

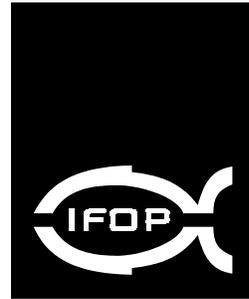


INFORME FINAL CORREGIDO

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 2000-11

Biología reproductiva y área de desove del pez espada en el Pacífico Sur Oriental



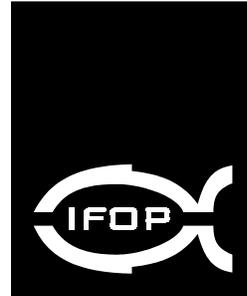


INFORME FINAL CORREGIDO

FIP N° 2000-11

**Biología reproductiva y área de
desove del pez espada en el
Pacífico Sur Oriental**

• Marzo, 2003 •



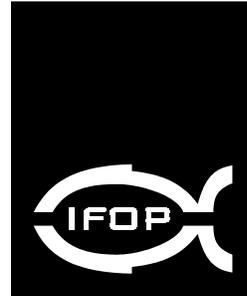
REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente Consejo
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Evaluación Pesquerías Nacionales:
Jorge Farías Ahumada.
Director Ejecutivo:
Guillermo Moreno Paredes

• Marzo, 2003•



JEFE DE PROYECTO

MIGUEL DONOSO PASTOR

AUTORES

MIGUEL DONOSO P.
RODRIGO VEGA M.
VICTOR CATASTI B.
GABRIEL CLARAMUNT Q.
GUSTAVO HERRERA U.
CIRO OYARZÚN G.
MAURICIO BRAUN A.
HERNÁN REYES R.
SERGIO LETELIER V.

COLABORADORES

JEANNETTE CAMPOS V.
JORGE AZÓCAR R.
GASTÓN ROSSON V.
LEYLA MIRANDA O.
GUSTAVO AEDO U.
ERICK DAZA V.
ESTEBAN CARREÑO P.

• Marzo, 2003 •



RESUMEN EJECUTIVO

Las actividades efectuadas para el desarrollo del proyecto se basan en: Crucero oceanográfico y biológico pesquero en la zona adyacente a Isla de Pascua durante el verano del año 2001; Crucero bio-pesquero en la misma zona durante el verano del año 2002; Campaña de captura de post larvas de peces espada en la misma zona, en el año 2002; y en el Muestreo biológico pesquero realizado para el total de la flota palangrera durante toda la temporada 2001 (febrero – diciembre).

Los principales resultados del estudio dicen relación con:

- La longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) global para los ejemplares capturados por la flota que operó sobre el recurso, entre marzo y diciembre, estuvo comprendida entre 100 y 387 cm, con un promedio de 178,8 cm. La longitud 1^a-2^a dorsal (L12D), en un rango muestral observado corresponde a ejemplares entre 42 y 198 cm, con un promedio de 103,66 centímetros.
- Las capturas de pez espada se realizaron en los gradientes térmicos por sobre 15° C , en el que se aprecia una pequeña tendencia a incrementarse en el porcentaje de ejemplares bajo talla con el incremento de la temperatura. En el caso de la profundidad de trabajo, se observó una leve tendencia a reducirse los ejemplares bajo la talla, al aumentar la profundidad. Solamente se percibió un aumento en la amplitud de los registros con el aumento de la temperatura.



- Los ítems presa conocidos en Chile para pez espada, se ampliaron de un total de 6 a 34 ítems, compuestos por 16 taxa de cefalópodos, 15 de peces óseos, 1 de peces cartilaginosos y 2 taxa de crustáceos. En términos de biomasa de ítems presa, los teleósteos dan cuenta del 60,2% y los cefalópodos del 39,4%.
- Los análisis genéticos demuestran que no existe una diferencia genéticas entre las muestras provenientes de las 3 zonas de operación de la flota palangrera (norte, centro y sur), por lo tanto provendrían de una población panmíctica.
- En relación a la época de desove, la modalidad reproductiva de *Xiphias gladius* (sincrónico por grupo) debería ser consecuente con un período reproductivo corto. Es así que los registros mensuales de hembras sexualmente activas y la frecuencia de estadios ováricos, muestran la mayor actividad reproductiva circunscrita en la época estival, durante los meses de enero y febrero. Los machos, en cambio, presentan testículos de tipo lobular, cuya actividad espermatogénica demostró ser más extensa. Sin embargo, la máxima madurez testicular y emisión se presenta entre enero y marzo, lo que deja de manifiesto la sincronía de la actividad reproductiva entre los sexos.
- En relación a la presencia de larvas, solamente se reportaron larvas de túnidos e istiophoridos dentro de las especies de “billfishes”, no encontrándose larvas de pez espada.



En el presente Informe Final se entregan los resultados del desarrollo del Proyecto, en cuanto a los objetos específicos 3.1, 3.2 Y 3.3. Las actividades relacionadas con el objetivo 3.3 “Caracterizar las áreas de crianza del pez espada en el área de estudio”, se desarrollaron para toda la zona de estudio y en zonas adyacentes a las Islas de Pascua, Salas y Gómez y zona adyacente a Nazca.



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO.....



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE FIGURAS	vii
ÍNDICE TABLAS y ANEXO	xv
1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVO GENERAL.....	7
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3.1 Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile	7
3.2 Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.....	7
3.3 Caracterizar las áreas de crianza del pez espada en la zona de estudio.	7
4. DESARROLLO METODOLÓGICO	9
4.1 Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile	10
4.2 Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.....	20
4.3 Caracterizar las áreas de crianza de pez espada en la zona de estudio...	40
5. RESULTADOS.....	43
5.1 Gestión de Monitoreo	43
5.2 Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento alimentario en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile	43
5.3 Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.....	61
5.4 Caracterizar las áreas de crianza de pez espada en el la zona de estudio	78



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	81
6.1 Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento alimentario en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile	81
6.2 Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.....	83
6.3 Caracterizar las áreas de crianza de pez espada en la zona de estudio...	91
7. CONCLUSIONES	92
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

FIGURAS

TABLAS

ANEXO Plan Detallado de Asignación de Personal Profesional y Técnico



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Área de estudio y zonas operación de las flotas en la pesquería de pez espada.
- Figura 2. Distribución espacial de estómagos de pez espada muestreados en el Pacífico Sur Oriental frente a las costas de Chile entre enero de 2001 y enero de 2002.
- Figura 3. a) Zona de estudio y track de navegación; b) Posición de las estaciones bio-oceanográficas.
- Figura 4. Distribución de los lances de pez espada en la Isla de Pascua.
- Figura 5. Red para captura de post larvas utilizada en Isla de Pascua.
- Figura 6. Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior-horquilla de pez espada. Primer y segundo crucero de Verano.
- Figura 7. Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior-horquilla de pez espada. Flota palangrera (marzo - diciembre) 2001.
- Figura 8. Distribución de frecuencia de longitud primera – segunda aleta dorsal (L12D) de pez espada. Flota palangrera, marzo – diciembre 2001.
- Figura 9. Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) de pez espada. Flota palangrera, marzo – julio 2001.
- Figura 10. Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) de pez espada. Flota palangrera, agosto – diciembre 2001.
- Figura 11. Distribución de frecuencia de longitud primera – segunda aleta dorsal (L12D) de pez espada. Flota palangrera, marzo - julio 2001.
- Figura 12. Distribución de frecuencia de longitud primera – segunda aleta dorsal (L12D) de pez espada. Flota palangrera, agosto – diciembre 2001.
- Figura 13. Distribución de frecuencia de longitud primera – segunda dorsal (L12D) de pez espada por zona de pesca. Flota palangrera, marzo - diciembre 2001.



- Figura 14. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada. Flota palangrera, marzo - diciembre 2001.
- Figura 15. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada. Flota palangrera, marzo - julio 2001.
- Figura 16. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada. Flota palangrera, agosto - diciembre 2001.
- Figura 17. Distribución de peso tronco (PTR) de pez espada por zona de pesca. Flota palangrera, marzo - diciembre 2001.
- Figura 18. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, marzo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 19. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, marzo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 20. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, abril 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 21. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, abril 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 22. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, mayo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 23. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, mayo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 24. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, junio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 25. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, junio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.



- Figura 26. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, julio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 27. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, julio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 28. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, agosto 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 29. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, agosto 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 30. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, septiembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 31. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, septiembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 32. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, octubre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 33. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, octubre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 34. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, noviembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 35. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, noviembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 36. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, diciembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.



- Figura 37. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje de bajo talla de pez espada en la zona de estudio, diciembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 38. Rendimiento y porcentaje de ejemplares bajo talla por lance asociado a la profundidad media (m) de trabajo del anzuelo.
- Figura 39. Rendimiento (gr/anz) y porcentaje bajo talla (BTML) por lance, en relación a la profundidad de trabajo (m) del anzuelo. (Mediana, cuartiles, rango y outliers)
- Figura 40. Rendimiento y porcentaje de ejemplares bajo talla por lance asociado a la temperatura del agua media (°C) en el estrato de trabajo del anzuelo.
- Figura 41. Rendimiento (gr/anz) y porcentaje bajo talla (BTML) por lance, en relación a la temperatura del agua media (°C) en el estrato de trabajo del anzuelo. (Mediana, cuartiles, rango y outliers)
- Figura 42. Relación entre el peso total (PT) y la longitud mandíbula inferior – horquilla (LMIH) del pez espada durante el año 2001.
- Figura 43. Relación entre el peso tronco (PTR) y la longitud mandíbula inferior – horquilla (LMIH) del pez espada durante el año 2001.
- Figura 44. Relación entre el peso tronco (PTR) y la longitud 1ª - 2ª dorsal (L12D) del pez espada durante el año 2001.
- Figura 45. Relación entre la longitud mandíbula inferior – horquilla (LMIH) y la longitud 1ª - 2ª dorsal (L12D) del pez espada durante el año 2001.
- Figura 46. Relación entre el peso total (PT) y el peso tronco (PTR) del pez espada durante el año 2001.
- Figura 47. Distribución espacial de estómagos de pez espada muestreados en el Pacífico Sur Oriental frente a las costas de Chile. 1 = verano de 2001, 2 = otoño, 3 = invierno, 4 = primavera, 5 = verano de 2002.
- Figura 48. Variación de la importancia relativa de los grupos presa mayores, teleosteos y cefalópodos, con respecto a la talla de ejemplares de pez espada (definición de grupos en los resultados).



- Figura 49. Representación de la composición dietaria de pez espada por rango de talla.
- Figura 50. Fragmento D-loop de *X. gladius* amplificado por PCR y digerido con las enzimas de restricción Taq I, Haplotipos A y B. Alu, Haplotipos A, B, C y D, marcador de tamaños moleculares. ND, fragmento no digerido.
- Figura 51 a. Ovario de *Xiphias gladius* en estadio 2 (Inmaduro) (10 X).
- Figura 51 b. Ovario en estadio 3 (Parcialmente Vitelado, PV) (10 X).
- Figura 51 c. Ovario en estadio 4 (Vitelado , OV) (10 X).
- Figura 51 d. Ovario en estadio 5 (Hidratado, H) (10 X).
- Figura 51 e. Ovario en estadio 6 (En Desove) FPO: Folículo postovulatorio (40 X).
- Figura 51 f. Ovario en estadio 6 (En Desove) (10 X).
- Figura 51 g. Ovario en estadio 7 (Desovado) (4 X).
- Figura 51 h. Ovario en estadio 7 (Desovado) (10 X).
- Figura 52 a. Testículo de *Xiphias gladius* en estadio 2 (Inmaduro) (40 X).
- Figura 52 b. Testículo en estadio 3 (En maduración) (40 X).
- Figura 52 c. Testículo en estadio 4 (Madurez avanzada y emisión) (10 X).
- Figura 52 d. Testículo en estadio 5 (En regresión) (40 X).
- Figura 53. Relación entre el cubo de la longitud (LMIH) y el peso del ovario según estadio de madurez ovárica.
- Figura 54. Relación entre el cubo de la longitud (LMIH) y el peso del testículo según estadio de madurez en machos.
- Figura 55. Índice gonádico promedio mensual de hembras de pez espada.
- Figura 56. Índice testicular promedio mensual para machos.



- Figura 57. Distribución mensual de hembras *X. gladius* sexualmente inactivas (estadios 1+2+7) y activas (estadios 3+4+5+6)
- Figura 58. Distribución mensual de estadios ováricos de *Xiphias gladius*, período febrero 2001 – enero 2002. Se exceptúa el estadio 2 (inmaduro).
- Figura 59. Distribución mensual de machos *X. gladius* sexualmente inactivos (1+2+5) y activos (estadios 3+4).
- Figura 60. Distribución mensual de estadios testiculares de *Xiphias gladius*, período febrero 2001 – enero 2002.
- Figura 61. Proporción de maduros en hembras (círculos) y machos (triángulos) de *X. gladius*. Línea continua es el ajuste del modelo a las hembras.
- Figura 62. Distribución de frecuencia de diámetro de ovocitos en *Xiphias gladius* por estadios de madurez microscópica.
- Figura 63. Distribución de frecuencia de tamaños de ovocitos ordenadas de acuerdo a la moda de vitelados (< 600 micrones).
- Figura 64. Relación entre la longitud (Longitud mandíbula inferior a horquilla) con la fecundidad parcial en *Xiphias gladius*, considerando los ovocitos mayores a 750 micrones.
- Figura 65. Relación entre la longitud (Longitud mandíbula inferior a horquilla) con la fecundidad parcial en *Xiphias gladius*, considerando a los ovocitos mayores a 600 micrones.
- Figura 66. Relación entre la longitud (Longitud mandíbula inferior a horquilla) con la fecundidad total en *Xiphias gladius*. Ovocitos mayores a 250 micrones.
- Figura 67. Distribución espacial superficial de : a) *Thunnus albacares*, b) *Katsuwonus pelamis*, c) *Thunnus alalunga* y d) *Thunnus sp.*
- Figura 68. Distribución especial integrada de a) *Thunnus albacares*, b) *Katsuwonus pelamis* y c) *Thunnus sp.*
- Figura 69. Distribución espacial de larvas de a) Coryphaenidae, b) Exocoetidae, c) Hemirhamphidae, d) *Makaira nigricans* y e) *Tetrapturus audax*.



- Figura 70. Distribución espacial de la TSM y el IG de pez espada en la zona de estudio, febrero 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 71. Distribución espacial de la TSM y el IG de pez espada en la zona de estudio, marzo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.
- Figura 72. Distribución espacial de la TSM y el IG de pez espada en la zona de estudio, enero – febrero 2002: a) tercera semana, b) cuarta semana y c) quinta semana.
- Figura 73. Relación entre el índice gonádico (IG) de pez espada y la temperatura superficial. Ejemplares maduros capturados en los cruceros de verano 2001 y 2002.
- Figura 74. a) Vectores de viento y b) Índice de turbulencia.
- Figura 75. Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a) y salinidad (psu) (b).
- Figura 76. Distribución superficial de densidad ($\sigma\text{-t}$) (Kg/m^3) (a) y clorofila total (ng/L) (b).
- Figura 77. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)(a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta transversal 1 (sentido NO-SE).
- Figura 78. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta transversal 2 (sentido NE-SO).
- Figura 79. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 3 (sentido N-S).
- Figura 80. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 4 (sentido O-E).
- Figura 81. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 5 (sentido N-S).
- Figura 82. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 6 (sentido N-S).



Figura 83. Distribución espacial de los lances realizados por la flota palangrera chilena que operó en la zona de estudio, período marzo-diciembre del 2001.

Figura 84. Distribución espacial de los lances realizados por las embarcaciones que operaron en los cruceros de verano en la zona oceánica norte y adyacente a las Islas de Pascua y Salas y Gómez (febrero-marzo 2001 y enero-febrero 2002).



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Criterios histológicos en la clasificación de estadios gonadales *Xiphias gladius* (de Murphy & Taylor 1990 y Zarate, 1997; modificados).
- Tabla 2. Resumen por mes de recalada de la flota palangrera, número de mareas realizadas, número de lances efectuados, captura (número y kilos) ejemplares muestreados y muestras procesadas en laboratorio húmedo.
- Tabla 3. Estadística descriptiva de longitud mandíbula inferior – horquilla y 1° - 2° dorsal de pez espada por mes de operación de la flota palangrera. Temporada 2001.
- Tabla 4. Proporción sexual de capturas de pez espada por mes.
- Tabla 5. Composición alimentaria de *Xiphias gladius* capturados en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental (197 estómagos con contenidos).
- Tabla 6. Composición alimentaria de machos (79 estómagos) y hembras (96 estómagos) de pez espada.
- Tabla 7. Índice de similitud Porcentual (ISP) calculado para machos y hembras de *Xiphias gladius*.
- Tabla 8. Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (CS), número de especies (N) e ítems presa dominantes en peso (id (%P)), para machos, hembras y total de estómagos con contenido de *Xiphias gladius*.
- Tabla 9. Composición porcentual de la dieta de *Xiphias gladius*, separadas de acuerdo a la estacionalidad de la pesquería.
- Tabla 10. Índice de similitud (ISP) calculado entre estaciones de muestreo.
- Tabla 11. Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (CS), número de especies (N) e ítems presa dominantes en peso (ID (%P)), calculados por estación de muestreo.
- Tabla 12. Composición porcentual de la dieta de *Xiphias gladius*, analizada respecto a la talla.



- Tabla 13. Índice de Similitud (ISP) calculado entre estaciones de muestreo.
- Tabla 14. Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (CS), número de especies (N) e Ítems presa dominantes en peso (ID (%P)), calculados por rango de talla.
- Tabla 15. Resultados de la diversidad genética h estimado para cada área de estudio.
- Tabla 16. Número de ejemplares analizados de *Xiphias gladius* en estados reproductivos en el período febrero 2001 a enero 2002.
- Tabla 17. Frecuencia mensual de hembras *Xiphias gladius* inactivas (estadios 1+2+7); activas (estadios 3+4+5+6+), periodo febrero del 2001- enero del 2002.
- Tabla 18. Frecuencia mensual de estadios ováricos de *Xiphias gladius*.
- Tabla 19. Frecuencia mensual de machos *Xiphias gladius*, inactivos (estadios 1+2+5); activos (estadios 3+4+), periodo febrero del 2001- enero del 2002.
- Tabla 20. Frecuencia mensual de estadios testicular de *Xiphias gladius*, periodo febrero del 2001- enero del 2002.
- Tabla 21. Porcentaje de ejemplares por clase de talla (LMHI) catalogados como inmaduros (estadio 2) y maduros (iguales y mayores al estadio 3) en hembras y machos de *Xiphias gladius*. Solo meses correspondientes al pico reproductivo (febrero, marzo y abril de 2001 y enero 2002)
- Tabla 22. Resultados del ajuste del modelo logístico a hembras de *Xiphias gladius*.
- Tabla 23. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces Familia Scombridae Crucero Pez Espada Verano 2001 (lances verticales).
- Tabla 24. Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces Familia Scombridae e Istiophoridae Crucero Pez Espada Verano 2001 (lances superficiales)
- Tabla 25. Número de post larvas de peces oceánicos encontrados en las aguas costeras de la Isla de Pascua.



1. ANTECEDENTES

El pez espada, *Xiphias gladius*, es una especie ampliamente distribuida en los mares y océanos del mundo, ya sean tropicales, subtropicales o templados y son objeto de importantes pesquerías comerciales en la mayoría de las áreas en que habitan. La demanda mundial de pez espada se ha ido incrementando en los últimos años, lo que ha causado un aumento en su valor, al presentar una oferta limitada.

En el caso de nuestro país, la pesquería de pez espada ha tenido un auge a partir de la década del '80 con la incorporación de nuevas tecnologías de apoyo a la detección de zonas de pesca y con la incorporación de la flota palangrera, que se suma a la flota redera ya existente.

La distribución de la pesquería de este recurso en Chile, se extiende normalmente desde los 18°S hasta los 40°S, entre las 60 y 300 millas. En esta amplia área de distribución, el recurso no se presenta en forma homogénea ya que, es dependiente de diversos factores, produciéndose estacionalmente zonas con mayor o menor abundancia.

Aunque es conocida como una especie mesopelágica oceánica de aguas superficiales con más de 13° C, no parece tener dificultades para el desplazamiento en profundidad, llegando incluso a los 550 metros. Carey y Robinson (1981) mediante telemetría demostraron que esta especie presenta un claro patrón diario de movimientos verticales, descendiendo durante el día y subiendo a la superficie en la noche.



Entre los peces pelágicos mayores es el que presenta una mayor tolerancia a la temperatura, los adultos toleran temperaturas de 5° a 27°C, con un rango óptimo de temperatura entre los 18° a 22°C (Nakamura, 1985). Es probable que, junto con su desarrollo el pez va adquiriendo una mayor tolerancia a la temperatura del mar.

Los peces espada son más abundantes en áreas de convergencia de corrientes cálidas y frías y de producción primaria relativamente alta, que crean condiciones capaces de sustentar grandes stocks de peces pelágicos pequeños, que son depredados por los peces espada (Joseph *et al.*, 1994). Ovchinnikov (1970) menciona que las zonas frontales con gradientes rápidos de temperatura, salinidad y gran cantidad de materia biógena, tales como la Corriente del Golfo (Atlántico), Kuroshio (Pacífico) y Humboldt (Pacífico Suroriental), juegan un rol principal en la distribución del pez espada.

En el Océano Pacífico, existen cinco zonas frontales donde los peces espada se encuentran en abundantes concentraciones, ubicándose una de estas en el Pacífico Tropical Oriental, donde la contracorriente ecuatorial cálida se intersecta con la corriente fría del Perú (Joseph *et al.*, 1994).

La distribución de las larvas del pez espada también presentan como limitante la temperatura. Estas se encuentran con mayor frecuencia en temperaturas sobre los 24° C y su distribución es continua en aguas tropicales y subtropicales, extendiéndose desde el Océano Indico Central hasta el Océano Pacífico Oriental, en la vecindad del meridiano 120° W y en los mares contiguos entre los 30° N y 30° S (Matsumoto y Kazama, 1969). En el Pacífico Suroriental, Nishikawa *et al.* (1978) reportaron presencia de larvas en los 22°38'S – 105°24'W. La ausencia de larvas a lo largo de la línea longitudinal del Ecuador, hacia el Este de los 100° W, se debe probablemente al efecto de aguas con bajas temperaturas de la surgencia ecuatorial; a la corriente del Perú; y, a la extensión de esta última (Nishikawa y



Ueyanagi, 1974). Las migraciones horizontales del pez espada, de gran escala temporal, son explicadas mediante el comportamiento propio de las etapas de vida de la especie. Las necesidades alimenticias y reproductivas constituirían los principales desencadenantes de estos movimientos en la especie. Sus migraciones consisten en movimientos hacia aguas templadas o frías para alimentarse en verano y volver hacia aguas cálidas en otoño a desovar y pasar el invierno.

De acuerdo a Kume y Joseph (1969), los registros de captura tienden a mostrar un movimiento de peces desde el extremo de Baja California durante la primavera y hacia el norte durante el verano y otoño. A lo largo de Chile los peces se mueven hacia el norte desde marzo a septiembre, comportamiento que, se ha hecho menos marcado en los 3 últimos años (Donoso y Cerna, 2000).

La aparición estacional de los peces espada en las pesquerías del Atlántico Noroccidental y del Pacífico Noroccidental, en conjunto con la distribución conocida de sus larvas y adultos con gónadas grávidas, indica una migración de desove hacia aguas con más de 23°-24° C (Arata, 1954; Markle, 1974; Nishikawa y Ueyanagi, 1974; Beckett, 1974; Nakamura, 1985), mientras que los peces que no se encuentran en desove se mueven entre las aguas costeras y oceánicas. Se podría pensar que los 24° C sería el límite inferior de temperatura para el desove del pez espada. De ser esto cierto, el desove en latitudes mayores debería ser altamente estacional y limitado a períodos del año cuando las temperaturas superen esta temperatura límite. En el Atlántico el desove ocurre durante todo el año (Palko *et al.*, 1981). En el océano Indico se han detectado hembras maduras en abril finalizando la estación de desove en diciembre (Yabe *et al.*, 1959). En la parte central del océano Pacífico esto ocurre en primavera y verano, en el Pacífico Suroccidental en verano y todo el año en aguas ecuatoriales del Pacífico (Nakamura, 1985). En el Pacífico Suroriental, se han encontrado peces a punto de



desovar en cada mes del año, pero parecen ser más abundantes de marzo a julio en las latitudes más al norte y cercanos a enero en las latitudes más al sur. (Kume y Joseph, 1969). Zárate (1997) encontró individuos maduros en el período noviembre – mayo en la zona adyacente a la Isla de Pascua.

Los estudios reproductivos en peces, tales como el establecimiento del tamaño de la primera madurez, la duración de la estación de desove y la fecundidad, requieren el conocimiento del estado de desarrollo gonadal de cada individuo. La determinación de estos aspectos y particularmente de las fases de madurez sexual, constituyen puntos fundamentales que deben ser considerados siempre en cualquier programa de estudio de la biología reproductiva de un recurso. Los métodos en uso varían desde la histología hasta la inspección visual basada en la apariencia externa de la gónada. Entre estos dos extremos están la medición del tamaño ovocitario, el estado en base a la apariencia de los ovocitos, y el índice gonádico (West, 1990).

En años recientes, el examen histológico de las gónadas de los machos y las hembras ha producido índices de madurez más precisos para varias especies de peces. Las técnicas histológicas contribuyen eficazmente al mejor conocimiento de la biología reproductiva de los peces, ya que por intermedio de ellas se puede conocer las variaciones del ciclo ovárico y testicular a través del tiempo, señalando los cambios estructurales de dichos órganos, así como los posibles estados sexuales. Estos estados se pueden determinar al observar en que momento del ciclo sexual se encuentra un ejemplar dado, teniendo como base los diferentes tipos de ovocitos y espermatoцитos y también la proporción con que ellos se presentan. Como consecuencia de este hecho, la aplicación de técnicas histológicas en los últimos años se ha incrementado de manera considerable en los programas de investigación pesquera (Oliva *et al.*, 1986).



En los últimos años variadas investigaciones se han enfocado al estudio de la variabilidad genética que se observa en la región del ADN mitocondrial D-loop de *X. gladius*, con el objeto de diferenciar las poblaciones existentes en los océanos del mundo, debido a que sus extensos patrones de migración entre aguas tropicales, subtropicales y templadas sugieren un alto grado de flujo génico, y una escasa estructuración genética entre sus poblaciones. Las técnicas moleculares utilizadas para este fin han sido aloenzimas, ADN mitocondrial y nuclear, obteniendo exitosos resultados en todas ellas.

En especial las técnicas moleculares basadas en el análisis del ADN mitocondrial, se presentan como una valiosa herramienta de alto poder de resolución. El ADN mitocondrial se presenta como una molécula de doble hebra circular cerrada que se encuentra en la mitocondria y que tiene entre 15.000 a 18.000 pares de bases (pb), haploide, y aunque comprende menos del 1% del total del genoma en cada célula, presenta características muy importantes por las cuales se elige para estudios moleculares, entre ellas están: su alta tasa de evolución con mayor deriva génica, el que aparentemente carece de recombinación y que es de herencia preferentemente materna. El ADM mitocondrial evoluciona 5 a 10 veces más rápido que el ADN nuclear, lo que le hace tener una alta variabilidad.



.....INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO.....



2. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el ciclo de vida del pez espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1. Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento alimentario en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile.
- 3.2. Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.
- 3.3. Caracterizar las áreas de crianza del pez espada en el área de estudio.



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



4. DESARROLLO METODOLÓGICO

El proyecto se ha realizado conforme a la metodología planteada en la Propuesta Técnica, a pesar que por motivos de fuerza mayor han existido algunas modificaciones en cuanto al plan de muestreo elaborado para cumplir con los 3 objetivos enunciados:

- 1) Rediseño del primer crucero de Isla de Pascua, que significó establecer un nuevo trazado del track de navegación para el muestreo bioceanográfico con una embarcación en lugar de las cuatro propuestas originalmente. Este crucero se realizó entre el 22 de enero y el 22 de marzo del año 2001.
- 2) Se reprogramó la primera marea de la flota para los meses de marzo y abril de 2001, lo que significó ajustar la propuesta original de operar con 4 naves, a la participación de 12 embarcaciones palangreras. De la misma forma, como no se trabajó exclusivamente en las áreas definidas originalmente por la Propuesta y además se operó con el total de la flota, en toda la zona de distribución del recurso, los resultados son analizados en forma global.
- 3) La sub-área 2, Cordillera de Nazca, que fue considerada inicialmente en la Resolución N° 157 de la Subsecretaría de Pesca del 29 de enero de 2001, fue modificada por la Resolución N°641 del 12 de abril de 2001, en la que se explicita lo siguiente: “Se excluye el área de alta mar asociada a a la Cordillera de Nazca delimitada por los siguientes vértices: i) 20°LS, 83°30’LW ii) 20°LS, 78°LW y iii) 24°LS, 83°30’LW.



4.1. Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile.

4.1.1 Zona de estudio

Se realizaron muestreos biológicos en la zona económica exclusiva (ZEE) y alta mar adyacente a Isla de Pascua, Isla Salas y Gómez e Islas San Félix y San Ambrosio, en febrero y principios de marzo del año 2001 y fines de enero y febrero del 2002. Además, de la zona histórica de operación de la flota palangrera de pez espada, donde se efectuaron muestreos en todas las embarcaciones participantes en la Pesca de Investigación, a partir de marzo y hasta fines de diciembre del año 2001.

4.1.2 Muestreo biológico

Los muestreos biológicos se realizaron a todos los ejemplares de pez espada capturados y contemplaron la medición, identificación de sexo y, cuando fue posible a bordo, se pesaron los ejemplares. Junto a lo anterior, se registraron los datos operacionales y de posición de los lances respectivos.

La medición de los ejemplares se realizó con huinchas de medir al centímetro, y contempló las siguientes longitudes:

- Longitud mandíbula inferior – horquilla de la aleta caudal (LMIH)
- Longitud ojo – horquilla (LOH)
- Longitud borde anterior de la 1ª aleta dorsal al borde anterior de la 2ª aleta dorsal (L12D)



Los pesos registrados son:

- peso entero del ejemplar, pesado en forma inmediata después de la captura con una báscula digital Pesatronic, con sensibilidad de 1 kg y peso máximo de 500 kg.
- Peso tronco del ejemplar, es decir, sin cabeza, cola, aletas y vísceras. Este pesaje es posible realizarlo en muelle, previo marcaje de los ejemplares.

La identificación del sexo se realizó mediante inspección visual de las gónadas a bordo, por parte del personal de IFOP con experiencia en la pesquería y validadas en el laboratorio de IFOP en San Antonio.

El registro de la información base de entrada fue coordinado desde Valparaíso por un equipo multidisciplinario encargado de desarrollar el diseño y asegurar la calidad de la información. El equipo de muestreadores dependió de un Coordinador de Campo, el que además de participar en la toma de datos veló porque las normas y pautas técnicas impartidas se cumplieran, siguiendo estándares y procedimientos definidos.

Una vez revisados los formularios y bitácoras, fueron ingresados a una base de datos *Microsoft Access* con tablas de datos referidas a “operación de pesca” y “muestreos biológicos”, además de las codificaciones relacionadas a las variables anteriormente indicadas.

La unidad de esfuerzo determinada en la pesquería industrial de recursos altamente migratorios corresponde al número de anzuelos calados (anz), por consiguiente, el rendimiento o CPUE queda definido en términos de captura en gramos por anzuelo calado (gr/anz).



Las zonas de operación de la flota, utilizadas para estratificar algunas de las variables biológicas, fueron definidas de acuerdo a la zonas determinadas por IFOP en el Proyecto “Investigación Situación Recursos Altamente Migratorios, 2001” (Figura 1).

4.1.3 Histogramas de frecuencias de tallas

Los registros de longitudes (LMIH y L12D) fueron agrupados en intervalos de 10 cm obteniendo con ello los respectivos histogramas de frecuencias de tallas. De la misma forma las estructuras de peso fueron determinadas agrupando en rangos de 10 kg. Las estructuras de tallas y pesos fueron analizados estadísticamente, estimando algunos parámetros como la media, rango muestral y desviación estándar.

4.1.4 Relación entre la captura, el porcentaje bajo talla de pez espada y la distribución de la temperatura superficial del mar (TSM)

Con el fin de ilustrar el comportamiento de la flota, por una parte, se realizó el despliegue cartográfico de la captura por lance de las embarcaciones y, por otra, del porcentaje bajo talla mínima (BTML) calculado del muestreo a bordo del 100% de los ejemplares capturados. Este último con la finalidad de entregar un indicador de la estructura de tallas obtenido en cada lance.

De las actividades de pesca desarrolladas por la flota palangrera que se dedicó a la explotación del recurso pez espada, se calcularon las capturas totales de cada lance y su respectivo porcentaje de ejemplares bajo la talla mínima (menor a 106 centímetros L12D). Asimismo, se registró la información de TSM satelital, lo que condujo a elaborar cartografías que cubrieron la zona de operación de la flota; para ello se conformaron imágenes que tuvieran una extensión latitudinal de 20° S



a 40° S y que abarcaran desde el meridiano 75° W hasta 85° W. Se presenta semanalmente la distribución de la actividad de las naves y la respectiva estructura de la TSM promedio en el período.

Se estimaron las temperaturas en la columna de agua (correspondientes a lecturas de la variable en la columna de agua) y se procesaron y analizaron 44 imágenes satelitales promedio semanales de alta resolución de la temperatura superficial del mar (TSM), provenientes del radiómetro de alta resolución (AVHRR) a bordo de NOAA-16. Dichas imágenes fueron recepcionadas en el sistema SIRS-HRPT que opera en el Laboratorio de Teledetección y SIG de la Escuela de Ciencias del Mar de la Universidad Católica de Valparaíso. Este Centro posee una antena parabólica y las imágenes son analizadas y promediadas preliminarmente con el software de recepción satelital y de procesamiento digital de imágenes PCI. Luego, las cartas satelitales fueron remitidas al Laboratorio SIG del IFOP. Cabe señalar que la disponibilidad fue condicionada por la nubosidad presente en el área de interés, ya que el censor (pasivo) no es capaz de hacer mediciones a través de las nubes (Maravelias y Reid, 1995).

4.1.5 Relación entre el rendimiento, el porcentaje bajo talla por lance y la profundidad de trabajo del anzuelo

La relación entre el rendimiento, el porcentaje de ejemplares bajo la talla mínima por lance y la profundidad de trabajo del anzuelo, fue graficada con el fin de visualizar algún tipo de patrón y de esta forma definir el comportamiento de la variable respecto a los niveles de respuesta.

El registro de la profundidad de trabajo de los anzuelos (m) se realizó utilizando un censor (Micrel P2T-600) el cual entregó registros continuos (cada 30 segundos) durante todo el período de reposo del aparejo, en un total de 27 lances de pesca.



4.1.6 Relaciones entre el rendimiento, el porcentaje bajo talla por lance y la temperatura en el estrato de trabajo del anzuelo

De la misma forma que el punto anterior, la relación entre el rendimiento, el porcentaje de ejemplares bajo talla por lance y la temperatura en el estrato de trabajo del anzuelo, fue planteada con el fin de visualizar algún tipo de patrón y de esta forma definir el comportamiento de la variable respecto a los niveles de respuesta.

El registro de la temperatura del agua (° C) se realizó utilizando un censor (Micrel P2T-600) el cual entregó registros continuos (cada 30 segundos) durante todo el período de reposo del aparejo, en un total de 27 lances de pesca.

4.1.7 Proporción sexual

Para estimar la proporción sexual de los ejemplares de pez espada obtenidos en los lances se utilizó la expresión:

$$PS = \frac{Y_i}{Y}$$

donde:

Y_i = número de ejemplares hembras

Y = número total de ejemplares machos y hembras



4.1.8 Relación longitud – peso

La relación que vincula la longitud de un pez con su peso está dada por la siguiente identidad:

$$W_i = \alpha l_i^\beta$$

La estimación de los parámetros de la relación se realizó con el método de mínimos cuadrados. Los parámetros serán estimados a partir de la relación linealizada. Los parámetros de la relación una vez linealizada están dados por:

$$\beta \text{ y } \log \ell \alpha$$

Luego, $(\hat{\beta}, \hat{\log}(\alpha)) \xrightarrow{t} [\hat{\beta}; \log^{-1}(\hat{\alpha}^*)]$

con $\hat{\alpha}^* = \hat{\log}(\alpha)$

Estimados los parámetros α, β , podemos estimar la relación de la forma:

$$\hat{W} = \hat{\alpha} \ell_i^{\hat{\beta}}$$

Las relaciones morfométricas utilizadas son las siguientes:

- Longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) – peso total (PT).
- Longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) – peso total (PTR).
- Longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) – Longitud 1°-2° aleta dorsal (L12D).
- Longitud 1°-2° aleta dorsal (L12D) – peso tronco (PTR).
- Peso total (PT) – peso tronco (PTR).



4.1.9 Ítems alimentarios presentes en el área a través del contenido estomacal de los ejemplares

Se examinaron los contenidos estomacales de 256 ejemplares de pez espada capturados por la flota palangrera industrial, en las áreas de pesca localizadas entre los 20° y 38° de latitud sur, y entre los 76° y 110° de longitud oeste, frente a las costas de Chile (Figura 2), en el periodo comprendió entre enero de 2001 y enero de 2002.

A bordo de cada embarcación palangrera se tomó al azar una muestra de ejemplares de pez espada, a cada uno de los cuales se le registró entre otras, la longitud comprendida entre la horquilla y la mandíbula inferior (LHMI), además del sexo. Una vez medido cada ejemplar y en el caso que presentara contenido estomacal, se extrajo el estómago que fue etiquetado y congelado para su posterior análisis. En el laboratorio, el contenido estomacal de cada muestra fue recibido en un colador para evitar la pérdida del material en avanzado estado de digestión. Luego, se separó el contenido gástrico en tres taxa iniciales, a saber: Cefalópodos, Peces y Crustáceos. A continuación y cuando fue posible, se procedió a separar las presas de cada taxa inicial en diferentes morfos o tipos. Para cada tipo de presa se registró el número de ejemplares y peso (g). En el caso de aquellas presas en avanzado estado de digestión, el número de individuos fue determinado mediante el recuento de pedúnculos caudales y/o cráneos en peces, pares de mandíbulas o en su defecto mandíbulas inferiores y superiores en cefalópodos, y número de abdómenes y/o cefalotórax en crustáceos. Posteriormente, cada tipo de presa fue preservada en etanol al 20% o en formalina tamponada al 10% para su posterior identificación al nivel taxonómico más específico posible, dependiendo de su estado de digestión. Lo último se realizó a través de claves taxonómicas y materiales de referencia.



En el caso de los cefalópodos, la extracción de mandíbulas en muestras congeladas fue simple, ya que se desprendieron fácilmente de los músculos y se retiraron con pinzas. En cambio en aquellas muestras fijadas en formalina el bulbo bucal fue introducido en una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 10% durante 24 horas para su maceración y posterior identificación. La identificación de cefalópodos se realizó en el Museo Nacional de Historia Natural de Chile, mientras que los peces (teleósteos) y crustáceos fueron identificados en la Universidad de Concepción.

El análisis de las distintas presas en el bolo alimenticio fue realizado mediante los descriptores cuantitativos de Hyslop (1980), a través de los siguientes métodos:

- 1) Método numérico (N%): expresado como el total de presas de cada ítem encontrado en los estómagos en forma porcentual,
- 2) Método gravimétrico (P%): que corresponde al total en gramos de cada ítem encontrado expresado porcentualmente, y
- 3) Frecuencia de aparición (F%): que corresponde al porcentaje de ocurrencia de la presa en el total de estómagos.

Se descartó el uso del método volumétrico (V%) en el análisis de la información debido a su baja precisión en las mediciones de los ítemes presa en comparación al método gravimétrico. La importancia de cada taxón presa en la dieta del pez espada fue, determinada mediante el Índice Importancia Relativa (IIR) de Pinkas *et al.* (1971, *vide* Hyslop *op cit*), según la siguiente expresión:

$$IIR = (N\% + P\%) * F\%$$



El IIR fue expresado adicionalmente en porcentaje con el propósito de hacer los resultados más comparables de acuerdo a Cortés (1997). Los índices anteriormente señalados fueron utilizados para comparar la importancia de las presas entre sexo, estaciones de muestreo y tallas.

Para visualizar cuan amplio es el espectro de presas del pez espada o si se concentra en algunos ítemes específicos, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (IS), utilizando como información de entrada la fracción en peso de cada ítem alimentario. Las expresiones de ambos índices de diversidad son:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

donde, p_i es la fracción en peso de cada i -ésimo ítem alimentario, S es el número total de presas en los contenidos estomacales.

$$IS = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Para una mejor interpretación de los resultados se utilizó el Complemento Simpson (CS) que está definido como $1 - IS$.

Para determinar variaciones de la alimentación con respecto al sexo, estacionalidad y la talla del pez espada, se utilizó el Índice de Similitud Porcentual (ISP), cuya expresión es:



$$ISP = 100 \sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)$$

donde, $\min(a_i, b_i)$ corresponde al valor mínimo de las proporciones en el IIR de la i -ésima categoría de la presa en la dieta de pez espada entre las variables a comparar (sexo, estacionalidad y la talla).

4.1.10 Variabilidad genética de pez espada en las costas chilenas.

Se analizaron 108 muestras de músculo esquelético de *X. gladius* fijados en etanol los cuales fueron sometidos al proceso de extracción de ADN descrito por Grijalva-Chon *et al.* (1994). De estas muestras 39 provienen de la zona Sur, 34 de la zona Centro y 35 de la zona Norte. La zona norte se ubica entre las latitudes 18°S y 28°S, la zona Centro se ubica entre los 28°S y los 38°S, y la zona Sur se sitúa entre los 38°S y 48°S.

A partir del trozo fijado en alcohol se disectó 100 mg de tejido y se homogenizó con 500 μ l de tampón STE (10 mM Tris. HCl, pH= 8.0, 10 mM NaCl y 50 mM EDTA). Se agregó 25 μ l de SDS 20% y 50 μ l de Proteinasa K (10 mg/ml) y se incubó por toda la noche a 37 °C. Al día siguiente se retomó el Protocolo del CTAB desde las extracciones orgánicas hasta terminar disolviendo el ADN en 100 μ l de TE.

En la amplificación del fragmento D-loop por PCR se utilizó la pareja de partidores CB3R-L/12SAR-H. Cada amplificación se realizó en un volumen de 25 μ l que contenía tampón de amplificación (10 mM Tris. HCl, pH= 9.0, 50 mM de KCl y 0.1% de Tritón X-100), 1.5 mM de MgCl₂, 0.2 mM de dATP, dCTP, dGTP y dTTP, 1 μ M de cada partidador, 1 Unidad de Taq ADN polimerasa (Promega) y 1 μ l de la solución de ADN.



En la amplificación se utilizó un termociclador Techne modelo Progene, con un programa de temperaturas de: 1 ciclo de 10 min. a 95 °C, 0.5 min. a 60 °C y 2 min. a 72 °C; seguido de 40 ciclos de 0.5 min. a 95 °C, 0.75 min. a 54 °C y 2 min. a 72 °C y finalmente 1 ciclo de 5 min. a 72 °C. La digestión del fragmento D-loop se realizó con las enzimas de restricción que mostraron polimorfismo : Alu I, Hha I, Rsa I y Taq^α I. La visualización del fragmento D-loop amplificado como de sus posteriores digestiones se realizó en un gel de agarosa sumergido al 2 a 3%, luego de la tinción con Bromuro de etidio.

La diversidad genética fue estimada mediante el algoritmo: $h = (1 - \sum x_i^2) n / (n-1)$, donde x_i es la frecuencia de un haplotipo y n es el tamaño de la muestra.

4.2. Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.

4.2.1 Caracterización del ciclo reproductivo del pez espada mediante análisis gonadal

Dadas las características de la pesquería y la especie, la unidad de muestreo es el ejemplar. Esto es, a bordo e inmediatamente después de su captura, a todos los ejemplares se les efectuaron las mediciones correspondientes (longitud y peso total cuando fue posible) y determinación del sexo. Se les extrajeron las gónadas (ovarios y testículos), las cuales fueron fijadas inmediatamente en una solución de formaldehído al 10% tamponada, con el fin de evitar procesos de autólisis o destrucción del tejido.



a) Índices macroscópicos

Como criterio macroscópico para definir el período de máxima actividad reproductiva, se utilizó un índice basado en una expresión de volumen corporal, esto es, el cubo de la longitud (longitud mandíbula inferior a horquilla) dado que no se cuenta con el peso (total o tronco) para todos los ejemplares analizados y meses considerados. El índice utilizado para las hembras es:

$$IG = \frac{G}{L^3} * 1000$$

y para los machos,

$$IT = \frac{T}{L^3} * 1000$$

donde G es el peso del ovario; T es el peso del testículo y L es la longitud mandíbula inferior a horquilla.

b) Procesamiento histológico de la muestra

El procesamiento histológico del tejido gonadal se realizó utilizando técnicas histológicas de rutina: cortes finos de 5 µm de espesor provenientes de submuestras de ovarios y testículos, de 3 mm de grosor, postfijadas en solución Bouin, e incluidas en paraplást. Se colorean con hematoxilina de Harris-eosina y montan con entellán en portaobjetos esmerilados. Cada placa considera 5 cortes obtenidos cada 40 µm de profundidad de la pieza.



c) Criterios de análisis microscópico.

Las variaciones de la condición reproductiva es determinada a través del análisis de la distribución mensual de los estadios de madurez de las gónadas, aplicando escalas microscópicas. Taylor y Murphy (1992) aplican para *Xiphias gladius* una escala basada en ocho estadios según los criterios señalados por Wallace y Selman (1981) y Hunter y Macewicz (1985), para hembras y en machos las basadas en Grier (1981) (*fide* Murphy y Taylor, 1990). Sin embargo, de acuerdo al material analizado se ajustó la escala según los criterios de Murphy y Taylor (1990) y Zárate (1997), la que se entrega en Tabla 1 para hembras y machos.

d) Estimación de Madurez Sexual

Análisis microscópico

De los diagnósticos morfohistológicos llevados a cabo en los preparados ováricos y testiculares, se diferenciaron los estados sexuales inmaduros de los maduros; en hembras utilizando como criterio para discernir, entre ovarios con actividad gonadal (estadios 3 al 6) y ovarios inactivos (estadios 1, 2 y 7), lo que implicó que aunque existiera un sólo ovocito con vitelo se consideró como un ovario en actividad gonadal, es decir, maduro para los efectos del cálculo de la talla de primera madurez sexual (criterio estructural); para machos el criterio de separación entre maduros e inmaduros serán los estadios 3 y 4 para los primeros y los estadios 1, 2 y 5, para los segundos.

e) Determinación de la talla de primera madurez sexual

Este análisis tiene dos procedimientos que son secuenciales. Primero está el ajuste de un modelo para la probabilidad de madurez sexual (P) dependiendo de la talla del



pez (l), $\hat{P}(l)$, y luego está la estimación de la talla del pez dado una cierta probabilidad de estar maduro, $[\hat{l}_p | \hat{P}(l)]$, generalmente la talla del $P=50\%$ de madurez sexual. El tema fue tratado detalladamente en Roa *et al.* (1999).

Ajuste del Modelo de Madurez Sexual

Los datos consisten en talla y estado de madurez, que se asume toma sólo dos valores posibles: maduro o inmaduro. La variable predictora es continua y la variable respuesta es dicotómica, aunque puede ser expresada como una proporción al considerar la variable respuesta derivada: número de éxitos *dividido por* número de ensayos. Una manera natural de expresar esta variable respuesta derivada es a través del puntaje logit, que corresponde al logaritmo natural del número de éxitos *dividido por* número de ensayos (Roa *et al.*, 1999). Presumiendo luego que existe una relación lineal entre el puntaje logit y la variable predictora continua, el modelo de madurez a la talla queda expresado por:

$$P(l) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 l}} \quad (1)$$

donde β_0 y β_1 son parámetros de posición y pendiente a estimar. Los estimados son elegidos, dado un conjunto de datos, desde el punto en el cual el producto de las probabilidades binomiales de todos los datos (la verosimilitud del modelo) es un máximo, o más convenientemente desde el punto en el cual el negativo del logaritmo de la función de verosimilitud del modelo es un mínimo

$$-\ell(\beta_0, \beta_1) = -\sum_l [(h_l) \ln(P(l)) + (n_l - h_l) \ln(1 - P(l))] \quad (2)$$

donde h es el número de individuos maduros y n es el tamaño de muestra (un término constante que no afecta la estimación es omitido). Dada la naturaleza no



lineal de las ecuaciones normales, el mínimo es encontrado mediante un algoritmo iterativo. Los parámetros estimados al minimizar la ec. (2) son estimadores de máxima verosimilitud (EMV).

En las muestras analizadas no se encontraron hembras en estado virginal y solamente dos machos se encontraban en esta condición, por lo que se asumió que los ejemplares en estadio 2 eran inmaduros para estimar la talla de primera madurez sexual. Esto provoca una sobrestimación, ya que los ejemplares en estadio 2 se encuentran en un estado de inactividad reproductiva, pero esto no significa que sean vírgenes.

Estimación de la Talla de Madurez Sexual

Los resultados de ajustar el modelo de la ec. (1) con la función objetivo de la ec. (2) son un vector de parámetros estimados, que representa un valor medio, y una matriz de covarianza, que representa la incerteza asociada a los valores medios. Con esos dos elementos, el vector medio y la matriz de covarianza, es posible estimar el modelo inverso

$$l_{P\%} = \frac{1}{\beta_1} \ln \left[\frac{1}{P} - 1 \right] - \frac{\beta_0}{\beta_1} \quad (3)$$

Si los parámetros $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ son EMV de β_0 y β_1 y ellos son usados para calcular $l_{P\%}$ en la ec. (3), entonces $\hat{l}_{P\%}$ también es EMV. En el artículo de Roa *et al.* (1999) sobre el cual se basa esta exposición, se muestran 3 procedimientos para la estimación de $l_{P\%}$: un método clásico analítico, un método bootstrap, y un método Monte Carlo desarrollado por Roa *et al.* (1999). Estudios de simulación mostrados en ese artículo indicaron que el método Monte Carlo fue superior a los otros dos métodos en una



muy importante propiedad estadística, la capacidad de que los intervalos de confianza para $I_{P\%}$ tengan éxito en contener al verdadero $I_{P\%}$ exactamente con la frecuencia esperada, es decir en un 95% de las veces cuando se construyen intervalos de confianza del 95%. Por lo tanto en esta propuesta técnica sólo se propone la aplicación del método Monte Carlo de Roa *et al.* (1999), implementado en el programa MATSIM.

Este método consiste en el remuestreo computacional de uno de los parámetros estimados en la ec. (3) ($\hat{\beta}_0$ o $\hat{\beta}_1$) en función del otro, utilizando la relación (Roa *et al.* 1999).

$$\begin{aligned}\beta_{1,j} &= \hat{\beta}_1 - \rho_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1} \left[\frac{\hat{S}_{\hat{\beta}_1}}{\hat{S}_{\hat{\beta}_0}} \right] \hat{\beta}_0 + \rho_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1} \left[\frac{\hat{S}_{\hat{\beta}_1}}{\hat{S}_{\hat{\beta}_0}} \right] \beta_{0,j} \\ &= \hat{\beta}_1 + \rho_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1} \left[\frac{\hat{S}_{\hat{\beta}_1}}{\hat{S}_{\hat{\beta}_0}} \right] [\beta_{0,j} - \hat{\beta}_0]\end{aligned}\tag{4}$$

donde $\rho_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1}$ es el coeficiente de correlación entre los estimadores y $\hat{S}_{\hat{\beta}_0}$ y $\hat{S}_{\hat{\beta}_1}$ sus respectivos errores estándar, proviniendo estos tres términos de la matriz de covarianza de los estimadores. En la ec. (4) se remuestrea computacionalmente $\hat{\beta}_1$ en función de $\hat{\beta}_0$, aunque perfectamente se puede hacer de manera inversa puesto que ambos estimadores son variables aleatorias.

La varianza de $\hat{\beta}_1$ es la varianza debida a la relación lineal con $\hat{\beta}_0$ más una varianza residual no explicada por la relación. La varianza debida a la relación es transferida directamente desde $\hat{\beta}_0$ a $\hat{\beta}_1$ a través del remuestreo Monte Carlo de $\hat{\beta}_0$ y su mapeo sobre $\hat{\beta}_1$ usando la ec. (4). La varianza residual debe ser sumada en cada iteración usando



$$\hat{S}_{\hat{\beta}_1, residual}^2 = \hat{S}_{\hat{\beta}_1}^2 (1 - \hat{r}_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1}^2) \quad (5)$$

donde $\hat{r}_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1}^2$ es la proporción de varianza debida a la relación lineal.

f) Estimación de la fecundidad

La estimación de fecundidad potencial a la talla, va unida al tipo de estrategia reproductiva de la especie en estudio. Los peces pueden tener desove total o fraccionado, esto es, pueden madurar y desovar una sola tanda de ovocitos (e.g. salmones) o pueden tener varios desoves, correspondiendo en este caso a desovadores múltiples (e.g. anchoveta, jurel). Los desovadores múltiples a su vez, pueden presentar fecundidad determinada o indeterminada, esto es, el número de ovocitos a ser desovados durante la estación reproductiva es fijada al comienzo de ésta (determinada) o los ovocitos son madurados y desovados en forma continua durante la estación reproductiva (indeterminados). Por tanto, en peces con fecundidad determinada es posible estimar su fecundidad total anual, contabilizando el número de ovocitos vitelados al comienzo de la estación reproductiva. Sin embargo, en los peces con fecundidad indeterminada esto no es posible de realizar en forma simple.

En la mayoría de los peces desovantes múltiples se ha detectado fluctuaciones intraestacionales en la fecundidad parcial, en el sentido de ser alta durante el máximo reproductivo en términos del porcentaje de hembras maduras, lo que ha sido descrita para desovantes múltiples como por ejemplo en *Sardinops sagax* (Claramunt *et al.*, 1993), *Sprattus sprattus* (Alheit, 1988), lo que indicaría que sería una respuesta normal en los peces con este tipo de desove (asincrónico). Por lo que en el pez espada, el cual se presume como un pez sincrónico por grupo



(según Taylor y Murphy, 1992), se estimó la fecundidad parcial y total, para todas las hembras que se encontraron en un estado de madurez avanzada.

Debido a la necesidad de contar con distribuciones de frecuencia de tamaños de ovocitos para definir la estrategia reproductiva de la especie, en conjunto con los análisis histológicos, a ovarios en estado de madurez avanzada se les separaron los ovocitos por clase de tamaño a través de una batería de tamices, con un rango de 200 a 1000 μm a intervalos de 50 μm , con arrastre en agua en un sistema de vibración. Con el número de ovocitos correspondiente al de la moda más avanzada se calcula la fecundidad parcial. Para este análisis se consideran sólo aquellos ovarios intactos que se encuentren en un estado avanzado de vitelogénesis y sin evidencia de desove reciente. Para la estimación de fecundidad total se utiliza el total de ovocitos correspondientes a los vitelados ($> 200 \mu\text{m}$).

4.2.2 Identificación de áreas de desove

4.2.2.1 Muestreo planctónico

a) Área y período estudio

Primer crucero de verano

La zona de trabajo definida para la ejecución del plan de muestreo planctónico del primer crucero de verano cubrió un área aproximada de 800 x 650 mn, comprendida entre las latitudes 16°45'S y 27°45'S y las longitudes 103°W a 117°W (**Figura 3**), realizándose estaciones zooplanctónicas con una red modelo WP-2, a objeto de caracterizar la biomasa zooplanctónica integrada de 200 m a la superficie. Por otra parte, para la identificación y análisis de larvas de peces se efectuaron estaciones de arrastres superficiales con una red modelo LARVANET.



Campaña de muestreo de ictioplancton en Isla de Pascua

En el período comprendido entre el 9 y 25 de enero de 2002, se realizó una campaña de captura de post larvas de pez espada alrededor de la Isla de Pascua, con redes superficiales ubicadas a ambos lados de una embarcación menor realizándose un total de 45 lances (Figura 4), con una duración variable entre 20 y 45 minutos, cada lance fue efectuado a una velocidad de 1 nudo, registrándose la posición, dirección y temperatura cada 10 minutos. La posición y dirección del track fue realizada con un equipo GPS y la temperatura con un termómetro digital. Los lances se realizaron alrededor de la Isla de Pascua, eligiendo la zona de trabajo durante el día de acuerdo a las condiciones meteorológicas y de viento que se encontraban en los diferentes sectores, comunicación proporcionada por la Gobernación Marítima. Los lances superficiales fueron realizados preferentemente en la mañana cuando las condiciones del estado del mar eran mejores para esta actividad, generalmente en la horas de la tarde se levantaba viento.

Las larvas capturadas fueron separadas en larvas de peces y otros, y posteriormente se identificaron y separaron las de escombridos, las cuales fueron enviadas a Robert Humphreys, al laboratorio de Honolulu (NMFS), para su identificación más acabada.

b) Descripción de las redes

Primer crucero de verano

La red utilizada en el muestreo superficial correspondió a una modelo LARVANET, de 114 cm de diámetro de boca ($1,02 \text{ m}^2$ de área) y longitud total de 310 cm. La sección principal de la red es de forma cónica con 114 cm de diámetro anterior, 13



cm de diámetro posterior y 250 cm de largo. Esta red está fabricada con malla sintética de monofilamento de 297 micras de abertura, con bandas de lona de 10 cm de ancho en sus extremos, destinadas a fijar la red al aro de acero inoxidable (parte anterior) y a la sección tubular de PVC que sirve de sujeción a la parte separable, denominada copo colector, confeccionada del mismo material que la sección principal.

La red utilizada en las pescas verticales, modelo WP-2 cuya sección anterior, fijada a un aro de acero inoxidable (12,7 mm Ø), es de forma cilíndrica de 57 cm de diámetro y 95 cm de longitud, confeccionada con malla sintética de monofilamento de 297 micras de abertura. La sección posterior es de forma cónica de 57 cm de diámetro mayor, 11 cm de diámetro menor y 166 cm de longitud, también de malla monofilamento igual que la sección cilíndrica. La red termina en una sección separable (copo colector), que consiste en una bolsa colectora fabricada con malla de similares características que las secciones anteriormente mencionadas, la que se fija mediante una sección tubular de PVC y abrazaderas metálicas.

Campaña de muestreo en Isla de Pascua

La red utilizada para la captura de post larvas en la zona superficial fue diseñada a partir de un modelo utilizado por la NMFS (National Marine Fisheries Service) en Hawaii (atsea.nmfs.hawaii.edu/cr0106.htm). Esta red se fija en su parte anterior a un armazón rectangular de acero inoxidable de 12 mm de diámetro, cuyas dimensiones eran de un metro de ancho por 50 cm de alto, confeccionada de malla sintética de 350 micras. La red tiene una forma cónica de 2,5 metros de longitud. La red termina en una sección separable (copo colector) que consiste en una bolsa colectora fabricada con malla de monofilamento de 500 micras, la que se fija mediante una sección tubular de PVC y abrazaderas metálicas.



A cada lado del armazón se colocaron dos tubos de PVC de 110 mm de diámetro con una longitud de un metro para darle boyantes a la red. Cada red estaba unida por medio de un cable de dos metros de largo a un tubo de acero que se ubicaba transversalmente en el bote (Figura 5). El bote utilizado tenía una eslora de 7,6 metros y una manga de 2 metros, con un motor Mariner de 55 Hp de potencia.

c) Calibración del flujómetro en arrastres verticales

El flujómetro utilizado durante el crucero de verano fue calibrado en la Bahía de Valparaíso, de acuerdo a la metodología propuesta por Smith y Richardson (1979) y metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile.

Los datos del número de revoluciones por segundo y metros por segundo registrados para cada lance fueron ajustados mediante una regresión lineal simple y cuya ecuación de calibración fue igual a:

$$V = 0,156556413 \times N + 0,014664817$$

d) Colecta de las muestras en el crucero bio-oceanográfico.

Se efectuaron en total 42 estaciones zooplanctónicas verticales y 47 superficiales. Los lances zooplanctónicos verticales, se realizaron mediante el uso de una red modelo WP-2 (UNESCO, 1968), complementada con un medidor de flujo marca T.S.K., el que permitió cuantificar el volumen de agua filtrado en cada lance. Los lances superficiales, se realizaron utilizando una red modelo LARVANET la cual fue arrastrada en cada oportunidad por un lapso de 15 minutos. Durante la ejecución de cada lance se registraron en planillas especialmente diseñadas los siguientes datos de carácter básico: código de crucero, número de estación, duración del lance, posición geográfica, tipo de red y de pesca, número de



revoluciones del flujómetro, lecturas del clinómetro, cable arriado e información ambiental de carácter complementario.

e) Tratamiento de las muestras a bordo

Las muestras zooplanctónicas colectadas mediante arrastres verticales y superficiales, fueron fijadas en solución de formalina al 5% en agua de mar neutralizada con disodio tetraborato (bórax). El proceso de fijación se realizó tan pronto como éstas fueron extraídas del colector para evitar de esta manera un posible deterioro de los ejemplares capturados.

f) Procedimiento en laboratorio

Separación e identificación de huevos y larvas

El procesamiento de las muestras en laboratorio contempló cuatro etapas:

- Extracción de cada una de las muestras, la totalidad de los estadios tempranos de peces (huevos y larvas),
- Identificación taxonómica de larvas Familias Scombridae e Istiophoridae
- Cuantificación de estadios tempranos de peces, en particular larvas de las familias precitadas, y finalmente,
- Enumeración y agrupación del resto del ictioplancton, bajo la denominación de “otras especies”.



Para el procesamiento de las muestras, se emplearon microscopios estereoscópicos marca Nikon y Zeiss con aumento de 8 a 40 veces examinando la totalidad de la muestra.

La determinación taxonómica, se realizó mediante la ayuda de descripciones de desarrollo embrionario y otros estudios publicados por diversos investigadores.

g) Estandarización de la estimación de la abundancia del ictioplancton

Arrastres verticales

Con el propósito de hacer comparable el número de larvas obtenido de los muestreos cuantitativos, se estandarizó toda la colección a una base común, en términos de número de larvas existentes en una unidad de área estándar de 10 m². La estimación del número larvas bajo una unidad de área de mar se obtuvo mediante a la siguiente expresión:

$$C = 10 \times \frac{d}{w} \times c$$

donde:

- C : número de larvas en una unidad de área de mar (10 m²)
- d : profundidad máxima del lance (m)
- w : volumen de agua filtrado (m³)
- c : número de larvas en la muestra

El valor d se obtiene de los datos del lance por medio de la ecuación:

$$d = L_o * \cos\theta$$



donde:

L_o : cantidad de cable arriado (m)

$\cos \theta$: coseno del ángulo registrado antes del virado de la red

El volumen de agua filtrado (W) se calculó por la ecuación:

$$W = Q * t$$

donde:

Q : volumen de agua filtrado por unidad de tiempo (m^3/seg)

t : tiempo empleado en el arrastre (seg)

El valor de “ Q ” se calcula de la ecuación:

$$Q = V * A$$

donde:

V : velocidad de arrastre de la red expresada en m/seg

A : área de la boca de la red (m^2)

La velocidad se obtiene a partir de un ajuste de la curva de calibración del medidor de flujo:

$$V = a * N + b$$

donde:

N : número de revoluciones por segundo

a y b : constantes



Basado en los valores cuantitativos de los análisis y con el propósito de contar con antecedentes comparativos entre las fases de desarrollo de las especies ictioplanctónicas, se determinaron algunos parámetros tales como densidad promedio respecto de las estaciones totales y positivas y los comunitarios, constancia y dominancia numérica.

Para la confección de mapas de distribución y abundancia y asignación de categorías de densidad para la fase de larvas se utilizó la escala geométrica de Frontier (1966) modificada y un software *ad hoc*, SURFER 6.0.

La determinación del volumen del zooplancton se realizó con posterioridad a la extracción del ictioplancton a fin de evitar posibles daños a los huevos y larvas que pudieran dificultar su identificación y posterior clasificación. Para la medición del volumen se empleó el método de desplazamiento de volumen húmedo descrito por Yashnov (1959) modificado por Robertson (1970). El volumen se determinó dos veces para cada una de las muestras y el resultado corresponde al promedio de ambas determinaciones. Se excluyeron solamente de las mediciones aquellos organismos cuyo volumen excedía los 5 milímetros.

La abundancia relativa de la biomasa zooplanctónica se calculó mediante la ecuación:

$$Y = 1.000 \left(\frac{X}{W} \right)$$

donde:

Y : ml de zooplancton por 1.000 m³

X : ml de zooplancton

W : Volumen de agua filtrada por la red (m³)



Arrastres superficiales

Debido a que en los muestreos superficiales, no se obtuvo registros del volumen de agua filtrada, se procedió a estandarizar las colectas utilizando una unidad de tiempo de arrastre de 10 minutos según la siguiente expresión:

$$p = \left(\frac{q}{t} \right) \times 10$$

donde:

P : N° de ejemplares capturados durante 10 minutos de arrastre

q : N° de ejemplares presentes en la muestra

t : tiempo de arrastre (min)

h) Generación de imágenes de distribución espacial y temporal del ictioplancton

Se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia del ictioplancton a partir de la información generada en el crucero de prospección. La información considera la localización (latitud, longitud) y su correspondiente valor de densidad.

La generación de imágenes implicó realizar previamente la georreferenciación de la costa y de la zona de estudio. Luego se crearon los archivos de vectores bases en formato SIG, los que contemplaron, para cada variable, la georreferencia con sus respectivos datos. Posteriormente, se realizaron las interpolaciones de dichos vectores a través del método Kriging (Davis, 1973).



Para posibilitar el análisis visual, las imágenes fueron reclasificadas en clases de valores, los cuales se asociaron a diferentes colores. Para ello se utilizaron los módulos HISTOGRAM (que permitió conocer y analizar la distribución de frecuencia de los valores de las variables cartografiadas) y RECLASS (que permitió reclasificar los valores de las celdas de una imagen).

Por último, con la finalidad de relacionar y sobreponer diferentes imágenes, éstas se *resampearon* para que dichas cartografías tuvieran una misma resolución y cobertura geográfica. Lo anterior, implicó generar imágenes en *rasters* que tuvieran similar cantidad de filas y columnas, esto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se crearon mapas de 200 columnas (sentido E-O) y 80 filas (sentido N-S).

4.2.2.2 Estudio de madurez sexual

a) Información analizada

Se consideró la condición reproductiva de los ejemplares capturados en las operaciones de pesca realizadas los meses de febrero-marzo del 2001 en el crucero de verano del PAM “Tami S” y en enero-febrero del 2002 a bordo del PAM “Talcan”, ambos en la zona de Isla de Pascua, recopilándose información diaria de la operación de cada embarcación en el área de estudio. De dichos registros se utilizaron los siguientes datos: fecha, georeferencia de los lances de pesca, longitud mandíbula inferior-horquilla, peso gonadal y sexo.



b) Distribución espacial y semanal del índice gonádico

Para describir la condición reproductiva de los ejemplares capturados, establecer su estructura espacial y temporal, y de esta forma determinar indirectamente áreas de desove, se analizó visualmente la variabilidad del índice gonádico (*IG*). Para ello, se consideró la generación cartográfica de cartas semanales del indicador. Dicha cartografía incluye, entre otras características:

- Línea base de la costa
- Grilla de referencia
- Ciudades y/o lugares relevantes

Para el cálculo del índice gonádico (*IG*) de ejemplares hembras capturados en una determinada semana, se utilizó la siguiente expresión (Kume y Joseph, 1969):

$$IG = \left(\frac{w}{LMIH^3} \right) \times 10^4$$

donde: w : Peso gónada (gr)

$LMIH$: Longitud mandíbula inferior-horquilla (cm)

Posteriormente, para favorecer el análisis visual de los valores de las variables cartografiadas, éstas se ingresaron y reclasificaron en niveles de acuerdo a los histogramas de frecuencia. Esta clasificación, representada en pseudocolor, facilita el análisis visual y también favorece la identificación de manera clara de las áreas de desove mediante la observación de altos valores del *IG*.



c) Relación del IG con la TSM satelital

Con el objeto de detectar posibles asociaciones entre la distribución de las variables y la temperatura, se desarrollaron dos enfoques: a) se efectuó un análisis espacial y visual de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de los SIG, y b) se estableció el nivel de relación entre la distribución del IG y la TSM mediante el ploteo de los datos.

Análisis cartográfico entre la distribución del IG y la temperatura superficial

Se superpusieron y asociaron distintas capas de información, para ello las imágenes de TSM fueron corregidas con el fin que tuvieran una idéntica escala espacial, en este sentido, las imágenes poseen una misma resolución espacial y distribución geográfica. Lo anterior implicó generar imágenes en *rasters* que tengan una similar cantidad de filas y columnas y que posean igual posición y extensión geográfica, esto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG.

Análisis entre las variables, utilizando modelos de tendencia

Para establecer la forma y el nivel de asociación entre las variables, se realizó el ploteo gráfico entre la distribución del índice gonádico y la TSM. Se calculó el IG máximo de cada lance y relacionó con la TSM, la que fue registrada a bordo por el termómetro del barco, al comienzo de cada lance comprometido.



4.2.3 Descripción del área de desove

a) Fuente de información y área de estudio

La información recopilada para el estudio oceanográfico provino del Crucero de Verano realizado por el PAM "TAMI S" entre el 22 de enero y el 22 de marzo de 2001. La zona de trabajo definida para la ejecución del plan de muestreo cubrió un área aproximada de 800 x 650 mn, comprendida entre las latitudes 16°45' y 27°45'S y las longitudes 103° a 117°W (Figura 3 a y b).

b) Plan de muestreo

El diseño de muestreo consideró un total de 45 estaciones oceanográficas, ubicadas sobre un track de navegación determinado (Figura 3 a y b). Con el fin de obtener registros continuos de temperatura, salinidad y clorofila-*a* para la determinación de cortes verticales en cada una de las estaciones, se realizaron lances con un equipo electrónico CTD SEABIRD-F 19 hasta una profundidad máxima teórica de 200 m. Los datos fueron procesados inmediatamente por medio del programa SEASOFT y las imágenes fueron revisadas para comprobar el buen funcionamiento del equipo o la existencia de alguna anomalía durante el muestreo.

Además del muestreo con el equipo CTD, en todas las estaciones se tomaron muestras tanto de clorofila total, utilizando filtros nucleoporoso portátiles, como de agua de mar superficial para posterior análisis de clorofila y salinidad en tierra. Se determinó el nivel de penetración de la luz, mediante la utilización de un disco Sechii y se registraron las condiciones meteorológicas como TSM, temperatura del



aire, presión atmosférica, dirección e intensidad del viento, altura y dirección de la ola, visibilidad y tipo y cantidad de nubes, utilizándose las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).

La variable densidad, sigma-t, se calculó utilizando la ecuación internacional de estado de agua de mar (UNESCO, 1981; Millero y Poisson, 1981).

Mediante la interpolación de la información de cada variable utilizando el método Krigging (Davis, 1973), se confeccionaron cartas superficiales y por transecta (verticales) para la temperatura, salinidad y densidad.

Con información de intensidad y dirección del viento se calculó el índice de turbulencia (Bakun y Parrish, 1982) que corresponde al cubo de la velocidad del viento (W^3). La información de viento y turbulencia se entrega en forma gráfica, la primera como vector y la segunda, en una barra proporcional al índice medido.

4.3. Caracterizar las áreas de crianza de pez espada en el área de estudio.

4.3.1. Zona de estudio y plan de muestreo

Los antecedentes disponibles respecto al área de crianza, considera que la distribución espacial de las larvas y primeros estadios de desarrollo del pez espada, están delimitadas por el gradiente térmico y particularmente por la isoterma de 20°C. Estas temperaturas son factibles de encontrar en aguas tropicales y subtropicales en el Pacífico Sur Oriental, principalmente en la zona oceánica al norte de los 30° L.S. y la zona contigua a la Isla de Pascua e Isla Salas y Gómez. Por lo tanto, el presente objetivo se tratará de abordar a través de dos enfoques metodológicos. Primero, durante los cruceros de verano se intentará identificar una posible zona de crianza a través del establecimiento de la



distribución espacial de larvas cuya presencia constituirían la zona de alimentación.

Por otra parte, durante el desarrollo ontogénico, el pez espada adquiere mayor tolerancia térmica y en la fase juvenil es posible encontrarlos fuera de estas zonas de alimentación, por lo tanto, en forma secundaria se tratará de encontrar individuos juveniles a través del monitoreo biológico de la actividad extractiva de la flota comercial, junto con los muestreos de los ejemplares capturados durante los cruceros de verano, en las áreas antes mencionadas.

4.3.2. Georeferenciación de las áreas

Se analizarán los archivos de la base de datos del período de estudio, los cuales contendrán los registros de la operación de las embarcaciones que se considerarán en los muestreos. De dichos registros se utilizarán los siguientes datos: fecha, georeferencia de los muestreos, código identificador de la embarcación y datos de temperatura, captura, talla, sexo, etc.

La información analizada provendrá de dos fuentes:

- i) Datos de terreno: esta información corresponde a los muestreos biológicos-pesqueros de ejemplares de pez espada, realizados por las embarcaciones en la zona de estudio y georeferenciados según el sistema latitud/longitud.
- ii) Adquisición de información digitalizada: en lo posible y para una mejor identificación, de manera referencial gruesa, se trabajará con cartografía disponible del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) y/o del Instituto Geográfico Militar (IGM).



4.3.3. Caracterización de las áreas de crianza del pez espada en la zona de estudio.

La metodología consiste en analizar la distribución espacial y evolución temporal de indicadores biológicos-pesqueros, considerando como unidad de área la cuadrícula (cuya resolución dependerá de los datos recolectados). El análisis de la distribución geográfica del recurso implica generar imágenes para analizar la estacionalidad de las áreas de crianza y su ubicación. De acuerdo a lo anterior, se contempla el despliegue cartográfico de imágenes, a través de los Sistemas de Información Geográfico (SIG), con los programas TNTmips (Microimages, 1997) e IDRISI for Windows (Eastman, 1995), de los indicadores antes mencionados. Dicha cartografía incluirá, entre otras características:

- Línea base de la costa de Chile y de sus islas.
- Distribución espacial del recurso.
- Índices biológicos-pesqueros.

Localización y caracterización de áreas de crianza de pez espada.

Con las cartografías generadas se realizará un análisis visual de los mapas para definir, de manera preliminar, un cierto número de áreas de crianza, considerando cuadrículas de valores similares. Una metodología similar ha sido utilizada con éxito en pesquerías pelágicas para el establecimiento de subzonas de pesca (Yáñez *et al.*, 1993) y en pesquerías demersales para la determinación de áreas de desove (Aguayo *et al.*, 2000).

Posteriormente, de las zonas preliminarmente determinadas se extraerán estadísticos que permitan realizar un análisis de varianza, aplicando el test no paramétrico de Kruskal-Wallis (Sokal y Rölhf., 1979), con el objeto de establecer



diferencias estadísticas entre las áreas de crianza pre-establecidas determinando de este modo las zonas definitivas.

Finalmente, para caracterizar las áreas de crianza establecidas se estimaran registros, tales como:

- centro de gravedad de las zonas de crianza.
- área de las zonas de crianza (en mn^2).
- número de ejemplares muestreados y talla promedio de dichos ejemplares.
- temperatura promedio de las áreas, etc.



..... INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



5. RESULTADOS

5.1 Gestión de Monitoreo

El régimen operacional de la flota palangrera en la temporada 2001 contempló la actividad de 12 embarcaciones involucradas en la Pesca de Investigación, entre los meses de febrero y diciembre, con un total de 85 viajes realizados.

Esta flota está compuesta por embarcaciones hieleras y congeladoras, siendo las hieleras (75%) las que tienen una duración más corta de la marea con un promedio de 19 lances, mientras que las congeladoras (25%) pueden tener una marea mucho más extensa, resultando un promedio de 42 lances por marea en esta temporada.

Cabe destacar, la participación del PAM “Tami S” entre el 22 de enero y el 22 de marzo del 2001 en un crucero bio-oceanográfico a Isla de Pascua. Así también como la participación del PAM “Talcán” entre el 9 de enero y el 12 de febrero de 2002 en un crucero bio-pesquero a la misma zona. Además, entre el 9 y 25 de enero de 2002, se realizó una campaña en los alrededores de la Isla de Pascua, destinada a capturar post larvas de pez espada con una embarcación menor.

En la operación de la flota, al momento de la recalada de las embarcaciones, los muestreadores embarcados en conjunto con el coordinador de terreno, revisan la información de la bitácora y de las capturas, registran los pesos troncos y ordenan, chequean y envían las muestras biológicas de la siguiente forma:

- Las gónadas son trasladadas a la Base IFOP en Coquimbo, en donde son pesadas y preparadas con formalina al 10% tamponada con bórax, y luego



enviadas a la Universidad Arturo Prat en Iquique, para el análisis histológico y de fecundidad.

- Los estómagos debidamente etiquetados son enviados al Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción y al Museo Nacional de Historia Natural, para el análisis de contenido estomacal.
- El exceso al 30% bajo talla de los ejemplares desembarcados son recepcionados con una guía de despacho en el puerto y enviado a un frigorífico de la ciudad de Coquimbo.

El resumen de la información referente a la operación de la flota en el período de estudio, donde se detallan la fecha de zarpe, fecha de recalada, nombre de la embarcación, nombre del muestreador, número de lances, captura en número y peso, número de ejemplares muestreados, y número de gónadas y estómagos colectados, se presentan en la Tabla 2.

El muestreo oceanográfico realizado en el crucero de verano del año 2001 se obtuvo sin problemas, totalizando las 45 estaciones programadas. La información fue posteriormente procesada y analizada, lográndose a cabalidad los objetivos propuestos referidos a la caracterización oceanográfica de la zona de estudio. De igual forma, en el crucero bio-pesquero de verano del 2002, se lograron capturar hembras maduras en 7 de los 20 lances de pesca realizados. Por otra parte, en la campaña de captura de post-larvas se realizaron un total de 45 lances de pesca, encontrándose larvas de diversas especies de istiophoridos, sin embargo, no se detectó presencia de larvas de peces espada.



5.2 Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento alimentario en las áreas de pesca en el Pacífico Sur oriental frente a Chile.

5.2.1 Estructura de tallas en la zona de estudio

Las estructuras de tallas de los ejemplares de pez espada en la zona de estudio, provienen de muestreos biológicos realizados en la flota palangrera que operó entre los meses de marzo y diciembre, además del muestreo correspondiente a los cruceros de verano realizados en el área adyacente a Isla de Pascua, Islas Salas y Gómez e Islas San Félix y San Ambrosio de enero a marzo del 2001 y en enero y febrero del 2002.

Se midieron 19.485 ejemplares de pez espada, de los cuales 18.884 corresponden a muestreos realizados a bordo de las 12 embarcaciones participantes en la pesca de investigación en el período marzo – diciembre de 2001, y 601 individuos medidos en los dos cruceros de verano realizados en la zona de Isla de Pascua.

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos de los muestreos realizados mensualmente, además de los registros obtenidos en los cruceros de verano. Se puede observar que la longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) global para los ejemplares capturados por la flota regular que opera sobre el recurso entre marzo y diciembre, estuvo comprendida entre 100 y 387 cm, con un promedio de 178,81 cm (D.E.=31,89). En el caso de la longitud 1^a-2^a dorsal (L12D), el rango muestral observado corresponde a ejemplares entre 42 y 198 cm, con un promedio de 103,66 cm (D.E.=18,77).

El histograma de frecuencia de longitud mandíbula inferior – horquilla (LMIH) de ejemplares capturados en el 1° crucero de verano, presentó una moda principal en los 145-155 cm (n =308), mientras que en el 2° crucero la moda se ubicó en los



135-145 cm (n =292) (Figura 6). Los ejemplares capturados en la zona común de operación de la flota durante todo el año, muestran una estructura de talla relativamente simétrica con moda en el intervalo 155-165 cm (n =18.216) (Figura 7).

Por otra parte, el histograma de frecuencia de longitud 1ª-2ª dorsal (L12D) de ejemplares capturados por la flota en la temporada 2001, presenta una estructura simétrica, más pronunciada que la LMIH, con la moda en los 100-110 centímetros (Figura 8), rango coincidente con el promedio calculado de 103,66 centímetros (D.E.=18,77).

En las Figuras 9, 10, 11 y 12, se muestran los histogramas de frecuencia de longitud mandíbula inferior – horquilla (LMIH) y longitud 1ª-2ª dorsal (L12D) mensual de pez espada de la flota palangrera, durante toda la temporada de estudio. En los histogramas de LMIH las modas principales se localizaron en rangos con marcas de clase en 150 cm (marzo, abril), 170 cm (mayo, junio, julio, noviembre y diciembre) y 160 cm (agosto, septiembre y octubre), mientras que en los histogramas de L12D las modas principales se localizaron en rangos con marcas de clase en los 85 cm (marzo y abril), 105 cm (mayo, junio, julio, agosto, septiembre y noviembre) y 95 cm (octubre y diciembre).

De acuerdo a las zonas de pesca donde operaron las embarcaciones (Figura 1), se observó una distribución de frecuencia más cargada a la derecha, indicando una estructura de ejemplares de menor tamaño en la zona norte (zona 1), la cual tiene como límite inferior el paralelo 28°S (Figura 13). Las restantes zonas (3 y 5), ubicadas al sur, presentan distribuciones más parecidas con las modas principales en el rango de 100 a 110 cm de longitud L12D (Figura 13).



El peso tronco de los ejemplares capturados, fue una variable medida por lo general en el puerto durante el desembarque de los troncos, los que son mantenidos principalmente refrigerados hasta la llegada a puerto. Durante todos los meses de operación se calculó un promedio de 61,89 kg (D.E. = 39,95), en un rango bastante amplio (3 a 379 kg), obtenido de un total de 10.451 ejemplares pesados (Tabla 3).

Las distribuciones de frecuencia de peso tronco muestran estructuras leptokúrticas con simetría positiva, tanto para el período de estudio, como para cada mes individual (Figuras 14 a 16), indicando una captura mayoritaria de ejemplares con peso tronco menor al promedio. Lo anterior, queda de manifiesto al comparar la moda del histograma de frecuencia de la variable ($n = 10.451$), la que se ubica en el intervalo 40-50 kg (Figura 14) respecto al promedio general de 61,89 kilogramos.

Finalmente, la inspección de las distribuciones de frecuencia de peso tronco por zona de pesca, muestra un comportamiento consistente con el de las estructuras de L12D (Figura 13), con curvas más inclinadas a la derecha (ejemplares de mayor peso) para las zonas sur de operación de la flota.

5.2.2 Relaciones entre la captura, el porcentaje bajo talla de pez espada y la distribución de la TSM semanal

En la ejecución del presente estudio se recibieron y procesaron semanalmente imágenes de TSM satelital. De acuerdo con la metodología planteada, se analizaron 40 cartografías promedio semanales de la temperatura superficial, que son interpretativas de las condiciones oceanográficas de la zona de estudio. Como resultado, la distribución espacial del porcentaje bajo la talla mínima



(BTML), las capturas semanales de la flota y las TSM promedio semanales asociadas se presentan en las Figuras 18 a 37.

Durante la primera semana de marzo, cuando la pesquería comienza a desarrollarse principalmente al noroeste de Caldera (app. 400 mn), los focos de captura más importantes se presentan en los alrededores de los bordes de las estructuras térmicas formados por aguas con temperaturas de 22-23° C; durante esta semana, las capturas de la flota fueron de regular abundancia, sin embargo, la gran mayoría de los ejemplares se encuentran bajo la talla mínima legal (BTML) (Figuras 18 y 19).

A la semana siguiente, comienzan a incorporarse a la pesquería el resto de las embarcaciones de la flota y la actividad continúa desarrollándose al noroeste de Caldera en TSM de 20-22° C. Las capturas se incrementan pero los individuos siguen siendo pequeños, con un alto porcentaje BTML.

En las semanas tercera y cuarta de marzo, las naves amplían su cobertura espacial y se realizan faenas de pesca en dos núcleos: frente a Caldera y desde Constitución al sur, a una distancia de 400 a 500 mn del continente. En estas semanas la flota opera en un vasto rango de temperaturas que van desde los 16-17° C (en el sector sur) a 21-22° C (frente a Caldera).

Por otra parte, en el sector sur de operación se aprecia la aparición de tallas grandes lo que implica un descenso en los porcentajes BTML (Figuras 18 y 19).

Durante las dos primeras semanas de abril prosigue el aumento en las operaciones extractivas; en este período se produce un incremento en las capturas y en las longitudes de los ejemplares lo que es normal para la fecha. En



estas semanas la flota operó en los bordes internos de fuertes diferenciales de TSM (Figuras 20 y 21).

En las semanas 3^a y 4^a de abril (Figuras 20 y 21), desaparece la zona de pesca localizada al noroeste de Caldera y se presenta una gran actividad de pesca en el sector sur (400 mn a la cuadra de Talcahuano) donde se logran buenos rendimientos y ejemplares de mayor tamaño.

En la primera semana de mayo la flota operó en el área sur, aunque la mayoría de los lances se concentran en un sector más reducido. Debido a la presencia de nubosidad en la zona, es imposible describir los rangos de TSM, sin embargo, se mantienen los niveles de captura y un escaso porcentaje de ejemplares bajo la talla mínima (Figuras 22 y 23).

En la segunda y tercera semana de mayo, la flota se disgrega hacia el noreste del foco original, en aguas de 16 a 18°C (Figuras 22 b y c; 23 b y c). Se produce una disminución de las capturas sin embargo, se asocian a ejemplares de mayor tamaño.

Durante las dos primeras semanas de junio continúa la migración de la flota hacia el noreste, alcanzando la primera semana del mes el norte de Caldera; no obstante lo anterior, los principales núcleos de operación se mantienen al sur de San Antonio, en estas semanas se observó un aumento de los tamaños de los ejemplares y de las capturas (Figuras 24 a y b; 25 a y b). En las dos semanas posteriores hay una concentración de los lances de pesca al oeste de San Antonio, aproximadamente a unas 200 mn de la costa, manteniéndose los porcentajes BTML junto con un decrecimiento de los rendimientos.



Durante las primeras semanas de julio hay un significativo aumento en las faenas extractivas de las naves y una expansión geográfica de las mismas, las que se concentran en dos focos; el primero ubicado a unas 150 mn al noroeste de Caldera y el otro a unas 220 mn al oeste de San Antonio, ambos con la mayoría de los lances con tallas grandes, pero con capturas regulares. En las dos semanas siguientes, las embarcaciones se tienden a concentrar entre Coquimbo y Constitución a unas 200-250 mn de la costa, manteniéndose capturas de ejemplares de tallas grandes, con un aumento del rendimiento por lance. Respecto de las TSM, éstas prosiguen decreciendo y se distribuyen preferentemente entre los 13 y 16°C, destacando el desplazamiento de la isoterma de 15°C al norte de 32°S y la distribución es homoterma, sin grandes gradientes laterales; lo que significa que la especie se localizó en aguas sin grandes diferenciales de TSM (Figuras 26 y 27).

En las semanas 1^a y 2^a de agosto, se aprecia una concentración de las actividades pesqueras al oeste de Coquimbo, destacándose el gran aumento de ejemplares BTML, coincidente con una baja en las capturas; en cuanto a las TSM, hay un afloramiento de aguas con temperaturas mayores a 17-18°C manifestándose gradientes térmicos moderados. En las semanas subsiguientes, los barcos comienzan a dispersarse y se desplazan hacia el norte a TSM más cálidas, en dicho período hay un leve aumento en la talla de los especímenes y en las capturas; además, se advierte la operación de la flota en el gradiente térmico de aguas de 15-16°C, especialmente en la cuarta semana (Figuras 28 y 29).

Dentro de las primeras semanas de septiembre las embarcaciones se centran en dos focos principales, los cuales registran una baja en las tallas de pez espada (aumento del % BTML) y disminución de los niveles de captura; el primer núcleo estuvo ubicado frente a Caldera sobre las 100 mn de la costa y en el borde interno del gradiente formado por aguas de 15-16°C; la segunda área se localiza a unas



130 mn frente a Coquimbo con similares rendimientos pero con ejemplares más pequeños. En las semanas sucesivas desaparece el núcleo de Coquimbo y las naves se concentran frente a Caldera en aguas de 15-17°C. Los rendimientos de pesca decaen en relación a las semanas anteriores, aumentando significativamente lances con un elevado porcentaje de individuos con tallas BTML (Figuras 30 y 31).

Durante la totalidad del mes de octubre, la actividad de la flota se centra a la cuadra de Caldera, observándose un agudo descenso en las longitudes de los ejemplares capturados y de las capturas por lance. Entre las dos primeras semanas las naves incursionan en el borde interno del diferencial térmico formado por aguas de 15-16°C, en tanto que en las semanas siguientes lo hacen en el gradiente 16-17°C. Con respecto a la TSM, ésta tiende a incrementarse, debido a una intrusión de aguas oceánicas al noroeste de Caldera (Figuras 32 y 33).

Dentro de todo el mes de noviembre, las embarcaciones siguen emplazándose frente a Caldera, aunque más desplazadas hacia el oeste. En las primeras semanas, las naves incursionan en dirección noroeste pero con magros resultados tanto en las tallas de los ejemplares como en los rendimientos. En las dos últimas semanas se advierte una nueva concentración frente a Caldera, continuando los malos rendimientos por lance y altos porcentajes de ejemplares bajo la talla mínima. Referente a las TSM, se puede advertir que éstas no presentaron mayores variaciones, aunque la zona de estudio estuvo un poco más cálida debido al cambio estacional que se presenta (Figuras 34 y 35), en esta época del año.

En la primera semana de diciembre, las labores de pesca sufren una baja considerable realizándose muy pocos lances, los que siguen centrándose frente a las costas de Caldera en aguas de 16-18°C. Se destaca el gran porcentaje de



ejemplares BTML y la disminución de los rendimientos, con capturas que mayoritariamente no superan los 500 kg por lance. En la semana siguiente la actividad de la flota continúa decreciendo, nuevamente se localiza frente a Caldera; asimismo, se advierte una sostenida baja en la longitud de los ejemplares y una nueva merma en las capturas las cuales definitivamente no sobrepasan los 500 kg por lance. En las semanas tercera y cuarta, la actividad de la pesquería desaparece totalmente y no se aprecia operación de la flota; con respecto a las TSM, éstas tienden a incrementarse, debido a una intrusión de aguas oceánicas al noroeste de Huasco con temperaturas que incluso llegan a los 20°C (Figuras 36 y 37).

5.2.3 Relación entre el rendimiento, el porcentaje bajo talla por lance y la profundidad de trabajo del anzuelo

En la Figura 38 no es posible visualizar algún tipo de asociación entre el rendimiento por lance y la profundidad, posiblemente debido al reducido número de observaciones registradas y a la diversidad espacial en la que se obtuvieron los registros. Sin embargo, en el caso del porcentaje bajo talla por lance se aprecia una pequeña tendencia a la disminución de éste con el aumento de profundidad, lo que quedó de manifiesto al estratificar la variable en rangos de 10 m (Figura 39). Se observó una tendencia a la reducción del porcentaje de ejemplares bajo talla por lance en todos los rangos definidos a excepción de un lance que se registró a una profundidad promedio excepcional de 96 metros.

La Figura 39 presenta la distribución de algunos estimadores muestrales como la mediana y los cuartiles de las distribuciones de los rendimientos y el %BTML por nivel de profundidad. Se observó que la mayoría de los calados se realizan entre 31 y 60 m de profundidad y que los niveles más elevados de rendimiento se obtienen en los rangos 41-50 y 61-70 metros de profundidad (Figura 39).



5.2.4 Relación entre el rendimiento, el porcentaje bajo talla y la temperatura en el estrato de trabajo del anzuelo

Al igual que en el caso anterior, el rendimiento por lance no presentó una tendencia marcada respecto al aumento o la disminución de la temperatura promedio de trabajo del anzuelo (Figura 40). Se observó solo un aumento en la amplitud de los registros con incrementos de la temperatura. En cambio, para el porcentaje de ejemplares bajo talla por lance, en que se aprecia una pequeña tendencia al incremento al aumentar de la temperatura (Figura 40).

Lo anteriormente mencionado, se presenta en forma más clara en la Figura 41, donde se destaca el progresivo aumento del %BTML conforme aumenta el estrato de temperatura, principalmente entre 17-19° C; 19-21° C; y, 22-24° C.

5.2.5. Proporción sexual

La proporción sexual durante la temporada de pesca 2001 de la flota palangrera de pez espada, presentó un porcentaje mayor de hembras durante todo el año, en especial en los meses de marzo, noviembre y diciembre, en donde superaron los valores de 0,64 (Tabla 4). Cabe destacar que en la zona de Isla de Pascua, en los meses de verano, en que se realizaron los cruceros, el porcentaje fue mayoritariamente de ejemplares machos.

5.2.6. Relaciones morfométricas

En la pesquería del pez espada realizada en Chile los ejemplares son faenados a bordo de las embarcaciones, en este proceso se les extraen las vísceras y se les corta la cabeza y las aletas, por lo que las medidas posibles de obtener en los lugares de desembarque son: la distancia entre el borde anterior de la primera



aleta dorsal y el borde anterior de la segunda aleta dorsal (L12D) y el peso tronco (PTR). Por lo tanto, las mediciones de longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) y peso total (PT) por sexos fueron obtenidas a bordo de las embarcaciones.

Si se considera que las medidas de más amplia utilización en los análisis biológicos como también en evaluación de stock son la longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) y el peso total (PT), las relaciones morfométricas cobran importancia en la transformación de las medidas, para maximizar el uso estandarizado de la información obtenida.

Se obtuvieron las relaciones entre la longitud mandíbula inferior-horquilla con el peso total y peso tronco (en su forma peso-longitud) y también con la longitud 1^a - 2^a dorsal (relación LMIH v/s L12D). Otras relaciones fueron el peso tronco v/s longitud 1^a - 2^a dorsal y el peso total con el peso tronco.

La relación peso total con la longitud mandíbula inferior-horquilla es de suma importancia, por su utilización en la obtención de la composición de la captura en número de individuos por edad, principalmente para la flota redera artesanal. Esta relación presenta para cada sexo y el total una alta significancia con coeficientes de correlación iguales a 0,96. El coeficiente alométrico presenta valores alrededor de 3,0, presentando los machos un valor levemente menor que en hembras (Figura 42). Estos parámetros muestran diferencias con respecto a los registrados el año 2000 (Donoso *et al.*, 2001), una de éstas es el leve aumento del valor de la pendiente y del intercepto.

En cuanto a la relación del peso tronco con la LMIH presenta una correlación muy significativa con coeficientes, tanto para el total como para machos y hembras sobre 0,96. El coeficiente alométrico presentó valores del orden del valor 3,0 (Figura 43).



La longitud mandíbula inferior-horquilla se ajustó con la longitud 1^a -2^a dorsal a través de una regresión lineal, la cual presentó una correlación significativa con r^2 superiores a 0,92 para machos, hembras y el total (ambos sexos) (Figura 45). Los parámetros son similares a los registrados el 2000 (Donoso *et al*, 2001).

La Figura 44 y 46 muestran respectivamente las relaciones entre el peso tronco con la longitud 1^a - 2^a dorsal y la relación entre el peso total con el peso tronco. La primera de éstas es de tipo potencial con ajustes superiores a 0,88. En el caso del peso total – peso tronco se observa el ajuste con un coeficiente de correlación superior a 0,96.

En general, los ajustes de las relaciones morfométricas estimadas presentan correlaciones significativas, lo que permite estimar medidas como por ejemplo, la longitud mandíbula inferior-horquilla o peso total con un bajo margen de error.

5.2.7. Ítems alimentarios presentes en el área a través del contenido estomacal de los ejemplares.

a) Descripción general de la dieta

Se analizaron 256 estómagos, de los cuales el 77% (197 estómagos) presentó contenido estomacal, mientras que el 23% restante (59 estómagos) no presentó contenido estomacal alguno. En términos de número de individuos los peces teleosteos representan el 68,9%, los cefalópodos el 29,8%, mientras que los crustáceos y peces cartilagosos representan el 1,2% y 0,1%, respectivamente (Tabla 5). Este orden de importancia se mantiene para los índices de frecuencia de ocurrencia y gravimétrico. De acuerdo al Índice de Importancia Relativa porcentual (%IIR) la dieta está compuesta principalmente por peces (77,2%),



seguida por cefalópodos (22,7%) y con un aporte marginal por parte de los crustáceos y peces cartilaginosos (Tabla 5).

En total, se identificaron 34 ítems alimentarios en la dieta de pez espada, de los cuales 17 correspondieron a cefalópodos, 16 a peces teleosteos, 1 a peces cartilaginosos, tipo raya, y 3 a crustáceos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son *Cubiceps pauciradiatus* (54,16%), *Brama australis* (13,79%), *Todarodes filippovae* (6,67%), *Dosidicus gigas* (4,95%) y *Mictofidae* (4,12%), las que en conjunto explican el 83,69% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso. En términos de biomasa estas mismas especies explican el 65,55% de la dieta.

b) Análisis de la dieta respecto del sexo de pez espada

El análisis de la dieta de pez espada por sexo muestra una tendencia similar al análisis total, siendo para machos las especies más importantes en términos de %IIR son *C. pauciradiatus* (47,53%), *B. australis* (14,75%), *T. filippovae* (5,65%) y *D. gigas* (5,33%) (Tabla 6), en cambio, para las hembras las especies más importantes en términos de %IIR son *C. pauciradiatus* (67,50%), *B. australis* (12,42%), *T. filippovae* (4,92%) y *Alepisaurus* sp. (2,46%). La similitud trófica entre machos y hembras calculada a través del ISP es igual a un 77,44% (Tabla 7), por lo que se considera que la dieta es semejante entre sexos.

Los índices de Shannon-Wiener (H') y Complemento Simpson (CS) calculados para el total de estómagos con contenido, muestran una moderada heterogeneidad trófica con valores de $H' = 2,38$ y $CS = 0,87$, con una alta dominancia de *B. australis*, *D. gigas* y *C. pauciradiatus* (Tabla 8). Aún cuando la dieta de machos comprende a 24 ítems presa distintos, su espectro trófico es levemente más



diverso ($H' = 2,35$; $CS = 0,87$) en comparación al espectro trófico de hembras ($H' = 2,16$; $CS = 0,84$), que comprenden a 28 ítemes presa distintos (Tablas 6 y 8).

c) **Análisis de la dieta respecto de la estacionalidad de los muestreos**

Para el análisis estacional de la dieta de pez espada la información fue separada en 5 estaciones: Estación 1, verano 2001; Estación 2, otoño de 2001; Estación 3, invierno de 2001; Estación 4, primavera de 2001; y Estación 5, verano de 2002. El resumen de los índices %N, %P, %F e %IIR se detalla en la Tabla 9. y la distribución espacial de los estómagos muestreados en cada una de las estaciones se presenta en la Figura 47.

En la estación verano del año 2001, los muestreos se concentraron en las áreas de pesca de la zona norte, con algunas muestras provenientes de la Cordillera de Nazca. En otoño, los muestreos proceden de operaciones de pesca realizadas en la zona centro-sur; en invierno de lances de pesca efectuados en la zona centro-norte, y, en primavera de lances de pesca realizados principalmente en la zona norte. Durante la estación verano del año 2002 las muestras fueron tomadas en aguas más oceánicas cercanas a la Isla de Pascua.

En general, los meses de otoño e invierno son los que presentan el mayor número de ítems presa en los contenidos estomacales de pez espada, en comparación con los meses de primavera y verano del año 2001 y año 2002. Lo anterior, está asociado posiblemente al mayor número de estómagos analizados en los meses de otoño e invierno, los que duplican y hasta cuadruplican los estómagos analizados en las otras estaciones. En todas las estaciones, excepto en primavera, los peces teleosteos son sustancialmente más importantes en la dieta de pez espada respecto de los cefalópodos, tanto en términos de número, peso, frecuencia de ocurrencia e %IIR (Tabla 9).



En cuanto a la importancia relativa de los ítems presa en la dieta de pez espada también se observan algunas diferencias asociadas a la estacionalidad, en la estación verano del año 2001, destacan *C. pauciradiatus* (58,02%) y Scombridae 3 (6,56%); en otoño son importantes los ítems *C. pauciradiatus* (64,89%), *Mictofidae* (10,22%) y *L. diadema* (5,31%); en invierno dominan *C. pauciradiatus* (61,15%), *B. australis* (13,94%) y *T. filippovae* (7,25%); en primavera son importantes *B. australis* (41,22%), *D. gigas* (26,21%) y *T. filippovae* (10,44%); y en la estación verano del año 2002 destaca casi exclusivamente *B. australis* (74,73%).

Desde el punto de vista de la similitud trófica, se distinguen dos grupos. Un primer grupo conformado por las estaciones “verano año 2001”-otoño-invierno, con un valor de ISP superior al 70%, y un segundo grupo, conformado por las estaciones primavera-“verano año 2002”, con un valor de ISP igual a 54% (Tabla 10).

Las estaciones que presentaron mayor diversidad trófica fueron otoño ($H' = 2,38$; $CS = 0,86$) e invierno ($H' = 2,09$; $CS = 0,84$), en comparación con “verano 2001” ($H' = 1,87$; $CS = 0,81$), “verano 2002” ($H' = 1,47$; $CS = 0,72$) y primavera ($H' = 1,32$; $CS = 0,65$), lo que se explica por el mayor número de ítems presa de las dos primeras estaciones y la menor dominancia de los ítems presa más importantes (Tabla 11). Por ejemplo, en otoño las tres especies de mayor porcentaje en peso acumularon el 45,4% de la dieta, mientras que en el caso de la estación de primavera las tres especies de mayor porcentaje en peso acumularon el 88,6% de la dieta.



d) Análisis de la dieta respecto de la talla de pez espada

Para investigar posibles variaciones en la dieta con la talla de pez espada se definieron cinco rangos de talla de LMIH:

G 1 = 101-135 cm
G 2 = 136-170 cm
G 3 = 171-205 cm
G 4 = 206-240 cm
G 5 > 240 cm

En cada uno de estos rangos de talla los peces teleosteos, como conjunto, representan el ítem presa de mayor importancia en la dieta de pez espada, respecto del grupo de presas conformado por los cefalópodos, tanto en términos de %N, %F, %P e %IIR (Tabla 12). No obstante, se observa que los cefalópodos aumentan progresivamente en importancia a medida que incrementa la talla de pez espada, de 3,97% IIR en el grupo de tallas más bajas (G 1) hasta un 46,4% IIR, en el grupo de tallas más grandes (G 5) (Figura 48).

Los ítems presa más importantes por grupo de talla son: G1, *B. australis* (69,89%) y *C. pauciradiatus* (17,81%); G2, *C. pauciradiatus* (57,61%), *B. australis* (11,80%) y *T. filippovae* (7,07%); G3, *C. pauciradiatus* (56,98%), Mictofidae (9,23) y *D. gigas* (6,88%); G4, *C. pauciradiatus* (53,91%), *D. gigas* (7,20%) y *L. diadema* (5,54%); G5, *B. australis* (37,99%), *D. gigas* (16,00%) y *T. filippovae* (13,51%) (Tabla 12 y Figura 49).

A partir del análisis de similitud trófica se puede distinguir 2 agrupaciones de tallas, una agrupación comprende a los rangos de talla G 2, G 3 y G 4, con valores de ISP superiores a 79,6%, y otra agrupación está conformada por los rangos de talla G1 y G5, con un valor de ISP igual a 52,8% (Tabla 13). Los altos valores de ISP que



agrupan a los rangos de talla G2, G3 y G4, se deben en gran parte a la similar importancia de *C. pauciradiatus* en la dieta de estas tallas. Por otro lado, el mayor grado de asociación entre los rangos de talla G 1 y G 2 se debe en parte al ítem presa *B. australis*.

Los rangos de talla G 2, G 3 y G 4 presentan los mayores valores de los índices de diversidad en comparación a los rangos de talla G 1 y G 5 (Tabla 14), lo que se explica por el mayor número de ítems presa en el primer grupo de tallas y la menor dominancia de los ítems presa más importantes. Por ejemplo, para el rango de talla G 3 (171-205 cm LHMI) las tres especies de mayor porcentaje en peso acumulan el 57,78% de la dieta, mientras que en el caso del rango de talla G 1 (101-135 cm LHMI) las tres especies de mayor porcentaje en peso acumulan el 88,41% de la dieta.

5.2.8. Variabilidad genética de pez espada en las costas chilenas.

En la tabla 15 se resumen los resultados que se presentan a continuación.

En la figura 50 se presentan los perfiles electroforéticos en gel de agarosa para los haplotipos más comunes obtenidos con las enzimas Taq^α y Alu I.

El índice de diversidad genética **h** estimado para cada área geográfica de estudio muestra un nivel de diversidad medio para todas las áreas analizadas con las enzimas Alu I, Hha I y Rsa I, en cambio para Taq^α I, se observa una baja diversidad en todas las áreas.

Se diferenciaron hasta 7 haplotipos en la totalidad de muestras analizadas, producto de la digestión. Los haplotipos más frecuentes se repiten en las distintas áreas de estudio para cada enzima utilizada. En el caso de Alu I, el haplotipo A y



C, son los más frecuentes en las tres áreas de estudio y los demás morfos identificados se presentan en más baja frecuencia igualmente para las tres áreas. Para Hha I, se identificaron 4 haplotipos siendo los más frecuentes en las tres áreas de estudio los morfos A y B. En el caso de la Taq^α I, se observaron sólo dos haplotipos, siendo el más frecuente en las tres áreas, el morfo A. Por último para Rsa I, se obtuvieron 7 haplotipos, presentando dos morfos más comunes, A y C.

Considerando las frecuencias de los haplotipos más comunes identificados en cada área de estudio y enzima utilizada se puede inferir que las muestras analizadas de las zonas norte, centro y sur de Chile provendrían de una población panmíctica, no observándose diferencias genéticas para poder separarlas en distintas unidades poblacionales.

5.3. Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.

5.3.1 Caracterización del ciclo reproductivo del pez espada

El número de ejemplares analizados para la obtención de índices macroscópicos de madurez y el análisis histológico se entrega en Tabla 16. Además en las figuras 51 y 52, se presentan fotografías representativas de los distintos estadios de madurez en hembras.

a) Validación de Índices macroscópicos de madurez

Los índices macroscópicos de madurez basados en los pesos de las gónadas son útiles al momento de definir períodos de actividad reproductiva, sin embargo en



primer lugar se debe validar como descriptor de la actividad ovárica en la población de hembras, ya que se ha señalado que la simple división del peso del ovario por una medida de tamaño corporal no necesariamente compensa el efecto del tamaño de la hembra, además que la relación entre índice gonadal y tamaño corporal puede ser distinta para diferentes estadios de desarrollo (De Vlaming *et al.*, 1982; West 1990). El principal supuesto es la relación lineal entre el peso del ovario y el índice de tamaño corporal, en hembras de pez espada, la relación entre el peso del ovario y el índice de tamaño corporal utilizado (cubo de la LMH) muestra una relación lineal en todos los estadios de madurez ovárica (Figura 53), con un r crítico inferior al calculado, en donde solamente el estadio 5 no es significativa la relación lineal ($P > 0,05$), y el estadio 4 no se consideró por su n bajo. Sin embargo, esto es explicado debido a la alta variabilidad en el peso del ovario producto de la hidratación.

Para los machos, aún cuando se observa una mayor dispersión, se mantiene una relación de tipo lineal (Figura 54), sólo en el estadio 2 la relación no es significativa; sin embargo el peso del testículo no muestra cambios importantes de peso entre los estadios de madurez, por lo que la utilización del IT para definir períodos reproductivos no es aconsejable.

b) Índices macroscópicos de madurez

La evolución del índice gonádico en hembras (Figura 55) muestra un máximo centrado en los meses de enero y febrero la misma situación se observa en el índice testicular en machos (Figura 56), aún cuando presenta un comportamiento más errático.



c) Análisis histológicos

Como criterio de análisis para las hembras, se aplican los índices de actividad ovárica (agrupación de especímenes con presencia de ovocitos en diferentes grados de vitelación como también con vesícula migrante, hidratados o con evidencia de desove reciente). En la Figura 57 y Tabla 17 se muestra que la mayor incidencia de hembras sexualmente activas ocurre durante los meses de enero y febrero, lo que implica que *Xiphias gladius* tiene una época reproductiva corta. Esta funcionalidad ovárica está representada principalmente por hembras hidratadas y en actividad de desove en ese período (Figura 58; Tabla 18). Para el caso de los machos, la Figura 59 y Tabla 19 registran un desarrollo espermatogénico de diferente magnitud durante el período anual, sin embargo, la máxima funcionalidad testicular y emisión de espermatozoides se circunscribe en los meses de enero a marzo, situación representada por la gran incidencia temporal de individuos en espermatogénesis, tanto en progresión, como avanzada y emisión (Figura 60; Tabla 20). El análisis anterior hace presumir la existencia de sincronía funcional entre los sexos.

d) Determinación de la talla de primera madurez sexual

Se aplica un criterio similar a Zárate (1997), quien trabajó en *Xiphias gladius* de aguas chilenas y que asume que las hembras inactivas (Estadio 2) son inmaduras y las activas (Estadios igual y superiores al 3) son maduras (Tabla 21). En los meses correspondientes al pico reproductivo (febrero, marzo y abril del 2001 y enero del 2002), el ajuste del modelo (Tabla 22 y Figura 61) entrega una talla de primera madurez sexual (50%) de 231 cm. Sin embargo, esta estimación debe ser tomada con precaución dado que sería una sobrestimación de la verdadera talla de primera madurez sexual, ya que el estadio 2 no corresponde a ejemplares vírgenes. En machos, no se puede ajustar el modelo dado que no se encuentran



ejemplares inmaduros (asumiendo que el estadio 2 lo es) en tallas menores (Figura 61).

e) **Fecundidad parcial**

Se han analizado 26 hembras en un estado de madurez avanzada aptas para la separación por tamaños de los ovocitos. Las distribuciones de frecuencia de tamaños de ovocitos (Figura 62) por estadios de madurez microscópica, muestran en general más de una moda separada alrededor de los 600 micrones. Al ordenar las distribuciones de frecuencia en base al tamaño de la moda inferior (vitelados) (Figura 63), se puede observar el efecto de agotamiento de la reserva de ovocitos vitelados, esto es el agotamiento de la moda inferior, hasta llegar a ejemplares que muestran una sola moda, correspondiendo estas a ejemplares que no volverán a desovar. Aplicando el criterio dado por Taylor y Murphy (1992) de estimar la fecundidad en base a los ovocitos $>750 \mu\text{m}$ en ejemplares en estadios V y VI ($n = 21$), las estimaciones de fecundidad parcial van de 197.692 a 16 millones de huevos para longitudes de 217 a 303 cm (Figura 64). Sin embargo, a través del análisis de las distribuciones de frecuencia se observa una separación de la moda más avanzada alrededor de los 600 micrones, por lo que si se considera como fecundidad parcial a los ovocitos mayores a este diámetro la relación mejora notablemente (Figura 65), fluctuando la fecundidad entre 0,5 y 31 millones de ovocitos para ejemplares de 217 y 303 cm de LMIH, respectivamente. Dado que *Xiphias gladius* sería un pez desovante sincrónico por grupo, es posible estimar su fecundidad total, en este caso, como el total de ovocitos mayores a 250 micrones. Presenta una buena relación con la LMIH (Figura 66), fluctuando entre 1 y 52 millones de ovocitos para LMIH de 217 y 303 cm, respectivamente.



5.3.2 Identificación de áreas de desove

5.3.2.1 Muestreo planctónico

Primer Crucero de Verano

a) Distribución espacial y temporal del ictioplancton

En la columna de agua, 3 fueron las especies más importantes, a saber: *Thunnus albacares*, *Katsuwonus pelamis* y *Thunnus sp.* De éstas, la que presentó mayor abundancia fue *Thunnus albacares*.

Las larvas de la especie *Thunnus albacares* poseen una gran distribución espacial encontrándose presentes en gran parte de la zona de estudio con 4 estaciones positivas. Se destacan dos focos principales: el primero se localiza al noreste de Isla de Pascua y presenta la mayor abundancia con densidades promedio en las estaciones de 15 larvas/10m² y un segundo núcleo situado al este de Isla de Pascua, que tiene una gran cobertura geográfica pero con menores niveles (Figura 67, Tabla 23).

Los lances verticales realizados durante el Crucero de Verano 2001 indican que las larvas de la especie *Katsuwonus pelamis* presentan una distribución menor y más puntual, de hecho solamente en una estación se capturaron larvas de la especie, ubicándose en el extremo norte de la zona de estudio, dicha estación posee un registro de 16 larvas (Tabla 23). En cuanto a las larvas indiferenciadas de *Thunnus sp* también muestran solamente una estación positiva en la cual se obtuvieron 17 larvas (Tabla 23), dicha estación se localizó a unas 50 mn al noreste de Isla de Pascua (Figura 67).



Con respecto a la distribución y abundancia de las fases larvianas de los lances superficiales del Crucero de Verano 2001, éstas se presentaron con elevada frecuencia, la especie *Thunnus albacares*, anotó 14 estaciones positivas con una densidad promedio total de 1 larva/1m² (Tabla 24), espacialmente se encuentra distribuida por toda el área de estudio (Figura 68). En la misma Tabla, observamos que las larvas de *Katsuwonus pelamis* también presentan una amplia repartición espacial con un importante foco en las cercanías de Isla de Pascua. Las larvas de esta especie se obtuvieron en ocho estaciones de muestreo y su densidad promedio total fue de 0,5 larva/1m² (Tabla 24).

Con respecto a *Thunnus alalunga*, en los lances superficiales, las fases larvianas de esta especie fueron las más abundantes al encontrarse 47 larvas en 15 estaciones, las larvas de *T. alalunga* muestran una gran cobertura espacial, sin embargo no se lograron registros de esta especie en las cercanías de Isla de Pascua.

Campaña de muestreo en Isla de Pascua

a) Distribución espacial y temporal del ictioplancton

En la Figura 69 se presenta la distribución de los lances en que se capturaron post larvas de peces en la Isla de Pascua, los cuales son detallados en la Tabla 25. Los lances fueron realizados superficialmente registrándose temperaturas superficiales entre los 24,9°C y los 26,5°C, con un promedio de 25,7°C y una moda de 25,6°C. Las post larvas capturadas e identificadas de istiophoridos corresponden a *Tetrapturus audax* (2) y *Makaira nigricans* (4).



5.3.2.2 Estudio de madurez sexual

a) Relaciones entre la TSM semanal y el I.G. de pez espada.

Del período febrero-marzo de 2001 y enero-febrero de 2002, se recibieron y procesaron 11 imágenes de TSM satelital (8 promedio semanales para el 2001 y 3 promedio semanales para el 2002). De acuerdo con la metodología, dichas imágenes son interpretativas de las condiciones oceanográficas de la zona estudio, por otra parte, se superpuso la repartición geográfica del I.G. registrado en los cruceros bio-oceanográfico y bio-pesquero realizados en febrero-marzo del 2001 y enero-febrero del 2002.

La mayor parte de la actividad reproductiva de pez espada, obtenida a través de la observación y cuantificación del índice gonádico de ejemplares capturados en los dos cruceros de verano, estuvo centrada en el área entre 17° y 28° lat. S y 92° y 116° long. W. Principalmente entre la tercera semana de enero (Crucero 2002) y la tercera semana de marzo (Crucero 2001).

En la primera semana de febrero de 2001, se registraron los más altos índices gonádicos del período de estudio 2001, dichos I.G. se localizaron en dos focos: el núcleo principal se ubica a unas 1.300 mn frente a Iquique, en el borde oceánico del frente térmico que conforman aguas de 23 y 24°C, en este foco los valores de I.G. registrados incluso superan el valor 10. El segundo núcleo se sitúa a unas 1.500 mn frente a Mejillones, en el borde interno que conforman las aguas de 24-25°C, dicho foco también presenta altos registros con I.G. sobre 8 (Figura 70). En esta semana, la distribución espacial de las TSM indica un gran dominio de las aguas superiores a los 23°C.



En la segunda semana del mes no se realizaron lances de pesca debido a la programación del crucero bio-oceanográfico. La estructura de temperatura superficial del mar se presenta similar a la semana anterior, no obstante se aprecia un repliegue de las aguas de temperatura más baja (21-22°C).

En la tercera semana, se registraron I.G. muy bajos que oscilan entre 0,1 y 0,4, en este período el área estuvo emplazada a 2.000 mn frente a las costas de Arica en TSM de 25,5 ° C, no presentando grandes diferenciales térmicos.

En la cuarta semana, los mayores I.G. se ubicaron mayoritariamente en el mismo sector de la semana anterior, no obstante se aprecia un aumento del índice gonádico llegando a superar el valor 8. En este lapso, los más altos índices se localizaron en TSM superiores a los 25°C; se destaca el desplazamiento hacia la costa de la isoterma de 26°C. (Figura 70).

En las dos primeras semanas de marzo se obtuvieron escasas muestras de gónadas las que presentaron valores de I.G. muy bajos, lo anterior debido a que la programación del crucero hacía privilegiar la navegación hacia la zona de las Islas San Félix y San Ambrosio. En cuanto a la estructura térmica superficial, ésta fue normal para la época del año con TSM localizadas en el estrato 17-25°C y con gradientes laterales moderados (Figura 71).

En la tercera semana de marzo, se detectaron moderados índices de I.G. en el área aledaña a las Islas San Félix y San Ambrosio, dichos I.G. incluso superan el valor 0,5, en este período los I.G. se asocian a aguas de 21 y 22°C y en una zona donde se presentan grandes diferenciales laterales. En cuanto a la estructura de temperaturas superficiales, se observó un enfriamiento estacional caracterizado por la disminución geográfica de las temperaturas superiores a los 20°C.



En la última semana del mes de marzo, tanto la flota como el crucero bio-oceanográfico no realizaron lances. Respecto de las TSM, se mantiene el descenso de éstas, destacando la migración de la isoterma de 20°C al norte de la latitud 32°S y una distribución superficial más homoterma (Figura 71).

En los muestreos realizados en enero – febrero de 2002, en ejemplares de pez espada capturados en lances de pesca efectuados en navegación hacia o desde las islas de Pascua y Salas y Gómez, se observaron en general elevados valores del índice gonádico, principalmente la tercera semana de enero (Figura 72a) y la quinta o primera de febrero (Figura 72c).

En la tercera semana de enero (Figura 72a), se obtienen valores altos de I.G., en lances que estuvieron ubicados entre 1.400 y 1.800 mn a la cuadra del puerto de Caldera, en aguas con diferenciales térmicos moderados, con temperaturas de 20-21°C en la zona más costera y 22-23°C en el sector más oceánico. Se destaca el mayor índice gonádico obtenido en los dos cruceros, con un registro que superó el valor 12 y se presentó en un ejemplar capturado aproximadamente a 200 mn al este de Isla de Pascua.

La cuarta semana de enero se realizaron lances de pesca en los alrededores de la Islas de Pascua e Isla Salas y Gómez, en el borde oceánico de aguas con temperatura de 24 y 25°C, se obtuvieron variados niveles de I.G., alcanzando valores entre 1,3 y 9,0; en general, se observa un desplazamiento hacia la costa de la isoterma de 23-24°C y un repliegue de masas de agua con temperaturas entre 19 y 22°C (Figura 72b).

La última semana de estudio, en lances realizados en navegación hacia el continente (Figura 72c), se obtuvo un reducido número de muestras que presentaron valores altos de I.G., alcanzando el valor 12. El área de muestreo



estuvo emplazada en aguas que no presentaron mayores diferenciales térmicos (23-24°C), aproximadamente 1.700 mn a la cuadra de Huasco.

b) Relaciones entre la distribución del I.G. de pez espada y la temperatura superficial

En la figura 73 se presenta el ploteo de los datos , junto a un ajuste del modelo de regresión para ambas variables donde se verifica una escasa asociación del tipo polinomial que describe sólo cerca del 15% de la varianza.

Se observaron los mayores índices gonádicos en el rango entre los 23 y 25°C, con una preferencia por aguas de entre 23 y 24°C. Se debe tener presente que los mayores índices se ubicaron en sectores que exhibían frentes térmicos marcados; lo anterior se manifiesta en que los mayores I.G. se lograron en general, en períodos en que la estructura térmica superficial era más heterogénea.

Diversos autores, han señalado que la aparición de larvas de pez espada y de hembras maduras tiene como limitante la aparición de aguas de 23-24°C. En este sentido los resultados del proyecto son muy concordantes con dichos autores, ya que el rango óptimo de respuesta (aparición de hembras con IG>3) fue de 23-25 °C, con una moda de 23-24°C. Asimismo, Ovchinnikov (1970) menciona que los frentes térmicos y salinos juegan un papel relevante en la distribución del recurso, lo que también es coincidente con este estudio ya que una gran cantidad de registros se logró en las cercanías de diferenciales térmicos (Figuras 70 a 72).



5.3.2 Descripción del área de desove

a) Muestreo oceanográfico

Se tomaron manualmente en cada estación oceanográfica muestras de clorofila total, utilizando los filtros portátiles y muestras de agua de mar superficial (40) para análisis de salinidad en tierra. Se determinó el nivel de penetración de la luz, con el uso de disco Secchi en 25 de las 45 estaciones; el rango detectado estuvo comprendido entre 20 y 39 m con un promedio de 29,8 m. Junto a lo anterior y con el fin de complementar la información oceanográfica, se registró en cada estación, las condiciones meteorológicas y de mar.

La navegación total, según el plan de trabajo para completar las 45 estaciones oceanográficas fue de 3.465 mn. Los track o secciones de transecta tuvieron una longitud promedio de 78,75 mn (D.S.=10,64), en un rango de 58,3 a 96,1 mn.

b) Variables superficiales

Vientos

El viento medido en las estaciones de muestreo y cuyos vectores se muestran en la figura 74a, tuvieron un valor máximo de 17,5 m/s y un mínimo de 2,5 m/s. La intensidad de los vientos registrados durante el período de muestreo puede indicarse como de moderado a fuerte ya que el 49% de los datos corresponden a mediciones entre 5 y 10 m/s y el 40% a valores sobre 10 m/s. La intensidad de 5 m/s se considera como el valor mínimo para producir mezcla turbulenta en la capa superficial del mar (Simpson y Dickey, 1981).



La dirección predominante de los vientos corresponde al primer cuadrante el que tiene un 78% de las mediciones, el segundo cuadrante tiene un 22% de los registros, no observándose direcciones del tercer y cuarto cuadrante. El 60% de los datos indica vientos provenientes del Este.

De los vectores de viento se aprecia que las mayores magnitudes se encuentran en el sector Este de la zona de estudio, mientras que en la zona central y Sur se registraron valores menores. En las estaciones 32 a 35 se observó viento N o NNE como un posible evento de 2 días de duración.

El índice de turbulencia (Figura 74b), obtenido de la intensidad del viento, muestra los mayores valores en las estaciones del borde E y SO de la zona de estudio. Los menores valores de este índice se encuentran en la zona central y NO de la zona. El mayor valor de turbulencia corresponde al encontrado en la estación 29 con $5.359 \text{ m}^3/\text{s}^3$ y los menores valores fueron registrados en las estaciones 24 y 25 (sector central) y 34 y 36 (sector centro-oeste) con sólo $16 \text{ m}^3/\text{s}^3$.

Temperatura

La temperatura superficial (Figura 75a) en la zona de estudio disminuye desde el sector NO hacia el SE. El máximo térmico observado correspondió a 27° C y el mínimo a $24,7^\circ \text{ C}$, en las estaciones 44 y 7, respectivamente.

No se aprecian frentes térmicos importantes en la zona de estudio. El desplazamiento hacia el Este de la isoterma de $25,5^\circ \text{ C}$ y $25,0^\circ \text{ C}$ corresponde a una situación distinta a la observada en las isotermas de $26,0^\circ \text{ C}$ y $26,5^\circ \text{ C}$, las que mostraban un comportamiento de descenso térmico más gradual en el sector



Oeste. El desplazamiento de las isotermas de 25,5°C y 26,5°C indica la acumulación de aguas de una temperatura intermedia en la zona de estudio.

Salinidad

La salinidad superficial (Figura 75b) muestra una tendencia a la formación de un núcleo salino en el centro del área de estudio, por lo tanto las menores salinidades se encuentran en el borde de la zona y principalmente hacia el sector SE. La mínima salinidad corresponde a la encontrada en la estación 1 con 35,8 psu mientras que la mayor estuvo en la estación 35 con un valor de 36,6 psu. La isohalina de 36,4 psu está asociada en el sector Este con la isoterma de 25,5°C. La máxima salinidad superficial se puede indicar que se encuentra en dos núcleos de extensa área limitados por la isohalina de 36,5 psu, uno en el centro y otro hacia el límite Oeste de la zona.

Desde la isohalina de 36,4 psu hacia el exterior se aprecian zonas de mayor cambio de salinidad que originan un gradiente de 0,2 psu cada 70 a 80 mn (0,003 psu/mn) lo que no puede ser interpretado como zona de frente salino, pero sin embargo, indica sectores característicos que podrían estar relacionados con la distribución de variables biológicas.

Densidad

Dada la distinta distribución de las isolíneas de temperatura y salinidad superficial, las isopicnas en superficie (Figura 76a) no muestran una distribución similar a alguna de estas variables. No obstante, en general se determinó que la densidad se encuentra influenciada principalmente por la variable temperatura lo que significa que existe un aumento del valor de sigma-t desde Oeste a Este.



La densidad superficial tiene los mayores valores en el sector NE de la zona asociado a las estaciones 14, 15 y 19 las que alcanzaron $24,3 \text{ K/m}^3$. La menor densidad superficial se localizó en el sector NO, estaciones 42, 43 y 44 con $23,5 \text{ K/m}^3$.

Clorofila

La clorofila total (Figura 76b) determinada para superficie en las estaciones de muestreo indica que los valores se encuentran dentro del rango $48,4$ y $90,6 \text{ ng/L}$. Los menores valores se ubicaron en general al sur de la latitud 22°S con mediciones menores a 60 ng/L . La estación 26 registró el mínimo valor de clorofila total mientras el máximo se localizó en la estación 18, hacia en el límite NE de la zona. La mitad norte se encuentra dividida por una franja de valores intermedios de clorofila total ($<70 \text{ ng/L}$). La distribución de clorofila total no muestra alguna asociación con las variables de temperatura, salinidad o densidad.

b) Variables en la vertical.

Temperatura

La temperatura en la vertical (Figuras 77a a 82a) muestra en general una capa homotermal que correspondería a una capa de mezcla de 50 m de espesor bajo la cual se localiza una termoclina débil de un gradiente de $0,1^\circ \text{ C/m}$, alcanzando un espesor promedio de 20 metros . La menor temperatura en la vertical se observó en la estación 7 con un valor inferior a 16° C .

Hacia el extremo SE de la zona, la capa de mezcla tiene un menor espesor y la termoclina se localizó en promedio 10 a 20 m más superficial. Lo indicado se observó en la transecta 1 (Figura 77a) (estaciones 45, 36, 23, 10 y 1, transversal),



donde existe un levantamiento de la termoclina en la estación 1, ubicándose entre 30 y 50 m, con un gradiente mayor el que alcanzó de 0,15 a 0,2° C/m. Bajo la termoclina también se apreció un levantamiento de todas las isotermas de hasta 100 m desde la estación 10 a la estación 1. La situación indicada anteriormente no fue observada en la transecta transversal 2 (Figura 78a) lo que sugiere que esto ocurre principalmente en un sentido NO-SE y en forma secundaria en un sentido N-S, hacia el borde oriental de la zona.

En la columna de agua se aprecia una disminución de la temperatura en un sentido O-E a un mismo nivel de profundidad, la que es en promedio 2°C menor en la capa de los primeros 50 m de profundidad y de 1°C menor bajo la termoclina. En la transecta 1 la diferencia es de 3°C bajo la termoclina, sin embargo, esto ocurre principalmente entre las estaciones 10 y 1.

En la transecta 3 y 4 (Figuras 79a y 80a), en un sentido O-E, las estaciones 17 y 29 ubicadas en los vértices de la zona, son tomadas únicamente como referencia dada la distancia entre ellas y la siguiente estación. En estas transectas las isotermas muestran una distribución y el comportamiento, indicado anteriormente, en los primeros 100 m, sin embargo en la transecta 4 y bajo ese nivel de profundidad se produce un hundimiento de las isotermas de unos 30 m, lo que indica la presencia de un cuerpo de agua de mayor temperatura que fluye en dirección sur hasta un nivel superior a los 200 metros.

En la transecta 5 y 6, en un sentido longitudinal (Figuras 81a y 82a), se observó el levantamiento de las isotermas hacia el sector Sur, esto ocurre en la estación 32 (transecta 5 borde Oeste) con un brusco ascenso de 50 a 100 metros.



Salinidad

La salinidad en la vertical (Figuras 77b a 82b) confirma que la capa de los primeros 30 a 50 m de profundidad corresponde a una capa de mezcla; la presencia de mezcla que alcanza estos niveles de profundidad es producto de turbulencia originada por la alta intensidad del viento registrada en superficie.

Los valores de esta variable descienden en un sentido N – S. El gradiente entre los bordes NO y SE (estaciones 45 y 1) alcanza los 0,5 psu en superficie y 0,6 psu aproximadamente, al nivel de 200 metros.

No se observa una haloclina muy desarrollada y permanente a lo largo de las transectas en la zona de trabajo. Los gradientes de la haloclina más importantes se ubicaron hacia el sector sur de la zona, lo que está asociado también a la presencia de una termoclina más desarrollada. El gradiente de la haloclina alcanzó los 0,01psu/m como promedio en el sector SE y de 0,02 psu/m hacia el borde SO. En el borde norte de la zona de estudio no se presentó haloclina.

Las isohalinas en la columna de agua en la transecta transversal 1 (Figura 77b) muestra también un brusco ascenso (en comparación al comportamiento de las otras estaciones) de más de 100 m entre la estación 10 y 1, alcanzado la superficie todas las isolíneas que se encontraban entre las estaciones mencionadas, incluso aquellas ubicadas a 200 m de profundidad. Entre las estaciones 36 y 23 también ocurre un ascenso de las isohalinas pero sólo de aquellas ubicadas entre los 50 y 150 m. Las isolíneas ubicadas bajo este nivel ascienden en forma moderada en comparación con las estaciones adyacentes. Las isotermas ubicadas en el sector en cuestión no muestran un ascenso similar al presentado por las isohalinas en este caso.



La transecta transversal 2 (Figura 78b) muestra también un ascenso de las isohalinas hacia el borde SO de la zona, pero éste no es tan pronunciado como hacia el borde SE. Centrado en la estación 22 se presentó un notorio levantamiento de la isohalina de 36,2 psu.

En la transecta 3 (Figura 79b), a lo largo del borde norte de la zona (estaciones 17 y de la 39 a 45) se destaca la ausencia de haloclina y la presencia de un núcleo salino que alcanza valores superiores a 36,4 psu. La isohalina de 36,4 psu alcanza la superficie hacia el sector central de la zona de estudio, como se observa en la transecta 2 (estaciones 36 y 10) haciéndose parte de un foco salino superficial.

En la transecta 4 (Figura 80b), ubicada en el borde sur de la zona, se aprecia un hundimiento de las isohalinas, similar al presentado por las isotermas. En esta transecta se aprecia el menor valor de salinidad subsuperficial que corresponde a 34,9 psu que corresponde a la estación 7.

En la transecta 5 (Figura 81b), sentido N-S se observa el levantamiento de las isohalinas hacia el sector sur alcanzando la superficie algunas isólinas que se encontraban hasta los 170 m de profundidad. La transecta 6 (Figura 82b) no posee gradiente salino que forme una haloclina en el sector norte. Al nivel de 200 m se presentó un levantamiento de las isotermas centrado en la estación 16. Este levantamiento también se presenta en las otras isotermas del sector.

Densidad

La distribución de las isopicnas en la vertical (Figuras 77c a 82c) muestra y confirma la capa de mezcla superficial de 50 m como promedio, y que asciende hacia el extremo SE de la zona de estudio. Bajo la capa de mezcla se produce una estratificación asociada a la presencia de la termoclina y que se encuentra desarrollada a lo largo de todas las transectas. En general, las isopicnas tienden a



ubicarse en forma paralela a la superficie bajo la capa de mezcla, sin embargo, sobre ella, éstas ascienden originando el gradiente superficial de esta variable. En algunos sectores la ubicación de las isopícnas subsuperficiales presentan oscilaciones en su nivel, ascendiendo o descendiendo, asociado al comportamiento de las isolíneas de temperatura y salinidad.

En general los hundimientos de las isolíneas graficadas en un sentido Oeste-Este, encontrados por ejemplo entre la estación 2 a 6 y 41 a 42 (Figuras 79c y 80c), indican un flujo hacia el Sur ya que significa que la capa de agua tiene una mayor temperatura y salinidad por lo tanto tiene un origen al norte de la zona de estudio.

Por el contrario, un levantamiento de las isolíneas, el que forma un domo, indica un flujo hacia el norte por tratarse de aguas de menor temperatura y salinidad, es el caso de lo presentado en las estaciones 7, 40 y 43.

5.4. Caracterizar las áreas de crianza de pez espada en el área de estudio.

5.4.1. Hipótesis de trabajo

Con el fin de determinar zonas de crianza de pez espada, primero que nada se estableció el concepto de cría o juvenil para los ejemplares que no han logrado su estado de madurez, y su longitud alcanza hasta los 94,8 cm de longitud mandíbula inferior horquilla (Humphreys, 2002).

De acuerdo a los antecedentes recopilados, se establecieron dos posibles áreas de crianza: la zona de Cordillera de Nazca y la zona aledaña a las Islas de Pascua y Salas y Gómez. La Cordillera de Nazca comprende la zona geográfica de un cordón montañoso submarino frente a las costas de Perú y Chile, y se ubica aproximadamente entre las latitudes 15° y 27° S y entre las longitudes 75° y 90°



W. Esta cordillera submarina se encuentra entre dos fosas, la Fosa Central y la Fosa Meridional (de una profundidad máxima de 6.868 m); las cuales forman parte de la cadena de fosas que bordea el Océano Pacífico y que continúa hasta la Isla de Pascua (107° L.W.).

Cabe señalar que existe una porción del área de Cordillera de Nazca, que fue considerada inicialmente en la resolución N°157 de la Subsecretaría de pesca del 29 de enero de 2001 como zona de pesca, accesible a las naves comerciales incluidas en la Pesca de Investigación. Sin embargo, este acceso fue modificado por la Resolución N°641 del 12 de abril de 2001, en la que definitivamente se excluye el área de alta mar asociada a la Cordillera de Nazca delimitada por los vértices: i) 20° S, 83°30' W ii) 20° S, 78° W y iii) 24° S, 83°30' W. Es así, que esta zona específica no pudo ser explorada tanto por la flota comercial que extrae el recurso como por los cruceros de verano. No obstante, durante el proyecto la flota palangrera nacional realizó lances de pesca en el período marzo-diciembre de 2001 en zonas relativamente cercanas al área antes mencionada.

5.4.2. Muestreos biológico-pesqueros

Durante el desarrollo del presente proyecto se contó con observadores en el 100% de la flota palangrera chilena, reportándose la actividad de 1.985 lances de pesca en toda la zona de estudio (Fig. 83). Esta zona fue cubierta por 12 embarcaciones, cuya operación se extendió aproximadamente desde los 18° S a los 38° S y entre los 74° W a los 86° W.

De acuerdo al concepto de cría descrito en la hipótesis de trabajo y los antecedentes recopilados por los muestreos biológicos realizados en la flota palangrera, en el período marzo-diciembre de 2001, fueron muestreados 18.216 ejemplares, con un promedio de 178,8 cm y un rango de talla LMIH entre 100 y los



387 cm (Tabla 3), no encontrándose individuos bajo los 95 cm de LMIH. Lo anterior se puede corroborar además, con la inspección de la estructura de tallas (Fig. 7), la que no presenta ejemplares bajo los 95 cm de LMIH, que serían los denominados juveniles. Cabe señalar que la figura 7, donde se presenta el histograma de frecuencia de talla LMIH, la marca de clase de 90 cm cubre un rango de 10 cm, cuyo límite superior corresponde a los 95 cm LMIH.

5.4.3. Cruceros de verano

En la zona oceánica norte y adyacente a las Islas de Pascua y Salas y Gómez, se efectuaron 3 cruceros de investigación: 2 de ellos realizados por embarcaciones mayores dentro de los términos de pesca comercial y un crucero de investigación realizado por una embarcación menor en los alrededores a la Isla de Pascua destinada a capturar post larvas de pez espada (Figs. 4 y 84).

Los resultados obtenidos como parte de los muestreos biológicos realizados en los cruceros de verano a bordo del B/C TAMI S. y del B/H TALCAN los años 2001 y 2002, en la zona oceánica norte y adyacente las Islas de Pascua y Salas y Gómez, registraron capturas de ejemplares entre 75 y 303 cm LMIH el año 2001 y entre 101 y 285 cm LMIH el año 2002 (Fig. 6). Sólo dos ejemplares de pez espada bajo 95 cm LMIH fueron capturados en el primer crucero de verano: el primero un ejemplar de 80 cm LMIH fue capturado en la zona oceánica 17°54'S – 104°1'W aproximadamente 1.880 mn a la costa del puerto de Arica en aguas con temperaturas de 25,2°C. El segundo ejemplar, de 75 cm LMIH, fue capturado en las cercanías de la Isla San Ambrosio (26°33'S – 79°43'W) en TSM de 21,2°C.



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1 Caracterizar el stock de pez espada y su comportamiento alimentario en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile

Previo al presente proyecto, se conocía como espectro trófico del pez espada en el Pacífico Sur Oriental un conjunto de tan sólo 6 ítemes, y en ese conjunto aparecían los jureles y las merluzas de cola con la mayor importancia en frecuencia de aparición (en torno al 60%), con menor importancia aparecían algunos cefalópodos.

En el presente Informe, se da cuenta de la aparición de 34 ítemes presa, 16 taxa de cefalópodos, 15 de peces óseos, 1 cartilaginoso y 2 taxa de crustáceos. En términos de biomasa, los teleósteos dan cuenta del 60,2% y los cefalópodos del 39,4%. Esta mayor importancia de los teleósteos en la dieta de pez espada, está en concordancia con lo informado para las costas portuguesas (%N=66%; %G= 52%; Moreira, 1990), Estrecho de Gibraltar (%N= 93%, %F= 100%; Hernández, 1995), Baja California (%N= 62,2%, %G= 83,1%, %F= 63,6%; Markaida & Nishizaki), contraponiéndose a la idea de que los cefalópodos constituyen el grupo trófico preferido a nivel mundial. Es importante hacer notar que no importando de donde provenieran las muestras, la ausencia de jurel y merluza de cola es absoluta.

De los cefalópodos, las especies con mayor presencia tanto en frecuencia como en biomasa son: *Todarodes filippovae*, *Ommastrephes bartrami*, *Lychoteuthis diadema* y *Dosidicus gigas*.

En cuanto a los peces, es notable el predominio de unas pocas especies, particularmente *Cubiceps pauciradiatus* (%Peso= 16,7%; %N= 34,9%; %F= 58,9%; %IIR = 54,2%), y *Brama australis* (%Peso = 22,3%; %N = 5%; %F = 28,4%;



%IIR = 13,8%). Cabe destacar que la primera de ellas es registrada por primera vez como parte de la dieta de pez espada. También resulta notable constatar que a pesar de la abundancia de tiburones en la pesquería de pez espada su presencia en la dieta es prácticamente nula, encontrándose solamente en uno de 256 estómagos analizados.

Respecto a la diversidad trófica para el total de muestras analizadas, $H = 2,38$ y el Complemento de Simpson = 0,87, lo que significa una diversidad moderada con un cierto grado de concentración en las pocas especies indicadas (ver Tabla 4).

En lo que dice relación con la posible diferenciación trófica por sexo, los resultados indican que la composición dietaria es semejante para ambos sexos (%ISP= 77,4), siendo levemente más diversa la dieta en machos que en hembras.

El análisis de la posible diferenciación por área de pesca se dificultó ya que lamentablemente la naturaleza de la pesquería mezcla ese efecto con la estacionalidad, ya que las capturas se llevan a cabo en áreas diferentes dependiendo de la época del año. Consecuentemente, al presentar el análisis estacional, debe tenerse en cuenta que también puede haber allí un efecto de área. En términos tróficos, existe una semejanza mayor entre las estaciones consecutivas verano 2001 con otoño e invierno del mismo año, en tanto que existe una semejanza menor que une a la estación de primavera 2001 con el verano 2002. La explicación posible de por que no se unen las estaciones de verano 2001 y verano 2002, es que en el primer caso, las muestras proceden de lances efectuados en el área norte y más costera del área de exploración (cruce) de la pesquería, mientras que en el verano 2002 las muestras proceden completamente de capturas en torno a la Isla de Pascua.



Otro de los objetivos planteados en el proyecto, es analizar el posible efecto de la talla en el comportamiento trófico del pez espada. El resultado del análisis de Similitud Porcentual asocia los tres grupos constituídos por las tallas intermedias (entre 136 y 240 cm LHMI), a la vez coinciden con ser los grupos de tallas con mayor número de muestras analizadas en comparación a los grupos de tallas extremas. Estos grupos intermedios presentan los mayores niveles de diversidad, probablemente producto de un mayor número de muestras. Desde el punto de vista de la Importancia Relativa, en todos los grupos de tallas son los peces los ítemes de mayor importancia, por sobre los cefalópodos, aún cuando se observa un aumento gradual de estos últimos con el aumento de las tallas.

En cuanto al análisis genético, considerando las frecuencias de los haplotipos más comunes identificados en cada área de estudio y enzima utilizada se puede inferir que las muestras analizadas de las zonas norte, centro y sur de Chile provendrían de una población panmíctica, no observándose diferencias genéticas para poder separarlas en distintas unidades poblacionales.

6.2 Caracterizar el ciclo reproductivo del pez espada en el área de estudio, identificando y describiendo las áreas de desove asociadas.

Se ha señalado que la simple división del peso del ovario por una medida de tamaño corporal no necesariamente compensa el efecto del tamaño de la hembra, además que la relación entre índice gonadal y tamaño corporal puede ser distinta para diferentes estadios de desarrollo (De Vlaming *et al.*, 1982; West 1990). West (1990) discute los supuestos que según De Vlaming *et al.* (1982) se deben cumplir para la validez de I.G., estos son: (1) una relación lineal entre el peso corporal y el del ovario; (2) la regresión de peso gonadal sobre peso corporal debe tener intercepto cero; (3) el coeficiente de variación de peso gonadal es constante sobre el rango entero de peso corporal; y (4) la relación lineal de peso ovárico al peso



corporal no cambia con el estado de desarrollo gonadal. Este último supuesto es incorrecto, ya que equivale a decir que para un peso dado de hembra, el ovario en los distintos estados de desarrollo no cambiaría de tamaño (West, 1990). El supuesto 3 es un requerimiento normal para cualquier regresión. West (1990) señala que el supuesto 2 debiera ser modificado para incluir diferentes estados de desarrollo. El supuesto 1 es el que no se cumple en algunas especies, lo que ha llevado a invalidar el uso de índices gonadosomáticos. Según nuestros resultados el IG es útil en definir períodos de máxima actividad reproductiva. De Martini *et al* (2000) utiliza un índice basado en longitud tomando el logaritmo de los datos ($\ln(G) / \ln(L)$), indicando que estos proveen útiles proxies de la actividad reproductiva en pez espada. Sin embargo, según nuestros análisis no es necesario sacar el logaritmo a los datos, ya que no se evidencia pérdida de linealidad al utilizar una medida de volumen corporal (cubo de la longitud). El índice testicular en machos no es recomendable debido a su comportamiento errático, el cual se debería a que el testículo no presenta grandes variaciones en el peso entre los distintos estadios de madurez. (Figura 4).

Tipo de desove

Wallace y Selman (1981) indican “ovarios sincrónicos por grupo: en que al menos dos grupos de tamaño de ovocitos están presente al mismo tiempo, el grupo mayor es usualmente más homogéneo que el pequeño” Taylor y Murphy (1992) indican que *X. gladius* sería un desovador sincrónico por grupo (*sensu* Wallace y Selman, 1981), con un patrón de desarrollo de ovocitos caracterizado por la presencia de al menos dos grupos de disimilar tamaño en la estación reproductiva. Estos autores señalan que todos los ovarios en sus muestras contenían un grupo dominante de ovocitos con diámetros $<200 \mu\text{m}$; los ovarios maduros presentaban un grupo adicional distintivo de ovocitos vitelogénicos de $200-600 \mu\text{m}$; ovocitos mayores a $600 \mu\text{m}$ solamente se presentaron en ovarios en desove o desovadas,



situación que concuerda con nuestros resultados. De Martini *et al* (2000) también entrega distribuciones de tamaño de los ovocitos de la clase modal mayor, por estadio de desarrollo, las que concuerdan con los de este trabajo (Figura 11). Las distribuciones de tamaño muestran en general dos grupos modales, con una separación alrededor de los 600 micrones. Esto significa que *X. gladius* tendría fecundidad determinada, es decir, el número de ovocitos a ser desovados durante la estación reproductiva es fijada al comienzo de ésta, por lo que el número de ovocitos vitelados al comienzo de la estación reproductiva representaría a la fecundidad anual. La evidencia tradicional para fecundidad determinada es la presencia de una discontinuidad en los estadios de madurez o tamaños de clases entre los ovocitos maduros y el reservorio de inmaduros (< 200 micrones). La presencia de tal discontinuidad en clases de ovocitos en hembras colectadas al comienzo de la estación reproductiva pareciera ser una prueba adecuada de que el standing stock de ovocitos es una medida de la fecundidad máxima anual (Hunter y Macewicz, 1985). La ausencia de tal discontinuidad es evidencia de fecundidad indeterminada (Ovarios asincrónicos), es decir, que los ovocitos son madurados y desovados en forma continua durante la estación reproductiva. Hunter *et al.*, (1992) indican que *Microstomus pacificus* tendría fecundidad determinada basados en cuatro criterios: (1) en ovarios maduros (diámetro medio de ovocitos avanzados >0.85 mm) existe un hiatus entre el stock de ovocitos maduros y los más pequeños, menos maduros; (2) la fecundidad total (standing stock de ovocitos vitelados avanzados) declina sobre la estación reproductiva; (3) la fecundidad total fue más baja en hembras conteniendo folículos post ovulatorios (indicadores de desove reciente); (4) el diámetro medio de los ovocitos avanzados incrementa sobre la estación reproductiva; y (5) los análisis de las tandas de desove (proveniente de las distribuciones de tamaño de los ovocitos) fue consistente con el supuesto de fecundidad determinada. Según nuestros resultados la condición (1) se cumple, es decir, existe una discontinuidad entre los ovocitos maduros e inmaduros. La condición (2) no se pudo evaluar debido a que



no se cuenta con estimaciones de fecundidad en forma mensual, sin embargo la existencia de un agotamiento de la reserva de ovocitos vitelados como el descrito en Figura 12, implica una caída en la fecundidad total a medida que la estación de desove progresa. Del análisis de las tandas de desove y el que se encuentre una relación significativa de la fecundidad total con la talla de la hembra, avalan el hecho de ser un pez sincrónico por grupo. La razón entre fecundidad parcial (> 600 micrones) y total entrega un rango entre 1 y 2,4, por lo que *X. gladius* tendría entre 1 y 2-3 desoves en la estación reproductiva, lo que concuerda con los análisis histológicos en que se encuentran folículos post ovulatorios junto con ovocitos hidratados y vitelados. Zárate (1997) señala que el pez espada de nuestras costas podría tener más de un desove en el año.

Época de desove

La modalidad reproductiva de *Xiphias gladius* (sincrónico por grupo) debería ser consecuente con un período reproductivo corto. Es así que los registros mensuales de hembras sexualmente activas y la frecuencia de estadios ováricos, muestran la mayor actividad reproductiva circunscrita en la época estival, durante los meses de enero y febrero. Taylor y Murphy (1992) identifican una época reproductiva algo más extensa, al término de primavera y que se extiende hasta mediados de verano, sugiriendo un incremento de la actividad conforme progresa el evento.

Los machos presentan testículos del tipo lobular, cuya actividad espermatogénica demostró ser más extensa. Si bien se registraron diferentes grados de actividad testicular durante los meses analizados, la máxima madurez testicular y emisión se presenta entre enero y marzo, lo que deja de manifiesto la sincronía de la actividad reproductiva entre los sexos. Situación similar se presenta en especímenes presentes en aguas del hemisferio norte. Autores como Taylor y



Murphy (*op cit*) señalan que los machos muestran actividad testicular en diferentes magnitudes durante todo el año, sin embargo encuentran co-existencia entre los sexos de la época de mayor actividad gonadal. La época de desove concuerda con la reportada por Zárate (1997), quien señala el período noviembre y enero como máximo y febrero sería un período de declinación. Sin embargo, debemos destacar que los tamaños muestrales utilizados en el presente estudio son bastante superiores a los utilizados por Zárate (*op cit*) e incluso que los de Taylor y Murphy (*op cit*).

La dinámica ovocitaria de *Xiphias gladius* pareciera ser temporalmente de rápida completación. Esto se podría fundar en hechos: i) período de desove corto y acotado; ii) presencia de folículos post ovulatorios nuevos entre ovocitos vitelados o bien hidratados; iii) alta fecundidad.

Primera madurez

De Martini *et al.*, (1999) estima la talla de primera madurez sexual en *X. gladius* capturados por la pesquería de Hawaii en machos y hembras en 102 y 144 cm (Longitud ojo-horquilla), respectivamente. Taylor y Murphy (1992) en ejemplares capturados en Florida estima en 112 y 182 cm la talla de primera madurez en machos y hembras, respectivamente. Lamentablemente, en el presente estudio no se contó con individuos en estadio virginal (Estadio 1), misma situación de Zárate (1997). Sin embargo, al momento de estimar la primera madurez sexual, se definió a los ejemplares inmaduros como aquellos en un estadio igual e inferior al 2, describiendo al estadio 2 como “Abundantes ovocitos primarios entre 35-180 μ m, sin vesículas vitelínicas; ovogonias presentes en la periferia de las lamelas y entre ovocitos primarios más pequeños. En algunos ovarios aún podrían estar presentes algunas estructuras post-desove en reabsorción”. Esta descripción no corresponde a ejemplares virginales (es decir, individuos que nunca han desovado. Estadio 1



en escala de Zárate, 1997), que son los que debieran ser considerados en el análisis de la primera madurez. El estadio 2 corresponde a hembras en inactividad (inmaduros), es decir, hembras que desovaron en una estación reproductiva anterior o lo harían en la estación actual. Si se aplican los criterios de Zárate (1997) se estima en el presente estudio una talla de 231 cm de LMIH para las hembras, pero ésta **no corresponde a la talla de primera madurez sexual**, ya que se encuentra sobrestimada. El que el estadio 2 no corresponda a ejemplares virginales, es avalado por su permanente presencia durante todo el año y en todo el rango de tallas, incluso en ejemplares mayores a los 300 cm LMIH.

Estudio de madurez sexual

Diversos autores como Yabe *et al.*, (1959), Kume y Joseph (1969), Shingu *et al.*, (1974), Weber y Goldberg (1986), Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992) han estudiado la maduración del pez espada en el Pacífico Oriental. El índice gonádico, una relación del peso de las gónadas con el peso o el cubo de su longitud, ha sido hasta hace poco el índice de madurez más utilizado en esta especie. El criterio para calcular el IG es variable entre los autores, siendo la fuente de variabilidad, el uso de el cubo de la longitud o el peso tronco del ejemplar, además del tipo de longitud cuando ésta es utilizada.

Consecuente con los criterios para la determinación del IG también existen diferencias en la calificación de un ejemplar maduro así, Kume y Joseph (1969) y Shingu *et al.*, (1974) consideran como maduras a hembras con índices gonádicos superiores o iguales a 3,0; Miyabe y Bayliff (1987) y Nakano y Bayliff (1992) consideraron como maduras sólo a las hembras con índices gonádicos superiores o iguales a 7,0. Un pequeño resumen considerando la clasificación de algunos autores se presenta en el siguiente cuadro:



Método de clasificación	Autor
IG \geq 3,0	Kume y Joseph, 1969
IG \geq 3,0	Shingu <i>et al.</i> , 1974
IG \geq 7,0	Miyabe y Bayliff, 1987
IG \geq 7,0	Sosa-Nishizaki, 1990
IG \geq 7,0	Nakano y Bayliff, 1992
IG \geq 4,0	Arocha y Lee, 1993
IG \geq 6,0	Hinton <i>et al.</i> , 1997

En general, el criterio propuesto por los autores obedece a la asociación de índices gonádicos observados y análisis histológicos realizados en forma posterior.

Podría pensarse que este índice es una medida cruda de madurez, ya que peces con el mismo índice gonádico podrían estar en maduración o parcialmente en desove. Sin embargo, a pesar de esta debilidad, estos índices son útiles para obtener una idea concreta de las áreas y épocas de desove. En el caso de Chile los índices gonádicos obtenidos durante el período anual de operación de la flota (marzo-diciembre) entre los años 1994 y 2000, presentan valores muy bajos en la ZEE y las zonas adyacentes (Donoso *et al.*, 2001), indicando una escasa presencia de actividad reproductiva en estas áreas y períodos de extracción, lo que se ratifica con los resultados obtenidos en la temporada 2001.

Zárate (1997), en el período 1992-1993 realizó un estudio sobre la biología reproductiva de *X. gladius* con ejemplares capturados entre la zona de Isla de Pascua y el continente. Al analizar las capturas pudo identificar la existencia de un grupo con un alto grado de madurez sexual en los meses de noviembre y diciembre en el sector de Isla de Pascua, evidenciando que algunos ejemplares de ciertas tallas, probablemente se encontraban próximos a la puesta. Estos resultados motivaron, dentro de otros objetivos, a la realización de cruceros biológico-pesqueros a la zona, encontrando resultados coincidentes con los obtenidos en el trabajo de Zárate (1997).



Distribución larval de pez espada

El manejo pesquero efectivo requiere conocimiento de la distribución espacial de larvas y la distribución de los adultos desovantes. El estado del stock descrito por análisis de poblaciones virtuales APV pueden ser calibrados con estimaciones de abundancia larval, aún para especies con larvas escasas (McGowan y Richards, 1989; Scott *et al.*, 1993). Debido a que esta calibración depende de estimaciones precisas de abundancia larval, la distribución temporal y espacial de las larvas debe ser conocido. Las larvas de peces espada no se encuentran en forma abundante en el ictioplancton o ictioneuston, y como consecuencia los datos que describen su distribución espacial son escasos (Govoni *et al.*, 2000). La escasez de larvas encontradas ha impedido una clara comprensión de la distribución espacial a gruesa y fina escala (Hauri *et al.*, 1978).

Es así que tomando en consideración que en el Pacífico Sur, el peak de la estación de desove se produce de diciembre a enero (Yabe *et al.*, 1959; Tsi-Gen, 1960; Gorbunova, 1969; Nishikawa *et al.*, 1978; Grall *et al.*, 1983) aunque Matsumoto y Kazama (1974) opinan que la estación de desove también incluye septiembre a noviembre y contando con la información proporcionada durante el primer crucero de verano y el crucero de captura de larvas en Hawai en junio del 2001, se presentó la idea de capturar post larvas con redes superficiales en una embarcación menor durante enero. Aunque no se encontró presencia de larvas de pez espada en la zona de estudio, se considera que existe la posibilidad cierta de encontrar dichas larvas en esta zona, ya que se encontraron larvas de istiophoridos, los cuales requieren de las mismas condiciones ambientales físicas que las de pez espada, entre las que se encuentra la temperatura por sobre los 24°C (Nishikawa y Ueyanagi, 1974). Además, en la zona de Isla de Pascua hemos encontrado las únicas hembras maduras de pez espada en el período enero-febrero, más exactamente al Weste del meridiano 92°W entre los paralelos 17°S y



28°S. Esto es corroborado por lo encontrado en los cruceros de verano en que se identifica a la época estival como la de mayor actividad reproductiva, lo que indicaría que habría que hacer un mayor esfuerzo tanto temporal como espacial para lograr la captura de larvas de pez espada.

6.3. Caracterizar las áreas de crianza de pez espada en la zona de estudio.

De acuerdo a la hipótesis de trabajo, se establecieron dos zonas posibles como áreas de crianza de pez espada. Una de ellas cercana a la Isla de Pascua y la otra en la zona de Cordillera de Nazca. No obstante que la flota operó prácticamente todo el año recorriendo una amplia zona del Pacífico Suroriental, aproximadamente desde los 18° S a los 38° S y entre los 74° W y los 86° W (Fig. 83), no hubo posibilidad de acceder intensivamente a las zonas antes mencionadas.

Bajo el concepto de cría indicado por Humphrey (2002), se analizaron las estructuras de tallas de los ejemplares capturados por la flota palangrera en el período marzo-diciembre del 2001. Se registró un total de 18.216 ejemplares muestreados (1.985 lances), los cuales tuvieron promedio de 178,8 cm y un rango de talla LMIH entre 100 y los 387 cm, no encontrándose individuos bajo los 95 cm de LMIH.

Para el área oceánica frente a la zona norte del país y el área adyacente a las Islas de Pascua y Salas y Gómez, la situación no varió mucho a excepción de dos ejemplares (75 y 80 cm LMIH) capturados en el primer crucero de verano a bordo del B/C TAMI S., en dos áreas completamente diferentes. En la zona oceánica 17°54'S – 104°1'W aproximadamente 1.880 mn a la costa del puerto de Arica en aguas con temperaturas de 25,2°C y en las cercanías de la Isla San Ambrosio (26°33'S – 79°43'W) en TSM de 21,2°C.



7. CONCLUSIONES

Se midieron 19.485 ejemplares de pez espada, de los cuales 18.884 corresponden a muestreos realizados a bordo de las 12 embarcaciones participantes en la Pesca de Investigación, en el período marzo – diciembre de 2001, y 601 individuos medidos en los dos cruceros de verano realizados en la zona de Isla de Pascua.

La proporción sexual durante la temporada de pesca 2001 de la flota palangrera de pez espada, presentó un mayor porcentaje de hembras durante todo el año, a diferencia de los cruceros desarrollados en la Isla de Pascua en el verano, en que se encontró un mayor porcentaje de ejemplares machos.

La relación longitud – peso más utilizada en la literatura corresponde a la longitud mandíbula inferior horquilla – peso tronco, que en el caso de este estudio presentó una correlación muy significativa con coeficientes, tanto para el total como para machos y hembras sobre 0,96. El coeficiente alométrico presentó valores del orden de 3,0.

Respecto a la diversidad trófica para el total de las muestras analizadas, se encontró una diversidad moderada con cierto grado de concentración en unas pocas especies. En cuanto a una diferenciación trófica por sexo, los resultados indican que la composición dietaria es semejante para ambos sexos, siendo levemente más diversa la dieta en machos que en hembras. Desde el punto de vista de la Importancia Relativa, en todos los grupos de tallas son los peces los ítems de mayor importancia, por sobre los cefalópodos, aún cuando se observa un aumento gradual de estos últimos con el aumento de las tallas.



A partir de los análisis genéticos, no se observaron diferencias que permitiesen separar en distintas unidades poblacionales a las muestras obtenidas de las zonas norte, centro y sur de Chile. De lo anterior se desprende que provendrían de una población panmíctica.

En el caso de la reproducción en pez espada se presentaron distribuciones de tamaño de los ovocitos con dos grupos modales, con una separación alrededor de los 600 micrones, lo que significa que tendría una fecundidad determinada. Además del análisis de las tandas de desove, el que se encuentre una relación significativa de la fecundidad total con la talla de la hembra, avalan el hecho de ser un pez sincrónico por grupo.

La razón entre fecundidad parcial (> 600 micrones) y total, entrega un rango entre 1 y 2,4, por lo que *X. gladius* tendría entre 1 y 2-3 desoves en la estación reproductiva, lo que concuerda con los análisis histológicos en los que se encontraron folículos post ovulatorios junto con ovocitos hidratados y vitelados.

La dinámica ovocitaria de *Xiphias gladius* pareciera ser temporalmente de rápida completación, lo que se podría fundar en: i) período de desove corto y acotado; ii) presencia de folículos post ovulatorios nuevos entre ovocitos vitelados o bien hidratados; iii) alta fecundidad.

En relación a la primera madurez sexual, no se contó con individuos en estado virginal (Estadio 1), misma situación de Zárate (1997). Sin embargo, para realizar esta estimación, se definió a los ejemplares inmaduros como aquellos en un estadio igual e inferior al 2, el cual corresponde a hembras en inactividad (inmaduros), es decir, hembras que desovaron en una estación reproductiva anterior o lo harían en la estación actual. Si se aplican los criterios de Zárate (1997) se estima una talla de 231 cm de LMIH para las hembras, pero ésta no corresponde a la talla de primera madurez sexual, ya que se encuentra



sobrestimada. El que el estadio 2 no corresponda a ejemplares virginales, es avalado por su presencia permanente durante todo el año y en todo el rango de tallas, incluso en ejemplares mayores a los 300 cm de LMIH.

Los índices gonádicos encontrados por la flota palangrera de pez espada en la temporada de pesca 2001 son coincidentes con lo encontrado en las temporadas de pesca anteriores, en que se encontraron índices bajo el valor 1, es decir, inmaduros. En el caso de los cruceros de la Isla de Pascua, los resultados son coincidentes con los encontrados por Zárata, observándose 22 ejemplares con índices sobre 3 y de estos se encontraban 9 con índices sobre 7.

No se encontraron ejemplares inferiores a los 95 cm de LMIH en el área global cubierta por la flota palangrera durante la temporada de pesca 2001, comprendida desde los 18° S a 38° S y entre los 78° W a 86° W.. Esto indicaría que de acuerdo al concepto de cría y a la hipótesis de trabajo desarrollada en el proyecto, no se encontraron áreas o zonas probables de crianza de pez espada en el período de estudio, a excepción de dos ejemplares capturados en el primer crucero de verano en la zona oceánica 17°54'S – 104°1'W aproximadamente 1.880 mn a la costa de Arica y en las cercanías de la Isla San Ambrosio (26°33'S – 79°43'W).



8. REFERENCIAS

- Alexandrino, A.; M. Tokumaru and E. Goldman. 1985.** Caracterizaco macroscópica e microscópica das gonadas do curimbata, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881), durante o ciclo reprodutivo. Bolm. Zool., Univ. S. Paulo. 9:159-175.
- Alheit, J. 1988.** Reproductive biology of sprat (*Sprattus sprattus*): factors determining annual egg production. ICES 44:162-168.
- Arata, G. 1954.** A contribution to the life history of the swordfish, *Xiphias gladius* from the South Atlantic coast of the United States and the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. Gulf Carib., 4(3): 183-243.
- Arocha, F., and D. W. Lee. 1993.** Preliminary observations on sex ratio and maturity stages of swordfish, *Xiphias gladius*, in the northwest Atlantic. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas. Coll. Vol. Sci. Pap. 40 (1): 425-432
- Baker, J. 1956.** Technique the principles and practice of methods used to determine the structure of the metazoan cell. John Wiley and sons publishers. New York.
- Baker, J. 1958.** Principles of biological microtechnique. A study of fixation and dyeing. John Wiley and sons publishers. New York.
- Bakun. A. and R. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. CalCOFI rep., Vol XXIII, 99-112.



- Beckett, J. 1974.** Biology of swordfish, *Xiphias gladius* L. in the northwestern Atlantic Ocean. En Shomura, R.S. and F. Williams (eds), Proc. Int. Billfish Symp.; Part 2, Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF 675: 103-106.
- Carey, F. and B. Robinson. 1981.** Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. U. S. N.M.F.S., Fish. Bull., 79 (2): 277-292.
- Claramunt, G.; G. Herrera and P. Pizarro. 1993.** Fluctuaciones de la fecundidad parcial en sardina española (*Sardinops sagax*) durante la época principal de desove de 1990, en la zona norte de Chile. ScientiaMarina, 57(1):9-14.
- Cortés, E. 1997.** A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54: 726-738.
- Davis, J. 1973.** Statistics and data analysis in geology. J. Wiley & Sons. 550 p.
- DeMartini, E.; J. Uchiyama and H. Williams. 2000.** Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. Fish. Bull. 98: 489-506.
- DeVlaming, V.; G. Grossman and F. Chapman. 1982.** On the use of the gonosomatic index. Comp. Biochem. Physiol. 73A: 31-39.
- Donoso, M. y F. Cerna. 2000.** Investigación Pesquerías Pelágicas Mayores 1999. IFOP – SUBPESCA. Chile. 55p.



- Donoso, M.; F. Cerna, J. Campos y R. Vega. 2001; 2000.** Investigación Pesquerías Pelágicas Mayores 2000. IFOP – SUBPESCA. Chile. 72p.
- Gorbunova, N. 1969.** Breeding grounds and food of the larvae of the swordfish *Xiphias gladius* Linne (Pisces, Xiphiidae). Problems in Ichthyology 9:375-387.
- Govoni, J.; B. Stender and O. Pashuk. 2000.** Distribution of larval swordfish, *Xiphias gladius*, and probable spawning off the southeastern United States. Fish. Bull. 98:64-74.
- Grall, C.; D. de Sylva and E. Houde. 1983.** Distribution, relative abundance, and seasonality of swordfish larvae. Trans. Am. Fish. Soc. 112:235-246.
- Haury, L.; J. MacGowan and P. Weibe. 1978.** Patterns and processes in the time-space scales of plankton distributions. In J. H. Steele (ed.), Spatial pattern in plankton communities, p. 277-327. Plenum, New York.
- Hernández-García, V. 1995.** The diet of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, in the central east Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. Fishery Bulletin, 93: 403-411.
- Humphreys, R. 2002.** Review of larve and juvenile distributions with inference towards spawning habitat. Outline and points for presentation. 30 p.
- Hunter, J. and B. Macewicz. 1985.** Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. In R. Lasker (ed) An egg production method for



estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36:79-94.

Hunter, J; B. Macewicz; N. Lo and C. Kimbrell. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. Fish. Bull. 90:101-128.

Hinton, G; R. Tylor and M. Murphy. 1996. Use of gonad indices to estimate the status of reproductive activity of female swordfish, *Xiphias gladius*: a validate classification method. Fish. Bull. 95:80-84.

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

Joseph, J.; W. Bayliff and M. Binton. 1994. A review of information on the biology, fisheries, marketing and utilization, fishing regulations, and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius* in the Pacific Ocean. Inter – American Tropical Commission. Internal – Report N° 24: 81.

Kume, S. and J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfishes caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130°W. Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 115-162.

López, M.; C. Leyton y M. Graf. 1982. Técnicas de Histología y Citología. Ed. Depto. Biología Celular y Genética, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile.



- MacGowan, M. and W. Richards. 1989.** Bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, larvae in the Gulf Stream off the southeastern United States: satellite and shipboard observations of their environment. *Fish. Bull.* 87:615-631.
- Maravelias, C. and D. Reid. 1995.** Relationship between herring (*Clupea harengus*) distribution and sea surface salinity and temperature in the northern North Sea. *Sci. Mar.*, 59:427-438
- Markaida, U. and O. Sosa-Nishizaki. 1998.** Food and feeding habits of Swordfish, *Xiphias gladius* L., off Western Baja California. *In: Biology and fisheries of swordfish Xiphias gladius*. NOAA Technical Report NMFS 142, 276 pp.
- Markle, G. 1974.** Distribution of larval swordfish in the northwest Atlantic Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF 675 (2): 252 – 260.
- Matsumoto, W. and T. Kazama. 1974.** Occurrence of young billfishes in the central and Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF 675 (2): 238-251.
- Millero, F. and A. Poisson. 1981.** International one atmosphere equation of state of seawater. *Deep Sea Res.*, 28A, 625-629.
- Miyabe, N. and W. Bayliff. 1987.** A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 19 (1): 1 – 163.
- Moreira, F. 1990.** Food of the Swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, off the Portuguese Coast. *Journal of Fish Biology*, 36: 623-624.



- Murphy, M. and R. Taylor. 1990.** Reproduction, Growth, and Mortality of Red Drum *Sciaenops ocellatus* in Florida Waters. Fish. Bull. 88:531-542.
- Nakamura, I. 1985.** Billfishes of the world. FAO Spec. Synop., 125 (5): iv, 65.
- Nakano, H. and W. Bayliff. 1992.** A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter-Am. Trop Tuna Comm., Bull., 20 (5): 183-355.
- Nelson, J. 1994.** Fishes of the world. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 600p.
- Nishikawa, Y. and S. Ueyanagi. 1974.** The distribution of the larvae of swordfish, *Xiphias gladius* in the Indian and Pacific Oceans. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF 675 (2): 261 – 264.
- Nishikawa, Y.; S. Kikawa; M. Honma and S. Ueyanagi. 1978.** Distribution atlas of larval tunas, billfishes and related species – results of larval surveys by R/V Shunyo Maru and Shoyo Maru (1956-1975). Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 9:99 pp.
- Nishikawa, Y. and D. Rimmer. 1987.** Identification of larval tunas, billfishes and other Scombroidei fishes (Suborder Scombroidei): an illustrated guide. CSIRO Marine Laboratories Report 186.
- NODC. 1991.** Key to Oceanographic Record Documentation N°14. National oceanographic data Center. NOAA. USA.



- Oliva, J.; W. Carvajal y A. Tresierra. 1986.** Biología reproductiva e histología en gónadas de peces. Editorial Biociencia, Trujillo, Perú. 151 p.
- Ovchinnikov, V. 1970.** Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean. Ecology and morphology. Kaliningrad Atlantic scientific. Research Institute for Fisheries Oceanography. 77 p.
- Palko, B.; G. Beardsley and W. Richards. 1981.** Synopsis of the biology of the swordfish, *Xiphias gladius*, in the Indian and Pacific Oceans. U.S. NMFS., NOAA Tech. Rep. NMFS Circ., 441: 21.
- Roa, R.; B. Ernst and F. Tapia. 1999.** Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fish. Bull. 97:570-580.
- Santander, H.; J. Alheit y P. Smith. 1984.** Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta peruana *Engraulis ringens* en 1981 por aplicación del Método de producción de huevos. Bol. IMARPE 8(6):213-248.
- Scott, G.; S. Turner; C. Grimes; W. Richards and E. Brothers. 1993.** Indices of larval blue-fin tuna, *Thunnus thynnus*, abundance in the Gulf of Mexico; modeling variability in growth, mortality, and gear selectivity. Bull. Mar. Sci. 53:912-929.
- Selman, K. and R. Wallace. 1983.** Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. III. Vitelogenesis. J. Exp. Biol. 226:441-457.
- Shingu, Ch.; P. Tomlinson and C. Peterson. 1974.** A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull., 16 (2): 65-230.



Simpson , J. and T. Dickey. 1981. The relationship between downward irradiance and upper ocean structure. *J. Phys. Oceanogr* 11. 309.

Sosa-Nishizaki, O. 1990. A study on the swordfish *Xiphias gladius* Stock in the Pacific Ocean. Ph. Diss., Depto. Of Fisheries, Fac. Of Agric., Univ. Tokyo, Tokyo, 246 p.

Srivastava, S. 1984. Spermatogenesis in a freshwater large murrel, *Channa striatus* (Bloch). *Bolm. Zool. , Univ. S. Paulo.* 8:107-114.

Stillwell, C. and N. Kohler. 1985. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. *Marine Ecology Progress Series*, 22: 239-247.

Taylor, R. and M. Murphy. 1992. Reproductive biology of the swordfish *Xiphias gladius* in the Straits of Florida and adjacent waters. *Fish. Bull.* 90:809-816.

Toll, R. and S. Hess. 1981. Cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the Florida Straits. *Fishery Bulletin*, 79: 765-774.

Tsi-Gen, S. 1960. Larvae and fry of tuna, sail-fish and swordfish(Thunnidae, Istiophoridae, Xiphiidae) collected in the western and central Pacific Ocean. *Trudy Instituta Okeanologii Akademii Nauk SSSR* 41:175-191. Translation from by W. L. Klawe. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla, California, USA.

UNESCO, 1981. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *UNESCO Tech. Papers in Mar. Sci., Sci.* N°37.



- Wallace, R. and K. Selman. 1981.** Celular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleost. *Amer. Zool.* 21:325-343.
- Weber, E. and S. Goldberg. 1986.** The sex ratio and gonad indices of swordfish, *Xiphias gladius*, caught off the coast of Southern California in 1978. *U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull.*, 84 (1): 185-186.
- West, G. 1990.** Methods of Assessing Ovarian Development in Fishes: a Review. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 41:199-222.
- Wootton, R. 1984.** Introduction: Strategies and Tactics in Fish Reproduction. *In* Fish Reproduction: Strategies and Tactics. Potts and Wootton (Eds). Academic Press.
- Yabe, H.; Ueyanagi; S. Kikawa and H. Watanabe. 1959.** Study on the life-history of the swordfish, *Xiphias gladius*, *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.* 10: 107 – 150.
- Yáñez, E.; V. Catasti; M. Barbieri y G. Böhm. 1996.** Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona central de Chile. *Invest. Mar, Valparaíso*, 24: 107-122.
- Zárate, P. 1997.** Biología reproductiva del pez espada, *Xiphias gladius* L., 1758 en aguas chilenas. Tesis para optar al título de biólogo marino. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. Chile. 111 p.

FIGURAS

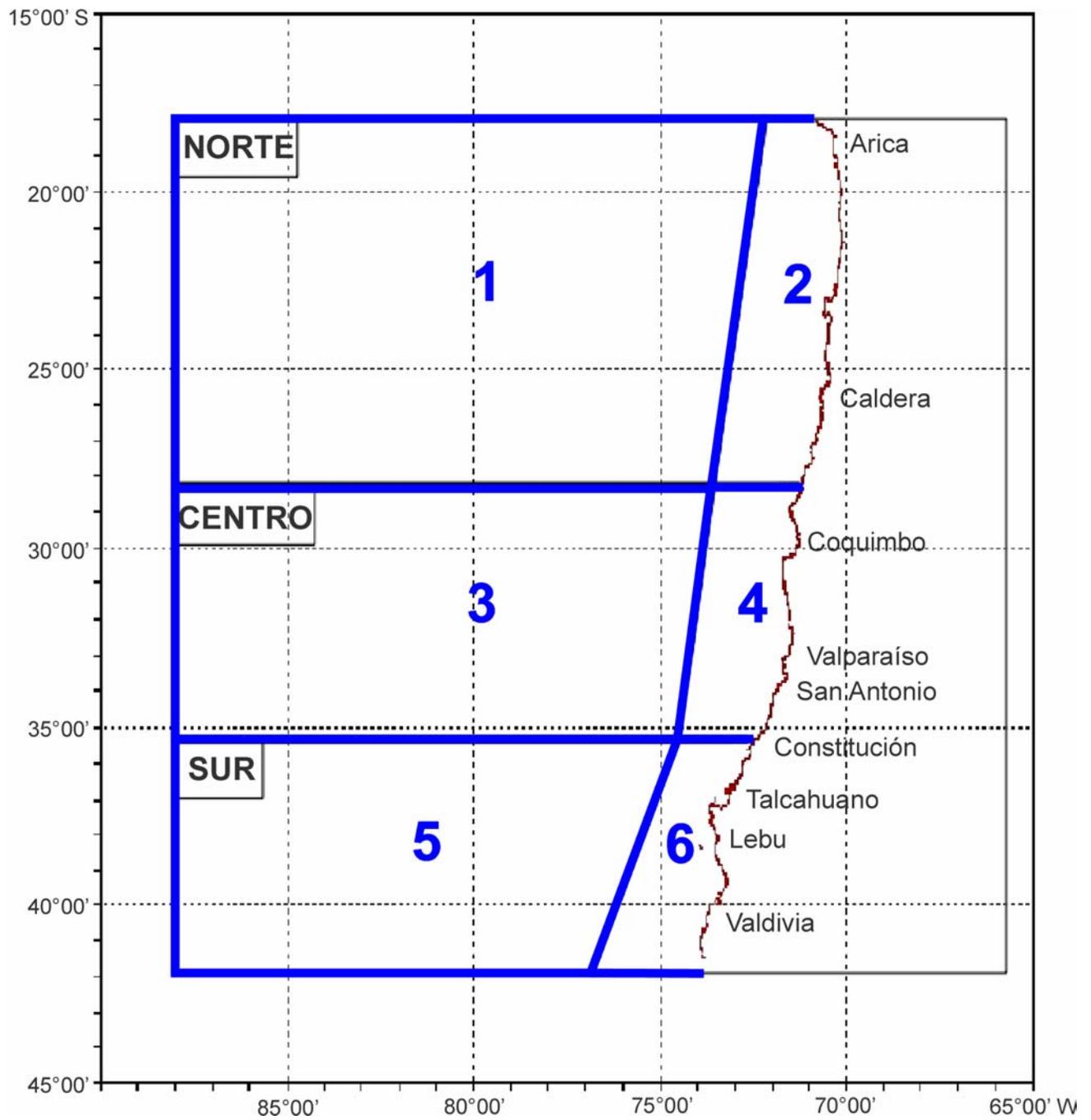


Figura 1 Área de estudio y zonas operación de las flotas en la pesquería de pez espada.

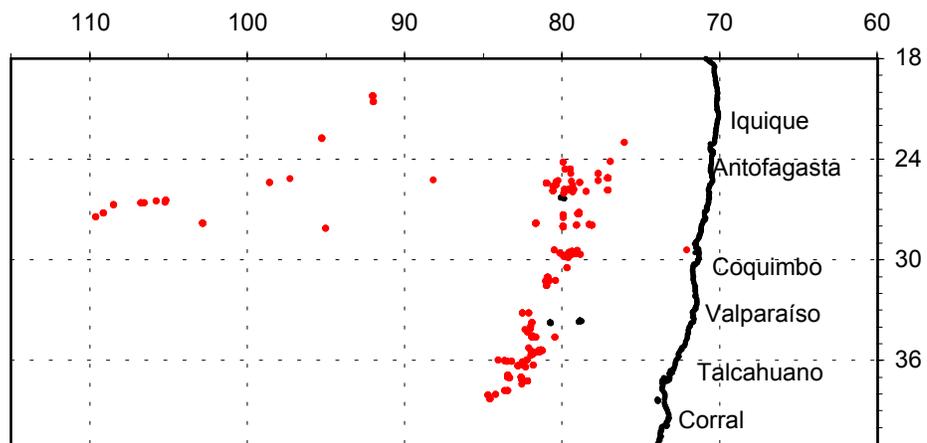


Figura 2. Distribución espacial de estómagos de pez espada muestreados en el Pacífico Sur Oriental frente a las costas de Chile entre enero de 2001 y enero de 2002,

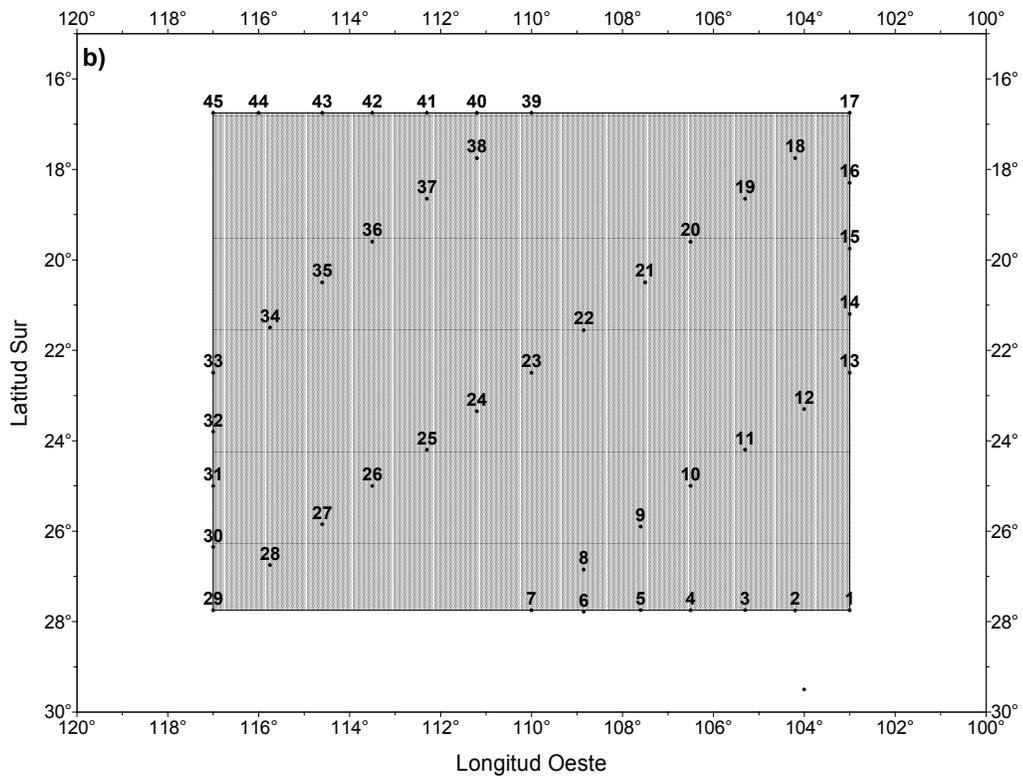
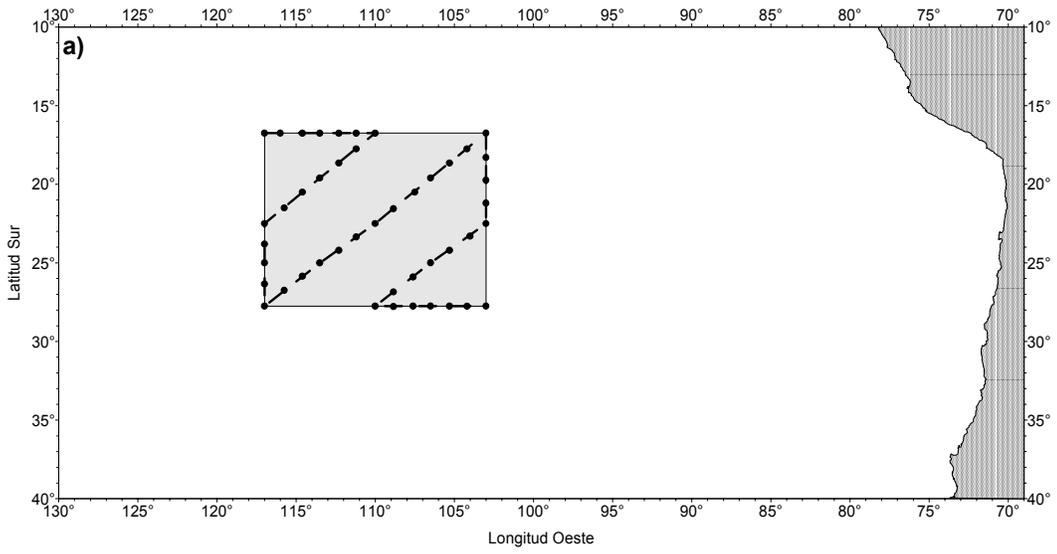


Figura 3. a) Zona de estudio y track de navegación; b) Posición de las estaciones bio-oceanográficas

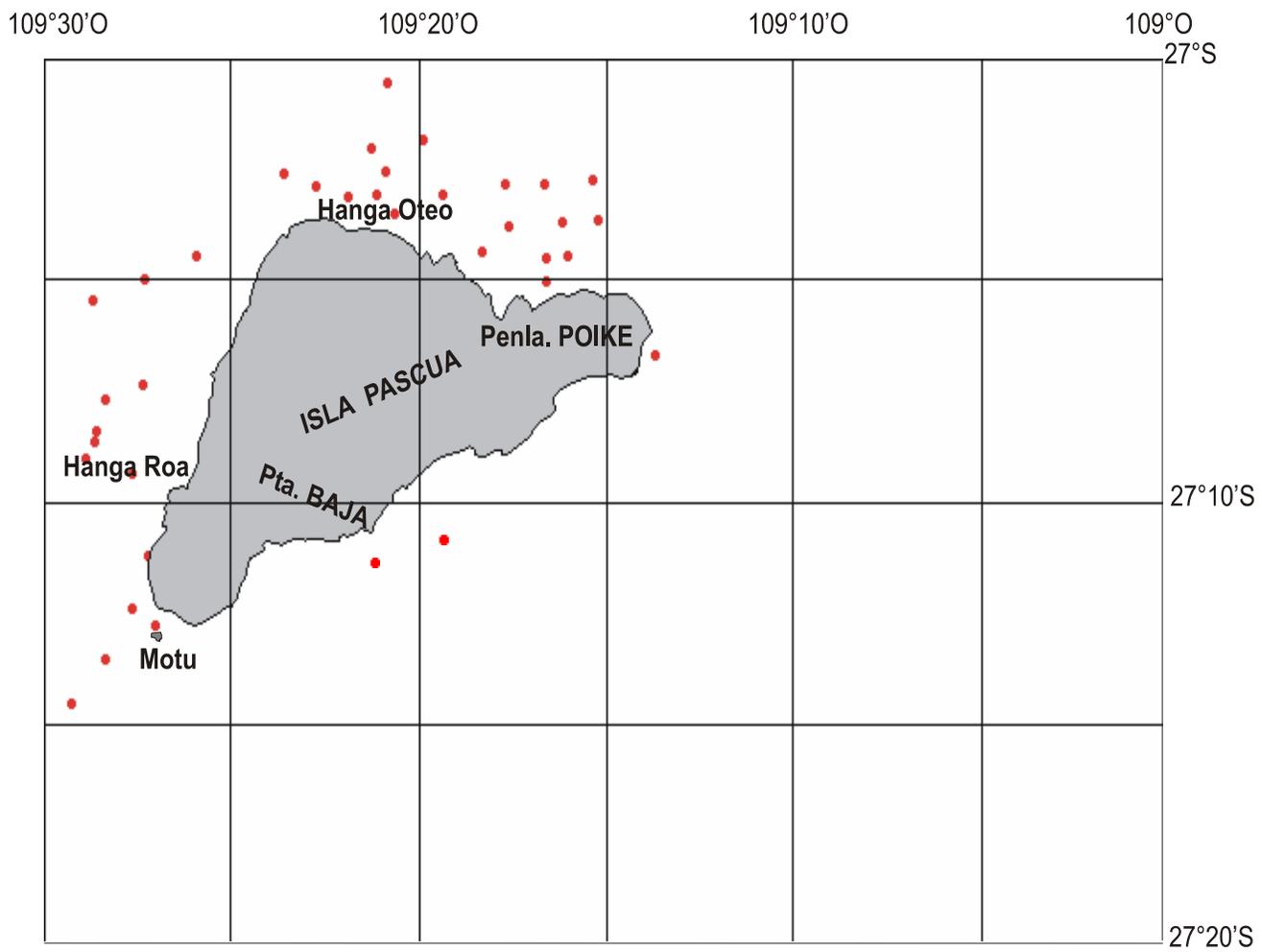


Figura 4. Distribución de los lances de pez espada en Isla de Pascua.

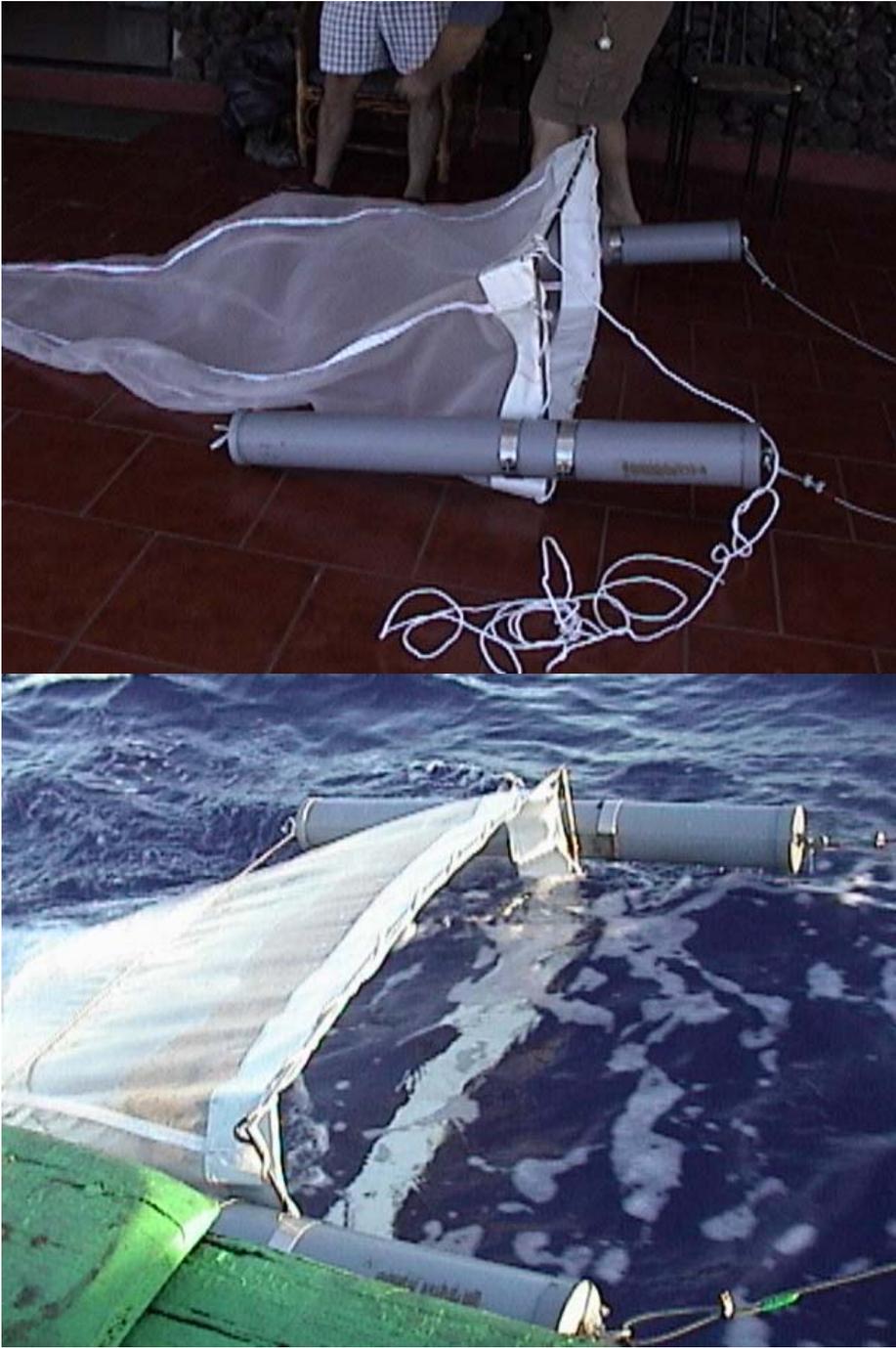


Figura 5. Red para captura de post larvas utilizada en Isla de Pascua.

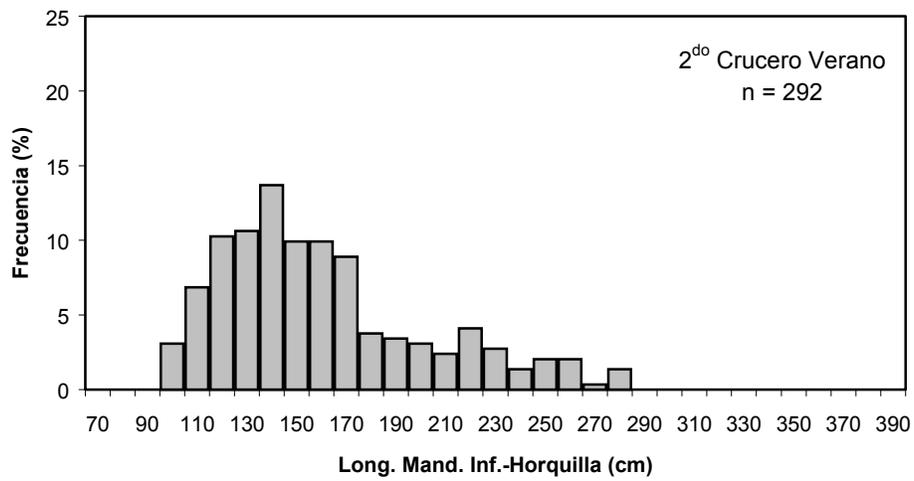
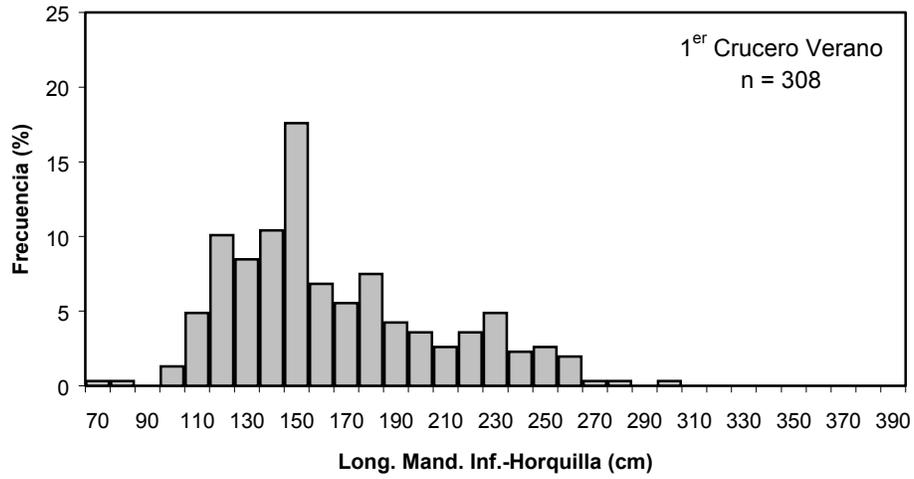


Figura 6 Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior - horquilla de pez espada. Primer y segundo crucero de Verano.
Primer crucero: enero- marzo 2001.
Segundo crucero: enero - febrero 2002.

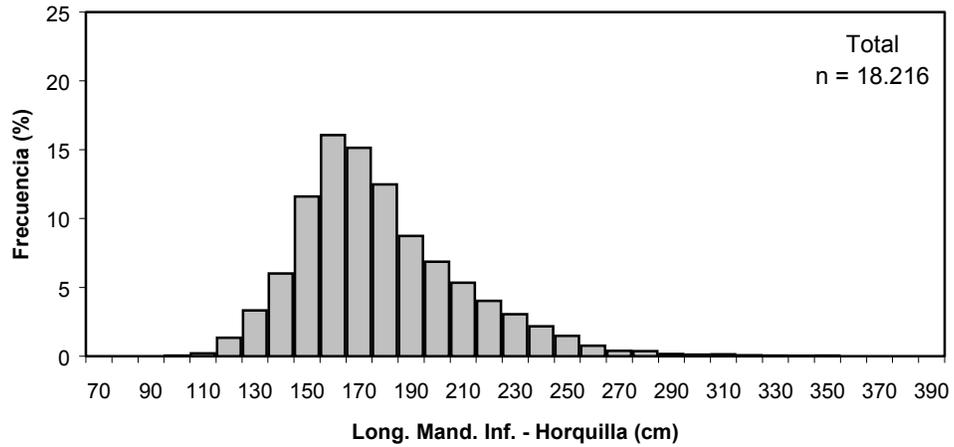


Figura 7 Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior - horquilla de pez espada. Flota palangrera (marzo - diciembre) 2001.

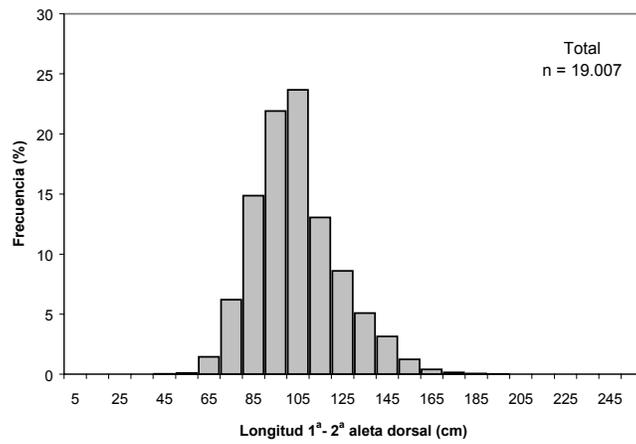


Figura 8. Distribución de frecuencia de longitud primera - segunda aleta dorsal (L12D) de pez espada. Flota Palangrera, marzo - diciembre 2001.

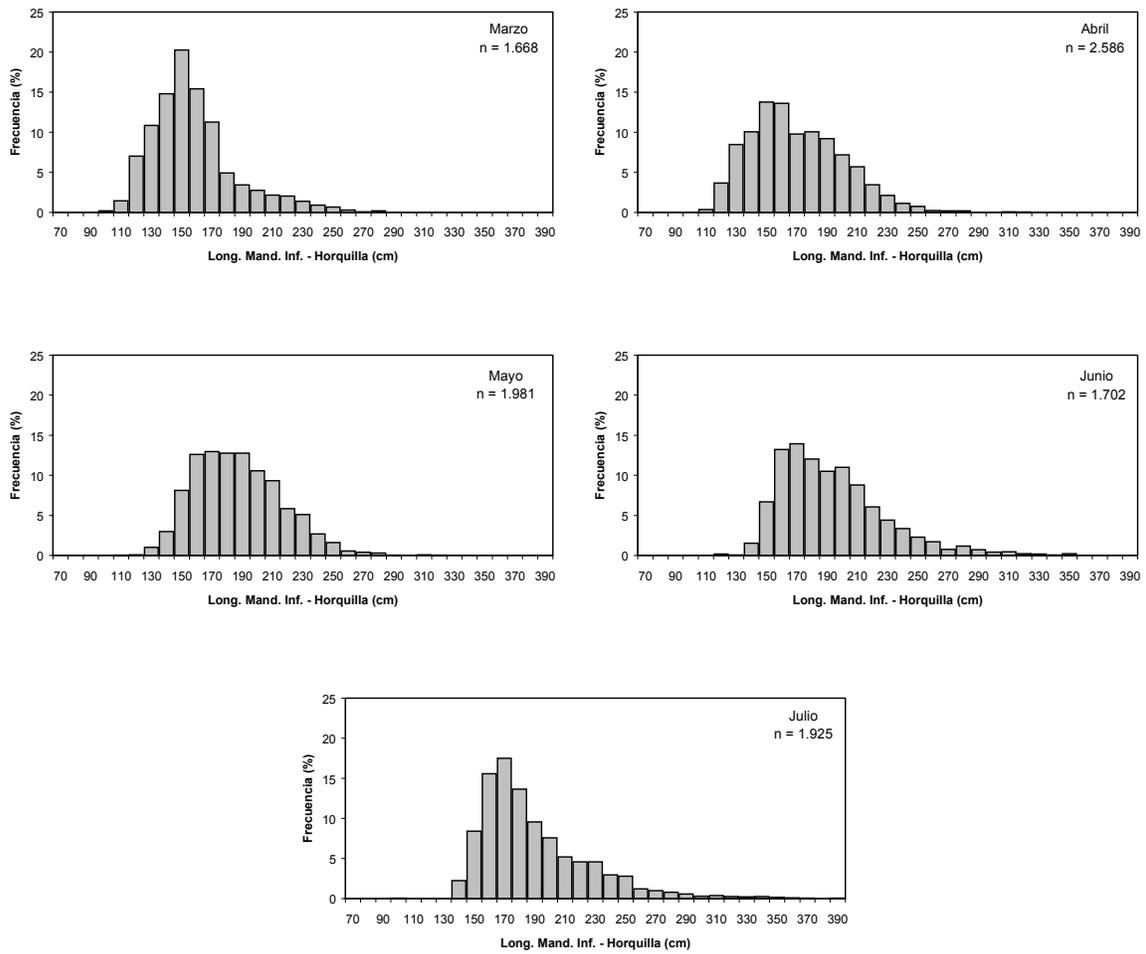


Figura 9. Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior - horquilla (LMIH) de pez espada. Flota palangrera, marzo - julio 2001.

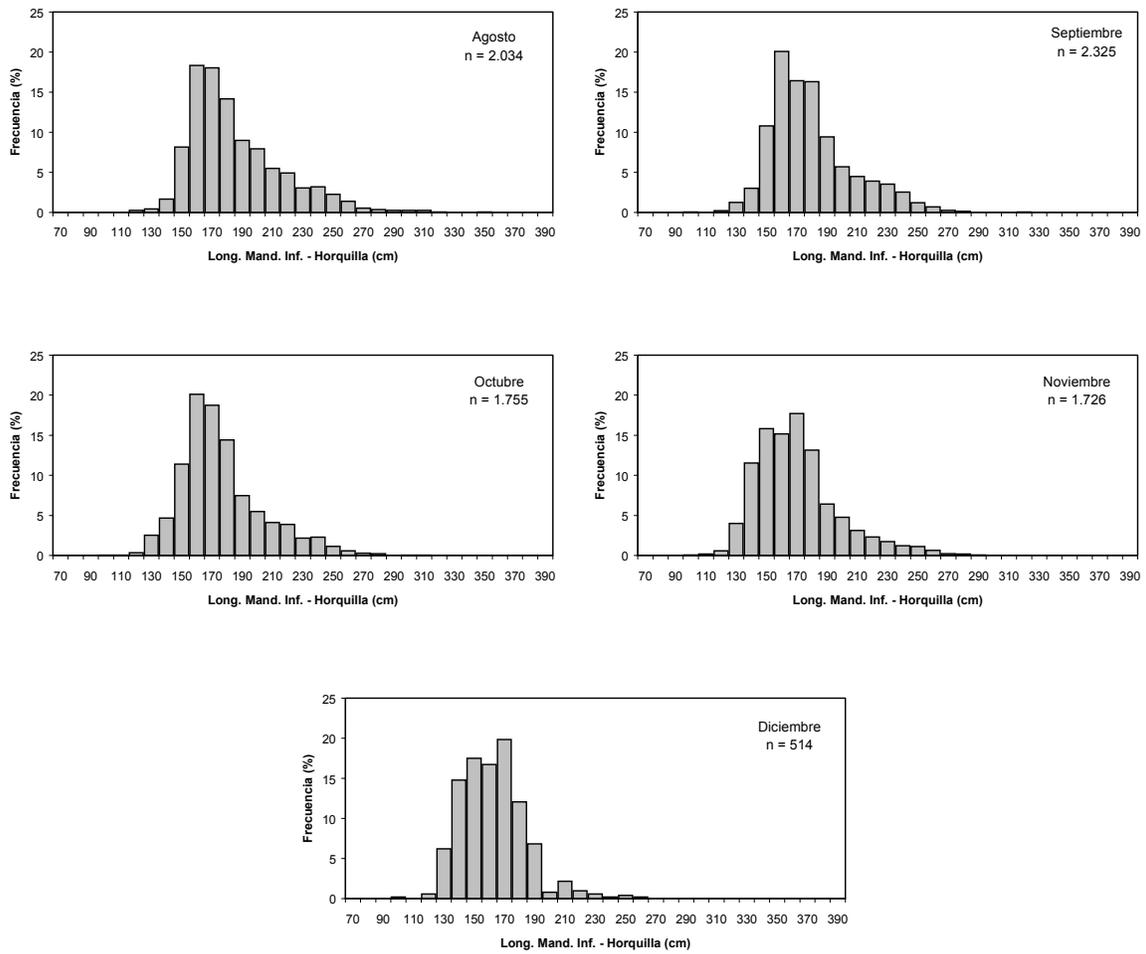


Figura 10. Distribución de frecuencia de longitud mandíbula inferior - horquilla (LMIH) de pez espada. Flota palangrera, agosto - diciembre 2001.

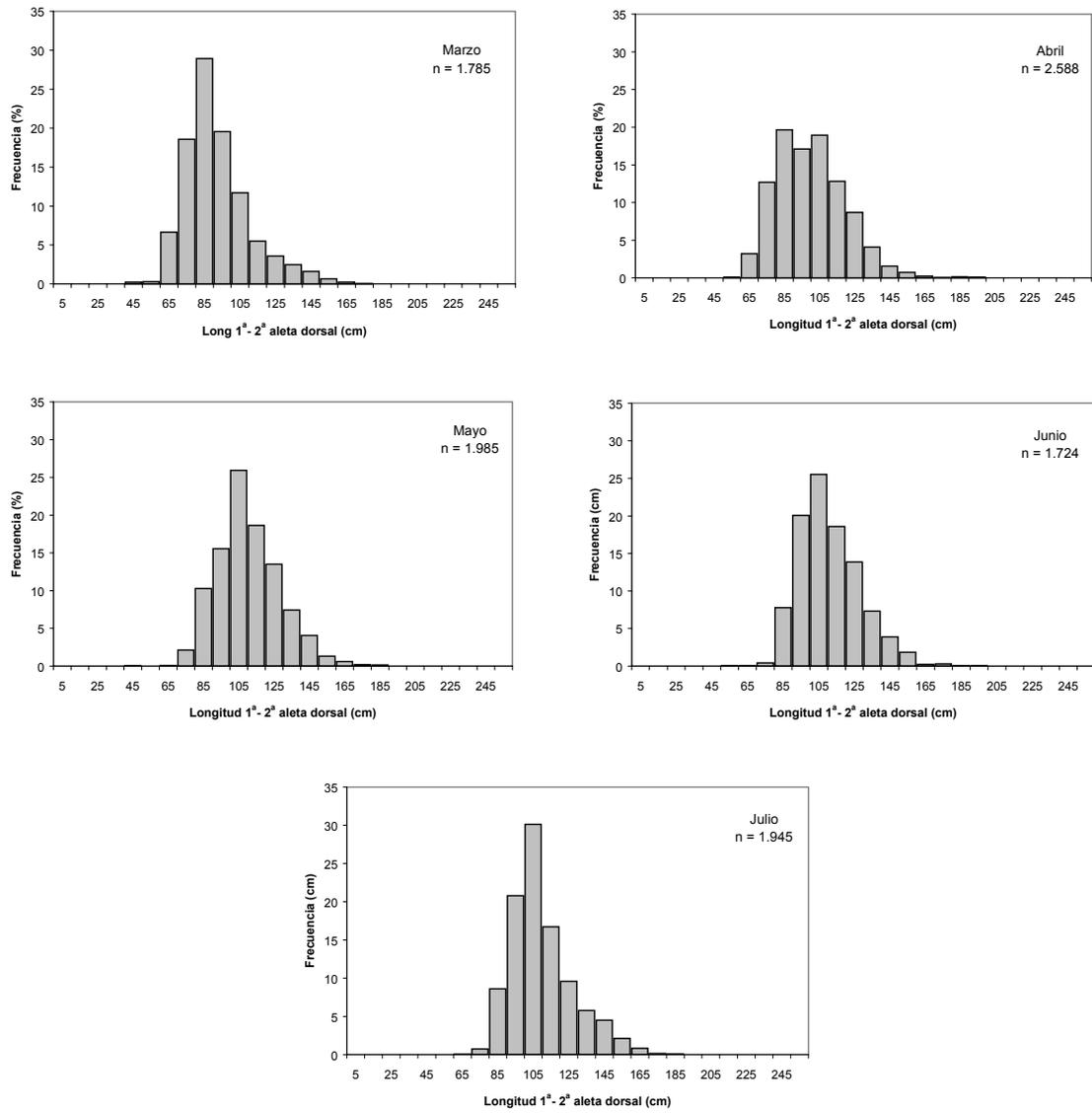


Figura 11. Distribución de frecuencia de longitud primera - segunda aleta dorsal (L12D) de pez espada. Flota palangrera, marzo - julio 2001.

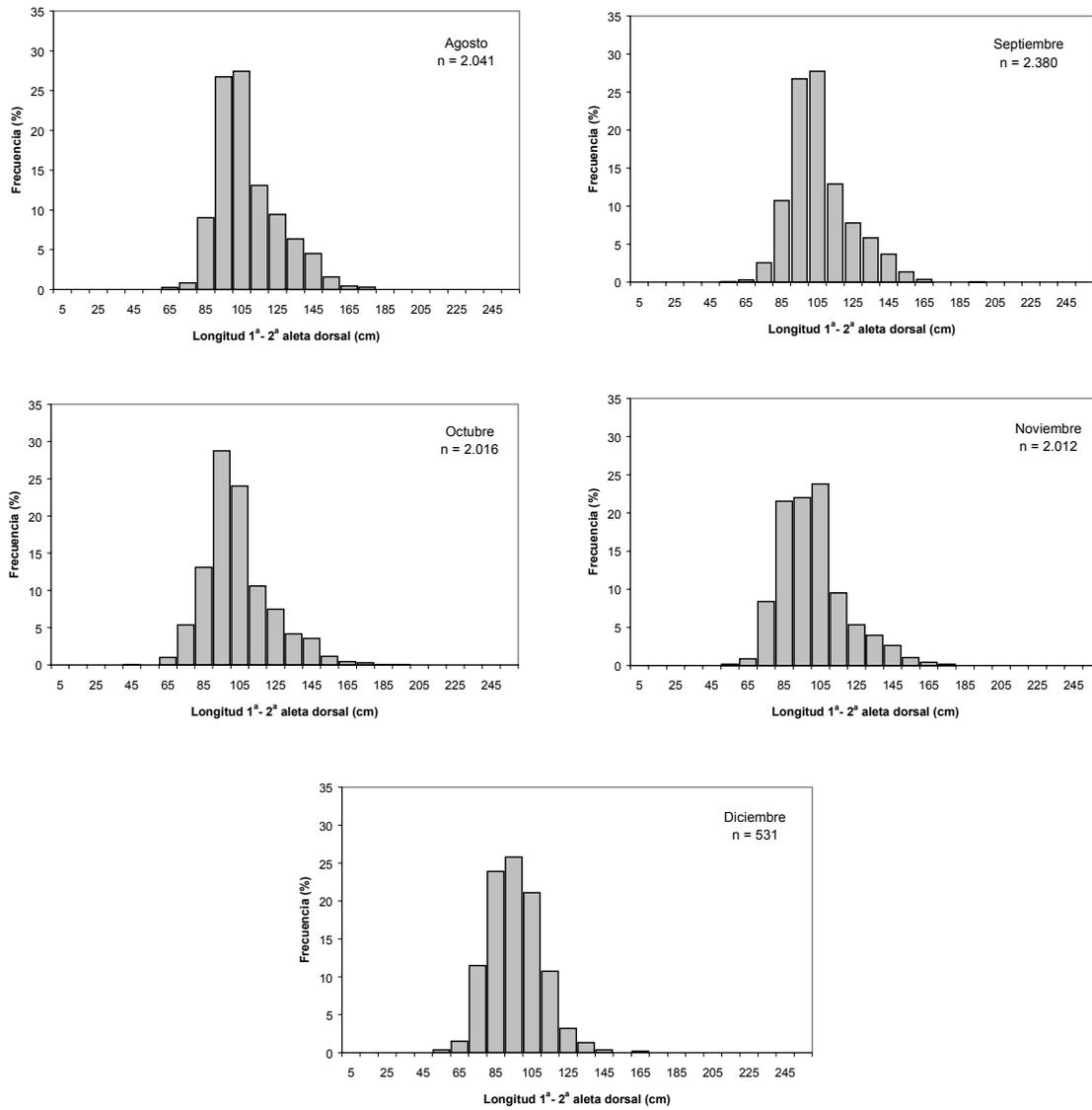
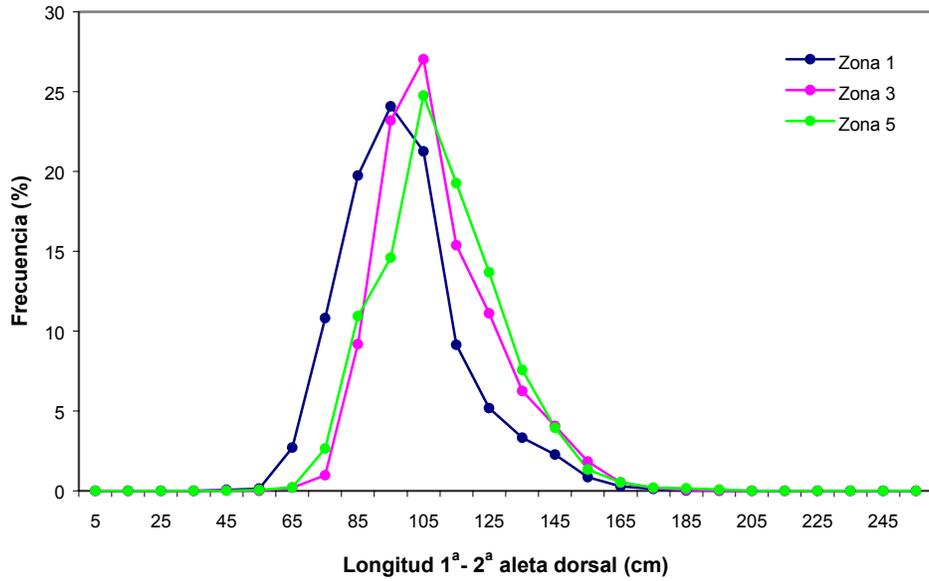


Figura 12. Distribución de frecuencia de longitud primera - segunda aleta dorsal (L12D) de pez espada. Flota palangrera, agosto - diciembre 2001.



Fiura 13. Distribuciones de frecuencia de longitud 1ª - 2ª aleta dorsal (L12D) de pez espada por zona de pesca. Flota palangrera, marzo - diciembre 2001.

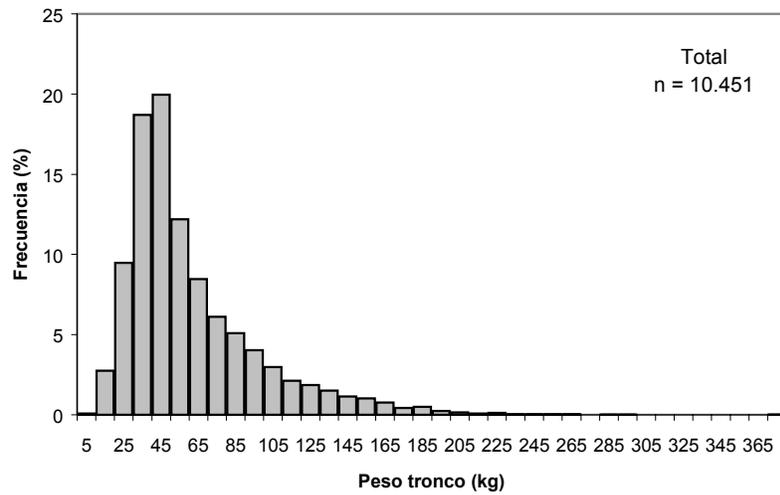


Figura 14. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada. Flota Palangrera, marzo - diciembre 2001.

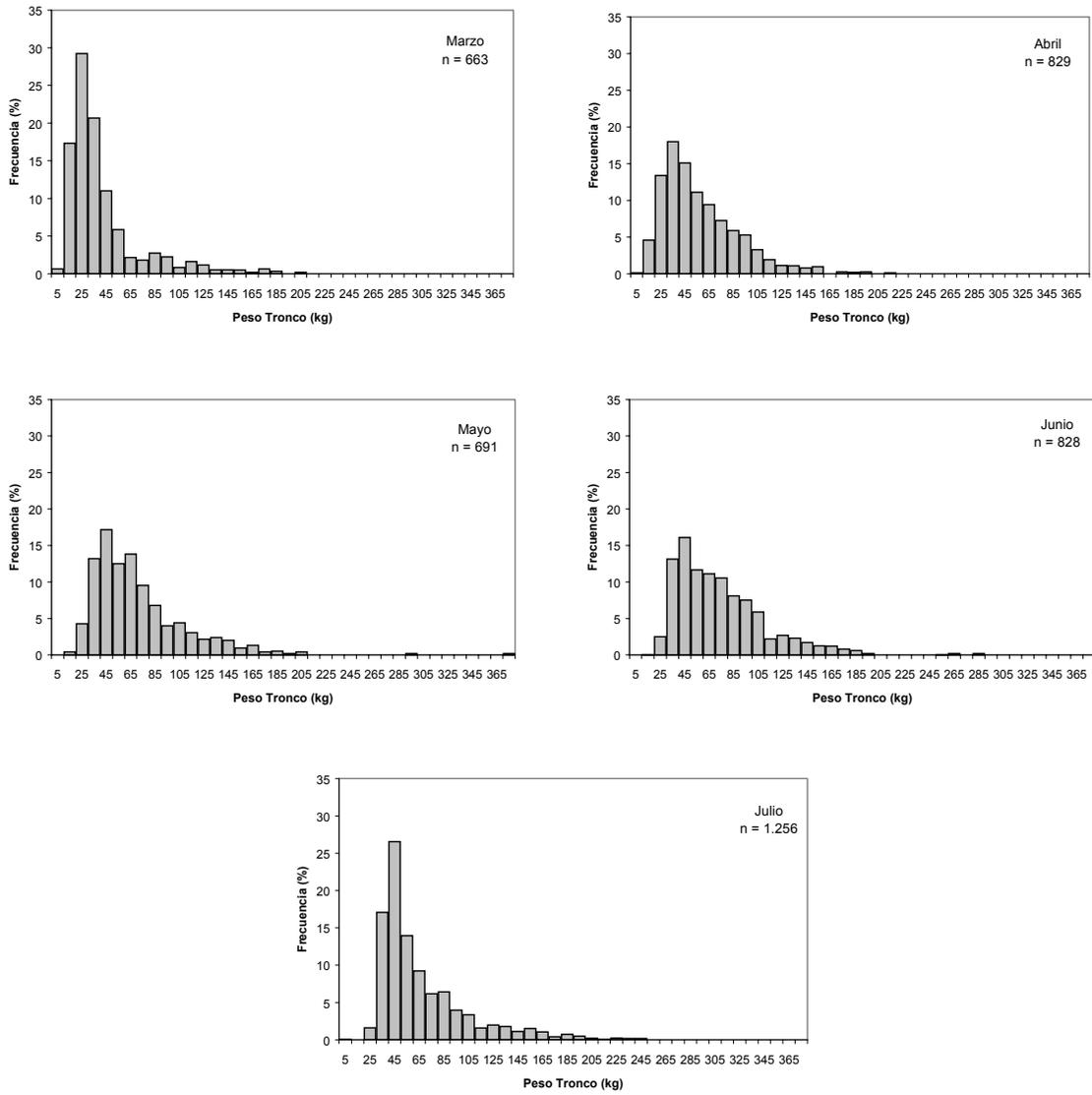


Figura 15. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada. Flota Palangrera, marzo - julio 2001.

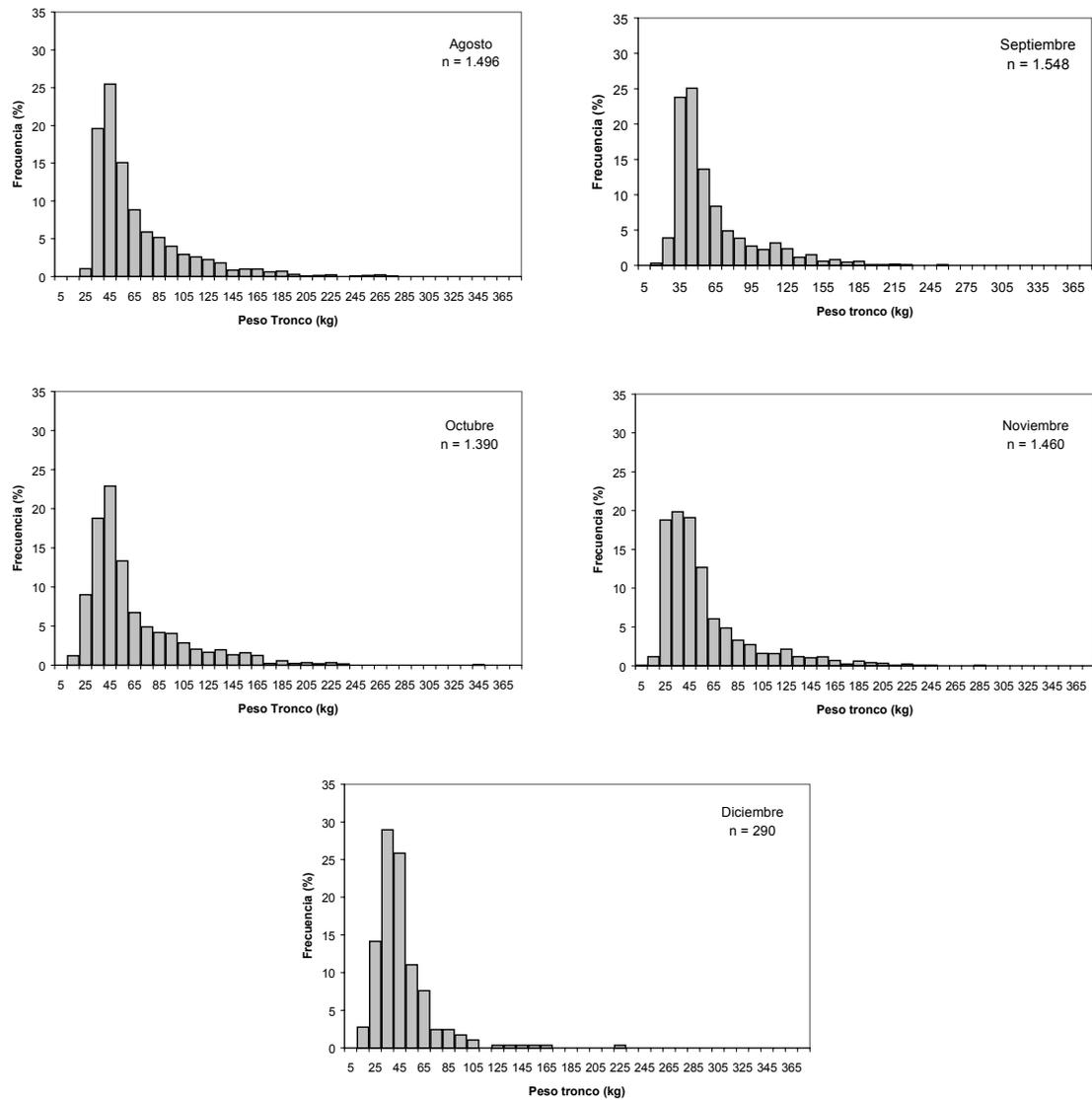


Figura 16. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada. Flota Palangrera, agosto - diciembre 2001.

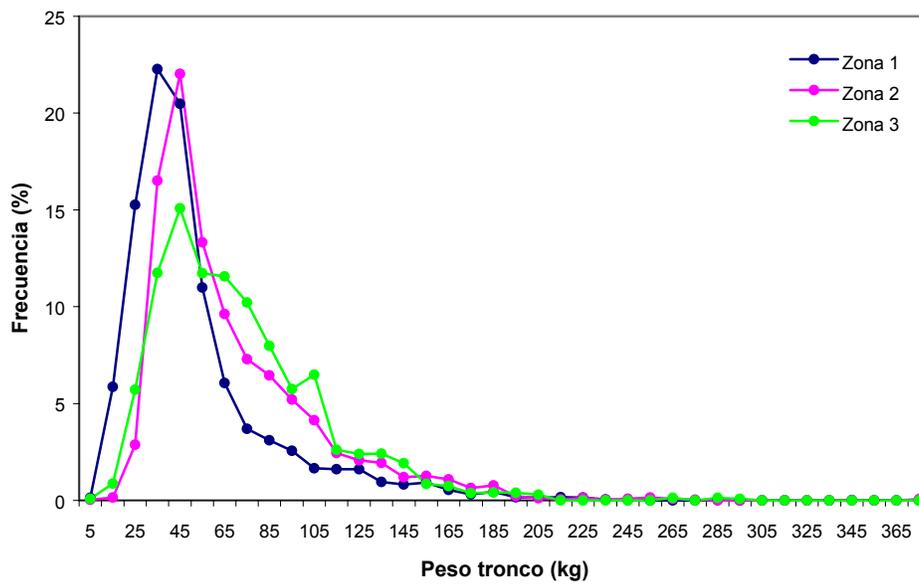


Figura 17. Distribuciones de peso tronco (PTR) de pez espada por zona de pesca. Flota palangrera, marzo - diciembre 2001.

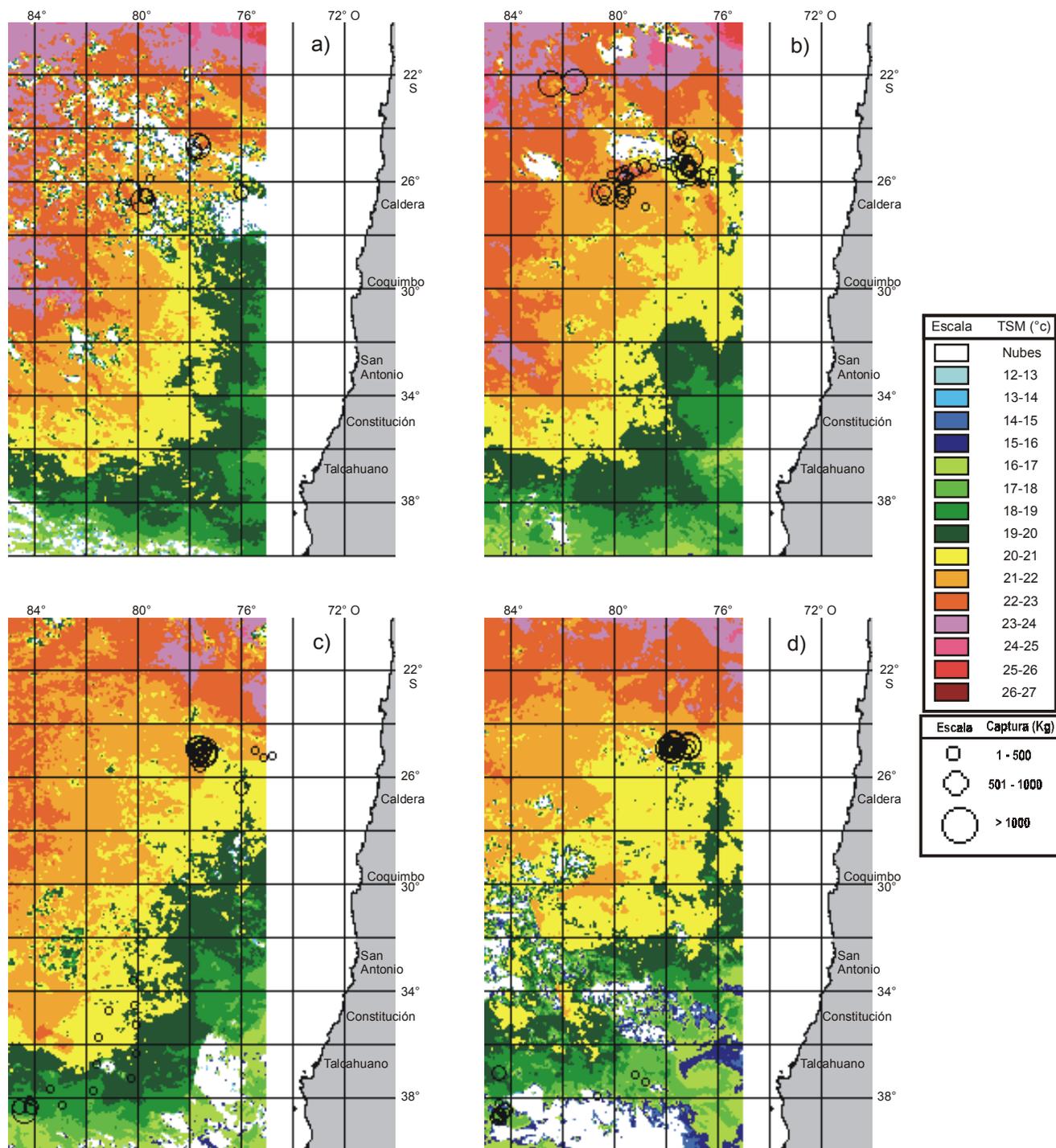


Figura 18. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, marzo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

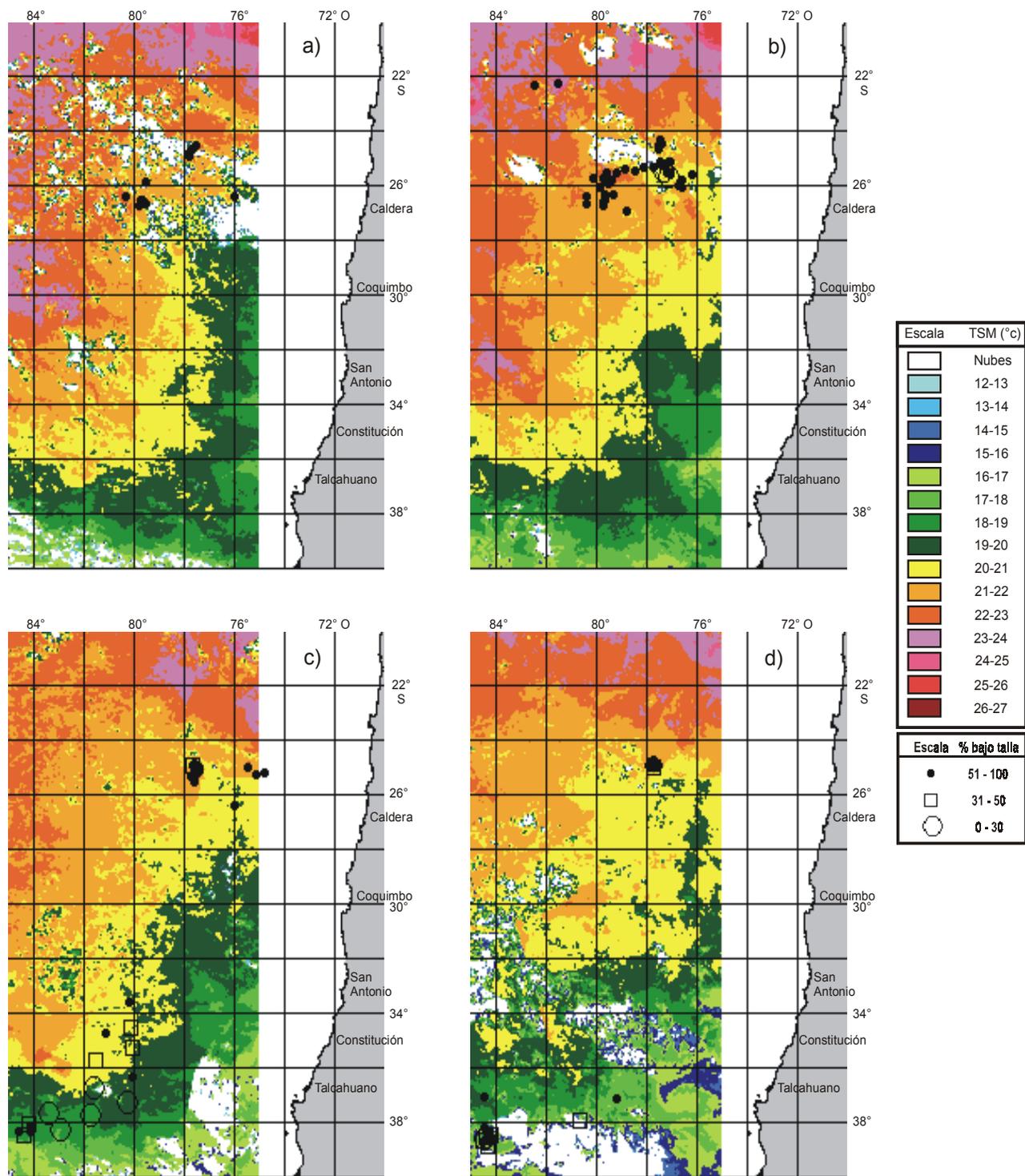


Figura 19. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, marzo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

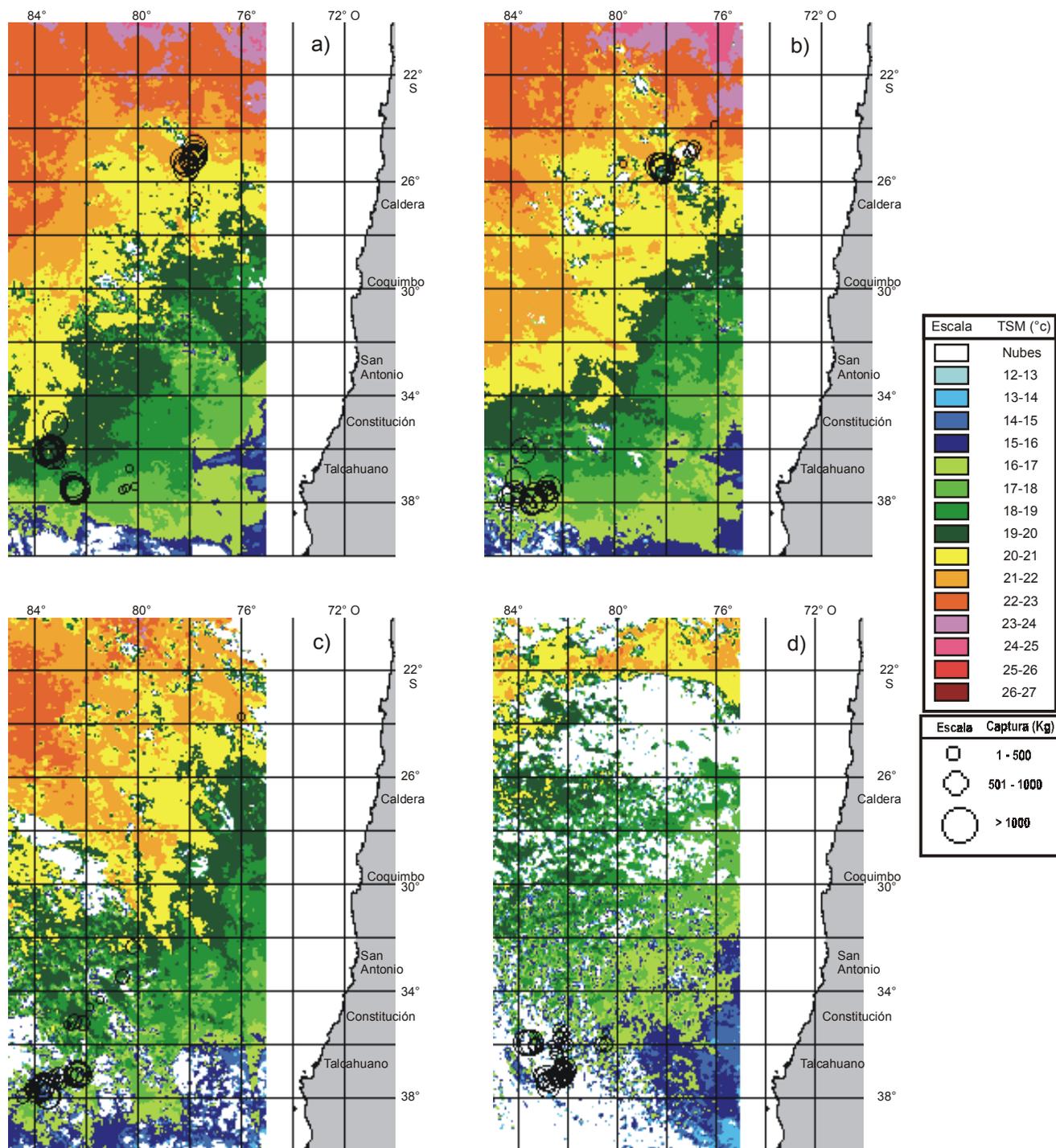


Figura 20. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, abril 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

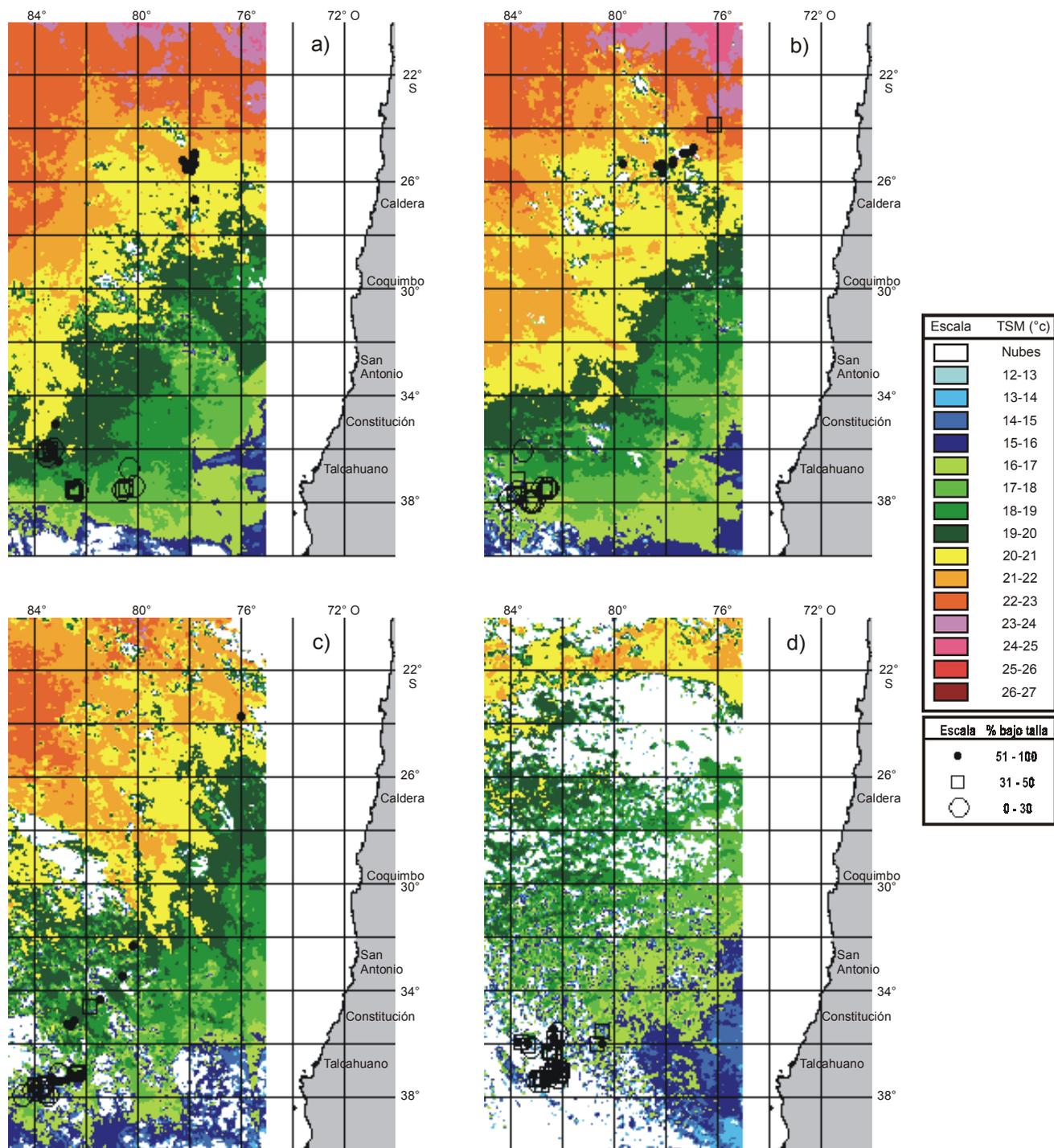


Figura 21. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, abril 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

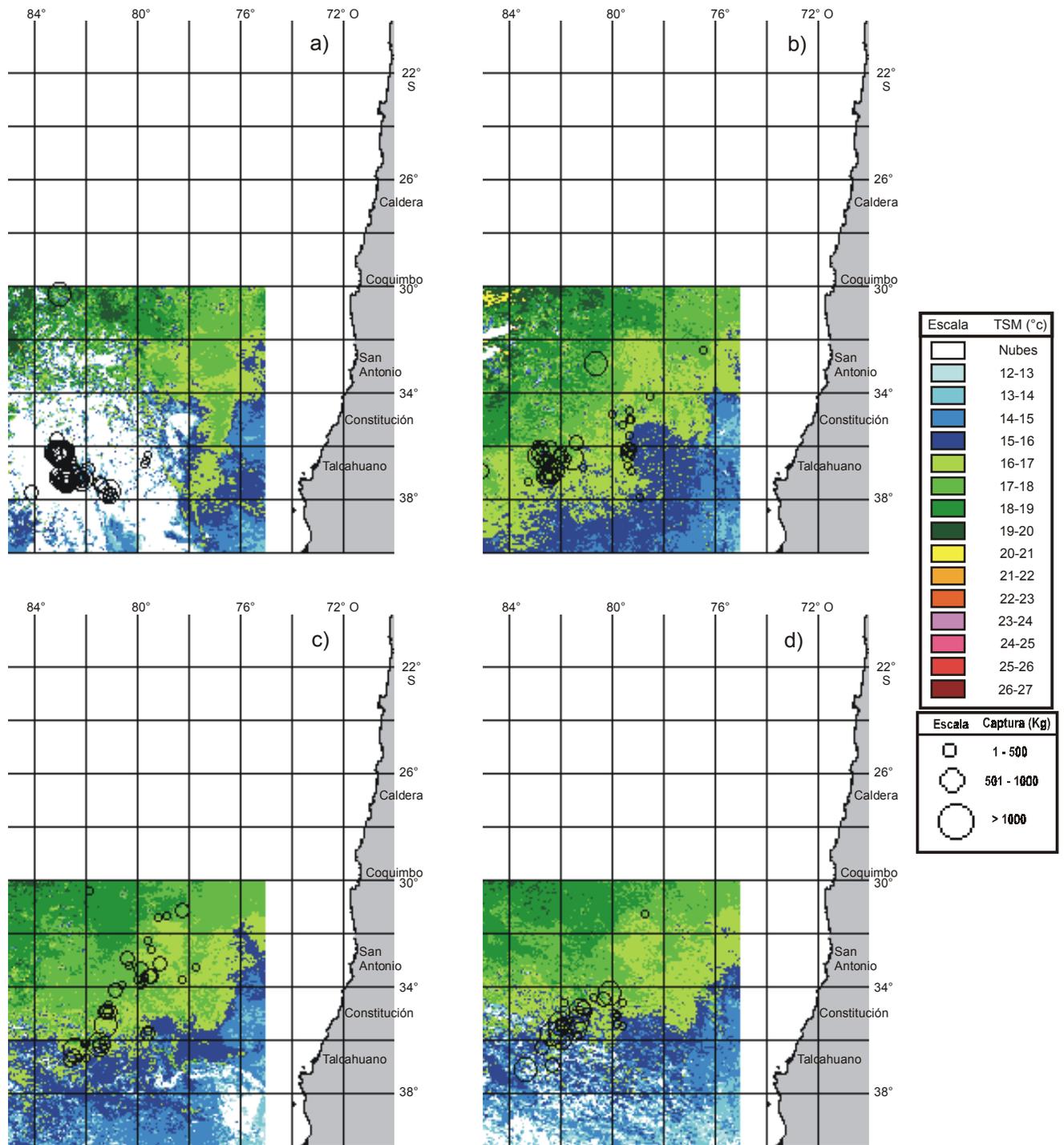


Figura 22. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, mayo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

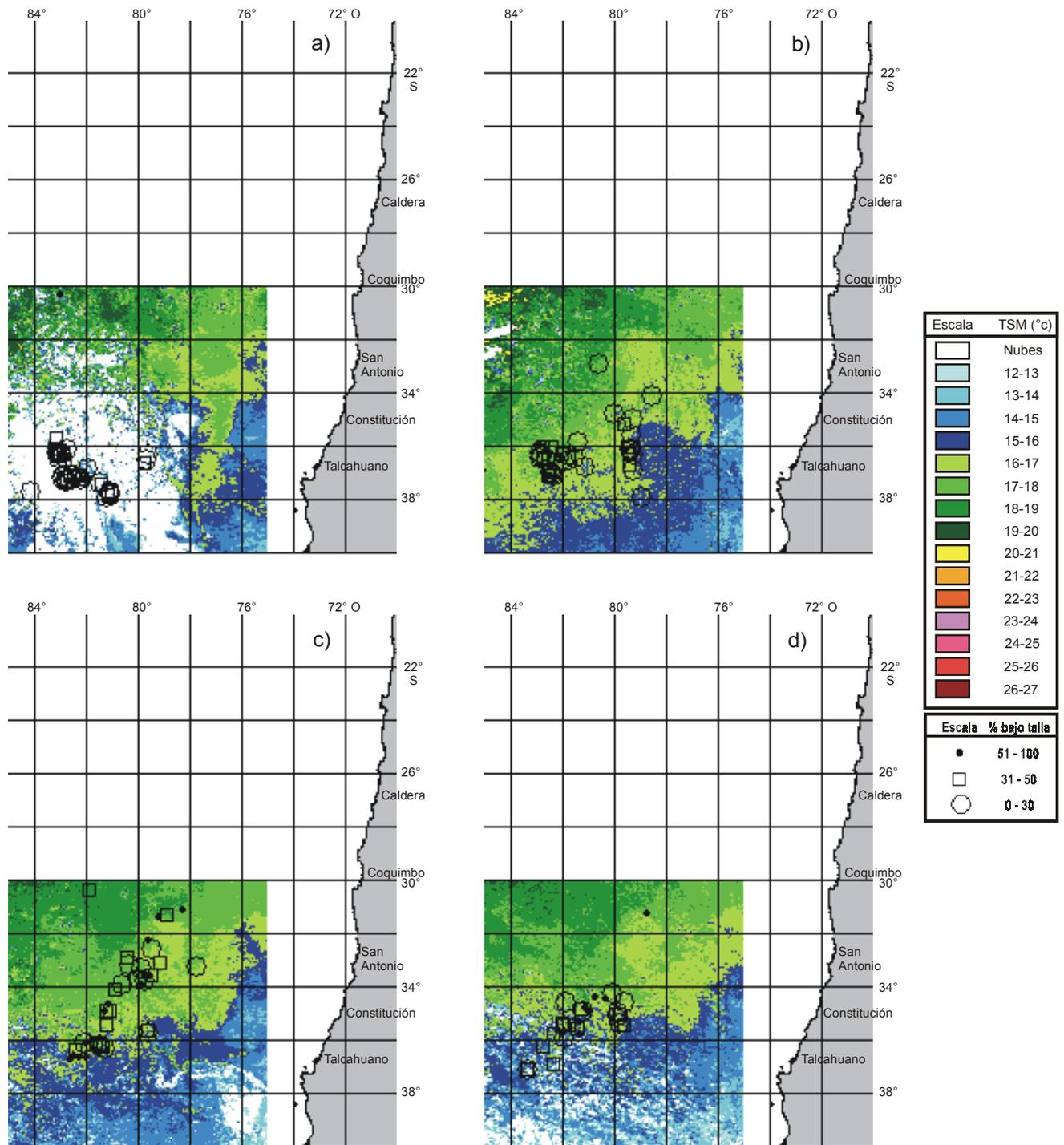


Figura 23. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, mayo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

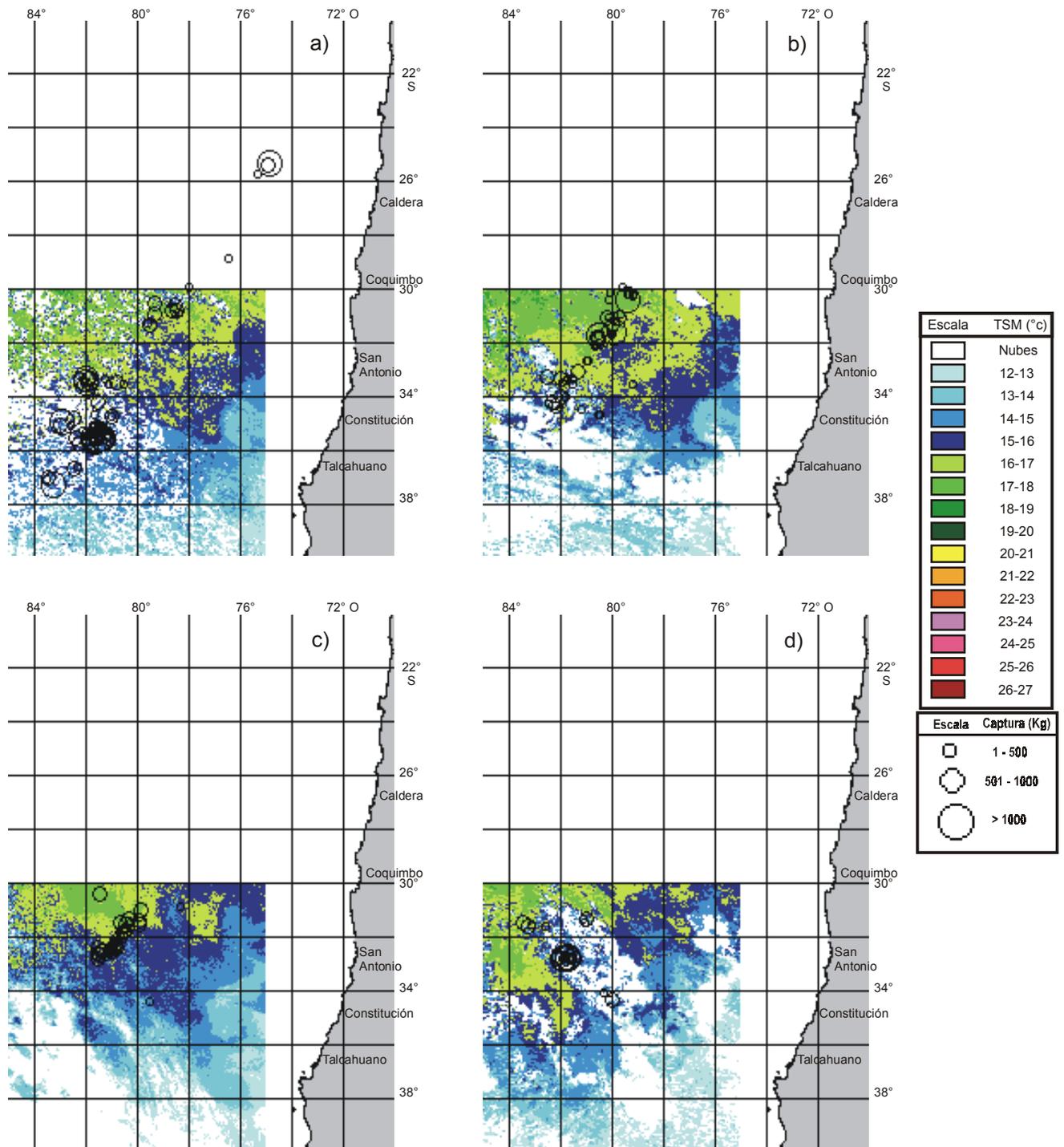


Figura 24. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, junio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

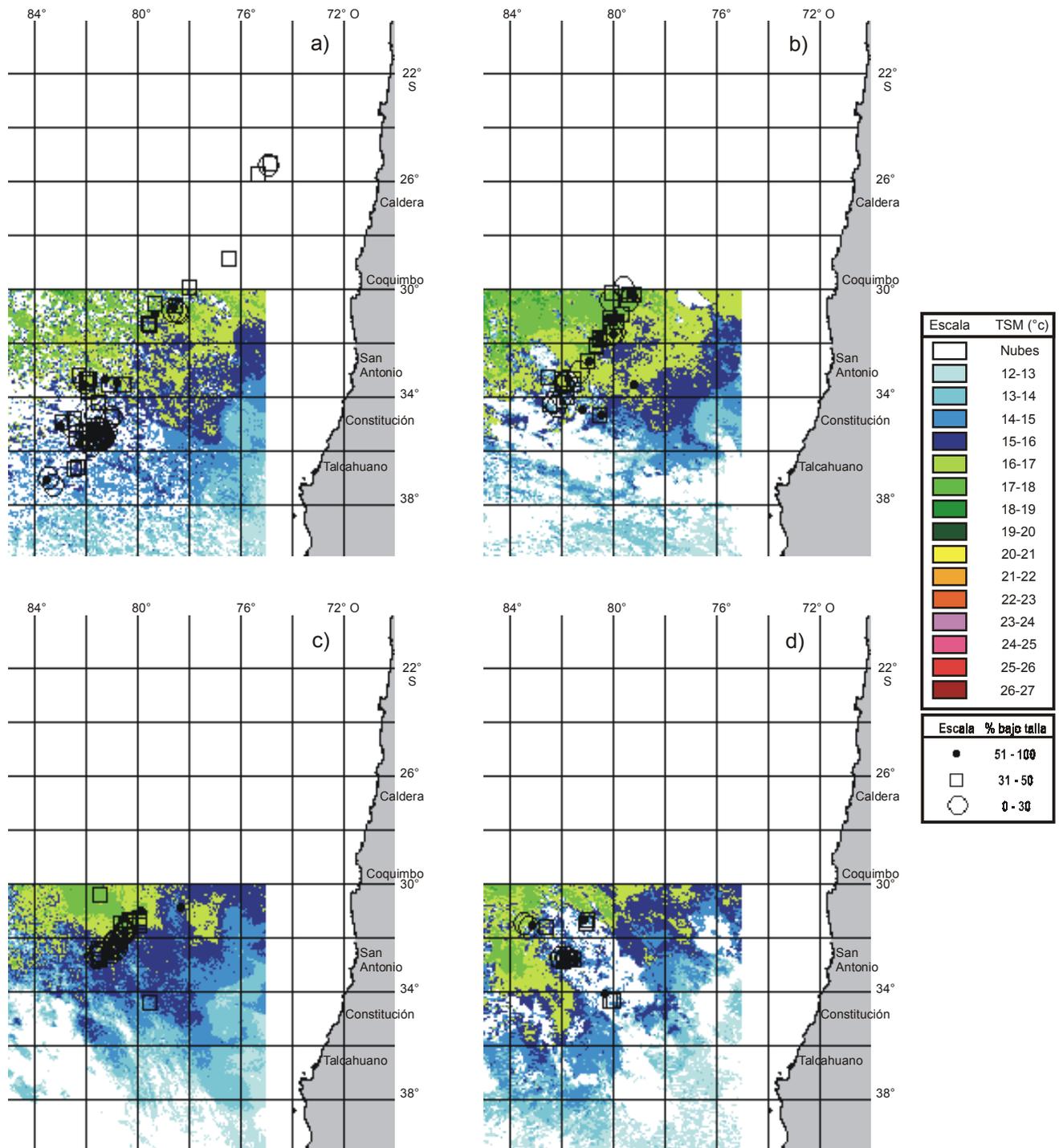


Figura 25. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, junio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

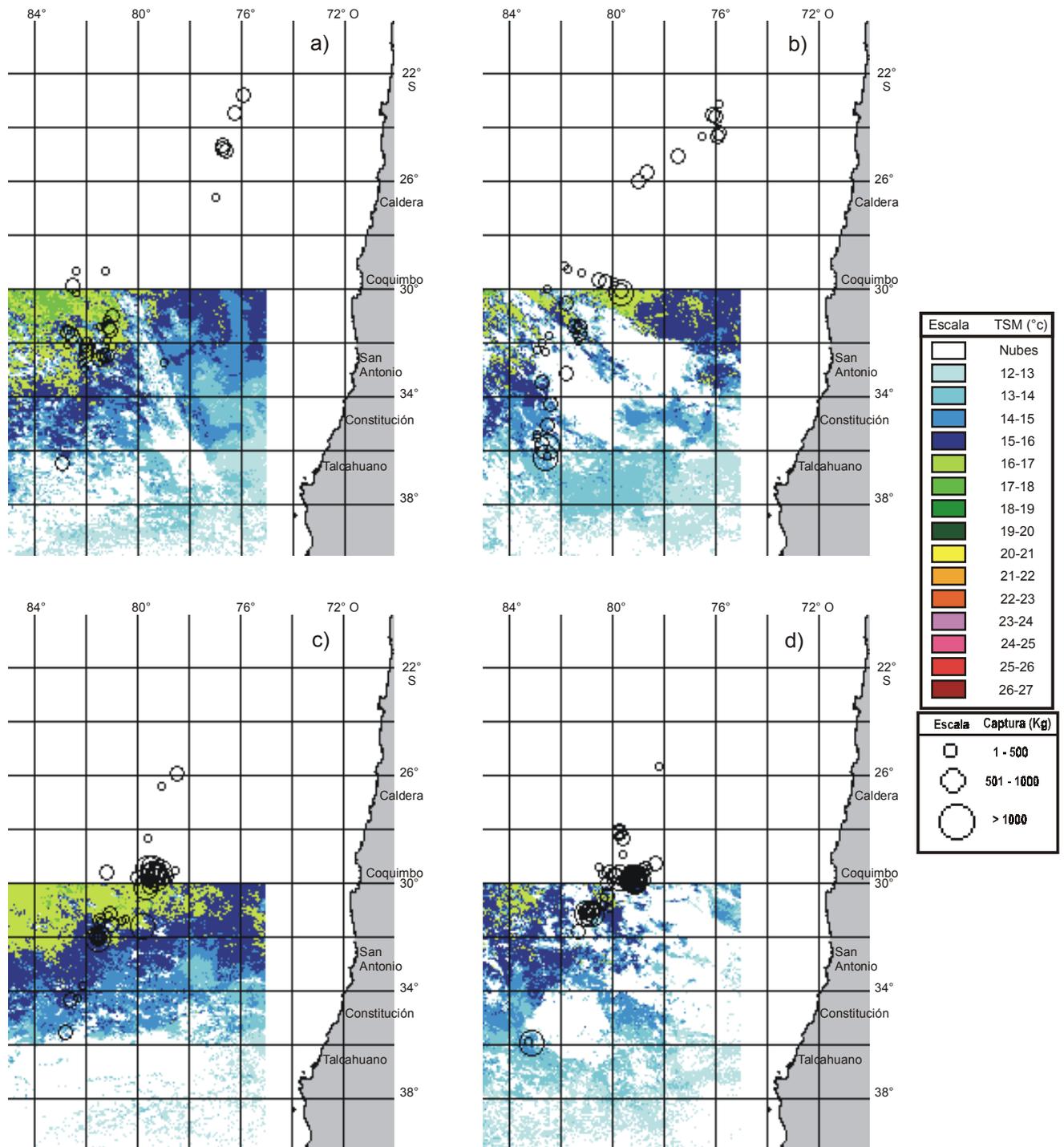


Figura 26. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, julio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

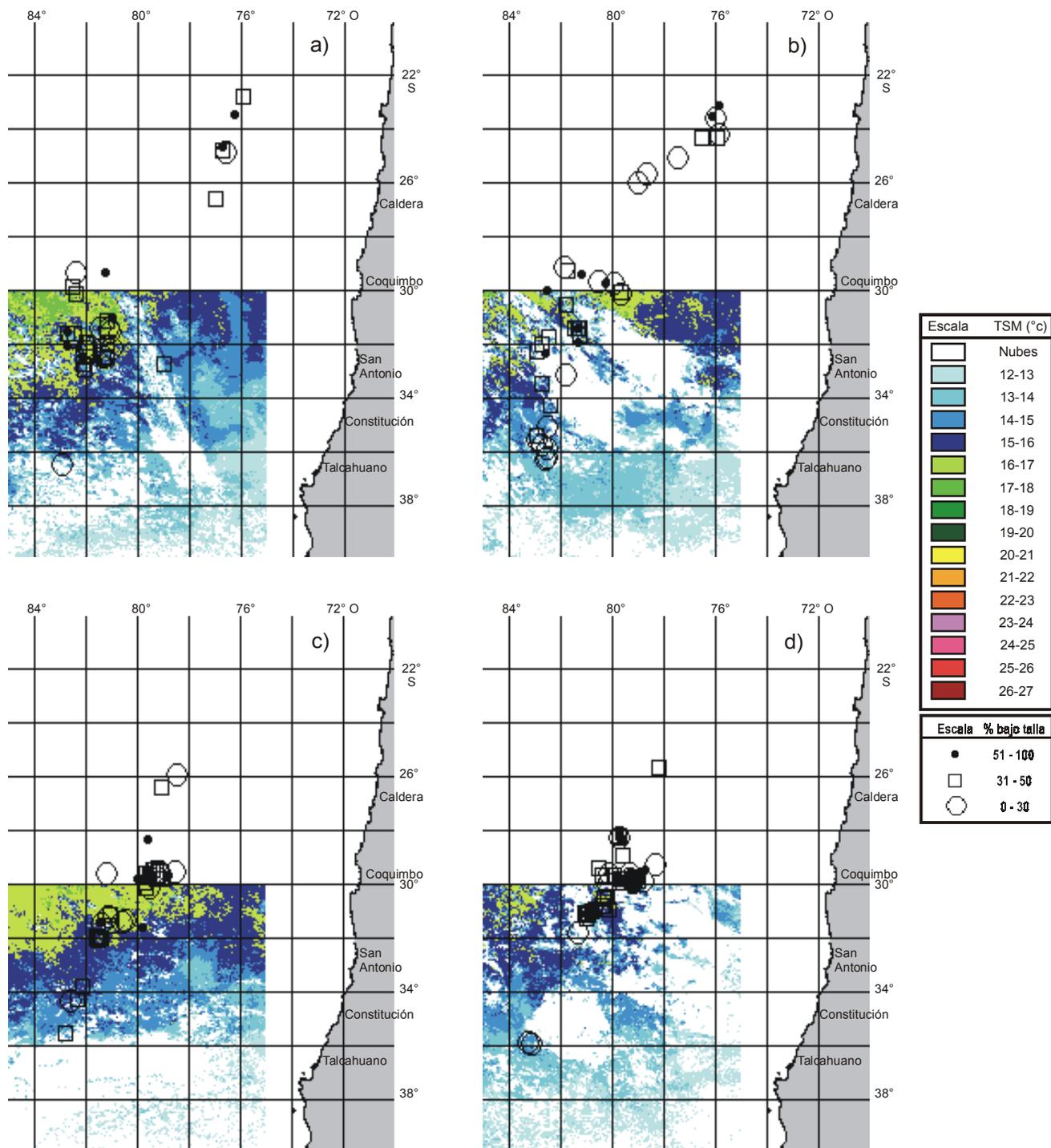


Figura 27. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, julio 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

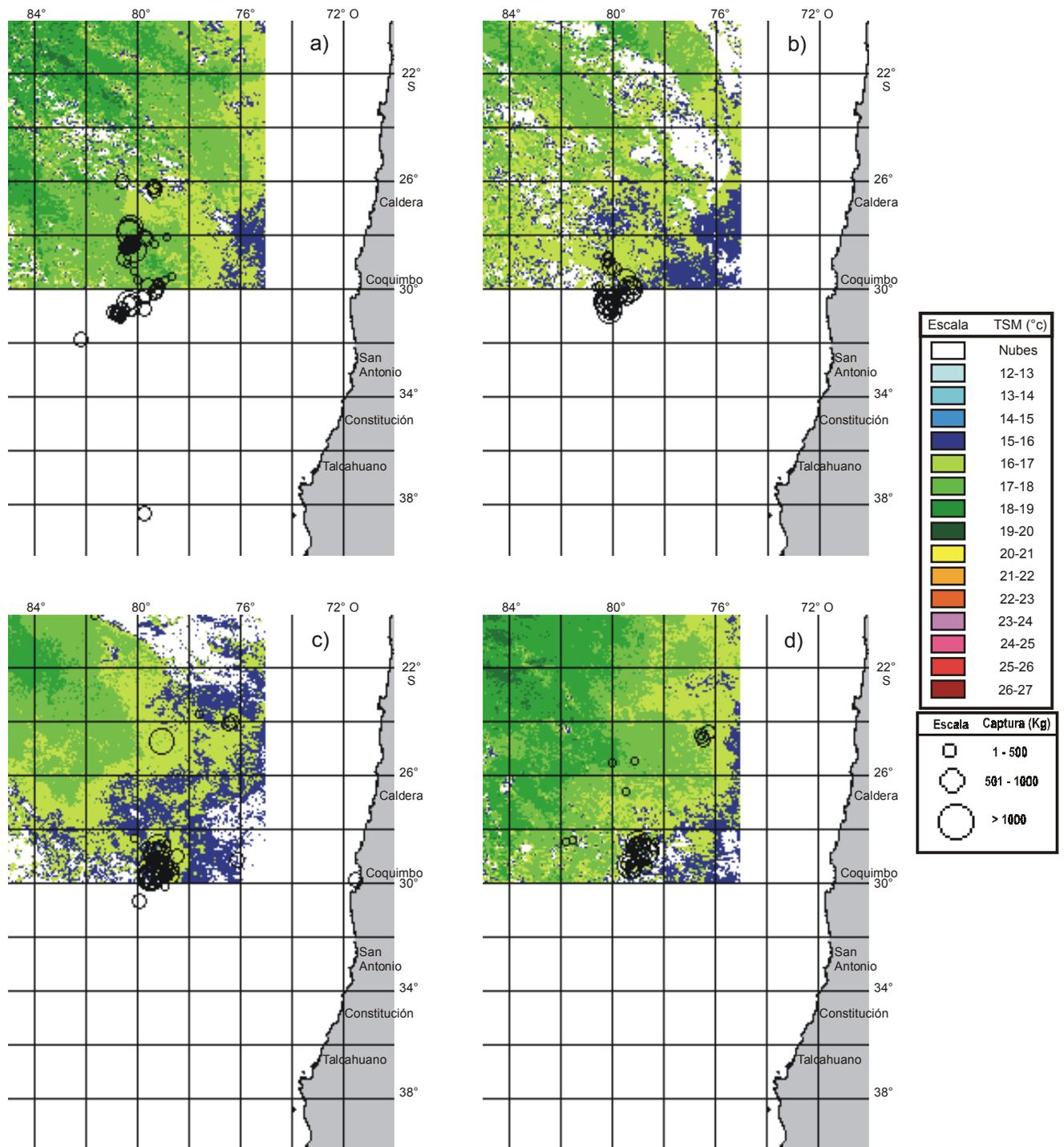


Figura 28. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, agosto 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

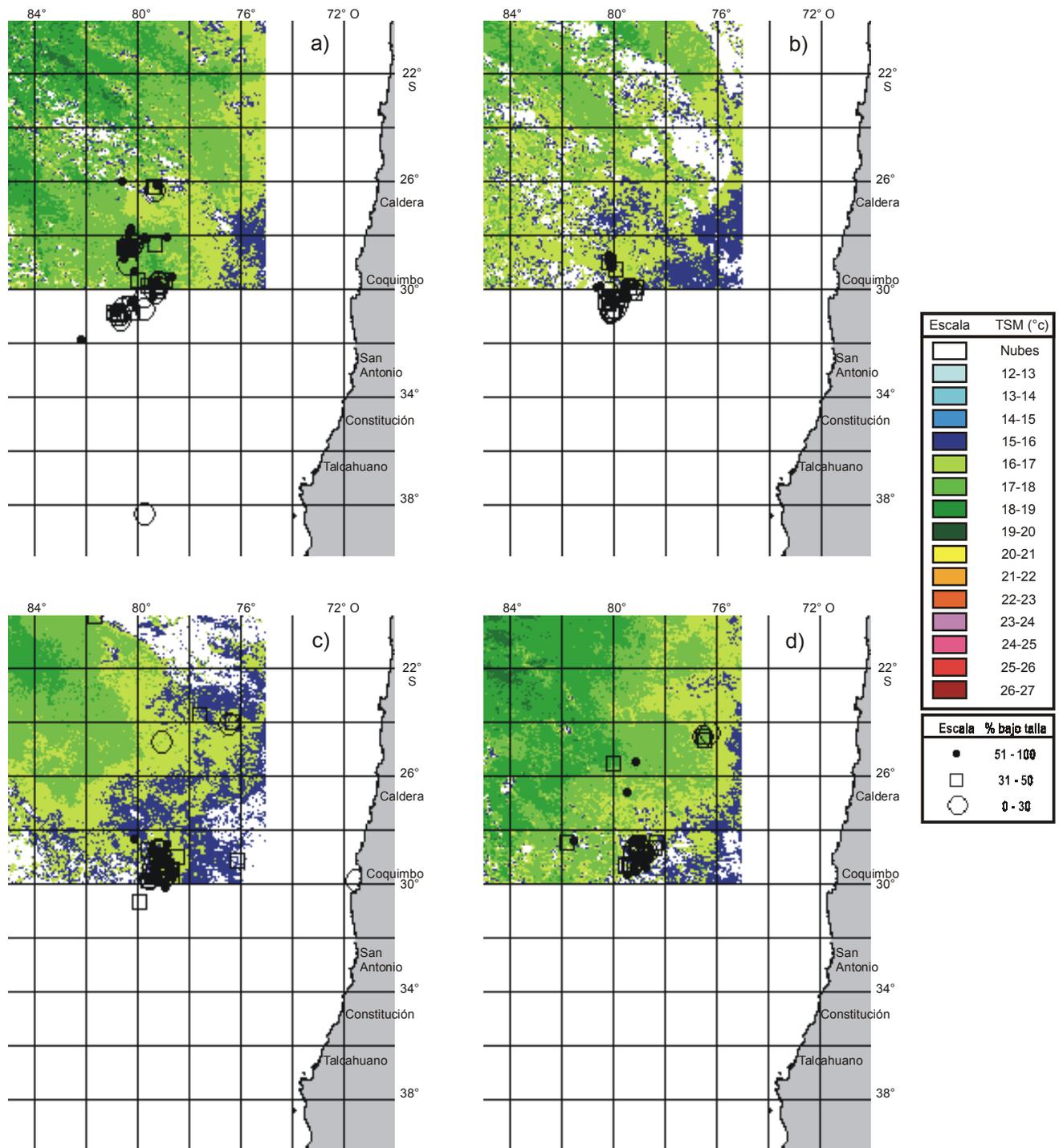


Figura 29. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, agosto 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

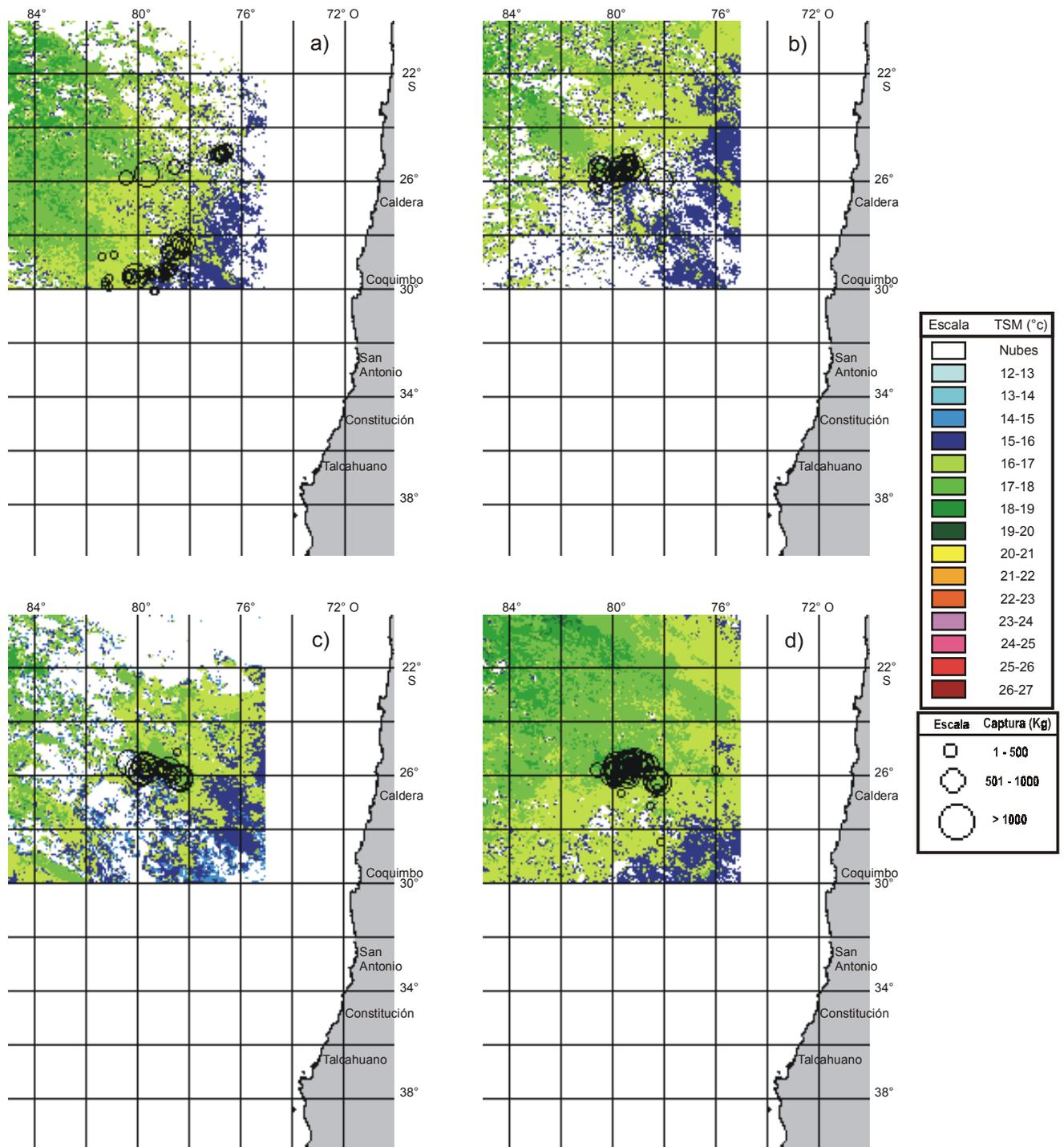


Figura 30. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, septiembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

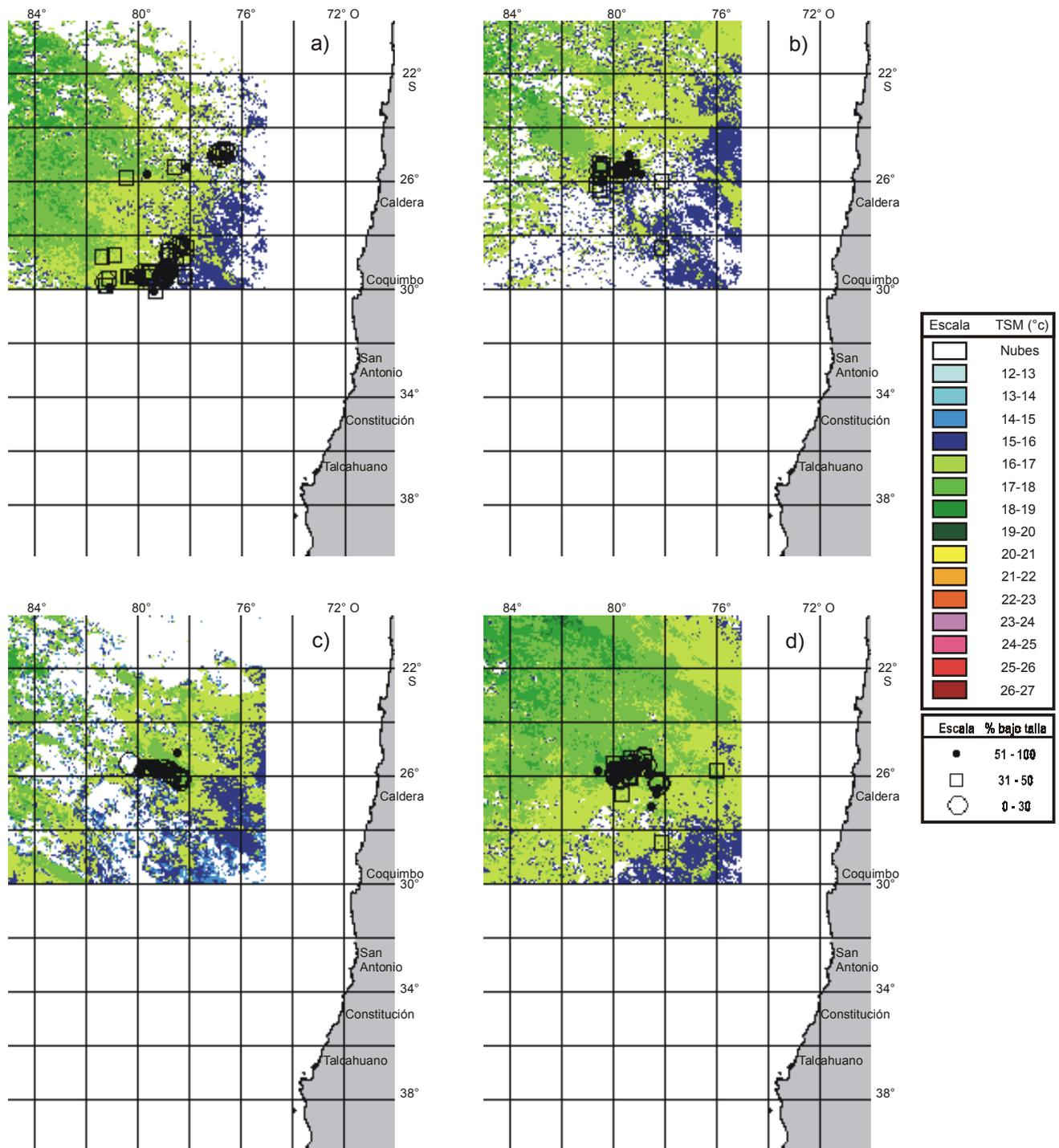


Figura 31. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, septiembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

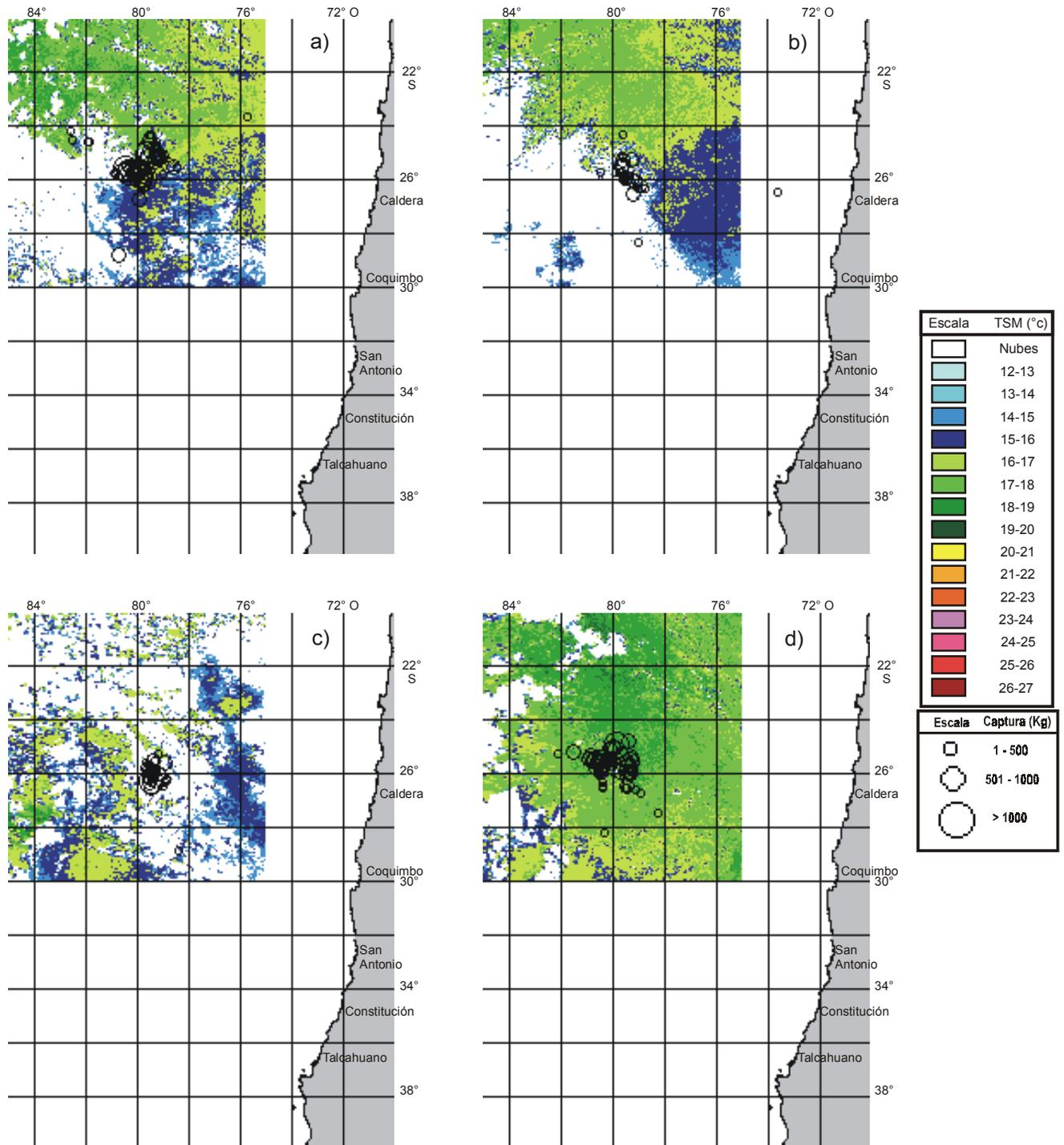


Figura 32. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, octubre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

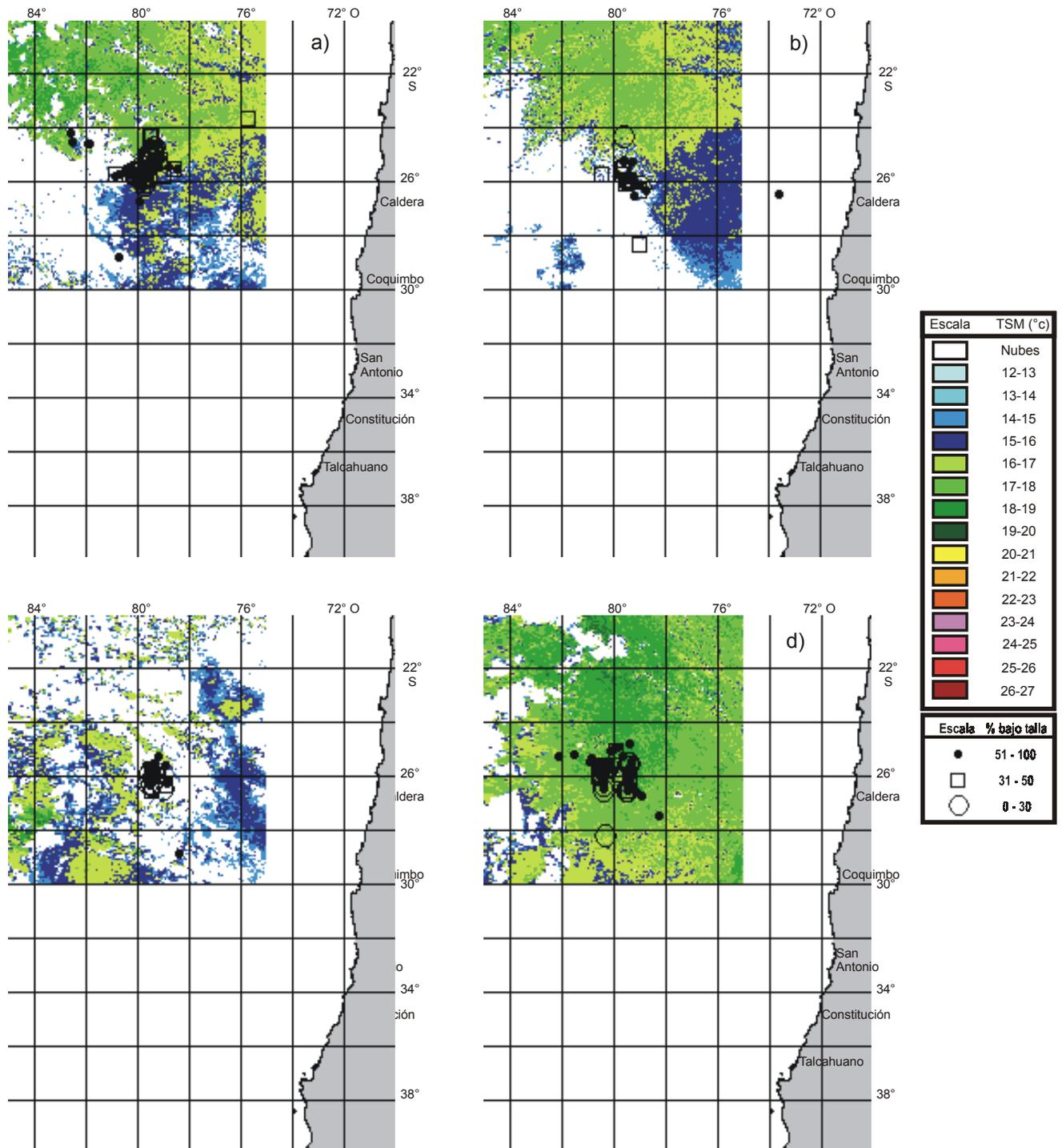


Figura 33. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, octubre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

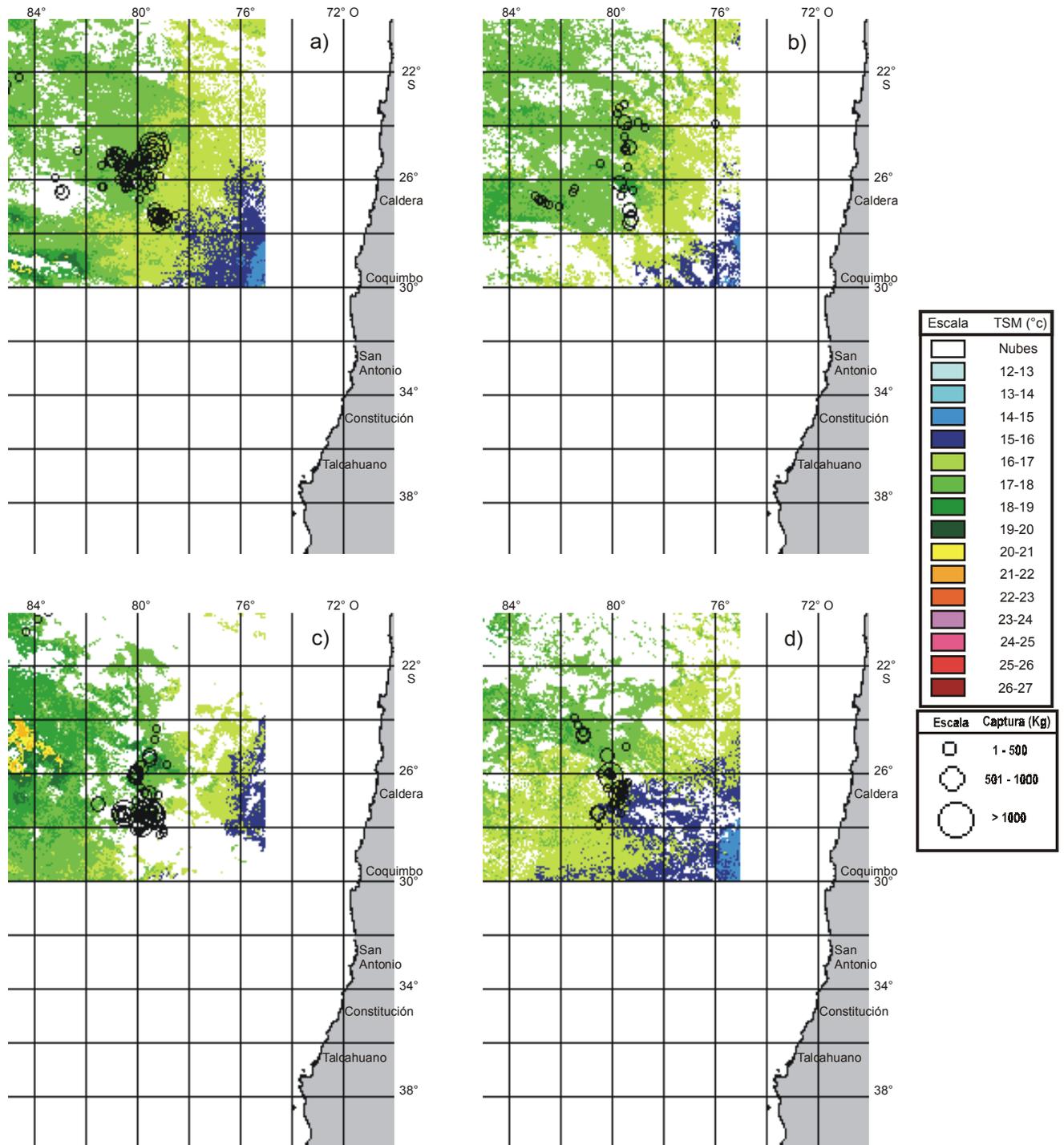


Figura 34. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, noviembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

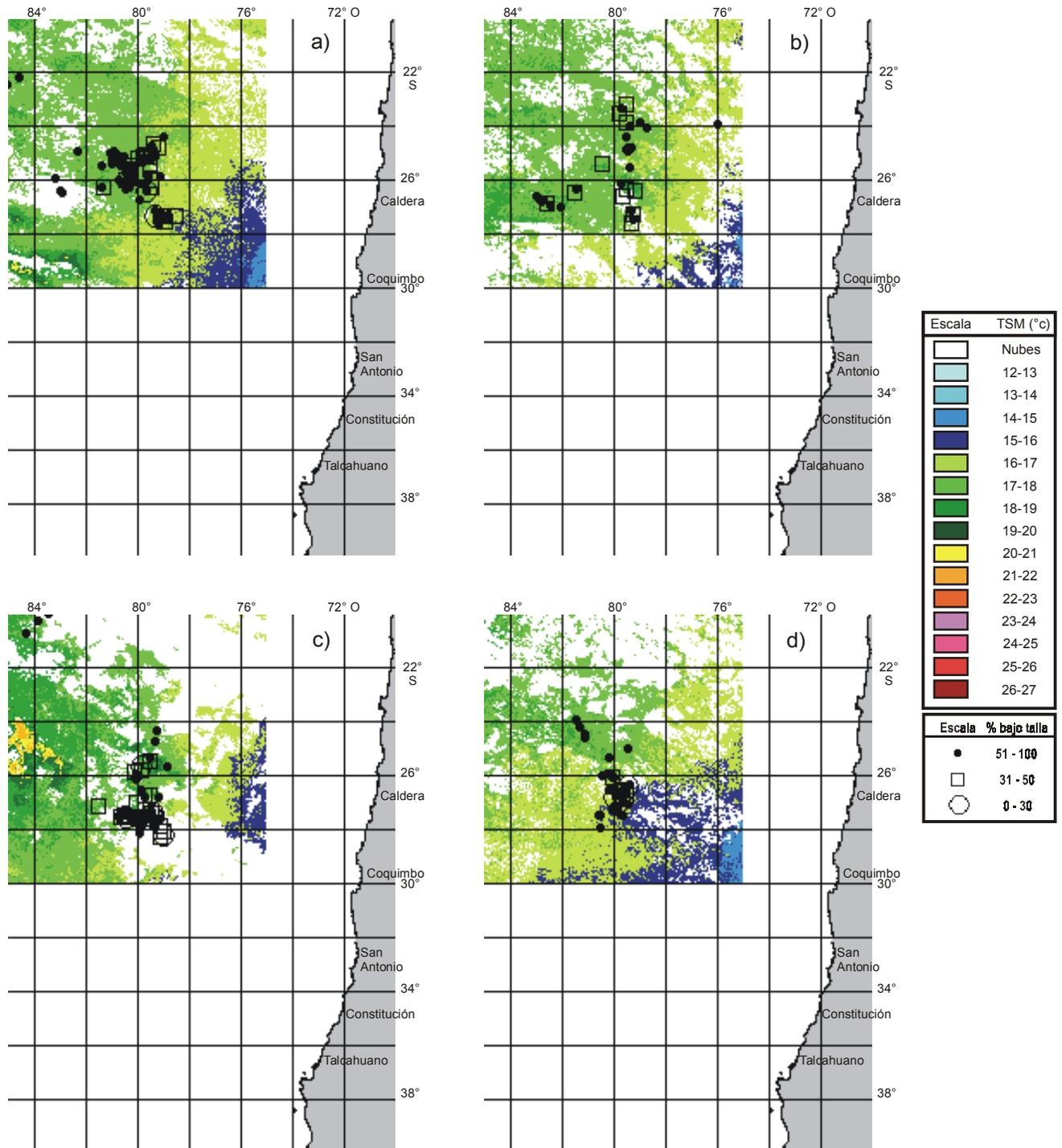


Figura 35. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, noviembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

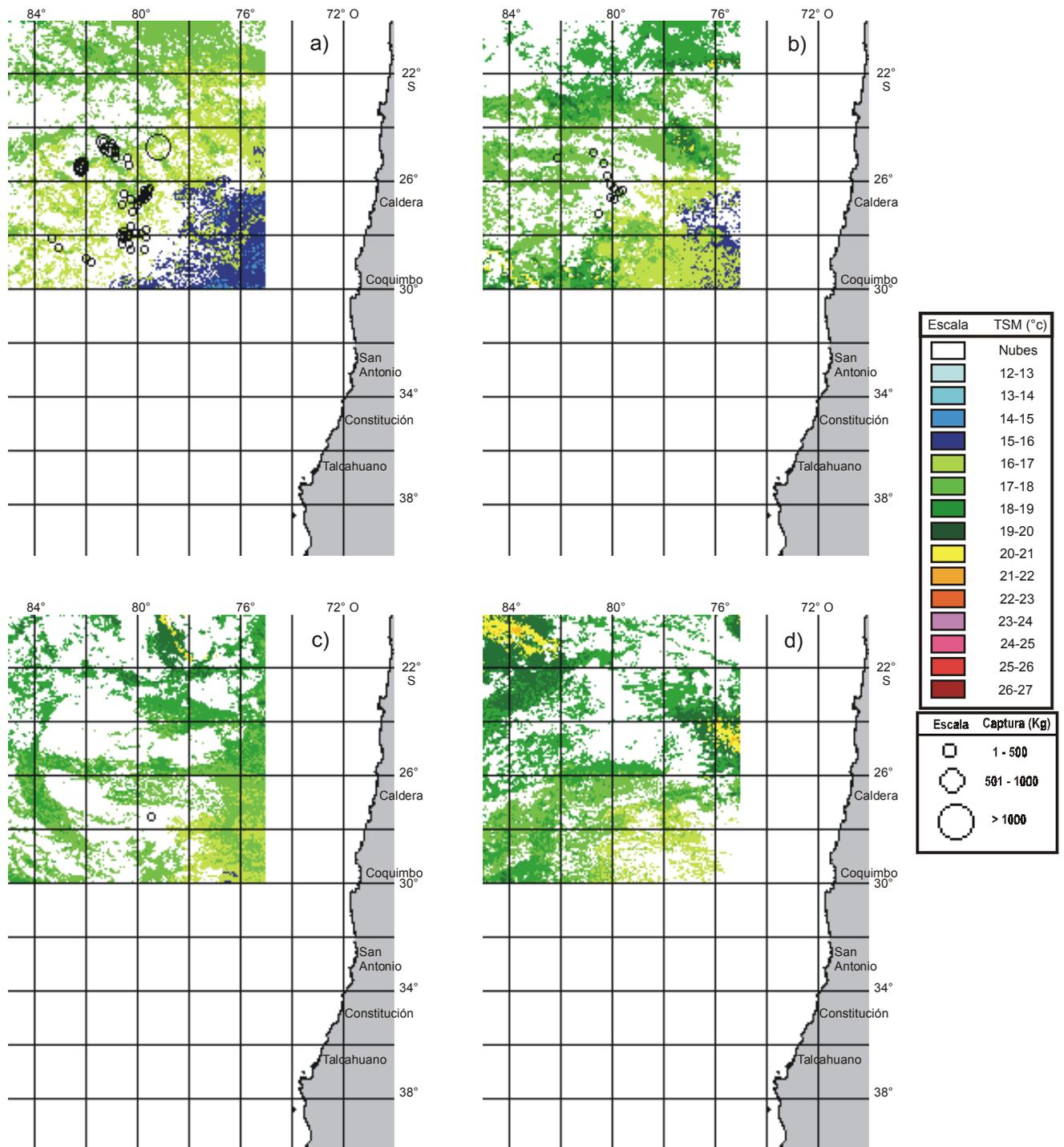


Figura 36. Distribución espacial de la TSM y de las capturas de pez espada en la zona de estudio, diciembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

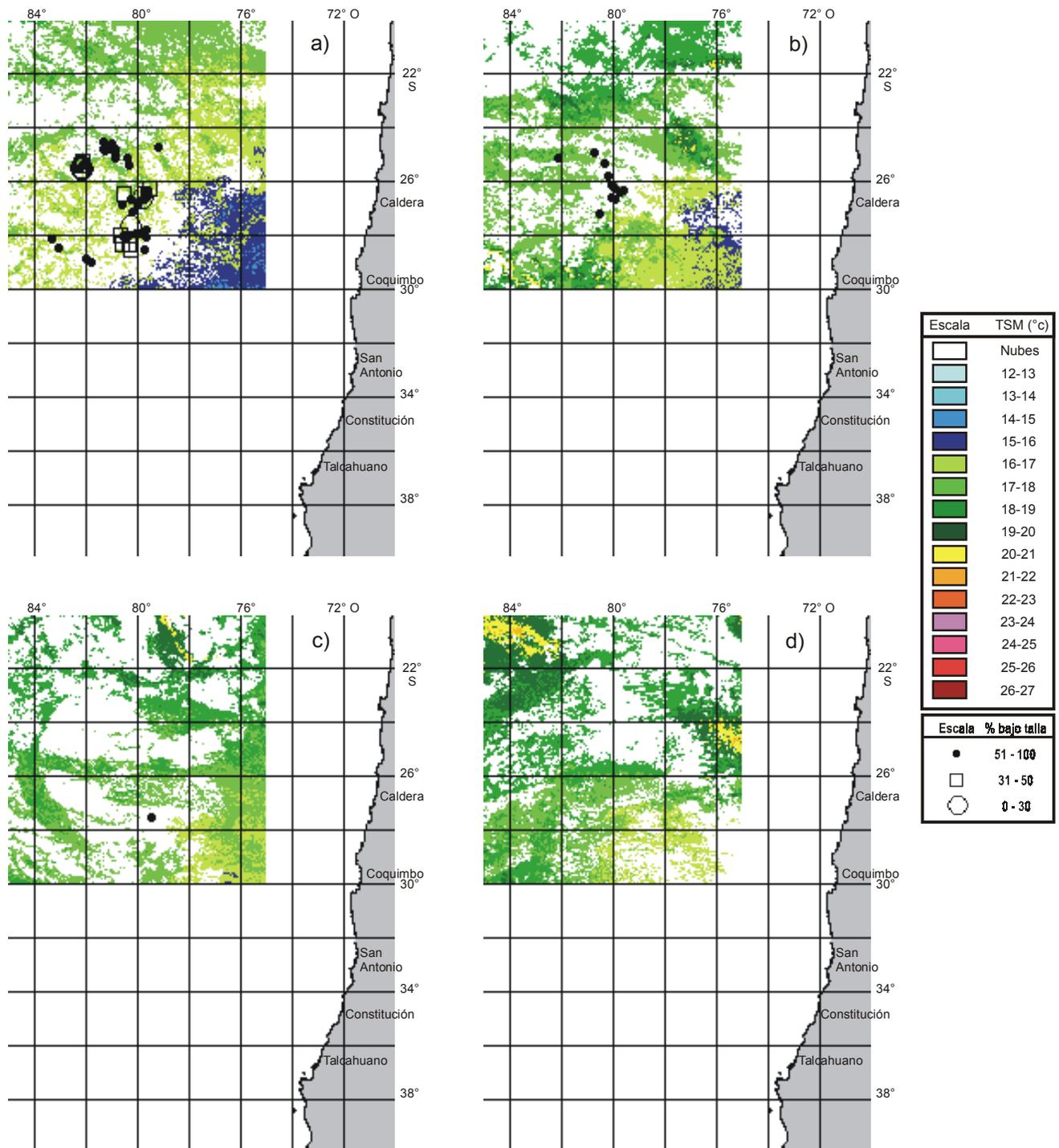


Figura 37. Distribución espacial de la TSM y del porcentaje bajo talla de pez espada en la zona de estudio, diciembre 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

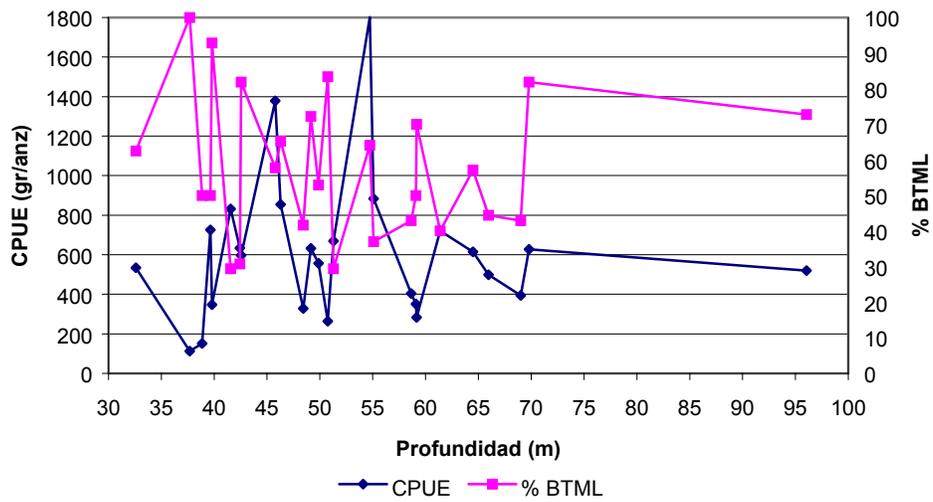


Figura 38. Rendimiento y pocentaje de ejemplares bajo talla por lance asociado a la profundidad media (m) de trabajo del anzuelo.

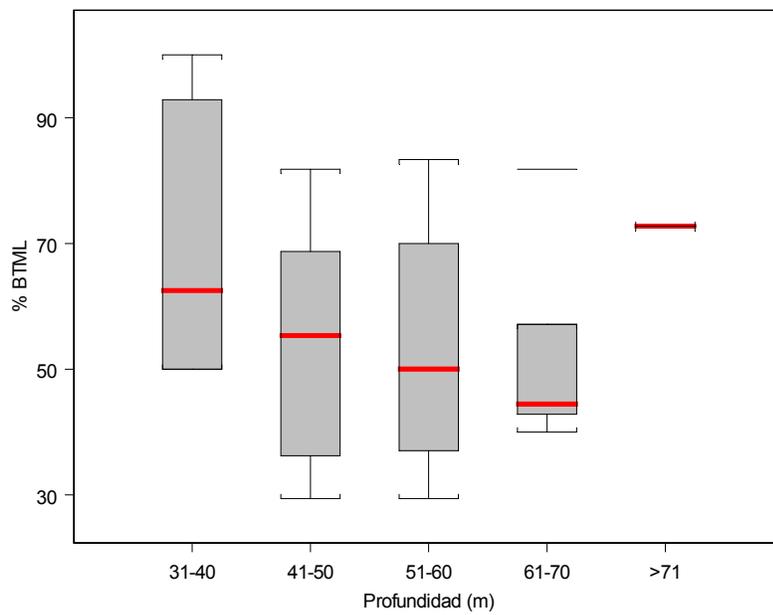
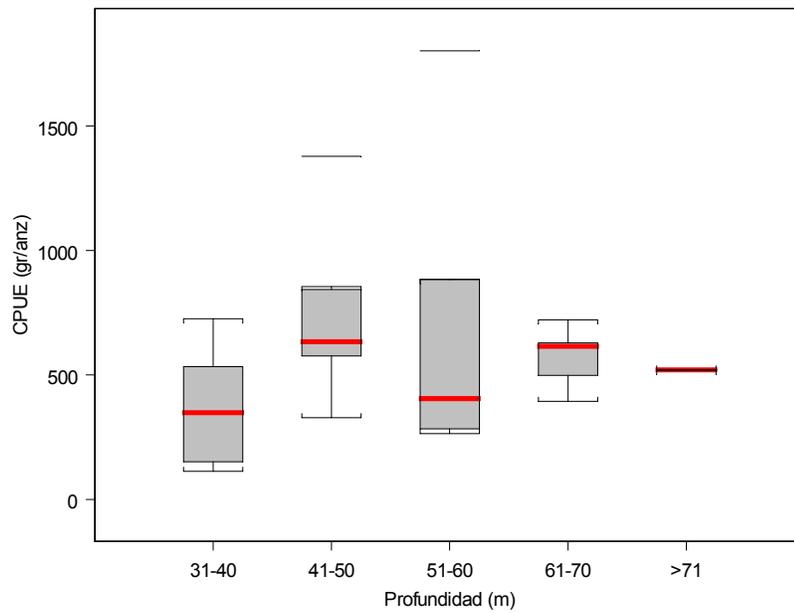


Figura 39. Rendimiento (gr/anz) y porcentaje bajo talla (BTML) por lance, en relación a la profundidad de trabajo (m) del anzuelo. (Mediana, cuartiles, rango y outliers).

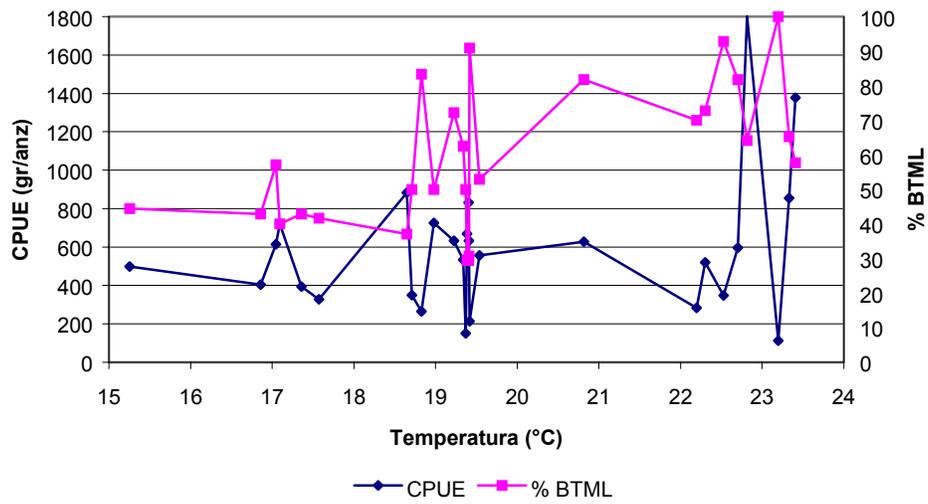


Figura 40. Rendimiento y pocentaje de ejemplares bajo talla por lance asociado a la temperatura del agua media (°C) en el estrato de trabajo del anzuelo.

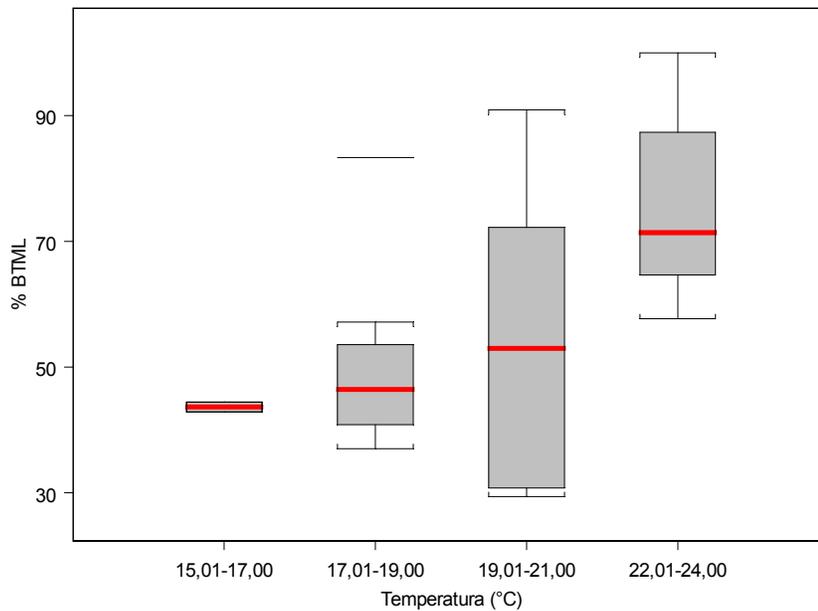
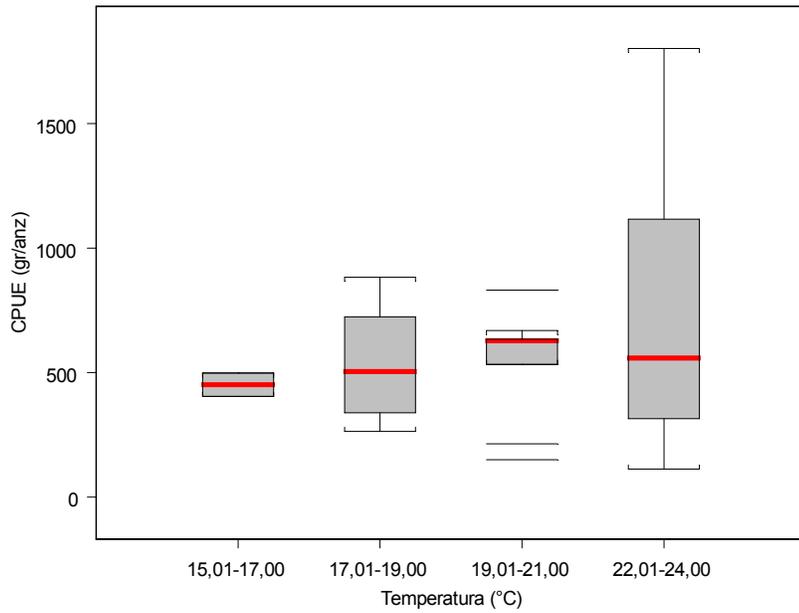


Figura 41. Rendimiento (gr/anz) y porcentaje bajo talla (BTML) por lance, en relación a la temperatura del agua media (°C) en el estrato de trabajo del anzuelo. (Mediana, cuartiles, rango y outliers).

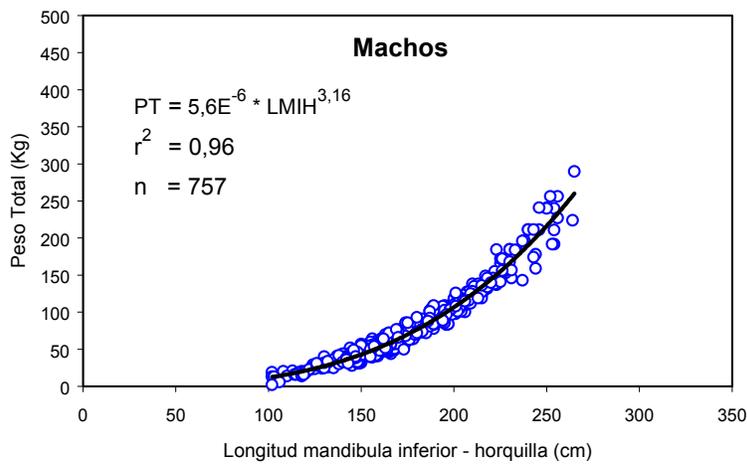
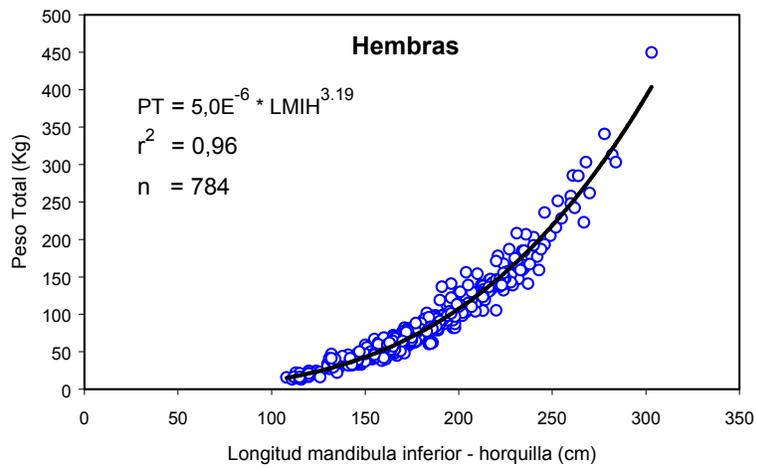
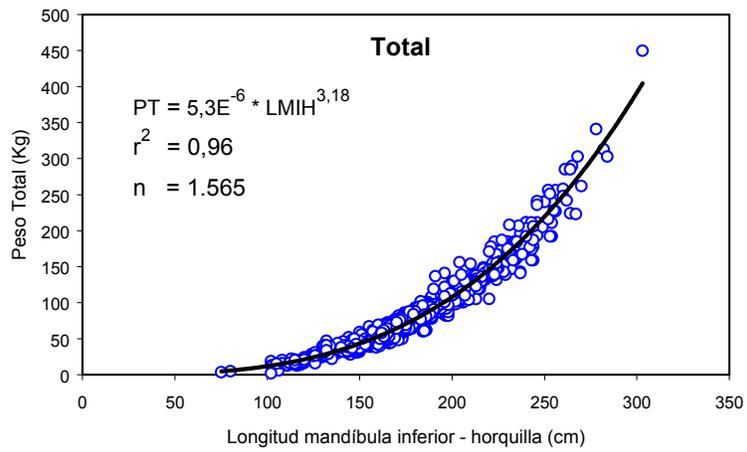


Figura 42 Relación entre el peso total (PT) y la longitud mandibula inferior - horquilla (LMIH) del pez espada durante el año 2001.

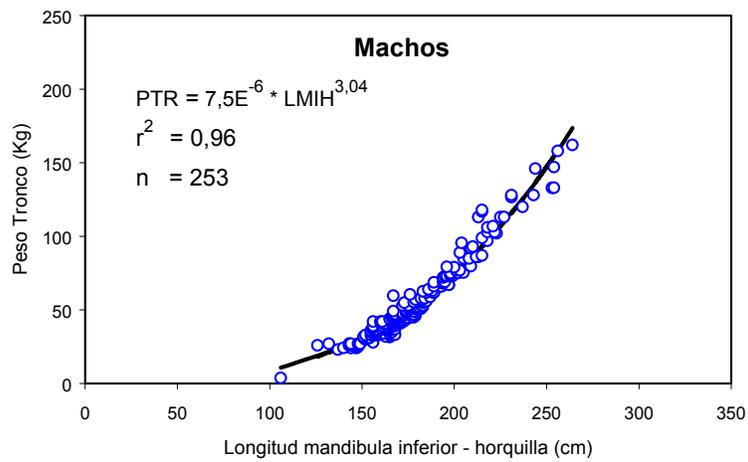
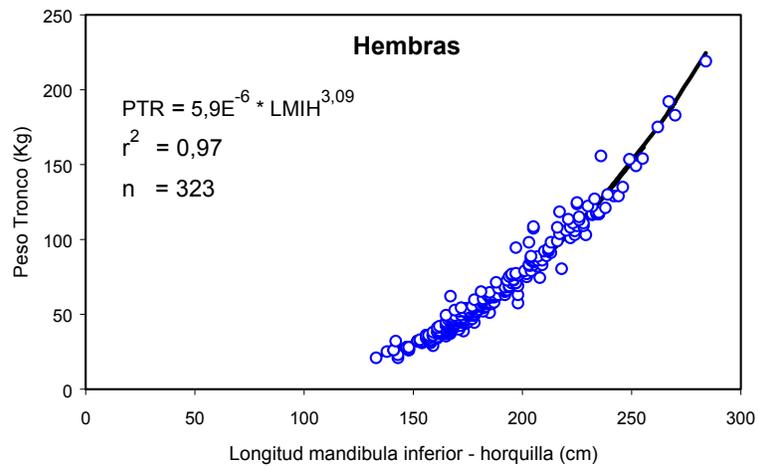
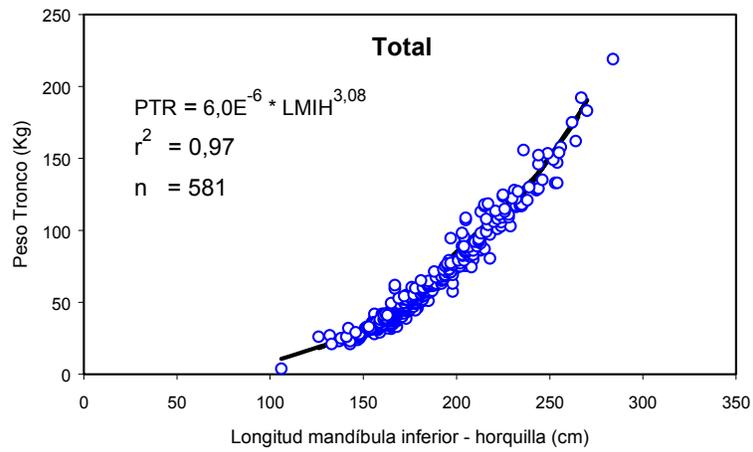


Figura 43 Relación entre el peso tronco (PTR) y la longitud mandibula inferior - horquilla (LMIH) del pez espada durante el año 2001

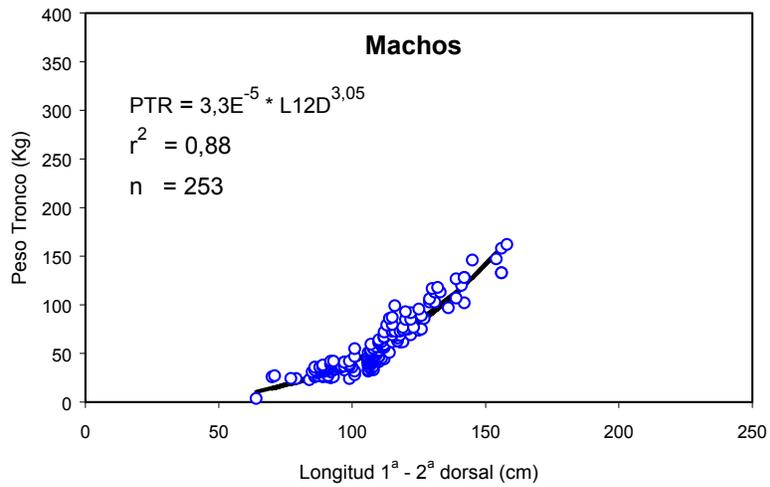
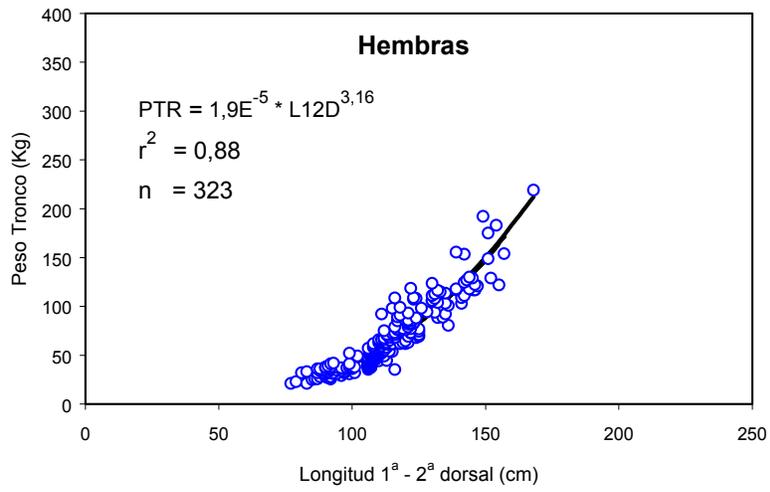
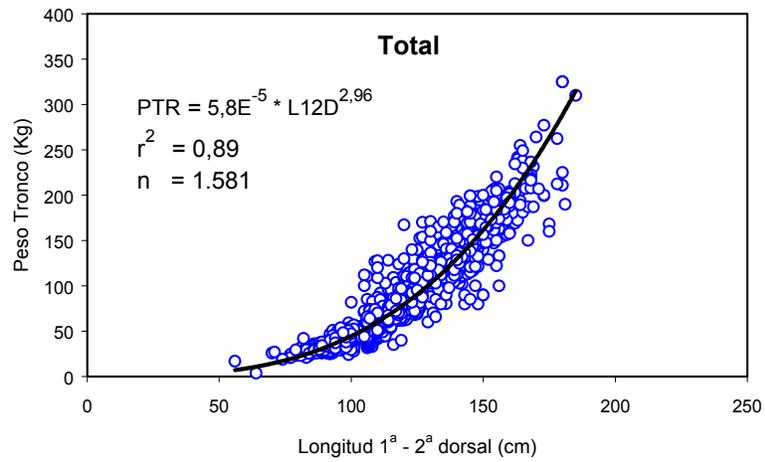


Figura 44 Relación entre el peso tronco (PTR) y la longitud 1ª - 2ª dorsal (L12D) del pez espada durante el año 2001.

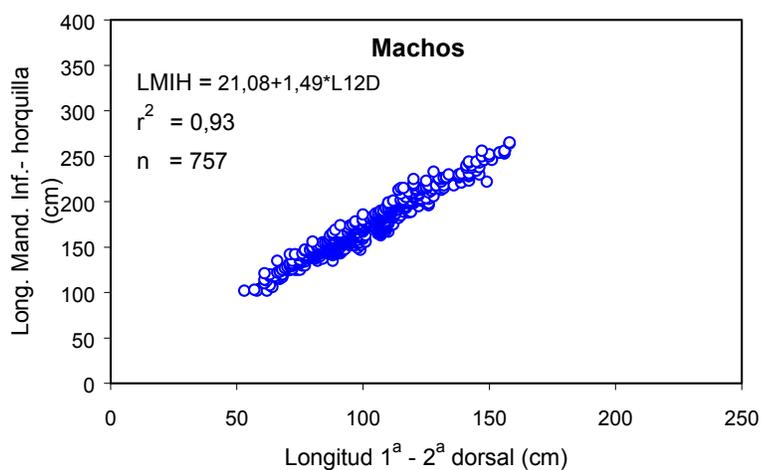
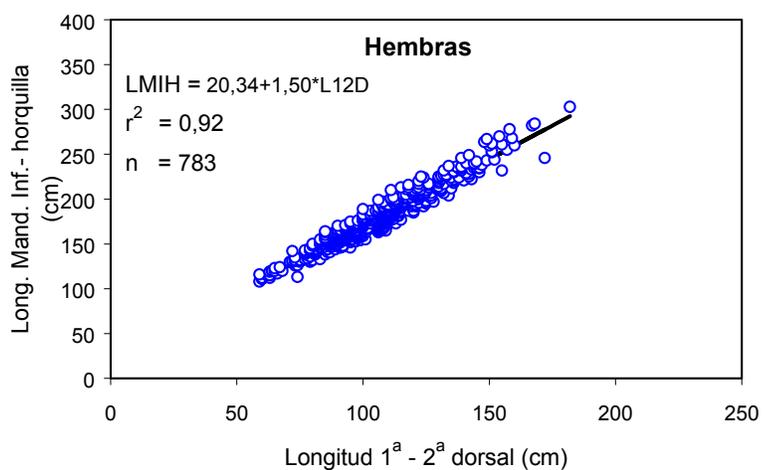
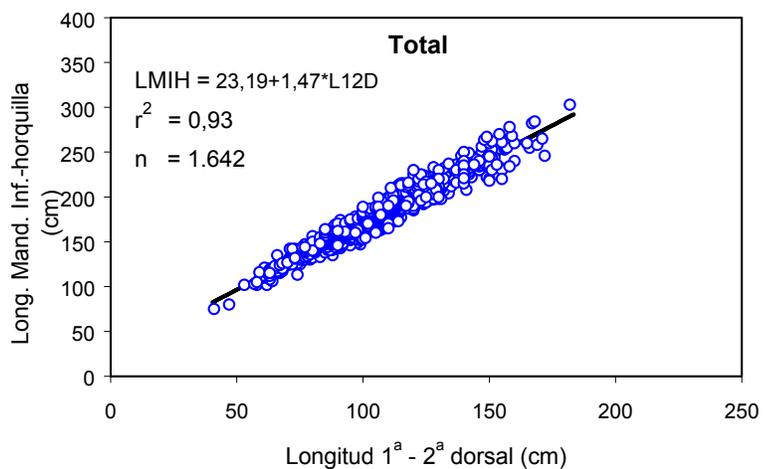


Figura 45 Relación entre la longitud mandibula inferior - horquilla (LMIH) y la longitud 1^a - 2^a dorsal (L12D) del pez espada durante el año 2001.

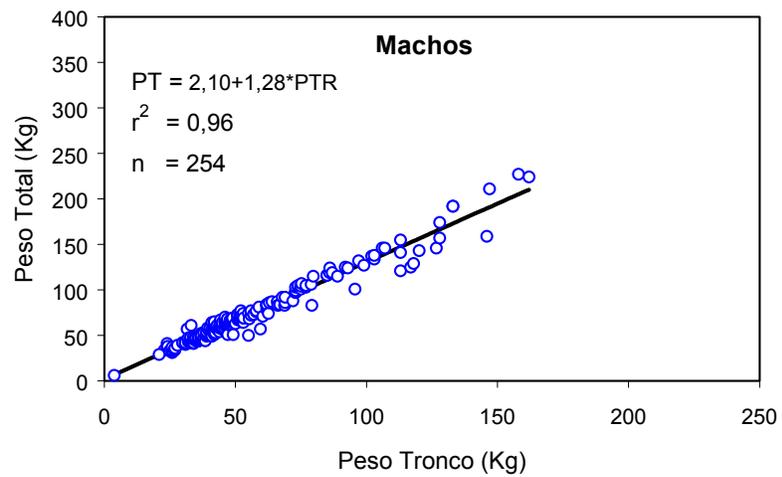
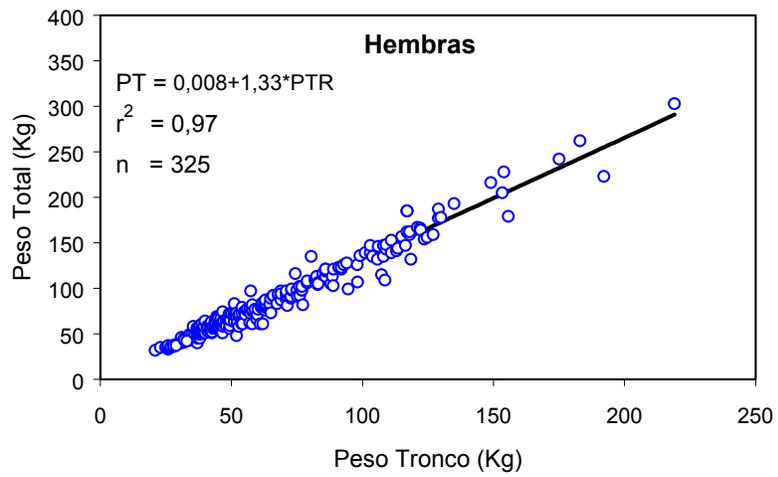
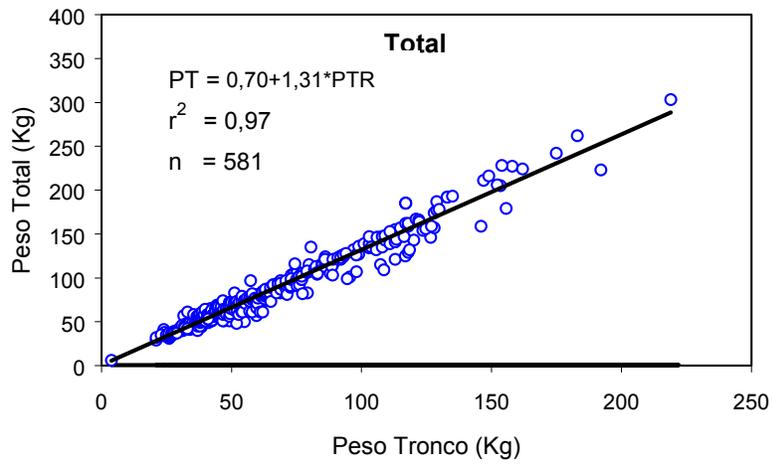


Figura 46 Relación entre el peso total (PT) y el peso tronco (PTR) del pez espada durante el año 2001.

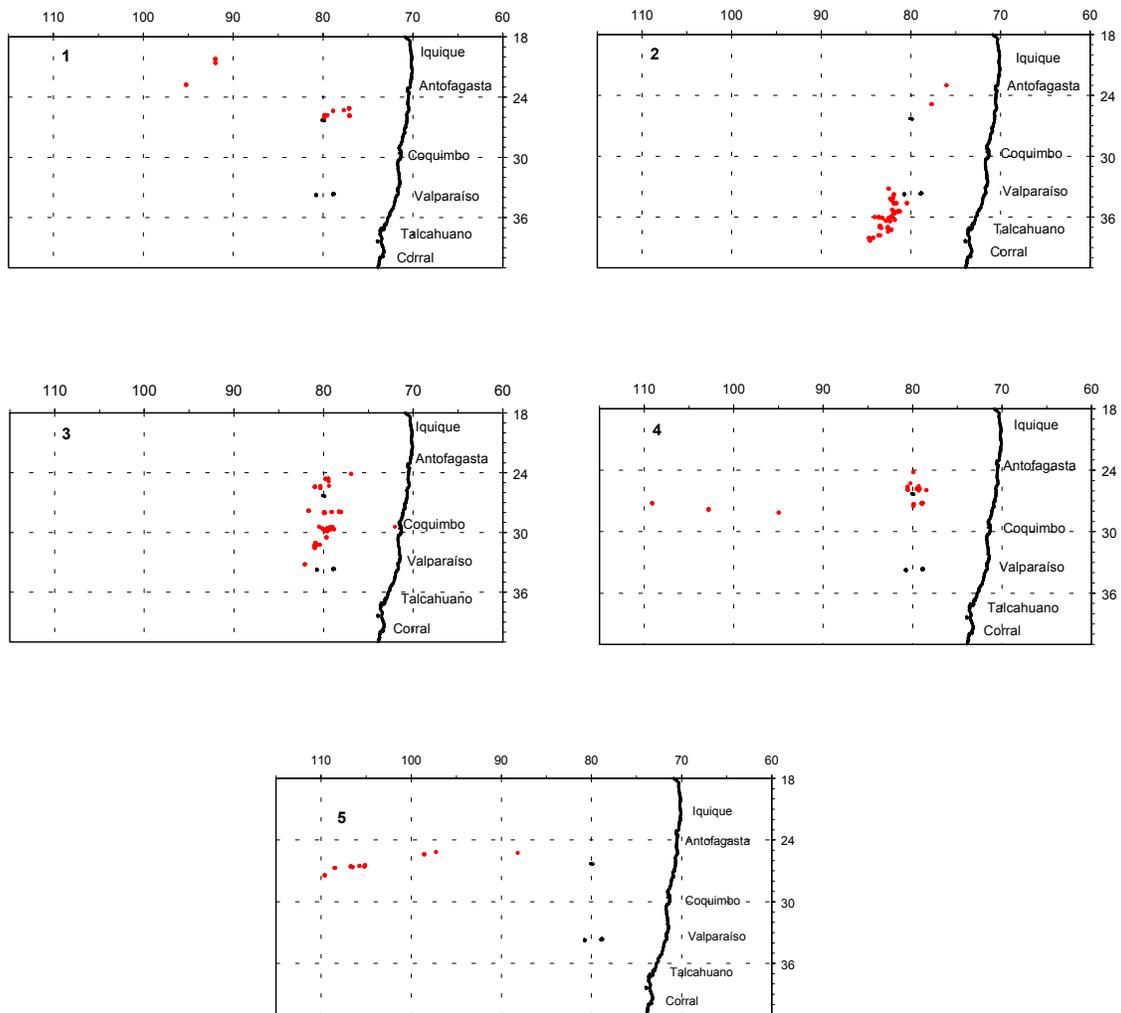


Figura 47. Distribución espacial de estómagos de pez espada muestreados en el Pacífico Sur Oriental frente a las costas de Chile. 1 = verano de 2001, 2 = otoño, 3 = invierno, 4 = primavera, 5 = verano de 2002.

	G1	G2	G3	G4	G5
Cefalópodos	3,9717	21,276	23,393	33,642	46,37
Teleosteos	93,5	78,552	76,553	66,324	52,91
	50	50	50	50	50

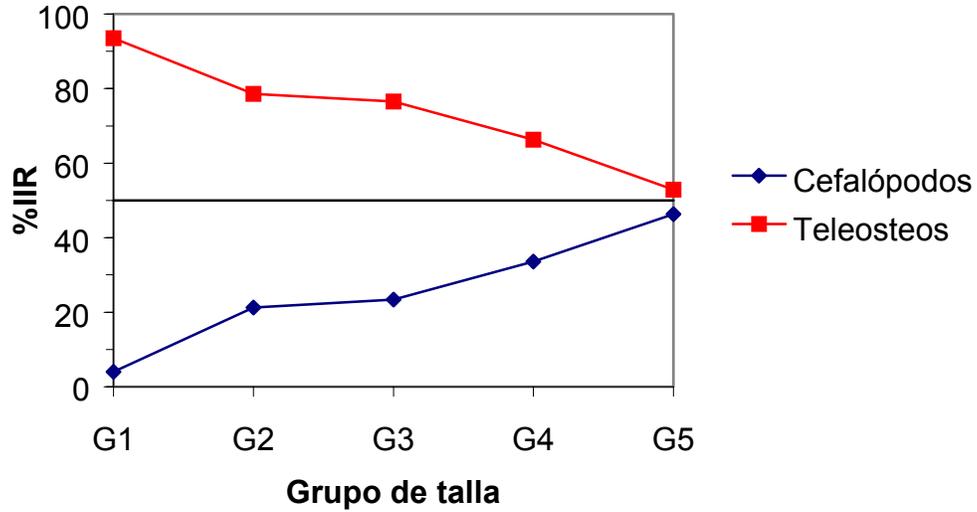


Figura 48. Variación de la importancia relativa de los grupos presa mayores, teleosteos y cefalópodos, con respecto a la talla de ejemplares de pez espada (definición de grupos en los resultados).

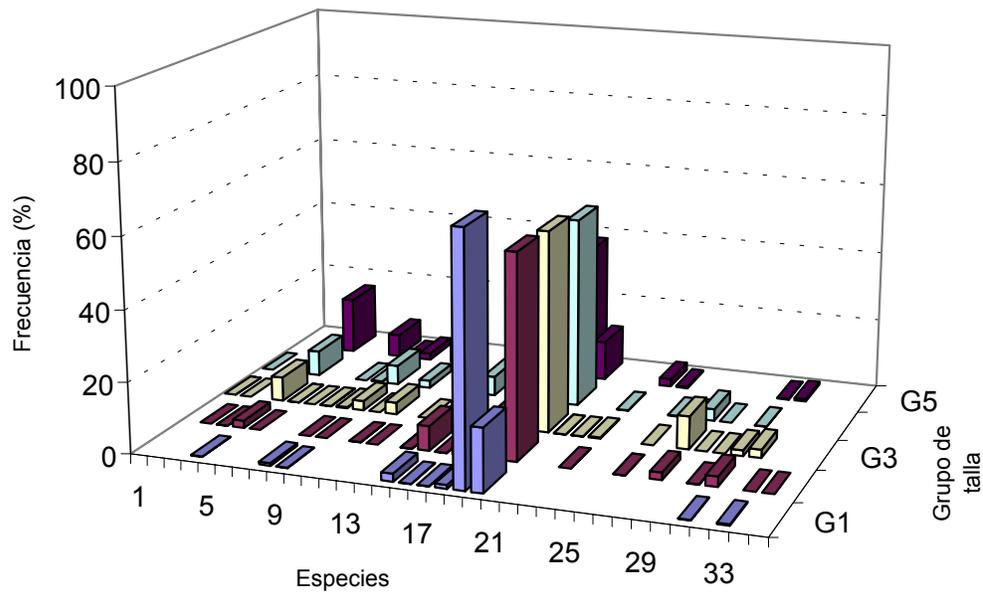
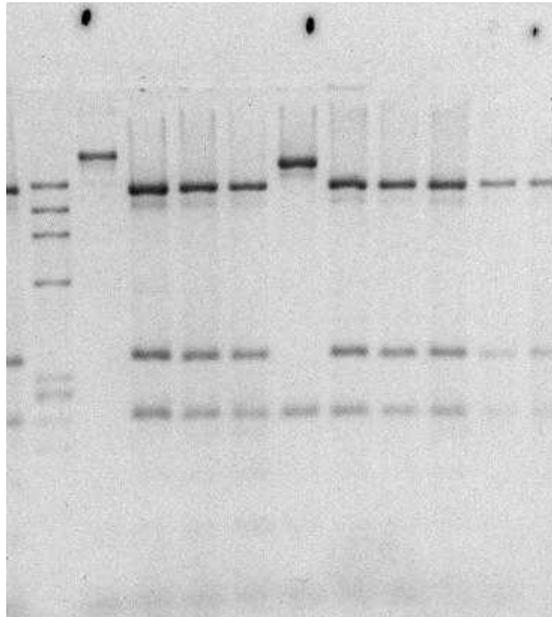


Figura 49. Representación de la composición dietaria de pez espada por rango de talla.

Cefalópodos	Teleosteos	Cartilaginosos
1 <i>C. veranyi</i>	17 <i>Alepisaurus sp.</i>	32 Tipo raya
2 <i>C. scabra</i>	18 <i>B. splendens</i>	
3 <i>Discoteuthis sp.</i>	19 <i>B. australis</i>	Crustáceos
4 <i>D. gigas</i>	20 <i>C. pauciradiatus</i>	33 Sergestidae
5 <i>E. luminosa</i>	21 <i>M. mola</i>	
6 <i>Heteroteuthis sp.</i>	22 <i>S. chilensis</i>	
7 <i>H. dofleini</i>	23 <i>S. japonicus</i>	
8 <i>Histioteuthis sp.</i>	24 <i>Scomberomorus sp.</i>	
9 <i>L. diadema</i>	25 <i>Thunnus sp.</i>	
10 <i>M. ingens</i>	26 <i>T. atun</i>	
11 <i>O. bartrami</i>	27 <i>Trachipterus sp.</i>	
12 <i>O. banksii</i>	28 Mictofidae	
13 <i>P. boshmai</i>	29 Scombridae 1	
14 <i>S. oualeniensis</i>	30 Scombridae 2	
15 <i>T. filippovae</i>	31 Scombridae 3	
16 Ommastrephidae		

M ND A B A



M ND B A D C D B

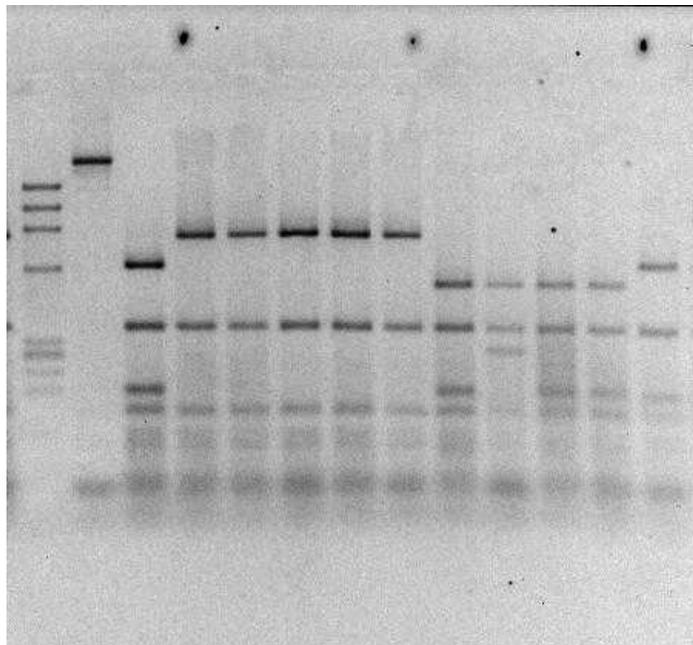


Figura 50. Fragmento D-loop de *X. gladius* amplificado por PCR y digerido con las enzimas de restricción Taq^{α} I, Haplotipos A y B. *Alu* I, Haplotipos A, B, C y D. M, marcador de tamaños moleculares. ND, fragmento no digerido.

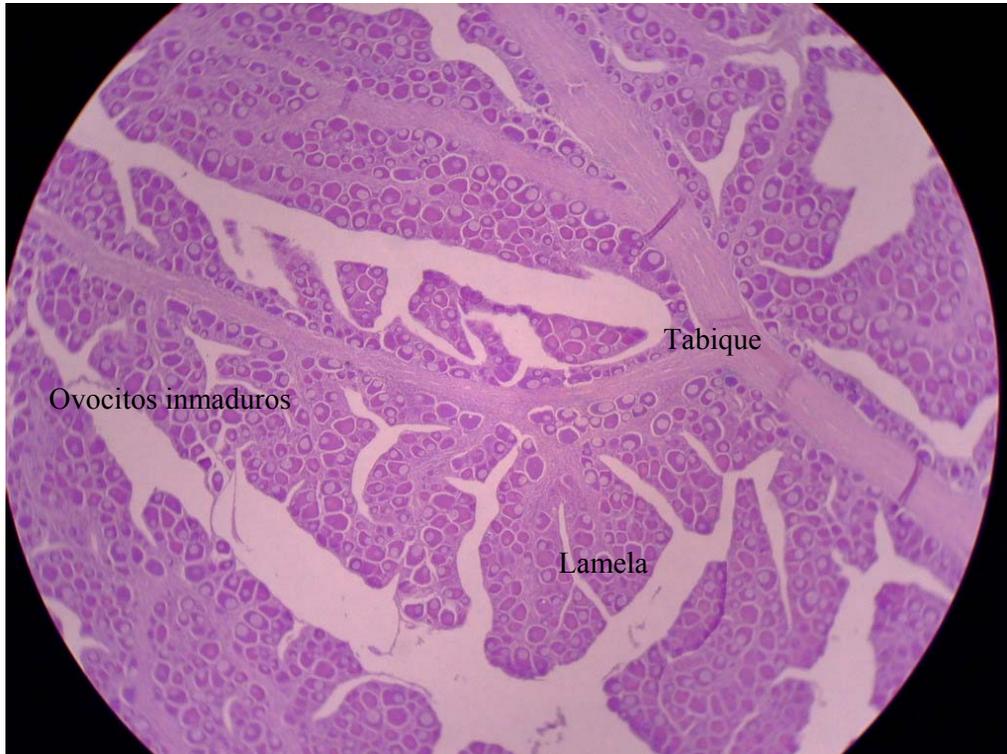


Figura 51a. Ovario de *Xiphias gladius* en estadio 2 (Inmaduro) (10 X).

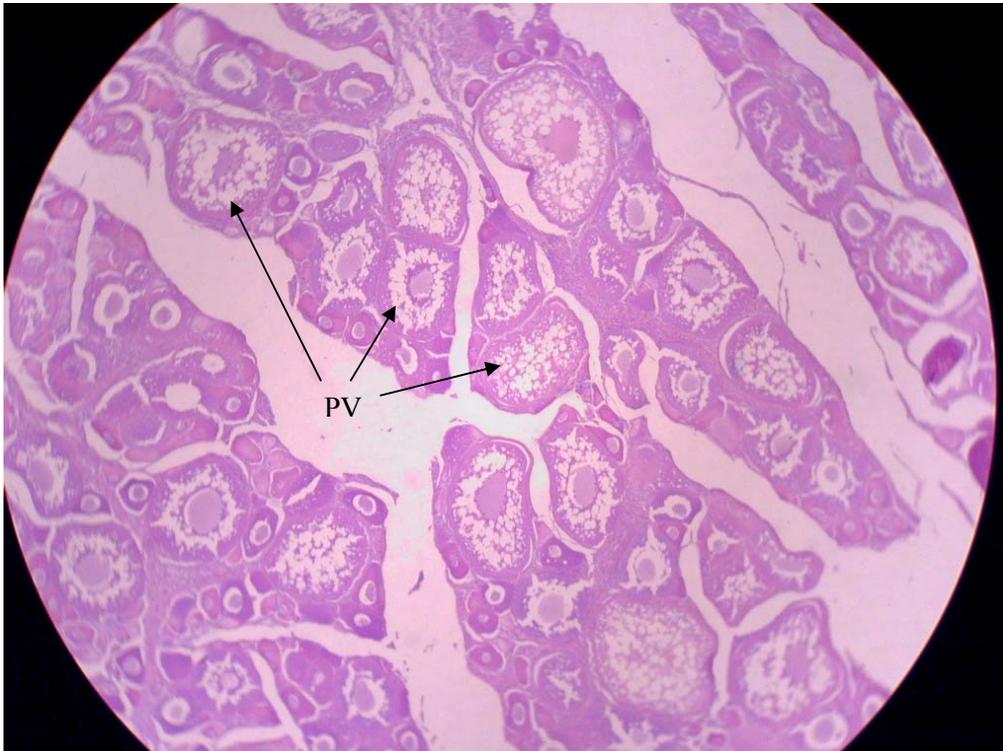


Figura 51b. Ovario en estadio 3 (Parcialmente Vitelado, PV) (10 X)

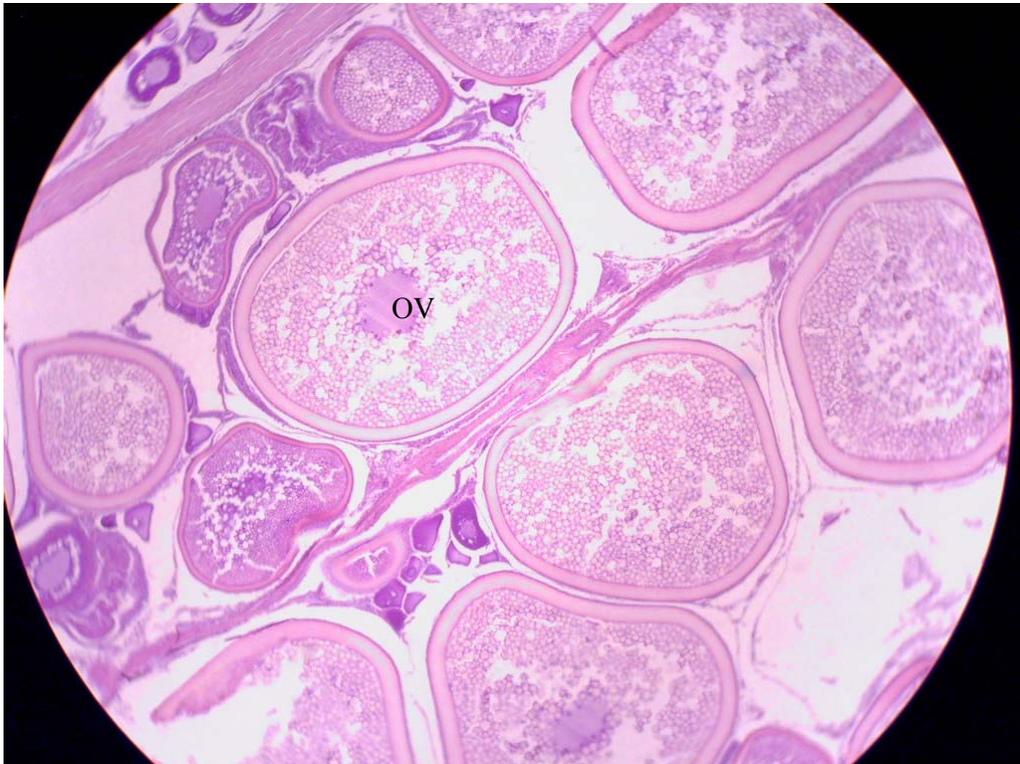


Figura 51c. Ovario en estadio 4 (Vitelado, OV) (10 X).

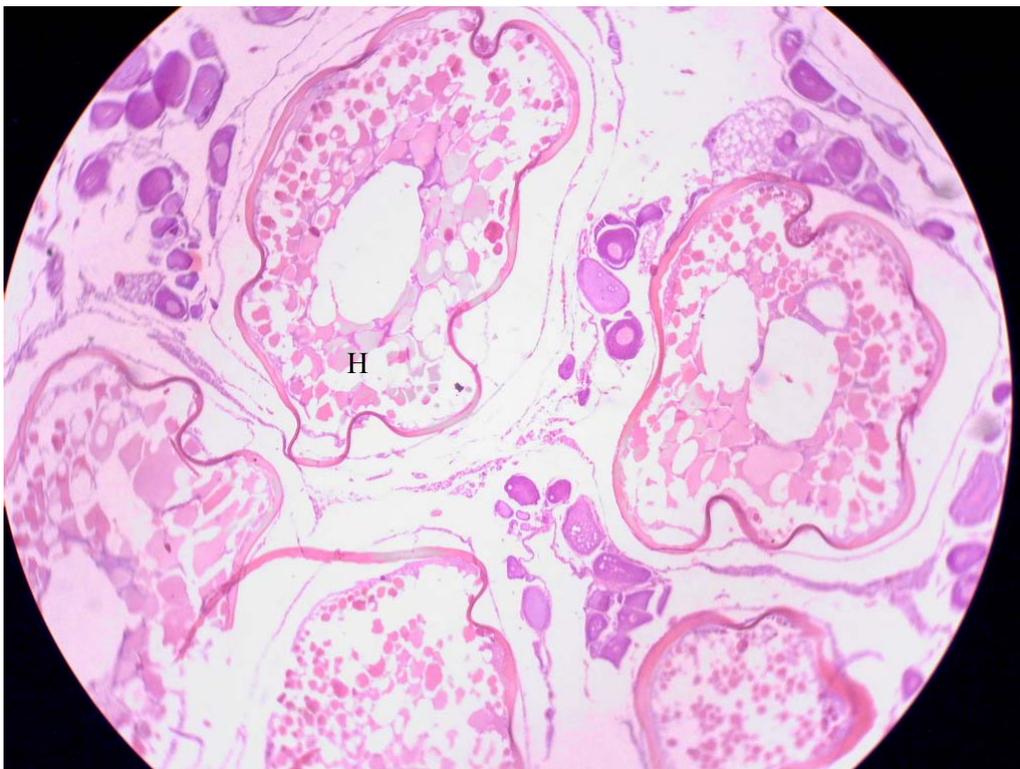


Figura 51d. Ovario en estadio 5 (Hidratado, H) (10 X).

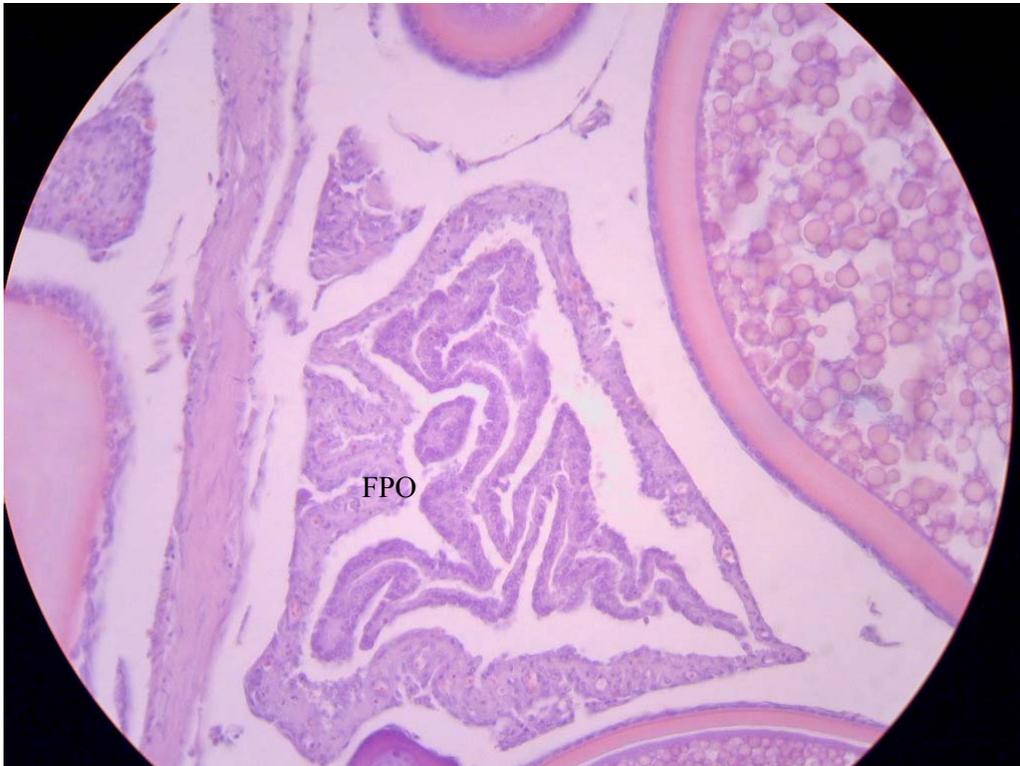


Figura 51e. Ovario en estadio 6 (En Desove) FPO: Folículo postovulatorio (40X).

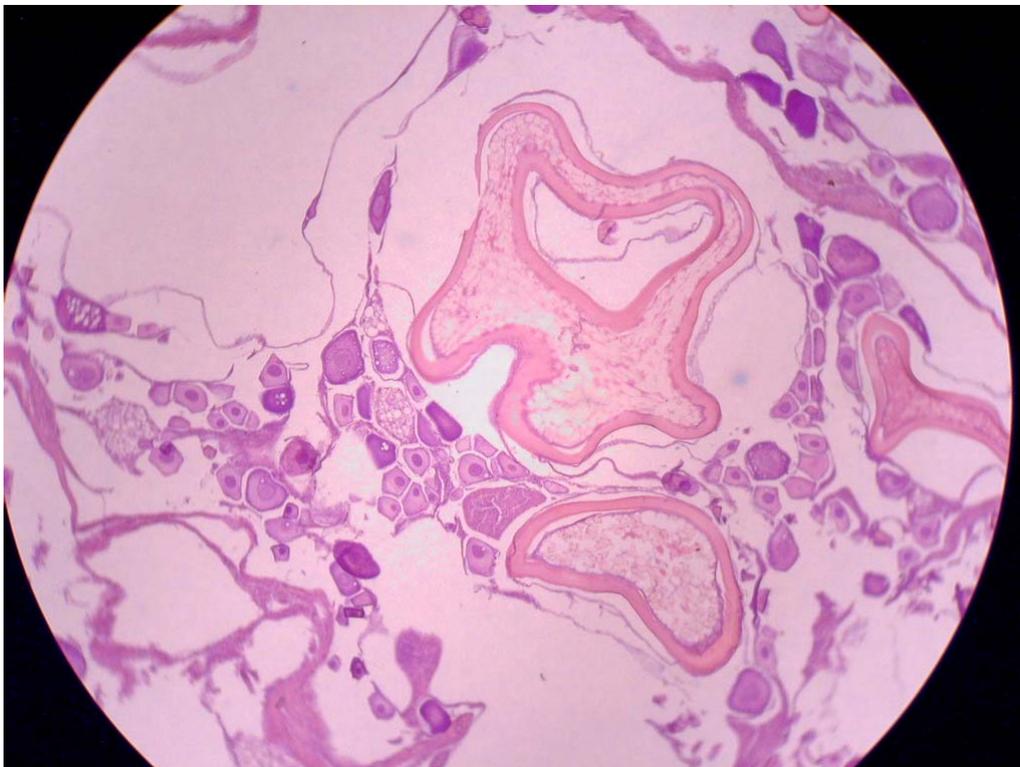


Figura 51f. Ovario en estadio 6 (En Desove) (10 X).

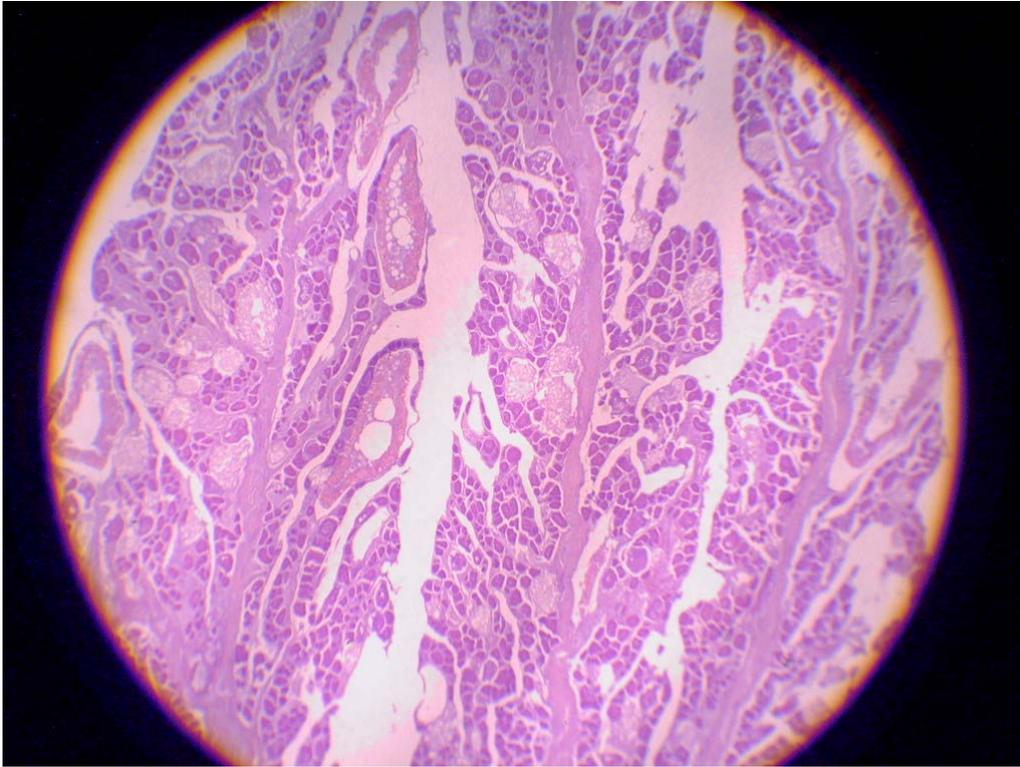


Figura 51g. Ovario en estadio 7 (Desovado) (4X).

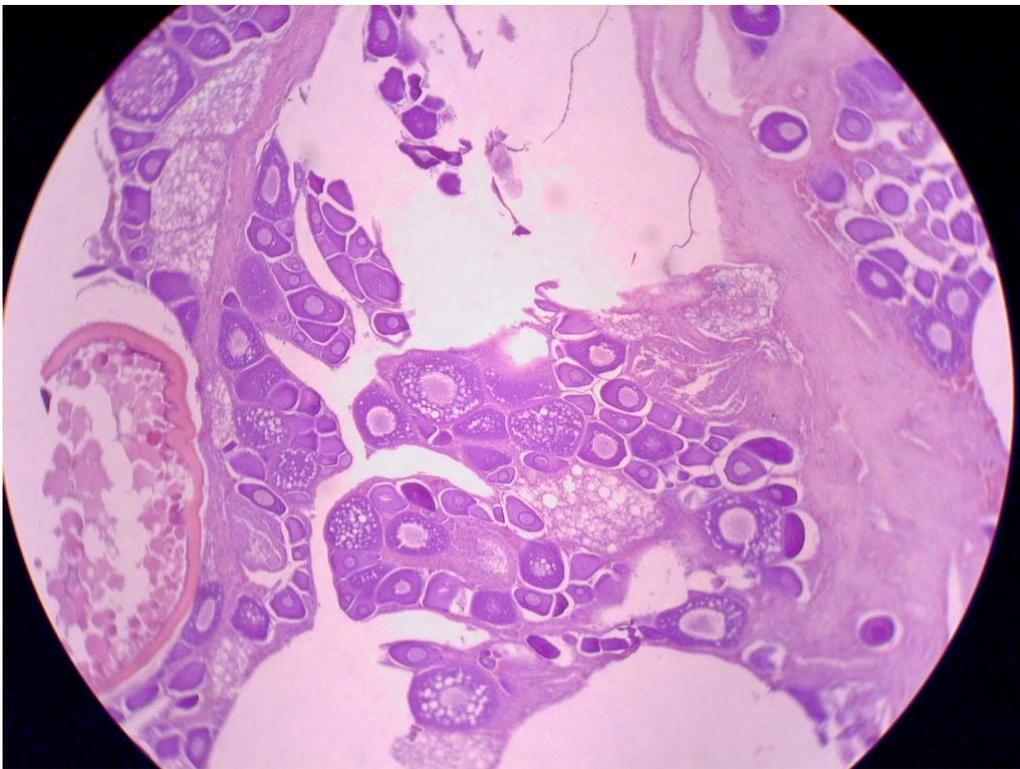


Figura 51h. Ovario en estadio 7 (Desovado) (10 X).

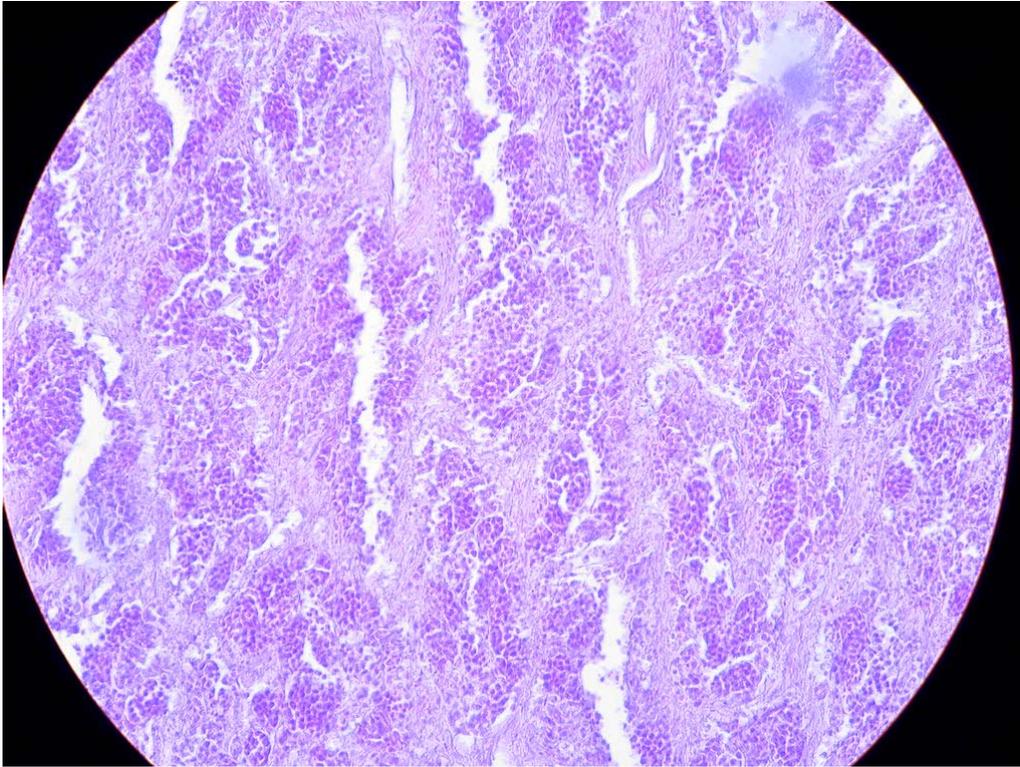


Figura 52a. Testículo de *Xiphias gladius* en estadio 2 (Inmaduro) (40 X).

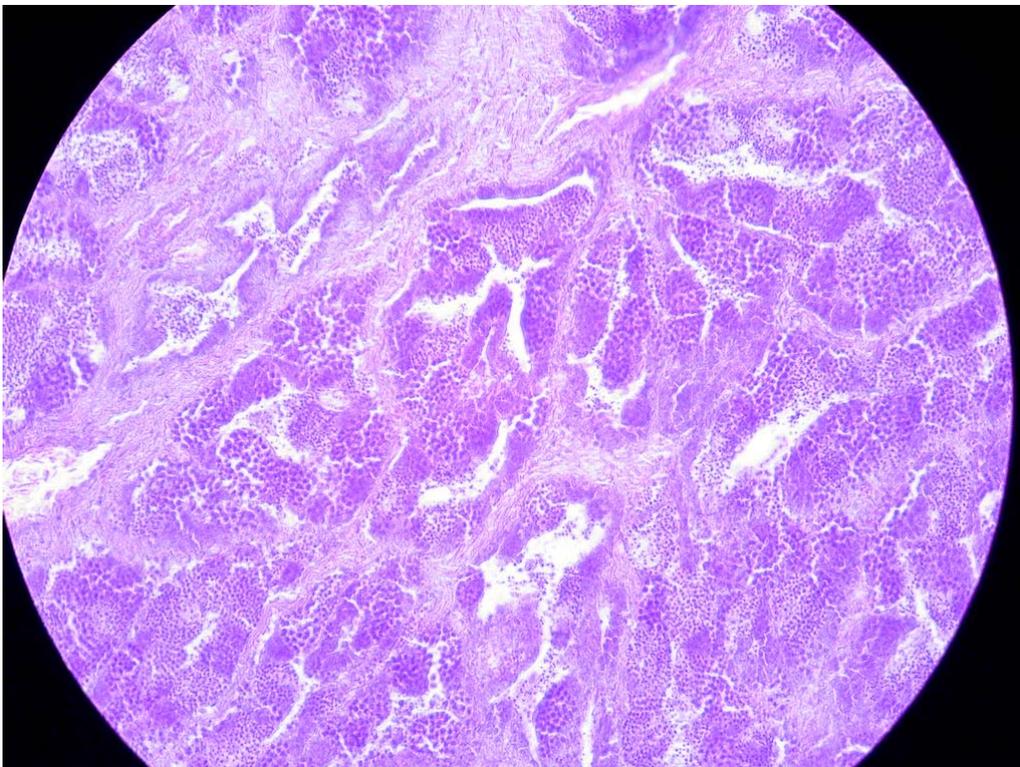


Figura 52b. Testículo en estadio 3 (En maduración) (40 X).

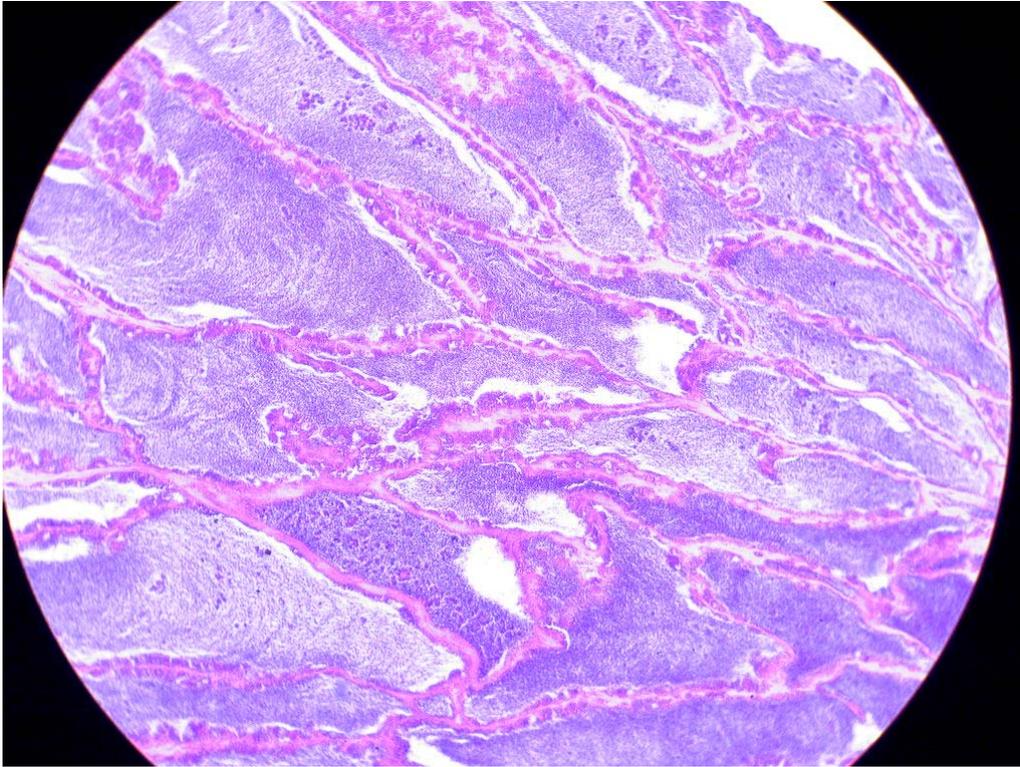


Figura 52c. Testículo en estadio 4 (Madurez avanzada y emisión) (10 X).

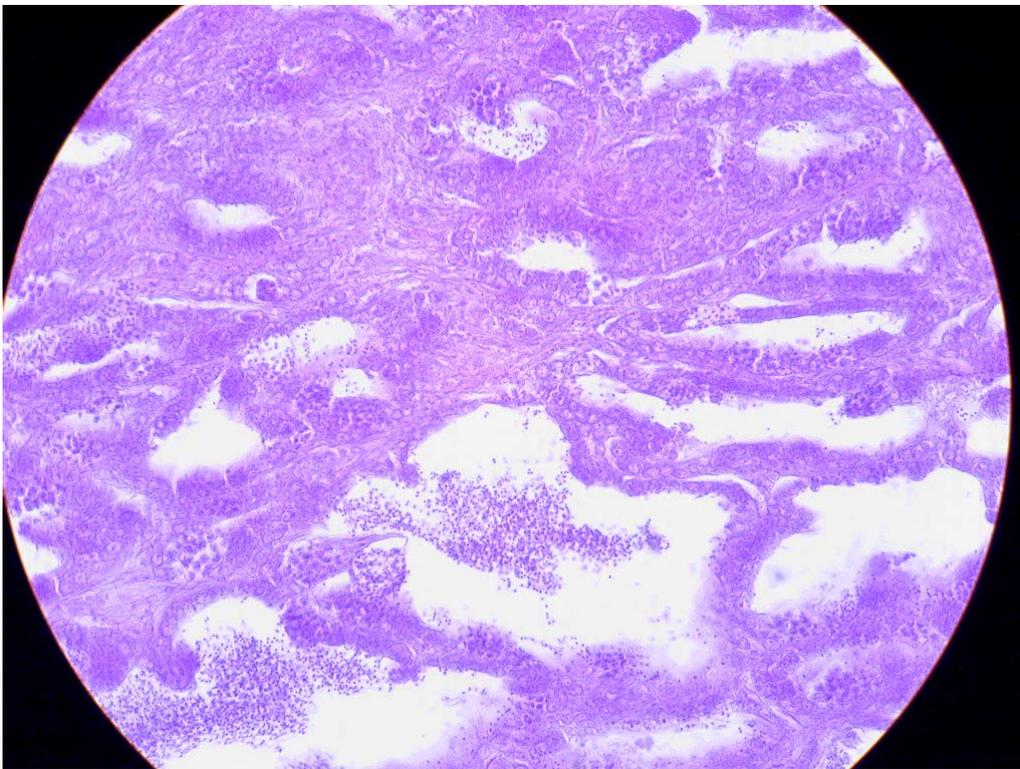


Figura 52d. Testículo en estadio 5 (En regresión) (40 X).

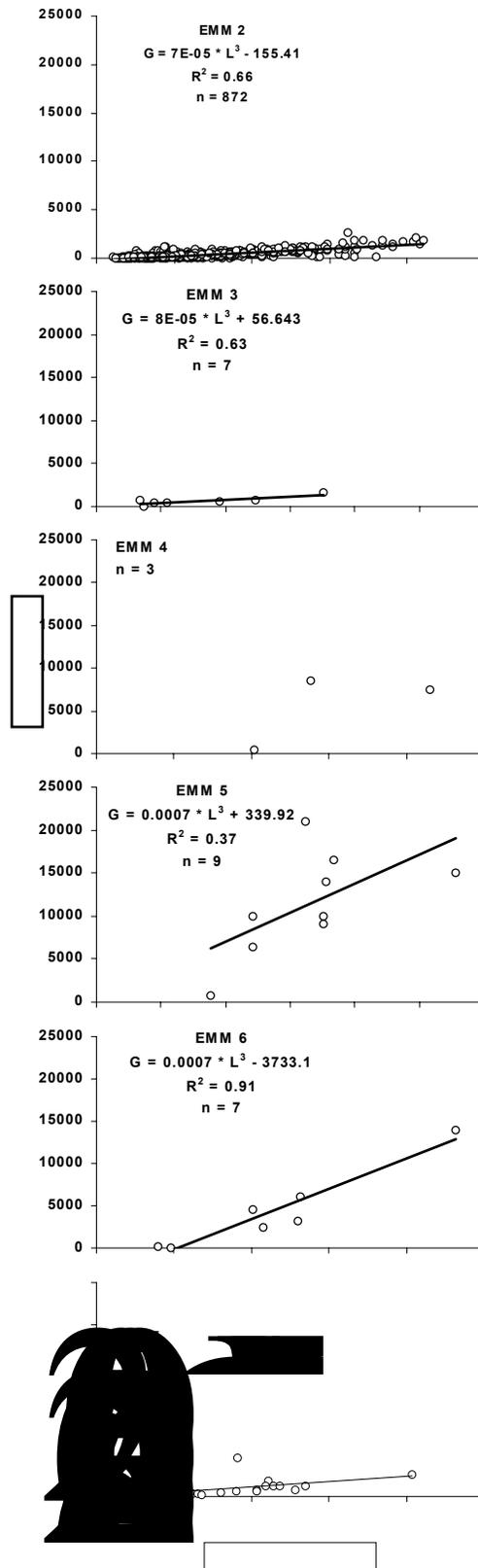


Figura 53. Relación entre el cubo de la longitud (LMIH) y el peso del ovario según estadio de madurez ovárica.

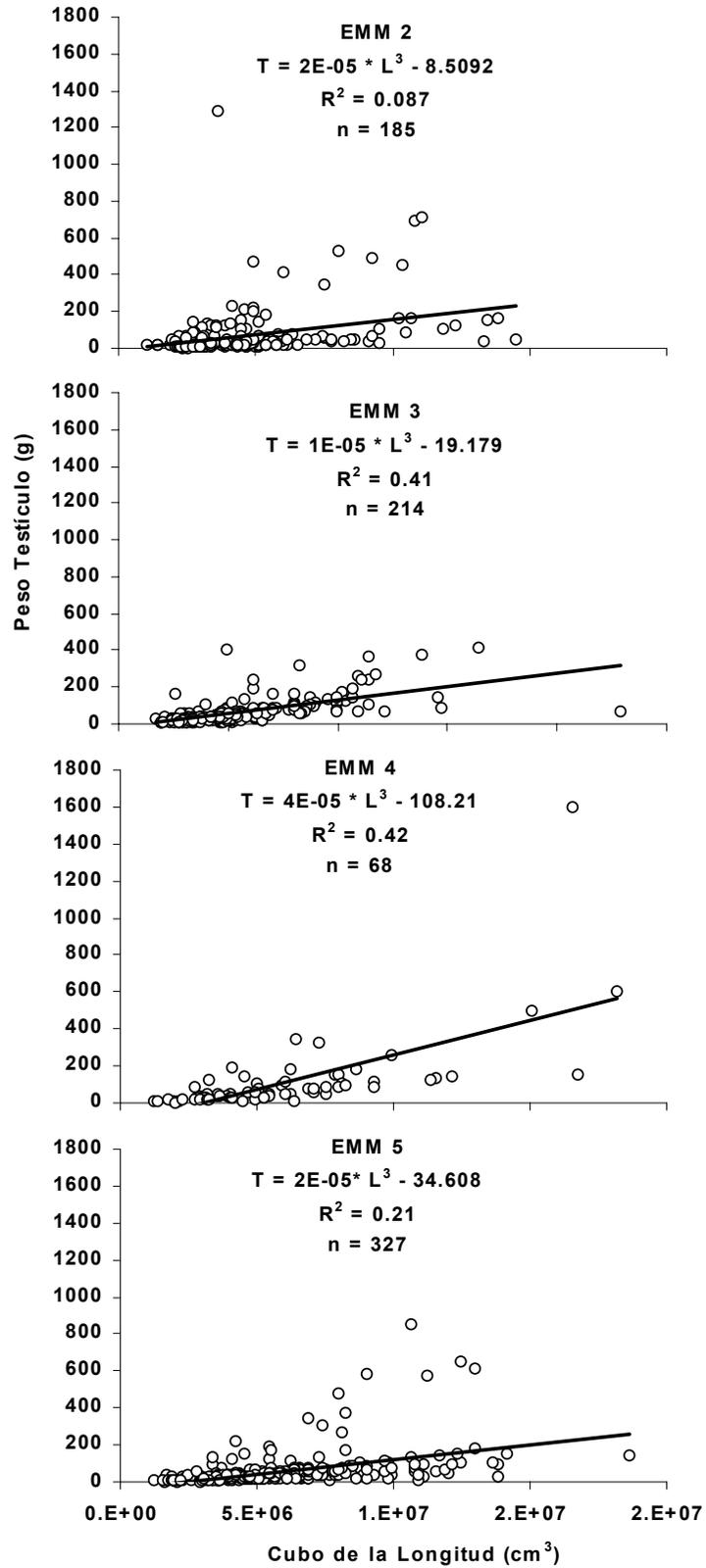


Figura 54. Relación entre el cubo de la longitud (LMIH) y el peso del testículo según estadio de madurez en machos.

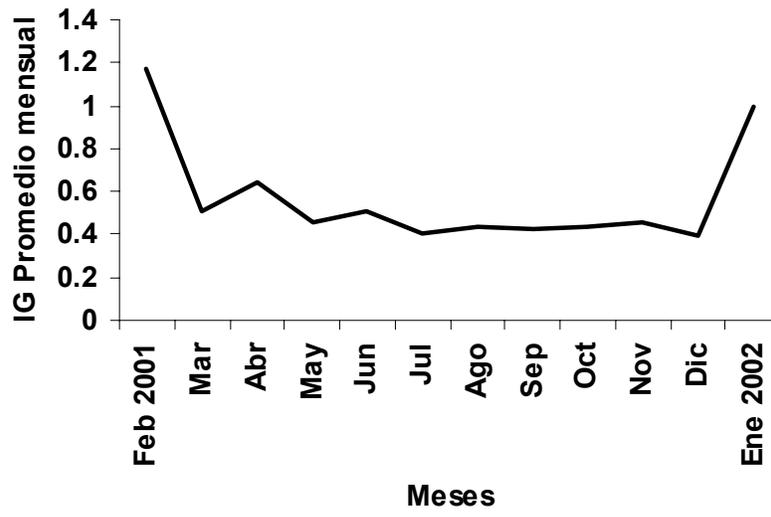


Figura 55. Índice gonádico promedio mensual de hembras de pez espada.

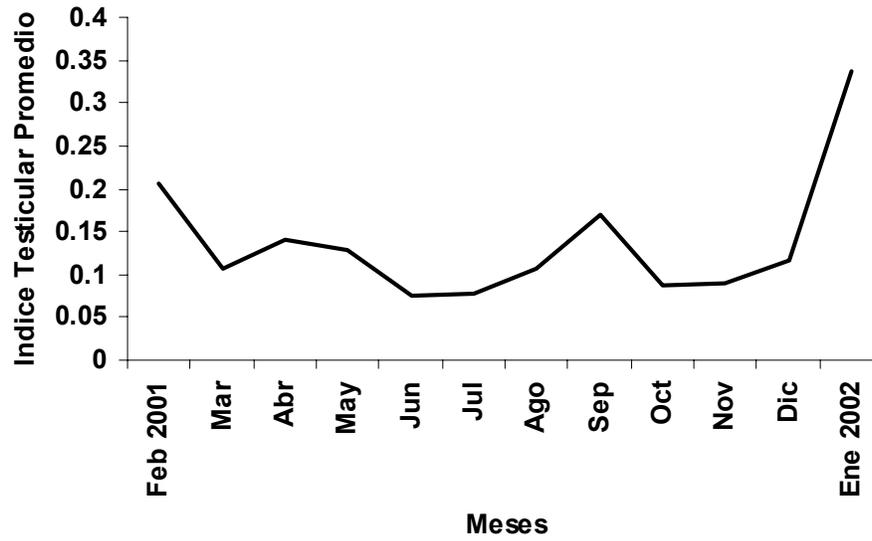


Figura 56. Índice testicular promedio mensual para machos

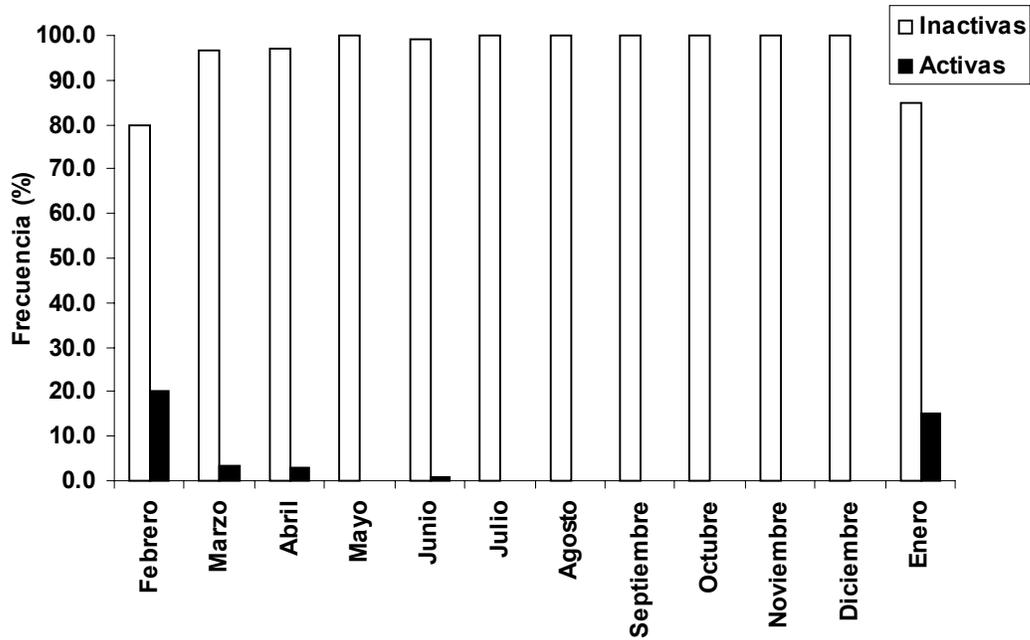


Figura 57. Distribución mensual de hembras *X. gladius* sexualmente inactivas (estadios 1+2+7) y activas (estadios 3+4+5+6)

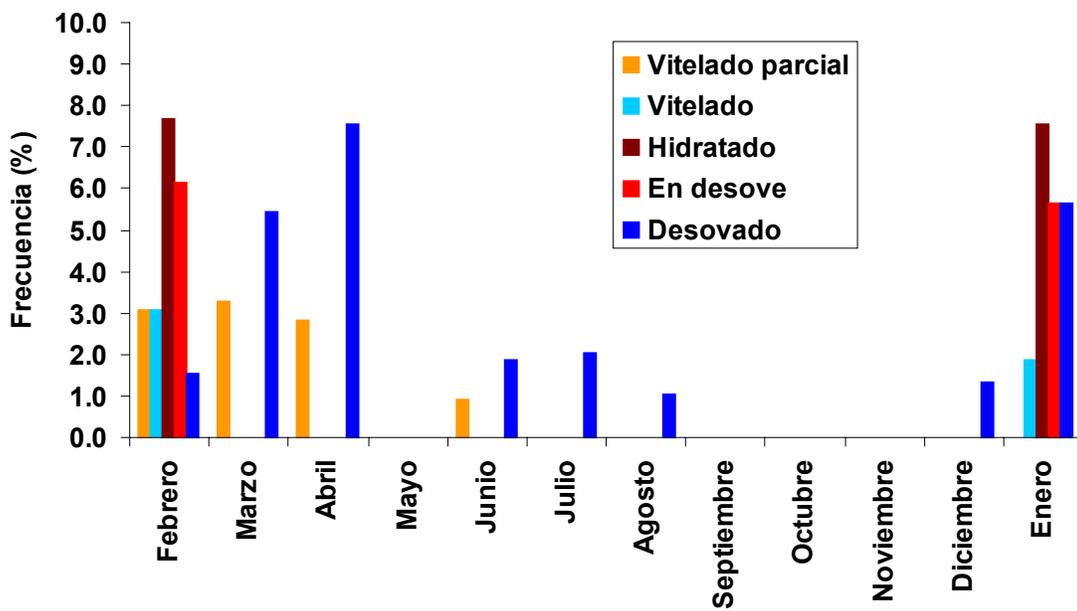


Figura 58. Distribución mensual de estadios ováricos de *Xiphias gladius*, período febrero 2001 - enero 2002. Se exceptúa el estadio 2 (inmaduro).

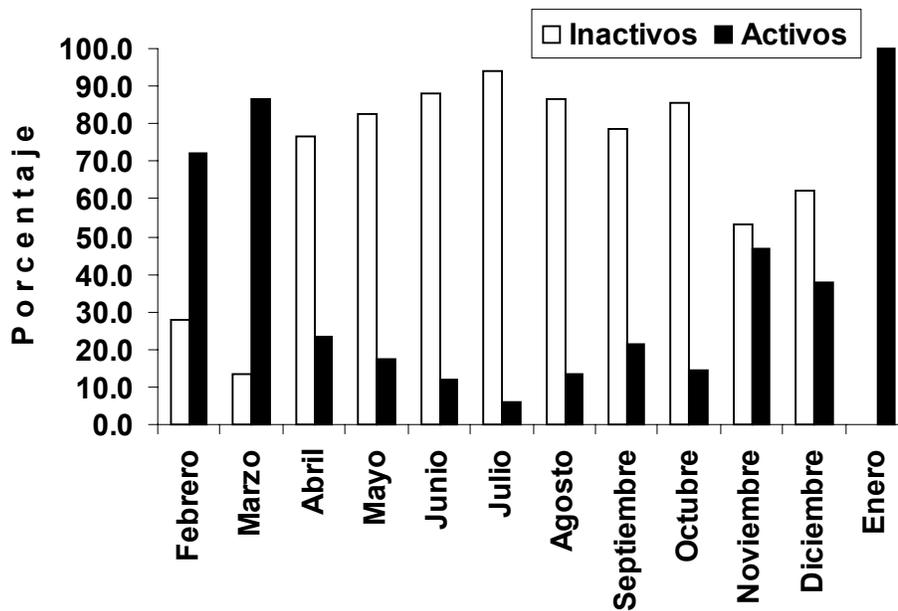


Figura 59. Distribución mensual de machos *X. gladius* sexualmente inactivos (1+2+5) y activos (estadios 3+4)

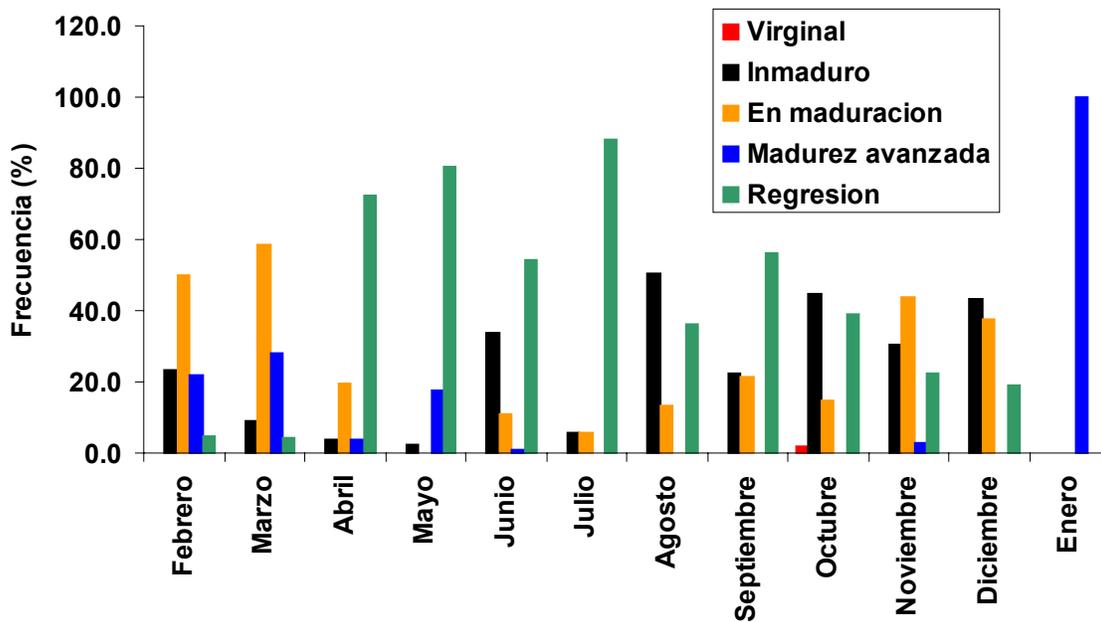


Figura 60. Distribución mensual de estadios testiculares de *Xiphias gladius*, período febrero 2001 – enero 2002.

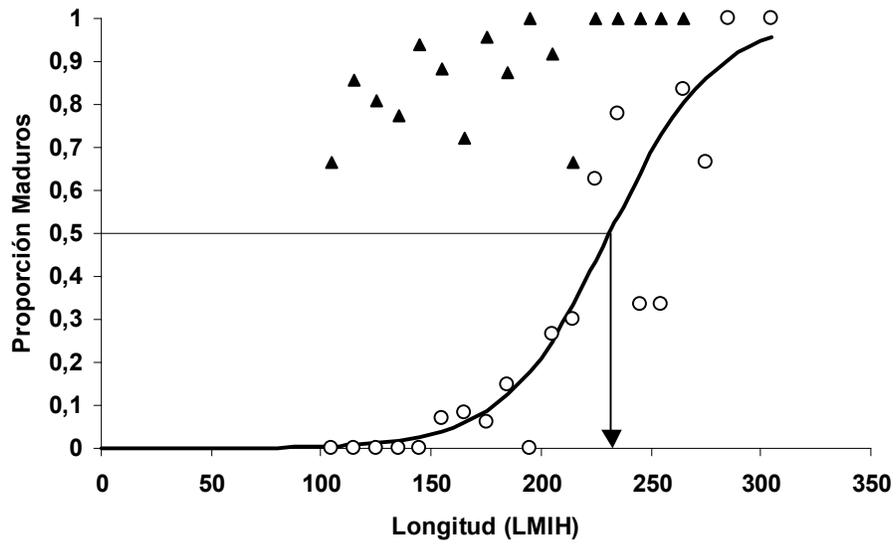


Figura 61. Proporción de maduros en hembras (círculos) y machos (triángulos) de *X. Gladius*. Línea continua es el ajuste del modelo a las hembras.

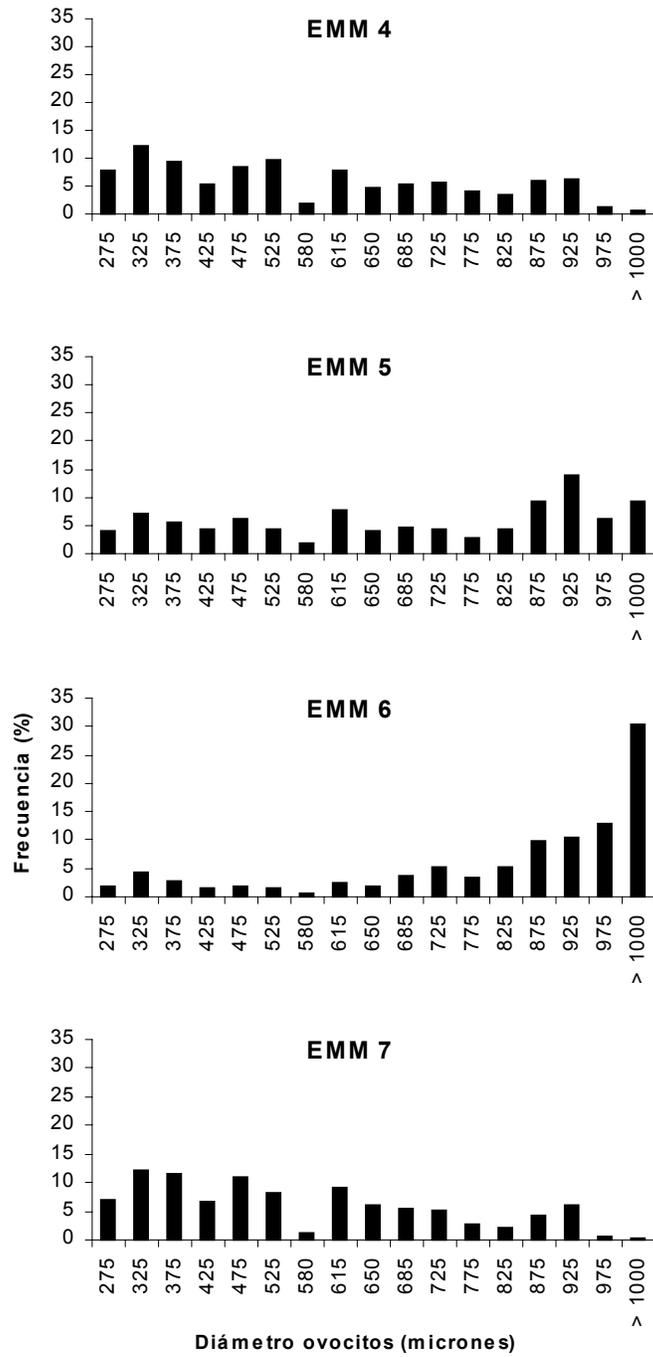


Figura 62. Distribución de frecuencia de diámetros de ovocitos en *Xiphias gladius* por estadios de madurez microscópica.

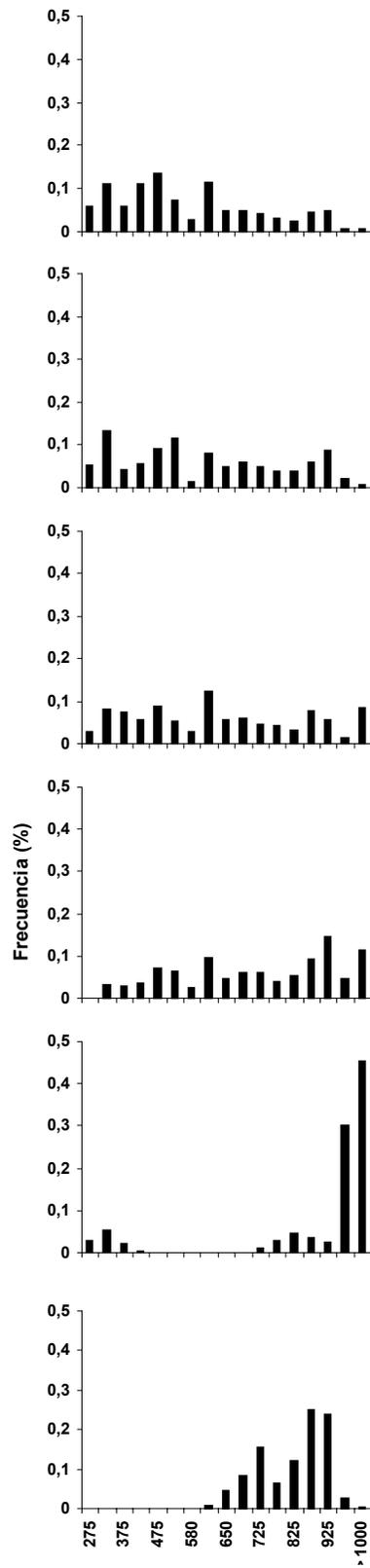


Figura 63. Distribuciones de frecuencia de tamaños de ovocitos ordenadas de acuerdo a la moda de vitelados (< 600 micrones).

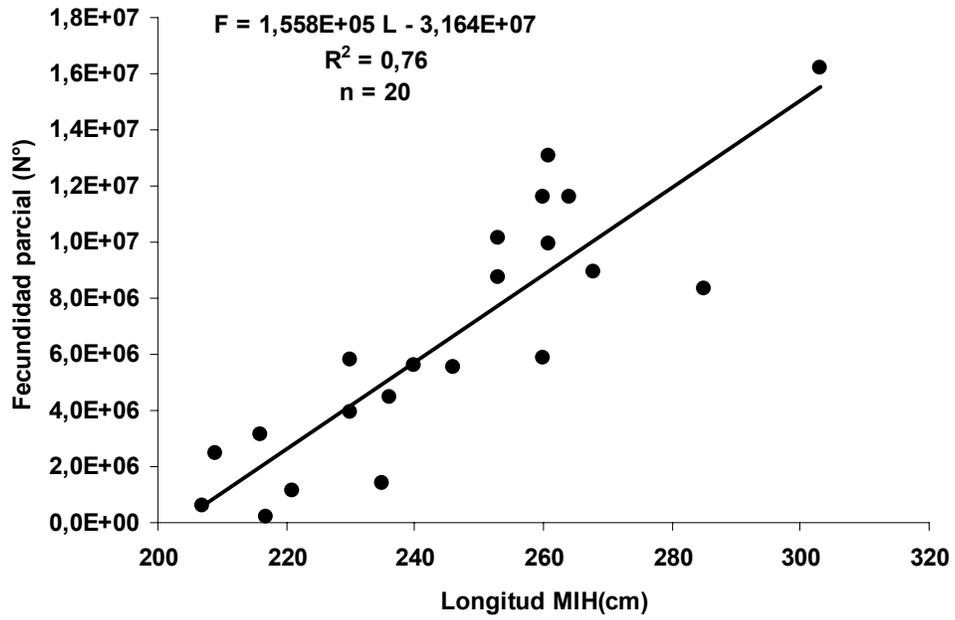


Figura 64. Relación entre la longitud (Longitud mandíbula inferior a horquilla) con la fecundidad parcial en *Xiphias gladius*, considerando los ovocitos mayores a 750 micrones.

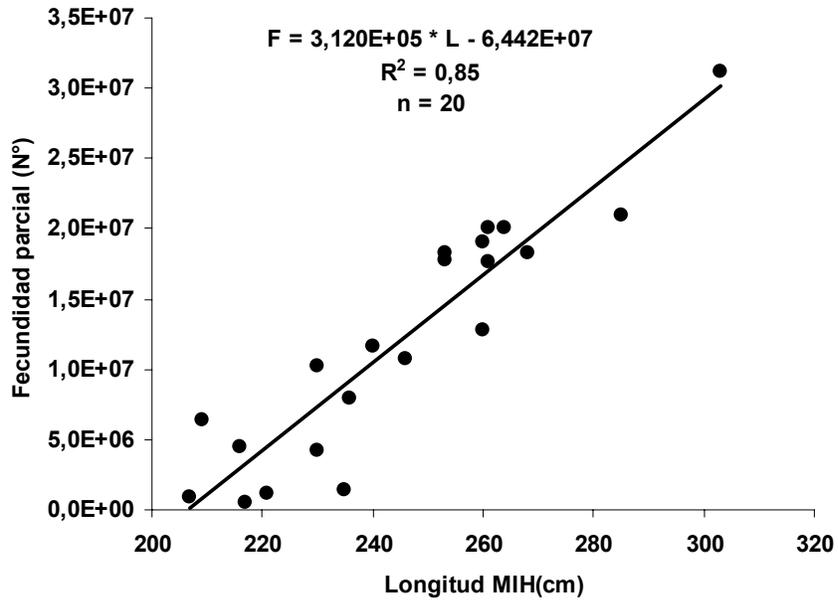


Figura 65. Relación entre la longitud (Longitud mandíbula inferior a horquilla) con la fecundidad parcial en *Xiphias gladius*, considerando a los ovocitos mayores a 600 micrones.

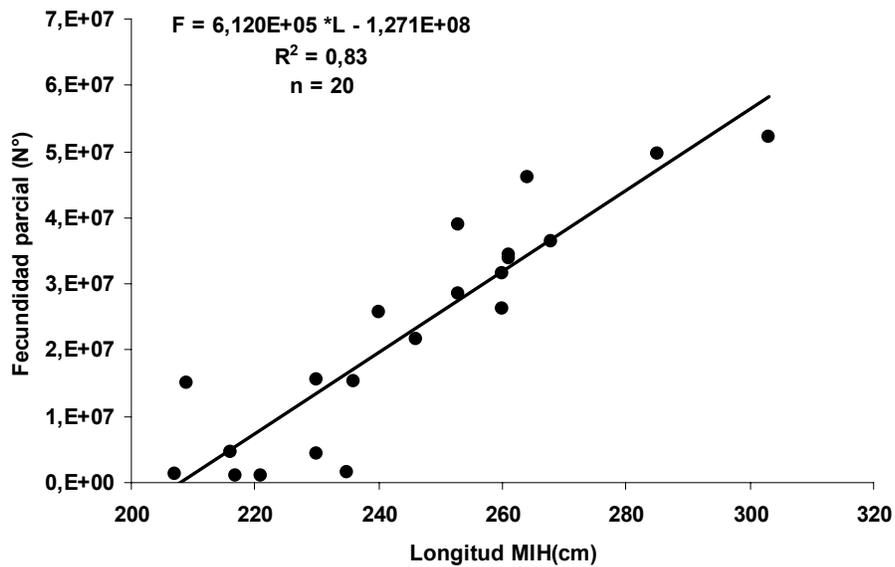


Figura 66. Relación entre la longitud (Longitud mandíbula inferior a horquilla) con la fecundidad total en *Xiphias gladius*. Ovocitos mayores a 250 micrones.

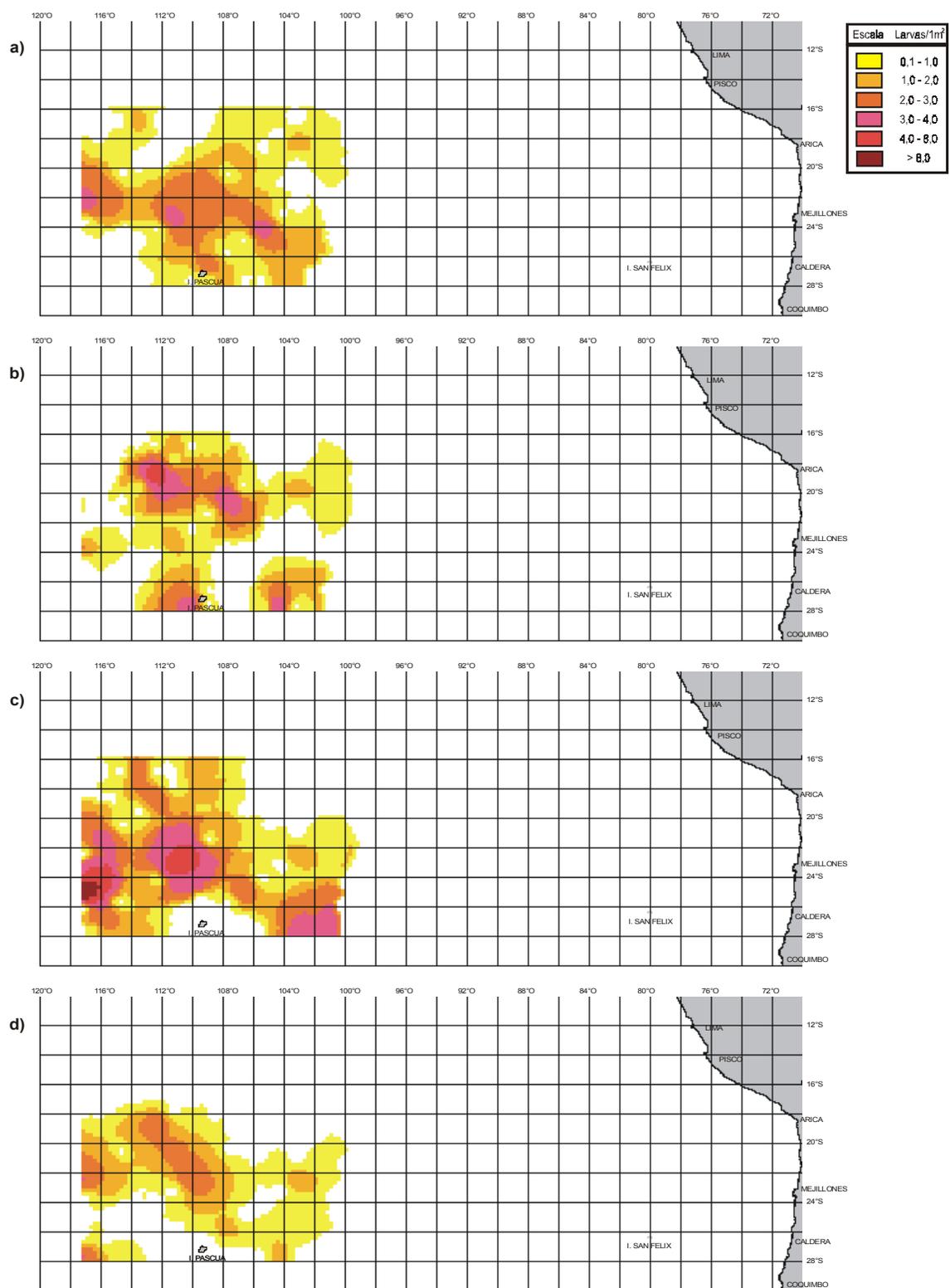


Figura 67. Distribución espacial superficial de: a) *Thunnus albacares*, b) *Katsuwonus pelamis*, c) *Thunnus alalunga* y d) *Thunnus sp.*

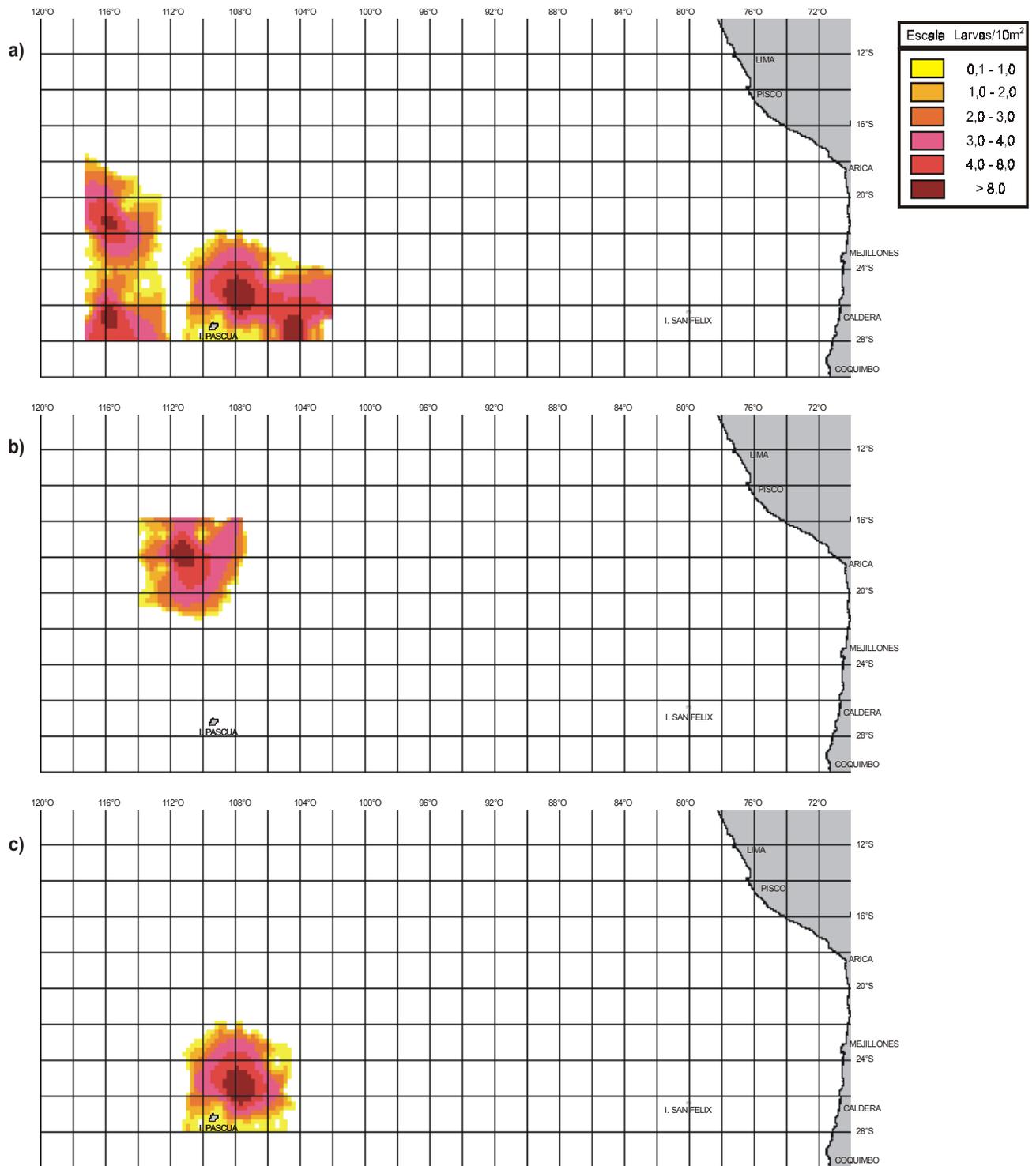


Figura 68. Distribución espacial integrada de: a) *Thunnus albacares*, b) *Katsuwonus pelamis* y c) *Thunnus sp.*

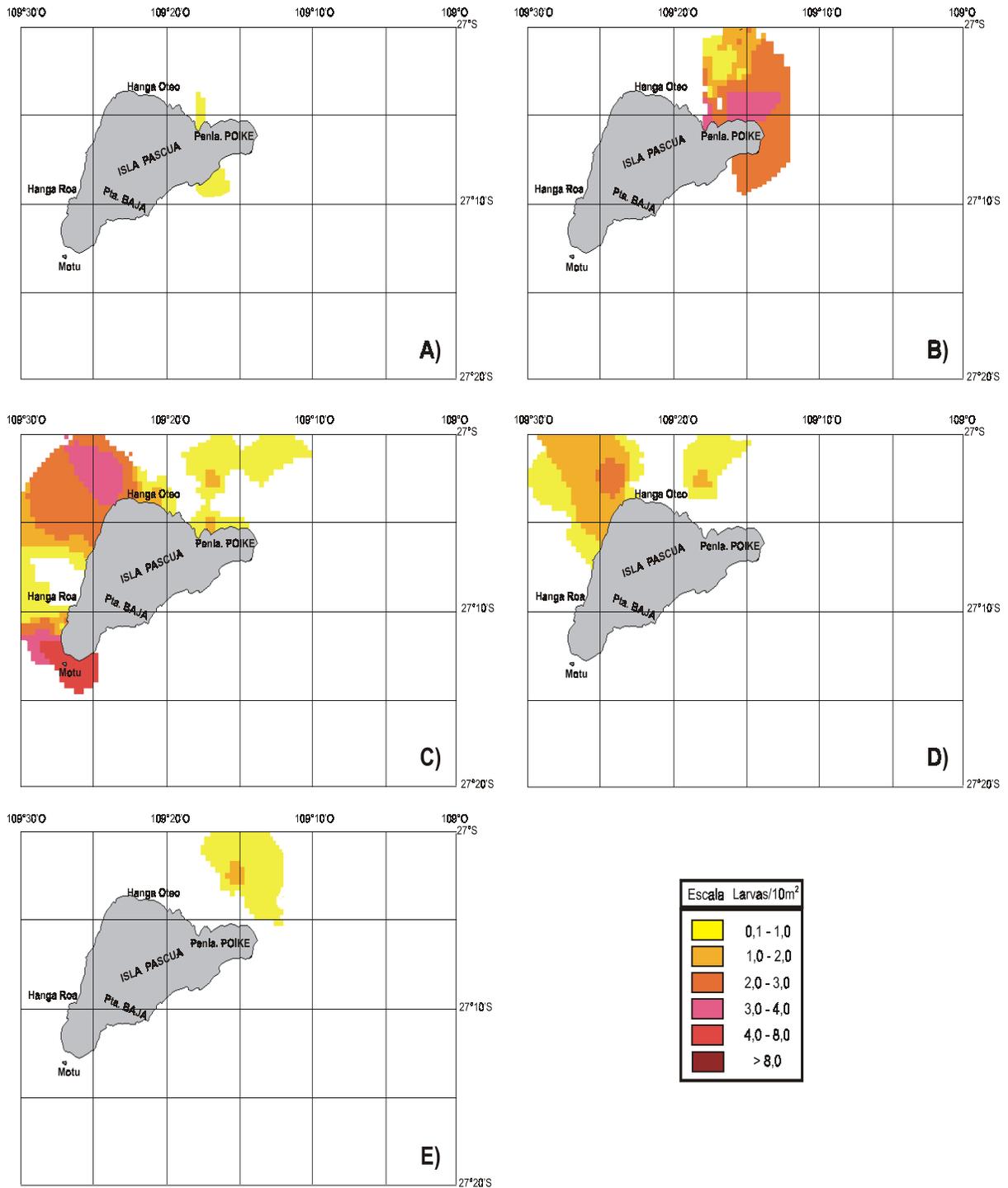


Figura 69. Distribución espacial de larvas de: a) Coryphaenidae, b) Exocoetidae, c) Hemirhamphidae, d) *Makaira nigricans* y e) *Tetrapturus audax*.

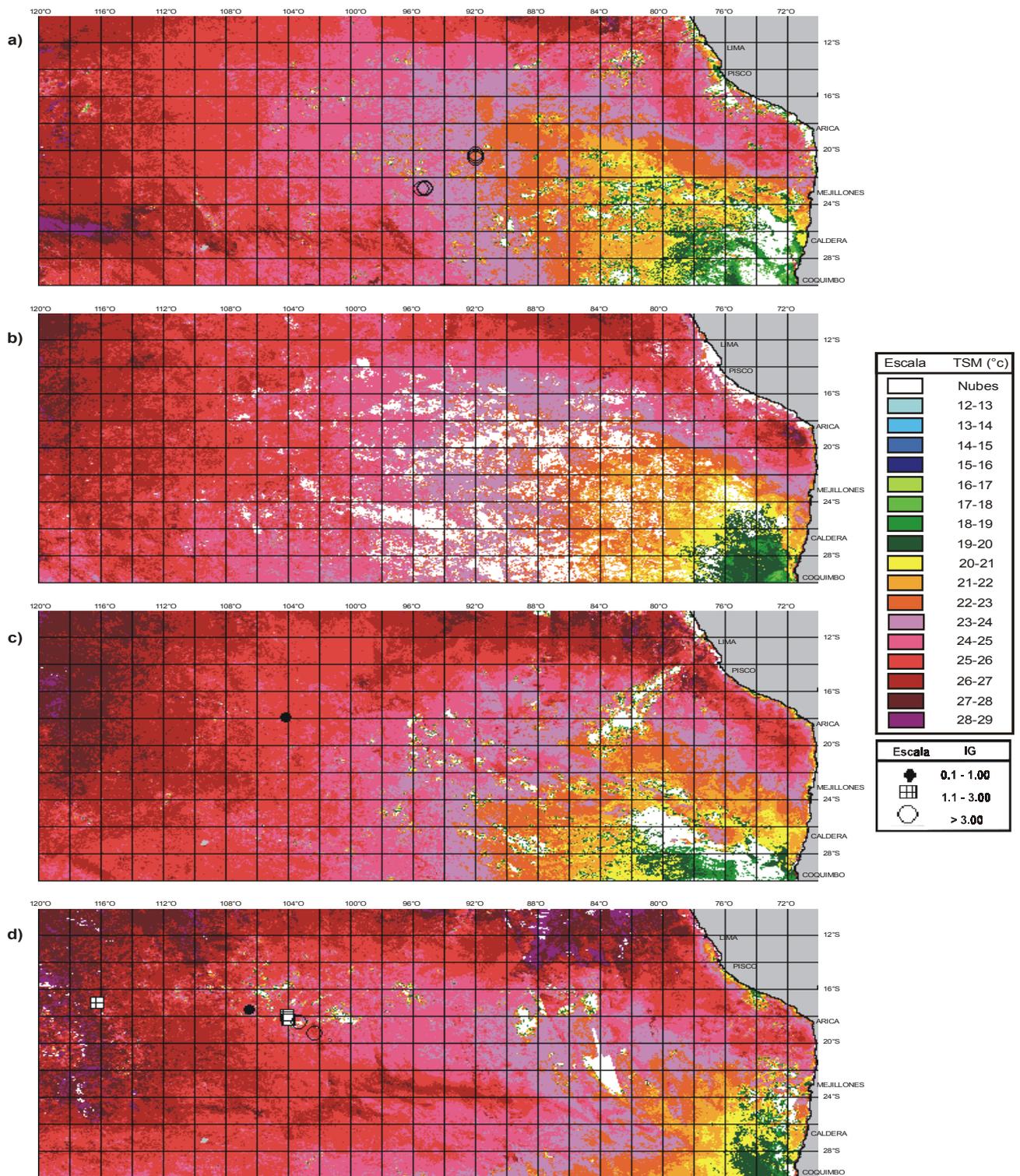


Figura 70. Distribución espacial de la TSM y el IG de pez espada en la zona de estudio, febrero 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

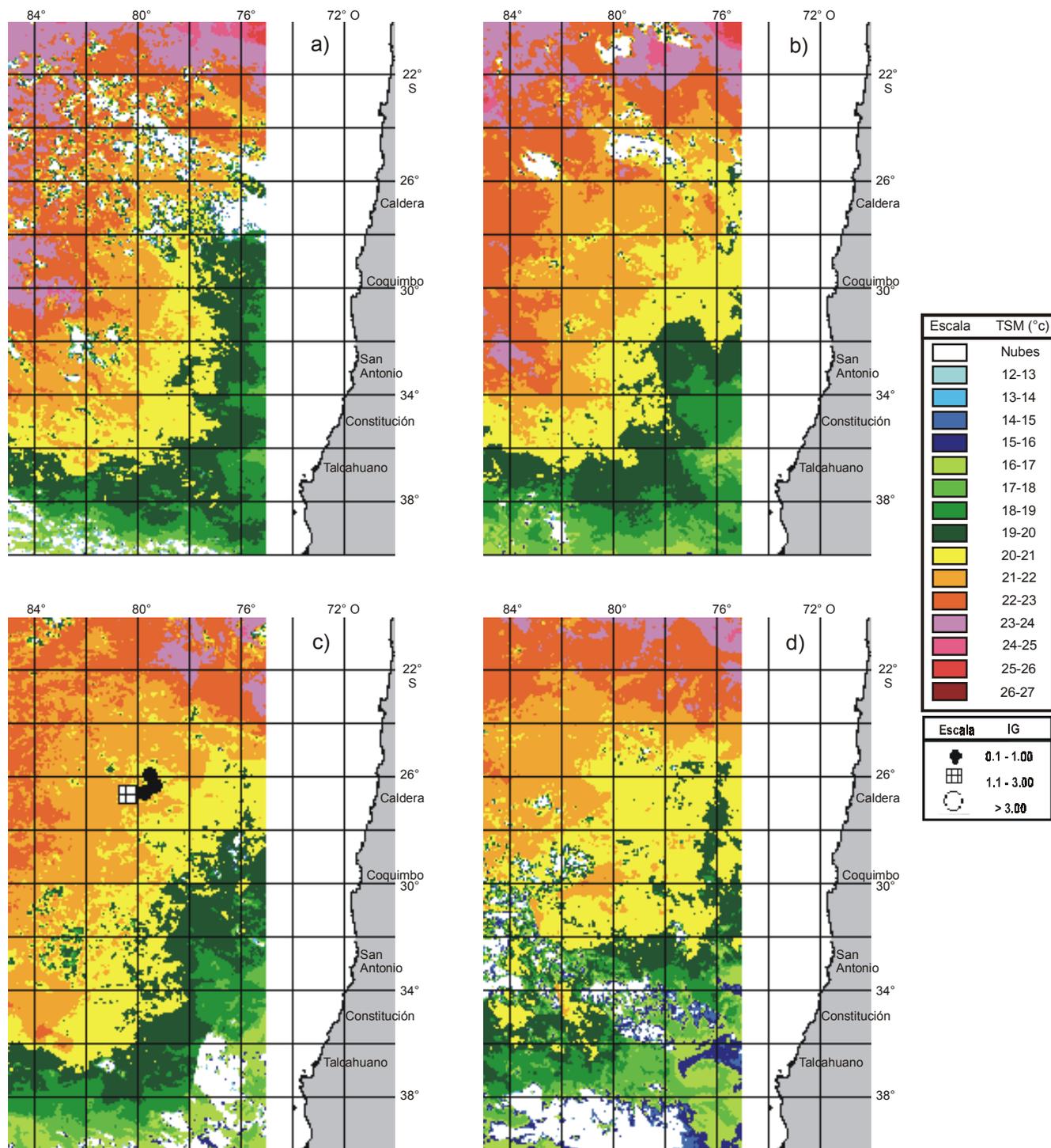


Figura 71. Distribución espacial de la TSM y el IG de pez espada en la zona de estudio, marzo 2001: a) primera semana, b) segunda semana, c) tercera semana y d) cuarta semana.

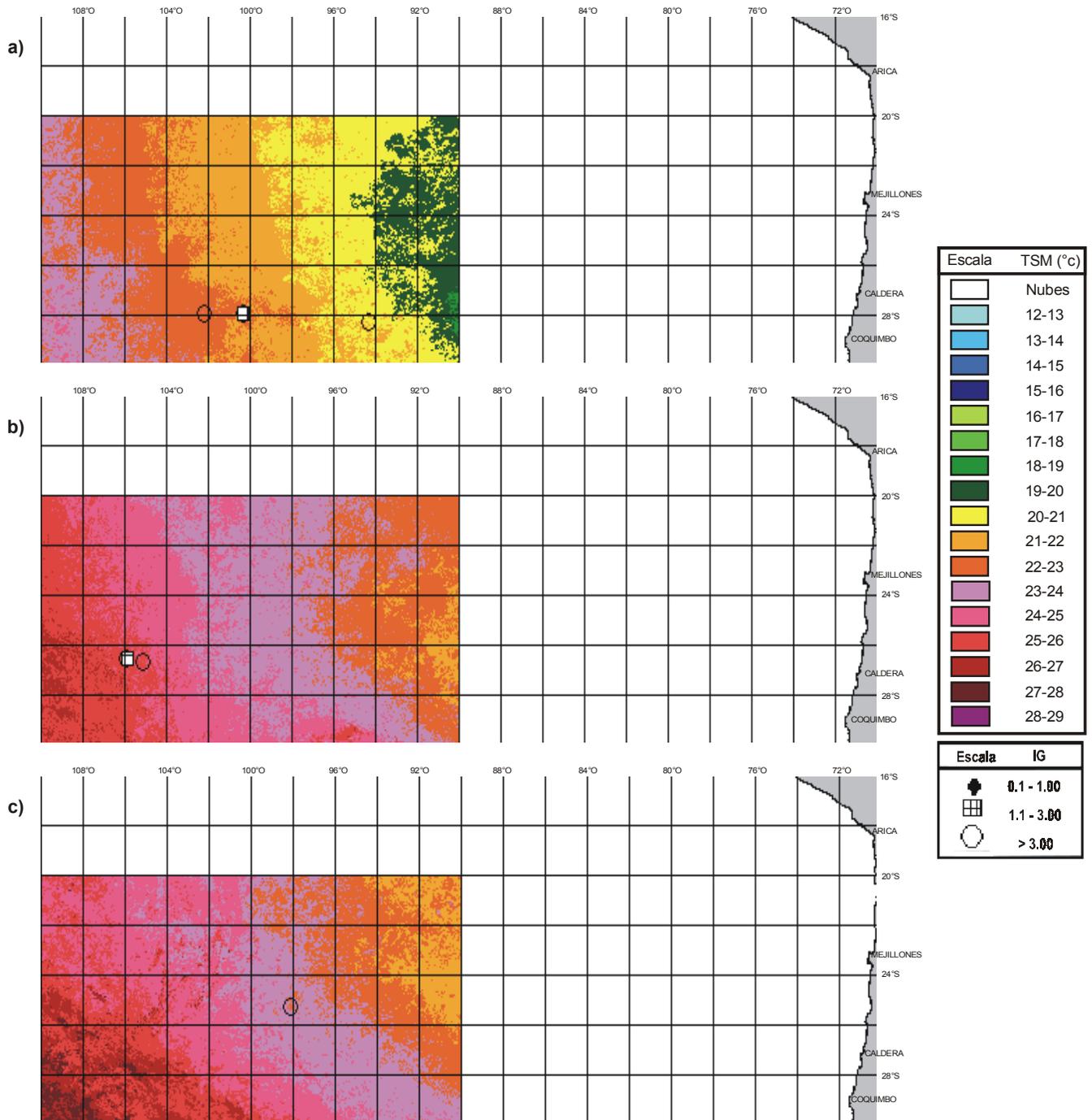


Figura 72. Distribución espacial de la TSM y el IG de pez espada en la zona de estudio, enero-febrero 2002: a) tercera semana, b) cuarta semana y c) quinta semana.

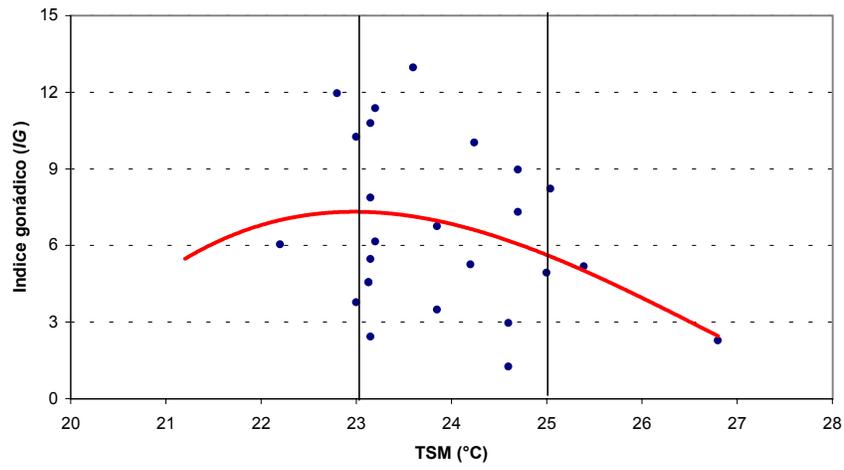


Figura 73. Relación entre el índice gonádico (IG) de pez espada y la temperatura superficial. Ejemplares maduros capturados en los cruceros de verano 2001 y 2002.

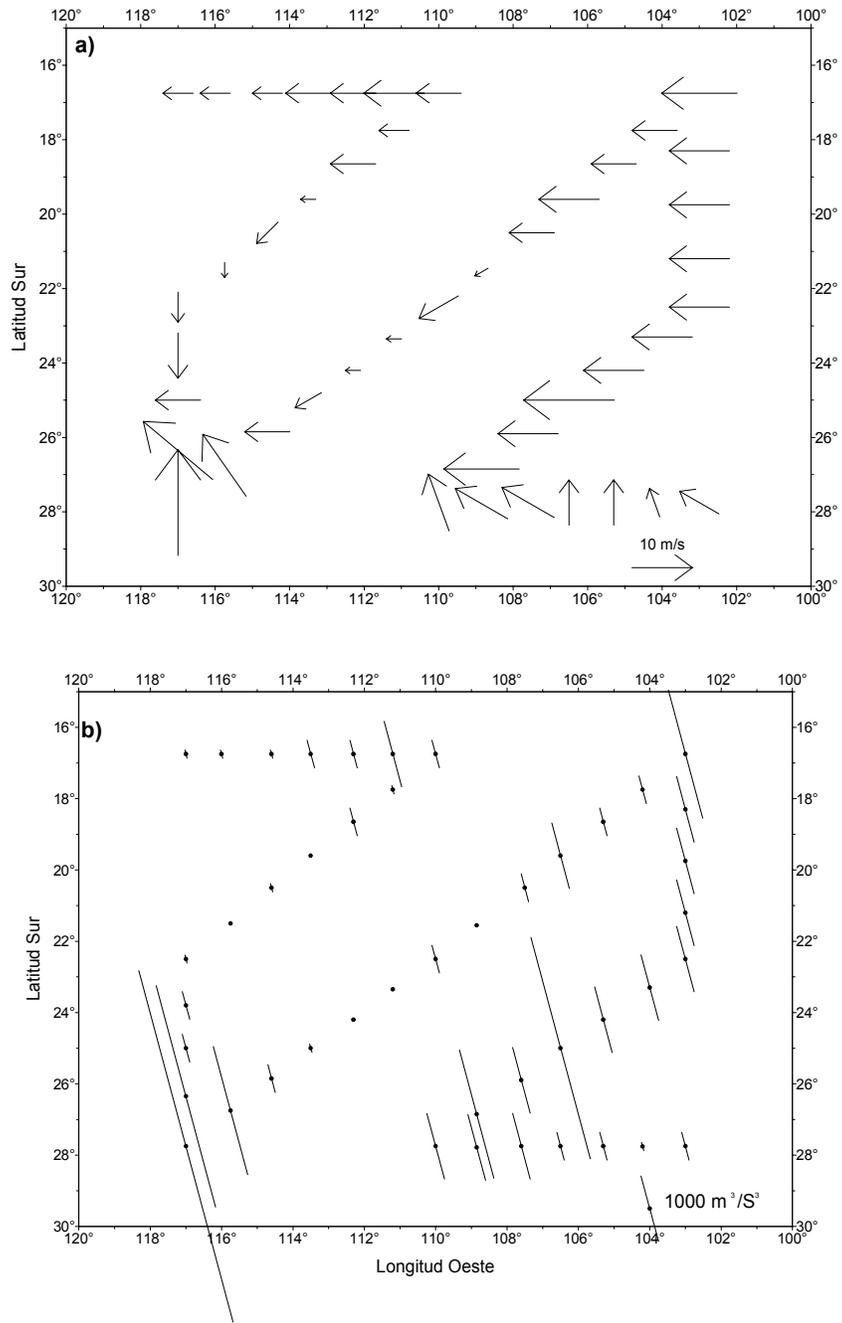


Figura 74. a) Vectores de viento y b) Índice de turbulencia.

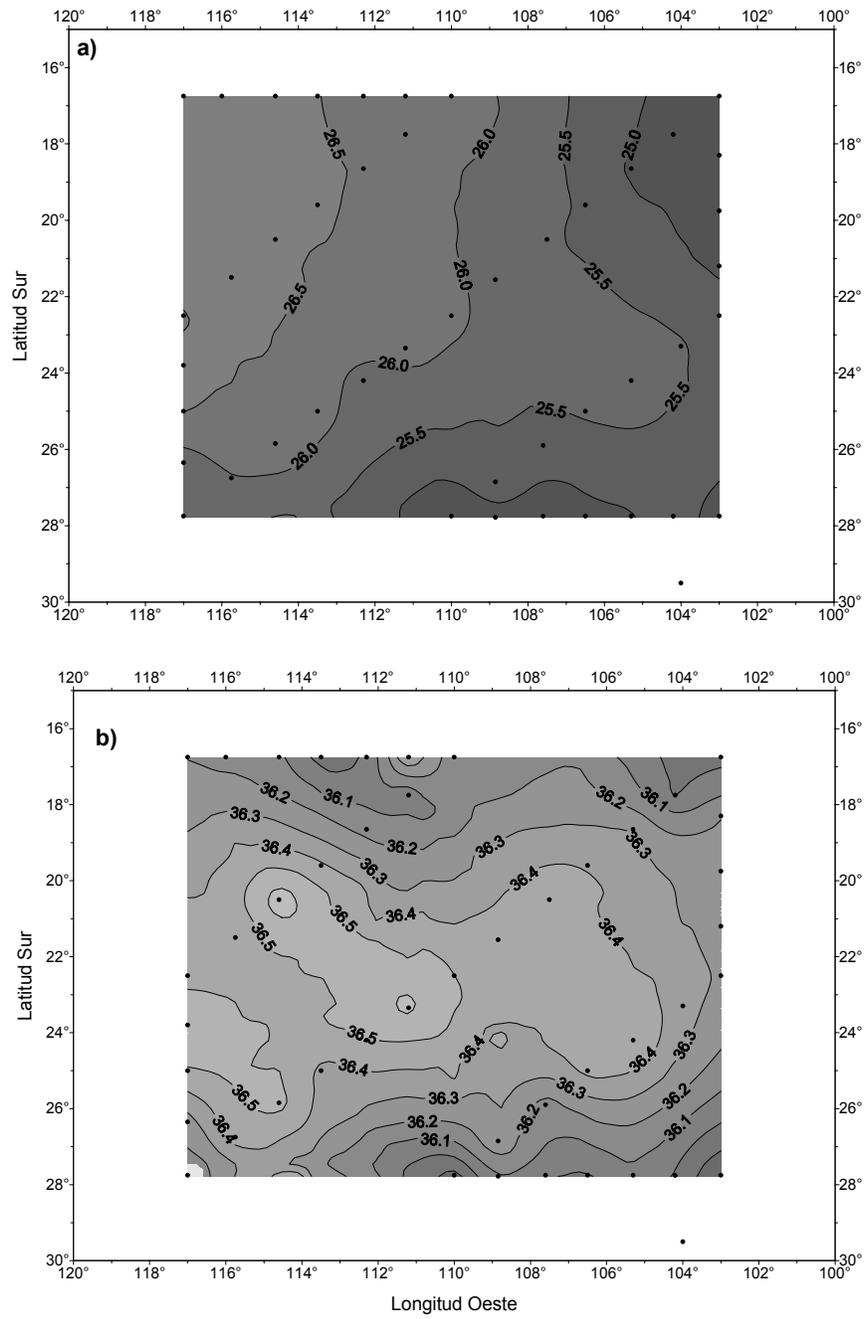


Figura 75. Distribución superficial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a) y salinidad (psu) (b).

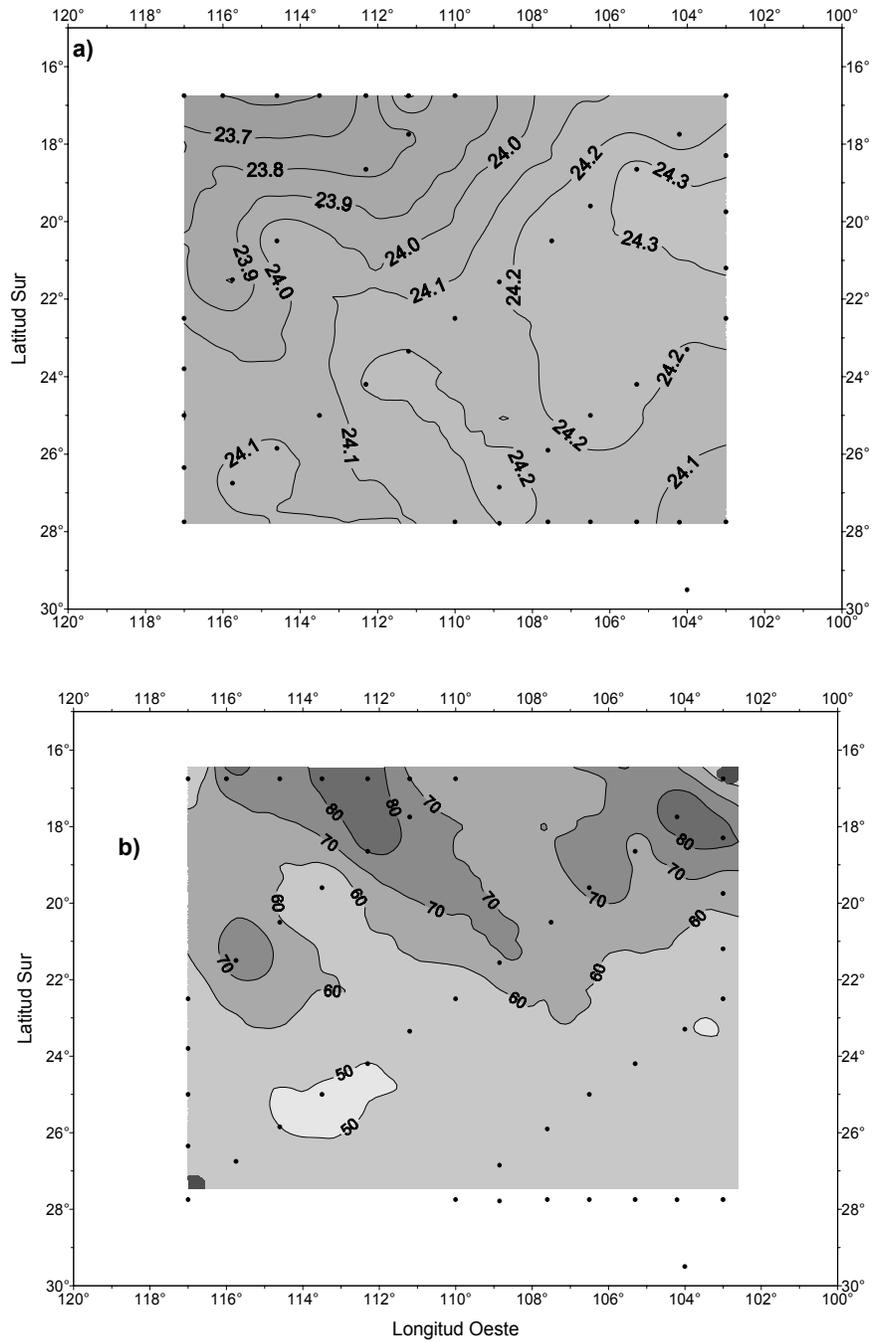


Figura 76. Distribución superficial de densidad (σ_t) (Kg/m^3) (a) y clorofila total (ng/L) (b).

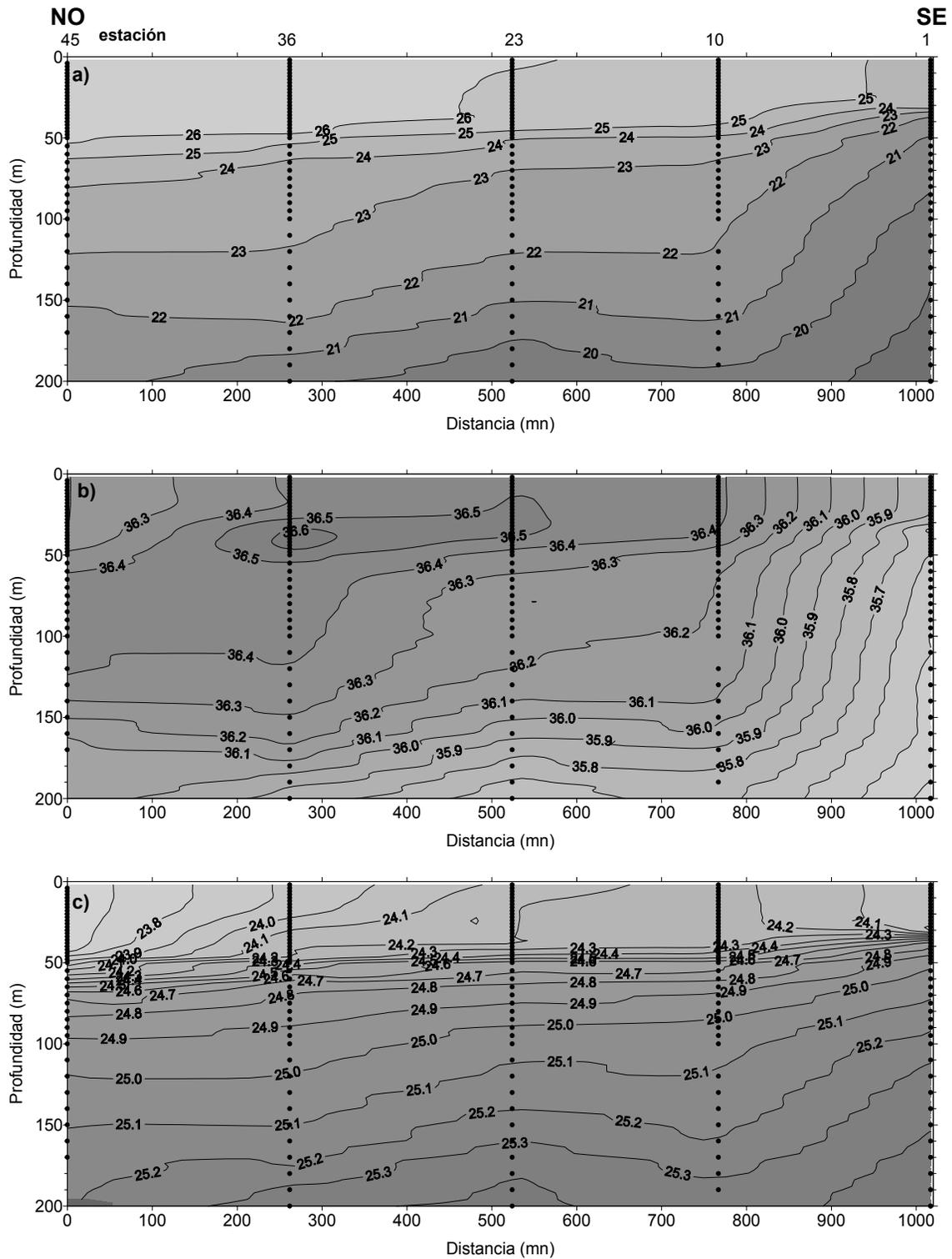


Figura 77. Distribución vertical de temperatura (°C) (a), salinidad (psu) (b) y densidad (sigma-t) (c) en la transecta transversal 1 (sentido NO-SE).

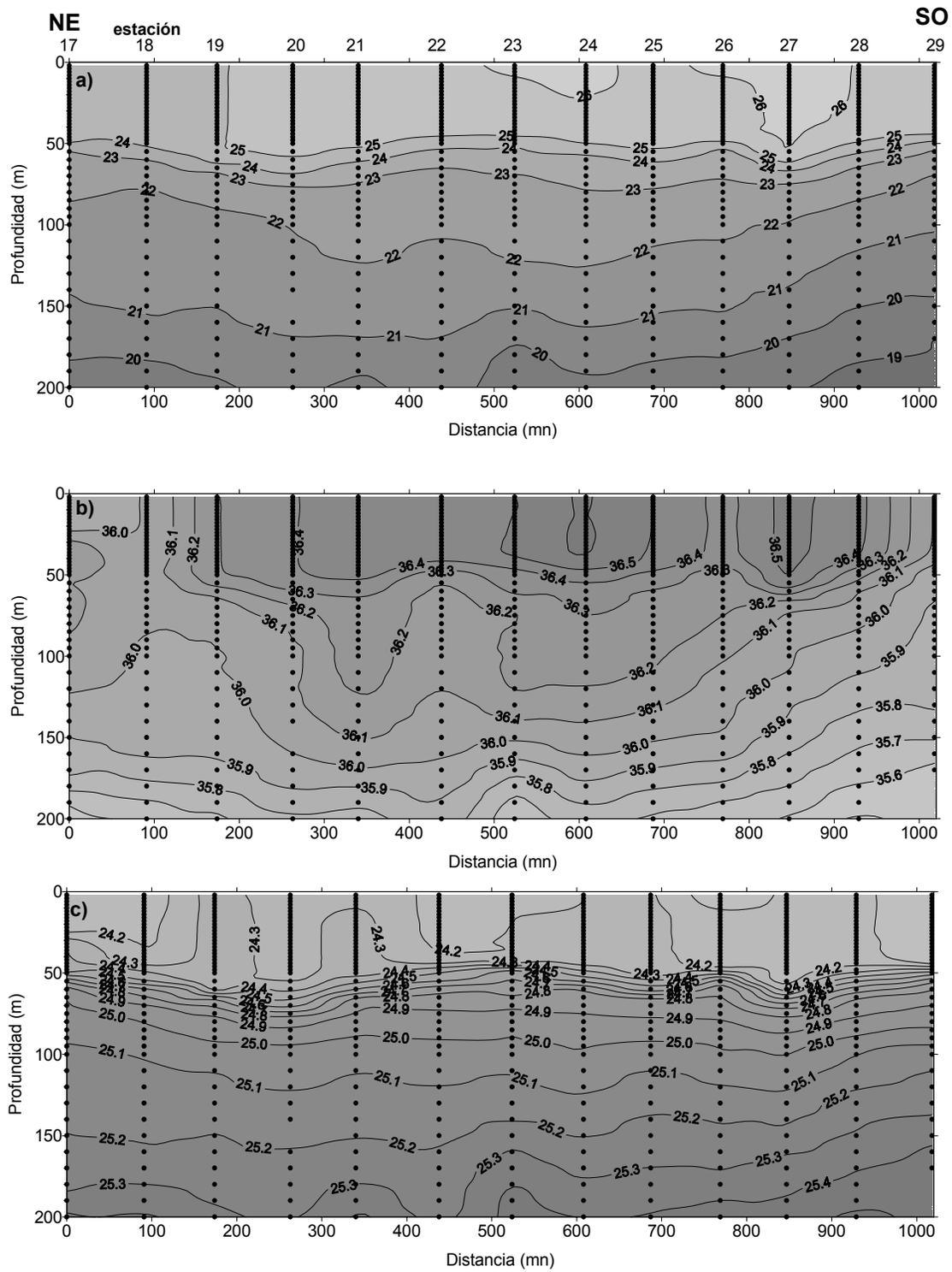


Figura 78. Distribución vertical de temperatura (°C) (a), salinidad (psu) (b) y densidad (sigma-t) (c) en la transecta transversal 2 (sentido NE-SO).

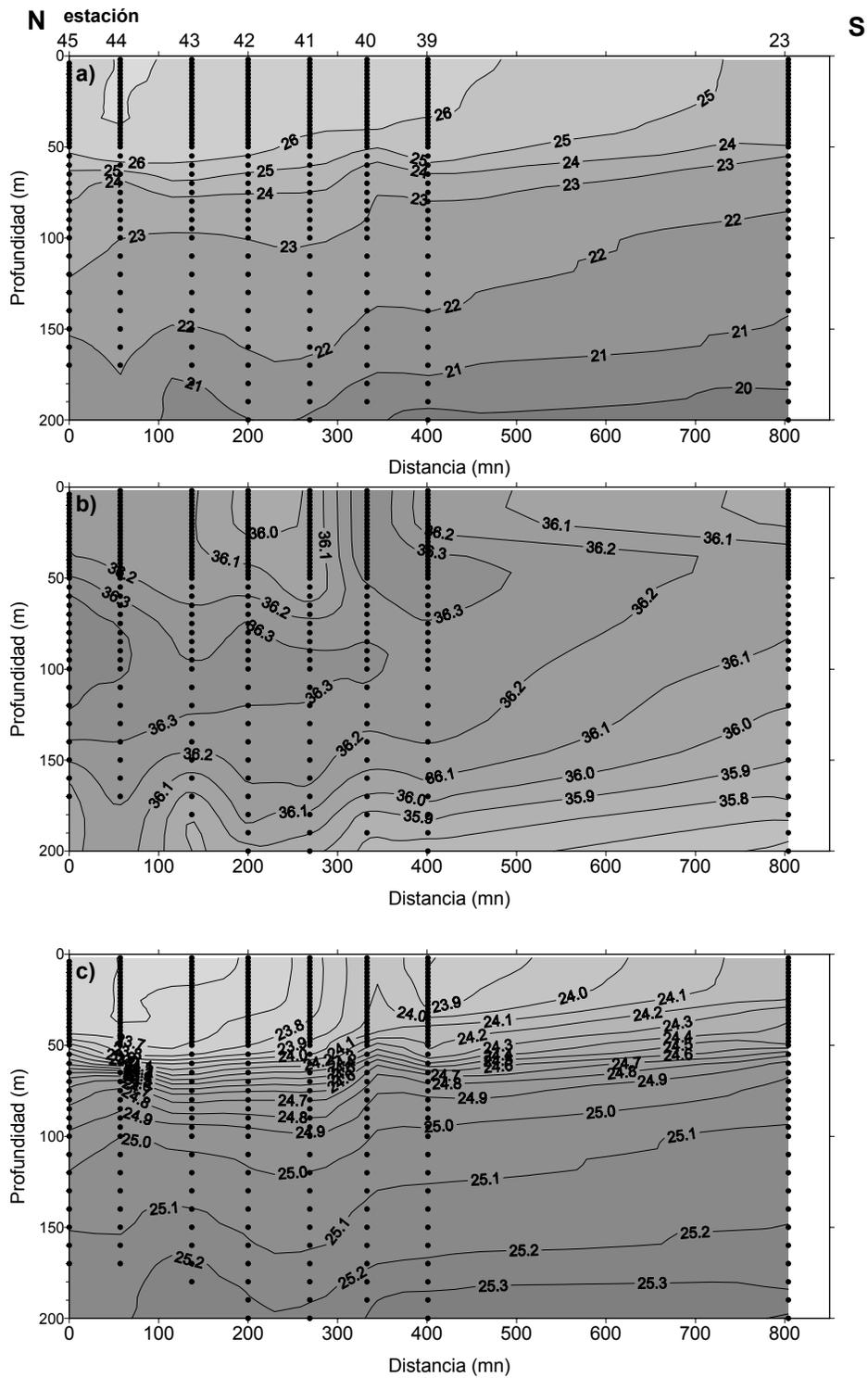


Figura 79. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 3 (sentido N-S).

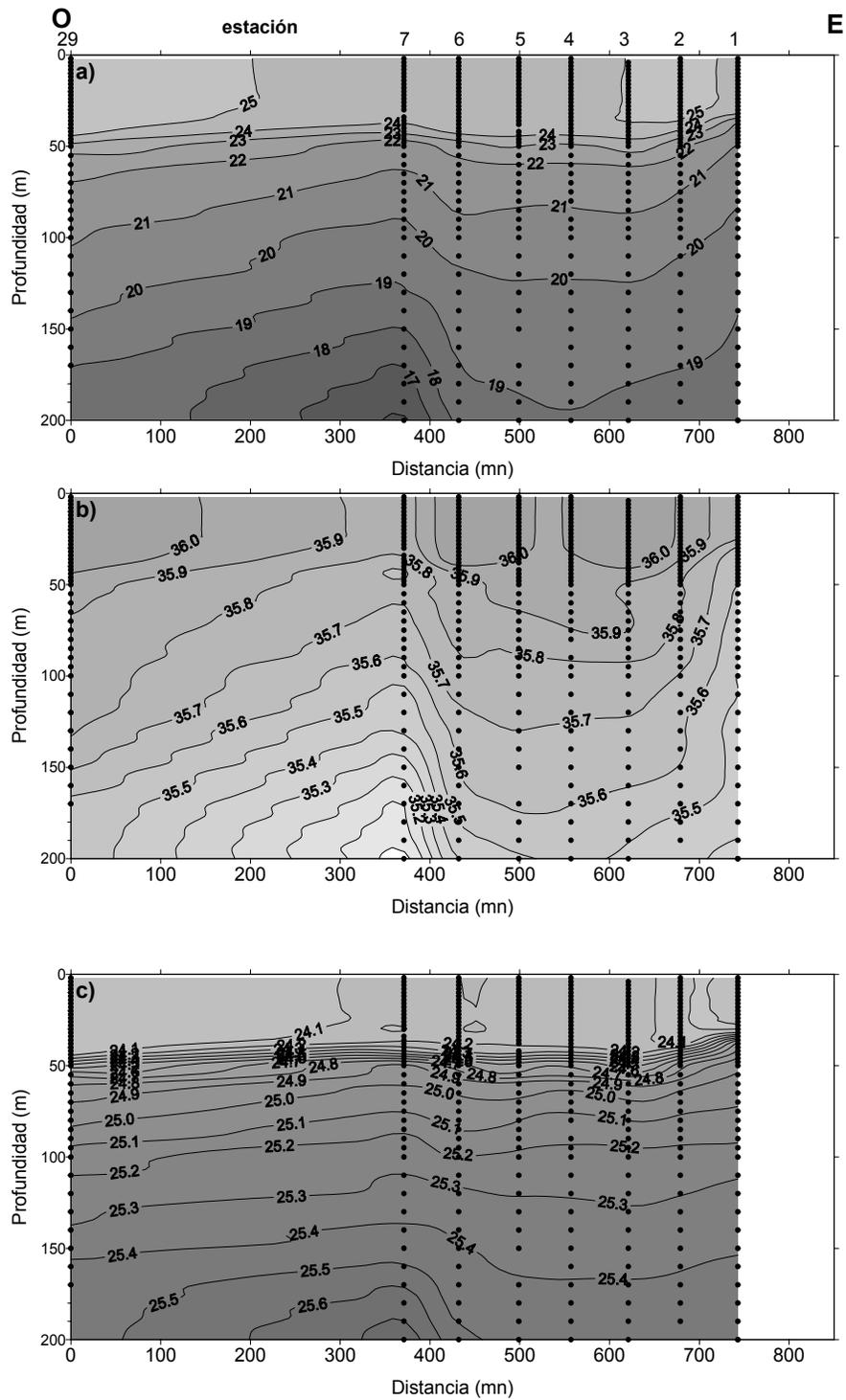


Figura 80. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 4 (sentido O-E).

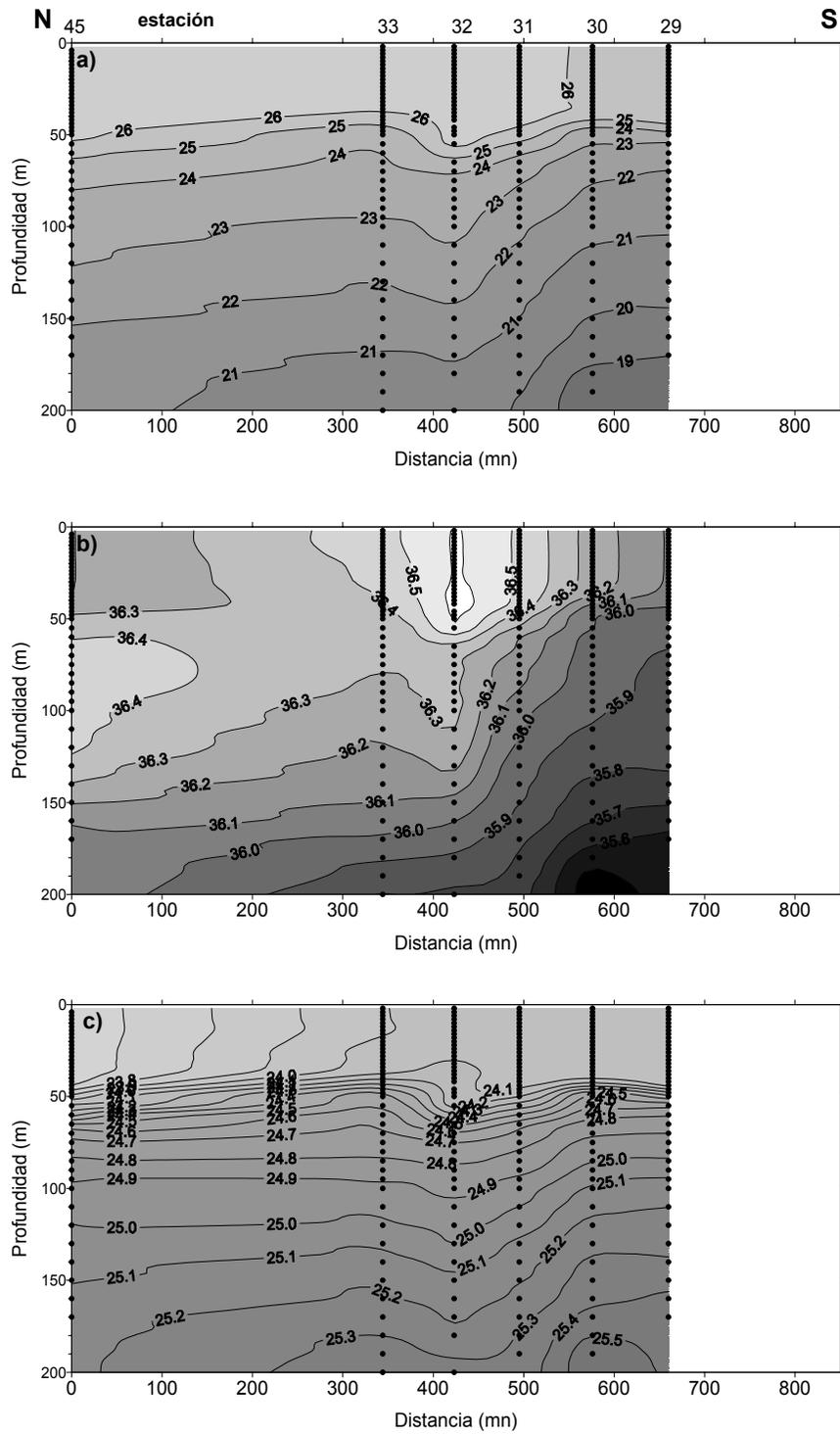


Figura 81. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 5 (sentido N-S).

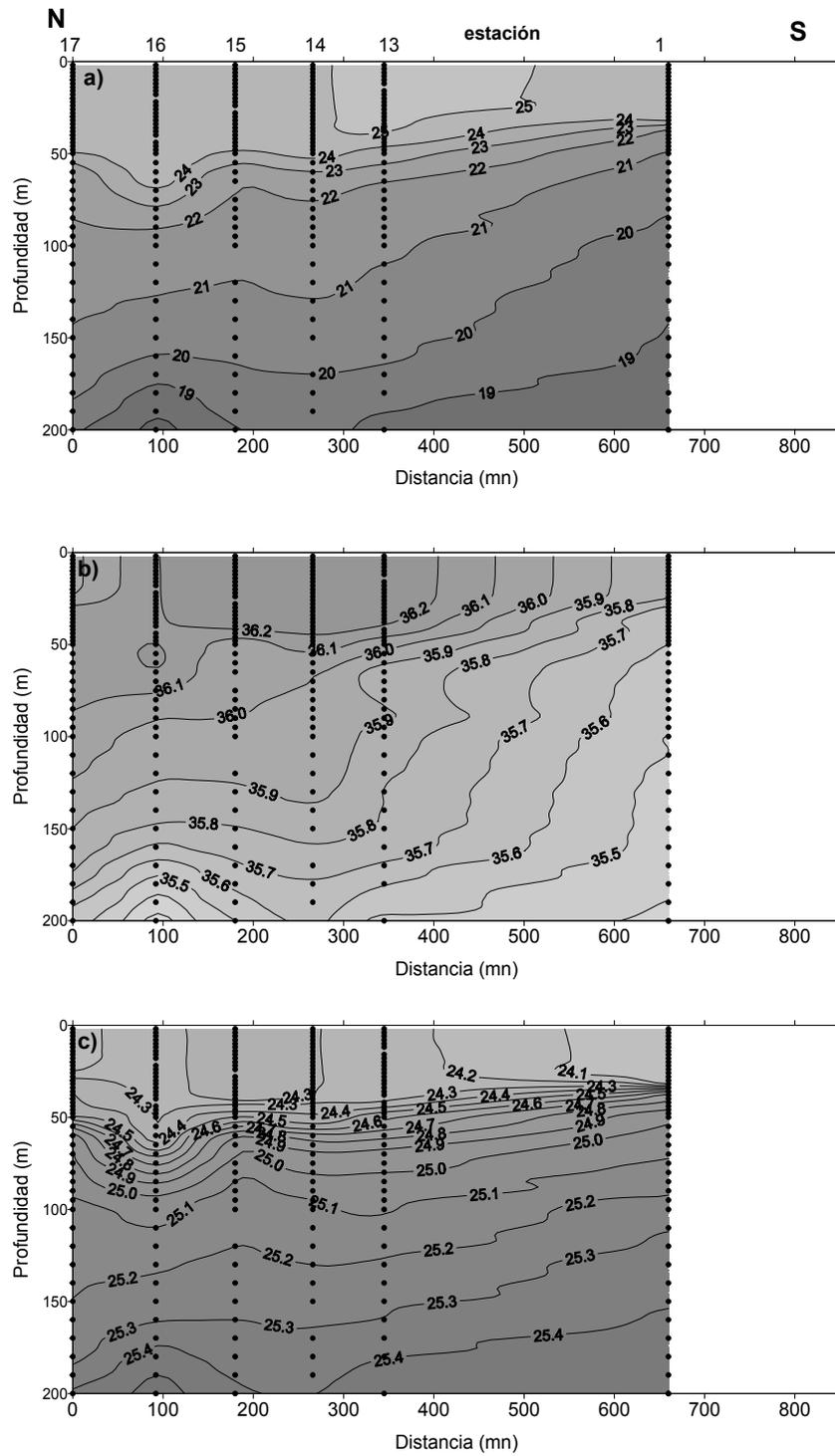


Figura 82. Distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (a), salinidad (psu) (b) y densidad ($\sigma\text{-t}$) (c) en la transecta 6 (sentido N-S).

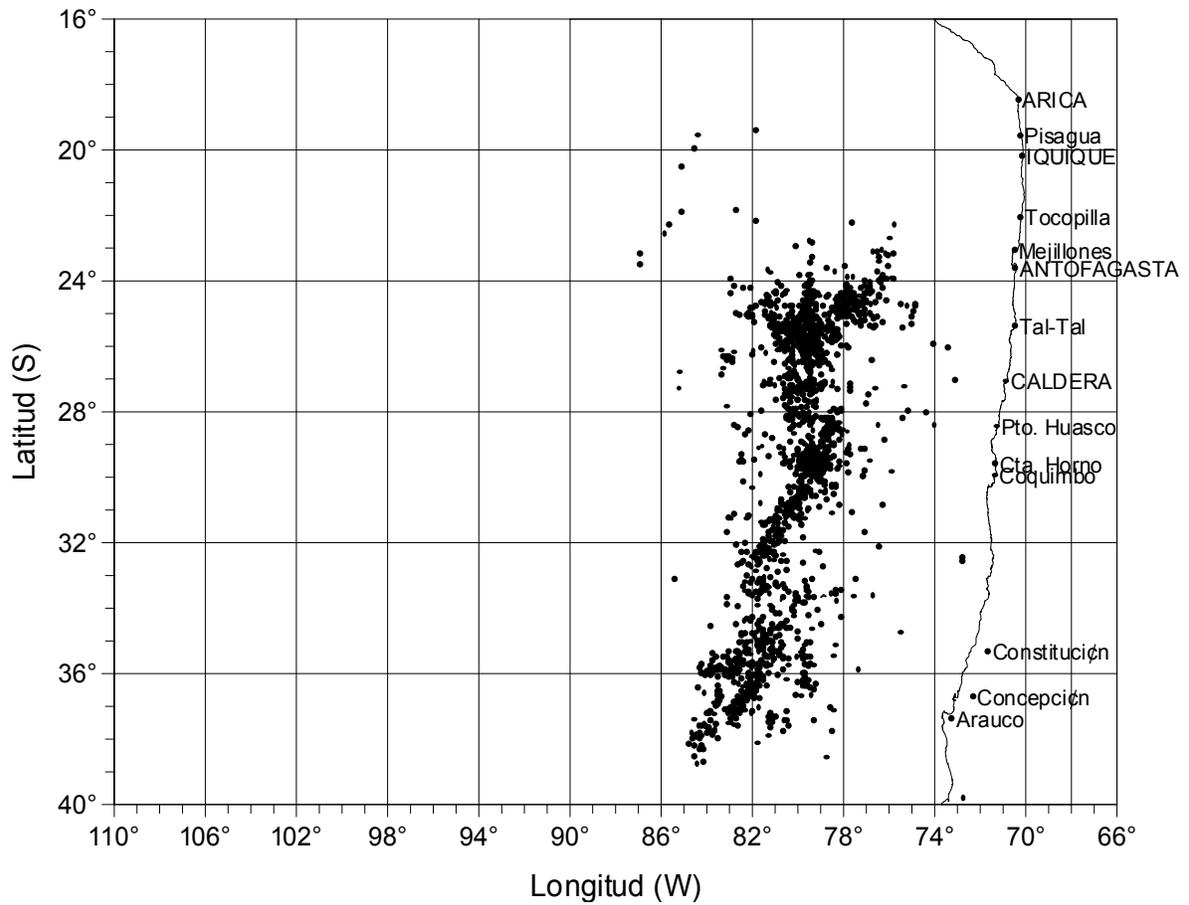


Figura 83. Distribución espacial de los lances realizados por la flota palangrera chilena que operó en la zona de estudio, período marzo-diciembre del 2001.

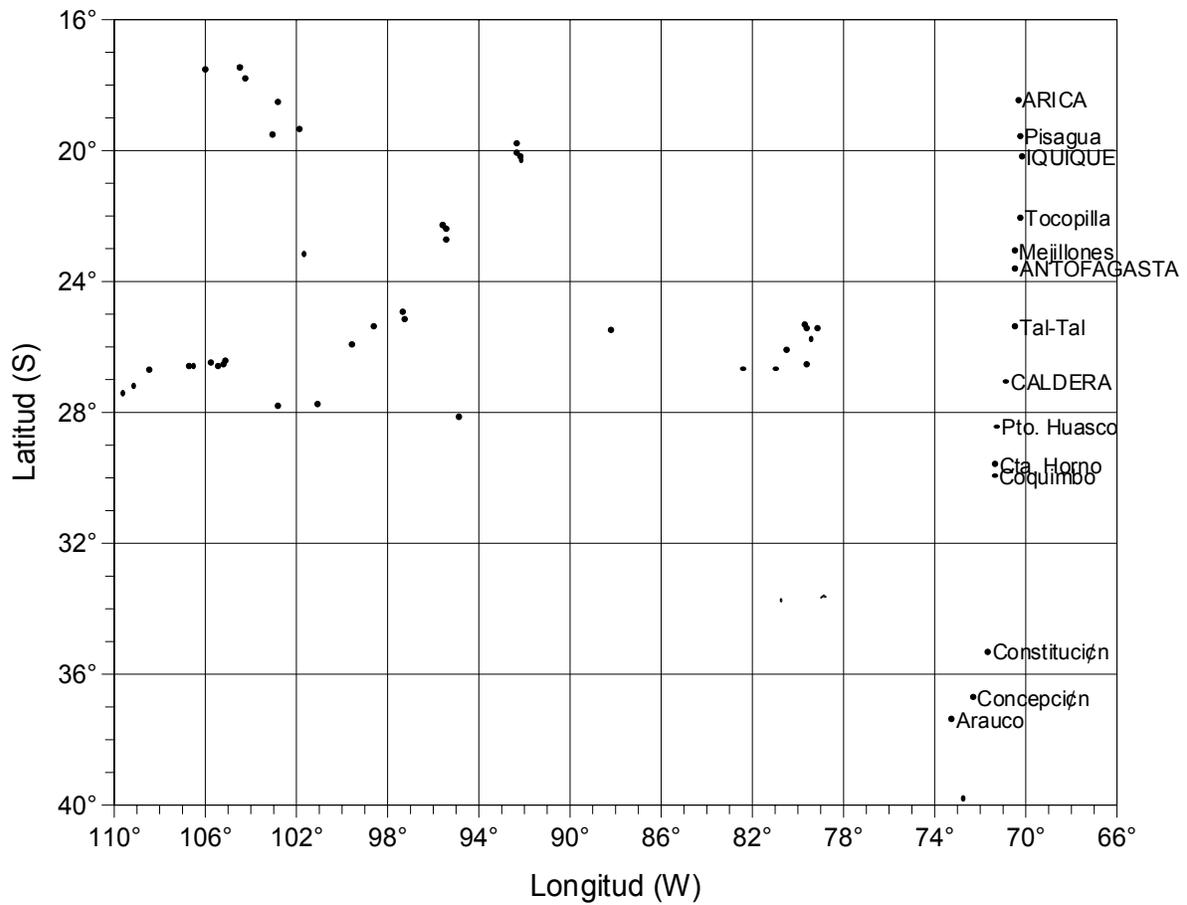


Figura 84. Distribución espacial de los lances realizados por las embarcaciones que operaron en los cruceros de verano en la zona oceánica norte y adyacente a las Islas de Pascua y Salas y Gómez (febrero-marzo 2001 y enero-febrero 2002).

T A B L A S

Tabla 1

Criterios histológicos en la clasificación de estadios gonadales *Xiphias gladius* (de Murphy & Taylor, 1990 y Zárate, 1997; modificados).

HEMBRAS

ESTADIO	CARACTERIZACION MICROSCOPICA
1: Virginal	Numerosos nidos ovogoniales y escasos ovocitos primitivos. Lamelas ausentes. Tabiques fibroconectivos dependientes de la pared ovárica
2: Inmaduro	Lamelas con ovocitos primarios. Escasos ovocitos previtelogénicos tardíos, en los que debuta la presencia de vesículas periféricas. Tabiques gruesos y ramificados. Delgadas células foliculares.
3: Vitelado parcial	Vitelogénesis temprana. con predominio de ovocitos en estado inicial de depositación de vitelo, sin sobrepasar $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma.. Franco desarrollo de la zona radiata y células foliculares.
4: Vitelado	Predominio de ovocitos en vitelación tardía, manteniendo la vesícula germinativa en posición central. Vesículas lipídicas dispersas en el citoplasma. Zona radiata prominente y células foliculares cúbicas bajas.
5: En maduración o hidratado	Presencia de ovocitos cargado con glóbulos de vitelo (fin depositación) con vesícula germinativa migrante. Presencia de ovocitos hialinos.
6: En desove	Presencia de folículos postovulatorios y ovocitos hidratados que pueden coexistir entre ovocitos primarios y escasos ovocitos en algún grado de la vitelación. Atresia insipiente. Pared ovárica gruesa
7: Desovado	Ovocitos vitelados remanentes y atresia folicular (alfa y/o beta). Notorio es la presencia de ovogonias y ovocitos primarios entre septos conjuntivos. Ovocitos vitelados residuales.

MACHOS

ESTADIO	CARACTERIZACION MICROSCOPICA
1: Virginal	Tejido germinal desorganizado, sin desarrollo lobular, apreciándose nidos espermatogoniales primarios
2: Inmaduro	Espermatogénesis temprana con presencia de cistos espermatogoniales primarios y numerosos secundarios. Es posible encontrar pequeños cistos con espermatoцитos leptotéticos dispersos sin alcanzar la fase meiótica. Lóbulos con lumen estrecho. Albuginea gruesa
3: En maduración	Espermatogénesis en progresión. Compartimento espermatogonial en reducción. Predominio de espermatoцитos (zigotenos y paquitenos), pudiendo presentarse espermatoцитos secundarios. Escasa presencia de espermátides y espermatozoides, en cistos o en el lumen lobular. Ausentes en ductos espermáticos
4: Madurez avanzada y emisión	Espermatogénesis avanzada, predominando espermátides y espermatozoides. El estado está definido por la abundancia de cistos con espermatozoides y por la masa espermatozoal presente en los ductos testiculares. Coexisten cistos en fases temprana de la espermatogénesis. Albuginea delgada.
5: En Regresión o recuperación	Albuginea gruesa y plegada. Lóbulos alineados con lumen amplio y pared delgada donde alojan espermatogonias y espermatoцитos primarios.

Tabla 2

Resumen por mes de recalada de la flota palangrera, número de mareas realizadas, número de lances efectuados, captura (número y kilos) ejemplares muestreados y muestras procesadas en laboratorio húmedo.

MESES AÑO	NÚMERO MAREAS	NÚMERO LANCES	DESEMBARQUE PEZ ESPADA		Nº PEZ ESPADA	MUESTRAS PROCESADAS		
			NÚMERO	PESO (KG)	MUESTREADO	GÓNADAS	ESTÓMAGOS	ALETAS
Mar-01	2	27	262	7.200	262	62	10	36
Abr-01	8	154	2.651	116.213	1.997	640	94	81
May-01	12	264	3.032	165.256	2.862	730	53	246
Jun-01	8	202	2.389	135.946	2.202	954	77	118
Jul-01	7	132	1.052	68.877	993	249	17	136
Ago-01	11	275	2.677	159.629	2.622	337	47	155
Sep-01	9	219	1.885	124.774	1.804	581	46	249
Oct-01	12	297	3.350	182.055	3.273	574	40	276
Nov-01	5	96	917	50.048	917	155	7	101
Dic-01	11	296	2.233	107.070	2.227	835	38	173

Tabla 3

Estadísticas descriptivas de longitud mandíbula inferior-horquilla, longitud 1^a- 2^a aleta dorsal y peso tronco de pez espada por mes de operación de la flota palangrera. Temporada 2001.

Variable	Mes	Promedio	D. Estándar	Mínimo	Máximo	n	
Longitud Mandíbula inferior-horquilla (cm)	1° Crucero verano	165,80	41,60	75	303	308	
	2° Crucero verano	160,77	41,67	101	285	292	
	Marzo	158,17	28,27	103	282	1.668	
	Abril	170,59	30,79	108	316	2.586	
	Mayo	187,75	28,74	107	318	1.981	
	Junio	194,22	34,98	120	354	1.702	
	Julio	189,97	36,22	105	387	1.925	
	Agosto	185,55	30,65	116	348	2.034	
	Septiembre	179,78	27,16	103	316	2.325	
	Octubre	176,73	27,47	102	308	1.755	
	Noviembre	170,76	27,30	100	291	1.726	
	Diciembre	163,13	21,59	102	264	514	
	Total (*)	178,81	31,89	100	387	18.216	
Longitud 1 ^a - 2 ^a aleta dorsal (cm)	1° Crucero verano	95,16	26,57	41	182	308	
	2° Crucero verano	92,08	27,68	50	176	293	
	Marzo	91,22	17,95	43	170	1.669	
	Abril	98,85	19,55	50	197	2.588	
	Mayo	109,68	17,93	48	188	1.985	
	Junio	110,21	17,05	57	190	1.717	
	Julio	109,50	17,39	65	181	1.945	
	Agosto	107,74	17,45	65	178	2.041	
	Septiembre	105,54	17,10	56	195	2.380	
	Octubre	102,85	18,16	42	198	2.016	
	Noviembre	99,72	18,13	52	173	2.012	
	Diciembre	95,12	14,66	53	163	531	
	Total (*)	103,66	18,77	42	198	18.884	
Peso Tronco (kg)	Marzo	41,30	31,37	8,3	204,0	663	
	Abril	56,56	32,18	3,0	211,0	829	
	Mayo	72,35	37,74	11,7	379,0	691	
	Junio	71,87	35,75	18,0	283,1	828	
	Julio	66,47	37,04	4,8	248,8	1.256	
	Agosto	66,46	37,62	20,0	270,0	1.496	
	Septiembre	63,30	35,33	14,4	283,5	1.548	
	Octubre	62,61	39,17	15,0	346,0	1.390	
	Noviembre	56,04	37,06	3,8	283,0	1.460	
	Diciembre	46,02	23,81	14,0	224,0	290	
		Total (*)	61,89	39,95	3,0	379,0	10.451

(*) Sin considerar Cruceros de verano

Tabla 4

Proporción sexual de capturas de pez espada por mes. Temporada 2001.

Mes	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N° Hembras	635	809	665	533	807	493	870	856	1085	237
N° Total	853	1395	1254	1023	1587	912	1561	1435	1647	372
Proporción Sexual	0,74	0,58	0,53	0,52	0,51	0,54	0,56	0,60	0,66	0,64

Tabla 5

Composición alimentaria de *Xiphias gladius* capturados en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental (197 estómagos con contenido).

Taxa	%N	%F	%P	IIR	%IIR
Cefalópodos	29,8	116,8	39,4	1271,4	22,7
<i>Chiroteuthis veranyi</i>	0,20	1,02	0,17	0,37	0,01
<i>Chranchia scabra</i>	0,33	1,52	0,70	1,56	0,03
<i>Discoteuthis sp.</i>	0,07	0,51	0,05	0,06	0,00
<i>Dosidicus gigas</i>	2,41	13,71	17,87	278,00	4,95
<i>Eucleoteuthis luminosa</i>	0,26	2,03	0,05	0,64	0,01
<i>Heteroteuthis sp.</i>	0,07	0,51	0,01	0,04	0,00
<i>Histioteuthis dofleini</i>	1,76	3,55	0,18	6,90	0,12
<i>Histioteuthis sp.</i>	1,11	7,11	0,46	11,16	0,20
<i>Lychoteuthis diadema</i>	5,08	13,20	1,33	84,72	1,51
<i>Moroteuthis ingens</i>	0,33	0,51	0,01	0,17	0,00
<i>Ommastrephes bartrami</i>	3,72	14,72	2,20	87,11	1,55
<i>Onychoteuthis banksii</i>	0,07	0,51	0,01	0,04	0,00
<i>Pholidoteuthis boshmai</i>	0,07	0,51	0,00	0,03	0,00
<i>Stenoteuthis oualeniensis</i>	0,26	2,03	0,12	0,77	0,01
<i>Todarodes filippovae</i>	6,71	26,90	7,21	374,50	6,67
Ommastrephidae	0,33	1,52	0,27	0,90	0,02
No identificado	7,04	26,90	8,74	424,45	7,56
Teleosteos	68,9	146,2	60,2	4334,2	77,2
<i>Alepisaurus sp.</i>	1,96	9,64	8,10	96,98	1,73
<i>Beryx splendens</i>	0,07	0,51	0,46	0,27	0,00
<i>Brama australis</i>	4,95	28,43	22,26	773,55	13,79
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	34,88	58,88	16,73	3038,65	54,16
<i>Mola mola</i>	0,07	0,51	0,25	0,16	0,00
<i>Sarda chilensis</i>	0,26	0,51	0,84	0,56	0,01
<i>Scomber japonicus</i>	0,39	3,05	1,72	6,43	0,11
<i>Scomberomorus sp</i>	0,07	0,51	1,16	0,62	0,01
<i>Thunnus sp</i>	0,07	0,51	0,11	0,09	0,00
<i>Thyrsites atun</i>	0,26	1,52	0,62	1,35	0,02
<i>Trachipterus sp</i>	0,07	0,51	0,70	0,39	0,01
Mictofidae	16,75	12,69	1,48	231,35	4,12
Scombridae 1	0,13	1,02	0,27	0,41	0,01
Scombridae 2	0,39	2,03	0,02	0,83	0,01
Scombridae 3	3,85	12,18	3,16	85,31	1,52
No identificado	4,76	13,71	2,34	97,30	1,73
Cartilagosos	0,1	0,5	0,3	0,2	0,0
Tipo raya	0,07	0,51	0,30	0,19	0,00
Crustáceos	1,2	7,1	0,1	5,0	0,1
Sergestidae	0,33	2,03	0,02	0,70	0,01
Solenocaridae	0,07	0,51	0,00	0,03	0,00
No identificado	0,85	4,57	0,08	4,22	0,08
Total	100	271	100	5611	100

Tabla 6

Composición alimentaria de machos (79 estómagos) y hembras (96 estómagos) de pez espada.

Taxa	Machos				Hembras			
	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR
Cefalópodos	31,48	108,86	38,69	23,37	27,24	84,38	33,33	11,72
<i>Chiroteuthis veranyi</i>					0,38	2,08	0,37	0,03
<i>Chranchia scabra</i>	0,58	1,27	0,38	0,03	0,13	1,04	1,10	0,02
<i>Discoteuthis sp.</i>	0,19	1,27	0,13	0,01				
<i>Dosidicus gigas</i>	2,88	11,39	18,46	5,33	1,41	10,42	12,26	2,43
<i>Eucleoteuthis luminosa</i>	0,38	2,53	0,06	0,02	0,26	2,08	0,07	0,01
<i>Heteroteuthis sp.</i>					0,13	1,04	0,02	0,00
<i>Histioteuthis dofleini</i>	4,80	6,33	0,14	0,69	0,26	2,08	0,28	0,02
<i>Histioteuthis sp.</i>	1,92	10,13	0,81	0,61	0,64	4,17	0,21	0,06
<i>Lychoteuthis diadema</i>	4,22	12,66	0,99	1,45	4,35	10,42	1,04	0,96
<i>Moroteuthis ingens</i>					0,64	1,04	0,02	0,01
<i>Ommastrephes bartrami</i>	3,07	11,39	1,53	1,15	4,48	14,58	1,50	1,49
<i>Onychoteuthis banksii</i>					0,13	1,04	0,02	0,00
<i>Pholidoteuthis boshmai</i>	0,19	1,27	0,00	0,01				
<i>Stenoteuthis oualeniensis</i>	0,38	2,53	0,13	0,03	0,13	1,04	0,12	0,00
<i>Todarodes filippovae</i>	5,76	21,52	6,21	5,65	4,99	27,08	5,65	4,92
Ommastrephidae	0,77	2,53	0,38	0,06	0,13	1,04	0,26	0,01
No identificado	6,33	24,05	9,46	8,34	9,21	5,21	10,41	1,75
Teleosteos	66,79	139,24	61,22	76,43	71,48	142,71	66,41	87,58
<i>Alepisaurus sp.</i>	1,73	8,86	3,06	0,93	2,17	10,42	11,65	2,46
<i>Beryx splendens</i>					0,13	1,04	1,00	0,02
<i>Brama australis</i>	6,72	25,32	19,83	14,75	4,60	22,92	27,09	12,42
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	27,64	48,10	17,40	47,53	42,07	63,54	20,07	67,50
<i>Mola mola</i>					0,13	1,04	0,56	0,01
<i>Sarda chilensis</i>								
<i>Scomber japonicus</i>	0,77	5,06	3,65	0,49	0,26	2,08	0,66	0,03
<i>Scomberomorus sp</i>	0,19	1,27	2,99	0,09				
<i>Thunnus sp</i>					0,13	1,04	0,23	0,01
<i>Thyrsites atun</i>	0,19	1,27	0,23	0,01	0,26	1,04	0,71	0,02
<i>Trachipterus sp</i>	0,19	1,27	1,80	0,06				
Mictofidae	18,23	11,39	1,54	4,94	11,89	12,50	0,89	2,73
Scombridae 1	0,19	1,27	0,14	0,01	0,13	1,04	0,48	0,01
Scombridae 2	0,38	1,27	0,02	0,01	0,51	3,13	0,02	0,03
Scombridae 3	4,99	13,92	7,75	3,89	4,09	12,50	0,32	0,94
No identificado	5,57	20,25	2,81	3,72	5,12	10,42	2,72	1,39
Cartilaginosos					0,13	1,04	0,66	0,01
Tipo raya					0,13	1,04	0,66	0,01
Crustáceos	1,73	10,13	0,09	0,20	1,28	32,29	0,14	0,69
Sergestidae	0,96	5,06	0,05	0,11				
Solenocaridae					0,13	1,04	0,00	0,00
No identificado	0,77	5,06	0,04	0,09	1,15	31,25	0,14	0,69
Total	100	258	100	100	100	260	101	100

Tabla 7

Indice de Similitud Porcentual (ISP) calculado para machos y hembras de *Xiphias gladius*.

	Machos	Hembras
Machos	*	77,44
Hembras		*

Tabla 8

Indices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (CS), número de especies (N) e ítems presa dominantes en peso (Id (%P)), para machos, hembras y total de estómagos con contenido de *Xiphias gladius*.

	Machos	Hembras	Total
H'	2,35	2,16	2,38
CS	0,87	0,84	0,87
N	24	28	34
Id (%P)	<i>B. australis</i> (19,83)	<i>B. australis</i> (27,09%)	<i>B. australis</i> (22,26%)
	<i>D. gigas</i> (18,46%)	<i>D. gigas</i> (12,26%)	<i>D. gigas</i> (17,87%)
	<i>C. pauciradiatus</i> (17,40%)	<i>C. pauciradiatus</i> (20,07%)	<i>C. pauciradiatus</i> (16,73%)

Tabla 9

Composición porcentual de la dieta de *Xiphias gladius*, separada de acuerdo a la estacionalidad de la pesquería.

Taza	VERANO 2001 n=33				OTOÑO n=58				INVERNO n=68				PRIMAVERA n=27				VERANO 2002 n=17			
	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR
Cefalópodos	23,6	75,8	37,5	26,2	32,3	167,3	44,8	22,4	28,0	118	30,4	17,5	35,3	96,3	60,4	43,1	12,5	35,3	35,3	4,74
<i>C. veranyi</i>					0,13	1,72	0,04	0,00	0,44	1,47	0,40	0,02								
<i>C. scabra</i>					0,54	3,45	0,77	0,06	0,22	1,47	1,25	0,03								
<i>Discoteuthis</i> sp.					0,13	1,72	0,20	0,01												
<i>D. gigas</i>	1,15	6,06	5,53	0,70	1,48	12,07	8,59	1,49	3,33	16,18	15,58	4,57	7,56	22,22	48,39	26,21				
<i>E. luminosa</i>					0,13	1,72	0,04	0,00	0,89	4,41	0,28	0,08								
<i>Heteroteuthis</i> sp.					0,13	1,72	0,04	0,00												
<i>H. dafleiri</i>					3,36	8,62	0,46	0,40	0,22	1,47	0,17	0,01	0,84	3,70	0,00	0,07				
<i>Histioteuthis</i> sp.	1,72	3,03	0,03	0,09	1,08	12,07	1,61	0,40	0,89	5,88	0,13	0,09	0,84	3,70	0,00	0,07	2,08	5,88	0,10	0,16
<i>L. cladema</i>					7,81	34,48	4,77	5,31	4,22	7,36	0,36	0,50	0,84	3,70	0,00	0,07				
<i>M. ingens</i>					0,67	1,72	0,04	0,02												
<i>O. bartrami</i>	1,15	6,06	0,13	0,13	5,38	31,03	6,58	4,54	1,56	25,00	0,62	0,81	6,72	7,41	1,58	1,30				
<i>O. banksii</i>	0,57	3,03	0,08	0,03																
<i>P. boshnaki</i>													0,84	3,70	0,00	0,07				
<i>S. oualeriensis</i>					0,27	3,45	0,41	0,03	0,44	2,94	0,04	0,02								
<i>T. filippovae</i>	6,90	24,24	3,81	4,50	4,17	22,41	7,69	3,25	9,78	29,41	6,74	7,25	10,92	25,93	8,18	10,44	6,25	17,65	11,23	3,84
Cumastrephidae	0,57	3,03	0,01	0,03	0,54	3,45	1,06	0,07												
No identificado	11,49	30,30	27,96	20,74	6,59	29,31	12,58	6,87	6,44	23,53	5,23	4,10	6,72	25,93	2,22	4,88	4,17	11,76	0,91	0,74
Teleosteos	74,1	112	62,3	73,4	67,2	155	55,1	77,5	71,6	150	69,5	82,5	57,1	107	37,7	54,7	81,3	112	87,5	93,8
<i>Alepisaurus</i> sp.	2,87	9,09	18,60	3,39	0,13	1,72	0,13	0,01	4,22	17,65	10,57	3,90	1,68	3,70	3,48	0,40	6,25	11,76	19,91	3,83
<i>B. splendens</i>																	2,08	5,88	7,74	0,72
<i>B. australis</i>	2,87	12,12	19,17	4,63	0,27	1,72	0,63	0,02	6,00	26,47	29,30	13,94	15,97	40,74	32,03	41,22	47,92	64,71	45,00	74,73
<i>C. pauciradatus</i>	51,15	48,48	17,84	58,02	34,32	81,03	31,13	64,89	40,67	70,59	17,38	61,15	6,72	11,11	0,11	1,60				
<i>M. mola</i>					0,13	1,72	1,02	0,02												
<i>S. chilensis</i>					0,54	3,45	3,37	0,16												
<i>S. japonicus</i>	0,57	3,03	3,28	0,20	0,67	8,62	5,44	0,64												
<i>Scorbaromus</i> sp.					0,13	1,72	4,64	0,10												
<i>Thunnus</i> sp.					0,13	1,72	0,43	0,01												
<i>T. alun</i>									0,89	4,41	1,56	0,16								
<i>Trachipterus</i> sp.									0,22	1,47	1,74	0,04								
Mictidae					23,82	29,31	4,68	10,22	15,33	8,82	0,51	2,09	9,24	7,41	0,53	1,53				
Scorbridae 1	0,57	3,03	0,50	0,06					0,22	1,47	0,54	0,02								
Scorbridae 2	0,57	3,03	0,01	0,03					0,67	2,94	0,03	0,03	1,68	3,70	0,03	0,13				
Scorbridae 3	12,64	27,27	1,23	6,56	2,42	13,79	0,44	0,48	1,11	5,88	7,01	0,71	11,76	14,81	0,82	3,93				
No identificado	2,87	6,06	1,67	0,48	4,58	10,34	3,20	0,98	2,22	10,29	0,88	0,48	10,08	25,93	0,74	5,91	25,00	29,41	14,79	14,55
Cartilaginosos													0,84	3,70	1,65	0,19				
Tipo raya													0,84	3,70	1,65	0,19				
Crustáceos	2,30	9,09	0,16	0,39	0,40	5,17	0,04	0,01	0,22	1,47	0,01	0,01	6,72	14,8	0,26	2,18	6,25	17,6	0,30	1,44
Sergestidae	2,30	9,09	0,16	0,39	0,13	1,72	0,02	0,00												
Solenocaridae					0,13	1,72	0,01	0,00												
No identificado					0,13	1,72	0,02	0,00	0,22	1,47	0,01	0,01	6,72	14,81	0,26	2,18	6,25	17,65	0,30	1,44
Total	100	197	100	100	100	329	100	100	100	271	100	100	100	222	100	100	100	165	100	100

Tabla 10

Índice de Similitud Porcentual (ISP) calculado entre estaciones de muestreo.

Estación	Verano 2001	Otoño	Invierno	Primavera	Verano 2002
Verano 2001	*	70,3	76,8	21,4	12,7
Otoño		*	74,5	15,7	5,2
Invierno			*	35,6	22,9
Primavera				*	53,6
Verano 2002					*

Tabla 11

Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (CS), número de especies (N) e ítems presa dominantes en peso (Id (%P)), calculados por estación de muestreo.

	Verano 2001	Otoño	Invierno	Primavera	Verano 2002
H'	1,87	2,38	2,09	1,32	1,47
CS	0,81	0,86	0,84	0,65	0,72
N	15	26	20	14	5
	<i>B. australis</i> (19,17%)	<i>C. pauciradiatus</i> (31,13%)	<i>B. australis</i> (29,30%)	<i>D. gigas</i> (48,39%)	<i>B. australis</i> (45,00%)
Id (%P)	<i>Alepisaurus</i> sp. (18,60%)	<i>T. filippovae</i> (7,69%)	<i>C. pauciradiatus</i> (17,38%)	<i>B. australis</i> (32,03%)	<i>Alepisaurus</i> sp. (19,91%)
	<i>C. pauciradiatus</i> (17,84%)	<i>O. bartrami</i> (6,58%)	<i>D. gigas</i> (15,58%)	<i>T. filippovae</i> (8,18%)	<i>T. filippovae</i> (11,23%)

Tabla 12

Composición porcentual de la dieta de *Xiphias gladius*, analizada respecto a la talla.

Taxa	G 1 n = 19				G 2 n = 71				G 3 n = 70				G 4 n = 28				G 5 n = 12			
	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR	%N	%F	%P	%IIR
Cefalópodos	16,7	52,6	7,3	4,0	23,2	83,1	35,2	21,3	27,8	144,3	39,9	23,4	37,5	139,3	49,3	33,6	65,8	158,3	38,8	46,4
<i>C. veranyi</i>									0,43	2,86	0,39	0,04	0,37	3,57	0,26	0,03				
<i>C. scabra</i>					0,72	1,41	0,56	0,03	0,14	1,43	1,15	0,03								
<i>Discoteuthis sp.</i>					0,24	1,41	0,19	0,01												
<i>D. gigas</i>	1,28	5,26	0,71	0,15	1,69	7,04	14,42	2,08	2,59	20,00	18,16	6,88	2,21	21,43	19,95	7,20	6,58	25,00	29,18	16,00
<i>E. luminosa</i>					0,24	1,41	0,07	0,01	0,43	4,29	0,08	0,04								
<i>Heteroteuthis sp.</i>									0,14	1,43	0,02	0,00								
<i>H. dofleini</i>									1,44	5,71	0,08	0,14	0,37	3,57	0,34	0,04	21,05	16,67	1,01	6,58
<i>Histioteuthis sp.</i>	5,13	10,53	0,09	0,78	0,24	1,41	0,02	0,01	1,01	10,00	1,00	0,33	1,47	10,71	0,07	0,25	1,32	8,33	0,03	0,20
<i>L. diadema</i>	1,28	5,26	0,01	0,10	0,24	1,41	0,32	0,01	4,61	24,29	2,11	2,70	12,87	25,00	1,74	5,54	11,84	8,33	0,23	1,80
<i>M. ingens</i>									0,72	1,43	0,02	0,02								
<i>O. bartrami</i>					0,72	4,23	0,27	0,08	5,19	22,86	3,75	3,38	4,78	21,43	1,88	2,16	7,89	33,33	1,80	5,78
<i>O. banksii</i>					0,24	1,41	0,03	0,01												
<i>P. boshmai</i>									0,14	1,43	0,00	0,00								
<i>S. oualeniensis</i>					0,48	2,82	0,19	0,03	0,29	2,86	0,16	0,02								
<i>T. filippovae</i>	5,13	15,79	4,90	2,24	7,00	28,17	6,67	7,07	6,77	24,29	7,06	5,57	4,78	25,00	9,80	5,53	13,16	41,67	4,96	13,51
Ommastrephidae	1,28	5,26	0,03	0,10	0,97	2,82	1,00	0,10												
No identificado	2,56	10,53	1,53	0,61	10,39	29,58	11,43	11,83	4,32	24,29	6,29	4,27	11,03	32,14	15,49	12,93	3,95	25,00	1,61	2,49
Teleosteos	74,4	121	91,9	93,5	73,9	125	64,3	78,6	71,6	149	59,7	76,6	62,1	150	50,5	66,3	32,9	117	57,8	52,9
<i>Alepisaurus sp.</i>	1,28	5,26	0,06	0,10	2,42	9,86	14,84	3,12	1,15	8,57	2,99	0,59	3,31	14,29	14,36	3,63	2,63	8,33	3,32	0,89
<i>B. splendens</i>	1,28	5,26	13,01	1,07																
<i>B. australis</i>	23,08	57,89	62,20	69,89	5,56	19,72	27,08	11,80	2,88	15,71	17,48	5,30	2,21	17,86	11,86	3,81	11,84	41,67	39,09	37,99
<i>C. pauciradiatus</i>	34,62	26,32	13,20	17,81	40,34	54,93	16,85	57,61	32,56	62,86	22,14	56,98	38,24	71,43	11,54	53,91	14,47	41,67	0,61	11,25
<i>M. mola</i>									0,14	1,43	0,58	0,02								
<i>S. chilensis</i>									0,58	1,43	1,93	0,06								
<i>S. japonicus</i>					0,24	1,41	0,35	0,02	0,58	5,71	2,91	0,33	0,37	3,57	1,99	0,13				
<i>Scomberomorus sp.</i>																	1,32	8,33	13,48	2,21
<i>Thunnus sp.</i>																	1,32	8,33	1,24	0,38
<i>T. atun</i>					0,24	1,41	0,34	0,02	0,14	1,43	0,48	0,01	0,74	3,57	1,83	0,14				
<i>Trachipterus sp.</i>													0,37	3,57	3,92	0,23				
Mictofidae					12,32	8,45	1,17	2,09	24,21	21,43	2,06	9,33	13,97	14,29	1,50	3,35				
Scombridae 1									0,14	1,43	0,50	0,02	0,37	3,57	0,31	0,04				
Scombridae 2					1,21	4,23	0,05	0,10	0,14	1,43	0,01	0,00								
Scombridae 3	2,56	5,26	0,04	0,19	8,21	16,90	1,08	2,88	2,88	10,00	6,55	1,56	0,74	7,14	0,02	0,08	1,32	8,33	0,02	0,20
No identificado	11,54	21,05	3,37	4,44	3,38	8,45	2,54	0,92	6,20	17,14	2,08	2,35	1,84	10,71	3,16	0,81				
Cartilagosos																	1,32	8,33	3,49	0,72
Tipo raya																	1,32	8,33	3,49	0,72
Crustáceos	8,97	31,6	0,84	2,53	2,42	8,45	0,23	0,17	0,29	2,86	0,02	0,01					2,63	8,33	3,32	0,00
Sergestidae	2,56	10,53	0,10	0,40	0,72	2,82	0,07	0,04												
Solenocaridae					0,24	1,41	0,01	0,01												
No identificado	6,41	21,05	0,74	2,13	1,45	4,23	0,15	0,12	0,29	2,86	0,02	0,01								
Total	100	205	100	100	100	217	100	100	100	299	100	100	100	293	100	100	100	283	100	100

Tabla 13

Índice de Similitud Porcentual (ISP) calculado entre estaciones de muestreo.

Estación	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5
G 1	*	34,1	29,2	26,0	52,8
G 2		*	79,6	83,4	35,9
G 3			*	84,6	37,8
G 4				*	35,4
G 5					*

Tabla 14

Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (CS), número de especies (N) e ítems presa dominantes en peso) Id(%P) calculados por rango de talla.

	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5
H'	1,25	2,04	2,34	2,26	1,55
CS	0,57	0,84	0,87	0,87	0,74
N	11	21	24	16	13
Id (%P)	<i>B. australis</i> (62,20%) <i>C. pauciradiatus</i> (13,20%) <i>S. splendens</i> (13,01%)	<i>B. australis</i> (27,08%) <i>C. pauciradiatus</i> (16,85%) <i>Alepisaurus sp.</i> (14,84%)	<i>C. pauciradiatus</i> (22,14%) <i>D. gigas</i> (18,16%) <i>B. australis</i> (17,48%)	<i>D. gigas</i> (19,95%) <i>Alepisaurus sp.</i> (14,36%) <i>B. australis</i> (11,86%)	<i>B. australis</i> (39,09%) <i>D. gigas</i> (29,18%) <i>Scomberomorus sp.</i> (13,48%)

Tabla 15

Resultados de la diversidad genética h estimado para cada área de estudio.

Enzima	Localidad	Haplotipo	Frecuencia		Frecuencia Población Total (108)		
		A (26)	0,666				
	Sur (39)	B (3)	0,077	$h = 0.4966$			
		C (10)	0,256				
Alu I		A (21)	0,618		$A = 69/108 = 0.636$		
		B (3)	0,088		$B = 13/108 = 0.120$		
	Centro (34)	C (9)	0,265	$h = 0.5561$	$C = 22/108 = 0.204$	$h = 0.5395$	
		D (1)	0,029		$D = 4/108 = 0.037$		
	Norte (35)	A (22)	0,629				
		B (7)	0,200	$h = 0.5664$			
		C (3)	0,086				
		D (3)	0,086				
		A (7)	0,179				
	Sur (39)	B (28)	0,718	$h = 0.4534$			
		C (4)	0,103				
		A (5)	0,147		$A = 20/108 = 0.185$		
	Centro (34)	B (27)	0,794		$B = 77/108 = 0.713$	$h = 0.4529$	
HhaI		C (1)	0,029	$h = 0.3565$	$C = 10/108 = 0.093$		
		D (1)	0,029		$D = 1/108 = 0.009$		
		A (8)	0,229				
	Norte (35)	B (22)	0,629	$h = 0.5479$			
		C (5)	0,143				
	Sur (39)	A (35)	0,897				
		B (4)	0,103	$h = 0.1889$			
Taq I							
	Centro (34)	A (31)	0,912		$A = 98/108 = 0.907$		
		B (3)	0,088	$h = 0.1658$	$B = 10/108 = 0.093$	$h = 0.1696$	
	Norte (35)	A (32)	0,914				
		B (3)	0,086	$h = 0.1613$			
		A (16)	0,410				
Cont:		B (5)	0,128				
	Sur (39)	C (16)	0,410	$h = 0.6626$			
		D (1)	0,026				
Rsa I		G (1)	0,026				
			A (11)	0,324		$A = 46/108 = 0.423$	
			B (2)	0,059		$B = 8/108 = 0.074$	
			C (16)	0,471		$C = 45/108 = 0.417$	$h = 0.6433$
	Centro (34)	D (2)	0,059	$h = 0.6845$	$D = 4/108 = 0.037$		
			E (1)	0,029		$E = 2/108 = 0.019$	
			F (1)	0,029		$F = 1/108 = 0.009$	
			G (1)	0,029		$G = 2/108 = 0.019$	
			A (19)	0,543			
			B (1)	0,029			
	Norte (35)	C (13)	0,371	$h = 0.5815$			
			D (1)	0,029			
		E (1)	0,029				

Tabla 16

Número de ejemplares de *Xiphias gladius* utilizados en el análisis reproductivo en el período febrero 2001 a enero 2002.

Mes	Indices macroscópicos		Histología	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Febrero 2001	87	91	65	86
Marzo	265	150	92	113
Abril	277	114	106	51
Mayo	285	276	78	46
Junio	424	397	108	109
Julio	405	357	99	101
Agosto	305	219	96	97
Septiembre	570	384	91	94
Octubre	506	278	108	103
Noviembre	558	236	109	98
Diciembre	132	49	76	37
Enero 2002	95	6	53	4
Total	3909	2557	1081	939

Tabla 17

Frecuencia mensual de hembras *Xiphias gladius* inactivas (estadios 1+2+7); activas (estadios 3+4+5+6), período febrero del 2001 - enero del 2002

Mes	Inactivas (n)	Activas (n)
Febrero	52	13
Marzo	89	3
Abril	103	3
Mayo	78	0
Junio	107	1
Julio	99	0
Agosto	96	0
Septiembre	91	0
Octubre	108	0
Noviembre	109	0
Diciembre	76	0
Enero	45	8

Mes	Inactivas (%)	Activas (%)
Febrero	80.0	20.0
Marzo	96.7	3.3
Abril	97.2	2.8
Mayo	100.0	0.0
Junio	99.1	0.9
Julio	100.0	0.0
Agosto	100.0	0.0
Septiembre	100.0	0.0
Octubre	100.0	0.0
Noviembre	100.0	0.0
Diciembre	100.0	0.0
Enero	84.9	15.1

Tabla 18

Frecuencia mensual de estadios ováricos de *Xiphias gladius*

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Febrero		78.5	3.1	3.1	7.7	6.2	1.5
Marzo		91.3	3.3	0.0	0.0	0.0	5.4
Abril		89.6	2.8	0.0	0.0	0.0	7.5
Mayo		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Junio		97.2	0.9	0.0	0.0	0.0	1.9
Julio		98.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
Agosto		99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Septiembre		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Octubre		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Noviembre		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diciembre		98.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
Enero		79.2	0.0	1.9	7.5	5.7	5.7

Tabla 19

Frecuencia mensual de machos *Xiphias gladius* inactivos (estadios 1+2+5); activos (estadios 3+4), período febrero del 2001 - enero del 2002

Mes	Inactivos (n)	Activos (n)
Febrero	24	62
Marzo	15	98
Abril	39	12
Mayo	38	8
Junio	96	13
Julio	95	6
Agosto	84	13
Septiembre	74	20
Octubre	88	15
Noviembre	52	46
Diciembre	23	14
Enero	0	4

Mes	Inactivos (%)	Activos (%)
Febrero	27.9	72.1
Marzo	13.3	86.7
Abril	76.5	23.5
Mayo	82.6	17.4
Junio	88.1	11.9
Julio	94.1	5.9
Agosto	86.6	13.4
Septiembre	78.7	21.3
Octubre	85.4	14.6
Noviembre	53.1	46.9
Diciembre	62.2	37.8
Enero	0.0	100.0

Tabla 20

Frecuencia mensual de estadios testiculares de *Xiphias gladius*, período febrero 2001 - enero 2002.

Mes	1	2	3	4	5
Febrero		23.3	50.0	22.1	4.7
Marzo		8.8	58.4	28.3	4.4
Abril		3.9	19.6	3.9	72.5
Mayo		2.2	0.0	17.4	80.4
Junio		33.9	11.0	0.9	54.1
Julio		5.9	5.9		88.1
Agosto		50.5	13.4		36.1
Septiembre		22.3	21.3		56.4
Octubre	1.9	44.7	14.6		38.8
Noviembre		30.6	43.9	3.1	22.4
Diciembre		43.2	37.8		18.9
Enero				100.0	

Tabla 21

Porcentaje de ejemplares por clase de talla (LMHI) catalogados como inmaduros (Estadio 2) y maduros (iguales y mayores al estadio 3) en hembras y machos de *Xiphias gladius*.

Solo meses correspondientes al pico reproductivo (Febrero, Marzo y Abril de 2001 y Enero 2002)

LMIH (cm)	Hembras		Machos		Hembras (%)		Machos (%)	
	Inmaduras	Maduras	Inmaduros	Maduros	Inmaduras	Maduras	Inmaduros	Maduros
105	2	0	1	2	100	0	33,3	66,7
115	4	0	1	6	100	0	14,3	85,7
125	18	0	4	17	100	0	19,0	81,0
135	21	0	5	17	100	0	22,7	77,3
145	39	0	3	46	100	0	6,1	93,9
155	54	4	5	38	93,1	6,9	11,6	88,4
165	34	3	7	18	91,9	8,1	28,0	72,0
175	32	2	1	23	94,1	5,9	4,2	95,8
185	23	4	2	14	85,2	14,8	12,5	87,5
195	9	0	0	7	100,0	0,0	0,0	100,0
205	11	4	1	11	73,3	26,7	8,3	91,7
215	7	3	2	4	70,0	30,0	33,3	66,7
225	3	5	0	8	37,5	62,5	0,0	100,0
235	2	7	0	1	22,2	77,8	0,0	100,0
245	2	1	0	3	66,7	33,3	0,0	100,0
255	2	1	0	3	66,7	33,3	0,0	100,0
265	1	5	0	1	16,7	83,3	0,0	100,0
275	1	2			33,3	66,7		
285	0	1			0,0	100,0		
295								
305	0	1			0,0	100,0		

Tabla 22Resultados del ajuste del modelo logístico a hembras de *Xiphias gladius*

	β_0	β_1
Estimado	9,669	0,042
Error estándar	2,6011	0,0128
Probabilidad	0,00065	0,00239
Error residual	85,4473	
n	40	

Tabla 23Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces Familia Scombridae
Cruceiro Pez Espada Verano 2001 (lances verticales)

Especie	Nº de Estaciones Positivas	Número de Larvas	Densidad Promedio estaciones Totales	Densidad Promedio Estaciones Positivas	Constancia Frecuencia %	Dominancia Numérica %
SCOMBRIDAE						
Thunnus albacares	4	58	1	15	9,5	1,7
Thunus sp.	1	17	0,4	17	2,4	0,5
Katsuwonus pelamis	1	16	1,4	16	2,4	1,5
Otras especies	36	3.236	77,0	90	85,7	97,2
Total Larvas	37	3.328	79,0	90	88,1	100,0

Tabla 24

Densidad promedio, constancia y dominancia numérica de larvas de peces Familia Scombridae e Istiophoridae
Crucero Pez Espada Verano 2001 (lances superficiales)

Especie	Nº de Estaciones Positivas	Número de Larvas	Densidad Promedio estaciones Totales	Densidad Promedio Estaciones Positivas	Constancia Frecuencia %	Dominancia Numérica %
SCOMBRIDAE						
<i>Thunnus albacares</i>	14	24	1	2	30,4	1,3
<i>Thunnus obesus</i>	2	8	0,2	4	4,3	0,4
<i>Thunnus alalunga</i>	15	47	1	3	32,6	2,5
<i>Thunnus sp.</i>	11	15	0,3	4	23,9	0,8
<i>Katsuwonus pelamis</i>	8	21	0,5	3	17,4	1,2
ISTIOPHORIDAE						
<i>Tetrapturus angustirostris</i>	3	6	0,1	2	6,5	0,3
<i>Tetrapturus audax</i>	1	1	0	1	2,2	0,1
<i>Makaira sp.</i>	2	2	0	1	4,3	0,1
Otras especies	46	1.684	37	37	100	93,1
Total Larvas	46	1.808	39	39	100	100,0

Tabla 25

Número de post larvas de peces oceánicos encontradas en las aguas costeras de la Isla de Pascua.

ESTACION	TOTAL LARVAS	CORYPHAENIDAE	EXOCOETIDAE	HEMIRHAMPHIDAE	<i>Makaira nigricans</i>	<i>Tetrapturus audax</i>
3	0					
6	3		1		1	
7	2					
8	1		1			
9	4			1		
10	10					1
11	2		2			
12	44		9			
13	1					
14	6					
15	9					
16	2					
17	3		2			
18	3		2	1		
19	8		1	1	1	
20	17		5	2		
21	20		1	1		1
22	10		1	6		
23	17		4	1		
24	8		4	2		
25	12		1	8		
27	6					
28	1		1			
29	13		4	1		
30	24			2		
31	15		2	4	2	
32	3					
33	15		3			
34	24		3			
35	5		1	1		
36	7		1			
37	1					
38	28	1	8			
39	4		1	1		
40	4		1			
41	1	1				

A N E X O

**Plan Detallado de
Asignación de Personal
Profesional y Técnico**



JUSTIFICACIÓN AJUSTES EQUIPO DE TRABAJO

FIP 2000-11

En relación a lo asignado inicialmente, en el desarrollo del estudio se requirió hacer algunos ajustes y cambios en el equipo de trabajo. Lo anterior, con el fin de dar un exacto cumplimiento de todas las actividades comprometidas en el proyecto.

De lo anterior, se dio cuenta de las siguientes reasignaciones:

- ◆ Se sumaron al equipo de terreno, los Ingenieros Pesqueros, Rodrigo Vega y Roberto Lorca y al Biólogo Marino, Sr. Jorge Azócar. Los tres profesionales reemplazan a los Sres. B. Leiva, M. Rojas y P. Gálvez.

- ◆ El Biólogo Marino, Sr. Rodolfo Serra no participó en el proyecto.

Adicionalmente, se invitó a participar dentro del proyecto, al Biólogo Marino, Robert Humphreys, especialista internacional en el tema. Dada su trayectoria, se discutieron las diferentes actividades del proyecto, especialmente lo que se refiere a la parte reproductiva. En este contexto, se programó una reunión en Iquique, con los consultores de la Universidad Arturo Prat, señores Gabriel Claramunt y Gustavo Herrera, contrastando las placas histológicas de los estados de madurez correspondientes a pez espada de Hawaii y de Chile.



PLAN DETALLADO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO

Actividades

- A Puesta en marcha
B Recopilación de información y procesamiento.
C Análisis de Información
D Preparación de informes

Total

Personal	A	B	C	D	Total
Miguel Donoso	135	375	600	600	1710
Patricio Barría	30	0	230	150	410
Rodolfo Serra	30	0	230	150	410
M. Angela Barbieri	10		100	50	160
Mauricio Braun	20	80	335	400	835
Hernán Reyes	20	200	215	400	835
Víctor Catasti	20	210	0	0	230
Rodrigo Vega	10	370			380
Roberto Lorca	10	370			380
Gastón Rosson		420			420
Jorge Azócar	20	400			420
Ciro Oyarzún	20	380	190	190	780
Ricardo Galleguillos		190	95	95	380
Gabriel Claramunt	10	350	180	180	720
Gustavo Herrera	10	350	180	180	720
Sergio Letelier	20	380	190	190	780
Robert Humphreys			80		80
Total	365	4075	2625	2585	9650

Objetivo específico 1

Personal	A	B	C	D	Total
Miguel Donoso	45	125	200	200	570
Patricio Barría	10		75	50	135
Rodolfo Serra	10		75	50	135
M. Angela Barbieri	10		100	50	160
Víctor Catasti	10	105			115
Gastón Rosson		210			210
Jorge Azócar	10	200			210
Ciro Oyarzún	10	190	95	95	390
Sergio Letelier	10	190	95	95	390
Total	115	1020	640	540	2315



Objetivo específico 2

Personal	A	B	C	D	Total
Miguel Donoso	45	125	200	200	570
Patricio Barría	10		75	50	135
Rodolfo Serra	10		80	50	140
Mauricio Braun	10	40	168	200	418
Hernán Reyes	10	100	108	200	418
Víctor Catasti	10	105			115
Rodrigo Vega	10	370			380
Roberto Lorca	10	370			380
Jorge Azócar	10	200			210
Gabriel Claramunt	10	350	180	180	720
Gustavo Herrera	10	350	180	180	720
Robert Humphreys			80		80
Total	145	2010	1071	1060	4286

Objetivo específico 3

Personal	A	B	C	D	Total
Miguel Donoso	45	125	200	200	570
Robert Humphreys	10		80	50	140
Rodrigo Vega	10		75	50	135
Mauricio Braun	10	40	167	200	417
Hernán Reyes	10	100	107	200	417
Gastón Rosson		210			210
Ciro Oyarzún	10	190	95	95	390
Sergio Letelier	10	190	95	95	390
Total	105	855	819	890	2669

Objetivo específico 4 Sobreoferta técnica

Personal	A	B	C	D	Total
Ricardo Galleguillos		190	95	95	380
Total		190	95	95	380



**Sección Documentación,
Difusión y Bibliotecas**

**IFOP
Valparaíso
Chile**