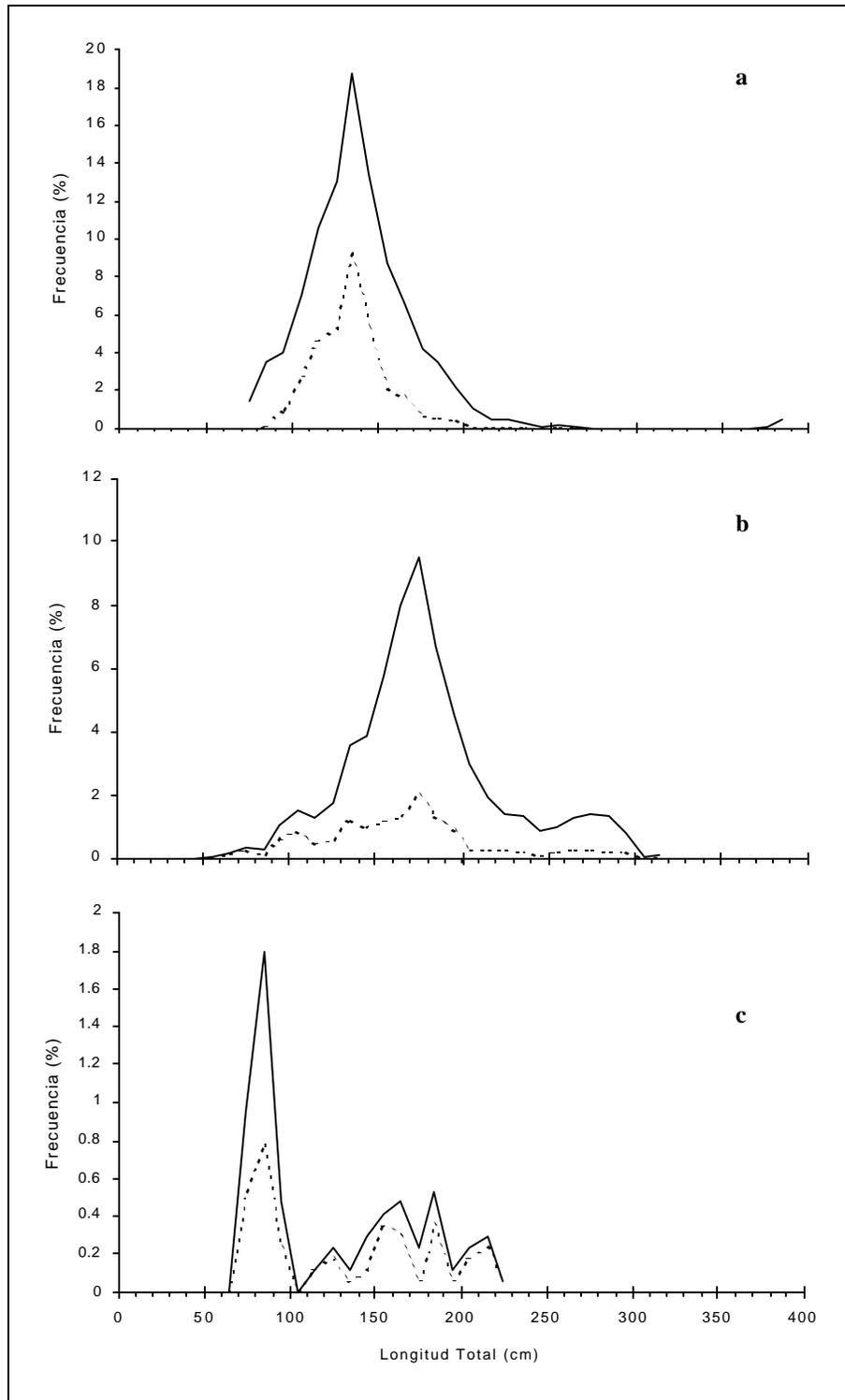


Fig. 56. Distribución de frecuencias relativa de la longitud total de las tres especies de tiburones. Línea continua ejemplares muestreados; Línea punteada ejemplares considerados en las lecturas. a) marrajo, b) azulejo y c) sardinero.

Debido al nivel de precisión obtenido es que se ha tomado la decisión de considerar las lecturas de los tres lectores con el fin de obtener una edad estimada de cada ejemplar. Para ello se utilizó la mediana de las lecturas mas que la media, con el fin de reducir la influencia que pueda ocasionar algún valor extremo.

Ajuste modelos de crecimiento

Marrajo

Se ajustó el Modelo 1 de Schnute para ambos sexos y separados (Tabla 16) el cual entregó que los parámetros a y b no son significativos en todos los casos, es decir, son iguales a cero. Esto quiere decir que se estaría ajustando mejor un modelo del tipo potencial, por lo que se procedió a ajustar directamente el modelo 4 de Schnute (Tabla 17). En el ajuste de este último modelo y en todos los casos, los parámetros y_1 y y_2 son significativos.

Tabla 16. Ajuste estadístico del modelo 1 de Schnute, para el marrajo para ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.

		y_1	y_2	a	B	n	R^2
Ambos	Valor	114,18	252,41	0,2263	-4,1436	572	60,95
	ee	1,245	12,858	0,714	12,141		
	Valor p	0	0	0,7515	0,7329		
Hembras	Valor	112,81	248,87	0,1818	-3,1151	244	65,96
	ee	2,182	13,175	3,073	50,934		
	Valor p	0	0	0,9529	0,9513		
Machos	Valor	109,87	189,05	-1,9694	36,8176	291	56,47
	ee	2,669	4,087	4,061	73,876		
	Valor p	0	0	0.6281	0.6186		

Tabla 17. Ajuste estadístico del modelo 4 de Schnute, para el marrajo para ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.

		v_1	v_2	N	R^2
Ambos	Valor	113,57	241,81	572	60,86
	ee	0,853	4,302		
	Valor p	0	0		
Hembras	Valor	112,49	246,14	244	65,95
	ee	1,335	5,941		
	Valor p	0	0		
Machos	Valor	115,19	240,19	291	55,71
	ee	1,189	6,842		
	Valor p	0	0		

Dado que en muchas ocasiones se necesita contar con los parámetros del modelo de von Bertalanffy, al ajustar este último modelo (Tabla 18) a la información combinada de ambos sexos, el parámetro K no es significativo al igual que para machos, sólo en las hembras es significativo. Debido a este resultado es que se probó con el modelo bifásico de Soriano *et al.* (1992) obteniéndose los mejores ajustes en función de la significancia de los parámetros y el coeficiente de determinación (Tabla 19). La importancia del ajuste de este modelo nos indica que en el ciclo de vida de esta especie hay un evento biológico que se produce a los 5,3 años en las hembras y 4,7 años en los machos, con un L_∞ de 281,19 cm LT y 181,73 cm LT, para hembras y machos respectivamente, las curvas ajustadas al modelo bifásico se pueden observar en la Figura 57. Al aplicar la prueba F de Chen (1992) para probar igualdad en las curvas de crecimiento de hembras y machos, indica que existen diferencias significativas entre ellas ($F_3; 566=34,173; p=0$).

Tabla 18. Ajuste estadístico del modelo de von Bertalanffy, para el marrajo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.

		L_∞	K	t_0	N	R^2
Ambos	Valor	332,95	0,0366	-9,9949	572	55,38
	ee	144,841	0,027	2,491		
	Valor p	0,0219	0,1809	0		
Hembras	Valor	297,98	0,0624	-5,4136	244	57,75
	ee	73,752	0,029	1,285		
	Valor p	0	0,0358	0		
Machos	Valor	244,68	0,0731	-7,3712	291	54,02
	ee	64,496	0,045	2,288		
	Valor p	0,0002	0,1046	0,0014		

Tabla 19. Ajuste estadístico del modelo Bifásico, para el marrajo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.

		L_{∞}	K	t_0	h	th	n	R^2
Ambos	Valor	243,96	0,0779	-6,4733	0,1225	5,714	572	53,92
	ee	42,532	0,034	1,604	0,044	0,194		
	Valor p	0	0,0205	0	0,0051	0		
Hembras	Valor	281,19	0,0748	-5,2532	0,1854	5,3934	244	62,84
	ee	60,629	0,036	1,485	0,056	0,158		
	Valor p	0	0,0393	0,0005	0,0012	0		
Machos	Valor	181,73	0,2385	-2,8188	0,2139	4,7824	291	54,42
	ee	9,743	0,065	0,832	0,066	0,191		
	Valor p	0	0,0003	0,0008	0,0014	0		

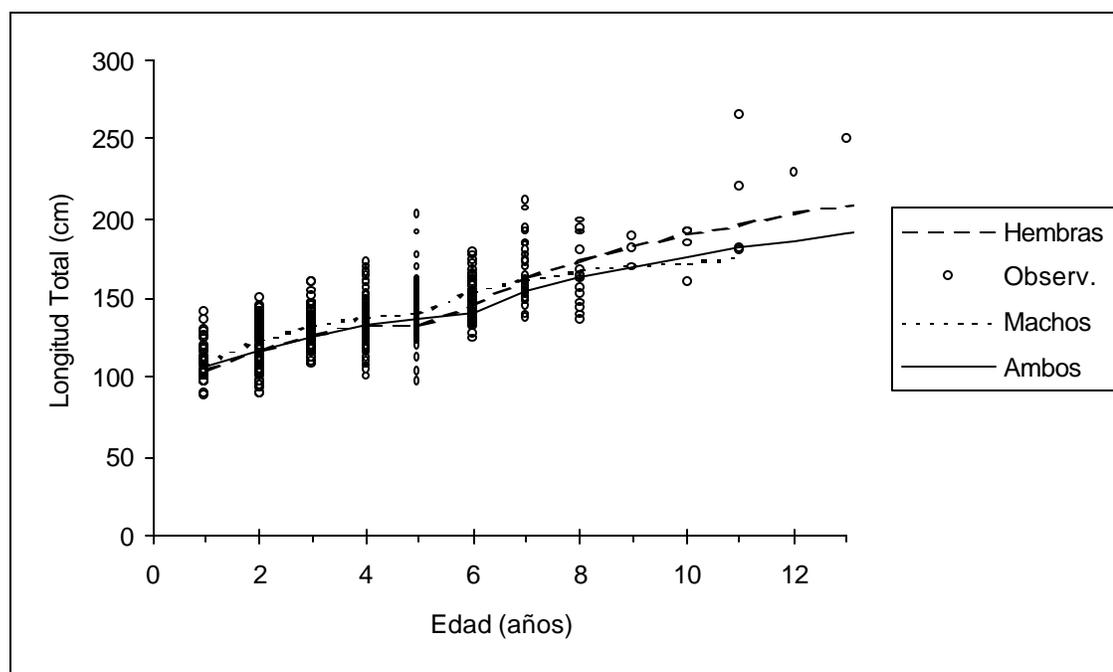


Fig. 57. Ajuste del modelo Bifásico a los datos de edad y longitud total para hembras, machos y sexos combinados del marrajo.

Azulejo

Al igual como en el marrajo, en el azulejo se ajustó los Modelos 1 y 4 de Schnute, el de von Bertalanffy y el bifásico. En el Modelo 1 de Schnute (Tabla 20) los parámetros a y b no son significativos, lo que indicaría que la relación se acercaría más a una del tipo potencial, por lo que se obtiene un buen ajuste con el Modelo 4 de Schnute (Tabla 21). Al ajustar el modelo de

von Bertalanffy (Tabla 22) se obtienen buenos ajustes por sexos separados con un L_{∞} de 273,6 cm y 389,9 cm para hembras y machos respectivamente, y un K de 0,109/año para hembras y 0,088/año para machos.

Tabla 20. Ajuste estadístico del modelo 1 de Schnute, para el azulejo, ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.

		y_1	y_2	a	b	n	R^2
Ambos	Valor	100,03	311,23	-0,8343	10,2698	234	65,93
	ee	6,527	12,425	0,959	11,113		
	Valor p	0	0	0,3855	0,3564		

Tabla 21. Ajuste estadístico del Modelo 4 de Schnute, para el azulejo, ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.

		y_1	y_2	n	R^2
Ambos	Valor	112,27	321,51	234	65,19
	ee	2,939	9,389		
	Valor p	0	0		

Tabla 22. Ajuste estadístico del modelo de von Bertalanffy, para el azulejo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.

		L_{∞}	K	t_0	n	R^2
Ambos	Valor	438.32	0.0516	-4.0209	234	63.65
	ee	193.878	0.037	1.319		
	Valor p	0.0247	0.1626	0.0026		
Hembras	Valor	273.63	0.1093	-3.3904	151	52.32
	ee	60.263	0.061	1.526		
	Valor p	0	0.0715	0.0278		
Machos	Valor	398.89	0.0882	-1.6569	83	81.25
	ee	90.877	0.037	0.6438		
	Valor p	0	0.0184	0.0119		

Mientras que al ajustar el modelo bifásico (Tabla 23) también se obtiene un buen ajuste para todos los casos, en que todos los parámetros son significativos con L_{∞} de 283,35 cm y 324

cm, para hembras y machos respectivamente, y con valores de K de 0,119/año para hembras y 0,193/año para machos (Fig. 58). La comparación del crecimiento entre sexos indica que estos presentan diferencias significativas en el crecimiento ($F_{3, 228}=16,489$; $p=0$)

Tabla 23. Ajuste estadístico del modelo Bifásico, para el azulejo, ambos sexos y separados. ee: error estándar del parámetro.

		L_{∞}	K	t_0	h	th	n	R^2
Ambos	Valor	381,83	0,0854	-2,0411	0,2051	6,0624	234	62,82
	ee	93,765	0,039	0,745	0,064	0,253		
	Valor p	0	0,032	0,0067	0,0016	0		
Hembras	Valor	283,35	0,1197	-2,6813	0,1697	7,3809	151	53,68
	ee	58,371	0,059	1,208	0,079	0,331		
	Valor p	0	0,0471	0,0279	0,0331	0		
Machos	Valor	324	0,1928	-0,4619	0,3225	4,8909	83	79,82
	ee	30,042	0,053	0,366	0,087	0,345		
	Valor p	0	0,0005	0	0,0004	0		

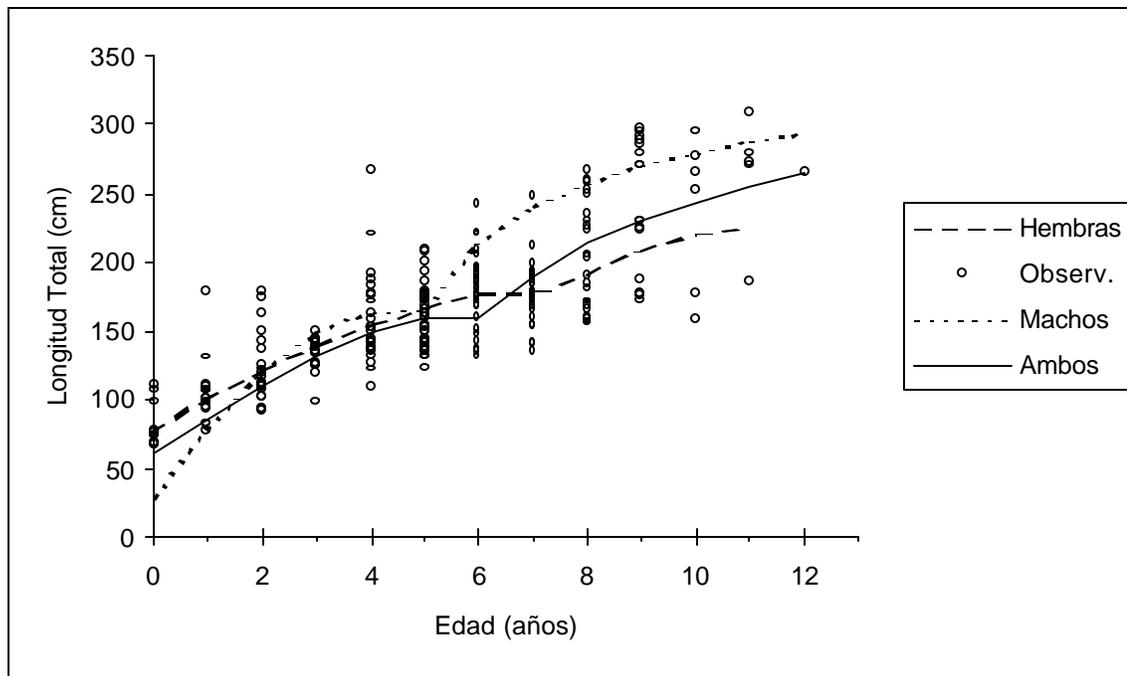


Fig. 58. Ajuste del modelo Bifásico a los datos de edad y longitud total para hembras, machos y sexos combinados del azulejo.

Tiburón Sardinero

El ajuste del Modelo 1 de Schnute (Tabla 24) arroja que los parámetros a y b no son significativos. Mientras que el Modelo 2 de Schnute (Tabla 25) presenta un buen ajuste, indicando con ello que la relación se aproxima a un modelo del tipo Gompertz. La longitud asintótica, estimada a partir de este modelo, da un valor de 248,98 cm de longitud total.

Ya que para fines de comparación de la dinámica de una población y el uso que se hace en otros modelos de los parámetros de crecimiento del modelo von Bertalanffy, se procedió a ajustar este último, teniendo como resultados los valores de la Tabla 26, donde el parámetro K no es significativo.

Tabla 24. Ajuste estadístico del Modelo 1 de Schnute, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.

		y_1	y_2	a	b	n	R^2
Ambos	Valor	81,68	236,86	-0,1064	2,8881	53	86,02
	ee	4,959	22,353	0,363	3,973		
	Valor p	0	0	0,7705	0,4708		

Tabla 25. Ajuste estadístico del Modelo 2 de Schnute, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.

		y_1	y_2	a	n	R^2
Ambos	Valor	83,42	205,85	0,1749	53	85,85
	ee	4,456	7,939	0,053		
	Valor p	0	0	0,0019		

Tabla 26. Ajuste estadístico del modelo de von Bertalanffy, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.

		L_{∞}	K	t_0	n	R^2
Ambos	Valor	350,18	0,0685	-2,7956	53	85,56
	ee	146,358	0,049	1,063		
	Valor p	0,0205	0,1678	0,0113		

Finalmente se ajustó el modelo bifásico entregando los parámetros de la Tabla 27, con un L_{∞} para ambos sexos de 243,13 cm de longitud total y un K de 0,149 /año, la curva estimada se puede apreciar en la Figura 59.

Tabla 27. Ajuste estadístico del modelo Bifásico, para el tiburón sardinero considerando ambos sexos. ee: error estándar del parámetro.

		L_{∞}	K	t_0	h	th	n	R^2
Ambos	Valor	243,13	0,1489	-1,7386	0,1419	6,1335	53	86,81
	ee	44,232	0,049	0,944	0,135	0,851		
	Valor p	0	0,0504	0,0717	0,2971	0		

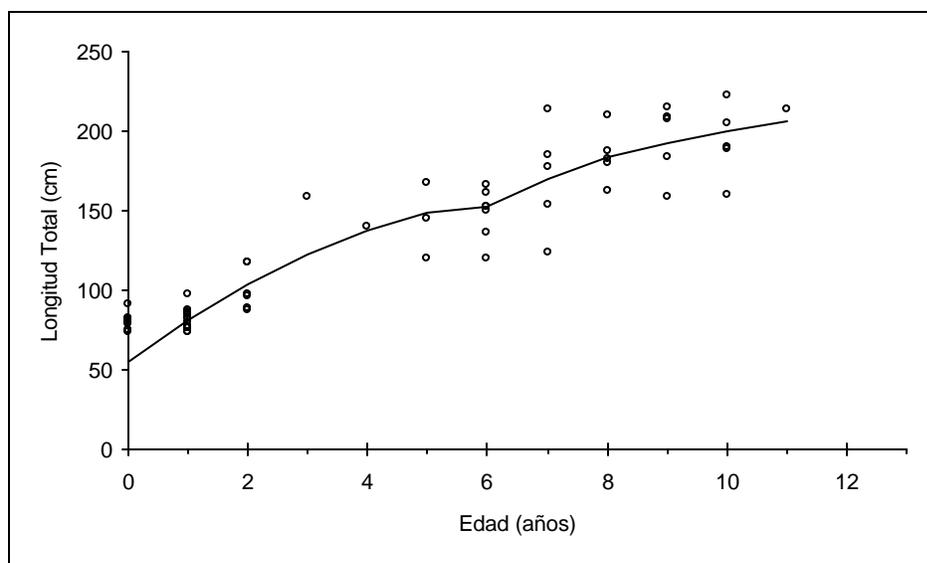


Fig. 59. Ajuste del modelo Bifásico a los datos de edad y longitud total para ambos sexos del tiburón sardinero.

5.3. OBJETIVO ESPECIFICO 3.3.: DETERMINAR LAS RELACIONES SOMATOMÉTRICAS PARA PERÍODOS ESTACIONALES Y ANUAL POR SEXOS Y SEXOS COMBINADOS DE LAS ESPECIES DE TIBURONES EN ESTUDIO.

En la base de datos original se contabilizó un total de 3.299 observaciones que involucraron las tres especies de tiburones, el marrajo dentado (*Isurus oxyrinchus*), azulejo (*Prionace glauca*) y tiburón sardinero (*Lamna nasus*). Como se señalaba en el segundo informe de avance, la falta de datos en algunos casos no permitió realizar algunos análisis estadísticos, especialmente en el tiburón sardinero. Este problema pudo ser resuelto con la obtención de datos correspondientes a la última etapa de muestreo realizada a bordo de una embarcación artesanal entre junio y agosto de 2001.

Azulejo

Los resultados de las relaciones morfométricas en este tiburón muestran un mejor ajuste entre la longitud inter aletas dorsales y la longitud total para los machos, hembras y sexos combinados. Por lo tanto, se utilizó esta medida para reconstruir la longitud total de los ejemplares desembarcados en plantas congeladoras (Tabla 28).

Los resultados estadísticos de las relaciones somatométricas para esta especie, se detallan en la Tabla 29. Las siguientes descripciones de los resultados están referidas a esta Tabla.

Longitud total vs. Peso total

La inexistencia de datos para verano, imposibilitó el análisis para esta estación.

Tanto para machos como para hembras esta relación mostró diferencias significativas entre estaciones del año. En ambos casos la pendiente más alta fue observada en primavera. Al agrupar

todas las estaciones no se evidenció una diferencia significativa entre machos y hembras, de manera que se pueden representar en una sola ecuación general.

Tabla 28. Relaciones morfométricas obtenidas del azulejo durante el período de muestreo. LID = Longitud inter aletas dorsales, LEPP = Longitud espacio pectoral-pélvica, LEPA = Longitud espacio pectoral-anal, N = total de datos.

	Ecuación	R ²	N
Sexos combinados	LID = 0,2221 LT - 2,8985	0,9450	711
	LEPP = 0,2490 LT - 1,1253	0,9109	581
	LEPA = 0,0930 LT - 1,0197	0,8290	587
	LID = 0,2354 LH + 0,8740	0,8248	388
	LEPP = 0,2713 LH + 2,0913	0,8248	324
	LEPA = 0,0970 LH + 0,7525	0,7095	326
	LID = 0,2693 LPC - 0,1554	0,8961	483
	LEPP = 0,3082 LPC + 1,1991	0,8565	416
	LEPA = 0,1119 LPC + 0,2082	0,7667	422
Hembras	LID = 0,2246 LT - 3,5606	0,9414	200
	LEPP = 0,2617 LT - 2,3813	0,9148	175
	LEPA = 0,0780 LT + 0,9840	0,8146	176
	LID = 0,2467 LH - 0,5782	0,9099	155
	LEPP = 0,2831 LH + 1,4837	0,8500	134
	LEPA = 0,0887 LH + 1,6321	0,7267	134
	LID = 0,2781 LPC - 1,2530	0,9172	180
	LEPP = 0,3265 LPC - 0,0703	0,8768	159
	LEPA = 0,0979 LPC + 1,5933	0,7620	160
Machos	LID = 0,2212 LT - 2,6485	0,9467	511
	LEPP = 0,2442 LT - 0,6889	0,9147	406
	LEPA = 0,0987 LT - 1,7409	0,8542	411
	LID = 0,2267 LH + 1,9762	0,8650	233
	LEPP = 0,2597 LH + 2,9465	0,8158	190
	LEPA = 0,1035 LH + 0,0548	0,7139	192
	LID = 0,2638 LPC + 0,5165	0,8830	303
	LEPP = 0,295 LPC + 2,1936	0,8543	257
	LEPA = 0,1209 LPC - 0,6734	0,7874	262

Tabla 29. Resumen del análisis de covarianza para las relaciones morfométricas de la especie *Prionace glauca*. LT: long. Total (cms); LPC: long. Precaudal (cms); DID: distancia entre aletas dorsales (cms); PT: peso total; PE: peso eviscerado; H: hembras; M: machos; Paralelismo: hipótesis de pendientes paralelas; Elevación: hipótesis de interceptos comunes; p: probabilidad de aceptación de la hipótesis de igualdad; r²: coeficiente de determinación; N: total de datos; s/i: sin información o información insuficiente para desarrollar el análisis; Pr: primavera; Ve: verano; Ot: otoño; In: invierno.

Especie	Relación	Sexo	Temporalidad	Paralelismo (p =)	Elevación (p =)	Ecuación	r ²	N
<i>Prionace glauca</i>	LT vs. PT	H	Estacional	0,00	0,00	Pr: $PT = 0,000006 * LT^{3,18}$ Ve: s/i Ot: $PT = 0,00007 * LT^{2,45}$ In: $PT = 0,0002 * LT^{2,14}$ G: n/c	0,90 - 0,91 0,81	24 - 79 28
		M	Estacional	0,00	0,23	Pr: $PT = 0,0000009 * LT^{3,26}$ Ve: s/i Ot: $PT = 0,0001 * LT^{2,31}$ In: $PT = 0,0017 * LT^{1,80}$ G: n/c	0,92 - 0,81 0,60	108 - 90 58
		H vs. M	Anual	0,83	0,21	H: $PT = 0,00005 * LT^{2,52}$ M: $PT = 0,00004 * LT^{2,54}$ G: $PT = 0,00004 * LT^{2,53}$	0,86 0,82 0,83	H: 131 M: 256
	LT vs. PE	H	Estacional	-	-	Pr: s/i Ve: s/i Ot: $PE = 0,00003 * LT^{2,53}$ In: s/i G: n/c	- - 0,89 -	- - 52 -
		M	Estacional	-	-	Pr: s/i Ve: s/i Ot: $PE = 0,00002 * LT^{2,61}$ In: s/i G: n/c	- - 0,88 -	- - 73 -
		H vs. M	Anual	0,66	0,34	H: $PE = 0,00003 * LT^{2,53}$ M: $PE = 0,00002 * LT^{2,61}$ G: $PE = 0,00002 * LT^{2,58}$	0,89 0,88 0,89	52 73
	LPC vs. PT	H	Estacional	0,00	0,08	Pr: $PT = 0,0000008 * LPC^{3,51}$ Ve: s/i Ot: $PT = 0,0002 * LPC^{2,35}$ In: $PT = 0,1409 * LPC^{0,98}$ G: n/c	0,93 - 0,90 0,56	21 - 79 27
		M	Estacional	0,00	0,05	Pr: $PT = 0,000002 * LPC^{3,34}$ Ve: s/i Ot: $PT = 0,0003 * LPC^{2,23}$ In: $PT = 0,0107 * LPC^{1,51}$ G: n/c	0,94 - 0,81 0,57	74 - 87 58
		H vs. M	Anual	0,12	0,04	H: $PT = 0,0002 * LPC^{2,35}$ M: $PT = 0,0002 * LPC^{2,39}$ G: n/c	0,82 0,79	H: 130 M: 219

Tabla 29. Continuación análisis de covarianza para las relaciones morfométricas de la especie *Prionace glauca*.

Especie	Relación	Sexo	Temporalidad	Paralelismo (p =)	Elevación (p =)	Ecuación	r ²	N
	LPC vs PE	H	Estacional			Pr: s/i Ve: s/i Ot: PE = 0,00009*LPC ^{2.45} In: s/i G: n/c	- - 0,88 -	- - 52 -
		M	Estacional			Pr: s/i Ve: s/i Ot: PE = 0,00006*LPC ^{2.54} In: s/i G: n/c	- - 0,89 -	- - 73 -
		H vs. M	Anual	0,59	0,83	H: PE = 0,00009*LPC ^{2.45} M: PE = 0,00006*LPC ^{2.54} G: PE = 0,00007*LPC ^{2.50}	0,88 0,89 0,88	52 73
	DID vs PT	H	Estacional	0,00	0,00	Pr: PT = 0,0002*DID ^{2.28} Ve: s/i Ot: PT = 0,0055*DID ^{2.30} In: PT = 0,4718*DID ^{1.01} G: n/c	0,97 - 0,90 0,59	16 - 54 25
		M	Estacional	0,00	0,95	Pr: PT = 0,00092*DID ^{2.78} Ve: s/i Ot: PT = 0,00645*DID ^{2.24} In: PT = 0,039*DID ^{1.79} G: n/c	0,85 - 0,89 0,66	77 - 76 57
		H vs. M	Anual	0,91	0,41	H: PT = 0,0047*DID ^{2.34} M: PT = 0,0043*DID ^{2.34} G: PT = 0,0044*DID ^{2.35}	0,87 0,83 0,85	95 210

Longitud total vs. Peso eviscerado

La disponibilidad de datos pareados permitió un análisis sólo para la estación de otoño. En este caso la pendiente mayor se presentó en los machos de esta especie. Al realizar el análisis estadístico entre sexos, éste indicó que no existen diferencias significativas entre las ecuaciones que describen esta relación entre sexos. De esta manera, que es posible agrupar ambos sexos en una sola ecuación general.

Longitud precaudal vs. Peso total

Para un mismo sexo, se detectaron diferencias significativas entre las distintas estaciones del año. En general, el valor de la pendiente fue mayor para las hembras que para los machos. Si se detectaron diferencias entre hembras y machos al realizar el análisis en forma anual.

Longitud precaudal vs. Peso eviscerado

La disponibilidad de datos pareados permitió un análisis sólo para la época de otoño.

Este análisis indicó que no existen diferencias estadísticas significativas para esta relación entre ambos sexos

Distancia interdorsal vs. Peso total

La disponibilidad de datos pareados no permitió un análisis para la temporada de verano.

Para las hembras, el análisis mostró diferencias significativas entre las estaciones, encontrándose la mayor pendiente en primavera. En el caso de los machos también se encontraron diferencias de esta relación entre estaciones del año, siendo mayor la pendiente en primavera. Al comparar el valor de las pendientes entre sexos, se evidencia que esta relación posee un mayor valor de la pendiente para el caso de las hembras, excepto en invierno, donde esta relación se invierte. Al

realizar el análisis entre sexos, agrupando la información sobre una base anual, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre hembras y machos.

Marrajo

En el marrajo los mejores ajustes fueron encontrados entre la longitud inter aletas dorsales y las longitudes total y de horquilla. En este caso se trabajó con la longitud total en la reconstrucción de los datos de troncos, ya que esta medida es comparable con los resultados obtenidos en el tiburón azulejo. Las relaciones para ambos sexos y sexos combinados se entregan en la Tabla 30.

Tabla 30. Relaciones morfométricas obtenidas del marrajo durante el período de muestreo. LID = Longitud inter aletas dorsales, LEPP = Longitud espacio pectoral-pélvica, LEPA = Longitud espacio pectoral-anal, N = total de datos.

	Ecuación	R ²	N
Sexos combinados	LID = 0,2540 LT + 0,3273	0,9099	415
	LEPP = 0,2322 LT + 1,8608	0,8730	410
	LEPA = 0,1199 LT - 0,1271	0,7537	393
	LID = 0,2763 LH + 0,6512	0,9037	389
	LEPP = 0,2551 LH + 1,8847	0,8750	386
	LEPA = 0,1342 LH - 0,5249	0,7654	370
	LID = 0,2674 LPC + 5,6580	0,8000	581
	LEPP = 0,2516 LPC + 5,8516	0,8071	573
	LEPA = 0,1332 LPC + 1,4971	0,7294	550
Hembras	LID = 0,2538 LT + 0,1701	0,9157	197
	LEPP = 0,2383 LT + 1,1342	0,8866	195
	LEPA = 0,1172 LT - 0,4250	0,7451	187
	LID = 0,2735 LH + 0,7917	0,9119	185
	LEPP = 0,2578 LH + 1,6772	0,8730	184
	LEPA = 0,1309 LH - 0,8433	0,7718	176
	LID = 0,2539 LPC + 7,4130	0,8087	236
	LEPP = 0,2439 LPC + 7,2366	0,8093	233
	LEPA = 0,1241 LPC + 2,0229	0,7258	226
Machos	LID = 0,2559 LT + 0,2417	0,9025	218
	LEPP = 0,2223 LT + 3,0647	0,8516	215
	LEPA = 0,1298 LT - 0,8363	0,8414	206
	LID = 0,2822 LH + 0,1277	0,8952	204
	LEPP = 0,2497 LH + 2,3546	0,8765	202
	LEPA = 0,1455 LH - 1,2612	0,8437	194
	LID = 0,2399 LPC + 9,4739	0,6469	284
	LEPP = 0,2127 LPC + 10,711	0,6236	279
	LEPA = 0,1393 LPC + 1,5197	0,7612	265

Los resultados de las relaciones somatométricas para esta especie, se detallan en la Tabla 30. Las siguientes descripciones de los resultados están referidas a esa Tabla.

Longitud total vs. Peso total

Esta relación mostró diferencias significativas al comparar los sexos entre distintas estaciones del año (Tabla 31). De esta manera no es posible agrupar una sola pendiente para cada sexo, independiente de la estación del año en que se efectuó la captura. Las ecuaciones que describen estas relaciones somatométricas entre estas variables por estación se especifican en la Tabla 30. En general, se establece que la pendiente presentó un valor más alto para los machos que para las hembras. Al comparar ambos sexos sobre una escala temporal anual, el análisis indicó que no existen diferencias significativas entre sexos.

Longitud total vs. Peso eviscerado

La nula disponibilidad de datos pareados no permitió un análisis para la estación de invierno. En el caso de las hembras el análisis estadístico indicó que no existen diferencias estadísticas significativas, tanto a nivel de pendientes como a nivel de intercepto, entre las tres estaciones analizadas. Este resultado permite agruparlas en una sola ecuación general.

En el caso de los machos, sí existieron diferencias significativas para esta relación entre las estaciones analizadas. La mayor pendiente se registró en otoño ($b = 3,72$).

Al agrupar todas las estaciones y comparar entre sexos no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Longitud precaudal vs. Peso total

Dentro de un mismo sexo, para el resto de las estaciones se encontraron diferencias significativas en esta relación. El valor de la pendiente más alto fue encontrado en verano para los machos,

Tabla 31. Resumen del análisis de covarianza para las relaciones morfométricas de la especie *Isurus oxyrinchus*. LT: long. Total (cms); LPC: long. Precaudal (cms); DID: distancia entre aletas dorsales (cms); PT: peso total; PE: peso eviscerado; H: hembras; M: machos; Paralelismo: hipótesis de pendientes paralelas; Elevación: hipótesis de interceptos comunes; p: probabilidad de aceptación de la hipótesis de igualdad; r²: coeficiente de determinación; N: total de datos; s/i: sin información o información insuficiente para desarrollar el análisis; Pr: primavera; Ve: verano; Ot: otoño; In: invierno.

Especie	Relación	Sexo	Temporalidad	Paralelismo (p =)	Elevación (p =)	Ecuación	r ²	N
<i>Isurus oxyrinchus</i>	LT vs. PT	H	Estacional	0,00	0,15	Pr: $PT = 0,0001 * LT^{2.29}$ Ve: $PT = 0,0002 * LT^{2.32}$ Ot: $PT = 0,00003 * LT^{2.73}$ In: $PT = 0,0002 * LT^{2.29}$ G: n/c	0,80 0,80 0,87 0,70	32 74 48 35
		M	Estacional	0,04	0,83	Pr: $PT = 0,0002 * LT^{2.29}$ Ve: $PT = 0,00003 * LT^{2.69}$ Ot: $PT = 0,00003 * LT^{2.71}$ In: $PT = 0,0003 * LT^{2.25}$ G: n/c	0,80 0,89 0,92 0,76	38 92 64 30
		H vs. M	Anual	0,50	0,20	H: $PT = 0,00008 * LT^{2.50}$ M: $PT = 0,000006 * LT^{2.57}$ G: $PT = 0,00007 * LT^{2.54}$	0,81 0,87 0,84	189 224
	LT vs PE	H	Estacional	0,90	0,08	Pr: $PE = 0,00006 * LT^{2.52}$ Ve: $PE = 0,0000005 * LT^{3.45}$ Ot: $PE = 0,00000006 * LT^{3.81}$ In: s/i G: $PT = 0,000001 * LT^{3.30}$	0,73 0,47 0,75 - 0,58	32 66 48 - -
		M	Estacional	0,92	0,00	Pr: $PE = 0,0001 * LT^{2.32}$ Ve: $PE = 0,000002 * LT^{3.22}$ Ot: $PE = 0,00000008 * LT^{3.72}$ In: s/i G: n/c	0,79 0,58 0,74 -	33 85 63 -
		H vs. M	Anual	0,60	0,62	H: $PE = 0,000001 * LT^{3.30}$ M: $PE = 0,000002 * LT^{3.13}$ G: $PE = 0,000001 * LT^{3.21}$	0,58 0,52 0,55	146 181
	LPC vs. PT	H	Estacional	0,00	0,00	Pr: $PT = 0,0001 * LPC^{2.52}$ Ve: $PT = 0,0155 * LPC^{1.50}$ Ot: $PT = 0,00008 * LPC^{2.61}$ In: $PT = 0,0011 * LPC^{2.03}$ G: n/c	0,88 0,71 0,88 0,63	32 173 48 37
		M	Estacional	0,00	0,19	Pr: $PT = 0,00002 * LPC^{2.90}$ Ve: $PT = 0,0083 * LPC^{1.70}$ Ot: $PT = 0,00008 * LPC^{2.62}$ In: $PT = 0,0465 * LPC^{1.26}$ G: n/c	0,90 0,61 0,92 0,45	37 161 64 30
		H vs. M	Anual	0,71	0,67	H: $PT = 0,0033 * LPC^{1.83}$ M: $PT = 0,0027 * LPC^{1.88}$ G: $PT = 0,003 * LPC^{1.85}$	0,73 0,68 0,70	288 290

Tabla 31. Continuación análisis de covarianza para las relaciones morfométricas de la especie *Isurus oxyrinchus*.

Especie	Relación	Sexo	Temporalidad	Paralelismo (p =)	Elevación (p =)	Ecuación	r ²	N
	LPC vs PE	H	Estacional	0,40	0,00	Pr: PE = 0,00006*LPC ^{2.63} Ve: PE = 0,00001*LPC ^{3.38} Ot: PE = 0,0000003*LPC ^{3.62} In: s/i G: n/c	0,82 0,46 0,75 -	32 65 48 -
		M	Estacional	0,15	0,00	Pr: PE = 0,00003*LPC ^{2.80} Ve: PE = 0,00001*LPC ^{2.97} Ot: PE = 0,0000002*LPC ^{3.65} In: s/i G: n/c	0,91 0,50 0,77 -	33 86 63 -
		H vs. M	Anual	0,58	0,56	H: PE = 0,000004*LPC ^{3.15} M: PE = 0,000008*LPC ^{2.97} G: PE = 0,000006*LPC ^{3.06}	0,57 0,49	145 182
	DID vs PT	H	Estacional	0,00	0,00	Pr: PT = 0,0055*DID ^{2.24} Ve: PT = 0,0258*DID ^{1.80} Ot: PT = 0,0015*DID ^{2.67} In: PT = 0,3592*DID ^{1.09} G: n/c	0,40 0,57 0,93 0,17	32 173 46 23
		M	Estacional	0,35	0,00	Pr: PT = 0,0024*DID ^{2.49} Ve: PT = 0,0024*DID ^{2.51} Ot: PT = 0,0084*DID ^{2.14} In: PT = 0,0006*DID ^{2.91} G: n/c	0,83 0,86 0,63 0,90	38 162 64 18
		H vs. M	Anual	0,00	0,00	H: PT = 0,0266*DID ^{1.80} M: PT = 0,0024*DID ^{2.51} G: n/c	0,53 0,85	274 282

mientras que para las hembras la mayor pendiente se verificó en otoño. El valor de la pendiente fue más alta en el caso de los machos en relación con las hembras. El análisis agrupado anual no mostró diferencias significativas entre sexos.

Longitud precaudal vs. Peso eviscerado

La nula disponibilidad de datos pareados no permitió un análisis para la estación de invierno.

Tanto para el caso de las hembras como de los machos, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las estaciones del año analizadas. Así, fueron determinados los respectivos ajustes por sexo y estación. En este caso no existe una tendencia consistente a encontrar mayores pendientes en una estación o en un sexo en particular. Al hacer el análisis comparando entre sexos sobre una base anualizada, no se encontraron diferencias significativas entre ambos.

Distancia interdorsal vs. Peso total

Para las hembras, el análisis mostró diferencias significativas entre estaciones del año, encontrándose la mayor pendiente en otoño. En el caso de los machos también se encontraron diferencias de esta relación entre estaciones, con una pendiente de mayor valor en invierno. Al realizar el análisis entre sexos, agrupando la información sobre una base anual, se hallaron diferencias estadísticas significativas, siendo la pendiente que representa a los machos mayor que la de las hembras.

Tiburón sardinero

Como se señaló anteriormente, la obtención de una buena cantidad de muestras de esta especie permitió generar los análisis de las relaciones morfométricas. Sin embargo, la escasa cantidad de datos de longitud de horquilla en los machos no permitió relacionar esta medida con otras medidas del tronco.

El mejor ajuste para esta especie también fue obtenido entre la longitud inter aletas dorsales y la longitud total (Tabla 32). No se encontraron datos suficientes para apoyar un análisis cuantitativo de las medidas somatométricas.

Tabla 32. Relaciones morfométricas obtenidas del tiburón sardinero durante el período de muestreo. LID = Longitud inter aletas dorsales, LEPP = Longitud espacio pectoral-pélvica, LEPA = Longitud espacio pectoral-anal, N = total de datos.

	Ecuación	R ²	N
Sexos combinados	LID = 0,2824 LT - 2,4975	0,9750	52
	LEPP = 0,2115 LT - 0,5740	0,9531	52
	LEPA = 0,0952 LT + 1,0036	0,8597	52
	LID = 0,3140 LH - 3,1620	0,9578	24
	LEPP = 0,2384 LH - 1,3422	0,9634	23
	LEPA = 0,0908 LH + 3,2943	0,8008	24
	LID = 0,3424 LPC - 1,6164	0,9639	41
	LEPP = 0,2578 LPC + 0,2036	0,9543	40
	LEPA = 0,1141 LPC + 1,5783	0,8515	41
Hembras	LID = 0,2795 LT - 2,1108	0,9731	30
	LEPP = 0,2097 LT + 0,1171	0,9596	30
	LEPA = 0,0975 LT + 0,0564	0,8824	31
	LID = 0,3081 LH - 2,6180	0,9416	16
	LEPP = 0,2303 LH + 2,2018	0,9600	15
	LEPA = 0,0893 LH + 3,0629	0,7739	16
	LID = 0,3372 LPC - 1,3939	0,9621	25
	LEPP = 0,2550 LPC + 0,6971	0,9579	24
	LEPA = 0,1165 LPC + 0,6241	0,8807	25
Machos	LID = 0,2913 LT - 3,4359	0,9751	22
	LEPP = 0,2042 LT - 0,5189	0,9323	22
	LEPA = 0,1077 LT + 0,6976	0,9176	22
	LID = 0,3771 LPC - 3,9114	0,9729	16
	LEPP = 0,2598 LPC - 0,2739	0,9309	16
	LEPA = 0,1363 LPC + 0,8956	0,9132	16

6. DISCUSIÓN

El tamaño máximo descrito en la Literatura para el azulejo es de 383 cm LT alcanzando los machos una longitud de 311 cm LT y las hembras 323 cm LT (Compagno, 1984). En este estudio se encontró un amplio rango de talla para los machos que alcanzaron una longitud de 315 cm LT, mayor que la señalada por este autor como máximo, con individuos juveniles que fluctuaron alrededor de los 55 cm LT. La amplitud del rango de tamaño de las hembras fue más estrecho conteniendo individuos entre 85 y 295 cm LT, quedando por lo tanto incluido en el señalado en la literatura.

También llama la atención en esta especie la mayor cantidad de machos encontrados en las capturas registradas en alta mar (fuera de la ZEE). Al respecto Compagno (1984) indica que existe una considerable segregación en las poblaciones de tiburón azulejo, siendo las hembras más abundantes hacia latitudes altas. Además, se ha encontrado que estos tiburones presentan segregaciones estacionales en el Océano Atlántico Nororiental, en la cual ocurren movimientos latitudinales de hembras juveniles (125-200 cm LT) hacia altas latitudes en el verano, encontrándose en esta estación una mayor frecuencia de machos adultos y juveniles, y hembras adultas (> 200 cm LT). En tanto, hacia el invierno las hembras juveniles migran hacia bajas latitudes (Muñoz-Chápuli, 1984). Segregaciones similares entre machos y hembras han sido señaladas por Hazin *et al.* (1994), quienes indican movimientos migratorios diferentes para ambos sexos durante el año. Estas observaciones realizadas por estos autores explicarían la menor proporción de hembras en las capturas de alta mar en noviembre de 2000, frente a Caldera (28° S). Desafortunadamente, la menor cantidad de ejemplares obtenidos en el resto de los meses no permite observar la distribución espacial de ambos sexos en verano y otoño.

Otro hecho destacable en este tiburón es la presencia de dos modas en las capturas de alta mar, mientras que los desembarques de la especie en la zona norte y central de Chile dan cuenta sólo de la moda de ejemplares pequeños, alrededor 175 cm LT. Esto puede indicar una segregación espacial entre los tiburones pequeños y los más grandes, hecho que ha sido propuesto por Muñoz-Chápuli (1984), quien indica que los tiburones juveniles se crían cerca de la plataforma continental hasta que alcanzan una talla suficiente para seguir la vida pelágica. Este mismo patrón

ha sido encontrado en aguas someras de la plataforma continental de California con la presencia de tallas menores a 200 cm LT (Harvey, 1989). A pesar que la cantidad de datos recolectados en los puertos de desembarque no es suficiente, se puede apreciar este patrón de segregación entre tiburones pequeños y grandes en la zona de estudio.

En relación con los aspectos reproductivos del azulejo, Compagno (1984) señala que las hembras son inmaduras entre 0 y 4 años, adolescentes entre 4 y 5 años, y adultas desde los 5 a 6 años en adelante los que maduran a los 221 cm LT. Anteriormente, Pratt (1979) había señalado que la madurez es alcanzada entre los 180-190 cm LT usando la relación entre el diámetro de huevo y la longitud del animal. Recientemente, Henderson *et al.* (2001) determinó que la transición entre el estado inmaduro y el estado sub-adulto o adolescente se realiza sobre los 140 cm LT. Sus resultados están basados en el incremento en la amplitud relativa de la glándula oviducal y el peso del ovario. Estos datos no concuerdan con lo observado en este estudio, donde se detectaron hembras maduras en estado IV, que corresponden a la etapa de preñez o portación de crías, alrededor de los 100 cm LT. Pratt (1979) discute sobre el tamaño mínimo de hembras grávidas señalando que la hembra más pequeña portando crías alcanzó los 166 cm LH, añadiendo en ese entonces que era difícil encontrar en los océanos del mundo tiburones portando embriones.

Los machos de azulejo maduran alrededor de los 4 a 5 años de edad, esto es, entre 182 y 281 cm LT. A diferencia de otros tiburones carcharrínidos, el crecimiento del clasper en los machos es un proceso prolongado y gradual que puede tomar alrededor de un año, haciendo la condición de éstos más difícil de utilizar para la determinación de la madurez sexual en esta especie (Compagno, 1984). Esta característica del órgano copulador de machos pudo observarse claramente en la relación entre el ancho de la base y la longitud interior del cláspere y la longitud total del animal. Además, la longitud exterior del cláspere que parece mostrar el punto de inflexión alrededor de los 120 cm LT no coincide con el tamaño de maduración de los machos descrito en la literatura. Henderson *et al.* (2001) señala la madurez entre 190 y 219 cm LT sobre la base del desarrollo de los conductos genitales y las vesículas seminales. Pratt (1979) señala que la transición entre el estado inmaduro y el estado maduro ocurre entre 175 cm y 205 cm LH. Este autor utilizó como indicador de la madurez la presencia de espermátóforos en los conductos deferentes, señalando que este es el método más confiable para la determinación de la madurez

sexual. Además, este autor añade que muchos tiburones con clasper desarrollados no poseen espermatóforos y tienen pequeños conductos deferentes. En este estudio, la textura del cláspere asoma como un método alternativo que señala la primera madurez en machos alrededor de los 195 cm LT, talla que coincide con el rango citado por otros autores.

A diferencia de otros organismos que desarrollan sus gónadas únicamente antes de reproducirse, los elasmobranchios al nacer ya poseen un aparato reproductivo formado. En todos los ejemplares de *Prionace glauca* las hembras más pequeñas muestreadas presentan ovocitos en diferentes estados de maduración. Debido al tamaño relativamente grande de los ovocitos de este tipo de organismos y a que una preparación histológica es una muestra parcial de la gónada, no es posible en base a la observación del ovario, determinar si este órgano es funcional o no.

En el caso de los machos, todas las preparaciones de gónada masculina revisadas, aún aquellas de los ejemplares más pequeños, presentan la zona germinativa propias de gónadas tipo diamétrico (sensu Pratt, 1988). Sin embargo, llama la atención, que además en ellas se presenten acinos sin espermatozoides y con características de regresión sugiriendo que los gametos han sido producidos y evacuados. En los ejemplares determinados como maduros además de la zona germinativa y los acinos “en regresión”, se observan acinos con espermatozoides desarrollados y con la disposición característica descrita para elasmobranchios. (Pratt, 1978; 1988). Determinar si estos acinos, denominados en este trabajo, “en regresión” corresponden o no a acinos evacuados se podría abordar revisando la estructura gonadal y demás partes del aparato reproductor de ejemplares recién nacidos.

En las hembras sería necesario determinar la presencia de espermatozoides en la glándula oviductal, como así también observar otros parámetros tales como, tamaño de los ovocitos visibles desde el exterior, tamaño del útero, presencia de espermatozoides en el tracto reproductivo y otros (Pratt, 1978; Henderson *et al.*, 2001). En machos, es indispensable agregar al menos la observación de espermatozoides en el epidídimo o la presencia de espermatóforos, o tamaño y calcificación de los claspers (Pratt, 1978; Lucifora *et al.*, 1999). De lo anteriormente expuesto se desprende que no es recomendable estimar la competencia reproductiva o el ciclo reproductivo de los individuos basado sólo en el examen microscópico de las gónadas. Este tipo

de análisis debería ser complementado con observaciones macroscópicas y microscópicas como las mencionadas anteriormente.

Compagno (1984) señala en el azulejo de 4 a 135 crías por camada, destacando que el número varía considerablemente entre hembras lo que puede estar parcialmente relacionado al tamaño de estas. También agrega que la talla de nacimiento se encuentra entre 35 y 44 cm LT siendo la relación 1:1 entre crías machos y hembras. Nuestros resultados confirman lo señalado por este autor, agregando además que la talla de parición se encuentra en el rango 49,3-52 cm LT.

El marrajo tiene una amplia distribución en mares temperados cálidos y tropicales habitando aguas bajo 16° C, pudiendo alcanzar tallas máximas de 394 cm LT e inclusive 4 m (Compagno, 1984). Los machos por lo general alcanzan longitudes menores que las hembras (Compagno, 1984; Stevens, 1983; Cliff *et al.*, 1990), lo cual no fue posible determinar hasta el momento con nuestros datos.

En este estudio el rango de talla total muestreado en esta especie osciló entre 45 y 375 LH (54 y 416 cm LT), y al igual que el azulejo se observó una segregación espacial con ejemplares de menor longitud en las zonas de Iquique, Tocopilla, Mejillones y Taltal. En cambio, en Caldera y Coquimbo se encontró un rango de talla más amplio incluyendo además ejemplares de mayor talla. Cabe destacar que se observaron cambios mensuales en el tamaño de los tiburones, los cuales fueron especialmente notorios en Caldera, zona en que disminuyó el tamaño de los ejemplares capturados entre noviembre de 2000 y marzo de 2001. A pesar que se ha señalado una tendencia de estos tiburones a seguir movimientos de masas de agua cálida hacia el polo en el verano, los movimientos generales de este tiburón no son aún bien comprendidos (Compagno, 1984).

La mayor proporción de ejemplares pequeños en las muestras, que correspondieron principalmente a tiburones inmaduros no permite llegar a conclusiones en cuanto a los aspectos reproductivos tales como la talla de primera madurez sexual. Sólo se puede agregar que las escasas gónadas analizadas histológicamente siguen las descripciones hechas por Pratt (1988). Una de las dificultades de analizar la biología reproductiva del tiburón marrajo es la obtención de

ejemplares maduros. Mollet *et al.* (1999) señalan esta situación, pero logran estudiar la reproducción de este tiburón mediante la recolección de 95 ejemplares hembras provenientes de distintas partes del mundo en un período de tres décadas. Estos autores con estos datos estimaron la longitud de nacimiento en 70 cm LT y que el tamaño de la camada varía de 4 a 25 crías aumentando con el mayor tamaño de la madre. El período de gestación fue estimado de 15 a 18 meses ocurriendo la parición entre finales de invierno y mitad de primavera. El ciclo reproductivo es de tres años y la talla de madurez en el hemisferio sur ocurre a los 273 cm LT. A pesar que en este estudio se obtuvo un par de individuos de este tamaño en Caldera, estos fueron desembarcados eviscerados por lo cual no se pudo aportar más antecedentes al respecto. Los tiburones restantes fueron en su totalidad ejemplares menores a la talla de madurez descrita por Mollet *et al.* (1999) y si se suma la escasa cantidad de ejemplares obtenidos en las capturas de alta mar, entonces se puede destacar que el estudio de la biología reproductiva de este tiburón es una tarea difícil porque la probabilidad de obtener suficientes muestras en buen estado desde las capturas es baja, lo que hace pensar en que su distribución no coincide con el área de estudio y por lo tanto se accedió sólo a parte de ella.

El tiburón sardinero es una especie que habita aguas frías oceánicas, menores que 18° C no encontrándose en aguas ecuatoriales. Puede alcanzar tallas máximas de alrededor de 300 cm LT, posiblemente hasta 370 cm LT (Compagno, 1984). Recientemente, Francis & Stevens (2000) encontraron en las zonas de Nueva Zelanda y Australia tallas de tiburón sardinero que oscilaron entre 58 y 225 cm LH (68 y 251 cm LT), mostrando una fuerte moda de especímenes pequeños en los 79-93 cm LH (91-106 cm LT), similar a la distribución de frecuencia observada en este estudio. Estos autores discuten acerca de la distribución geográfica de esta especie indicando que se distribuye principalmente en aguas subantárticas, alcanzando casi los 54° S. Estos tiburones son capturados al norte de los 30° S solamente en el período invierno-primavera, desplazándose hacia el sur durante el verano y otoño. Esta característica explicaría la baja cantidad de ejemplares obtenidos en los muestreos de alta mar (fuera de la ZEE y frente a los 28° S), que correspondieron en su mayoría a ejemplares pequeños, mientras que los tiburones más grandes desembarcados en Coquimbo provienen de capturas realizadas por la flota palangrera en invierno-primavera. No obstante lo anterior, no ha sido posible obtener ejemplares de esta especie en los muestreos de alta mar realizados entre marzo y mayo de 2001, los que han sido

desarrollados frente a Talcahuano y al norte de la Isla de Juan Fernández. Esto indica que este tiburón no es una especie abundantemente capturada por la flota palangrera como ocurre en aguas de Nueva Zelandia y Australia y que no se encuentra en forma abundante en el área de estudio. Lo que si es claro es que esta especie no se encuentra disponible para las capturas costeras que realiza la flota artesanal, siendo desde ese punto de vista el más oceánico de los tres tiburones objeto de este estudio.

Se puede decir que uno de los principales problemas para estudiar los parámetros de ciclos vitales en elasmobranquios es la obtención de muestras y que éstas representen todo el rango de talla o edad de la población en estudio. En términos de la edad, los ejemplares obtenidos en el presente estudio, tanto de marrajo y azulejo representan las edades que también se han encontrado en otros estudios según se aprecia en la Figura 60a,b.

Una de las consideraciones a tener en cuenta en los estudios de edad, a través de estructuras duras, es el conocimiento de la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento, aunque en el presente estudio no fue posible realizar un estudio de validación, es un hecho que en la mayoría de los estudios de validación realizados en elasmobranquios confirman la naturaleza anual de formación, e.g., *Prionace glauca* (Stevens, 1975), *Rhizoprionodon terraenovae* (Parson, 1985), *Carcharhinus plumbeus* (Casey *et al.* 1985). Por otro lado, Pratt y Casey (1983) sugieren que en *I. oxyrinchus* se depositarían dos añillos por año, únicos que han considerado esta situación (Fig. 60a).

En cuanto a las estimaciones de los parámetros de crecimiento en las tres especies los valores de L_{∞} y K se encuentran en el rango de estimaciones realizadas en otras latitudes (Tabla 33). Lo que se destaca de los resultados obtenidos en el presente estudio es:

- a) que se obtienen curvas de crecimiento para tres especies de tiburones explotados por la flota nacional;
- b) la información obtenida en las tres especies, permite ajustar una modificación del modelo de von Bertalanffy, el modelo bifásico (Soriano *et al.*, 1992), la importancia de dicho modelo radica en que permite modelar cierto aspecto del ciclo de vida de estos organismos,

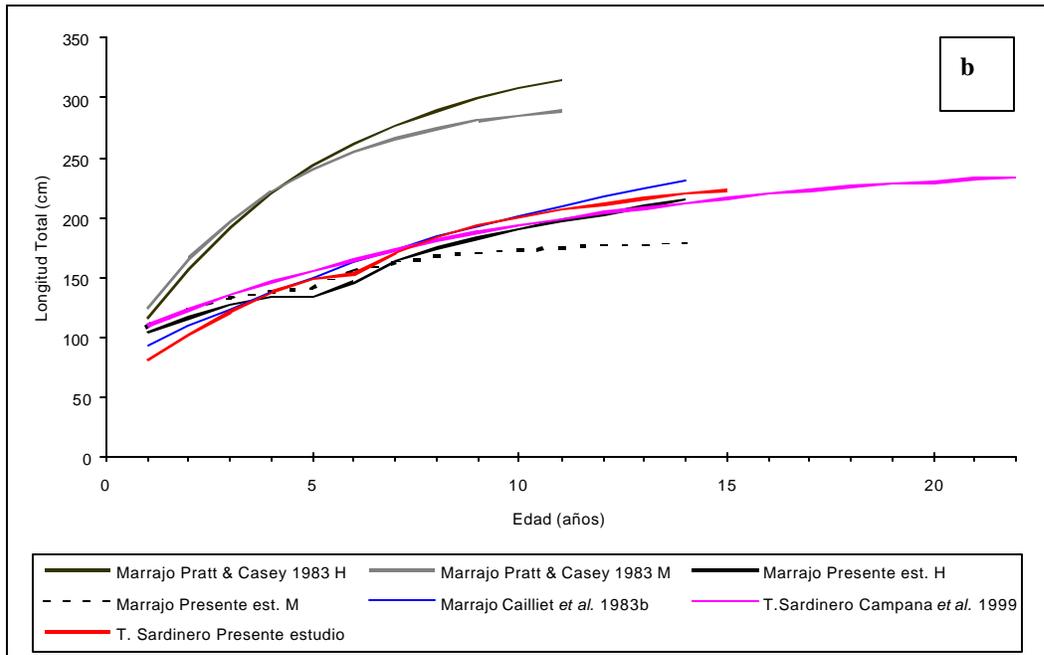
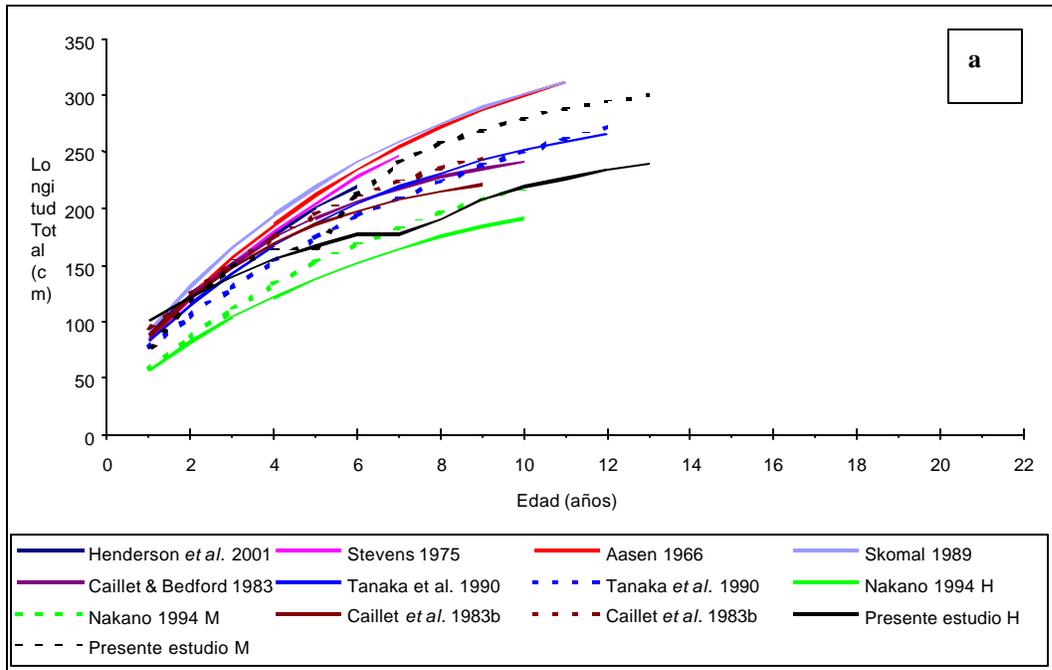


Fig. 60. Curvas de crecimiento estimadas para el azulejo (a), marrajo y tiburón sardinero (b). H: hembras, M: machos

específicamente la disminución de la tasa de crecimiento entre los 4 y 7 años, dependiendo de la especie, puede estar asociado a la primera madurez sexual, es decir, en esta etapa destinan la energía al proceso de reproducción más que al crecimiento somático;

- c) estimaciones de edad y ajuste de una curva de crecimiento para el tiburón sardinero sólo se conoce el informe de Campana *et al.* (1999) para el Atlántico norte y los resultados del presente estudio para el Pacífico Sur. Gráficamente (Fig. 60b) se puede apreciar que estas últimas estimaciones en el tiburón sardinero concuerdan con las realizadas por el grupo de trabajo del hemisferio norte. Por otro lado, Campana (*op cit.*) no encuentran diferencias en el crecimiento de machos y hembras en esta especie.

Tabla 33. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy recopilados de la literatura para las tres especies de tiburones estudiados en el presente estudio.

	Loo	K	t0	n	Sexo	Region	Método	Fuente
<i>P. glauca</i>	376.5	0.12	-1.33		Ambos	Atlántico NE	Vértebra	1
<i>P. glauca</i>	423	0.11	-1.035	82	Ambos	Atlántico NE	Nitrato plata	2
<i>P. glauca</i>	394	0.133	-0.801	268	Ambos	Atlántico Norte	Frec. Long.	3
<i>P. glauca</i>	375	0.15	-0.87	93	H	Atlántico NW		4
	343	0.16	-0.89	212	M			
<i>P. glauca</i>	265	0.223	-0.802		Ambos	Pacífico NE		5
<i>P. glauca</i>	304	0.16	-1.01	152	H	Pacífico	Rayo-x y nitrato plata	6
	369	0.1	-1.38	43	M			
<i>P. glauca</i>	243	0.144	-0.849		H	Pacífico Norte		7
	289.7	0.129	-0.756		M			
<i>P. glauca</i>	241.9	0.251	-0.795	88	H	Pacífico NE	Nitrato de plata	8
	295.3	0.175	-1.13	38	M			
	265.5	0.223						
<i>I. oxyrinchus</i>	321	0.072	-3.75		Ambos	Pacífico NE	Rayos-x	9
<i>I. oxyrinchus</i>	302	0.266	-1		M		Nitrato de plata	10
	345	0.203	-1		H		Nitrato de plata	
<i>L. nasus</i>	253	0.097	-4.89	315	ambos	Atlantico NE	Foto de vertebra+	11

1 Henderson *et al.* (2001); 2 Stevens (1975); 3 Aasen (1966 fide Henderson *et al.* 2001); 4 Skomal (1990 fide Henderson *et al.* 2001); 5 Cailliet & Bedford (1983 fide Henderson *et al.* 2001); 6 Tanaka *et al.* (1990); 7 Nakano (1994 fide Henderson *et al.*, 2001); 8 Cailliet *et al.* (1983b); 9 Cailliet *et al.* (1983b); 10 Pratt y Casey (1983); 11 Campana *et al.* (1999).

7. CONCLUSIONES

- El tiburón azulejo y el tiburón sardinero se capturan principalmente en áreas oceánicas por la flota palangrera industrial, entre 26°S y 38°S fuera de la ZEE, mientras que el tiburón marrajo es capturado por la flota artesanal de las regiones I a V en áreas más cercanas a la costa.
- Las especies desembarcadas en puertos son el marrajo y el sardinero, los cuales son eviscerados llegando a tierra sólo los troncos sin cabeza ni cola. El azulejo se descarta en el mar y sólo se traen sus aletas.
- De las relaciones morfométricas analizadas la que mostró el mejor ajuste fue la relación entre la longitud total y la longitud entre aletas dorsales para las tres especies de tiburones.
- La estructura de tallas del azulejo mostró tres modas (105, 175 y 275 cm LT), detectándose los ejemplares más grandes sólo en las capturas de alta mar, mientras que los desembarcados en puertos correspondieron a ejemplares de menor talla. La distribución de frecuencia por sexo mostró un predominio de machos en la zona de alta mar.
- La estructura de talla observada en el marrajo mostró dos modas principales, 75 y 125 cm LT, observándose ejemplares de mayor talla en Caldera y Coquimbo. En cambio en la zona norte, Iquique y Taltal, fueron de menor tamaño.
- La estructura de tallas de tiburón sardinero mostró dos modas, siendo los de menor longitud los tiburones muestreados en alta mar (moda 75 cm LT), mientras que aquellos desembarcados en Coquimbo fueron de mayor tamaño.
- Se observó hembras maduras de azulejo principalmente sobre los 145 cm LT y la talla de primera madurez sexual en machos se determinó en 195 cm LT.
- El período de parición de azulejo se determinó entre agosto y noviembre estableciéndose la talla de parición en 52 cm LT. No se obtuvo ninguna cría de marrajo durante el período de estudio, mientras que se observaron crías desde tres hembras de tiburón sardinero capturadas en julio y agosto. La talla de parición de esta especie se estimó en 72-73 cm LT, mientras que el período de parición ocurre en invierno.
- La fecundidad potencial del azulejo se determinó en 33 crías por individuo, cuyo rango osciló entre 3 y 62 crías por individuo. Este mismo parámetro se estimó en cuatro crías por individuo para el tiburón sardinero.

- Se obtuvieron curvas de crecimiento para las tres especies de tiburones explotados por la flota artesanal e industrial nacional;
- La información obtenida en las tres especies, permite ajustar una modificación del modelo de von Bertalanffy, el modelo bifásico (Soriano *et al.*, 1992).
- Los resultados de las relaciones morfométricas en el azulejo muestran un mejor ajuste entre la longitud inter aletas dorsales y la longitud total para los machos, hembras y sexos combinados.
- En el marrajo los mejores ajustes fueron encontrados entre la longitud inter aletas dorsales y las longitudes total y horquilla.
- El mejor ajuste para el tiburón sardinero también fue obtenido entre la longitud inter aletas dorsales y la longitud total. No se encontraron datos suficientes para apoyar un análisis cuantitativo de las medidas somatométricas.

8. BIBLIOGRAFIA

Aasan, O. 1963. Length and growth of the porbeagle (*Lamna nasus*) in the north west Atlantic. Fish. Dir. Skr. Ser. Havunders 13(6): 20 -37.

Acuña, E. J.C. Villarroel & R. Grau. *In litteris*. Fauna acompañante asociada a la pesquería del pez espada. En: Taller El recurso pez espada y su pesquería en Chile: una revisión metodológica. Instituto Fomento Pesquero, 29-30 marzo 2001, Viña del Mar, 4 p.

Araya, M. & L. Cubillos. (En prensa). El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. Revista Chilena de Historia Natural.

Beamish, R.J. & D.A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 982-983.

Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 341: 1-119.

Branstetter, S. & Musick, J.A. 1994. Age and growth estimates for the sand teger in the Northwestern Atlantic Ocean. Trans. Am. Fish. Soc. 123:242-254.

Buencuerpo, V., S. Ríos & J. Morón. 1998. Pelagic sharks associated with the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in the eastern North Atlantic Ocean an the Strait of Gibraltar. Fish. Bull. 96:667-685.

- Cailliet, G. M., L. K. Martin, J. T. Harvey, D.Kusher, & B. A. Welden. 1983a. Preliminary studies on the age and growth of blue *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus*, and shortfin mako *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. *In*: E. D. Prince and L. M. Pulos (eds.), Proceedings of the international workshop on age determination of the pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks, p. 179-188. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech.Rep.NMFS 8.
- Cailliet, G. M., L. K. Martin, D. Kusher, P. Wolf & B. A. Welden. 1983b. Techniques for enhancing vertebral band in age estimation of California elasmobranchs. *In*: E. D. Prince and L. M. Pulos (eds.), Proceedings of the international workshop on age determination of the pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks, p. 157-165. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech.Rep.NMFS 8.
- Camhi, M., S.L. Fowler, J.A. Musick, A. Bräutigam & S.V. Fordham. 1998. Sharks and their relatives – Ecology and Conservation. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission 20: 1-39.
- Campana, S.E. & C.M. Jones. 1992. Analysis of otolith microstructure data, p. 73-100. *In* D.K. Stevenson and S.E. Campana (Ed.) Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 117 p.
- Campana, S.E., M.C. Annand & J.I. McMillian. 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determination. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 131-138.
- Campana, S.E., L. Marks, W. Joyce, P. Hurley & M. Showell. 1999. An analytical assessment of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) populations in the Northwest Atlantic. Canadian Stock Assessment Secretariat. Research Document 99/158.
- Casey, J.G., H.L. Pratt, Jr. & C.E. Stillwell. 1985. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, from the Western North Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 963-975.
- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1208-1210.
- Chen, C. T. & K. Mizue. 1973 Studies on sharks. II. Reproduction of *Galeorhinus japonicus*. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 36: 37-51.
- Clark, E. & K. Von Schmidt. 1965. Sharks of the Central Gulf coast of Florida. *Bull.Mar.Sci.* 15: 13-83
- Cliff, G., S. F. J. Dudley & B. Davis. 1990. Shark caught in the protective gill nets off natal, South Africa. 3. The shortfin mako shark *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque). *S. Afr. J. Mar. Sci.* 9: 115-126.
- Compagno, L.J.V., 1984. FAO species catalogue. Vol.4 Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish.Synop.,(125) 4 (parte 1): 221-655.

- Compagno, L.J.V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes* 28: 33-75.
- Ferreira, B.P. & C.M. Vooren. 1991. Age, growth, and structure of vertebra in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from Southern Brazil. *Fish. Bull.* 89:19-31.
- Francis, R. I. C. C. 1990. Back-calculation of fish-length: a critical review. *Journal of Fish Biology*. 36: 883-902.
- Francis, M.P. & K.P. Mulligan. 1998. Age and growth of New Zealand school shark, *Galeorhinus galeus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 32: 427-440.
- Francis, M. & J. D. Stevens. 2000. Reproduction, embryonic development, and growth of the porbeagle shark *Lamna nasus*, in the southwest Pacific Ocean. *Fishery Bulletin* 98: 41 – 63.
- Francis, M.P., L.H. Griggs & S.J. Baird. 2001. Pelagic shark bycatch in the New Zealand tuna longline fishery. *Mar. Freshwater Res.*, 52: 165-178.
- Frisk, M. G., T. J. Miller & J. Fogarty. 2001. Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 969-981.
- Galluci, V.F. & T.J. Quinn II. 1979. Reparameterizing, fitting , and testing a simple growth model. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 108:14-25.
- Gilmore, R. G., J. W. Dodrill & P. A. Lindley. 1983. Reproduction and embryonic development of the sand tiger shark, *Odontaspis taurus* (Rafinesque). *US. Fish Wildl. Serv. Fish Bull.* 81 (2): 201-225.
- Harvey, J. T. 1989. Food habits, seasonal abundance, size, and sex of the blue shark, *Prionace glauca*, in Monterey Bay, California. *Calif. Fish and Game* 75: 33-44.
- Hayashi, J. 1976. Studies on the growth of the red tilefish in the East China Sea. In: A fundamental consideration for age determination from otoliths. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 42 (11): 1237–1242.
- Hazin, F. H., C. E. Boeckman, E. C. Leal, R. P. T. Lessa, K. Kihara & K. Otsuka. 1993. Distribution and relative abundance of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 92: 474-480.
- Henderson, A. C., K. Flannery & J. Dunne. 2001. Observations on the biology and ecology of the blue shark in the north-east Atlantic. *Journal of Fish Biology* 58: 1347-1358.
- Hoening, J. M. & S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber & T. Taniuchi (eds.), *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries*, p. 1-16. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 90.

- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *In*: F.R. Harden Jones (ed.) Sea Fisheries Research. J. Wiley and Sons, New York. Pp. 117-137.
- Joung, Shoou-Jeng & Che-Tsung Chen. 1995. Reproduction in the sand bar, *Carcharhinus plumbeus*, in the waters off Northeastern Taiwan. *Copeia* (3): 659-665.
- Liu, Kwang-Ming, Po-Jen Chiang & Che-Tsung Chen, 1998. Age and growth estimates of the bigeye thresher shark *Alopias superciliosus* in northeastern Taiwan waters. *Fish. Bull.* 96: 482-491.
- Liu, Kwang-Ming, Che-Tsung Chen, Tai-Hsiang Liao & Shoou-Jeng Joung, 1999. Age, growth, and reproduction of the pelagic thresher shark, *Alopias pelagicus* in the Northwestern. *Copeia* (1): 68-71.
- Lucifora, L, J. Valero & V. García. 1999. Length at maturity of the greeneye spurdog shark, *Squalus mitsukurii* (Elasmobranchii: Squalidae), from the SW Atlantic, with comparison with other regions. *Mar. Freshwater Res.* 50: 629-632.
- Martoja, R. & M. Martoja-Pierson. 1970. Técnicas de Histología Animal. Toray-Masson, S. A. Editores, Barcelona, España. 350 pp.
- Mollet, H. F., G. Cliff, H. L. Pratt Jr., J. D. Stevens. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. *Fish. Bull.* 98: 299-318.
- Moulton, P.L., Walker, T.I. & Saddler, S.R. 1992. Age and growth studies of gummy shark, *Mustelus antarcticus*, Gunther, and school shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from Southern Australian Waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43:1241-1267.
- Muñoz-Chápuli, R. 1984. Ethologie de la reproduction chez quelques requins de l'Atlantique nord-est. *Cybiurn* 8: 1-14.
- Natanson, L. J. & G. M. Cailliet. 1986. Reproduction and development of the pacific angel shark, *Squatina californica*, off Santa Barbara, California. *Copeia* (4):987-994.
- Natanson, L. J. & G. M. Cailliet. 1990. Vertebral growth zone deposition in Pacific Angel sharks. *Copeia* 4: 1133-1145.
- Natanson, L. J., J. G. Casey & N. E. Kohler. 1995. Age and growth estimates for the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 93: 116-126.
- Neter, J., M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim and W. Wasserman. 1996. Applied Linear Statistical Models. Fourth Edition, Irwin, 1040 p.
- NOAA. 1999. Final Fishery Management Plan for Atlantic Tunas, swordfish and Sharks. Vol I. Dept. of Comm. NOAA, NMFS. 341 p. + 44 figs.

- Otake, T. & K. Mizue. 1981. Direct evidence for oophagy in the thresher shark, *Alopias pelagicus* Jpn. J. Ichth. 28: 171–172.
- Parsons, G.R. 1985. Growth and age estimation of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*: A comparison of techniques. *Copeia* 1985: 80-85.
- Paust, B. & R. Smith., 1986. Salmon shark manual. The development of a commercial salmon shark, *Lamna ditropis*, fishery in the North Pacific. Alaska Sea Grant Rep. 86-01, 430 p.
- Pratt, H. L. 1979. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. 77: 445 -470
- Pratt, H. L. Jr. & J. G. Casey. 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, using four methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1944-1957.
- Pratt, H.L., Jr. 1988. Elasmobranch Gonad Structure: A description and Survey. *Copeia* 1988(3): 719-729.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191:382 p.
- Schnute, J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:1128-1140.
- Shwartz, F.J. 1983. Shark ageing methods and age estimation os scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, and dusky, *Carcharhinus obscurus*, sharks based on vertebral ring counts. In: E. D. Prince and L. M. Pulos (eds.), *Proceedings of the international workshop on age determination of the pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks*, p. 167-174. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech.Rep.NMFS 8.
- Sminkey, T.S. & J.A. Musick. 1995 Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, before and after population depletion. *Copeia* 4:871-883.
- Soriano, M., J. Moreau, J. M. Hoening & D. Pauly. 1992. New functions for the analysis of two-phase growth of juvenile and adult fishes, with application to Nile perch. *Transactions of the American Fisheries Society* 121: 486-493.
- Springer, S. 1960. Natural history of the sandbar shark *Eulamia milberti*. U.S. Fish. Wildl.Serv. Fish. Bull. 61 (178): 1–38.
- Stevens, J. D. 1975. Vertebral rings as a means of age determination in the blue shark (*Prionace glauca*). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 55: 657-65.
- Stevens, J. D. 1983. Observations on reproduction in the shortfin mako *Isurus oxyrinchus*. *Copeia* 1983 (1): 126-30.

Tanaka, S., G.M. Cailliet & K.G. Yudin. 1990. Differences in growth of the blue shark, *Prionace glauca*: technique or population. In Elasmobranchs as Living resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematic, and the Status of the Fisheries (Pratt, H.L., Gruber, S.H. & Taniuchi, T., eds.). NOAA Technical Report NMFS 90, 177-188.

Vaughan, D.S. & P. Kanciruk. 1982. An empirical of estimation procedures for the von Bertalanffy growth equation. J. Cons. Int. Explor. Mer. 40: 211-219.

Vooren., C. M. 1992. Reproductive strategies of eight species of viviparous elasmobranchs from southern Brazil. Bull. Soc. Zool. Fr. 117 (3): 303-312.

Walter, J. P. & D. A. Ebert. 1991. Preliminary estimates of age of the bronze whaler *Carcharhinus brachyurus* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) from southern Africa, with a review of some life history parameters. S. Afr. J. Mar. Sci. 10:37-44.

Wintner, S. P. & G. Cliff. 1999. Age and growth determination of the white shark, *Carcharodon carcharias*, from the east cost of the South Africa. Fish. Bull. 97 (1):153 - 169.

Wourms, J. P. 1977. Reproduction and Development in Chondrichthyan Fishes. Amer. Zool. 17: 379-410.

Wourms, J.P. & L.S. Demski. 1993. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: introduction, history, overview, and future prospects. Environmental Biology of Fishes 38: 7-21.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Eds. New Jersey.