

N° 19 / 2006

INFORME FINAL CORREGIDO

**CARACTERIZACION ECOLÓGICA Y PESQUERA DE LA CORDILLERA
DE NAZCA COMO AREA DE CRIANZA DEL PEZ ESPADA. FASE II**

PROYECTO FIP N° 2004 -34

Valparaíso, Septiembre de 2006



Título:	“Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada. Fase II” Proyecto FIP N° 2004 – 34
Requirente:	Fondo de Investigación Pesquera
Contraparte:	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Unidad Ejecutora:	Escuela de Ciencias del Mar Av. Altamirano 1480 Casilla 1020 Valparaíso
Investigador Responsable:	Dr. Eleuterio Yáñez Rodríguez Escuela de Ciencias del Mar Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Fono : 56 – 32 – 274250 Fax : 56 – 32 – 274208 E-mail: eyanez@ucv.cl

EQUIPO DE TRABAJO

JEFE DE PROYECTO

Eleuterio Yáñez Rodríguez

OCEANOGRAFIA PESQUERA

Eleuterio Yáñez Rodríguez – Oceanografía Pesquera
Claudio Silva Gallinato - Teledetección
Nelson Silva Sandoval - Oceanografía
Alejandra Ordenes Justiniano – Biología Pesquera
Francisco Leiva Dietz –Jefe de Cruceros

BIOLOGIA

Patricia Rojas Zúñiga – Alimentación Fauna Acompañante
Javier Chong Lay-Son (UCSC) - Crecimiento
Jacqueline Campalans Barnier – Genética
Sergio Palma González - Análisis Micronecton
Gabriel Claramunt Quiñónez – Reproducción
Ciro Oyarzún González – Alimentación Pez Espada
Roberto Meléndez Cortés – Fauna Acompañante
Rodrigo Vega M. - Biología Pesquera

COLABORADORES

Gustavo Aedo Urrutia - Alimentación Fauna Acompañante
Pedro Apablaza Bastias – Análisis Micronecton
Andrea Bello Smith - Análisis Micronecton
Gustavo Herrera Urzua – Reproducción
Santiago Gacitúa Bustamante - Reproducción
Pedro Miranda B. – Técnico Muestreador
Pesquera Omega Ltda. – Barcos pesqueros para cruceros

Distribución de ejemplares:

3	Fondo de Investigación Pesquera
1	Dirección Escuela de Ciencias del Mar - UCV
1	Investigador responsable

DOCUMENTOS GENERADOS A LA FECHA

Escuela de Ciencias del Mar, 2005. Informe de Avance - Corregido. “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada. Fase II”. (Proyecto FIP N° 2004-34). Estud. y Doc., Universidad Católica de Valparaíso, 27/2005.

Escuela de Ciencias del Mar, 2006. Pre-Informe Final - Corregido. “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada”. (Proyecto FIP N° 2004-34). Estud. y Doc., Universidad Católica de Valparaíso, 08/2006.

CRONOLOGÍA DEL PROYECTO

2004

24 DE DICIEMBRE

Inicio tramite de decreto de adjudicación de proyecto FIP N° 2002-04” Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada, fase II”. **Carta FIP N° 942.**

2005

03 DE ENERO

Contrato a suscribir entre la Universidad Católica de Valparaíso y el Fondo de Investigación Pesquera según **Memorando N° 2005-03.**

09 DE FEBRERO

Decreto de aprobación de contrato de investigación celebrado entre el Consejo de Investigación Pesquera y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso de proyecto FIP N° 2002-04” Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada, fase II”. **Decreto Supremo N° 47.**

30 DE DICIEMBRE

Solicitud de Pesca de Investigación en el proyecto FIP N° 2002-04” Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada”. **Carta ECM s/n/2002 - Ingreso Subsecretaría de Pesca N° 11537.**

- 31 DE ENERO** Autorización Pesca de Investigación. **Resolución Subsecretaria de Pesca N° 395.**
- 17 DE ABRIL** Zarpe en el pesquero PAM Portugal II a la Zona de Nazca **CRUCERO OTOÑO.**
- 19 DE MAYO** Recalada en el puerto de Coquimbo con el pesquero PAM Portugal II a la Zona de Nazca. **CRUCERO ESP01-UCV.**
- 10 DE AGOSTO** Entregan el Informe de Avance.
- 09 DE NOVIEMBRE** Zarpe en el pesquero PAM Portugal II a la Zona de Nazca **CRUCERO PRIMAVERA.**
- 13 DE DICIEMBRE** Recalada en el puerto de Coquimbo con el pesquero PAM Portugal II a la Zona de Nazca. **CRUCERO PRIMAVERA.**

2006

- 13 ABRIL** Entrega de Pre-informe Final Corregido
- 1 JULIO** Entrega de Informe Final

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe Final del Proyecto FIP 2004-34, “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada, fase II”, contiene los resultados obtenidos en la recolección y análisis de la información ambiental, biológica y pesquera obtenidos en el crucero de pesca exploratoria efectuado en abril del 2005 en la zona de Nazca, con objeto de dar cumplimiento a lo estipulado en los Términos Básicos de Referencia y a la planificación incluida en la Oferta Técnica del proyecto.

El crucero exploratorio fue realizado con una embarcación palangrera hielera, que participa activamente en la pesquería comercial de pez espada. Durante el crucero de otoño se efectuaron 7 lances comprendidos entre los 20°40' y 24°30' de latitud sur, 7 estaciones oceanográficas para lecturas de temperatura y salinidad y 7 lances de micronecton. Se capturaron 86 ejemplares de pez espada, de los cuales 50 correspondieron a individuos machos y 36 a hembras.

Los lances de pesca fueron efectuados en zonas donde se presentaban corrientes o giros anticiclónicos (en contra del sentido de agujas del reloj) de magnitudes bajas a moderadas y asociados a zonas de anomalía positiva de la altura superficial del mar (ASM), magnitudes de viento entre los 12 y 18 nudos con dirección este y sur-este. Se observa la influencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sudeste, el cual produce vientos Sur y surgencias de aguas productivas en la zona costera. En general, los lances fueron efectuados en zonas donde se presentaban AASM positivas que fluctuaron entre 0 y 4 cm, en áreas donde la Altura Superficial del Mar está muy cercana o por sobre lo normal, valores de TSM que varían entre los 20,8 y 21,6°C., SSM que varían entre los 35,2 y 35,4 PSU, lo cual corresponde a una masa de agua del tipo Subtropical (AST: 35,1-39) y Cloa_a que varían entre los 0,08 y 0,1 mg/m³.

Durante el crucero de otoño, la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) presentó un intervalo modal de 120-140 cm para machos, hembras y sexos combinados. La media fue de 158 cm. El peso tronco (PTR) presentó un intervalo modal de 5-20 kg en sexos combinados, machos y hembras. El PTR medio fue de 42.7 y 40 kg en machos y hembras respectivamente. Las características generales de la fracción poblacional del pez espada encontrado en la zona de

Nazca indican que alrededor de un 67 % de ejemplares bajo los 106 cm L12D. A su vez, los pesos tronco en el rango de 40-45 kg, estarían indicando la existencia de una fracción poblacional más juvenil en la zona de Nazca respecto a la zona tradicional de operación de la flota palangrera nacional. Las hembras de pez espada tienen mayor peso que los machos a partir de los 155 cm LMIH.

Por otro lado, la estructura de edades del pez espada capturado en Nazca está formada por machos entre 1 y 8 años de edad, mientras que el rango para las hembras estuvo entre 2 y 6 años de edad. El 93,3% de los machos presentan estado de madurez activa y emisión, las hembras se encontraban en un 90,7% en estado de inmadurez, mostrando claramente la ausencia de ejemplares de ambos sexos en estado virginal. El análisis genético se realiza con 50 muestra seleccionadas del total de individuos capturados.

El análisis genético de microsatélites permitió concluir que aún no existe una clara sustentación genética para indicar una heterogeneidad del stock del Pacífico, siendo necesario un estudio más amplio para poder concluir.

Las principales especies en la dieta general de Pez Espada fueron *D. gigas* y el mictófido *Diaphus* sp.2. Estas especies en conjunto dieron cuenta del 92% del espectro trófico de pez espada en términos del %IIR, y un 60% del %IIN

Con respecto a la fauna acompañante se identificaron un total de 15 especies, compuestas de 14 peces y una tortuga marina. Del total de peces cuatro correspondieron a peces cartilaginosos y los restantes diez son peces óseos. En el contenidos gástricos de la fauna asociada de *X. gladius* se observa la preferencia de todas las especies por las presas del grupo cefalópodos, las cuales están presente en cuatro de las nueve especies capturas durante este período de muestreo. Otro tipo de presa altamente consumida son los peces.

Con respecto a la composición de la dieta de la fauna acompañante, se encontró que *Dossidicus gigas* representa la fuente de alimento más importante para los individuos adultos *X. gladius* y su fauna asociada.

Sobre el análisis de las relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico se pudo definir 2 grupos asociados a zonas geográficas específicas de la Cordillera de Nazca. Un primer grupo se localiza al norte del área y está representado por individuos (PTR promedio igual a 36 kg) más pequeños capturados durante los cruceros de verano, otoño y primavera cuya distribución se asocia a la presencia de aguas superficiales cálidas (TSM de 20,7°C), de baja productividad (Cloa de 0,08 mg/m³), masas de agua subtropicales (SSM de 35,2 psu) y con baja anomalía de la altura del mar (SSH de 0,93 cm). El segundo grupo se ubica al sur del área y se caracteriza por individuos de PTR promedio de 42 kg asociados a aguas superficiales menos cálidas (TSM de 18,4°C) que el grupo (1), más productivas (0,1 mg/m³) y a masas de aguas de mezcla (SSM de 34.91 psu). Asimismo, ambos grupos están representado por individuos cuya dieta se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de cefalópodos (87%), que de peces (10%) y crustáceos (3%).

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Antecedentes generales de la especie	3
2.2. Determinación de edad y crecimiento	4
2.3. Análisis trófico del pez espada	5
2.4. Análisis Genético	8
2.5. Relación pesquería y variables ambientales	12
2.5.1. Temperatura del mar en análisis de pesquería del pez espada	12
2.5.2. Antecedentes sobre el ENSO	13
2.5.3. Relaciones entre el hábitat del pez espada y su migración vertical	13
2.6. Fauna acompañante	17
3. METODOLOGÍA	19
3.1. Zona de estudio	19
3.2. Objetivo general <i>Realizar la caracterización ecológica y pesquera del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca.</i>	19
3.3. Objetivos específicos	20
3.3.1. Objetivo específico 1. <i>Caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca.</i>	20
3.3.1.1. Caracterización físico-química con información <i>in situ</i>	21
3.3.1.2. Caracterización físico-química con información satelital	24
3.3.1.3. Caracterización específica del macrozooplancton	26
3.3.2. Objetivo específico 2. <i>Caracterizar la fracción poblacional del pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca en el período de otoño y primavera.</i>	28
3.3.2.1. Pescas exploratorias	28
3.3.2.2. Consideraciones para el diseño de la pesca exploratoria	29
3.3.2.3. Plan de muestreo	29
3.3.2.4. Estimadores estadísticos	31
3.3.2.5. Determinación de edad	33
3.3.2.6. Análisis reproductivo	34
3.3.2.7. Análisis genético	38
3.3.2.8. Análisis trófico	40
3.3.2.9. Análisis fauna acompañante	43
3.3.2.9.1. Análisis trófico de la fauna acompañante	45
3.3.2.10. Análisis comparativo de atributos poblacionales y su asociación con variables ambientales	47
4. RESULTADOS Y DISCUSION	51
4.1. Objetivo específico 1. <i>Caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca.</i>	51
4.1.1. Pesca de Investigación	51
4.1.2. Características oceanográficas	56
4.1.2.1. Temperatura	58
4.1.2.2. Salinidad	60

4.1.2.3. Oxígeno disuelto	61
4.1.2.4. Masas de agua	63
4.1.3. Información satelital	64
4.1.3.1. Batimetría y Relieve submarino	64
4.1.3.2. Circulación oceánica	65
4.1.3.3. Condición atmosférica y régimen de vientos	66
4.1.3.4. Altura Superficial del mar	68
4.1.3.5. Temperatura superficial del mar	70
4.1.3.6. Salinidad superficial del mar	72
4.1.3.7. Clorofila y Productividad	74
4.1.4. Identificación de especies zooplanctónicas colectadas con redes bongo.	75
4.1.4.1. Crucero de Otoño	75
4.1.4.2. Crucero de Primavera	76
4.1.4.3. Comparación entre los periodos de otoño y primavera	78
4.2. Objetivo específico 2. <i>Caracterizar la fracción poblacional del pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca en el período de otoño y primavera</i>	84
4.2.1. Estructuras de talla y peso tronco de las capturas.	84
4.2.2. Proporción sexual.	86
4.2.3. Relaciones morfométricas.	86
4.2.4. Análisis espacial	87
4.2.4.1. Análisis de los ejemplares capturados en los cruceros dentro de la zona de estudio	87
4.2.4.2. Comparación entre la zona de estudio y la zona sur de distribución del pez espada.	88
4.2.5. Análisis estacional.	88
4.2.5.1. Estructuras de talla y peso tronco por estación.	89
4.2.5.2. Proporción sexual por estación.	93
4.2.6. Determinación de edad en ejemplares juveniles de Pez Espada (<i>Xiphias Gladius</i>)	95
4.2.6.1. Crucero de otoño	95
4.2.6.2. Crucero de primavera	96
4.2.7. Análisis Reproductivo	98
4.2.8. Análisis genético	99
4.2.9. Análisis trófico de pez espada	107
4.2.9.1. Descripción de la dieta periodo otoño (Abril)	108
4.2.9.2. Análisis de la dieta respecto del sexo de pez espada	109
4.2.9.3. Análisis de la dieta respecto de la talla de pez espada	109
4.2.9.4. Descripción de la dieta periodo primavera (Noviembre)	111
4.2.9.5. Comparaciones de la dieta entre cruceros	111
4.2.10. Fauna acompañante	120
4.2.11. Composición de la dieta de la fauna acompañante (por especie) de <i>Xiphias gladius</i>	130
4.2.12 Relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico	135
5. CONCLUSIONES	210
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	217
ANEXO 1 . Equipo profesional y técnico que ha participado en las actividades realizadas en el proyecto.	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación sintética de la distribución y de la capturabilidad del atún ojo grande en Polinesia Francesa (Bertrand <i>et al.</i> , 2002).	143
Figura 2. Cordillera de Nazca (Contornos batimétricos).	144
Figura 3. Ecuación de calibración del sensor de salinidad del CTD contra un salinómetro Inductivo calibrado con agua de mar estándar. Crucero de otoño (abril 2005).	145
Figura 4. Vector de corrientes oceánicas Topex/Poseidón	146
Figura 5. Dirección y velocidad de viento superficial del mar.	146
Figura 6. Altura del mar.	147
Figura 7. Temperatura superficial del mar (TSM).	147
Figura 8. Salinidad superficial del mar (SSM).	148
Figura 9. Concentración de clorofila.	148
Figura 10. Esquema de la segunda espina anal, indicando las medidas y el lugar de corte.	149
Figura 11. Esquema del arte de pesca utilizado en el crucero de otoño FIP 2004-34.	149
Figura 12. Embarcaciones utilizadas en los distintos cruceros.	150
Figura 13. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para todas las estaciones del crucero de otoño (abril 2005).	151
Figura 14. Distribución vertical salinidad y oxígeno disuelto para todas las estaciones del Crucero de primavera (noviembre 2005).	152
Figura 15. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S de las estaciones históricas ubicadas entre los 20° y 22 °S y entre los 80° y 84 °W, durante el mes de agosto.	153
Figura 16. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S de las estaciones históricas ubicadas entre los 22° y 24 °S y entre los 80° y 84 °W, durante el mes de noviembre.	154
Figura 17. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S, de todas las estaciones del Crucero de verano (febrero 2003).	155
Figura 18. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S, de todas las estaciones del Crucero de invierno (agosto 2003).	156
Figura 19. Batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	157

Figura 20. Corrientes geostróficas, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	158
Figura 21. Variabilidad del IOS durante 1997 y 2005. Se indica el período donde se realizaron los cruceros de pesca de proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	159
Figura 22. Magnitud y dirección de viento superficial satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	160
Figura 23. Altura Superficial del mar satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	161
Figura 24. Perfil temporal de la anomalía semanal de la TSM extraída para el área seleccionada de la Cordillera de Nazca.	162
Figura 25. Temperatura superficial del mar satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	163
Figura 26. Salinidad superficial del mar satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	164
Figura 27. Concentración de clorofila <i>a</i> satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	165
Figura 28. Distribución de abundancia de los grupos dominantes en el área de estudio. a) abundancia total, b) ostrácodos, y c) moluscos pterópodos.	166
Figura 29. Distribución de abundancia de los grupos dominantes en el área de estudio. a) quetognatos, b) eufáusidos, y c) doliólidos.	167
Figura 30. Distribución de abundancia de los grupos dominantes en el área de estudio. a) abundancia total, b) ostrácodos, c) salpas y d) anfípodos.	168
Figura 31. Peso tronco por sexo y prueba de medias para la hipótesis de igualdad entre sexos. Ejemplares capturados durante los cuatro cruceros.	169
Figura 32. Tallas de pez espada por sexo y prueba de medias para la hipótesis de igualdad entre sexos. a) longitud mandíbula inferior a horquilla, b) longitud ojo a horquilla y c) longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal. Ejemplares capturados durante los cuatro cruceros.	170
Figura 33. Histogramas de frecuencia de talla de pez espada para machos, hembras y sexos agrupados. a) longitud mandíbula inferior a horquilla, b) longitud ojo a horquilla y c) longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal. Ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.	171

Figura 34. Histogramas de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada para machos, hembras y sexos agrupados. Ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.	172
Figura 35. Proporción sexual (proporción de hembras) de pez espada a la talla (LMIH). Ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.	172
Figura 36. Relación entre la longitud ojo a horquilla (LOH) y la longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH). Se adjunta función lineal, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y <i>p-value</i> sobre hipótesis de pendiente = 0.	173
Figura 37. Relación entre la longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) y la longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH). Se adjunta función lineal, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y <i>p-value</i> sobre hipótesis de pendiente = 0.	173
Figura 38. Relación entre la longitud 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) y la longitud ojo a horquilla (LOH). Se adjunta función lineal, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y <i>p-value</i> sobre hipótesis de pendiente = 0.	174
Figura 39. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros agrupada por grado latitudinal.	174
Figura 40. Peso tronco (PTR) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros agrupadas por grado latitudinal.	175
Figura 41. Proporción sexual de pez espada (porcentaje de hembras) capturado en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros agrupadas por grado latitudinal.	175
Figura 42. Tallas (LMIH) de pez espada de ejemplares capturados durante los cruceros y en capturas comerciales al sur del paralelo 26° lat. sur. Además, prueba de medias para la hipótesis de igualdad entre ambos grupos.	176
Figura 43. Distribuciones de frecuencia de talla LMIH de pez espada (sexos agrupados), de ejemplares capturados durante los cruceros y en capturas comerciales al sur del paralelo 26° lat. sur.	176
Figura 44. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada por estación y prueba no paramétrica de centralidad (Test Kruskal-Wallis).	177
Figura 45. Peso tronco (PTR) de pez espada por estación y prueba no paramétrica de centralidad (Test Kruskal-Wallis).	177
Figura 46. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada por estación y sexo.	178
Figura 47. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada por sexo y estación.	179
Figura 48. Distribuciones de frecuencia de talla de pez espada (sexos agrupados) por crucero estacional. a) longitud mandíbula inferior a horquilla, b) longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal y c) peso tronco.	180

Figura 49. Proporción sexual (proporción de hembras) de pez espada a la talla (LMIH) en cada crucero estacional.	181
Figura 50. Distribución de frecuencia de edades de ejemplares pez espada, en otoño.	182
Figura 51. Relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla y radio de la espina, representada por una función lineal.	182
Figura 52. Relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla y edad, representada por una función de tipo lineal.	183
Figura 53. Relación entre el peso tronco y edad, representada por una función de tipo lineal.	183
Figura 54. Relación entre longitud mandíbula inferior-horquilla y el peso del tronco, otoño.	184
Figura 55. Distribución de frecuencia de edades de pez espada durante la primavera.	184
Figura 56. Relación entre Longitud mandíbula inferior-horquilla y Radio espina, primavera.	185
Figura 57. Relación entre Longitud mandíbula inferior-horquilla y la Edad, primavera.	185
Figura 58. Relación entre el Peso total (PT) y la Edad en el pez espada durante primavera.	186
Figura 59. Relación entre la Longitud mandíbula inferior-horquilla y Peso total (PT), primavera.	186
Figura 60. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada machos del crucero abril-mayo 2005	187
Figura 61. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada machos del crucero noviembre-diciembre 2005	187
Figura 62. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada hembras del crucero abril-mayo 2005	188
Figura 63. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada hembras del crucero noviembre-diciembre 2005	188
Figura 64. Número de alelos por microsatélite.	189
Figura 65. Patrón de amplificación de las muestras de ADN de Pez Espada usando los marcadores de microsatélites indicados: A) Microsatélite Xg-144, B) Microsatélite Xg-166.	189
Figura 66. Dendrograma construido con el método NJ (<i>Neighbour Joining</i>).	190
Figura 67. Dendrograma construido con el método UPGMA (<i>Unweighted pair group method with arithmetic mean</i>).	190
Figura 68. Variación de los descriptores de Hyslop (1980) con respecto a la talla de pez espada (cm LMIH). A: 101-135, B: 136-170, C: 171-205, D: 206-240.	191

Figura 69. Gráfico del índice de diversidad de Shannon (H') acumulado en función del número de estómagos analizado por rango de talla (LHMI).	192
Figura 70. Abundancia en porcentaje de número de las especies concurrentes en la pesquería del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) sobre la cordillera sumergida de Nazca, abril 2005.	193
Figura 71. Abundancia en porcentaje de número de las especies concurrentes en la pesquería del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) sobre la cordillera sumergida de Nazca, noviembre-diciembre 2005.	194
Figura 72. <i>Isurus oxyrinchus</i> “Tiburón maco”	195
Figura 73. <i>Lamna nasus</i> “Tiburón marrajo o sardinero”	195
Figura 74. <i>Pseudocarcharias kamoharai</i> “Tiburón cocodrilo”	195
Figura 75. <i>Prionace glaucus</i> “Tiburón azulejo”	196
Figura 76. <i>Alopias supercilliosum</i> “Peje-zorro”	196
Figura 77. <i>Pteroplatytrygon violacea</i> “raya violeta o de altura”	197
Figura 78. <i>Alepisaurus ferox</i> “¿Begonia?”	197
Figura 79. <i>Lampris guttatus</i> “pez-sol”	198
Figura 80. <i>Coryphaena hippurus</i> “Dorado de altura”	198
Figura 81. <i>Taractes rubescens</i> “Reineton”	199
Figura 82. <i>Gempylus serpens</i> “Falsa Barracuda” “¿Begonia?”	199
Figura 83. <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> “escolar” “atún negro”	199
Figura 84. <i>Ruvettus pretiosus</i> “oilfish” “atún espinudo”	200
Figura 85. <i>Tetrapterus audax</i> marlin rayado	200
Figura 86. <i>Gasterochisma melampus</i> “atún chauchera”	200
Figura 87. <i>Acanthocybium solandri</i> “wahoo”	201
Figura 88. <i>Katsuwonus pelamis</i> “monito”	201
Figura 89. <i>Thunnus alalunga</i> “atún de aleta larga”	201
Figura 90. <i>Thunnus albacares</i> “atún de aleta amarilla”	202
Figura 91. <i>Thunnus obesus</i> “atún de ojos grandes”	202
Figura 92. <i>Masturus lanceolatus</i> “pez-luna”	202
Figura 93. <i>Caretta caretta</i> “tortuga boba”	203
Figura 94. <i>Dermochelys coriacea</i> “tortuga laúd”	203
Figura 95. Primeros dos ejes factoriales del ACP, Las variables continuas activas aparecen en azul y las continuas ilustrativas en rojo.	204

Figura 96. Distribución de las variables bio-pesqueras con respecto a la estación del año.	204
Figura 97. Distribución de las variables oceanográficas con respecto a la estación del año.	205
Figura 98. Dendograma de análisis jerárquico.	205
Figura 99. Distribución de lances y clases en el plano factorial formado por los ejes 1 y 2.	206
Figura 100. Relaciones entre el logaritmo de la CPUE y a) TSM, b) clorofila, c) altura superficial del mar y d) salinidad superficial del mar, se observa el efecto de cada variable sobre la CPUE.	207
Figura 101. Caracterización 3D de la topografía satelital del fondo marino.	208
Figura 102. Representación de la distribución del pez espada en la zona de Cordillera de Nazca y al sur de esta zona, considerando relaciones ambiente – recurso estimadas con datos de cruceros (verano e invierno 2003 y otoño primavera 2005).	209

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencias de dos clades de mtDNA en diferentes océanos. No se incluyen a Chow y Takeyama (2000).	10
Tabla 2. Resumen de los estudios genéticos que se han realizado en el área de peces espada. (Pac= Océano Pacífico; Atl= Océano Atlántico; Ind= Océano Indico; Med= Mar Mediterráneo; N= Nort; C= Central; y E=Este).	11
Tabla 3. Lances de arrastre con redes Bongo	27
Tabla 4. Características técnicas y equipamiento electrónico de la embarcación participante en el crucero de otoño FIP 2004-34.	29
Tabla 5. Criterios histológicos en la clasificación de estadios gonadales <i>Xiphias gladius</i> (de Murphy & Taylor, 1990 y Zárate, 1997; modificados).	37
Tabla 6. Descripción de los loci de microsatélites de la especie <i>Xiphias gladius</i> usados en este estudio, desarrollados por Reeb <i>et al.</i> , 2001.	38
Tabla 7. Información general de los cruceros realizados	51
Tabla 8. Lances de pesca realizados en el crucero de verano 2003.	53
Tabla 9. Lances de pesca realizados en el crucero de invierno 2003	55
Tabla 10. Lances de pesca realizados en el crucero de otoño 2005	54
Tabla 11. Lances de pesca realizados en el crucero de primavera 2005	54
Tabla 12. Profundidades, temperaturas y gradientes de la termoclina estacional y permanente, para las estaciones del crucero de otoño 2005.	56
Tabla 13. Profundidad asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	64
Tabla 14. Anomalía de la Altura Superficial del mar satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	69
Tabla 15. Eventos cálidos y fríos por estación basados en el Índice Niño Oceánico.	70
Tabla 16. Temperatura superficial del mar satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.	72
Tabla 17. Salinidad superficial del mar satelital asociada a los lances de pesca realizados en la	73

zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

Tabla 18. Concentración de clorofila *a* satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34. 75

Tabla 19. Lances de arrastre con redes Bongo (Primavera). 79

Tabla 20. Abundancia relativa por estación ($\text{ind}\cdot 1000\text{ m}^{-3}$) y por grupo taxonómico (Otoño). 80

Tabla 21. Abundancia relativa por estación ($\text{ind}\cdot 1000\text{ m}^{-3}$) y por grupo taxonómico (Primavera).. 82

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH), longitud ojo a horquilla (LOH) y longitud entre la 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) de todos los ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca. 84

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de peso tronco (PTR) de los ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros. 85

Tabla 24. Parámetros del ajuste de las funciones entre longitudes (LOH-LMIH; L12D-LMIH y L12D-LOH) para cada sexo. 87

Tabla 25. Número de ejemplares de pez espada capturados y muestreados durante los cuatro cruceros realizados a la zona de Cordillera de Nazca. 89

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada uno de los cruceros estacionales. 90

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada uno de los cruceros estacionales. 91

Tabla 28. Estadísticos descriptivos de peso tronco (PTR) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada uno de los cruceros estacionales. 91

Tabla 29. Proporción sexual de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada crucero estacional. 94

Tabla 30. Frecuencia porcentual de peces de pez espada por edad inferiores a 5 años de edad. 97

Tabla 31. Número de individuos (n), número de alelos (a), número de haplotipos (Hap), número de haplotipos únicos (Hap U), Razón alelos/haplotipos ($R\ a/\text{hap}$) 100

Tabla 32. Número de alelos, haplotipos, homocigotos, heterocigotos y frecuencia de alelos y haplotipos para cada locus. 101

Tabla 33. Diversidad alélica y diversidad genética obtenida en los locus analizados	101
Tabla 34. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante otoño de 2005 (43 estómagos con contenido).	115
Tabla 35. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante otoño de 2005 (machos = 23 estómagos con contenido, hembras = 19 estómagos con contenido).	116
Tabla 36. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante otoño de 2005 por grupo de tamaño (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).	117
Tabla 37. Similitud trófica (BC sobre IIR%) entre grupos de tamaño de pez espada durante crucero otoño de 2005. (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).	
Tabla 38. Similitud trófica (BC sobre IIN%) entre grupos de tamaño de pez espada durante crucero otoño de 2005. (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).	118
Tabla 39. Similitud trófica (P sobre F) entre grupos de tamaño de pez espada durante crucero otoño de 2005. (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).	118
Tabla 40. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante primavera de 2005 (5 estómagos con contenido).	118
Tabla 41. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante verano de 2003 (64 estómagos con contenido).	119
Tabla 42. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante invierno de 2003 (39 estómagos con contenido).	119
Tabla 43.- Listado sistemático de las especies concurrentes en la pesquería del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) sobre la Cordillera sumergida de Nazca en el crucero de abril 2005 y el crucero de noviembre-diciembre 2005.	123
Tabla 44:- Presencia de las especies de peces y reptiles como fauna acompañante en la pesquería del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) sobre la cordillera sumergida de Nazca, abril 2005.	127
Tabla 45:- Presencia de las especies de peces y reptiles como fauna acompañante en la pesquería del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) sobre la cordillera sumergida de Nazca, noviembre-diciembre 2005.	129
Tabla 46. Presencia y ausencia de ítems alimentarios que constituyen parte de la dieta de las	130

especies de fauna asociada a *X. gladius* colectadas en la Cordillera de Nazca. Crucero 1/2005 (otoño, 2005). +: Presencia del ítem en la especie; --: Ausencia del ítem en la especie; re: restos

Tabla 47. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de especímenes de la familia Gempylidae (n= 16), en el crucero 1/2005. 131

Tabla 48. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus obesus* (n= 12), en el crucero 1/2005. 131

Tabla 49. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Isurus oxyrinchus* (n= 9), en el crucero 1/2005. 132

Tabla 50. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* (n= 7), en el crucero 1/2005. 132

Tabla 51. Presencia y ausencia de ítems alimentarios encontrados en las especies de fauna asociada a *X. gladius* colectadas en la Cordillera de Nazca. Crucero 2/2005 (noviembre 2005). 133

Tabla 52. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* (n= 4), en el crucero 2/2005. 133

Tabla 53. Valores propios y grado de explicación de ejes principales 136

Tabla 54. Correlación con los ejes factoriales de las variables activas e ilustrativas. 136

Tabla 55. Valor medio de variables activas e ilustrativas por clase obtenidas del análisis de clasificación jerárquica, basado en los datos de los cruceros de verano, otoño, invierno y primavera. 138

Tabla 56. Test de significancia de las variables predictivas del log CPUE en los modelos GAM. 139

1. INTRODUCCIÓN

En la década de los 80s la pesquería artesanal del pez espada en Chile tiene un acelerado desarrollo, con la introducción de la red de enmalle y el uso de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) para la localización de zonas de pesca (Barbieri *et al.*, 1995, 1998; Ponce y Bustos, 1991). La extensión espacial de esta pesquería estuvo restringida por la limitada autonomía de las embarcaciones. Fue en los 90s cuando una flota industrial palangrera se desarrolla, permitiendo extender la zona de pesca a zonas fuera de la zona económica exclusiva.

Regulaciones gubernamentales restringieron la actividad pesquera de las embarcaciones industriales fuera de las 120 mn, las que quedaron reservadas para la flota artesanal. La flota palangrera extiende su operación a nuevas áreas hacia el oeste, presentando una mayor proporción de juveniles en sus capturas (Donoso y Cerna, 1999). Conjuntamente la pesca realizada por la flota palangrera de altura española en el Pacífico Sur Oriental (PSO), sumado al esfuerzo realizado por la flota japonesa, que desde mucho antes realizaban una explotación multiespecífica sobre túnidos y otras especies dentro de las cuales se incluía el pez espada, conllevaron a condicionar una situación de alta presión sobre el stock de este recurso en aguas oceánicas frente a las costas chilenas.

La comprensión incompleta existente aún de la estructura del stock y distribución del pez espada hace difícil determinar algún plan de manejo adecuado para la pesquería. En este contexto, el conocimiento sobre la distribución de la fracción juvenil del stock, es una de las principales preocupaciones de la Subsecretaría de Pesca. Para lograr un adecuado conocimiento sobre la distribución del recurso es necesario explorar tanto la influencia de las características oceanográficas como de aspectos bióticos (tales como la presencia de presas). Dichos análisis deben ser realizados escogiendo múltiples escalas de observación (Bertrand *et al.*, 2002).

La Subsecretaría de Pesca requiere urgentemente de información actualizada y real sobre el recurso y su dinámica para poder establecer plataformas de manejo y administración. Con este

objetivo la Escuela de Ciencias del Mar (ECM) de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), llevó a cabo la fase I del proyecto Caracterización ecológica y pesquera de la Cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada. En este fue posible obtener una primera caracterización de la zona, a través de dos muestreos (verano e invierno), donde se incluyeron aspectos bióticos y abióticos del ecosistema. Se describieron los principales atributos poblacionales y se llevó a cabo una caracterización oceanográfica empleado una escala regional y otra fina. Para completar este estudio en su segunda fase, la PUCV responde al llamado realizado por el Fondo de Investigación Pesquera presentando la siguiente propuesta para la caracterización ecológica pesquera de Nazca, que busca completar el muestreo en las estaciones de primavera y otoño, integrar los resultados obtenidos en Fase I y II, y realizar comparaciones con otras zonas, mediante el empleo de información proveniente de otros proyectos relacionados al pez espada en el PSO.

OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización ecológica y pesquera del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca como zona de crianza del pez espada bajo un enfoque ecosistémico.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca en los períodos de primavera y otoño.

Caracterizar la fracción poblacional de pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca en período de primavera y otoño.

2. ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes generales de la especie

La presencia del pez espada a través del mundo ha sido registrada por diferentes autores (Palko *et al.*, 1981; Susuki y Miyabe, 1990, Barbieri *et al.*, 1990), encontrándose en el océano Atlántico, Indico y Pacífico. No existe un conocimiento adecuado sobre la distribución del pez espada en el Pacífico Sur Oriental.

Frente a Chile, se encuentra desde el norte de la República hasta cerca de los 40° latitud Sur, asociada a aguas entre 13°C y 24°C (Ponce y Bustos, 1991). Barbieri *et al.* (1990) menciona que el área de distribución del pez espada en Chile susceptible de ser capturado, con arpón o enmalle, depende de condiciones ambientales, entre ellas la TSM, mencionando rangos de temperatura variables para cada mes entre los 18-13,5°C. Para la flota palangrera, en tanto, el pez espada se captura principalmente entre los 21,5°-39° latitud Sur entre los 120 a 600 mn de la costa (Donoso y Cerna, 1999).

La distribución del pez espada depende de la edad y sexo, y varía estacionalmente. Peces juveniles son más abundantes en aguas tropicales y subtropicales, migrando a mayores latitudes cuando ellos maduran. Las larvas se encuentran asociadas a aguas con temperaturas sobre los 24° C siendo su distribución continua en aguas tropicales y subtropicales (Matsumoto y Kazama, 1969). El pez espada se concentra en áreas donde sus presas son abundante, comúnmente a lo largo de zonas frontales, donde las corrientes oceánicas o masas de aguas se interceptan para crear turbulencias y marcados gradientes de temperatura superficial y salinidad (Sakagawa, 1989).

Ha sido difícil demostrar que esta especie se organice poblacionalmente dentro del Pacífico ya que el grado de diferenciación del pez espada en esta cuenca es muy bajo. Sakagawa y Bell (1980) sugieren dos hipótesis, un único y amplio stock en el Océano Pacífico, y tres stock separados con un centro de concentración en el Pacífico Noroeste, Suroeste y Este, basada en la tendencias de la CPUE de la pesquería palangrera y en la distribución de las larvas. Sosa *et al.* (1991) sugiere la existencia de dos poblaciones en el Pacífico Este, el de Baja Península de California y el de Sudamérica, basado en el patrón de la CPUE media mensual de la pesquería

palangrera japonesa. Las poblaciones parecen estar interconectadas a través del Ecuador, lo que podría permitir, desde el punto de vista administrativo pesquero, establecer dos unidades de explotación en el Pacífico, un stock norte y otro sur que convergen en el Ecuador. Sin embargo Reeb *et al.* (2000), utilizando ADN mitocondrial, indican que las poblaciones en el Pacífico oriental son genéticamente continuas, mientras que en el Pacífico occidental son significativamente divergentes. Galleguillos *et al.* (2001), realizaron un análisis aloenzimático y un estudio del gen nuclear de ejemplares capturados en las costas de Chile y Juan Fernández, demostrando una alta homogeneidad genética del grupo. Con el conjunto de resultados se pueden identificar dentro del Pacífico Oriental dos subgrupos de poblaciones de pez espada, uno formado por individuos genéticamente similares que corresponden a Chile, Ecuador y México, y otro grupo formado por ejemplares de Hawai y Australia.

Kume y Joseph (1969) fijan la temperatura de 24° C como límite inferior para el desove de pez espada debiendo ser altamente estacional y limitado a periodos del año en latitudes mayores, cuando las temperaturas superen este límite. En la parte central del océano Pacífico Este ocurre en primavera y verano, en el Pacífico Sur Occidental en verano y todo el año en aguas ecuatoriales. Zarate (1997), estudió el ciclo reproductivo del pez espada en el Pacífico Sur Oriental, determinando los estados de madurez sexual a través del estudio histológico de las gónadas. Dicha talla fue estimada en 152 cm de longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) para los machos y 165 cm LHMI para las hembras. La fertilización es externa, y probablemente involucre el apareo solitario de macho y hembra (Palko *et al.*, 1981).

2.2. Determinación de edad y crecimiento

El pez espada, es una especie pelágica que habita normalmente aguas tropicales y subtropicales, pero algunas veces se introduce en aguas frías de todos los océanos, en un rango latitudinal, según capturas comerciales con longline, entre los 50° N y 45° S en el Pacífico Oeste; 50° N y 35° S en el Pacífico Este; 25° N y 45° S en el O. Indico; 50° N y 45° S en el Atlántico Oeste; 60°N y 50° S en el Atlántico Este (Nakamura, 1985).

En numerosos trabajos se han presentado determinaciones de edad y estimaciones de crecimiento de esta especie, en distinta regiones del mundo y sobre la base de distintos métodos y estructuras,

como frecuencia modal (Yabe et al., 1959; Joseph, 1969; Becket, 1974), morfología de otolitos (Radke & Hurley, 1983; Wilson & Dean, 1983) y en secciones transversales de la espina de la aleta anal (Berkeley & Houde, 1983; Tsimenides & Tserpes, 1989; Ehrhardt, 1992).

Se carece de antecedentes publicados sobre la edad y el crecimiento de las poblaciones de *X. gladius* presentes en el Pacífico Suroriental; sin embargo, en un estudio financiado por la Subsecretaría de Pesca, se verificó la aplicación del método de lecturas de anillos o bandas anuales en cortes transversales de la segunda espina de la aleta anal (Chong, 1992), para la determinación de edad de esta especie frente a las costas de Chile. Posteriormente, en un programa desarrollado por la Subsecretaría de Pesca sobre *X. gladius*, se han establecido las clave edad-talla para esta especie para la temporada de pesca 1994-1995 (Donoso & Chong, 1996), temporada de pesca 1995-1996 (Donoso & Chong, 1997) y temporada de pesca 1999 (Donoso & Cerna, 2000).

En Chile, las capturas de pez espada en la última década han presentado un aumento continuo, desde 103 ton en 1984 a 4.712 ton en 1993 con un máximo de 7.255 ton en 1991; para en los años siguientes presentar una notable baja a 2.594 ton en 1995 y posteriormente mantenerse entre 4.000-3.000 ton hasta el final de la década (SERNAP, 1993, 2000).

La disminución experimentada en los últimos años estaría asociada a un aumento en las capturas de especímenes de tallas menores, lo cual se debería más bien a una menor disponibilidad del recurso que a factores de mercado (Donoso & Chong, 1995). Esta menor disponibilidad del recurso traducido en una disminución de los desembarques pone en evidencia la necesidad de conocer la estructura de edades de la población o stock con el objetivo de saber cual es la fracción que sustenta la pesquería, con la finalidad de tener antecedentes para futuras medidas de regulación (Donoso & Chong, 1997).

2.3. Análisis trófico del pez espada

El pez espada es un depredador mesopelágico con una distribución cosmopolita entre los 45°N y 45°S (Palko *et al.*, 1981; Ward y Elscot, 2000). Con respecto a su distribución vertical, esta especie se mueve en las aguas superficiales, sin embargo en algunas áreas ellos regularmente

descienden de la superficie del mar a grandes profundidades pudiendo llegar hasta los 1000 m o más (Carey y Robinson, 1981; Ward y Elscot, 2000).

Sus hábitos alimenticios han sido estudiados principalmente en el Océano Atlántico Oeste, una pequeña fracción es conocida en las Costas de Europa (Moreira, 1990), y en el área del Caribe venezolano donde uno de los primeros trabajos relacionados con la alimentación del pez espada es el publicado por Barreto *et al.* (1996).

A nivel mundial, los ítems alimentarios de *Xiphias gladius* han sido estudiados por Bigelow y Schroedel (1953); Beckett y Tibbo (1968); Scott y Tibbo (1968); Palko *et al.* (1981); Tibbo *et al.* (1961), los cuales realizaron estudios cuantitativos (Moreira, 1990). Las investigaciones realizadas en Chile en lo que se refiere a trofodinámica del pez espada o albacora son escasas y los resultados sobre contenidos estomacales son más bien de tipo cualitativo (Barbieri *et al.*; 1998; Oyarzún, 2001). Los resultados obtenidos durante proyecto FIP2002-04, indican que el análisis global del espectro trófico del pez espada está constituido por tres grandes grupos: moluscos, peces y crustáceos. Si bien los cefalópodos son el ítem más relevante en términos de porcentaje numérico y peso se aprecia una reducción de este ítem en términos del porcentaje numérico (%N= 46,75) en verano a %N= 10,93 en invierno. En tanto que el porcentaje en peso se redujo de 91,34 en verano a 71,95 en invierno. En cambio el ítem peces aumenta su importancia en la época invernal. Es así como la importancia numérica de este ítem varió desde 31,95% en verano a 86,82 en invierno y su porcentaje en peso aumentó de 9,48% a 27,91%. De acuerdo al análisis por tallas usando el coeficiente de Concordancia de Kendall, en cruceros de verano e invierno, se puede apreciar que existe independencia entre los rangos de talla respecto a la importancia numérica de los ítems más frecuentes en el pez espada. Respecto a diferencias de la dieta entre sexos, en ambos cruceros el orden de importancia de las presas entre machos y hembras es diferente, sin embargo el ítem más importante es el de los cefalópodos.

Investigaciones realizadas a nivel mundial indican que dependiendo del área geográfica en la que se encuentre el pez espada, el espectro trófico podría ser muy amplio (superior a 30 especies), o por el contrario reducido alrededor de 11 especies. Sin embargo debido a que es considerado un depredador oportunista se esperarían encontrar una gran variabilidad en sus contenidos gástricos,

ya que potencialmente podría llegar a presentar un amplio espectro trófico (Hernández-García, 1995; Ward y Elscot, 2000; Oyarzún, 2001).

Algunos peces pelágicos grandes son capaces de seguir las migraciones de las presas para alimentarse (Bertrand *et al.*, 2002). En los sistemas pelágicos tropicales una de las especies más características de este tipo de migraciones es el pez espada, que realiza migraciones a aguas frías durante el verano para alimentarse (Palko *et al.* 1981). Este desarrollaría un marcado ciclo diario en cuanto a la alimentación se refiere, alcanzando mayores profundidades durante el día para ascender hacia aguas superficiales durante la noche (Carey, 1990; Oyarzún 2001). Sin embargo, en el océano abierto nadaría en profundidad durante el día (300-1000 m), para ascender a la superficie durante la noche (Mather, 1976). Los mecanismos que generan las migraciones verticales son múltiples, pero a menudo están asociadas a comportamientos tróficos (Bertrand *et al.*, 2002).

El establecimiento de las relaciones tróficas en los peces es uno de los tópicos más importantes en ecología de comunidades ya que permite no sólo conocer las posibles interacciones con los otros organismos de cuya comunidad es parte, sino que, además, permite determinar el nivel trófico que ocupa la especie en la trama trófica en que participa. En sus aspectos cuantitativos, los estudios de contenidos estomacales hacen una estimación aproximada de la depredación que ejerce una determinada especie sobre los componentes que constituyen su alimento.

Varios autores han llamado la atención respecto a los efectos que produce la remoción de altos niveles de biomasa por parte de la pesca sobre la estructura de los ecosistemas marinos (Botsford *et al.*, 1997; Reid *et al.*, 2000). En particular, la explotación selectiva de predadores tope representa una perturbación al sistema del tipo “top-down”, la cual puede tener marcados efectos en los ecosistemas pelágicos debido a la disminución de la presión que ejercen los predadores sobre niveles tróficos inferiores (Essington *et al.*, 2002; Olson and Galván-Magaña, 2002).

2.4. Análisis Genético

La información sobre la distribución de la variación genética de una especie es un requisito indispensable para programar debidamente la explotación y conservación de las especies de alto valor comercial, y también para manejar la selección y mejora genética en las especies de cultivo.

Considerando que los fundamentos teóricos del análisis genético de poblaciones han sido establecidos desde las primeras décadas del siglo XX, muy poco fue realizado en términos de caracterización genética de poblaciones naturales hasta cerca de 1970, cuando ocurrió un extraordinario avance en la capacidad de generar informaciones de naturaleza genotípica. Las nuevas técnicas hicieron posible la caracterización genética de cualquier especie de interés y no sólo de especies modelo, que son objeto de los primeros estudios en genética. Con el desarrollo inicial de marcadores bioquímicos, basados en el polimorfismo de isoenzimas, y por el desarrollo posterior de marcadores moleculares, basados en el polimorfismo a nivel de ADN, muchas interrogantes que difícilmente podrían ser respondidas en el pasado están volviéndose rutinarias en los trabajos de investigación.

Como punto de partida en esta gran tarea, la atención ha sido orientada a determinar la magnitud de la variabilidad genética existente en una especie dada, estado en el que estaría la investigación genética del pez espada. Posteriormente se debe determinar el grado de variabilidad en las poblaciones y el flujo génico existente entre estas poblaciones. Estos estudios deben ser complementados por investigaciones de la divergencia genética existente entre las poblaciones y de los factores determinantes de esta divergencia. De esta manera, las medidas de similaridad genética serán obtenidas por datos genotípicos y no inferidos a partir de informaciones fenotípicas.

A pesar de la importancia económica y productiva de *Xiphias gladius* y su importancia en la dinámica de los ecosistemas marinos, existen pocos antecedentes en relación a su estructura poblacional en el mundo y específicamente en el Pacífico Este. Los estudios hasta ahora realizados son insuficientes para determinar la variabilidad genética dentro del Pacífico Este. Por lo tanto, en la medida que aumente la información se podrá confirmar o rechazar la teoría de homogeneidad genética en la zona.

Los marcadores moleculares son la principal herramienta utilizada actualmente para el análisis de la diversidad genética, identificación de genotipos y mejoramiento genético en animales y plantas. El tipo de marcadores genéticos utilizados para la identificación de poblaciones ha ido cambiando a lo largo del tiempo en función del desarrollo de nuevas técnicas. La mayoría de los estudios realizados desde los años 80 utilizan los denominados loci enzimáticos, los cuales pusieron de manifiesto que esta especie está estructurada en múltiples poblaciones aisladas reproductivamente y diferenciadas genéticamente, diferenciación que aumenta al aumentar la distancia geográfica que separa las poblaciones comparadas. Sin embargo, los bajos niveles de variabilidad detectados (sólo 6 loci acumulan aproximadamente el 90% de toda la variabilidad) ha limitado su utilización, sobre todo a nivel individual.

Últimamente los marcadores genéticos más usados para la realización de estos estudios son los microsatélites, que son un tipo de marcador de ADN que se encuentra en los cromosomas de la mayoría de los organismos; en muchas especies son altamente polimórficos, por lo que están adquiriendo gran importancia en la definición de genotipos individuales, análisis de poblaciones, estudios del flujo de genes, etc.

Los microsatélites, o repeticiones de secuencia simple (SSRs), son segmentos de ADN que contienen numerosas repeticiones en tandem de una secuencia corta, normalmente de una a seis bases (ej. GAGAGAGAGA). La utilidad de estos marcadores se debe a su gran variabilidad. Una de las ventajas de estos marcadores *versus* otros (minisatélites, RFLP, RAPD, etc.) radica en que están considerados, por la mayoría de autores, como la más poderosa herramienta para los estudios de genética de poblaciones (Luikart & England 1999), ya que tienen una alta tasa de mutación, son muy polimórficos, presentan herencia mendeliana simple y son codominantes (pudiéndose diferenciar los individuos homocigotos de los heterocigotos).

Además de ser generalmente más informativos que otros tipos de marcadores, los loci de los microsatélites están dispersos aleatoriamente en el genoma de los seres vivos, y lo que resulta más relevante es que la información que ellos generan no se ve afectada por el medio ambiente o la fase de desarrollo del organismo.

Los estudios genéticos llevados a cabo en pez espada han sido realizados hasta ahora usando técnicas de aloenzima y mtDNA, y han demostrado heterogeneidad en las poblaciones de esta especie. Recientemente se han desarrollado técnicas de microsatélites para esta especie, a pesar que los estudios hasta ahora publicados, referentes al Pacífico, sólo han considerado la región de Australia (Ward *et al.*, 2001) y muestra que no hay diferencias significativas entre las poblaciones comparadas, esta técnica puede ser más apropiada para este objetivo ya que el número de alelos por locus es muy variable, por lo que proporciona abundante información en estos peces.

Diferentes estudios han sido realizados en diversas partes del mundo para caracterizar genéticamente los stocks de pez espada, los resultados se encuentran resumidos en las Tablas 1 y 2.

Estos antecedentes nos indican que existirían al menos cuatro grandes stocks genéticos en los diferentes océanos: un grupo Mediterráneo, otro del Atlántico Norte, otro Sur Atlántico y el resto Indo-Pacífico.

Tabla 1. Frecuencias de dos clades de mtDNA en diferentes océanos.

Ubicación	Clade		n	Referencia
	I	II		
Atlántico del Norte	0,81	0,19	122	Alvarado Bremer <i>et al.</i> (1996)
Atlántico del sur	0,96	0,04	23	
Mediterráneo	0,62	0,38	76	
Pacífico del Norte	1,00	-	26	Rosel y Block (1996)
Atlántico Sur y Norte	0,79	0,21	34	
Mediterráneo	0,50	0,50	20	
Pacífico Este, Oeste y Central	1,00	-	105	Reeb <i>et al.</i> (2000)
Indico	1,00	-	36	
Pacífico Este, Oeste y Central	1,00	-	245	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 2. Resumen de los estudios genéticos que se han realizado en el área de peces espada. (Pac= Océano Pacífico; Atl= Océano Atlántico; Ind= Océano Indico; Med= Mar Mediterráneo; N= Nort; C= Central; y E=Este).

Técnica	n	Conclusión, tomando en cuenta la estructura del stock	Ref
mtDNA-RFLP	148	(Pac, NorOeste, Pac. Norcentral, Pac. Noreste)	a
mtDNA-RFLP	204	(Atl. Del sur) (Med. Occidental; Med. Central; Med. Oriental)	b
mtDNA-d secuencia loop	50	(Atl. Noreste; Atl. Noroeste; Atl. Sur; Pac. Noreste) (med.)	c
mtDNA-d secuencia loop	159	(Pac. Noreste; Pac. Sudeste; Pac. Norte central; Pac. Noroeste) (Atl. Noroeste; Atl. Sur) (Med).	d
Alozima	94	(Pac. Norte central) (Pac. Noroeste).	e
MtDNA.d secuencia loop	112	Total norte = 247 (Pac. Noreste) (Atl. Noroeste; Atl. Noreste)	f
mtDNA.d RFLP loop	135	(Atl. Sur) (Med)	
mtDNA-d RFLP loop	456	(Pac. Noroeste; Pac. Norte central; Pac. Noreste; Pac. Sudeste Pac. Sur central; Ind. Central; Ind. Este; Atl. Sur) (Atl. Noroeste)(Med)	g
mtDNA.d RFLP loop	698	(Ind., Pac.) (Atl. Noroeste; Atl. Central; Atl. Sur) (Med)	h
mtDNA-CaM	567	(Ind.; Pac. Noroeste; Pac. Sudeste) (Atl. Central; Atl. Sur)(Atl. Noroeste; Med)	
mtDNA-d secuencia loop	281	*Noroeste-Pac-Norte Central-Pac-Noreste-Pac-sudeste-Pac-Sur central-Pac-suroeste-pac.	i

Fuente: Ward *et al.* (2001)

* se plantea una distribución en forma de U acostada en el Pacífico; a, Grijalva-Chon *et al.*, 1994; b, Kotoulas *et al.*, 1995; c, Alvarado Bremer *et al.*, 1995; e, Grijalva-Chon *et al.*, 1996; f,;,i, Reeb *et al.*, 2000.

En Chile Galleguillos *et al.* (2001), analizó el gen nuclear (Calmodulina), encontrando a todos los ejemplares estudiados con la misma condición genética, homocigotos tipo AA. En ese estudio también se analizó el fragmento D-loop del ADN mitocondrial utilizando las endonucleasas Alu I, Rsa I, Hha I y Taq^α I, encontrándose similitud genética en los grupos correspondientes a Chile, Ecuador y Méjico, de lo cual se supone igual condición para el resto de los ejemplares del Pacífico Este. A diferencia de estos autores, los patrones electroforéticos obtenidos empleando microsatélites en el proyecto FIP2002-04 (fase I), han puesto de manifiesto una elevada diversidad genética dentro de los individuos capturados en una limitada región geográfica. Tomando en consideración la riqueza alélica presente en la población estudiada y extrapolando para la especie, se podría afirmar que se trata de una especie consolidada y presente durante largo tiempo en los océanos. De acuerdo a estos resultados la población de pez espada de la región de la Cordillera de Nazca mantiene una alta diversidad genética, altos índices de heterocigocidad. Esto permite considerar que a pesar del esfuerzo de pesca ejercido sobre la especie, esto no se ha reflejado en pérdida de la diversidad de su contenido genético. Aún así, es conveniente mantener esta población en observación ya que hay indicios de disminución del equilibrio en uno de los marcadores empleados.

2.5. Relación pesquería y variables ambientales

2.5.1. Temperatura del mar en análisis de pesquería del pez espada

Existen numerosas referencias sobre el empleo de la temperatura del mar en el análisis de distribución del pez espada. Bigelow *et al.* (1999) analiza las tasas de captura de pez espada en un modelo aditivo generalizado encontrando una relación con la temperatura superficial del mar (TSM), el gradiente térmico y las variaciones temporales del hábitat termal y frontal. Los resultados muestran que las mejores capturas ocurren en aguas con TSM entre 14° y 16° C. La CPUE se incrementa entre los 35-40° N en la vecindad de los frentes de temperatura.

Podestá *et al.* (1993) exploran la relación entre frentes termales en la superficie del océano en la pesquería de pez espada del Atlántico Norte. Las variables físicas analizadas son gradiente horizontal, distancia al más próximo frente termal (DFT) y la densidad del frente, obtenidas a partir de TSM satelital. Los autores encuentran que la mayor cantidad de esfuerzo de pesca se realiza a lo largo de los frentes termales, pero que las mayores tasas de captura no se explican claramente por las cercanías al frente. Mencionan además que una de las razones por las que no se encuentra una asociación fuerte con la DFT es porque el número de lances efectuados lejos de los frentes termales era bastante reducido.

En Chile el empleo de la TSM por percepción remota se inicia con el proyecto SATAL de la Escuela de Ciencias del Mar-UCV (Barbieri *et al.*, 1987; 1990; 1991). A partir de este proyecto se desarrollan numerosos trabajos sobre la relación de la temperatura con la distribución del recurso (González, 1993; Yáñez *et al.*, 1996; Nieto, 1999). Según Yáñez *et al.* (1996) el pez espada se capturó entre los 14° y 20° C, con temperaturas óptimas que varían estacionalmente, asociándose más a aguas de origen oceánico que a discontinuidades térmicas. Nieto (1999), construye un modelo de zonas probables de pesca en la pesquería artesanal de la zona central de Chile, a través de imágenes satelitales de TSM y gradiente térmico (GRT), aplicando el Análisis Bayesiano, Técnica Fuzzy y la Evaluación Multicriterio. Estas metodologías están orientadas a la toma de decisiones y manejo de la incertidumbre. La información histórica considera la CPUE del recurso y la distribución de esta con respecto a las condiciones ambientales. La distribución del pez espada se relaciona con TSM que varían desde 19° C en marzo hasta 13°C en agosto; los

máximos valores de la CPUE se observan durante el mes de mayo asociada a temperaturas entre 15° y 17° C. Por otra parte Yáñez y Toro (1999) evalúan la influencia de la temperatura en modelos globales de producción con el software CLIMPROD (Freon *et al.*, 1993), explicando la variación de la CPUE en función del esfuerzo de pesca y la anomalía acumulada de la TSM (ATSM). Los resultados obtenidos a partir de estos modelos indican que un enfriamiento en el ambiente habría provocado una disminución en la disponibilidad del pez espada.

En el proyecto FIP2002-04, la TSM tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la CPUE: en los MLG y MAG. Al incluir el efecto TSM como función polinomial de tercer grado, se distingue que las mayores tasas de captura se obtienen en los 16-17°C.

2.5.2. Antecedentes sobre el ENSO

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) es el evento oceanográfico-atmosférico de mayor impacto en la variabilidad climática global sobre una escala de tiempo interanual. Durante los episodios ENSO, la presión atmosférica, los niveles del mar y el patrón de corrientes del océano Pacífico cambian significativamente (Lu *et al.*, 1998). El Niño tiene enormes efectos sobre las pesquerías, siendo el más famoso la fluctuación interanual de la anchoveta peruana (Arntz, 1984). Ha sido considerado como uno de los más importantes eventos que influyen la estructura de las comunidades de peces (Sharp, 1994). En Chile la influencia del El Niño ha sido analizada para las pesquerías de pequeños pelágicos por Yáñez *et al.* (1990, 1992, 2002), Arcos *et al.* (2001), Cubillos y Arcos (2002) entre otros.

En grandes pelágicos existen reportes de variaciones en las tasas de captura de atuneros en el Pacífico Occidental y Central (Joseph y Miller, 1989; Miyabe *et al.*, 1989; Lu *et al.*, 1998; Campbell *et al.*, 1995) debido al ENSO.

El índice de oscilación del Atlántico (IOA) también ha sido empleado para explicar la variabilidad en la abundancia de grandes pelágicos, por ejemplo el trabajo de Mejuto (1996) sobre la influencia del IOA en los reclutamientos de pez espada.

2.5.3. Relaciones entre el hábitat del pez espada y su migración vertical

El desarrollo de métodos espaciales ha permitido describir y modelar un buen número de hábitat (Lehodey *et al.*, 1998; Maury, 1998). Informaciones cada vez mas finas y numerosas están disponibles, particularmente gracias a los satélites que proporcionan datos de temperatura, vorticidad, turbidez o de mapas de producción primaria. Tales métodos han permitido un avance considerable en la descripción del dominio pelágico (Longhurst, 1998) y son aplicados con éxito en el estudio de varias especies de gran peces pelágicos (Stretta, 1990; Petit *et al.*, 1991). Tal aproximación sin embargo es sólo pertinente para las especies directamente influenciadas por las condiciones bióticas y abióticas de la capa superficial o si los parámetros de superficie expresan fenómenos mas profundos. En efecto, en la mayoría de casos, sólo los primeros milímetros o los primeros metros del océano son estudiados, mientras que en los medioambientes pelágicos, numerosas especies realizan migraciones verticales. Es el caso particularmente del atún ojo grande (*Tunnus obesus*) y por supuesto del pez espada, cuya distribución vertical está comprendida entre la superficie y más de 500 metros de profundidad (Carey, 1990). La visión de un hábitat estrictamente horizontal no está pues adaptada, es indispensable adicionar una tercera dimensión en la caracterización del hábitat pelágico de estos peces (Power & May, 1991; Bard *et al.*, 1998; Bertrand *et al.*, 2002).

Los mecanismos que generan las migraciones verticales son múltiples pero a menudo asociadas al sistema predadores-presas (Aksnes & Giske, 1990 ; Fréon & Misund, 1999). En el sistema predadores-presas, las presas están en general ampliamente sujetos a las condiciones abióticas y sufren además la presión de la depredación. El plancton y el micronecton efectúan migraciones nictémeras que han sido abundantemente descritas en la literatura (Longhurst, 1976 ; Sameoto, 1986; Roger, 1994a; Andersen *et al.*, 1997; Le Borgne & Rodier, 1997). Estas migraciones le permiten en parte escapar de los predadores. Algunos peces pelágicos grandes son sin embargo capaces de seguir las migraciones de las presas para alimentarse. En los sistemas pelágicos tropicales, las dos especies mas características de este tipo de migraciones son el pez espada y el atún ojo grande. Estas migraciones verticales generadas por comportamientos tróficos (Carey, 1990; Holland *et al.*, 1990; Josse *et al.*, 1998; Dagorn *et al.*, 2000), tienen consecuencias muy importantes en el plano fisiológico. En efecto, los animales deben poder hacer frente a las grandes variaciones de parámetros hidrológicos tales como la temperatura, la presión y, en algunos casos, la proporción de oxígeno disuelto.

Los hábitat son la mayoría de las veces descritos desde un punto de vista hidrológico porque técnicamente es más cómodo estudiar o modelar los factores abióticos que los factores bióticos. Las dificultades físicas de acceso a las profundidades son numerosas para los peces pelágicos (Bard *et al.*, 1998a) y deben ser estudiadas. Sin embargo, estudiar las distribuciones o los comportamientos basándose únicamente en los factores hidrológicos puede llevar a errores de interpretación. En la mayoría de los casos, los mecanismos que generan las migraciones verticales están asociados al sistema predadores-presas. Los peces (al menos los predadores), que han sabido adaptarse a las variaciones del hábitat físico-químico, pueden realizar estas migraciones tróficas.

La influencia de los factores hidrológicos en la distribución del pez espada han sido objeto de diversos estudios (Podesta *et al.* 1993; Yáñez *et al.*, 1996; Bigelow *et al.*, 1999; Nieto, 1999). Estudios reciente sobre los atunes ojo grande (Bertrand *et al.*, 2002) o los peces espadas (Sedberry & Loefer, 2001) indican que la distribución vertical y horizontal de estos predadores depende mas de la distribución de las presas que de los parámetros fisicoquímico. Estos peces tienen la capacidad fisiológica para seguir las presas donde las condiciones abióticas no son óptimas para ellos. De este modo la relación entre la distribución vertical de estos peces y los parámetros abióticos es indirecta: los peces espada siguen las presas de forma que la distribución puede estar relacionada a las características hidrológicas. Podesta *et al.* (1993), indican que la capturabilidad de los peces espada con palangre aumenta cerca de los frentes térmicos, pero que la variabilidad de los CPUE no puede ser interpretado y debe depender de los parámetros que ellos no han podido medir. Estos frentes son zonas ricas en presas pero la cantidad total de presas no es un factor suficiente para entender la distribución y la capturabilidad de estos peces. Swartzman *et al.* (1999) y Bertrand *et al.* (2002) indican que además de la cantidad de presas, un parámetro clave es el tipo de distribución de estas presas (en agregaciones o no). La presencia de presas abundantes pero dispersas favorece la capturabilidad pero cuando las presas están agregadas atraen a los peces pero disminuyen la capturabilidad debido a una competencia entre las presas y la carnada de los anzuelos. Los CPUE en los atunes ojo grande y las abundancias de presas están positivamente correlacionadas a gran escala y negativamente correlacionadas a escala fina donde intervendría una competencia frente al anzuelo (Fig. 1). Por eso, parece más

eficaz pescar con palangre en una zona globalmente rica en presas (zona 2 en la Fig. 1) pero dónde localmente el micronecton es poco abundante y no distribuido bajo la forma de grandes agregaciones. Dentro de una región dónde las condiciones hidrológicas son favorables a las especies objetivo, optimizar la acción de pesca con palangre resulta de pescar en una zona conocida por ser rica en presas, pero en un lugar dónde las detecciones de micronecton con sonda son débiles. Otros parámetros abióticos de mayor importancia son la presencia de montes o cañones submarinos (Sedberry & Loefer, 2001).

Los peces espada al igual que los atunes poseen una fuerte demanda metabólica. Parece entonces pertinente enfocar su distribución en función de la disponibilidad de alimento. Los peces espadas se alimentan de animales pelágicos (moluscos, peces y crustáceos principalmente) de 1 a 10 cm de longitud, definidos como micronecton (Blackburn, 1968 ; Sund *et al.*, 1981, p 490). La distribución del micronecton ha sido estudiada en algunas partes del océano Pacífico (Blackburn 1968 ; Young *et al.*, 1996a, b ; Williams & Koslow, 1997, Bertrand *et al.* 1999, 2002) pero muy pocos trabajos apuntan a la parte sureste. Los métodos acústicos permiten una aproximación bidimensional y continua del hábitat pelágico y constituyen una buena herramienta de estudio *in situ* de la distribución del micronecton.

En el proyecto FIP2002-04 se pudo establecer una caracterización considerando una base de datos histórica (2000-2002), con datos pesqueros, y variables ambientales en el plano horizontal (superficie) y vertical (columna de agua). A través de un análisis de clasificación jerárquica, se pudo definir 2 grupos: uno localizado al norte de los 26°S y entre los 79 y 82°W, representado por individuos de pez espada de PTR promedio de 56 kg, cuya distribución se asocia a masas de aguas superficiales cálidas (TSM de 18,2°C), de baja productividad (Cloa de 0,09 mg/m³) y de mezcla entre subtropical y subantártica (SSM de 34,7 PSU); y otro ubicado en los 26-30°S y 79-82°W, y representada por individuos de PTR promedio de 67 kg, que se distribuyen en una zona con aguas superficiales más templadas (TSM de 16,8°C) y más productivas (Cloa de 0,15 mg/m³), en masas de aguas superficiales de mezcla entre subtropical y subantártica. Adicionalmente con los datos de cruceros de verano e invierno se realiza una segunda caracterización, obteniéndose 3 grupos, diferenciados por los rangos de TSM, cloa y salinidad, junto con diferencias en LHMI y proporción sexual en el sentido latitudinal, reafirmando lo

obtenido en primera caracterización respecto a la presencia de ejemplares de mayor tamaño a mayor latitud.

2.6. Fauna acompañante

La composición de las capturas de la pesquería del pez espada sugiere diferentes asociaciones entre el pez espada y un conjunto de especies pelágicas (Ward y Elscot, 2000). Los tiburones azules son a menudo especies dominantes en las capturas de pez espada en aguas subtropicales y templadas como por ejemplo Hawaii y el Atlántico Norte (Ward y Elscot, 2000). En las operaciones de desembarco de España del año 1997, se determinó que más del 90% del total de las capturas en el oeste del Mar Mediterráneo estaba compuesta por tiburones, de los cuales el 82% estaba representado por el tiburón azul (fide Ward y Elscot, 2000), y únicamente el 8% del total de las capturas estuvo integrado por el pez espada. En cambio la información proveniente de las operaciones de desembarco del pez espada en Italia en el Mar de Liguria, la captura estaba constituida por especies comercialmente importantes, como por ejemplo el atún aleta azul (Ward y Elscot, 2000).

Las aguas sobre la Cordillera de Nazca son áreas señaladas como zonas de alimentación importantes para el pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) principalmente en sus estados de crías. Los estudios de fauna acompañante del pez espada son escasos en Chile, existiendo al respecto información aislada (Acuña *et al.*, 2001). Por su parte, Weidner y Serrano (1997), indicaron que la fauna asociada a la pesquería del pez espada estaba integrada por un bajo porcentaje (<5%) de atunes e indicando a su vez a los escualos como el grupo de animales con una mayor incidencia en las capturas (Weidner y Serrano, 1997; Donoso *et al.*, 2002).

Resultados del proyecto FIP 2002-04 para las estaciones de verano e invierno, señalan a los vertebrados como la raya (*Pteroplatytrygon violacea* Bonaparte, 1832); el “azulejo” (*Prionace glauca* Linnaeus, 1758); el “atún de aleta larga” (*Thunnus alalunga* Bonnaterre, 1788); el “atún de aleta amarilla” (*Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788); al invertebrado “jibia o calamar gigante” (*Dosidicus gigas* Orbigny, 1835), entre otros. Las especies ya mencionadas son ampliamente reconocidas ya sea de manera empírica o a través de claves taxonómicas especializadas. Existen otras especies, menos conocidas y/o de menor importancia económica,

pero que cumplen un rol en el hábitat de las crías del pez espada que es necesario reconocer con una identificación adecuada.

3. METODOLOGÍA

3.1. Zona de estudio

La zona de estudio correspondió a la Cordillera de Nazca. Esta tiene su límite extremo norte en 15° 00' S y 076° 00' W, aproximadamente a la cuadra de Ica, Perú. Con una anchura estimada de 200 millas náuticas, la Cordillera de Nazca se extiende en dirección SW cerca de 1100 millas, para unirse en los 090° 00' W, con la Cordillera de Sala y Gómez que tiene dirección oeste (Fig. 2).

3.2. Objetivo general

Realizar la caracterización ecológica y pesquera del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca.

Para dar cumplimiento al objetivo general, se procedió a realizar una caracterización del ecosistema pelágico, y una caracterización del pez espada presente en la zona de Nazca. Se realizó un crucero de pesca exploratoria a la zona de estudio (otoño), en un buque palangrero hielero, a bordo del cual se realizaron muestreos de las capturas de pez espada y su fauna acompañante, y mediciones oceanográficas de temperatura, salinidad y oxígeno en el plano vertical.

Para efectuar el crucero de otoño, se solicitó a la Subsecretaría de Pesca una Pesca de Investigación. Al igual que en proyecto FIP 2002-04, se realizó un convenio de trabajo con la empresa Pesquera Omega S.A., una de las empresas líder en la actualidad en la pesca de pez espada en Chile, la cual arrendó una embarcación palangrera hielera, con equipo y tripulación para visitar la zona de estudio.

Las principales fuentes de información a analizar provendrán de la fase I del proyecto (cruceros de verano e invierno de 2003, más análisis histórico), y del crucero de otoño de 2005.

Para dar cumplimiento al objetivo específico 1, se realizó una caracterización oceanográfica, considerando mediciones *in situ* de temperatura, salinidad y oxígeno, empleando CTD y botellas Niskin, junto con información de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM),

concentración de clorofila, salinidad, anomalía superficial del mar, corrientes geostróficas y vientos, obtenidas del Laboratorio de Teledetección y SIG de la PUCV. Esta información satelital tiene la ventaja de permitir una mayor cobertura espacio temporal de la zona de estudio, convirtiéndola en una gran herramienta tanto para la determinación de la zona de pesca, como para la extracción de información que servirá de entrada en los modelos que caracterizan el ambiente y su relación con el recurso.

Para dar cumplimiento del objetivo específico 2, se realizó una pesca exploratoria para detectar la presencia de ejemplares juveniles en la zona de la Cordillera de Nazca. Todos los ejemplares capturados fueron marcados y medidos en longitud (cm) y peso (Kg). Junto con lo anterior a cada ejemplar marcado se le realizó un muestreo biológico completo (sexo, gónadas, aleta anal, contenido estomacal y de tejido muscular para caracterización genética). Adicionalmente se colectaron muestras de fauna acompañante para los casos que se requiera identificación, las que fueron analizadas por el Dr. Roberto Meléndez del Museo Nacional de Historia Natural.

Las labores de análisis de contenido estomacal de pez espada las realizó el Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción (UDEEC); el análisis genético estuvo a cargo del Laboratorio de Genética de la PUCV; el análisis de estructura etárea lo efectuó la Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC) y el análisis de la condición reproductiva fue realizado en el Laboratorio de Biología Pesquera de la Universidad Arturo Prat (UAP). La caracterización de la estructura de tallas y peso tronco, y el análisis integrado recurso-ambiente, fueron realizados por el Laboratorio de Evaluación y Oceanografía Pesquera (PUCV). Adicionalmente la PUCV realizó un análisis del macrozooplacton mediante redes bongo, y del contenido estomacal de la fauna acompañante.

3.3. Objetivos específicos

3.3.1. Objetivo específico 1

Caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca.

Se caracterizó bajo un enfoque ecosistémico el hábitat pelágico combinando observaciones físico-químicas *in situ* y de sensores remotos.

Se llevó a cabo una selección de variables tanto abióticas como bióticas las que se incluyeron en el análisis, con un criterio de integridad que apunta a caracterizar los factores que determinan el comportamiento del pez espada en el medio bajo un enfoque espacio-temporal. Se planteó el análisis y caracterización en un plano horizontal, el que consideró principalmente la porción superficial del mar y, un enfoque vertical, que pretende describir la columna de agua en el área de estudio y su importancia en la distribución y comportamiento alimentario del pez espada.

Se usaron las tecnologías de Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica y otros softwares especializados en el procesamiento y análisis de la información espacial.

La caracterización se llevó a cabo en dos fases, una basándose en la información recolectada durante la ejecución del proyecto, y posteriormente se integró en el análisis la información obtenida en proyecto FIP 2002-04 (Fase I).

El ecosistema pelágico fue descrito en dos escalas: una escala regional y una escala más fina, la escala de las zonas muestreadas por los palangres. La escala regional es aquella de la zona de estudio. Se trata de describir a grandes rasgos el funcionamiento físico-químico y trófico del ecosistema pelágico utilizando de manera global los datos obtenidos en muestreos oceanográficos. El conocimiento de las características macroscópicas del ecosistema permitió caracterizar el hábitat más finamente.

3.3.1.1. Caracterización físico-química con información in situ

Tres variables oceanográficas fueron utilizadas para caracterizar el ecosistema en la columna de agua durante el crucero de otoño: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Los datos de temperatura y salinidad se obtuvieron desde la superficie y hasta alrededor de 250 m de profundidad con la ayuda de un Sealogger CTD SBE25. Los registros hexadecimales del CTD fueron procesados con el programa SeaBird-Seasoft Win 32 según las subrutinas y metodología indicadas por CENDHOC 2005.

- Subrutina : Proceso que efectúa**
1. DataConversion : Convierte información hexadecimal a decimal.
 2. Limpieza de Archivo : Elimina información de estabilización del equipo, inversiones de densidad, datos malos, etc.
 3. Filter : Filtro pasa bajo para suavizar cambios bruscos (presión).
 4. Align CTD : Alinea las mediciones de los sensores.
 5. LoopEdit : Elimina datos incorrectos.
 6. Derive : Deriva nuevas variables de la conductividad corregida.
 7. Window Filter : Calcula un valor promedio tomando en cuenta los valores de los datos alrededor de un punto central (optativo pero recomendado).
 8. BinAvg : Promedia a 1 metro cada conjunto de mediciones.

Simultáneamente y en cuatro profundidades discretas (0, 20, 65 y 230 m), se tomaron mediante botellas Niskin adosadas al cable del CTD, muestras de agua de mar para la determinación de salinidad y de oxígeno disuelto.

Las muestras de salinidad, necesarias para la calibración del sensor de salinidad del CTD, se analizaron posteriormente en tierra con un Salinómetro Inductivo, calibrado con agua de mar estándar. Con los pares salinidad del CTD v/s salinidad del salinómetro, se calculó una regresión lineal que fue utilizada para corregir todos los datos de salinidad del CTD.

El análisis de oxígeno disuelto se realizó a bordo mediante la modificación de Carpenter (1965) para el método de Winkler. El porcentaje de saturación se calculó de acuerdo al algoritmo de Weiss (1970).

Con los datos de temperatura y salinidad cada un metro y con los cuatro datos discretos de oxígeno disuelto, se confeccionaron perfiles verticales de cada una de estas variables para cada estación. Con datos interpolados se confeccionaron niveles horizontales de temperatura y salinidad a 0, 100 y 200 m de profundidad. Además se prepararon gráficos T-S para la identificación de masas de agua presentes en la zona de muestreo.

El primer crucero se realizó entre el 20 y el 26 de abril (crucero de otoño) efectuándose un total de siete estaciones oceanográficas que incluyeron registros continuos de temperatura y salinidad con un CTD SeaBird 25, hasta una profundidad de 240 m. Simultáneamente, mediante botellas Niskin adosadas al cable que se usó para arriar e izar el CTD, se tomaron muestras de agua de mar a profundidades discretas para la determinación de oxígeno disuelto y determinación de salinidad para calibrar el CTD a las profundidades de 0, 20, 65 y 230 m de profundidad.

El segundo crucero se realizó entre el 26 de noviembre y el 1 de diciembre (crucero de primavera), con un total de 9 estaciones oceanográficas. Desafortunadamente, en el segundo crucero, el CTD presentó fallas en sus registros. De aquí que sólo fue posible obtener las muestras discretas de salinidad y oxígeno disuelto a las profundidades de 0, 25, 75, 150 y 230 m .

Las muestras de salinidad se analizaron posteriormente en tierra con un Salinómetro Inductivo, calibrado con agua de mar estándar IAPSO. Con los pares salinidad del CTD v/s salinidad del salinómetro, obtenidos durante el crucero de otoño, se determinó una regresión lineal (Fig. 3), la cual fue utilizada para corregir los datos de salinidad del CTD.

El análisis de oxígeno disuelto se realizó a bordo mediante la modificación de Carpenter (1965) para el método de Winkler. El porcentaje de saturación se calculó de acuerdo al algoritmo propuesto por Weiss (1970).

Con los datos continuos de temperatura y salinidad y discretos de oxígeno disuelto, se confeccionaron perfiles verticales de estas variables para cada una de las estaciones oceanográficas del crucero de otoño (Fig. 13). En el caso del crucero de primavera, con los datos discretos de salinidad y oxígeno disuelto se confeccionaron perfiles verticales para cada una de las estaciones realizadas (Fig. 14). Junto a lo anterior se confeccionaron además, gráficos T-S para la identificación de masas de agua presentes en la zona de muestreo (Fig. 13).

La información oceanográfica histórica de la columna de agua de la zona de estudio fue extraída del World Ocean Database versión 2001 del National Oceanographic Data Center de Estados Unidos (NODC, 2001). Esta dispone de datos de temperatura, salinidad y oxígeno

disuelto en la zona y período de estudio, sólo para los meses de agosto (Fig. 15) y noviembre (Fig.16) . Para febrero y abril, sólo se dispone de un par de estaciones para cada mes.

3.3.1.2. Caracterización físico-química con información satelital

Se recopiló información oceanográfica, tanto en superficie como en profundidad. Las principales variables oceanográficas en el plano superficial (obtenidas de sensores remotos a bordo de satélites) que se utilizaron en el estudio son: relieve submarino; corrientes oceánicas; campo de vientos superficiales; altura del mar; temperatura superficial del mar; salinidad superficial del mar. Se utilizó la concentración de clorofila *a* como un indicador de la cantidad de algas (fitoplancton) presentes en el agua.

Batimetría y relieve submarino

Una batimetría detallada es esencial para entender la oceanografía física y geofísica marina, como así también para estudiar la oceanografía biológica asociada al relieve submarino en el área de Nazca.

Se realizó una cartografía del relieve submarino con datos de la superficie topográfica del océano obtenida de sensores remotos a bordo de satélites. En la cartografía se utilizaron datos batimétricos derivados de datos de altimetría de satélites Geosat, ERS-1 y Topex/Poseidón (Smith and Sandwell, 1997).

Circulación oceánica

Los flujos de corrientes del océano son complejos patrones afectados por vientos, salinidad y temperatura del agua, topografía submarina y rotación terrestre. Con los datos de topografía oceánica de Topex/Poseidón se calcularon imágenes de Corrientes Oceánicas. Estas imágenes fueron adquiridas, procesadas y analizadas en el laboratorio de Teledetección y SIG (LT&SIG) de la ECM-PUCV. Poseen una resolución espacial de 10 mn y resolución temporal de 10 días y se representan por vectores que indican dirección y velocidad de corrientes oceánicas (Fig. 4).

El uso de imágenes de corrientes marinas permitió la identificación de estructuras oceánicas tales como eddies o afloramientos oceánicos, surgencias, frentes de corrientes.

Régimen de vientos

Se recolectaron imágenes de velocidad y dirección de viento superficial del mar, generadas con datos del escaterómetro SeaWinds de NASA/JPL. Estas imágenes fueron utilizadas en la caracterización del régimen de vientos presente en el área, su resolución espacial es de 10 mn mientras que su resolución temporal es 2 veces por día (Fig. 5). Las imágenes de campos de vientos fueron adquiridas, procesadas y analizadas en el LT&SIG de la ECM-PUCV.

Altura del Mar

Se utilizaron imágenes de altura del mar. Estas imágenes representan la topografía oceánica del mar, en donde se pueden visualizar estructuras oceanográficas como afloramientos del mar o eddies, frentes de corrientes, zonas de depresión. Estas estructuras tienen alta relación con la distribución del pez espada. Estudios realizados en la Universidad de Hawai evidencian la existencia de fuertes relaciones entre imágenes de altura del mar obtenidas del altímetro a bordo del satélite Topex/Poseidón y la distribución de las capturas de pez espada (Polovina et al., 1999).

Las imágenes fueron adquiridas, procesadas y analizadas en el LT&SIG de la ECM-PUCV (Fig. 6). La resolución espacial es de 10 mn mientras que su resolución temporal es cada 10 día.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

La TSM es un buen indicador para determinar la distribución del pez espada. El pez espada se concentra en áreas donde el alimento es abundante, comúnmente a lo largo de las zonas frontales donde corrientes oceánicas o masas de aguas se interceptan para crear turbulencia y fuertes gradientes de la TSM y salinidad (Sakagawa, 1989)

Se utilizaron imágenes diarias de TSM generadas con información proveniente de los satélites polares NOAA12 y NOAA16 (Fig. 7). Estos datos fueron recibidos y procesados con el sistema receptor de imágenes satelitales HRPT que opera el LT&SIG de la ECM-PUCV. Se calcularon imágenes promedios semanales a partir de los datos diarios.

Salinidad Superficial del Mar (SSM)

Se incorporó el uso en investigación de imágenes de SSM, las cuales son creadas con un modelo oceanográfico que integra información derivada de varios satélites (Fig. 8). Esta información es diaria y fue adquirida, procesada y analizada en el LT&SIG de ECM-PUCV. A partir de la información de SSM se generaron imágenes de masas de aguas que permiten el monitoreo de la distribución de las aguas superficial sub-tropical, sub-antártica y aguas de transición.

Al igual que la TSM, la distribución de la SSM se asocia a la distribución de recursos pelágicos como el pez espada. El pez espada se distribuye principalmente en la zona de transición localizada desde la convergencia sub-tropical hasta el 43°S. El estudio integrado de TSM, SSM, Altura del mar y corrientes permitirá mejorar el conocimiento de la zona de transición formada entre la masa de agua superficial subtropical y sub-antártica, referida como frentes térmicos (cálidos y fríos). Este frente oceanográfico se caracteriza por un cambio repentino en salinidad y temperatura del mar y un incremento del fitoplancton.

Clorofila y Productividad

Estudios recientes utilizando datos del sensor SeaWiFS de color del mar demuestran que las zonas frontales con altos contenidos de clorofila definen la migración y hábitat de forraje de los recursos marinos (Polovina et al., 2000). Se utilizó información satelital de color del mar (obtenida del sensor SeaWiFS), específicamente imágenes de concentración de clorofila *a* (Clo_*a*) como un indicador de la productividad primaria del área de estudio (Fig. 9). Se utilizaron imágenes diarias de Clo_*a* generadas con información proveniente del sensor SeaWiFS. Estos datos fueron adquiridos, procesados y analizados en el LT&SIG de la ECM-PUCV. Se calcularon imágenes promedios semanales a partir de los datos diarios.

3.3.1.3. Caracterización específica del macrozooplancton

Durante el desarrollo de la primera etapa del proyecto “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de nazca como área de crianza del pez espada” realizado entre el 21 y 27 de abril de 2005, se efectuaron 7 estaciones oceanográficas sobre la Placa de Nazca entre los 21,04-22,13°S y los 80,18°-83,03°W.

En cada estación se realizaron pescas oblicuas de zooplancton desde un máximo de 200 m de profundidad hasta superficie, con redes Bongo de 350 μm de abertura de malla provistas de flujómetros para estimar el volumen de agua filtrada, con una velocidad de arrastre de alrededor de 20 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ (Tabla 3). Las muestras se conservaron en agua de mar con formalina al 5%, neutralizada con tetraborato de sodio para su posterior análisis en laboratorio.

Tabla 3. Lances de arrastre con redes Bongo

Fecha	Estación	Latitud (S)	Longitud (W)	Hora	Profundidad (m)
20-04-05	1	21°12,30'	80°18,40'	20:10	200
21-04-05	2	21°09,41'	81°11,20'	19:45	200
22-04-05	3	21°05,95'	82°31,95'	19:10	200
23-04-05	4	21°04,78'	82°59,89'	18:40	200
24-04-04	5	21°36,98'	82°59,82'	18:43	200
25-04-05	6	22°12,84'	83°01,97'	17:33	200
26-04-05	7	22°06,20'	83°03,20'	18:36	200

Las muestras de zooplancton se analizaron en el laboratorio, con un microscopio estereoscópico Leica Wild M8. De cada muestra se separaron e identificaron los organismos presentes al nivel taxonómico más bajo posible, de acuerdo a la bibliografía actual (Boltovskoy, 1999), especialmente en algunos grupos que el análisis se efectuó a nivel específico, como en medusas, sifonóforos, eufáusidos, quetognatos y salpas. En el caso de los sifonóforos, por su estructura colonial solo se identificaron los nectóforos, que corresponden a la estructura encargada de la flotación de la colonia.

El número de individuos por especie y/o grupo, según correspondiere, en cada muestra se estandarizó y expresó como número de individuos por 1000 m^3 (Palma, 1994), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C_n = \left(\frac{n_i}{V_f} \right) * 1000 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

donde: C_n : número de individuos por 1000 m^3 de la especie i.
 n_i : número de individuos de la especie i.
 V_f : volumen de agua filtrado por la red.

La distribución geográfica de los organismos se analizó en función de las especies dominantes, considerando como tales aquéllas cuya abundancia fue superior al 5% del total de ejemplares capturados.

3.3.2. Objetivo específico 2.

Caracterizar la fracción poblacional del pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca en el período de otoño y primavera.

Para dar respuesta a este objetivo se considerarán las siguientes actividades:

- Realizar pescas exploratorias (cruce de investigación), con el fin de caracterizar la fracción poblacional existente en la zona de estudio en el período de otoño.
- Analizar la información colectada en la fase I del proyecto (FIP 2002-04), y realizar comparaciones respecto a las estructuras de talla, estructura etárea, proporción y madurez sexual, temporalmente en la zona de estudio

3.3.2.1. Pescas exploratorias

Para la realización de la pesca exploratoria se contó con una resolución de la Subsecretaría de Pesca que autorizaba a la nave de la empresa participante a ejecutar una pesca de investigación. El objetivo de esta pesca fue buscar y capturar ejemplares juveniles de pez espada al interior de la zona de estudio y poder desembarcar los especímenes capturados en puerto.

La nave de pesca participante en la investigación llevó a bordo un Jefe de Crucero y un muestreador del organismo ejecutor, quienes realizaron el monitoreo de las operaciones de pesca, los muestreos biológicos y el registro de mediciones con instrumento. En la Tabla 4 se detallan las características técnicas y equipos electrónicos de la embarcación participante

Tabla 4. Características técnicas y equipamiento electrónico de la embarcación participante en el crucero de otoño FIP 2004-34

PAM PORTUGAL II			
Características Técnicas		Equipamiento electrónico	
Eslora	18,2 m	Tranceptor HF	ICOM IC-M802
Manga	6,9 m	Tranceptor VHF	ICOM IC-M402
Puntal	3,4 m	Radar	Furuno RDP-118
Motor Principal	MWM RH-450	Ecosonda	Furuno FCV-667
Potencia	550 Hp	Navegador GPS	Furuno GP-500
Motor Auxiliar	Perkins AH51043	Ploter	Furuno GD-1000
Potencia	65 KVA	Posicionador Satelital	Marinsys Modem-VMS
Generador	F.G. Wilson XP65E1	Piloto automatico	Wagner MK-4
Potencia	52 KW	Sensor de temperatura	Furuno T-2000
Combustible	40.000 lt		
Agua dulce	20.000 lt		
Velocidad Crucero	9 Kn		
Autonomía	4.000 mn		
Dotación	9 personas		

3.3.2.2. Consideraciones para el diseño de la pesca exploratoria

Las bases del proyecto indican que se deben realizar exploraciones o pescas exploratorias en el período primavera y otoño en la zona de estudio. Para este efecto, se realizó un convenio de acuerdo, de cargo compartido con la empresa participante, la cual conservará toda la pesca de valor comercial capturada.

3.3.2.3. Plan de muestreo

a) Arte de pesca y zona de prospección

Se utilizó palangres de superficie para la captura del pez espada, con una cantidad aproximada de 1.000 anzuelos (Mustad desbalanceados tamaño 9/0), del modelo común que está siendo usado actualmente por la empresa participante en la pesquería. De acuerdo a los antecedentes recopilados en la fase I del proyecto y de la empresa participante, en el área de la Cordillera de Nazca, las capturas están compuestas mayoritariamente por ejemplares juveniles de pez espada.

De acuerdo a los requerimientos del estudio, una vez en la zona de Cordillera de Nazca, la zona de pesca se determinó en común acuerdo con el capitán de pesca de la nave, quien orientó las operaciones de calado en base a su experiencia.

b) Registro de Información pesquera

En cada operación de pesca se registró: rumbo, velocidad, fecha, hora, posición de inicio/término y temperatura durante el calado/virado del palangre. Además del número de anzuelos, carnada, y número de luces utilizadas en cada lance.

c) Muestras biológicas

La información se tomó en la cubierta de la embarcación, registrándose los datos biológicos del mayor número de ejemplares posible. Se dispuso de claves de identificación adecuadas para registrar la fauna acompañante. En los casos en que no se estuvo seguro de la especie, el espécimen congelado se envió al Museo Nacional de Historia Nacional para su identificación definitiva.

Los ejemplares de pez espada capturados en cada operación de pesca fueron marcados, medidos, pesados y sexados. Además se tomaron muestras de aletas anales, gónadas, estómagos (pez espada y fauna acompañante) y un trozo de corazón o tejido muscular para análisis de identificación genética.

Se consideraron las siguientes medidas: longitud de la mandíbula inferior a la horquilla caudal (LMIH), la longitud del ojo a la horquilla (LOH) y, la longitud entre el borde anterior de la 1ª aleta dorsal y el borde anterior de la 2ª aleta dorsal (L12D). Para la estimación del peso total, se combinó el uso de una pesa de reloj para pesar la cabeza y vísceras de cada ejemplar durante la faena de pesca y el peso del tronco registrado en la descarga.

La identificación del sexo se realizó mediante inspección visual de las gónadas a bordo y posteriormente esta información fue validada a través de histología por personal de la Universidad Arturo Prat.

3.3.2.4. Estimadores estadísticos

a) Distribuciones de frecuencia de tallas

Las distribuciones de frecuencia de los registros de LMIH fueron obtenidas agrupando los registros en intervalos de 10 cm. La estructura de talla fue determinada por sexo, estación y área geográfica, las cuales fueron analizadas estadísticamente, estimando algunos parámetros como la media, rango de la muestra y desviación estándar entre otros.

El estimador de la distribución de frecuencia de tallas fue calculado por:

$$P_i = \frac{N_i}{N} \quad (2)$$

donde: N_i : Ejemplares de la talla i
 N : Ejemplares totales.

b) Estimador de la talla media

La longitud promedio de los ejemplares capturados fue estimada por:

$$\overline{LMIH} = \sum_{i=1}^K p_i * LMIH_i \quad (3)$$

donde: P_i : Proporción de ejemplares a una talla i
 $LMIH_i$: i -ésima longitud mandíbula inferior horquilla

La estimación del peso promedio por sexo y sexos combinados se obtuvo según:

$$\overline{W} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N w_i \quad (4)$$

donde: N : Número de ejemplares capturados
 W_i : Peso del i -ésimo ejemplar capturado

c) Proporción sexual

Para determinar la proporción sexual de los ejemplares de pez espada capturados, se utilizó un índice simple definido como la proporción de ejemplares de cada sexo, respecto al total capturado (machos más hembras) para cada período de muestreo y estrato de zona:

$$P_{sj} = \frac{N_{sj}}{N_j} * 100 \quad (5)$$

donde: P_{sj} = porcentaje de ejemplares de sexo s en la subzona j
 N_{sj} = es el número de individuos de (macho o hembra) en la subzona j
 N_j = número total de ejemplares capturados en subzona j

e) Índice gonádico

El índice gonádico (IG) de los ejemplares hembra capturados por las embarcaciones en los cruceros de investigación, se estimó por (Kume y Joseph, 1969):

$$IG = \left(\frac{w}{LMIH^3} \right) \times 10^4 \quad (6)$$

donde: w : Peso gónada (gr)
 $LMIH$: Longitud mandíbula inferior-horquilla (cm)

Se presentarán los promedios por período, para cada estrato espacial y temporal.

f) Relación longitud – peso

La relación entre la longitud de un pez y su peso está dada por una función alométrica de la forma

$$W = a\lambda^b \quad (7)$$

donde W es el peso tronco (kg), λ la longitud (LMIH o L12D; en cm) y a, b son constantes.

Las relaciones ajustadas serán las siguientes:

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

3.3.2.5. Determinación de edad

a) Muestreos

Se llevó a cabo la determinación de edad a un grupo de muestras provenientes de la Cordillera de Nazca correspondiente al crucero de otoño, realizado entre el 21 de abril y el 6 de mayo de 2005. El número de muestras examinadas correspondientes a cortes sagitales de la segunda espina anal, para este informe de avance, incluye la lectura de 33 ejemplares, estando comprometido un total de 60 por crucero.

A las muestras de la segunda espina anal pertenecientes a los ejemplares capturados en la zona de Nazca se les registró la información siguiente: longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH), registro del peso tronco (PTR), se determinó el sexo y se le extrajo la aleta anal con su base.

b) Procesamiento de las muestras

En el tratamiento de las muestras se siguió el indicado durante la Fase 1 del proyecto, el cual sigue básicamente al informado por Tsimenides & Tserpes (1989), de manera tal que las aletas anales obtenidas fueron conservadas en hielo hasta su llegada a tierra, para su procesamiento y preparación. En el laboratorio, las aletas anales fueron objeto del tratamiento siguiente:

- i) Separación de la segunda espina de la aleta anal.
- ii) Limpieza mediante cocción.
- iii) Secado al aire libre o con ayuda de estufa eléctrica
- iv) Fijación en formalina al 10% neutralizada
- v) Secado a estufa por 3-4 días a temperatura 35°C
- vi) Corte de secciones transversales a nivel de la base (Fig. 10)
- vii) Preparación de secciones de 1,5 y 2,0 mm de espesor (Fig. 10)
- viii) Guardadas en seco en sobres de papel.
- ix) Observación directa al estéreo microcopio con luz incidente o reflejada, bajo agua destilada o alcohol 50 %.

Las secciones transversales o cortes obtenidos fueron posteriormente guardados secos en sobres de papel, individualizados con su correspondiente número de identificación.

c) Lecturas de cortes de espinas

Los cortes preparados fueron observados bajo un microscopio estereoscópico con luz incidente y/o reflejada, con la cual se pueden discriminar anillos hialinos estrechos y opacos anchos, correspondientes a períodos de menor y mayor crecimiento, respectivamente (Tsimenides & Tserpes, 1989; Berkeley & Houde, 1983; Chong, 1992; Ehrhardt, 1992). También, se observó con luz transmitida en caso de duda, la cual es favorable para la determinación de la naturaleza del borde. Además, se utilizó un ocular provisto con reglilla graduada, para registrar las medidas siguientes (Fig.10):

- i) Radio de la espina anal (R.E).
- ii) Radio de los respectivos anillos (R1,Rn)
- iii) Número de anillos hialinos.
- iv) Tipo de borde.

d) Asignación de edad y grupo de edad.

Se asignó la edad de acuerdo al número de anillos hialinos presentes en la espina anal determinados en los cortes transversales y además, sobre la base de éstos y según el tipo de borde y considerando el primero de enero como fecha de cumpleaños, se asignará el grupo de edad, para cada espécimen examinado.

3.3.2.6. Análisis reproductivo**a) Proporción y madurez sexual**

Dadas las características de la pesquería y la especie, la unidad de muestreo fue el ejemplar. Esto es, a bordo e inmediatamente después de su captura, a todos los ejemplares se les efectuó las mediciones correspondientes (Longitud y Peso total) y determinación del sexo y estado de madurez macroscópico. A los ejemplares se les extrajo las gónadas, se pesaron y luego fueron fijadas inmediatamente en una solución de formaldehído al 10% tamponada (Hunter y Macewicz, 1985), con el fin de evitar procesos de autólisis o destrucción del tejido. El buffer neutraliza al ácido fórmico de la solución a través de la neutralización del ión carbonio, reduciendo de esta manera el grado de basofilia.

b) Fijación de la submuestra en laboratorio

La duración del proceso de fijación tiene un tiempo definido, desde el momento al cual la totalidad de la pieza es expuesta al fijador (por inmersión) hasta el momento en que los componentes quedan inmovilizados. Por las características propias del muestreo a bordo se considera como primera fase de fijación o etapa de difusión, al tiempo que queda expuesta el tejido ovárico a la formalina alcanzando el máximo de penetrabilidad. Debido a que la formalina es de bajo poder penetrante (Baker, 1958), en el laboratorio se procedió a practicar una segunda fase, de postfijación, en donde la fijación definitiva toma lugar, completándose la denaturación de las proteínas de las regiones profundas de la submuestra. Para ello se utilizó la solución Bouin por ser entre los fijadores una de las mezclas que mejor conservan la morfología tisular (López *et al.*, 1982). Es una mezcla fijadora penetrante que mantiene el volumen celular evitando artefactos técnicos y por otra parte actúa como un mordiente, aumentando la afinidad tintorial del tejido. Está conformada por i) agentes coagulantes como el ácido pícrico que precipita las histonas, y que por la avidéz de electrones provoca resonancia electrónica entre sus grupos, induciendo la formación de un dipolo o picrato de proteína; ii) agentes no coagulantes como la formalina que forma entre los grupos aminos de las cadenas proteínicas puentes metilénicos; iii) componentes penetrantes como ácido acético que separa y precipita el DNA de la nucleoproteína (histona) (Baker, *op cit.*).

c) Procesamiento histológico de la muestra

El procesamiento histológico del tejido gonadal se realizó utilizando técnicas histológicas de rutina: cortes finos de 5 micrones de espesor provenientes de submuestras de ovario y testículos de 3 mm de grosor, postfijadas en solución Bouin, e incluidas en paraplast se colorearán con hematoxilina de Harris-eosina y montarán con entellán en portaobjetos esmerilados. Cada placa consideró 5 cortes obtenidos cada 40 micrones de profundidad de la pieza.

d) Criterios de análisis microscópico.

La condición reproductiva fue determinada aplicando la escala microscópica modificada y aplicada en el proyecto “Biología reproductiva y áreas de desove del pez espada en el Pacífico Sur Oriental” (FIP 2000-11), la cual fue ajustada según los criterios de Murphy y Taylor (1990) y Zárate (1997), la que se entrega en Tabla 5 para hembras y machos. Es necesario señalar que los criterios de análisis microscópicos fueron discutidos con investigadores del Southwest Fisheries

Center, Laboratorio de Honolulu (Dr. Robert Humphreys) analizando simultáneamente placas histológicas. Además, vía correo electrónico se enviaron fotos digitales del estado inmaduro (2), las que fueron analizadas por investigadores de este centro (Dr. De Martini y Dr Humphreys), concordando en los diagnósticos.

e) Análisis microscópico

De los diagnósticos morfohistológicos llevados a cabo en los preparados ováricos y testiculares, se diferenciaron los estados sexuales activos de los inactivos; 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 implica que aunque existiera un solo ovocito con vitelo se considera como un ovario en actividad gonadal; para machos el criterio de separación de actividad gonadal fue los estadios 3 y 4 para los activos y los estadios 1, 2 y 5 para inactivos (Tabla 5).

Para efectos de primera madurez sexual se consideró como virginal al estadio 1 tanto en hembras como en machos. Los estadios superiores correspondieron a ejemplares maduros, tanto por primera vez como reincidentes. Es necesario señalar que los Dres. De Martini y Humphreys del Southwest Fisheries Center, concuerdan con estos criterios para la distinción de ejemplares virginales.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 5: 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.

3.3.2.7. Análisis genético

Para caracterizar genéticamente los ejemplares de pez espada de la costa Pacífica de Sudamérica, específicamente de la cordillera de Nazca, se están utilizando marcadores de ADN nuclear, tipo microsatélites (Tabla 6). Estos marcadores ofrecen buena reproducibilidad y generan un alto número de alelos detectables, por lo que proporcionan una buena estimación de la diversidad genética de las poblaciones y permiten inferir su historia demográfica reciente. Además la utilización de estos marcadores, los mismos utilizados en el estudio FIP 2002-04 nos permitirá la complementación de la información generada en el estudio citado, completando el ciclo anual.

Tabla 6. Descripción de los loci de microsatélites de la especie *Xiphias gladius* usados en este estudio, desarrollados por Reeb *et al.*, 2001.

Locus	secuencia	Tamaño (pb)	partidores	Temp Anillamiento (°C)
<i>Xg-55</i>	(GT) ₃₅	86-176	GGAAAAGGGGAGTCCAGC ACACGTAGTTGTTACAATTCAC	60
<i>Xg-56</i>	(CA) ₁₆	116-154	AATGGGAAACATCTGGTCAC ACTTTCCTTATTCTGTTTCTGTCC	58
<i>Xg-59</i>	(AT) ₅ (GT) ₁₆	110-178	TTACCAAAGCTGTCCGGTAT GAGTGACTGACTGGGGAC	58
<i>Xg-66</i>	(CA) ₁₁	130-148	TTTTACCTTGTCAGTGTGCG ACAGACGTATAACAACCACCTG	58
<i>Xg-75</i>	(CA) ₅₃	132-290	CAAACAAACATTTACACAGTCAG TTTGGGTTAGCAGCTGCCAG	55
<i>Xg-144</i>	(GGA) ₇	157-175	TTCCACTCATACTCTGTCATC ACCACATCCATTATAGCATGTTG	58
<i>Xg-166</i>	(CAA) ₇	130-148	GTGAGTCATGTGTCAGTGTGG CCTCTGCCTGAAATACTTCAG	58
<i>Xg-379</i>	(ATG) ₁₁	105-153	GGATGTAGCCTACAACCTCA TTACAAATCAGTCCTACAGAG	56
<i>Xg-394</i>	(TCC) ₉	141-147	AGCGACAAACAGACCTGCCA GAGGAAACCGGGGCTTCTAC	56

a) Toma de muestras

Se tomaron muestras de tejido muscular de todos los peces capturados en cada lance y se colocaron en envases individuales, identificando el lance y el espécimen. Estas muestras, de aproximadamente diez gramos cada una, fueron almacenadas en etanol 70% para la posterior extracción de ADN. Se recolectaron individuos juveniles y adultos. De los ejemplares capturados, se seleccionaron 50 individuos para el análisis genético. Las muestras se traspasaron a tubos eppendorf de 1,5 mL, a partir de los cuales se procedió a la extracción del ADN.

b) Extracción de ADN

La extracción de ADN se realizó desde el tejido muscular colectado para este efecto, de la siguiente manera: los tejidos fueron suspendidos en 10 volúmenes del tampón de extracción TNEU8 (50mM Tris-HCl pH 7,5, 125 mM NaCl, 10 mM EDTA pH 8, 1% SDS, 8M Urea) con 20µL de proteinasa K (100 µg/ml). Después de una incubación durante la noche a 56 °C, el ADN genómico fue extraído usando un protocolo de extracción de fenol/cloroformo seguido de precipitación con etanol (Sambrook et al. 1989), diluyendo a una concentración final de 50-100 ng/µL. El ADN así obtenido fue observado en gel de agarosa al 1% para observar su calidad, al análisis de las muestras para caracterización genética se encuentra en esta etapa.

Posteriormente el ADN será amplificado por PCR, usando los partidores específicos (Tabla 6). Los partidores de PCR fueron confeccionados en base a la información utilizada en el estudio anterior (Fase I).

c) Reacción de PCR

Las reacciones de PCR serán realizadas en un volumen final de 50 µL, en tubos de microcentrífuga conteniendo los siguientes reactivos: 5 µL tampón PCR 10X [200 mM Tris-HCl (pH 8,4), 500 mM KCl]; 2 µL dNTP 10 mM; 1 µL de cada partidore (10 µM); 0,3 µL de la enzima Taq DNA polimerasa [5 U/µL (Promega, Francia)]; 2 µL ADN (10 ng) y agua destilada estéril hasta alcanzar el volumen final. Después de una desnaturalización de los ácidos nucleicos a 95 °C por cinco minutos, la amplificación será realizada de la siguiente manera: El ciclo termal será de 45 segundos a 94 °C, temperatura de anillamiento variable la cual depende del tipo de microsatélite a amplificar (Tabla 6) y 1 min 30 segundos a 72 °C, con 40 ciclos de amplificación.

La polimerización a 72 °C se extenderá durante 7 minutos para asegurar la elongación completa de los productos amplificados.

Finalizada la amplificación de las secuencias de microsátélites se realizó el análisis mediante electroforesis en geles de secuenciación donde se interpretó la variabilidad de los organismos estudiados utilizando como criterios de variabilidad polimorfismos, la heterocigosis y el número de alelos encontrados. Los valores obtenidos de variabilidad se utilizaron para determinar la estructura genética poblacional de la población estudiada.

3.3.2.8. Análisis trófico

Debido al escaso conocimiento que se tiene de la ecología trófica del pez espada en aguas del Pacífico Sur Oriental, y de los impactos que puede generar su intensa explotación sobre los demás componentes de la trama trófica con los cuales interacciona, la presente propuesta busca: (1) establecer la dieta del pez espada en el Pacífico Sur Oriental asociada a la Cordillera de Nazca; y, (2) evaluar variaciones cuantitativas del espectro trófico asociados al sexo, ontogenia y variaciones temporales, en los periodos primavera y otoño.

a) Muestreo a bordo

Se examinó el contenido estomacal de 68 ejemplares de pez espada capturados por la flota palangrera industrial en el área de pesca de la Cordillera de Nazca durante el mes de abril de 2005. El muestreo de los ejemplares fue aleatorio y siguió el siguiente protocolo: i) registro de la longitud comprendida entre la horquilla y la mandíbula inferior (LHMI), peso del tronco y sexo; ii) extracción de estómago y posterior almacenamiento bajo condiciones de frío, iii) traslado de estómagos a laboratorio.

b) Análisis en laboratorio

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. Después, 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 90% para su posterior identificación al nivel taxonómico más específico posible, dependiendo de su estado de digestión, a través de claves taxonómicas y materiales de referencia. Para esta actividad se consultó no solamente publicaciones y reportes técnicos, sino también una búsqueda en páginas electrónicas disponibles en Internet.

c) Análisis de datos

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:

i) Método numérico (N%): expresado como el total de presas de cada ítem encontrado en los estómagos en forma porcentual. La sumatoria de todos los ítemes presa es 100%.

ii) Método gravimétrico (P%): que corresponde al total en gramos de cada ítem encontrado expresado porcentualmente. La sumatoria de todos los ítemes presa es 100%.

iii) Frecuencia de aparición (F%): que corresponde al porcentaje de ocurrencia de la presa en el total de estómagos. La sumatoria de todos los ítemes presa es igual o superior al 100%, debido a que un estómago puede contener a más de un ítem presa y el cálculo se realiza sobre el total de estómagos.

La importancia de cada taxon presa en la dieta del pez espada fue determinada mediante el Índice de Importancia Relativa (IIR) (Pinkas *et al.* 1971, *fide* Hyslop *op cit*), y el Índice de Importancia Numérica (IIN; Cortes, 1997), según las siguientes expresiones:

$$IIR = (N\% + P\%) \times F\% \quad (8)$$

y,

$$IIN = (N\% \times F\%)^{1/2} \times 100 \quad (9)$$

El IIR fue expresado adicionalmente en porcentaje con el propósito de hacer los resultados comparables de acuerdo a Cortés (1997). Los índices anteriormente señalados fueron utilizados para describir la importancia de las presas en la dieta de la muestra total, para cada sexo y para cada rango de talla analizado.

Con el propósito de investigar variaciones en la dieta de pez espada con respecto al sexo y tamaño, se utilizó el Índice de Similitud de Bray-Curtis (BC; Bloom, 1981) sobre la base del IIR e IIN transformado a raíz cuarta. Además, se calculó el Índice de Similitud de Pianka (P; Pianka, 1973) sobre la base de la frecuencia de ocurrencia expresada como proporción. Los restos de cefalópodos, peces y crustáceos no identificados no se utilizarán en los análisis comparativos. La expresión de ambos índices de similitud es:

$$BC = \frac{2 \sum_{i=1}^S \min(x_{ij}, x_{ik})}{\sum_{i=1}^S (x_{ij} + x_{ik})} \quad (10)$$

donde, $\min(x_{ij}, x_{ik})$ corresponde al valor mínimo del IIR (o IIN) de la i -ésima presa en la dieta de pez espada entre las variables a comparar j y k (sexo, tamaño y período de muestreo); S es el número total de ítems presa.

y,

$$P = \frac{\sum_{j=1}^S p_{ij} p_{kj}}{\left(\sum_{j=1}^S p_{ij}^2 + \sum_{j=1}^S p_{kj}^2 \right)^{1/2}} \quad (11)$$

donde, p_{ij} y p_{kj} son los valores de frecuencia de ocurrencia de la presa j en la dieta de pez espada entre las variables a comparar i y k (sexo y rango de talla); S es el número total de ítems presa.

En el caso de las comparaciones entre machos y hembras no se consideraron los ejemplares sexualmente indeterminados. Para el análisis de la dieta respecto a la talla, se estableció arbitrariamente rangos de talla (LHMI), en base a la distribución de frecuencias de talla observada en la muestra.

A fin de evaluar si los estómagos agrupados en las categorías intervalo de tamaño son suficientes para describir adecuadamente la dieta de pez espada y realizar comparaciones entre grupos, se construyeron curvas acumulativas del Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H' ; Krebs, 1989) sobre la base del número de individuos para cada ítem presa, ambos contra el número de estómagos con contenido aleatoriamente acumulados. Para cada combinación de estómagos se calculó H' de acuerdo a la expresión:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i)(\log_2 p_i) \quad (12)$$

donde, p_i es la proporción del ítem presa i respecto al total de presas S en los contenidos estomacales.

Adicionalmente, se realizaron comparaciones cualitativas de la dieta general de pez espada en función del sexo y del tamaño con respecto a los resultados obtenidos en los Proyectos FIP 2002-04 “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada” (Yáñez *et al.*, 2004), de acuerdo a lo indicado en los Términos Básicos de Referencia del presente proyecto

3.3.2.9. Análisis fauna acompañante

Para cada uno de los lances fueron preferentemente identificados cada ejemplar de invertebrados y vertebrados de la fauna acompañante o concurrente capturada. En el caso que la identificación sea dudosa o se requiera de mayor información, el ejemplar en cuestión fue conservado en tambores de plástico de alta densidad de 200 lts de capacidad, o en su defecto mantenerse congelado hasta la llegada a puerto.

La identificación a bordo se realizó con claves de identificación seleccionadas, ya sea de la literatura especializada, como Compagno (1984a, 1984b, 2001) para tiburones, Lamilla y Sáez (2003) para rayas, y Sielfeld y Vargas (1992) para tiburones y rayas respectivamente. Para el resto de los teleósteos, se utilizó Nakamura y Parin (1993) para peces de la familia Gempylidae; Collete y Nauen (1983) para peces de la familia Scombridae, para los cefalópodos las claves de Roper *et al.* (1984), el ordenamiento sistemático de los peces sigue a Eschmeyer (2005) y de Márquez (1990) para las tortugas marinas. Aquellos peces y otros organismos que no logren ser identificados a bordo, fueron estudiados posteriormente en el laboratorio de ictiología del Museo Nacional de Historia Natural en Santiago, lugar en que esas muestras quedaran conservadas.

Del mismo modo, dos ejemplares, de tamaño adecuado (menor o igual a 1 m de longitud), de las especies más abundantes fueron conservados en formol 10 % o congelados para posteriormente ser trasladados al Museo Nacional de Historia Natural en Santiago, donde se realizó una segunda identificación.

Para cada lance se registró la siguiente información por ejemplar de cada especie, sea éste invertebrado o vertebrado:

- Presencia y/o ausencia
- Longitud total, estándar, de horquilla o de manto, según la especie que se trate.
- Sexo, para la totalidad de los tiburones y rayas, y cuando sea posible en los peces teleósteos y otros invertebrados.
- Registro fotográfico digital al azar de las especies más comunes aparecidas en los lances.
- Registro fotográfico digital de las especies menos comunes aparecidas en los lances.
- Registro fotográfico digital obligatorio de las especies que generen dudas en su identificación o sean desconocidas para los encargados del muestreo.

Los datos obtenidos fueron tabulados por lance y estación del año (primavera u otoño). Con la información recolectada se efectuará:

- Un listado taxonómico de los vertebrados e invertebrados con sus respectivas fotografías

- Un análisis de las especies con mayor presencia y/o frecuencia de aparición en los lances por estación del año. Posteriormente se cuantificará la presencia en cuanto al porcentaje en número, tanto para primavera como otoño.
- Un análisis comparativo con la información proveniente de otros proyectos de manera de poder detectar o afianzar diferencias en cuanto a una probable estacionalidad en la fauna acompañante o concurrente.

3.3.2.9.1. Análisis trófico de la fauna acompañante

En cada muestreo se realizó una identificación primaria de la fauna asociada de *X. gladius* bordo de la embarcación, para ello el personal de muestreo contó con catálogos y claves taxonómicas elaboradas de las fuentes bibliográficas especializadas (Mann 1954; Pequeño 1971; Nakamura, 1985; Beuchot *et al.* 1986; Hatanaka *et al.* 1986; Larry, 1986; González *et al.* 1989; Cohen *et al.* 1990; Kong y Meléndez, 1991; Meléndez, y Meneses 1991; Stevens y Pyrzakowski 1992; Sielfeld y Vargas, 1992; Retamal, 1993; FAO, 1995; Nielsen *et al.* 1999; Donoso y Recabal, 2000). Se realizó además una secuencia fotográfica de todas las especies obtenidas. De los ejemplares capturados se anotó la siguiente información: número de piezas capturadas, longitud y sexo y se extrajeron el estómago el cual fue congelado con su N° de identificación para ser trasladado al laboratorio para análisis del contenido. Para las especies de menor tamaño se siguió el mismo procedimiento, pero además se conservó un ejemplar de cada ítem los que fueron preservados bajo congelación. Posteriormente se procedió a su identificación definitiva en laboratorio.

Una vez identificadas las especies de la fauna asociada, se procedió mediante criterio de presencia y ausencia determinar las especies que están asociadas a *X. gladius*, para ello se construyó una tabla de presencia y ausencia de las especies presentes en todas las muestras analizadas.

Se analizó el contenido estomacal de 54 ejemplares pertenecientes a las 9 especies que componían la fauna acompañante de pez espada.

A cada espécimen identificado se le extrajo el estómago, los cuales fueron preservados en

congelación hasta el momento de su análisis. El nivel de resolución taxonómica de las presas dependió del grado de digestión que presentó el contenido estomacal. Se seleccionaron aquellas presas que estaban menos digeridas y cada ítem fue contabilizado y pesado en balanza de 0.01 g de precisión (g). Para la identificación de las especies se utilizaron las claves taxonómicas de Wisner (1974), Kawaguchi y Shimizu (1978) y Pequeño (2004), para los peces. En la identificación de los crustáceos y moluscos se utilizó las claves taxonómicas de Boltovskoy (1999).

La importancia de cada ítem en la dieta fue determinada de acuerdo a los descriptores cuantitativos propuestos por Pinkas *et al.*, 1971. Estos son: el método numérico, en donde las presas o ítems encontrados en los contenidos estomacales son contados y expresados en forma porcentual respecto del total de presas (%N), el método gravimétrico, representado por el peso del ítem en g respecto del peso total de las presas encontradas en los contenidos estomacales, expresado en forma porcentual (%P), y la frecuencia de ocurrencia definida como el número de estómagos que el ítem aparece en el total de los estómagos con contenido estomacal expresados en porcentaje (%F). Se consideró además el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas *et al.* 1971), como lo indica la siguiente fórmula:

$$\text{IIR} = ((N + P) * F) \quad (13)$$

donde:

N: Porcentaje en número, recuento de cada ítem de presa encontrado en los estómagos de la especie predador analizada.

P: Peso de cada ítem de presa, expresado en forma porcentual respecto del peso total de todos los ítems de presa.

F: Frecuencia de aparición de cada ítem de presa expresado en forma porcentual.

El valor de IIR así obtenido fue expresado en forma porcentual con respecto a la suma de los valores del IIR de todos los ítems alimentarios.

3.3.2.10. Análisis comparativo de atributos poblacionales y su asociación con variables ambientales

Una vez efectuada la caracterización de la estructura de tallas y edades del segmento poblacional del área de estudio y de cada subzona, se realizó los siguientes análisis con la información histórica (Proyecto Fase I) para examinar su variabilidad espacial y temporal:

a) Análisis de la variación espacial de la estructura de tallas y edades entre Nazca y otras zonas de distribución del recurso

Se examinó las diferencias en la estructura etárea de las capturas, en la cordillera de Nazca y otras zonas de distribución del pez espada. Se comparó esta estructura con las obtenidas en el Seguimiento de la Pesquería del Pez Espada o en otros estudios a través de un análisis bibliográfico.

b) Variación espacial de la estructura de tallas dentro de la zona de Nazca.

Se examinó si existen diferencias espaciales y estacionales en la estructura de la población dentro del área de estudio, y las posibles relaciones que puedan existir entre estos cambios y las variables del ecosistema (bióticas y abióticas), considerando los resultados obtenidos en la fase I del proyecto.

Para realizar el análisis comparativo de las estructuras poblacionales en puntos a) y b), se hizo empleo del test de Kruskal-Wallis, alternativa del Análisis de Varianza, que no requiere supuestos sobre la distribución de la variable. La hipótesis nula de este test es que el verdadero parámetro de localización (en nuestro caso la media de $LMIH_j$, W_j o $Edad_j$) es igual en cada uno de los grupos (zonas, subzonas o tipos de ambientes). La hipótesis alternativa es que esta difiere en al menos uno de los grupos.

c) Relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico.

A través del un Análisis de Componentes Principales (ACP), se representó el universo de estudio, generando nuevas variables (combineación lineal) que puede expresar mejor la información del conjunto de datos y reducir la dimensionalidad del problema, como paso previo para futuros análisis.

Se empleó el Método de Árbol de Regresión (Regression trees) para clasificar las observaciones dentro de grupos definidos. Son modelos usados principalmente para clasificar individuos o unidades experimentales a través de decisiones, en que los predictores pueden ser numéricos o categóricos y las reglas de decisión corresponden a un conjunto de reglas binarias. En general el algoritmo de crecimiento particiona recursivamente la muestra hasta que cada una de las observaciones queda clasificada en una única clase.

Estos análisis se realizaron considerando dos niveles de variables respuesta, las biológicas (tallas, sexo y peso tronco de cada ejemplar), y las pesqueras (captura, rendimiento), cuyas variables predictoras son principalmente de tipo ambiental (temperatura y salinidad superficial (TSM, SSM), clorofila, altura de mar, vientos, nubes y corrientes etc.), además de las espacio-temporales (latitud, longitud y fecha de calado (mes)), y las operacionales (número de anzuelos calados y tiempo de reposo).

- Modelos aditivos generales

En forma paralela a los análisis ya mencionados, se seleccionaron del universo de datos ciertas variables (variables respuesta biológicas y pesqueras) y se estudió su dependencia de las restantes (variables ambientales y espacio-temporales). Para esto se utilizaron Modelos Aditivos Generalizados (GAM), ya que por lo general, la relación funcional entre las variables biológico-pesqueras y las condiciones ambientales y operacionales son de naturaleza no lineal (Bigelow *et al.*, 1999; Daskalov, 1999; Maury *et al.*, 2001). Los GAM (Hastie & Tibshirani, 1990) son generalizaciones no-paramétricas de regresiones lineales múltiples, en las cuales una función de enlace es asociada a variables predictoras mediante funciones de suavizamiento, en lugar de ajustes de mínimos cuadrados, las que además están sujetas a menos supuestos distribucionales restrictivos (Hastie, 1992; Swartzmann *et al.*, 1992).

En un modelo aditivo, el valor esperado de una variable aleatoria Y es expresada como la suma de funciones de suavización

$$g(\mu) = \sum_{j=1}^p f_j(x_j) = \eta$$

donde g representa la función de enlace que relaciona al predictor η con la variable respuesta, y $f_j(x_j)$ representa un conjunto de funciones de suavizamiento de las p variables predictoras. Las funciones f_j son estimadas de una manera flexible usando un algoritmo cuya básico bloque de construcción es un suavizador de gráficos de dispersión basado en una interpolación lineal de los datos (Chambers et al. 1983). Se pueden mezclar formas paramétricas con no paramétricas (Hastie y Tibshirani, 1990).

- Caracterización 3-D del ecosistema pelágico de la cordillera de Nazca

Se caracterizó el ambiente pelágico de la zona de estudio analizando los parámetros bióticos y abióticos descritos anteriormente de acuerdo al enfoque de Bertrand *et al.*, (1999 y 2002) que caracterizó el hábitat pelágico tridimensional de los atunes en el Océano Pacífico Central Sur. Se mejora esta caracterización con datos satelitales superficial y de topografía del fondo. Se hizo empleo de métodos multivariados. En este sentido, cuando se trata de establecer una tipología de las condiciones ambientales Escofier & Pages (1990) y Legendre & Legendre (1998) recomiendan usar un método de ordenación en un espacio reducido (análisis multivariados, como el de componentes principales (ACP)), seguido de análisis de clasificación (como la clasificación jerárquica (ACJ)) (software SPAD y S-PLUS).

El ACP se utiliza cuando la matriz de datos esta compuesta por un conjunto de variables continuas. Este permite obtener nuevas variables no correlacionadas entre sí, a partir de una combinación lineal de las variables originales, denominadas factores o componentes. Un número reducido de factores o componentes permite así explicar un alto porcentaje de la variabilidad asociada a las variables originales y de esta forma la información original puede graficarse en un reducido número de dimensiones (Fernández *et al.*, 2001). En del presente análisis se denomina variables activas a las variables continuas que participan activamente en la creación de los ejes del ACP. Las variables ilustrativas son aquellas variables continuas o categóricas (nominales) que no participan activamente en la creación de los ejes, pero que resulta interesante proyectarlas en el espacio factorial creado. El ACJ se realiza a partir de las coordenadas factoriales, empleándose el subconjunto de los K componentes que explican el 80% de la inercia total (Bécue y Valls, 2002).

A partir de los tipos de hábitat definidos en el ACP y ACJ, es posible realizar una representación sintética de la distribución y capturabilidad de pez espada, siguiendo el enfoque de Bertrand *et al.*, (2002). En este análisis se integrarán los datos oceanográficos y pesqueros obtenidos en la zona de Nazca en las fases I y II.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Objetivo específico 1.

Caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca.

4.1.1. Pesca de Investigación

Se realizan 4 pescas de investigación en la zona de la Cordillera de Nazca (FIP 2002-04 y FIP 2004-34) en las cuatro estaciones del año (Tabla 7).

Tabla 7. Información general de los cruceros realizados

	VERANO	INVIERNO	OTOÑO	PRIMAVERA
Fecha zarpe	06-02-03	28-07-03	17-04-05	09-11-05
Hora zarpe	22:25	23:25	21:00	16:40
Puerto zarpe	Coquimbo	Coquimbo	Iquique	Coquimbo
Fecha recalada	28-02-03	23-08-03	19-05-05	13-12-05
Hora recalada	06:00	06:00	09:00	18:00
Puerto recalada	Coquimbo	Coquimbo	Coquimbo	Coquimbo
Capitán	Jaime Vicencio	Jorge Rivera	Carlos Espinoza	Sergio Córdova
Nave	ELENA S	CHRISTINA S	PORTUGAL II	PORTUGAL II
Dotación	10	10	11	11
Jefe de Crucero	J. Marabolí	J. Marabolí	F. Leiva	F. Leiva
Muestreador Cub	F. Gallardo	A. Valdenegro	F. Gallardo	P. Miranda
Unidad ejecutora	ECM (PUCV)	ECM (PUCV)	ECM (PUCV)	ECM (PUCV)
Zona estudio	Nazca	Nazca	Nazca	Nazca
Empresa	Omega S.A.	Omega S.A.	Omega S.A.	Omega S.A.

Aparejo de pesca

En todos los cruceros se utilizó palangre industrial tipo americano (Fig. 13), armado con línea madre de Poliamida 6,6 (Nylon) monofilamento de 3,6 mm de diámetro. Este aparejo se manipula en tramos o secciones de 220 anzuelos separados cada tramo por una boya POLYFORM A-3 (18,5" diámetro). Cada 5 anzuelos se coloca una boya POLYFORM A-1 (11,5" diámetro). Se usó anzuelo Eagle Claw No 9/0 diseñado para pez espada. La carnada utilizada fue caballa (*Scomber japonicus*) a veces intercalada con calamar (*Illex sp*), utilizando una carnada completa en cada anzuelo (150 a 250 gr promedio y alrededor de 25 a 30 cm de

largo). Se calaron un número variable de luces químicas DURALUMES en cada lance de pesca. El armado de los reinales comprende un clip metálico o “snap-on” para colgarlo a la línea madre, una plomada con giratorio y el anzuelo. La profundidad de trabajo teórica de los anzuelos fue determinada por el capitán según su experiencia personal y fue estimada entre 60 y 80 m.

Naves utilizadas

Para los cruceros de verano e invierno 2003 se utilizaron respectivamente los PAM ELENA-S y CHRISTINA-S, embarcaciones gemelas de 18 metros de eslora. Para los cruceros de otoño y primavera 2005 se utilizó el PAM PORTUGAL II. Todas las naves trabajan con hielo en escamas y son propiedad de la empresa Pesquera Omega S.A. con puerto base en Coquimbo (Fig. 12).

Lances de pesca realizados

El primer crucero se realizó en verano durante febrero de 2003 con una duración de 22 días en los cuales se realizaron 13 lances de pesca con palangre en la búsqueda de pez espada (20° a 24°S y 080° a 084°W). El crucero invierno 2003 se realizó entre fines de julio y fines de agosto, y tuvo una duración de 27 días en donde se realizaron 15 lances de pesca (22° a 25°S y 080° a 083°W). El crucero de otoño se realizó entre el 17 de abril y el 19 de mayo del 2005. Durante este período se efectuaron 7 lances de pesca sobre la cordillera de Nazca (20° a 22°S y 080° a 083° W) y 14 lances en zona de pesca (30° a 32°S y 081° a 082° W). El crucero de primavera se realizó entre el 9 de noviembre y el 13 de diciembre, período en el cual se realizaron 8 lances en la zona de estudio (21° a 24°S y 082° a 083°W). Adicionalmente se realizaron 13 lances en zona de pesca (26 a 28°S y 079 a 081° W).

Operación de pesca

Durante cada crucero, los lances de pesca fueron monitoreados con el registro de la fecha, número de lance, hora de calado y de virado (inicial y final), posición de calado y de virado (inicial y final), temperatura superficial del mar por lectura directa del termómetro de la embarcación, número de anzuelos calados, número de luces, rumbo de calado y de virado, velocidad de calado y de virado, tipo de carnada utilizada, las condiciones de mar y viento reinantes, y la captura estimada de la especie objetivo. En las Tablas 8 a 11 se presentan la totalidad de la información operacional de los lances realizados durante cada crucero.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 8. Lances de pesca realizados en el crucero de verano 2003.

Lance	OPERACIÓN	Fecha	Hora ini	Hora fin	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Temperatura	Anzuelos	Rumbo	Velocidad	Bait	Est.Mar	Nubes	Viento
1	CALADO	10.02.03	19:20	23:30	225541	805816	222780	812150	21,1	320	320	8,3	Ilex	Rizada	6/8	SE/2
	VIRADO	11.02.03	08:30	14:30	222520	812210	224780	810690	21,1	1320	155	6,9	17	Marejada	7/8	SE/2
2	CALADO	11.02.03	20:20	00:30	224294	820019	222980	823430	21,5-21,4	1320	284	7,9	Ilex	Rizada	6/8	SE/1
	VIRADO	12.02.03	08:40	15:50	222680	823870	224010	820720	21,5		120	6,7	17	Marejadilla	8/8	SE/1
3	CALADO	12.02.03	22:15	01:40	215270	820930	212460	820920	21,3	1100	N	8	Ilex	Marejada	8/8	SE/1
	VIRADO	13.02.03	09:20	14:15	215050	821000	212350	820950	21,2-21,4		320	6,4	14	Marejadilla	7/8	SE/1
4	CALADO	13.02.03	21:50	01:30	212080	811040	212110	804010	21,3-21,2	1100	94	5,8	Ilex	Marejadilla	7/8	SE/1
	VIRADO	14.02.03	09:40	14:50	211800	810980	212280	804140	21,1-21,5		90	7	20	Rizada	7/8	SE/1
5	CALADO	14.02.03	2100	01:00	212070	795340	204740	794680	21,16-21,7	1320	15	8	Ilex	Marejada	8/8	SE/2
	VIRADO	15.02.03	2119	14:15	204410	794960	211760	795180	21,19		186	7	20	Marejadilla	8/8	SE/1
6	CALADO	16.02.03	21:25	01:35	225860	834510	223620	841390	21,6	1320	315	8	Ilex	Marejada	8/8	SE/1
	VIRADO	17.02.03	09:00	03:55	223600	841400	225790	834790	21,59		136	7,9	20	Marejadilla	8/8	SE/1
7	CALADO	17.02.03	19:45	23:50	230180	841740	224510	844890	21,53	1320	300	8	Ilex	Marejada	8/8	SE/2-3
	VIRADO	18.02.03	08:55	15:50	224660	844770	230210	841840	21,73		150	7	18	Marejada	8/8	SE/2
8	CALADO	18.02.03	20:10	00:35	233090	842840	230400	845450	21,67	1320	330	8		Marejada	8/8	SE/2-3
	VIRADO	19.02.03	08:50	16:50	230630	845350	233240	842820	21,7		1	7	18	Marejada	8/8	SE/2
9	CALADO	19.02.03	19:14	23:35	233610	842940	231310	845800	21,7	1320	330	8	Ilex	Marejada	8/8	SE/2
	VIRADO	20.02.03	09:20	16:40	231480	845750	233730	843090	21,7		140	7	18	Marejada	8/8	SE/2
10	CALADO	20.02.03	19:05	23:30	233020	842800	230200	845140	21,7	1320	330	8	Ilex	Marejada	8/8	SE/2
	VIRADO	21.02.03	09:00	16:10	230270	844900	233030	842810	21,9		140	7	20	Marejada	8/8	SE/2
11	CALADO	21.02.03	21:10	00:20	234290	835480	232750	842790	21,7	1320	300	8	Ilex	Marejadilla	8/8	SE/1
	VIRADO	22.02.03	09:15	15:40	232960	842670	234490	835680	21,7		110	7	20	Marejadilla	8/8	SE/1
12	CALADO	22.02.03	20:25	01:00	241120	833140	242340	830230	21,5	1320	325	8	Ilex	llana	8/8	0
	VIRADO	23.02.03	09:15	16:45	241010	833180	243410	830410	22		130	7	18	llana	4/8	0
13	CALADO	23.02.03	20:30	00:45	245440	823920	242920	830800	21,7	1320	330	8	Ilex	llana	8/8	0
	VIRADO	24.02.03	09:00	15:20	242920	830790	245290	824510	21,4		135	7	19	llana	4/8	0

Tabla 9. Lances de pesca realizados en el crucero de invierno 2003

Lance	Operación	Fecha	Hora ini	Hora fin	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Temperatura	Anzuelos	Rumbo	Velocidad	Bait	Est.Mar	Nubes	Viento
1	CALADO	01.08.03	21:26	00:08	23 09 27	82 44 34	22 56 09	83 00 29	18 - 19	880	NW	8	12	Marejada	6/8	SSE
	VIRADO	02.08.03	08:30	13:15	22 54 14	82 58 31	23 00 27	82 46 34	18,3		SE	7		Marejada	5/8	SSE
2	CALADO	02.08.03	19:02	22:04	23 03 06	82 52 39	23 09 98	83 15 43	17-18	880	W	8	12	Marejada	4/8	SSE
	VIRADO	03.08.03	08:30	13:00	23 07 95	83 15 34	23 04 97	83 19 44	19-19		E	7		Marejada	3/8	SSE
3	CALADO	03.08.03	18:17	21:56	22 51 91	82 48 35	23 00 36	83 12 16	17-18	1000	W	8	13	Marejadilla	3/8	SSE
	VIRADO	04.08.03	08:30	13:45	22 57 02	83 14 10	22 55 55	83 17 79	19		E	7		Marejadilla	3/8	SSE
4	CALADO	04.08.03	18:12	21:15	23 06 24	82 40 70	23 21 06	82 34 53	18	800	SE	7	10	Marejada	5/8	SSE
	VIRADO	05.08.03	08:30	12:30	23 06 50	82 45 54	23 16 96	82 38 91	18,2		SE	6		Mar Gruesa	7/8	SSE
5	CALADO	06.08.03	17:27	20:52	25 41 89	82 00 11	25 16 67	82 08 61	18	1320	NW	7	17	Marejada	7/8	SSE
	VIRADO	07.08.03	08:30	16:00	25 15 84	82 09 88	25 10 79	82 15 83	18		SE			Marejada		
6	CALADO	07.08.03	18:40	22:27	25 36 91	82 00 09	25 06 25	82 05 73	18,44	1320	NW	7	19	Marejada	7/8	SE
	VIRADO	08.08.03	08:30	16:30	25 06 90	82 05 83	25 03 51	82 11 87	18		SE	6		Marejada	6/8	SE
7	CALADO	08.08.03	18:48	22:45	25 22 96	82 00 36	25 03 37	82 18 95	18,5	1320	NW	8	19	Marejadilla	6/8	SE
	VIRADO	09.08.03	08:30	16:40	25 03 81	82 19 04	25 18 71	81 01 40	18,5		SE	7		Marejadilla	6/8	SE
8	CALADO	09.08.03	18:45	23:05	25 22 86	82 00 31	25 01 40	82 24 17	18,6	1320	NW	8	19	Llana	5/8	Calma
	VIRADO	10.08.03	08:30	16:34	25 01 59	82 23 70	25 18 10	81 50 13	18,5		SE	7		Llana	3/8	Calma
9	CALADO	10.08.03	19:21	23:29	25 30 23	82 00 04	25 21 12	82 03 80	18,5	1200	N	8	18	Llana	0	Calma
	VIRADO	11.08.03	08:30	16:10	25 19 38	82 03 27	25 27 01	81 56 72	18,7		S	7		Llana	0	Calma
10	CALADO	11.08.03	18:42	22:57	25 30 44	81 33 81	25 04 01	81 11 80	18,3	1200	N	8	19	Rizada	3/8	SE
	VIRADO	12.08.03	08:30	16:30	25 05 53	81 14 29	25 02 20	81 15 75	17,9		S	7		Rizada		SE
11	CALADO	12.08.03	19:41	23:19	25 36 47	81 38 64	25 30 01	82 12 45	18,3	1200	W	8	17	Rizada	4/8	SE
	VIRADO	13.08.03	08:30	16:00	25 29 99	82 11 86	25 35 00	81 41 00	18,3		E	7		Rizada		SE
12	CALADO	13.08.03	18:01	22:03	25 35 36	81 41 48	25 27 99	82 17 66	18,3	1320	W	8	19	Rizada	0	SE
	VIRADO	14.08.03	08:30	17:00	25 28 22	82 17 01	25 32 90	81 44 71	18,3		E	7		Rizada	4/8	SE
13	CALADO	14.08.03	18:54	22:20	25 35 77	81 34 00	25 35 41	82 05 60	18,2	1320	W	8	19	Rizada	0	SE
	VIRADO	15.08.03	08:30	16:40	25 34 36	82 08 96	25 33 88	81 37 11	18,2		E	7		Rizada	4/8	ESE
14	CALADO	15.08.03	18:27	22:20	25 35 22	81 47 07	25 35 69	82 23 41	18,3	1320	W	8	19	Rizada	4/8	SE
	VIRADO	16.08.03	08:30	15:22	25 36 49	82 21 31	25 32 45	81 48 29	18,2		E	7		Rizada	4/8	SE
15	CALADO	16.08.03	17:50	22:15	25 35 54	81 40 60	25 33 06	81 46 48	18,6	1320	W	8	19	Marejadilla	4/8	SE
	VIRADO	17.08.03	08:30	16:00	25 31 51	81 46 76	25 32 32	81 36 40	18,25		E	7		Rizada	4/8	SE
16	CALADO	17.08.03	18:49	23:04	25 38 19	81 25 78	25 41 05	80 55 05	18,2	1320	E	8	19	Llana	4/8	0
	VIRADO	18.08.03	08:30	15:30	25 37 94	80 55 63	25 35 37	81 25 13	17,8		W	7		Llana	4/8	0

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 10. Lances de pesca realizados en el crucero de otoño 2005

Lance	Operación	Rumbo	V (Kn)	Fecha	Hr	Lat	Long	T °C	Nº Anz	Carnada	Nº luces	Est.Mar	Viento Kn	Espada Kg
1	Calado ini	015	8,5	20-04-05	20:57	211100	801890	21	1100	caballa	500	llana	5-10	179
	Calado fin	015	8,5	21-04-05	00:35	203940	800760	20,8						
	Virado ini	variable	5	21-04-05	07:45	203980	801010	20,8						
	Virado fin	variable	5	21-04-05	13:37	210850	801890	21,2						
2	Calado ini	270	8,5	21-04-05	20:20	210880	811300	21,7	1100	caballa	200	llana	5-10	180
	Calado fin	270	8,5	22-04-05	00:03	210830	814750	21,0						
	Virado ini	variable	5	22-04-05	08:00	210980	811530	21,5						
	Virado fin	variable	5	22-04-05	13:45	210740	814730	21,2						
3	Calado ini	010	8-8,5	22-04-05	19:36	210500	823220	21,4	1100	caballa	200	llana	5-10	320
	Calado fin	010	8-8,5	22-04-05	23:20	203190	822910	21,5						
	Virado ini	variable	5	23-04-05	07:39	203160	822850	21,3						
	Virado fin	variable	5	23-04-05	13:35	210080	822920	21,6						
4	Calado ini	225-340	8-8,5	23-04-05	19:00	210460	825990	21,9	1045	caballa	200	llana	5-10	406
	Calado fin	225-340	8-8,5	23-04-05	22:41	205263	832067	21,9						
	Virado ini	variable	5	24-04-05	8:00	205530	831950	21,7						
	Virado fin	variable	5	24-04-05	14:20	210570	825790	22,1						
5	Calado ini	180	8-8,5	24-04-05	19:10	213770	830000	21,6	1045	caballa	200	llana	5-10	820
	Calado fin	180	8-8,5	24-04-05	22:40	220670	830090	21,2						
	Virado ini	variable	5	25-04-05	08:05	214020	830020	21,3						
	Virado fin	variable	5	25-04-05	15:10	220670	830160	21,3						
6	Calado ini	000-010	8-8,5	25-04-05	18:05	221250	830220	21,3	1320	caballa y calamar	500	llana	5-10	768
	Calado fin	000-010	8-8,5	25-04-05	22:33	213430	830070	21,4						
	Virado ini	variable	5	26-04-05	08:05	213510	825990	21,3						
	Virado fin	variable	5	26-04-05	17:14	221150	830180	21,3						
7	Calado ini	000-270-180	8-8,5	26-04-05	19:10	220580	830380	21,2	1320	caballa y calamar	500	llana	5-10	631
	Calado fin	000-270-180	8-8,5	26-04-05	23:15	215740	830550	21,2						
	Virado ini	variable	5	27-04-05	8:00	215750	830510	21,2						
	Virado fin	variable	5	27-04-05	16:19	220530	830310	21,2						

Tabla 11. Lances de pesca realizados en el crucero de primavera 2005

Lance	Operación	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Temperatura	Anz/luces	Rumbo	Velocidad	Viento	Capt	Observaciones
9	Calado ini	23-11-05	17:05	251358	823540	18,8	1320/400	045	6-7	400	21 CABALLA/13 CALAMAR	
	Calado fin	23-11-05	22:00	244291	830660	18,8		045	6-7			
	Virado ini	24-11-05	08:30	244360	830520	18,8		200	4-5			
	Virado fin	24-11-05	17:40	251000	823700	18,8		200	4-5			
10	Calado ini	24-11-05	20:30	250820	821430	18,6	1320/250		6-7	118	17 CABALLA / 13 CALAMAR	
	Calado fin	25-11-05	00:44	243680	820210	18,6			6-7			
	Virado ini	25-11-05	08:30	243520	820810	18,7			4-5			
	Virado fin	25-11-05	15:19	250390	821170	18,8			4-5			
NAZCA1	Calado ini	26-11-05	17:22	220510	825236	19,1	1320/250	020	6-7	150	25 CABALLA/3 CALAMAR	
	Calado fin	26-11-05	21:47	213040	830370	19,1		020	6-7			
	Virado ini	27-11-05	08:00	220280	825280	18,8		190	4-5			
	Virado fin	27-11-05	15:20	213600	830100	19,7		190	4-5			
NAZCA2	Calado ini	27-11-05	18:22	215870	825970	19,4	1345	190-170	6-7	0	17 CABALLA / 15 CALAMAR	
	Calado fin	27-11-05	22:40	222270	824700	19,0		190-170	6-7			
	Virado ini	28-11-05	08:19	220210	825470	18,8		045	4-5			
	Virado fin	28-11-05	14:30	222420	824900	19,3		045	4-5			
NAZCA3	Calado ini	28-11-05	17:32	224330	825340	18,9	860	090	6-7	72	25 CABALLA	
	Calado fin	28-11-05	21:05	224160	832700	19,2		090	6-7			
	Virado ini	29-11-05	08:00	224540	832590	19,0		270	4-5			
	Virado fin	29-11-05	13:29	224550	830320	19,2		270	4-5			
NAZCA4	Calado ini	29-11-05	17:56	231910	830270	19,7	1320	300	6-7	35	17 CABALLA / 14 CALAMAR	
	Calado fin	29-11-05	22:16	234700	832950	19,5		300	6-7			
	Virado ini	30-11-05	08:06	234640	833110	19,1		100	4-5			
	Virado fin	30-11-05	14:39	232500	830600	19,3		100	4-5			
NAZCA5	Calado ini	30-11-05	18:45	235500	830600	19,7	660	90	6-7	0	21 CALAMAR	
	Calado fin	30-11-05	21:14	234450	825720	19,3		180	6-7			
	Virado ini	1	08:00	234700	825840	19,5		300	4-5			
	Virado fin	1	12:00	235380	831120	19,7		270	4-5			
NAZCA6	Calado ini	1	18:49	235470	821700	20,4	660/250	180	6-7	0	28 CALAMAR	
	Calado fin	2	21:02	233660	821540	20,3		180	6-7			
	Virado ini	2	08:00	233190	821920	19,8		020	4-5			
	Virado fin	2	12:00	235400	821700	19,6		020	4-5			

Calado y Virado

En cada uno de los lances realizados durante el crucero se comenzó el calado del aparejo a la caída del sol (entre las 18:00 y 20:00 hrs). Previo al calado se realizó el muestreo de zooplancton y la bajada del equipo CTD y las botellas Niskin.

La operación de calado duró entre 4 y 5 hrs. Se utilizaron luces químicas y con pilas cada 2 o 4 anzuelos dependiendo esto únicamente del capitán de la embarcación. A través de una señal sonora automática se avisaba a la tripulación el momento de conectar el “snap-on” con el reinal y el anzuelo encarnado a la línea madre. El tiempo de reposo del aparejo fue entre 8 y 10 hrs.

El virado comenzó siempre entre las 08:00 y 08:30 hrs. La velocidad del virado fue variable (entre 3 y 6 kn) dependiendo principalmente de las condiciones climáticas. El tiempo de virado varió entre 8 y 12 hrs dependiendo principalmente de la cantidad de pesca, del número de cortes y enredos del aparejo y de las condiciones climáticas.

Con los ejemplares colectados en los lances de pesca se efectuaron muestreos biológicos intensivos sobre la especie objetivo y fauna acompañante.

Presencia de otras naves de pesca

Durante el desarrollo del crucero verano 2003 no hubieron avistamientos o contactos con otras naves de pesca, pero si se detectaron por comunicación radial al menos 2 naves extranjeras operando al oeste de los 085°00 W. En el crucero invierno 2003 se produjo un contacto con una nave de bandera española cruzando por la zona hacia el sudoeste. Durante el crucero de otoño 2005, en la zona de estudio no hubieron contactos visuales ni de radar con otras naves pesqueras. Cuando se navegó al sur, a la zona de pesca potencialmente declarada (30° a 32° N y 81° a 82° W), hubo contacto con varias naves japonesas (entre tres y cuatro) además de alrededor de tres naves de pabellón nacional que también estaban operando en la zona. Durante el crucero de primavera 2005 en la zona de estudio no hubo contacto con otras naves. Cuando se navegó a zona de pesca se observaron entre 4 a 5 embarcaciones de pabellón nacional.

4.1.2. Características oceanográficas.

Crucero de Otoño

La temperatura fluctuó entre 11,0 y 21,7 °C, con los mayores valores en superficie y los menores alrededor de 240 m (Fig. 13). En todas las estaciones, la distribución vertical de temperatura presentó una capa de mezcla de 50 a 70 m de espesor, con temperaturas homogéneas entre 21 y 22 °C. Bajo esta capa homotermal, la temperatura disminuyó rápidamente con la profundidad dando origen a una termoclina estacional entre 60 y 80 m con un gradiente vertical fuerte (Tabla 12). Bajo la termoclina estacional la temperatura disminuyó más lentamente dando origen a la termoclina permanente, con un gradiente vertical más débil y que en la zona suele desaparecer bajo los 170-200 m de profundidad.

Tabla 12. Profundidades, temperaturas y gradientes de la termoclina estacional y permanente, para las estaciones del crucero de otoño 2005.

Estación	Termoclina	Prof. Inicio (m)	Prof. Media (m)	Prof. Final (m)	Temp. Inicio (°C)	Temp. Media (°C)	Temp. Final (°C)	Gradiente vertical (°C·m ⁻¹)
1	TE	60	62	64	20,9	19,6	18,7	0,23
	TP	64	122	180	18,7	15,6	12,6	0,03
2	TE	62	65	68	21,3	19,9	19,4	0,08
	TP	68	124	180	19,4	16,3	12,2	0,04
3	TE	58	64,5	71	21,0	19,8	17,9	0,15
	TP	71	124	176	17,9	15,4	12,3	0,03
4	TE	64	66	69	21,4	19,3	18,6	0,14
	TP	69	108	147	18,6	16,5	13,4	0,04
5	TE	79	80,5	82	21,1	20,4	19,3	0,37
	TP	82	140	197	19,3	16,2	12,2	0,03
6	TE	69	73	77	20,7	19,4	18,8	0,07
	TP	77	150	>222	18,8	15,8	<11,6	0,03
7	TE	53	56,5	60	21,0	20,5	19,1	0,20
	TP	60	135	210	19,1	16,4	11,7	0,03

TE: Termoclina estacional

TP: Termoclina permanente

La salinidad fluctuó entre 34,3 y 35,7 psu, presentándose los valores mayores en superficie y los menores bajo los 150 m de profundidad (Fig. 13). Al igual que en la temperatura, en todas las estaciones la distribución vertical de salinidad presentó una capa de mezcla de 50 a 70 m de espesor, con salinidades homogéneas entre 35,4 y 35,7 psu. Bajo esta capa cuasi homohalina, la

salinidad disminuyó rápidamente con la profundidad formando una haloclina fuerte de unos 10 m de espesor ($\approx 0,02 \text{ psu}\cdot\text{m}^{-1}$), para luego continuar disminuyendo más lentamente, hasta formar un mínimo de alrededor de 34,3 psu centrado entre los 150 y 200 m de profundidad y en algunas estaciones aumentar levemente hacia profundidades mayores.

El oxígeno disuelto fluctuó entre 0,38 y 5,71 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$, presentándose los valores mayores en superficie y los menores en la zona profunda (Fig. 13). Al igual que en la temperatura y la salinidad y con la sola excepción de la estación 7, las estaciones presentaron una capa de mezcla en los 50 m superiores, con oxígeno disuelto alrededor de 5,5 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$, con saturaciones de alrededor del 110%. Bajo esta capa homogénea, el oxígeno disuelto disminuyó, hasta alcanzar los valores menores a entre 0,4 y 4 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$, a los 230 m de profundidad (5 a 80% saturación). Es importante tener en cuenta que esta variable no fue muestreada en forma continua, como lo fue la temperatura y salinidad, por lo que no es posible definir en cada estación el valor extremo del mínimo de oxígeno disuelto. Sólo se dispone de una visión general de la situación del estado de oxigenación de la columna de agua.

Crucero de Primavera

La salinidad fluctuó entre 34,3 y 35,3 psu, con los mayores valores en la capa superficial de 0 a 75 m y los menores a profundidades del orden de los 230 m (Fig. 14). Las estaciones 2, 3, 5, A1 y A2 presentaron a 75 m valores máximos entre 35,1 y 35,3 psu para luego disminuir, a excepción de la estación A1, a valores próximos a 34,4 psu en los 230 m. Las estaciones A3 y 6, en cambio, mostraron valores máximos, cercanos a 35,1 psu en los 150 m.

El oxígeno disuelto fluctuó entre 2,4 y 6,2 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$, con los mayores valores en superficie y los menores a profundidades del orden de los 230 m (Fig. 14). En todas las estaciones muestreadas se presentó una capa bien oxigenada (5-6 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$) y relativamente homogénea de alrededor de 140 a 150 m de espesor. Bajo ésta, el oxígeno disuelto disminuyó a concentraciones entre 2 a 4 $\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ a 230 m (Fig. 14).

Como no se dispuso de datos de temperatura, no se pudo calcular los valores de saturación del oxígeno disuelto para este crucero.

Análisis de la información

La información oceanográfica para la zona de estudio es escasa debido a que es poco frecuentada por cruceros oceanográficos, de aquí que no siempre será posible realizar análisis comparativos de ella. Información reciente fue obtenida durante el año 2003, en un estudio similar al actual denominado “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada” (Proyecto FIP 2002-04), cuyos resultados se presentaron en su Informe Final (Yañez *et al.* 2004). Sin embargo, en esa oportunidad los cruceros se realizaron en verano (febrero) e invierno (agosto), por lo que sus datos, si bien comprables en cuanto a zona, no lo son en cuanto a época del año.

A fin de presentar una visión estacional general de las características oceanográficas de la zona de estudio en cuanto a temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, se hará un análisis de la información combinada de los cruceros de verano e invierno del 2003 con los de otoño y primavera del 2005. Esta será comparada con la información histórica disponible según la climatología de la estructura térmica del Pacífico de Wyrтки (1964) y los datos históricos del NODC (2001).

4.1.2.1. Temperatura

Debido a la posición de la zona de estudio, correspondiente a latitudes medias, ella está afecta a los cambios anuales de la radiación solar. Producto de lo anterior, ésta muestra un ciclo anual de la temperatura superficial, con calentamiento en la época estival y enfriamiento en la invernal.

La temperatura superficial durante el crucero de verano (febrero, 2003), presentó condiciones típicas estivales, con valores entre 21 y 22 °C, con sólo un par de estaciones con valores menores (20°C). La capa cuasi homotermal fue de unos 20 a 30 m de espesor (Fig. 17). En este caso las temperaturas superficiales fueron alrededor de 1°C menores que la media de la climatología de Wyrтки (1964) para el mes de febrero. La profundidad de la capa de mezcla estuvo dentro del rango propuesto por este autor (30-40 m).

En este crucero, la termoclina estacional no se presentó bien definida y diferenciada de la termoclina permanente, presentándose como una sola estructura bajo la capa de mezcla, llegando

hasta los 170 – 200 m de profundidad (Fig. 17). Sin embargo, fue posible observar un cambio en el gradiente vertical alrededor de los 50 a 70 m donde, en términos generales, se cambió de valores de alrededor de $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ (termoclina estacional) a valores de alrededor de $0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ (termoclina permanente).

Durante el crucero de otoño (abril, 2005), la temperatura presentó condiciones normales para la zona, con valores entre 21 y 22 °C y una capa cuasi homotermal de unos 50 a 70 m de espesor, mucho más definida que la de verano (Fig. 13). Estas temperaturas superficiales y profundidad de la capa de mezcla corresponden con las propuestas por Wyrcki (1964) para el mes de abril.

En este crucero la situación fue diferente a la de verano ya que bajo la capa homotermal, en un tramo de unos 5-10 m, se presentó bien definido un remanente de la termoclina estacional con un gradiente fuerte, centrada alrededor de 60-80 m (Tabla 12). A mayor profundidad se presentó la termoclina permanente más suave hasta los 200 m, lo que es característico de la zona (Wyrcki, 1964).

En el caso del crucero de invierno (agosto, 2003) las temperaturas superficiales fluctuaron entre 18 a 19 °C, mientras que la capa de mezcla homotermal alcanzó a 100-130 m de profundidad (Fig. 17). En este crucero también se observó una correspondencia con las temperaturas superficiales y profundidad de la capa de mezcla propuestas por la climatología de Wyrcki (1964) y con los datos del NODC (2001) para el mes de agosto (Fig. 15). El aumento de la profundidad de la capa de mezcla es producto de la regresión de la termoclina estacional, debido al enfriamiento invernal y a la mezcla producida por el viento.

En este crucero, bajo la capa homotermal en un tramo de unos 5-10 m, se presentó un remanente de la termoclina estacional con un gradiente fuerte ($\approx 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$), para luego continuar con la termoclina permanente más suave ($\approx 0,02^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$), hasta los 200 m, lo que es característico de la zona (Wyrcki, 1964; NODC, 2001).

Para el periodo de primavera, no se dispuso de información térmica, pero de acuerdo a la información histórica (Wyrcki, 1964; NODC, 2001), la temperatura superficial debió haber

llegado a valores de 17-18 °C y la profundidad de la capa de mezcla mantenido en 120-130 m y la termoclina estacional debería haber desaparecido, permaneciendo sólo la termoclina permanente entre los 150 y 250 m de profundidad (Fig. 16).

Del análisis anterior se puede indicar que la estructura térmica general en el área de estudio consiste en una capa de mezcla homotermal de temperaturas cálidas de espesor variable entre 50 y 100 m y para luego disminuir rápidamente en profundidad. En verano las temperaturas son más cálidas y la capa de mezcla es de menor espesor que en invierno, cuando las temperaturas de la capa de mezcla son menores.

Durante el período estival se desarrolla una termoclina estacional de poco espesor (5-10 m) centrada alrededor de 60 - 70 m y con gradientes térmicos verticales fuertes ($0,1$ a $0,4$ °C·m⁻¹), la que desaparece en el período invernal. Bajo la termoclina estacional continúa la termoclina permanente de mayor espesor (100-150 m) más profunda y con gradientes térmicos verticales menores ($0,02$ a $0,5$ °C·m⁻¹), la cual como dice su nombre está permanentemente en la zona.

4.1.2.2. Salinidad

Durante el crucero de verano (febrero 2003), la capa superficial presentó una capa casi homohalina en los primeros 30-50 m con valores entre 35,0 y 35,5 psu (Fig. 17), correspondientes a la masa de agua Subtropical. Más abajo, la salinidad disminuyó rápidamente hasta valores alrededor de 34,5 centrados a 180-200 m, los que corresponden al mínimo superior de salinidad. Este mínimo salino en la estructura vertical, se produce por la presencia de remanentes de agua Subantártica, la que en esta zona se ubica bajo el máximo salino Subtropical

En el crucero de otoño (abril 2005), la capa superficial presentó una capa de mezcla homohalina con valores levemente mayores que los de verano (35,2-35,7 v/s 35,0-35,5 psu) (Figs. 13 y 17). La capa homohalina fue mucho más definida que la del crucero de verano y alcanzando además mayores profundidades (30-50 v/s 50 a 70 m). La haloclina, ubicada inmediatamente bajo la capa de mezcla, estuvo bien definida en contraste con el crucero de verano en que fue más bien difusa y casi inexistente. Más abajo, la salinidad continuó disminuyendo hasta valores alrededor de 34,4-34,6 centrados a 140-180 m (Fig. 13), los que corresponden al mínimo superior de salinidad.

Durante el crucero de invierno (agosto 2003), la salinidad presentó una capa superficial homohalina bien definida, de unos 100-140 m de profundidad, con salinidades entre 34,7 y 35,1 psu (Fig. 18), lo que corresponde a los valores más bajos observados en la capa de mezcla de la zona. Inmediatamente bajo la capa de mezcla se presentó, al igual que el crucero de otoño, una haloclina bien definida, para luego disminuir hasta valores alrededor de 34,1-34,3 centrados a 170-200 m (Fig. 18), los que corresponden a los valores más bajos observados en el mínimo superior de la zona.

Durante el crucero de primavera (noviembre 2005), no se dispuso de información salina continua. La información con muestras discretas, que es muy espaciada ya que su propósito era disponer de muestras para calibración del CTD, permite identificar una capa homohalina superficial de alrededor de 100 m, con valores de 34,7 a 35,1 psu (Fig. 15). De acuerdo a la información histórica (Fig. 15; NODC, 2001), la salinidad en este período debería haber fluctuado entre 34,9 y 35,2, lo que concuerda con los valores puntuales del crucero (Fig. 15). El mínimo salino también pudo ser apreciado con los datos discretos, sin embargo no ocurrió lo mismo con la haloclina, situación que tampoco puede ser observada en la información histórica (Fig. 16).

Del análisis anterior se puede indicar que la estructura salina general en el área de estudio consiste en una capa de mezcla homohalina con salinidades altas Subtropicales de espesor variable entre 50 y 100 m, para luego disminuir rápidamente en profundidad dando origen a una haloclina de unos 10-20 m de espesor. Bajo la haloclina la salinidad continua disminuyendo más lentamente hasta formar el mínimo superior de salinidad que se centra entre 150-200 m. Este mínimo está asociado a remanentes de Agua Subantártica aún presente en la zona (Reid, 1973a; 1973b; Silva y Konow, 1975; Leth, *et al.*, 2004)

4.1.2.3. Oxígeno disuelto

La capa superficial de los océanos al estar en contacto con la atmósfera suele estar bien oxigenada debido al intercambio entre ellos y en un estado cercano al de equilibrio. Esto hace que esta capa suela tener concentraciones de este gas cercanas al valor del 100 % de saturación. A

mayor profundidad, el oxígeno disuelto suele disminuir por consumo debido a la descomposición de la materia orgánica que decanta desde la superficie (Libes 1992).

Durante el crucero de verano (febrero 2003) no se midió el oxígeno disuelto y tampoco se dispuso de información histórica para la zona en febrero.

En el crucero de otoño (abril 2005), el oxígeno superficial presentó una capa superficial cuasi homogénea de a lo menos 60 m de profundidad con concentraciones entre 5 y 6 mL·L⁻¹ (Fig. 13) y porcentajes de saturación de alrededor del 110%. No fue posible determinar con exactitud la profundidad de la capa homoóxica, al igual como ocurrió con la temperatura y salinidad, debido a que no se dispuso de registros continuos para esta variable. Como la formación de esta capa homoóxica, al igual que en el caso de la temperatura y salinidad, se debe al efecto de mezcla producto del viento, lo más probable es que ella tenga el mismo espesor que las capas homotérmica y homohalina. Bajo, la capa bien mezclada el oxígeno disuelto disminuyó rápidamente a concentraciones entre 0,4 y 4 mL·L⁻¹ (5 a 80% saturación), lo que corresponde a la capa de mínimo de oxígeno característica de las aguas Ecuatoriales Subsuperficiales de la zona frente a la costa del Perú y norte de Chile (Reid, 1973a; Silva y Konow, 1975; Rojas y Silva, 1996).

Durante el crucero de invierno (agosto 2003) se presentó una capa superficial homogénea bien oxigenada con valores sobre 5 mL·L⁻¹ que abarcó toda la capa de mezcla (Fig. 18) con saturaciones entre 90 y 110%. Bajo, la capa de mezcla, el oxígeno disuelto disminuyó rápidamente a concentraciones entre 2 y 4,5 mL·L⁻¹ (38 a 70 % de saturación) característicos de las aguas Ecuatoriales Subsuperficiales. Sin embargo, en esta oportunidad los valores del mínimo subsuperficial fueron menos intensos que los del otoño (2 y 4,5 v/s 0,4 y 4 mL·L⁻¹) (Figs. 13 y 18). La información histórica muestra que para este mes el oxígeno disuelto presenta concentraciones entre 2 y 4 mL·L⁻¹ en el nivel de 200 m, con una estación en que fue alrededor de 1 mL·L⁻¹ (Fig. 15).

En el crucero de primavera (noviembre 2005), se presentó una capa superficial homogénea bien oxigenada con valores cercanos a 6 mL·L⁻¹ que abarcó toda la capa de mezcla (Fig. 14). No es

posible determinar la saturación por falta de datos de temperatura, pero si consideramos la información térmica histórica para la zona (Fig. 16), esta debería fluctuar alrededor de 17°C, por lo que es posible estimar que la saturación del oxígeno disuelto debió haber fluctuado entre 100 y 110%. Bajo, la capa de mezcla, el oxígeno disuelto disminuyó rápidamente a concentraciones entre 2 y 4 mL·L⁻¹, característicos de las aguas Ecuatoriales Subsuperficiales, lo que fue similar a lo medido en invierno. La información histórica muestra que para este mes el oxígeno disuelto presenta concentraciones entre 3 y 4 mL·L⁻¹ en el nivel de 200 m (Fig. 16).

Del análisis anterior se puede indicar que la estructura general de oxígeno disuelto en la zona consiste en una capa de mezcla homoóxica de espesor variable entre 50 y 100 m, con oxígenos disueltos altos alrededor del 100% de saturación. Bajo esta capa homoóxica el oxígeno disuelto disminuye rápidamente en profundidad hasta formar una capa de mínimo contenido de oxígeno con concentraciones entre 0,5 a 4 mL·L⁻¹ en el nivel de 200 m de profundidad. Esta capa de mínimo de oxígeno disuelto esta asociado a la presencia del agua Ecuatorial Subsuperficial, que en la zona se encuentra centrada alrededor de 350 m de profundidad (Reid, 1973a; 1973b; Silva y Konow, 1975; Leth, *et al.*, 2004).

4.1.2.4. Masas de agua

En los tres cruceros en que se dispuso de datos de temperatura y salinidad, los diagramas T-S de sus estaciones (Figs. 13, 17 y 18), muestran que las aguas superficiales (< 100 m) fueron cálidas (19 a 22°C) y de alta salinidad (34,7 a 35,4 psu) lo que corresponde a aguas típicamente Subtropicales (AST). Las aguas subsuperficiales (150 – 250 m), presentaron características asociadas al mínimo superior de salinidad (34,1 a 34,6 psu), lo que corresponde a remanentes de aguas Subantárticas (ASAA). (Reid, 1973a; 1973b; Silva y Konow, 1975; Leth *et al.*, 2004).

Debido a la baja profundidad muestreada (0-230 m), no se observó el agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Sin embargo, el leve aumento de salinidad que muestran algunas estaciones bajo el mínimo superior de salinidad, asociado a las bajas concentraciones de oxígeno a 230 m, insinúan el inicio de su presencia, la que se suele centrar a unos 350 m en la zona (Reid, 1973a; 1973b; Silva y Konow, 1975; Leth *et al.*, 2004).

4.1.3. Información satelital

4.1.3.1 Batimetría y Relieve submarino

Durante los cruceros de pesca de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34 se realizaron un total de 36 lances de pesca en la zona de la Cordillera de Nazca (Fig. 19). En el crucero de verano 2003 se realizaron 13 lances en profundidades que fluctuaron entre 1863 m y 4383 m con una profundidad promedio igual a 3396 m (Tabla 13). En el crucero de invierno 2003 se hicieron 8 lances de pesca en profundidades que variaron entre 1296 m y 3972 m, con una profundidad promedio de pesca igual a 2381 m. En el crucero de otoño 2005 se registran 7 lances de pesca que fluctuaron entre 1758 m y 4180 m de profundidad, con un promedio igual a 3023 m. En el último crucero correspondiente a primavera 2005 se realizaron 8 lances en profundidades que variaron entre 1350 m y 3978 m con un promedio equivalente a 2927 m.

Tabla 13. Profundidad asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

Lance	Batimetría (m)			
	Verano 2003	Invierno 2003	Otoño 2005	Primavera 2005
1	-3995	-2219	-4180	-3782
2	-2864	-1296	-1758	-1350
3	-2309	-1893	-3253	-2632
4	-1863	-2219	-3606	-2585
5	-4383	-3972	-3242	-3033
6	-4110	-3272	-2625	-2374
7	-3762	-2088	-2500	-3682
8	-3074	-2088		-3978
9	-3551			
10	-3633			
11	-3633			
12	-3956			
13	-3012			
promedio	-3396	-2381	-3023	-2927

La información extraída de profundidad por lance de los cruceros es integrada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003-2005**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

4.1.3.2. Circulación oceánica

Para la caracterización estacional de la circulación oceánica presente durante los cruceros de pesca exploratoria de verano-invierno 2003 (FIP 2002-04) y otoño-primavera 2005 (FIP 2004-34), se generan imágenes semanales de CorrGeo a las cuales se le superponen la información georreferenciada de los lances de pesca (Fig. 20).

Verano 2003

En la semana del 10 al 17 de Febrero de 2003, los lances de pesca 1, 2, 3 y 6 fueron efectuados en una zona donde se presentaban corrientes o giros anticiclónicos (en contra sentido de agujas del reloj) asociados a zonas de anomalía positiva de la altura superficial del mar (ASM). En la misma semana, los lances de pesca 4 y 5 fueron realizados en áreas de corrientes o giros ciclónicos (sentido agujas reloj) asociados a zonas de anomalía negativa de la ASM. En la segunda semana del 18 al 25 de Febrero de 2003 los lances de pesca fueron ejecutados al sur-oeste de los lances anteriores en una zona donde se presentaron principalmente corrientes del tipo anticiclónico asociados a zonas de anomalía positiva de la altura superficial del mar (ASM) (Fig. 23).

Invierno 2003

Durante el crucero de pesca exploratoria de invierno se generan 3 imágenes semanales de CorrGeo a las cuales se le superpone la data de lances georreferenciados (Fig. 20). En la semana del 29 de Julio al 5 de Agosto de 2003, los lances de pesca estuvieron concentrados en la zona comprendida entre los $22^{\circ}50' - 23^{\circ}10'S$ y $82^{\circ}40' - 82^{\circ}53'W$, en donde se presentaron corrientes anticiclónicas asociados a zonas de anomalía positiva de la ASM. En la segunda semana del 6 al 13 de Agosto de 2003 los lances se ubicaron entre los $25^{\circ}23' - 25^{\circ}43'S$ y $81^{\circ}34' - 82^{\circ}01'W$, en donde se presentaron corrientes anticiclónicas asociados a zonas de anomalía positiva de la ASM. La tercera semana del 14 al 21 de Agosto de 2003 se caracteriza por lances localizados entre los $25^{\circ}35' - 25^{\circ}38'S$ y $81^{\circ}26' - 81^{\circ}48'W$ y asociados a frentes de corrientes anticiclónicas.

Otoño 2005

Durante el crucero de pesca exploratoria de otoño se genera una imagen satelital semanal (18-25 Abril 2005) de corrientes geostroficas (CorrGeo) a la cual se le superponen la información georreferenciada de los lances de pesca (Fig. 20). En general los lances de pesca fueron

efectuados en zonas donde se presentaban corrientes o giros anticiclónicos (en contra sentido de agujas del reloj) de magnitudes bajas a moderadas y asociados a zonas de anomalía positiva de la altura superficial del mar (ASM). Los lances 1 y 2 se realizaron en bajas magnitudes de corrientes anticiclónicas y los demás en intensidades moderadas a bajas.

Primavera 2005

Para el crucero de pesca exploratoria de primavera se generan 2 imágenes semanales de CorrGeo a las cuales se le superpone la data de lances georreferenciados (Fig. 20). En la semana del 19 al 26 noviembre, los dos primeros lances fueron efectuados en el borde de una zona con un giro anticiclónico, mientras que un tercer lance se realizó en un área con corrientes ciclónicas. En la segunda semana del 27 de noviembre al 3 de diciembre los lances se efectuaron principalmente en zonas de giros anticiclónicos y con corrientes de relativamente bajas magnitudes.

4.1.3.3. Condición atmosférica y régimen de vientos

Se estudia la condición atmosférica a escala del Pacífico Sudeste con el Índice de Oscilación del Sur (IOS). El IOS es una variable atmosférica de control que junto al indicador de la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM), se usa para monitorear al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), a través de las variaciones mensuales de las anomalías en el campo de la presión atmosférica sobre el Océano Pacífico Ecuatorial. El IOS se define como la diferencia entre las anomalías estandarizadas del valor de la presión atmosférica de Tahití y Darwin respectivamente. Valores positivos del IOS en conjunción y dependencia a valores negativos del índice ATSM indican una eventual fase fría del ENOS (La Niña) y viceversa la fase cálida conocida como "El Niño". En la figura 21 se destacan los valores negativos del IOS para el período 1997-1997, que corresponden a un intenso evento cálido El Niño.

Durante los cruceros realizados en 2003 y 2005 las condiciones atmosféricas se presentaron relativamente estables y cercanas a la normalidad y caracterizada en general por valores medianamente negativos de IOS (Fig. 21). Durante el crucero de verano de 2003 el IOS se presentó bastante más negativo (-7,4 en febrero) que durante el crucero de invierno de ese año en donde este indicador alcanzó valores de -1,8 en agosto. Durante el crucero de otoño de 2005 el

IOS se presentó como el más negativo (-11,2 en abril) mientras que durante el crucero de primavera de 2005 este indicador alcanzó valores positivos de 0,6 en diciembre.

Por otro lado, para estudiar el régimen de vientos a una escala regional, se adquieren y procesan imágenes de magnitud y dirección de viento superficial (MDVS) Quikscat. Para los cruceros de pesca exploratoria de 2003 y 2005, se generan imágenes semanales de MDVS Quikscat para caracterizar los patrones de viento superficial reinantes en el área a los cuales se le superponen los lances georreferenciados (Fig. 22). En las imágenes se observa la influencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sudeste, el cual produce vientos Sur y surgencias de aguas productivas en la zona costera.

Verano 2003

Durante la primera semana del crucero de verano de 2003 se registraron lances de pesca en vientos Sureste con magnitudes que variaron entre 14 y 18 nudos (7 a 9 m/s). En la segunda semana se debilitan los vientos Sureste alcanzando valores cercanos a 7 nudos (3,5 m/s) (Fig. 22).

Invierno 2003

Durante la primera semana del crucero de invierno de 2003 el viento se presentó Sureste con magnitudes que bordearon los 20 nudos (10 m/s). En la segunda semana baja la magnitud de los vientos Sureste en la zona de lances de pesca, registrándose valores de 6 nudos (3 m/s) (Fig. 22).

Otoño 2005

En el crucero de otoño 2005 se efectuaron lances de pesca en condiciones de viento Este con magnitudes entre 13 y 16 nudos (6,5 a 8 m/s) (Fig. 22).

Primavera 2005

En la primera semana del crucero de primavera 2005 se realizaron lances de pesca en condiciones de viento Sureste con velocidades entre 8 y 17 nudos (4 a 8,5 nudos). En tanto que, durante la segunda semana del crucero de primavera los lances de pesca se localizaron en áreas con vientos Sureste de magnitudes cercanas a los 6 nudos (3 m/s) (Fig. 22).

4.1.3.4. Altura Superficial del mar

Se estudian las imágenes satelitales de anomalía de altura superficial del mar (AASM), derivadas de los altímetros JASON-1, TOPEX, ERS-2 y GFO. Esta información es procesada por Navoceano y distribuida por el servidor GODAE (Monterrey-EEUU). Los mapas son generados mediante interpolación de los datos de AASM, correspondientes a un período de 10-días. La AASM es un indicador de lo que ocurre bajo la superficie; por ejemplo como se desplaza la termoclina hacia arriba y hacia abajo. Cuando la anomalía es positiva (colores naranja y rojo), la AASM está por arriba de lo normal (Seki *et al.*, 2002) y por lo tanto la termoclina se encuentra más profunda y se producen giros o corrientes anticiclónicas (en contra sentido de agujas del reloj). Cuando la anomalía es negativa (colores azules) la AASM está por debajo de lo normal y por lo tanto la termoclina se encuentra próxima a la superficie, permitiendo el desarrollo de giros ciclónicos (sentido agujas reloj). La AASM resulta muy útil para saber si la termoclina está más somera o más profunda de lo normal. La termoclina es una importante frontera vertical en la que se concentran diversas especies de peces. Estos hundimientos (colores azules) de la AASM se asocian a zonas de levantamiento de la termoclina los que junto a las corrientes de masa de agua producen la acumulación de peces.

Se analizan la AASM y los lances de pesca efectuados durante los cruceros de pesca de verano e invierno de 2003 y otoño y primavera 2005.

Verano 2003

En la primera semana del crucero de verano 2003 se realizaron lances de pesca en AASM que fluctuaron entre -9,8 y 7,7 cm (Tabla 14). Por otro lado, en la segunda semana se efectuaron lances de pesca en AASM principalmente positivas teniendo una variación entre -2 y 9 cm (Tabla 14).

Invierno 2003

En la primera semana del crucero de invierno 2003 se hicieron 4 lances de pesca en valores de AASM positivos que fluctuaron entre 8,02 y 9,02 cm (Tabla 14). En la segunda semana del crucero de invierno 2003 las capturas se realizaron en AASM positivas que fluctuaron entre 4,12 y 4,53 cm (Tabla 14).

Otoño 2005

En el crucero de otoño 2005 se registran 7 lances de pesca en AASM que variaron entre -1,64 y 8,02 cm (Tabla 14).

Primavera 2005

En el último crucero correspondiente a primavera 2005 se realizaron 3 lances de pesca durante la primera semana, registrando valores de AASM que variaron entre -3,1 y 6,04 cm (Tabla 14). En tanto que, durante la segunda semana del crucero de primavera los lances de pesca se localizaron en áreas con AASM con valores entre -5,49 y 0,6 cm (Fig. 23).

La información extraída de AASM por lance de los cruceros es integrada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003-2005**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

Tabla 14. Anomalía de la Altura Superficial del mar satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

Lance	Anomalía de la altura superficial del mar (cm)			
	Verano 2003	Invierno 2003	Otoño 2005	Primavera 2005
1	0,22	8,02	5,52	6,04
2	7,70	9,02	-1,64	2,74
3	-1,60	8,41	8,02	-3,10
4	-9,80	8,02	-0,57	-5,49
5	-8,00	4,12	1,06	-2,77
6	9,00	4,53	4,55	-3,35
7	8,50	4,28	4,31	0,44
8	0,90	4,28		0,60
9	-2,00			
10	4,10			
11	4,10			
12	3,10			
13	2,10			
promedio	1,41	6,34	3,04	-0,61

4.1.3.5. Temperatura superficial del mar

La estructura térmica superficial del mar durante los cruceros, se estudia en primer término conociendo su condición a una escala temporal interanual y a nivel del Océano Pacífico. En base a la información de NOAA, se construye una tabla que muestra para el período 1997-2005 los eventos cálidos (rojo), fríos (azul) y normales (negro), basados en un umbral de $\pm 0,5$ °C para el Índice Niño Oceánico [media de 3 meses de anomalías en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°+-170°W)], basados en el período base 1971-2000 (Tabla 15). En general, los cruceros (verano-invierno 2003 y otoño-primavera 2005) se llevaron a cabo en condiciones normales y cálidas.

El crucero de verano 2003 se llevo a cabo al final de un evento cálido el cual se manifestó entre mayo de 2002 y marzo de 2003. Durante el crucero se presentaron anomalías positivas de 0,6° a 1,1°C. El crucero de invierno 2003 se realizó durante un período normal-cálido con anomalías positivas de 0,3° a 0,4°C. El crucero de otoño de 2005 también se realizó durante un período normal-cálido caracterizado por anomalías positivas de 0,3° a 0,4°C. Finalmente, el crucero de primavera de 2005 se llevó a cabo bajo una condición normal-fría caracterizado por anomalías de -0,4° a 0,2°C.

Tabla 15. Eventos cálidos y fríos por estación basados en el Índice Niño Oceánico.

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1997	-0.4	-0.3	0.0	0.4	0.9	1.4	1.7	2.0	2.3	2.4	2.5	2.5
1998	2.4	2.0	1.4	1.1	0.4	-0.1	-0.8	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5
1999	-1.6	-1.2	-0.9	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-1.2	-1.4	-1.6
2000	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2
2002	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3
2003	1.1	0.8	0.6	0.1	-0.1	0.0	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5
2004	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8
2005	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.4	

Fuente: NOAA/ National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction, Climate Prediction Center.

Para conocer bajo que condición de variabilidad climática se realizaron los distintos cruceros se extrae un perfil temporal de la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) de un área específica (20-24°S ; 80-84°W) de la zona en estudio y para el período 1997-2005 (Fig. 24, Tabla 16). Se destaca en los años 1997-1998 el intenso evento cálido El Niño que se caracteriza por ATSM positivas de 0,5° a 1,8°C. Posteriormente en 1999 y 2000 se manifiesta un evento frío La

Niña. Durante el año 2001 y hasta otoño de 2002 se presentan anomalías positivas de TSM, las cuales cambian a anomalías negativas hasta el verano de 2003. El resto del año 2003 se manifiestan principalmente ATSM positivas. En el verano de 2004 se presentan principalmente ATSM negativas salvo en otoño que se observan anomalías positivas. En el 2005 se presentan principalmente ATSM positivas salvo en primavera donde se encuentran anomalías negativas.

Verano 2003

Durante el crucero de verano 2003 se realizan los lances de pesca en un período donde predominan ATSM cercanas a 0°C, presentando una variabilidad entre -0,2° a 0,12°C (Fig. 25). Durante la primera semana de febrero la TSM en el área de los lances de pesca fluctuó entre 20,8° y 21,2°C, mientras que en la segunda semana la TSM en las zonas de pesca varió entre 21,1° y 21,6°C.

Invierno 2003

En el crucero de invierno 2003 se realizan los lances de pesca en un período donde predominan ATSM cercanas a 0°C, presentando una variación entre -0,19° a 0,05°C (Fig. 25). Durante la primera semana del 29 de julio al 5 de agosto, la TSM en el área de los lances de pesca fluctuó entre 18,5° y 18,6°C, mientras que en la segunda semana la TSM en las zonas de pesca varió entre 18,1° y 18,3°C.

Otoño 2005

Durante la semana de abril de 2005 del crucero de otoño 2005, predominó la presencia de ATSM positivas, las que fluctuaron entre 0,2° y 0,6°C. Por otro lado, la TSM satelital registrada en las áreas de lances de pesca fluctuaron entre 20,9° y 21,4°C.

Primavera 2005

En el crucero de primavera 2005 se realizan los lances de pesca en un período donde predominaron las ATSM negativas, las cuales presentaron una variación entre -0,36° a -0,26°C (Fig. 25). Por otra parte, la TSM registrada en las áreas de lances de pesca durante la semana del 19 al 26 de noviembre fluctuó entre 19,0° y 19,2°C. En la segunda semana se registran TSM en área de lances de pesca que varían entre 19,3° y 19,7°C.

La información extraída de TSM por lance de los cruceros es integrada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003-2005**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

Tabla 16. Temperatura superficial del mar satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

Lance	Temperatura superficial del mar (°C)			
	Verano 2003	Invierno 2003	Otoño 2005	Primavera 2005
1	21,0	18,6	21,2	19,1
2	21,2	18,5	21,4	19,0
3	21,1	18,5	21,1	19,2
4	21,0	18,6	21,4	19,6
5	20,8	18,1	20,9	19,6
6	21,4	18,1	21,1	19,3
7	21,3	18,3	21,0	19,6
8	21,5	18,3		19,7
9	21,5			
10	21,3			
11	21,3			
12	21,1			
13	21,6			
Promedio	21,2	18,4	21,2	19,4

4.1.3.6. Salinidad superficial del mar

Se analizan las relaciones entre la Salinidad Superficial del Mar (SSM) y los lances de pesca efectuados durante los cruceros de pesca exploratoria de verano-invierno 2003 (FIP 2002-04) y otoño-primavera 2005 (FIP 2004-34).

Verano 2003

En el crucero de verano 2003 se realizan los lances de pesca de la primera semana en SSM que variaron entre 35 y 35,1 PSU (Fig. 26, Tabla 17). Por otra parte, durante la segunda semana del crucero de verano, la SSM registrada en el área de los lances de pesca fluctuó entre 34,9 y 35,1 PSU.

Invierno 2003

Durante la primera semana del 29 de julio al 5 de agosto, la SSM en el área de los lances de pesca fluctuó entre 35 y 35,1 PSU, mientras que en la segunda semana la SSM en las zonas de pesca varió entre 34,85 y 34,9 PSU (Fig. 26).

Otoño 2005

Durante la semana de abril de 2005 del crucero de otoño 2005, la SSM registrada en las áreas de lances de pesca tuvo una fluctuación entre 35,2 y 35,5 PSU (Fig. 26).

Primavera 2005

Los valores de SSM registradas en las áreas de lances de pesca durante la semana del 19 al 26 de noviembre fluctuó entre 35,1 y 35,2 PSU. Posteriormente, en la segunda semana se registran SSM en área de lances de pesca que varían entre 35,1 y 35,3 PSU (Fig. 26).

La información extraída de SSM por lance de los cruceros es integrada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003-2005**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

Tabla 17. Salinidad superficial del mar satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

Lance	Salinidad superficial del mar (PSU)			
	Verano 2003	Invierno 2003	Otoño 2005	Primavera 2005
1	35,00	35,00	35,3	35,1
2	35,10	35,05	35,4	35,1
3	35,10	35,10	35,5	35,2
4	35,10	35,00	35,5	35,2
5	35,10	34,85	35,4	35,1
6	35,10	34,85	35,3	35,2
7	35,10	34,90	35,2	35,2
8	35,10	34,90		35,3
9	35,10			
10	35,04			
11	35,04			
12	35,0			
13	34,9			
promedio	35,06	34,96	35,37	35,18

4.1.3.7. Clorofila y Productividad

Se analizan las relaciones entre la Clorofila *a* (Cloa_*a*) y los lances de pesca efectuados durante los cruceros de pesca exploratoria de verano-invierno 2003 (FIP 2002-04) y otoño-primavera 2005 (FIP 2004-34),

Para cada crucero se generan imágenes semanales de Cloa_*a* a las cuales se le superponen los lances de pesca correspondientes (Fig. 27, Tabla 18).

Verano 2003

Durante la primera semana del crucero de verano 2003 se realizan los lances de pesca en concentraciones de clorofila *a* que variaron entre 0,092 a 0,16 mg/m³ (Fig. 27). En la segunda semana la Cloa_*a* registrada en las zonas de pesca varió 0,05 y 0,08 mg/m³.

Invierno 2003

En la primera semana del crucero de invierno 2003 los lances de pesca se realizaron en valores de Cloa_*a* que fluctuaron entre 0,096 y 0,118 mg/m³ (Fig. 27). Por otro lado, durante la segunda semana del crucero de invierno 2003 la pesca fue llevada a cabo en áreas marinas donde los valores de Cloa_*a* fluctuaron entre 0,09 y 0,108 mg/m³.

Otoño 2005

Durante la semana de abril de 2005 del crucero de otoño, la Cloa_*a* satelital registrada en las áreas de lances de pesca fluctuó entre 0,074 y 0,126 mg/m³ (Fig. 27).

Primavera 2005

La Cloa_*a* registrada en las áreas de lances de pesca durante la semana del 19 al 26 de noviembre fluctuó entre 0,079 y 0,089 mg/m³. Por otro lado, durante la segunda semana se registran concentraciones de clorofila *a* en área de lances de pesca que variaron entre 0,069 y 0,08 mg/m³ (Fig. 27).

La información extraída de Clo_a por lance de los cruceros es integrada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003-2005**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

Tabla 18. Concentración de clorofila *a* satelital asociada a los lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

Lance	Concentración de clorofila <i>a</i> (mg/m ³)			
	Verano 2003	Invierno 2003	Otoño 2005	Primavera 2005
1	0,0920	0,118	0,089	0,079
2	0,1603	0,096	0,126	0,087
3	0,0851	0,109	0,091	0,089
4	0,0950	0,118	0,11	0,07
5	0,1333	0,090	0,094	0,08
6	0,0473	0,094	0,074	0,07
7	0,0515	0,108	0,084	0,076
8	0,0765	0,108		0,069
9	0,0765			
10	0,0546			
11	0,0546			
12	0,0504			
13	0,0626			
promedio	0,080	0,105	0,095	0,078

4.1.4. Identificación de especies zooplanctónicas colectadas con redes bongo.

4.1.4.1. Crucero de Otoño

En otoño se analizó un total de 14 muestras de zooplancton, en las cuales se identificó un total de 40.397 organismos pertenecientes a 16 grupos taxonómicos diferentes (Tabla 19 y Tabla 20).

Del total de organismos identificados, el 58,5% correspondió a organismos gelatinosos y semigelatinosos (medusas, sifonóforos, ctenóforos, quetognatos, moluscos, salpas, doliólidos, apendicularias, poliquetos y pyrosomas), el 40,8% a organismos quitinosos (eufáusidos, ostrácodos, mysidáceos, sergéstidos y larvas de crustáceos decápodos), y el 0,7% restante a larvas de peces (Tabla 20).

En este periodo se determinaron cinco grupos dominantes, que fueron encabezados por los ostrácodos (29,3%) con un promedio de 1.690 ind·1000 m⁻³; por estación, seguido de moluscos (21,0%) con un promedio de 1.214 ind·1000 m⁻³, quetognatos (12,0%) con 691,8 ind·1000 m⁻³, doliólidos (8,9%) con 510,7 ind·1000 m⁻³, y eufáusidos (7,6%) con 440,6 ind·1000 m⁻³ (Tabla 20).

Un alto porcentaje de los quetognatos (75%), correspondió a ejemplares juveniles, siendo el género *Sagitta* el más abundante, representado principalmente por *S. pacifica*. Los eufáusidos al igual que los quetognatos, presentaron un alto porcentaje (~60%) de juveniles, con un promedio de 3.084 ind·1000 m⁻³, la mayoría de los cuales pertenecían al género *Euphausia* y a la especie *Stylocheiron carinatum*. El resto de los grupos taxonómicos no superó individualmente el 5% de la abundancia total y en muchos casos la cantidad de ejemplares fue muy escasa, como ocurrió con cefalópodos, ctenóforos y larvas de peces, estas últimas representadas por algunas larvas de *Engraulis ringens* y *Sardinops sagax* (Tabla 20).

Entre los organismos gelatinosos, las medusas, sifonóforos, ctenóforos y salpas, que en conjunto constituyeron el 9,3% del zooplancton colectado, se identificó un total de 24 especies distribuidas entre 9 de medusas, 11 de sifonóforos, 2 de ctenóforos y 2 de salpas. Las especies más abundantes de cada grupo fueron la medusa *Aglaura hemistoma*, los sifonóforos *Lensia subtilis* y *Eudoxoides spiralis*, el ctenóforo *Beroe cucumis* y la salpa *Salpa fusiformis* (Tabla 20).

La abundancia total por estación mostró que la mayor agregación de organismos se registró en la estación 5 (Fig. 28a), constituida fundamentalmente por las altas densidades de ostrácodos (Fig. 28b). El máximo registrado en la estación 5, fue seguido por máximos similares de abundancia determinados en las estaciones 1, 3 y 4. El máximo de la estación 1 fue sostenido por los moluscos (Fig. 28c), mientras que el máximo de la estación 3 se debió a los eufáusidos (Fig. 29b), y el de la estación 4 fue sostenido por los quetognatos y doliólidos (Figs. 28a y 29c).

4.1.4.2. Crucero de Primavera

En primavera se analizaron 12 muestras zooplantónicas, identificándose un total de 62.104 organismos correspondientes a 16 grupos taxonómicos diferentes (Tabla 21).

En primavera se observó un cambio importante en la abundancia relativa de los componentes zooplanctónicos. En efecto, en este periodo se registró un fuerte incremento en la cantidad de organismos gelatinosos y semigelatinosos que alcanzó al 80,8% (medusas, sifonóforos, ctenóforos, quetognatos, moluscos, apendicularias, salpas, doliólidos y pyrosomas), entre los cuales las salpas fueron los organismos predominantes y constituyeron el 65,4% de este tipo de organismos. El 19,1% correspondió a organismos quitinosos (eufáusidos, mysidáceos, anfípodos, ostrácodos y larvas de crustáceos decápodos) y el 0,1% restante correspondió a larvas de peces (Tabla 21).

Del total de grupos analizados, se determinó la presencia de tres grupos taxonómicos dominantes, cuya abundancia superó al 5% del total de organismos colectados. En orden decreciente, las salpas fueron las más abundantes, constituyendo el 65,4% de los organismos, con un promedio de 6.771 ind·1000 m⁻³, seguido de los anfípodos (5,41%) y ostrácodos (5,27%), dos grupos frecuentes en aguas oceánicas. Las salpas estuvieron representadas por *Thalia orientalis* (97%) y *Salpa fusiformis* (3%), cabe destacar las enormes agregaciones de *T. orientalis* que fue la especie más abundante en primavera en toda el área de estudio.

Debido al alto predominio de salpas, los restantes taxa tuvieron una abundancia menor al 5% del total analizado. De este conjunto, en orden decreciente, siguieron los quetognatos (4,95%), que estuvieron constituidos por un alto porcentaje de ejemplares juveniles (~60%), siendo *Sagitta* el género más abundante que estuvo representado principalmente por *S. pacifica*.

Los sifonóforos constituyeron el 4,4% del total y se identificaron 11 especies en total. Las especies más abundantes fueron *Eudoxoides spiralis* y *Abylopsis tetragona* con promedios de 159 y 113 ind·1000 m⁻³, respectivamente. Los eufáusidos conformaron un 3,79% del total de organismos, de los cuales un porcentaje cercano al 50% se encontraban portando huevos. Las especies más abundantes fueron *Stylocheiron carinatum* y *Euphausia gibboides* con promedios de 117 y 99 ind·1000 m⁻³ respectivamente.

Las larvas de moluscos constituyeron el 3,1% del zooplancton colectado y los grupos restantes estuvieron representados en porcentajes inferiores al 3% del total analizado (Tabla 21).

Las mayores abundancias de organismos por estación se registraron en las estaciones 1 y 4 (Fig. 30). El máximo determinado en la estación 1 se debió a los ostrácodos (Fig. 30b); en cambio, el máxi de la estación 4 se sostuvo por las altas densidades de anfípodos y salpas (Figs. 30c y 30d).

4.1.4.3. Comparación entre los periodos de otoño y primavera

La abundancia total de los diferentes grupos taxonómicos registrada en primavera, fue un 50% superior a la registrada en otoño. Estas diferencias de abundancia son consistentes con los cambios estacionales que ocurren en las poblaciones zooplanctónicas (Raymont, 1983), donde los incrementos primaverales están asociados a los aumentos de temperatura que favorecen la actividad fotosintética y consecuentemente, la proliferación de poblaciones fitoplanctónicas. Esta mayor disponibilidad trófica permitió sostener una alta concentración de filtradores, que en este periodo estuvieron representados por las salpas, que son organismos oportunistas en aguas costeras y oceánicas, que por su reproducción asexual pueden originar densas agregaciones de individuos (Boltovskoy, 1999). Los incrementos poblacionales de primavera experimentados por los zooplancteres estarían asociados a sus ciclos reproductivos y a los incrementos estacionales de temperatura en primavera, como se ha observado en todos los océanos y también, frente a la costa central de Chile (Raymont, 1983; Palma, 1994; Palma y Rosales, 1995).

Como resultado del aumento explosivo de las salpas, se observó un cambio importante en la composición zooplanctónica. En efecto, los organismos gelatinosos y semigelatinosos, aumentaron fuertemente su abundancia entre otoño y primavera, con valores de 58,5% y 80,8% respectivamente. Este aumento de abundancia estuvo aparejado a la disminución de organismos quitinosos que bajaron del 40,8 a 19,1% en otoño y primavera respectivamente.

La elevada concentración de salpas, el alto porcentaje de ejemplares juveniles de quetognatos, así como la presencia de hembras portadoras de eufáusidos confirman la existencia del periodo reproductivo de primavera en el área de la cordillera de Nazca. Otro aspecto relevante, fue la escasa variabilidad en la diversidad de los taxa representados en otoño y primavera, observándose cambios solamente a nivel específico (Tablas 20 y 21). En efecto, a nivel de organismos gelatinosos, se registró una mayor diversidad en otoño que en noviembre. Esta disminución en la

diversidad en primavera fue causada por la proliferación explosiva de salpas, que son grandes consumidoras de fitoplancton y habrían limitado las disponibilidades tróficas para otras especies filtradoras, que son presas comunes de los carnívoros gelatinosos.

Los resultados obtenidos en la temporada 2005, solo se pueden comparar desde el punto de vista cualitativo con aquellos obtenidos en la temporada 2004, ya que desde el punto de vista cuantitativo no son comparables. Esto se debe a que en 2004 se utilizó una red IKMT que se recomienda para muestreos de micronecton pero no de zooplancton; además, esta red carecía de flujómetros para determinar el volumen filtrado y consecuentemente no se pudo estimar la abundancia relativa del zooplancton recolectado. Esto significa que el muestreo efectuado en el 2004, tuvo caracterizado por una fuerte subestimación de la abundancia de zooplancton existente en el área geográfica explorada, debido a la abertura de mallas de la red utilizada.

Desde el punto de vista cualitativo, solo se puede señalar que de los grupos zooplanctónicos considerados, en los dos periodos de muestreo analizados el 2004 no se registró la presencia de apendicularias, mientras que en ambos periodos del 2005 se capturaron estos filtradores. Esta ausencia se debería al escaso tamaño de las apendicularias (< 5 mm), que no fueron retenidas por la red IKMT. Otro cambio, fue la ausencia de larvas de cefalópodos en la primavera de 2005, con respecto a las otras temporadas.

Finalmente, se puede señalar que analizando los diferentes taxa encontrados en el área de estudio, se puede señalar que los grupos que tuvieron mayor importancia, como los ostrácodos, anfípodos y salpas, corresponden a grupos cuyos representantes son frecuentemente más comunes en aguas oceánicas que costeras (Raymont, 1983), siendo más afines con aguas de características más bien oligotróficas.

Tabla 19. Lances de arrastre con redes Bongo (Primavera).

Fecha	Estación	Latitud (S)	Longitud (W)	Hora	Profundidad (m)
26-11-2005	1	22°52,40'	82°52,30'	16:00	200
27-11-2005	2	22°23,00'	82°48,00'	22:00	200
28-11-2005	3	22°41,80'	83°27,50'	21:00	200
29-11-2005	4	23°47,10'	83°29,90'	22:20	200
30-11-2005	5	23°44,50'	82°57,10'	21:30	200
01-12-2005	6	23°36,60'	82°16,30'	22:08	200

Tabla 20. Abundancia relativa por estación (ind·1000 m⁻³) y por grupo taxonómico (Otoño).

Especie/Estación	1	2	3	4	5	6	7	Total	Porcentaje (%)	Promedio
Euphausiacea								3084	7,63	441
<i>Euphausia</i> sp.	132	86	410	46	281	397	215	1566	3,88	224
<i>Stylocheiron carinatum</i>	130	56	188	187	169	72	76	877	2,17	125
<i>Nematoscelis megalops</i>	48	103	25	0	0	0	0	176	0,44	25
<i>Stylocheiron</i> sp.	48	4	41	0	35	0	25	153	0,38	22
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	9	0	35	5	35	8	13	104	0,26	15
<i>Nematoscelis</i> sp.	43	0	17	0	26	8	0	94	0,23	13
<i>Euphausia gibboides</i>	27	6	0	0	0	0	0	33	0,08	5
<i>Euphausia mucronata</i>	0	0	0	29	0	0	17	46	0,11	7
<i>Euphausia eximia</i>	12	0	0	0	0	0	0	12	0,03	2
<i>Thysanoessa monocantha</i>	6	6	0	0	0	0	0	12	0,03	2
<i>Euphausia gibba</i>	9	0	0	0	0	0	0	9	0,02	1
Mysidacea	6	6	0	17	9	8	17	63	0,16	9
Amphipoda	169	106	173	68	177	414	152	1259	3,12	180
Ostracoda	1673	652	1562	1796	3373	1667	1108	11831	29,29	1690
Larvas de crustáceos								247	0,61	35
Larvas de crustáceos (NI)	63	8	16	0	0	24	34	145	0,36	21
Sergestidae	0	9	17	24	52	0	0	102	0,25	15
Medusae								1208	2,99	173
<i>Aglaura hemistoma</i>	0	3	61	323	243	0	17	646	1,60	92
<i>Rophalonema velatum</i>	9	17	12	19	9	36	34	136	0,34	19
<i>Amphogona apicata</i>	0	0	69	65	26	8	0	168	0,42	24
<i>Aegina citrea</i>	6	0	25	8	9	24	17	89	0,22	13
<i>Liriope tetraphylla</i>	3	3	0	16	17	16	0	56	0,14	8
<i>Clytia</i> spp.	3	13	8	0	17	0	0	42	0,10	6
<i>Solmundella bitentaculata</i>	3	0	0	10	9	32	0	54	0,13	8
<i>Cunina peregrina</i>	0	0	0	8	0	0	0	8	0,02	1
<i>Gossea brachymera</i>	0	0	0	0	9	0	0	9	0,02	1
Siphonophorae								1862	4,61	266
<i>Lensia subtilis</i>	57	27	114	58	99	88	67	511	1,26	73
<i>Eudoxoides spiralis</i>	15	4	84	81	17	199	110	511	1,26	73
<i>Chelophyes appendiculata</i>	9	6	33	26	99	48	76	298	0,74	42
<i>Abylopsis tetragona</i>	12	6	21	57	61	12	13	182	0,45	26
<i>Lensia challengerii</i>	12	0	68	24	22	4	0	129	0,32	19
<i>Lensia hotspur</i>	3	10	46	0	43	8	13	123	0,30	18
<i>Vogtia pentacantha</i>	0	0	0	0	0	55	0	55	0,14	8
<i>Physophora hydrostatica</i>	9	0	0	0	0	0	0	9	0,02	1
<i>Bassia bassensis</i>	0	0	17	0	0	8	0	25	0,06	4
<i>Rosacea plicata</i>	6	0	0	0	0	0	0	6	0,01	1
<i>Diphyes bojani</i>	3	0	0	0	9	0	0	12	0,03	2
Ctenophora								50	0,12	7
<i>Beroe cucumis</i>	0	0	25	0	0	0	0	25	0,06	4
<i>Beroe</i> sp.	0	0	0	16	0	0	0	16	0,04	2
<i>Beroe ovata</i>	0	0	0	0	9	0	0	9	0,02	1

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Continuación Tabla 20

Chaetognatha								4843	11,99	692
<i>Sagitta</i> sp.	282	347	739	1017	672	541	313	3911	9,68	559
<i>Sagitta pacifica</i>	12	11	43	56	34	56	85	297	0,74	42
<i>Krohnitta</i> sp.	27	40	106	44	9	24	0	251	0,62	36
<i>Sagitta friderici</i>	0	3	93	41	52	8	17	215	0,53	31
<i>Pterosagitta draco</i>	12	3	30	17	0	0	0	62	0,15	9
<i>Sagitta hispida</i>	0	0	0	48	0	0	0	48	0,12	7
<i>Sagitta enflata</i>	3	0	0	8	9	0	0	20	0,05	3
<i>Krohnitta subtilis</i>	0	0	8	8	0	0	8	24	0,06	3
<i>Krohnitta pacifica</i>	0	0	0	16	0	0	0	16	0,04	2
Mollusca								8500	21,04	1214
Pteropoda	1503	381	710	602	1285	2044	1951	8476	20,98	1211
Cephalopoda	6	0	0	10	0	8	0	24	0,06	3
Salpidae								622	1,54	89
<i>Salpa fusiformis</i> blastozoide	6	3	46	166	17	16	8	263	0,65	37
<i>Salpa fusiformis</i> oozoide	9	6	21	22	26	24	33	141	0,35	20
<i>Thalia orientalis</i> blastozoide	211	0	0	0	0	0	0	211	0,52	30
<i>Thalia orientalis</i> oozoide	6	0	0	0	0	0	0	6	0,01	1
Doliolida	204	144	483	1557	1016	108	63	3575	8,85	511
Appendicularia	88	41	469	360	186	337	67	1550	3,84	221
Polychaeta	55	251	171	276	424	56	21	1253	3,10	179
Pyrosomatidae	0	11	0	24	9	142	0	186	0,46	27
Ictioplancton								265	0,66	38
Holocentridae	0	0	8	0	0	0	0	8	0,02	1
Myctophidae	6	0	0	0	0	0	25	31	0,08	4
<i>Gempylus serpens</i>	6	0	0	10	0	0	0	16	0,04	2
<i>Argyrolepecus</i> sp.	0	0	0	0	9	0	0	9	0,02	1
<i>Sardinops sagax</i>	24	15	25	9	26	24	8	131	0,32	19
<i>Engraulis ringens</i>	24	0	13	10	9	0	0	56	0,14	8
<i>Idiacanthus</i> sp.	6	0	0	8	0	0	0	14	0,03	2
Total por estación	5026	2398	6056	7196	8653	6526	4607	40397		

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 21. Abundancia relativa por estación (ind·1000 m⁻³) y por grupo taxonómico (Primavera).

Especie/estación	1	2	3	4	5	6	Total	Porcentaje (%)	Promedio
Euphausiacea							2353	3,79	392
<i>Euphausia sp.</i>	0	44	32	14	6	16	114	0,18	19
<i>Stylocheiron carinatum</i>	84	89	88	363	34	46	704	1,13	117
<i>Nematoscelis megalops</i>	0	20	0	24	0	0	44	0,07	7
<i>Stylocheiron sp.</i>	0	54	46	29	9	30	168	0,27	28
<i>Stylocheiron abbreviatum</i>	0	64	65	33	3	20	185	0,3	31
<i>Nematoscelis sp.</i>	0	0	9	5	9	0	23	0,04	4
<i>Euphausia gibboides</i>	0	276	37	167	65	46	592	0,95	99
<i>Euphausia mucronata</i>	0	30	5	201	0	3	238	0,38	40
<i>Thysanoesa sp.</i>	0	15	51	43	3	10	122	0,2	20
<i>Euphausia gibba</i>	0	35	0	38	9	3	85	0,14	14
<i>Nematobranchion sp.</i>	0	20	19	14	22	3	78	0,13	13
Mysidacea	0	0	0	10	0	0	10	0,02	2
Amphipoda	154	533	1101	401	467	705	3362	5,41	560
Ostracoda	196	1056	694	640	262	422	3270	5,27	545
Larvas de crustáceos							2836	4,57	473
Larvas de crustáceos (NI)	61	1204	565	353	343	224	2750	4,43	458
Sergestidae	19	30	9	19	0	7	83	0,13	14
Caridea	0	0	0	0	3	0	3	0,01	1
Medusae							216	0,35	36
<i>Rophalonema velatum</i>	0	10	19	0	50	0	78	0,13	13
<i>Liriope tetraphylla</i>	9	10	0	0	12	26	58	0,09	10
<i>Clytia sp.</i>	0	0	0	10	0	7	16	0,03	3
<i>Solmundella bitentaculata</i>	0	0	0	0	6	0	6	0,01	1
<i>Cunina sp.</i>	0	0	28	10	0	20	57	0,09	10
Siphonophorae							2720	4,35	453
<i>Lensia subtilis</i>	0	10	9	19	6	33	77	0,12	13
<i>Eudoxoides spiralis</i>	56	267	204	201	106	119	951	1,53	159
<i>Chelophyes appendiculata</i>	0	20	28	10	19	0	76	0,12	13
<i>Abylopsis tetragona</i>	70	118	139	143	150	59	680	1,09	113
<i>Lensia challengerii</i>	0	0	19	0	31	0	50	0,08	8
<i>Lensia hotspur</i>	0	10	0	0	0	0	10	0,02	2
<i>Physophora hydrostatica</i>	0	59	0	29	0	0	88	0,14	15
<i>Bassia bassensis</i>	51	39	37	76	100	26	330	0,53	55
<i>Diphyes bojani</i>	117	109	83	29	25	13	376	0,6	63
<i>Lensia sp.</i>	5	0	0	0	0	0	5	0,01	1
<i>Agalma elegans</i>	0	0	0	0	0	59	59	0,1	10
Ctenophora							19	0,03	3
<i>Beroe sp.</i>	0	0	0	19	0	0	19	0,03	3
Chaetognatha							3072	4,95	512
<i>Sagitta hispida</i>	0	89	9	24	6	10	138	0,22	23
<i>Sagitta enflata</i>	28	30	28	19	31	10	146	0,23	24
<i>Sagitta pacífica</i>	33	118	28	81	41	36	337	0,54	56
<i>Krohnitta subtilis</i>	9	0	5	14	16	13	57	0,09	10

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Continuación Tabla 21.

<i>Krohnitta pacifica</i>	14	20	9	10	3	23	79	0,13	13
<i>Sagitta maxima</i>	14	10	19	53	22	30	146	0,24	25
<i>Sagitta hexaptera</i>	5	10	9	5	9	20	58	0,09	10
<i>Sagitta friederici</i>	37	25	14	5	12	10	103	0,17	17
<i>Pterosagitta draco</i>	9	15	32	43	9	7	115	0,19	19
<i>Sagitta sp.</i>	271	365	259	234	128	184	1442	2,32	240
<i>Krohnitta sp.</i>	80	128	60	110	50	23	451	0,73	75
Mollusca							1915	3,08	319
Pteropoda	173	405	222	716	168	231	1915	3,08	319
Salpidae							40624	65,41	6771
<i>Thalia orientalis</i> blastozoide	3555	3021	2110	4646	2913	2134	18379	29,59	3063
<i>Thalia orientalis</i> oozoide	1515	3110	3915	3624	4122	4704	20990	33,8	3498
<i>Salpa fusiformis</i> blastozoide	70	133	0	48	296	30	577	0,93	96
<i>Salpa fusiformis</i> oozoide	37	30	0	119	436	56	679	1,09	113
Doliolida	108	99	28	19	75	13	341	0,55	57
Appendicularia	0	0	0	10	6	7	22	0,04	4
Polychaeta	117	217	287	229	112	211	1173	1,89	196
Pyrosomatidae	5	20	37	29	6	40	136	0,22	23
Ictioplancton							34	0,06	6
<i>Hygophum sp.</i>	5	0	5	5	3	0	17	0,03	3
<i>Symbolothorum sp.</i>	0	0	9	0	0	0	9	0,01	2
<i>Engraulis sp.</i>	0	0	0	5	0	0	5	0,01	1
<i>Thunnus sp.</i>	0	0	0	0	3	0	3	0,01	1
Total por estación	6908	11964	10371	12944	10211	9687	62104		

4.2. Objetivo específico 2.

Caracterizar la fracción poblacional del pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca en el período de otoño y primavera.

4.2.1. Estructuras de talla y peso tronco de las capturas.

Gracias al muestreo biológico realizado a bordo de las embarcaciones palangreras industriales, en los cuatro cruceros de investigación a la zona de Cordillera de Nazca, se obtuvieron registros de talla (LMIH, LOH y L12D) de 430 ejemplares de pez espada, en las temporadas de invierno - verano de 2003 y otoño - primavera de 2005. El detalle de los estadísticos descriptivos de longitud de cada medida de pez espada es presentado en la Tabla 22.

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH), longitud ojo a horquilla (LOH) y longitud entre la 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) de todos los ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca.

	LMIH (cm)	LOH (cm)	L12D (cm)
Promedio	153,1	136,2	88,1
Desv. estándar	29,7	28,3	18,4
Varianza	884,9	800,0	338,7
Mínimo	106	96	60
Máximo	272	258	173
n	430	430	430

En el caso del peso tronco, sólo se contó con el registro de 414 especímenes (Tabla 23). Cabe destacar que esta variable hay que considerarla con precaución, ya que sólo en dos de los cuatro cruceros fue posible pesar a bordo algunos ejemplares capturados, mientras que el resto fue pesado en el desembarque. En los restantes cruceros (Verano e Invierno) los registros ingresados provienen de tablas de conversión. El motivo de esto, radicó entre otros factores, en las condiciones ambientales imperantes y la reducida plataforma de trabajo de las embarcaciones utilizadas.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de peso tronco (PTR) de los ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.

	PTR (kg)
Promedio	37,5
Desv. estándar	29,2
Varianza	852,5
Mínimo	8
Máximo	199
n	414

La comparación del peso tronco y las tallas entre sexos, para cada una de las longitudes registradas (Fig. 31 y 32), mostró en todos los casos diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), presentando en promedio las hembras, siempre pesos y longitudes mayores.

Las estructuras de talla globales (registros de los cuatro cruceros), de las tres longitudes (Fig. 33), se observan unimodales, con simetría negativa y las modas principales en las marcas de clase de 135 cm para LMIH, 115 cm para LOH y 75 cm para L12D. Se destaca la mayor representatividad de machos en la mayoría de las tallas pequeñas, cambiando a las hembras sólo al llegar a 165 cm (LMIH), 145 cm (LOH) y 95 cm (L12D). Estos valores de las variables de longitud se asocian a la talla de primera madurez sexual descritas por Zarate (1997) para *Xiphias gladius* esta zona del Océano Pacífico, por lo que se puede inferir además, considerando las estructuras de tallas de los ejemplares, que se estaría principalmente en presencia de la fracción inmadura de la población. Por otra parte no es de sorprender, que sobre cierta talla sean las hembras las que predominen en las capturas, considerando el crecimiento diferenciado que presenta esta especie, produciendo en forma general, que las hembras alcancen los mayores tamaños.

El histograma de frecuencia de peso tronco se observa más aguzado y más desplazado hacia la izquierda respecto a las estructuras de talla (Fig. 34), mostrando la mayoría de los registros en los menores rangos de distribución de la variable.

4.2.2. Proporción sexual.

De los 430 ejemplares de pez espada muestreados durante los cuatro cruceros, sólo fue posible identificar el sexo en 408. La proporción sexual de las capturas presentó en forma global un porcentaje inferior de hembras (48%). Asociando la proporción de hembras con la talla (LMIH) de los ejemplares (Fig. 35), se observó un aumento progresivo de la proporción de hembras a partir de las menores tallas, alcanzando el 50% en el intervalo con marca de clase de 155 cm LMIH. De ahí en adelante las hembras predominan en las capturas, con algunas excepciones en las tallas mayores, debido probablemente a los reducidos tamaños de muestra en esos rangos de talla. Esta tendencia ha sido observada en otras pesquerías de pez espada, tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico (Stone & Porter, 1997; DeMartini *et al.*, 2000; Sun *et al.*, 2002).

4.2.3. Relaciones morfométricas.

Con los registros de talla de todos los cruceros, se ajustaron funciones para las relaciones que vinculan todas las longitudes, obteniéndose en forma general elevados niveles de ajuste. Los coeficientes de determinación (r^2) para las relaciones lineales LOH - LMIH, L12D - LMIH y L12D - LOH, variaron entre 0,94 y 0,98 (Figs. 36,37 y 38).

Los parámetros de las relaciones entre tallas para cada sexo se presentan en la Tabla 24, junto al coeficiente de determinación y el tamaño muestral. No se ajustó el modelo de potencia entre el peso tronco y las tallas, debido a que como se mencionó anteriormente, el peso tronco de algunos cruceros fue obtenido de tablas de conversión.

Tabla 24. Parámetros del ajuste de las funciones entre longitudes (LOH-LMIH; L12D-LMIH y L12D-LOH) para cada sexo.

Relación	Sexo		Coefficiente	r^2	n
LOH = a + b*LMIH	Machos	a	-10,895	0,9764	213
		b	0,9652		
	Hembras	a	-6,5696	0,9855	195
		b	0,931		
L12D = a + b*LMIH	Machos	a	-4,1773	0,9503	213
		b	0,6038		
	Hembras	a	-3,8796	0,9431	195
		b	0,6009		
L12D = a + b*LOH	Machos	a	3,4616	0,9536	213
		b	0,6193		
	Hembras	a	1,0709	0,9423	195
		b	0,6405		

4.2.4. Análisis espacial

4.2.4.1. Análisis de los ejemplares capturados en los cruceros dentro de la zona de estudio

Con el propósito de encontrar alguna tendencia entre la talla de los ejemplares de pez espada y la posición geográfica en que fueron capturados, las tallas (LMIH) de todos los ejemplares fueron agrupadas por grado latitudinal correspondiente al inicio del calado del lance respectivo. A excepción de los ejemplares capturados en el paralelo 22° lat. sur (grupo con mayores tallas), se observa una leve tendencia de incremento de las tallas hacia el sur llegando a tallas medianas de 150 cm y tallas máximas de 270 cm en los paralelos 25° – 26°S (Fig. 39). Este intervalo incluye lances de pesca entre el paralelo 24°30'S y 26°30'S.

El mismo tipo de análisis fue realizado con el peso tronco (Fig. 40), mostrando la misma tendencia, pero se hace más pronunciada la diferencia de los peces capturados en la latitud 22 o entre los 21°30'S y 22°,30'S, los que alcanzan pesos medianos de 40 kg.

Al asociar la proporción sexual de los peces espada capturados en los cuatro cruceros con el gradiente latitudinal, se observa que el mayor porcentaje de hembras se encuentra en los límites norte y sur de la distribución de los lances realizados en esta zona (Fig. 41). Esto se hace más evidente en la parte sur (25° - 26° S), donde se alcanzaron porcentajes de casi 70% de hembras.

4.2.4.2. Comparación entre la zona de estudio y la zona sur de distribución del pez espada.

La información de tallas (LMIH) de pez espada que se dispuso en la primera fase del proyecto (Yañez *et al.* 2004), proveniente de registros de dos embarcaciones que realizaron operaciones en los años 2001 y 2002 al sur del paralelo 26° S ($n = 6.734$), y las observaciones obtenidas durante los cuatro cruceros a la zona de Cordillera de Nazca, permitieron hacer una comparación entre ambos grupos de ejemplares. En forma general, se observan diferencias significativas entre ambos grupos ($p < 0,05$), con una talla media menor y un rango de tallas más estrecho, para los ejemplares capturados en el área de Cordillera de Nazca (Fig. 42). La talla promedio para esta zona (Tabla 22) fue de 153,1 cm, en un rango de 106 a 272 cm, mientras que para la zona sur el promedio de LMIH alcanzó 177,6 cm, con un mínimo de 75 y un máximo de 316 cm.

Las distribuciones de frecuencia de tallas para las zonas de Nazca y centro-sur de Chile (Fig. 43), muestran diferencias importantes, con la estructura de talla de los peces capturados en Nazca, mucho más desplazada a la izquierda, con una moda principal centrada en la marca de clase de 135 cm LMIH, mientras que los ejemplares capturados en la zona comercial, muestran tallas mayores, con una distribución más simétrica y la moda en los 165 cm LMIH.

4.2.5. Análisis estacional.

Durante los cuatro cruceros realizados a la zona de estudio durante los años 2003 y 2005, se colectaron un total de 430 ejemplares de pez espada (Tabla 25). De éstos, al 100% se le midió las tallas LMIH, LOH y L12D, pudiéndose sólo identificar el sexo a 408 especímenes. Si bien, sólo se lograron pesar ejemplares en dos de los cuatro cruceros, se dispone de información de peso tronco de 414 individuos.

Tabla 25. Número de ejemplares de pez espada capturados y muestreados durante los cuatro cruceros realizados a la zona de Cordillera de Nazca.

Año	Estación	Nº ejemplares
2003	Invierno	166
	Verano	162
2005	Otoño	86
	Primavera	16
Total		430

4.2.5.1. Estructuras de talla y peso tronco por estación.

Los registros de longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de los peces capturados en los cuatro cruceros (Tabla 26), permiten determinar que los ejemplares más grandes fueron capturados en Primavera y los más pequeños en Verano, con promedios globales de 166,1 cm (d.e. = 35,2) y 141,6 cm (d.e. = 21,2) respectivamente. Esta tendencia se mantiene para los sexos separados, sólo en el caso de las hembras, con un promedio de 183,4 cm en Primavera y 148,0 cm en Invierno. Los machos en Primavera, presentan un promedio de talla LMIH muy bajo (138,6 cm), probablemente asociado al reducido tamaño muestral ($n = 5$). En este caso, los ejemplares más grandes fueron capturados en promedio en Otoño. Considerando el reducido número de muestras de pez espada obtenido en Primavera ($n = 16$), los ejemplares capturados en Invierno seguirían en el orden de los de mayor talla, con un promedio global de 160,5 cm (d.e. = 32,2) LMIH.

Sin perjuicio de lo anterior, el ejemplar más pequeño, fue un pez macho capturado en Otoño (abril de 2005) de 106 cm LMIH, en la posición 22°01'S – 83°03'W, y el más grande, un macho en Invierno (agosto de 2003) de 272 cm LMIH, en la posición 25°01'S – 82°00'W.

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 26. Estadísticos descriptivos de longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada uno de los cruceros estacionales.

		2003		2005	
		Invierno	Verano	Otoño	Primavera
Machos	Promedio	151,1	136,6	158,2	138,6
	Desv. estándar	29,1	14,6	32,4	14,9
	Varianza	848,8	212,6	1051,6	221,3
	Mínimo	120	110	106	116
	Máximo	263	192	251	155
	n	67	91	50	5
Hembras	Promedio	172,3	148,0	158,3	183,4
	Desv. estándar	34,2	26,2	29,3	32,6
	Varianza	1168,5	686,3	857,2	1063,8
	Mínimo	124	108	122	148
	Máximo	272	247	230	243
	n	78	71	36	10
Total ¹	Promedio	160,5	141,6	158,2	166,1
	Desv. estándar	32,2	21,2	31,0	35,2
	Varianza	1039,6	449,6	959,2	1235,8
	Mínimo	120	108	106	116
	Máximo	272	247	251	243
	n	166	162	86	16

¹ Se incluyen ejemplares con sexo no determinado

A continuación se presentan los estadísticos descriptivos de talla L12D y peso tronco (PTR), por sexo y estación de muestreo (Tabla 27 y 28), los que muestran las mismas tendencias y características descritas para la longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH).

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada uno de los cruceros estacionales.

		2003		2005	
		Invierno	Verano	Otoño	Primavera
Machos	Promedio	86,6	78,3	91,8	81,6
	Desv. estándar	17,8	9,2	20,2	10,5
	Varianza	317,8	85,3	409,8	110,3
	Mínimo	66	60	61	65
	Máximo	156	109	144	90
	n	67	91	50	5
Hembras	Promedio	99,6	85,1	91,1	106,6
	Desv. estándar	21,5	15,9	18,3	20,6
	Varianza	460,5	251,2	333,5	426,0
	Mínimo	66	60	70	82
	Máximo	173	146	142	146
	n	78	71	36	10
Total ¹	Promedio	92,2	81,3	91,5	96,2
	Desv. estándar	20,1	13,0	19,3	22,2
	Varianza	403,3	168,4	373,7	493,1
	Mínimo	66	60	61	65
	Máximo	173	146	144	146
	n	166	162	86	16

¹ Se incluyen ejemplares con sexo no determinado

Tabla 28. Estadísticos descriptivos de peso tronco (PTR) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada uno de los cruceros estacionales.

		2003		2005	
		Invierno	Verano	Otoño	Primavera
Machos	Promedio	36,2	23,8	42,7	24,7
	Desv. estándar	29,6	9,0	32,7	13,9
	Varianza	876,1	80,4	1066,9	194,2
	Mínimo	16,1	12,3	8,4	11,7
	Máximo	177,7	66,7	154,3	44,1
	n	67	91	42	5
Hembras	Promedio	54,2	32,8	39,4	62,3
	Desv. estándar	37,8	22,4	29,3	45,7
	Varianza	1431,2	503,1	857,4	2092,9
	Mínimo	16,1	10,6	13,4	23,3
	Máximo	199,1	147,1	137,0	164,7
	n	78	71	32	10
Total ¹	Promedio	44,3	27,8	41,5	49,1
	Desv. estándar	33,8	16,8	31,1	42,0
	Varianza	1142,5	283,8	965,2	1765,4
	Mínimo	16,1	10,6	8,4	11,7
	Máximo	199,1	147,1	154,3	164,7
	n	163	162	74	15

¹ Se incluyen ejemplares con sexo no determinado

Al comparar formalmente las tallas entre estaciones, comparación que es realizada a través de una prueba no paramétrica (Fig. 44), se observó que existen diferencias significativas en la talla de los peces capturados entre cada estación (Test Kruskal-Wallis, $T = 43,20$; $p < 0,05$). Este resultado es producto del efecto de los ejemplares de menor talla capturados en Verano. Al excluir este grupo del análisis, y comparar las otras tres estaciones, no se perciben diferencias significativas (Test Kruskal-Wallis, $T = 1,2542$; $p = 0,5341$) entre la talla de los peces espada, por lo que estos resultados permiten concluir que estacionalmente:

- Los ejemplares de pez espada de menor talla fueron capturados en Verano y,
- Los ejemplares capturados en las estaciones de Otoño, Invierno y Primavera presentan tallas similares, pudiéndose inferir que se trataría de la misma fracción poblacional, considerando además que los muestreos en estas estaciones fueron realizados en diferentes años.

La misma comparación fue realizada sobre los pesos tronco (Fig. 45), mostrando el mismo patrón que la talla LMIH, sólo se observa en la figura, que a diferencia de las tallas, el peso mediano de Invierno es levemente menor que el de Otoño. Esto, probablemente por la diferencia en la forma de medir u obtener el registro de la variable (pesaje directo en relación al uso de tablas de conversión).

El ploteo de las talla LMIH por estación y sexo (Fig. 46), mostró patrones diferentes entre estaciones, sin embargo se valida lo ya mencionado, respecto a la diferencia de tallas entre sexos. Tanto en centralidad como en la talla máxima, las hembras presentan mayores tallas que los machos en todas las estaciones a excepción de Otoño, en que la talla mediana de las hembras es levemente superior a la de los machos, pero la talla máxima es menor. En Primavera ($n = 16$) se observan marcadas diferencias entre sexos, y en Invierno y Verano relaciones proporcionalmente similares pero con menores tallas en esta última estación. Al agrupar las longitudes LMIH de los ejemplares de cada estación por sexo (Fig. 47), se aprecia que los machos no varían mucho en centralidad pero si en amplitud con mayores rangos en Otoño e Invierno y menores en Primavera y Verano. Las hembras por su parte, presentan rangos de talla relativamente similares, pero

difieren en centralidad (mediana), con un aumento de las tallas de Otoño a Primavera y una drástica caída en Verano, estación donde incluso se registró el ejemplar más pequeño en este sexo.

Las distribuciones de frecuencia de tallas (LMIH y L12D) y peso tronco (PTR) se despliegan en la Figura 48, observándose en forma general, una relación clara entre multimodalidad y tamaño muestral. Las distribuciones de frecuencia de Invierno y Verano ($n = 166$ y 162 respectivamente), se ven más simétricas y con menos modas que las de Otoño y Primavera ($n = 86$ y 16 respectivamente). Esto se puede observar mejor en las distribuciones de L12D (Fig. 48b). La relación entre las modas principales cambia según se trate de la LMIH o L12D. En el caso de la LMIH la moda principal es mayor para Primavera (marca de clase = 145 cm LMIH) y menor para Verano (marca de clase = 125 cm LMIH). La talla L12D, mantiene en intervalos mayores a la moda de Primavera, con una marca de clase de 85 cm, pero cambia en la moda menor, siendo éstas iguales en Otoño y Verano (marca de clase = 75 cm).

La distribuciones de peso tronco (Fig. 48c) muestran claramente que en las capturas de cada estación existieron muchos ejemplares con pesos entre 5 y 45 kg y sólo pequeños porcentajes de ejemplares de mayores envergaduras.

4.2.5.2. Proporción sexual por estación.

La proporción de hembras de pez espada se presentó muy similar entre Verano y Otoño (0,44 y 0,42) con mayor cantidad machos respecto a hembras (Tabla 29). Por el contrario, en Invierno y Primavera la cantidad de hembras superó a la de machos con proporciones de 0,54 y 0,67 respectivamente.

Tabla 29. Proporción sexual de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca en cada crucero estacional.

	2003		2005	
	Invierno	Verano	Otoño	Primavera
% Sexual	0,54	0,44	0,42	0,67
n	145	162	86	15

Al relacionar la proporción sexual por rango de tallas (LMIH), se observa una tendencia marcada a aumentar la proporción de hembras con el aumento en la talla, igualando en proporción a los machos en los intervalos con marca de clase de 155 cm. Posterior a esta talla las hembras predominan en los intervalos de tallas mayores en todas las estaciones excepto en otoño (Fig. 49).

4.2.6. Determinación de edad en ejemplares juveniles de Pez Espada (*Xiphias Gladius*)

Los resultados que se entregan a continuación corresponden a dos muestreos realizados durante los meses de mayo y noviembre de 2005, denominados de Otoño y Primavera, y que comprendieron 38 y 14 ejemplares de pez espada, respectivamente. Además, por el hecho de tratarse mayoritariamente de ejemplares juveniles, el análisis que se realiza a continuación, no separa sexos, pues en esta especie se ha determinado un crecimiento diferencial sobre la edad de 4-5 años (Tsimenides & Tserpes, 1989; Ehrhardt, 1992).

4.2.6.1. Crucero de otoño

Se entrega los resultados de la lectura de edad correspondientes a 38 ejemplares de pez espada, constituidos por 10 hembras y 28 machos, cuyas longitudes (LMIH) fluctuaron entre 147 cm y 230 cm en las hembras y entre 106 y 220 cm en los machos, cuyos peso troncos presentaron rangos de 27 a 137 kg y de 8,4 a 134 kg en hembras y machos, respectivamente.

Las edades de los machos presentaron un rango entre 1 y 8 años de edad, que fue muy semejante al de las hembras que estuvo entre 2 y 8 años (Fig.50).

La medición del radio de la espina (RE) registradas a las respectivas secciones transversales permitió examinar la relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) y el radio de la espina (RE). Esta relación muestra una alta correlación con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,855$, cuyo mejor ajuste lo entrega una regresión lineal (Fig. 51).

En forma análoga, la relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) y la edad (A), también presenta un alto grado de correlación con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,803$, cuyo mejor ajuste lo entrega una regresión lineal (Fig. 52).

El examen de la relación entre el peso tronco (PTR) y la edad (A) muestra una tendencia semejante a la relación con la longitud mandíbula inferior horquilla, presentando una buena

correlación respaldada por un coeficiente de determinación alto ($R^2 = 0,765$), y el mejor ajuste mediante una función lineal (Fig. 53).

Finalmente la relación entre la longitud mandíbula inferior-horquilla y el peso del tronco queda representada por una función potencial con un alto grado de correlación ($R^2 = 0,955$) (Fig. 54).

4.2.6.2. Crucero de primavera

En esta estación se realizó lectura de edad sólo a 14 ejemplares de pez espada, correspondiendo 4 a machos y 10 hembras, cuyas longitudes (LMIH) fluctuaron entre 116 cm y 155 cm en los machos y entre 148 y 243 cm en las hembras, cuyos peso totales presentaron rangos entre 11,7 y 164,7 kg. La edad de los machos presentó un rango entre 1 y 2 años de edad, en cambio las hembras presentaron una fluctuación amplia entre 2 y 9 años (Fig 55).

La relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) y el radio de la espina (RE), presenta una alta correlación con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,884$ cuyo mejor ajuste lo entrega una regresión lineal (Fig. 56).

En forma similar la relación entre la longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) y la edad (A), también presenta un alto grado de correlación con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,917$ cuyo mejor ajuste lo entrega una regresión lineal (Fig. 57).

La relación entre el peso total (PT) y la edad (A) muestra una tendencia semejante a la relación anterior, con la longitud mandíbula inferior horquilla, presentando una alta correlación respaldada por un coeficiente de determinación alto ($R^2 = 0,922$), y el mejor ajuste mediante una función lineal (Fig. 58).

Finalmente la relación entre la longitud mandíbula inferior-horquilla y el peso del tronco queda representada por una función potencial con un alto grado de correlación ($R^2 = 0,966$) (Fig. 59).

La utilización de la segunda espina de la aleta anal para determinar la edad en *X. gladius* ha sido empleada por varios autores en otras latitudes (Berkeley & Houde, 1983; Tsimenides & Tserpes, 1989; Ehrhardt, 1992); sin embargo para las costa chilenas las primeras observaciones han sido realizadas por Chong (1992) y Leiva (1992).

La metodología aplicada para la observación de anillos de crecimiento anuales en las secciones transversales de la segunda espina anal permite observar con claridad la formación de anillos hialinos y opacos en los especímenes de pez espada, como ha sido señalado para distintos océanos por varios autores (Berkeley & Houde, 1983; Tsimenides & Tserpes, 1989; Chong, 1992; Ehrhardt, 1992; Leiva, 1992 y Montiel, 1996).

La estructura de edades registradas en los muestreos correspondiente a otoño y primavera, objetivo del presente estudio, indica una presencia mayoritaria (> 80 %) de peces juveniles, (Taylor & Murphy, 1992; De Martini et al., 2000; Zarate, 1997) con tallas igual o inferiores a 4 años de edad (Tabla 30), situación que se observa mas acentuada en verano con un 96 % y en menor medida en invierno 86 % (Tabla 30), lo que estaría respaldando la hipótesis de la zona de Nazca como área de crianza de *X. gladius*.

Tabla 30. Frecuencia porcentual de peces de pez espada por edad inferiores a 5 años de edad.

Edad (años)	Verano (frec %)	Otoño (frec %)	Invierno (frec %)	Primavera (frec %)
1	32,0	26,3	15,5	14,3
2	46,0	18,4	36,2	35,7
3	14,0	26,3	22,4	28,6
4	4,0	7,9	12,1	7,1
5	4,0	5,3	3,4	
	100,0	84,2	89,7	85,7

La madurez sexual precoz de los machos con respecto a las hembras en *X. gladius* se traduce en un crecimiento diferencial entre los sexos a partir de los 3-4 años de edad, como lo han señalado Berkeley & Houde (1983) para el estrecho de Florida y Tsimenides & Tserpes (1989) para el Mar Egeo. Situación que también ha sido confirmada parcialmente para el pez espada capturado en el Pacífico Suroriental frente a las costas de Chile por Montiel (1996).

4.2.7. Análisis Reproductivo

Ejemplares de pez espada se sometieron a tratamiento histológico de rutina en el Laboratorio de Reproducción y Desarrollo de la Universidad Arturo Prat, 128 muestras provenientes de dos cruceros distintos, uno en abril-mayo de 2005 con 114 ejemplares y otro noviembre-diciembre de 2005 con 14 ejemplares fueron analizadas y separadas por sexo de acuerdo a la frecuencia de estadios gonadales encontrados en la muestra. (Fig. 60 a 63)

El análisis histológico del crucero abril-mayo 2005 permitió reconocer la alta incidencia de machos en estado de madures activa y emisión, considerando la presencia de espermatozoides en los ductos espermáticos y que corresponde al 93,3 % de los ejemplares de este sexo y 6,7% a ejemplares en proceso de maduración, con escasas espermatogonias en los cistos, pero no en los ductos espermáticos.

Las hembras se encontraban en un 90,7% en estado de inmadures, seguido por un 7,4% de hembras en estado parcialmente vitelado y sólo un ejemplar que represento el 1,85 % en estado desovado, con alta incidencia de ovocitos maduros atresicos.

Para el crucero noviembre-diciembre de 2005 los 5 ejemplares macho representaron estadios gonadales de baja incidencia con porcentajes de 20 % para el estadio inmaduro y 40% para los estadios en maduración y regresión.

En el caso de las hembras, de los 9 ejemplares muestreados solo uno se encontró con un grado de madures mayor, y correspondió a un ovario vitelado parcial (11,1 % del total de hembras), las demás se encontraban en estado ovárico inmaduro (88,9%)

En ningún ejemplar se registró la presencia de características propias del estado virginal, dado por la presencia de lamelas bien formadas en las hembras y cistos notorios con cavidad en los machos.

El total de ejemplares del crucero noviembre-diciembre de 2005 no permite realizar conclusiones de validez poblacional acerca del estado reproductivo de la especie.

El análisis de distribución por estadio para ambos cruceros muestra claramente la ausencia de ejemplares de ambos sexos en estado virginal, ya que no se apreció en ninguno de ellos la presencia de células del tipo ovogonia o espermatogonia constituyendo grupos celulares o aisladas como constituyente celular predominante, las hembras manifestaron la formación definida de lamelas, los machos de lóbulos con cistos definidos y células del tipo espermatocito principalmente.

Las muestras analizadas del primer y segundo crucero manifiestan la presencia de parásitos en las lamelas ovigeras, de manera más frecuente en el crucero de abril-mayo 2005 junto con atresia, que puede apreciarse en los ejemplares del estadio ovárico inmaduro.

4.2.8. Análisis genético

Un análisis de las muestras de tejido de pez espada recolectadas en el período otoño-primavera del 2005 en la Cordillera de Nazca y analizadas mediante la técnica de microsatélites (Simple Sequence Repeat-SSR) nos ha permitido estudiar la estructura genética de los individuos capturados. Estos marcadores indican la presencia de un alto grado de polimorfismo entre ellos.

Como se puede apreciar en la Figura 64, la cantidad de alelos es variable en los distintos locus, siendo el microsatélite con mayor polimorfismo el Xg-379, con quince alelos en la muestra, por su vez el menos polimórfico ha sido Xg-166 con sólo siete.

En los peces analizados, los seis marcadores estudiados determinaron un total de 62 alelos, siendo el número promedio de alelos por locus de 10,3. El número total de haplotipos fue de 94, con un promedio de 15,7 haplotipos por locus (Tabla 31).

Tabla 31. Número de individuos (n), número de alelos (a), número de haplotipos (Hap), número de haplotipos únicos (Hap U), Razón alelos/haplotipos (R a/hap)

Resumen General					
Locus	n	a	Hap	Hap U	R a/hap
Xg-56	32	10	19	13	0,53
Xg-75	32	14	22	16	0,64
Xg-144	32	8	12	7	0,67
Xg-166	30	7	10	5	0,7
Xg-379	32	15	20	15	0,75
Xg-394	29	8	11	6	0,73
Total	187	62	94	62	
Promedio		10,3	15,7		0,67

Considerando la totalidad de haplotipos de la muestra, podemos apreciar que un alto porcentaje de ellos corresponde a haplotipos exclusivos (66%), es decir que aparecen en un solo individuo en la muestra. Entre los ejemplares estudiados, los loci Xg-379 y Xg-394 son los que presentan menor cantidad de haplotipos en relación al número de alelos de cada marcador, lo que se puede notar por el índice alelos/haplotipos de 0,75 y 0,73 respectivamente (Tabla 31).

En la Figura 65 podemos observar una fotografía de dos geles de poliacrilamida con parte de las muestras examinadas en este estudio para los marcadores Xg-144 y Xg-166. Estos marcadores representan aquellos con menor número de alelos y haplotipos de la muestra.

La frecuencia de los haplotipos presentes en la población varía en los diferentes marcadores utilizados, encontrándose la mayor redundancia en el marcador Xg-394, en el cual el haplotipo de mayor frecuencia se encuentra en el 37,9% de los individuos, en segundo lugar aparece el marcador Xg-166 con 33,3% (Tabla 32). Asimismo, el marcador que presenta una mayor homogeneidad entre los individuos analizados es Xg-75, cuyo haplotipo más frecuente sólo representa el 9,4% de la población.

Tabla 32. Número de alelos, haplotipos, homocigotos, heterocigotos y frecuencia de alelos y haplotipos para cada locus.

Locus	alelos	%alelo más frecuente	Hap	%Haplotipo más frecuente	Homocigotos	Heterocigotos
Xg-56	10	28,1	19	25	7	25
Xg-75	14	23,4	22	9,4	3	29
Xg-144	8	32,8	12	25	9	23
Xg-166	7	41,6	10	33,3	12	18
Xg-379	15	20,3	20	15,6	6	26
Xg-394	8	41,4	11	37,9	2	27

Esto coincide parcialmente con la información entregada por los alelos, en la cual se confirma la redundancia alélica para los marcadores Xg-394 y Xg-166 (41,4 y 41,6 respectivamente), no así para el marcador Xg-75, en el cual uno de sus alelos está representado en casi una cuarta parte de los individuos muestreados (23,4), indicando una clara predominancia de este alelo en la población.

En cuanto al número de heterocigotos en la población, estos constituyen un 79% de la muestra, variando de 93,1% a 60% entre los distintos marcadores. Se observa claramente una abundancia de individuos homocigotos utilizando el marcador Xg-166 (40%).

La diversidad genética se determinó utilizando la siguiente ecuación: $h = n (1 - \sum p_i^2) / (n-1)$, donde n es el número de muestras y p_i la frecuencia del haplotipo. Para obtener la diversidad alélica p_i se reemplazó por la frecuencia alélica (Tabla 33).

Tabla 33. Diversidad alélica y diversidad genética obtenida en los locus analizados

Locus	Diversidad alélica	Diversidad genética
Xg-56	0,836	0,930
Xg-75	0,889	0,972
Xg-144	0,812	0,879
Xg-166	0,663	0,853
Xg-379	0,932	0,954
Xg-394	0,795	0,810

El menor índice de diversidad genética lo presenta el locus Xg-394 el cual tiene un polimorfismo menor que los otros marcadores a excepción de Xg-166, sin embargo este microsatélite, Xg-166, posee mayor número de haplotipos con una predominancia menor, lo cual entrega una diversidad genética ligeramente mayor. El mayor índice de diversidad genética observado en el marcador Xg-75 se debe a un alto polimorfismo del locus, con alto número de haplotipos, y una buena distribución entre ellos (Tabla 32).

Por otro lado, tomando en cuenta los alelos detectados por los marcadores utilizados, los datos de diversidad alélica coinciden parcialmente con la información de diversidad genética (Tabla 33), en este caso la menor diversidad alélica es presentada por el locus Xg-166, el cual tiene el menor polimorfismo entre los microsatélites utilizados y además existe redundancia de un alelo por sobre los otros, alcanzando una frecuencia de 41,6% (Tabla 32). La mayor diversidad alélica la presenta el marcador Xg-379, que aunque no tiene un alto número de haplotipos en la población, sus alelos se encuentran uniformemente distribuidos entre ellos, el alelo con mayor frecuencia sólo representa el 20% del total (Tabla 32).

Fue construido un dendrograma en base a las distancias entre los distintos individuos, el método usado fue el de NJ (*Neighbour Joining*) de Saitou y Nei, este método mide el porcentaje de divergencias entre las secuencias comparadas aplicando el método NJ a la matriz de distancias. Variaciones entre los haplotipos de los distintos microsatélites, presenta a los individuos agrupados en tres núcleos principales (Fig. 66), estos núcleos podrían representar unidades de crianza que mantienen su independencia a pesar de ocupar el mismo lugar físico. Sin embargo un segundo árbol filogenético también basado en las distancias (UPGMA) no corrobora la presencia de estos grupos, indicando que hay una mezcla entre los individuos en la población (Fig. 67).

Podemos decir entonces que aunque existe cierta semejanza genética que agrupa a los individuos en tres grupos, esta diferenciación no es suficiente para determinar un origen de poblaciones distintas.

La extinción de especies es parte del proceso evolutivo y por lo tanto un fenómeno natural, sumado a esto las actividades humanas han acelerado la velocidad de este fenómeno al punto de

generar preocupación en ciertos ambientes. Este proceso de pérdida de especies y por consiguiente de pérdida de biodiversidad constituye un grave perjuicio ambiental que además tiene profundas repercusiones en el desarrollo económico y social de cualquier región del planeta. Para evitar esta situación es necesario establecer programas que ayuden a la conservación de los recursos que presenten una alta demanda.

La preocupación creciente de la comunidad internacional frente a la pérdida acelerada de diversidad biológica motivó la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, en la cual más de 150 gobiernos suscribieron el Convenio sobre diversidad biológica de Río de Janeiro, que fue ratificado por Chile en 1994.

La biodiversidad se refiere a la cantidad y variedad de los organismos vivos que hay en el planeta. Se define en términos de genes, especies y ecosistemas (Estrategia Nacional de Biodiversidad, CONAMA, 2003).

El primer paso para la conservación de la biodiversidad lo constituye la delimitación de los stocks de los recursos explotados y conocer la estructura poblacional de los mismos con la finalidad de tomar las decisiones adecuadas para su uso sustentable. El ignorar la estructura poblacional de las especies explotadas puede llevar a la sobrepesca e inducir cambios en los atributos biológicos, productividad y pérdida de diversidad genética de la especie objetivo, pudiendo llegar a la desaparición de la pesquería en cuestión.

El pez espada (*Xiphias gladius*) es una especie comercial muy importante, con una amplia distribución en los océanos. Estudios previos nos indican que estos peces desde el punto de vista genético conforman los clades I y II, que coexisten en el océano Atlántico y Mediterráneo, en tanto en el océano Pacífico sólo estaría presente el clade I.

Debido a su necesidad de procreación en aguas cálidas enfrenta extensas migraciones desde las áreas de alimentación hacia las zonas de crianza. En el Océano Pacífico se ha descrito la Cordillera de Nazca como área de crianza, en la cual se produciría una mezcla de individuos provenientes de todos los stocks existentes en la región. Es interesante determinar si, a pesar de

tener una zona de crianza común, las poblaciones mantienen su estructura o bien existiría panmixia, produciendo la homogeneidad de las poblaciones.

Uno de los métodos para caracterizar poblaciones es el uso de marcadores genéticos. La diferenciación genética entre muestras de peces marinos es mucho menor que entre peces de agua dulce, por lo que determinar la estructura poblacional en peces marinos puede resultar especialmente difícil. En el caso de los túnidos y especies afines, al tratarse de especies altamente migratorias con fases larvarias pelágicas, el problema se acentúa ya que la migración de pocos individuos por generación podría provocar la homogeneidad de las características genéticas entre las poblaciones (Ward, 1995). Hasta ahora los marcadores moleculares han permitido clarificar la estructura de la población de Pez espada en al menos cuatro unidades de crianza de esta especie: Mediterraneo, Atlántico del Norte, Atlántico del Sur e Indopacífico.

Los estudios para determinar la estructura de las poblaciones de pez espada en el Océano Pacífico no han llegado a ser concluyentes, el stock de este océano no tiene información suficiente para ser separado en diferentes stocks, sin embargo, existe una sutil diferenciación genética correspondiente a las rutas migratorias (Reeb *et al*, 2000).

Los avances en la caracterización de poblaciones están directamente relacionados con el perfeccionamiento de tecnologías que otorguen una mejor discriminación entre los fenotipos y genotipos poblacionales. Un gran avance en este sentido se ha logrado con el uso de microsátélites, esta técnica estudia la estructura genética de una población a una escala más fina que otros marcadores genéticos frecuentemente usados, tales como aloenzimas y ADNmt, permitiendo un análisis más detallado.

Hasta el momento, un análisis general de las muestras estudiadas nos está indicando que los individuos seleccionados para este análisis presentan un alto grado de polimorfismo (Fig. 64), repitiendo el patrón registrado en el estudio anterior (FIP 2002-04). El polimorfismo observado en la presencia de 62 alelos en tan sólo seis microsátélites nos revela que la población tiene una alta diversidad genética. La pérdida de diversidad genética en una población es un indicador de una presión excesiva encima de la misma, en ese caso indicaría claramente una sobreexplotación.

La mantención de una diversidad alta permite predecir una población saludable con baja consanguinidad, lo cual favorece la productividad (número de crías), la resistencia a enfermedades y a cambios del medio ambiente, el tamaño promedio entre otras características deseables.

El análisis de microsatélites nos ha permitido establecer patrones genéticos de los peces espada capturados tomando en cuenta los patrones electroforéticos producidos y los niveles de variabilidad presentes. Para la muestra se obtuvo la información de presencia o ausencia de alelos, cantidad de individuos con un determinado haplotipo por locus, número y frecuencia de alelos por locus, heterocigocidad por locus y heterocigocidad promedio para el total de loci, además de la diversidad genética. Los resultados obtenidos en este estudio muestran una alta heterogeneidad entre los individuos capturados en el área de estudio, la Cordillera de Nazca.

Los resultados obtenidos en el presente estudio establecen una serie de parámetros que caracterizan a la población estudiada y nos permite compararla con estudios previos en los que se utilizaron los mismos marcadores genéticos. En primer lugar se aprecia que los microsatélites estudiados son muy variables, con un alto grado de polimorfismo (Fig. 64, Tabla 31), presentando 7 alelos el menos polimórfico (Xg-166) y 15 alelos el más polimórfico (Xg-379).

La distribución de estos alelos en los haplotipos de la población nos pone a la vista relaciones diferentes, ya que la mayor riqueza de haplotipos es encontrada en el microsatélite Xg-75. Los haplotipos de este loci se encuentran distribuidos en forma más uniforme dentro de la población (haplotipo más frecuente 9,4%, Tabla 32). En dos de los loci estudiados, Xg-394 y Xg-166, encontramos una evidente predominancia de un haplotipo por sobre los otros. La distribución homogénea de los haplotipos favorece la estabilidad de una población en un ecosistema. Por otro lado, el número de heterocigotos en la población es alto (79%), indicando que la población se encuentra en buenas condiciones. El microsatélite que presenta mayor número de homocigotos (Xg-166) también presenta el menor número de alelos, la gran cantidad de homocigotos podría deberse a la poca variabilidad alélica más que a la presencia de alelos nulos.

En todos los loci estudiados encontramos una alta diversidad genética (Tabla 33), el menor valor es 0,810 en el locus Xg-394, fundamentalmente por la gran preponderancia de un haplotipo por sobre los otros (37,9%). En relación a los alelos, éstos también presentan una alta diversidad en todos los loci, siendo la menor diversidad alélica 0.663 en el marcador Xg-166 debido a una redundancia de uno de los alelos.

Todos estos datos nos indican que la población de pez espada del Pacífico, específicamente en el área de estudio, no presenta señales notables de un agotamiento de la población, por el contrario, son indicadores de una población estable y en buenas condiciones de diversidad.

Comparando los resultados de este estudio con los resultados del estudio previo realizado el año 2003, en el cual se utilizaron los mismos marcadores (FIP 2002-04), podemos apreciar pequeñas diferencias en los resultados pero una mantención de la tendencia general, es decir, una gran variabilidad entre los loci estudiados, los cuales presentan un alto grado de polimorfismo. Encontramos valores muy similares en los promedios de alelos por loci (10,6 y 10,3 respectivamente), el promedio de haplotipos por loci en cambio registró una disminución respecto al estudio previo (19,3 y 15,7), esto podría corresponder a los diferentes períodos de muestreo. En este estudio la mayor variación respecto al estudio anterior se encontró en el locus Xg-144, este locus presentó el doble de alelos que en el estudio previo, aunque se mantuvo siendo uno de los menos polimórficos de la muestra. Este marcador conservó otras propiedades tales como la redundancia de un alelo sobre todos los otros. Asimismo el locus Xg-166 corresponde al más redundante en términos de alelos en los dos períodos estudiados (63,8% y 40,1% respectivamente).

Desde el punto de vista de la diversidad genética encontramos una alta diversidad en todos los loci estudiados, manteniendo esta característica en ambos estudios (diversidad genética promedio 0,893 y 0,899 respectivamente), asimismo, aunque la diversidad alélica es menor por la redundancia de algunos alelos por sobre los otros, la población continúa siendo de una gran diversidad, indicando que la población está estable desde el punto de vista genético.

Los dendrogramas obtenidos en ambos estudios no son concluyentes en el sentido de formar agrupaciones bien diferenciadas entre los ejemplares capturados.

Debido a la restringida posibilidad de extraer muestras fuera del área indicada, no ha sido posible comparar los ejemplares capturados con especímenes de áreas diferentes a la Cordillera de Nazca, pero comparando los resultados obtenidos con los previamente publicados por Ward *et al*, 2001, podemos observar resultados similares en los loci comunes de ambos estudios (Xg-56, Xg-75 y Xg-144).

Estos autores encontraron que los loci de microsatélites en común con este estudio, también son altamente polimórficos y con un número de alelos muy variable, presentando la menor polimorfía en el marcador Xg-144 y la mayor con el Xg-75 (9 y 62 alelos respectivamente), resultados que coinciden con los obtenidos en el área de Nazca tanto en el primer estudio realizado en el año 2003 (FIP 2002-04), como en el presente estudio con muestras del año 2005 (Tabla 31).

También se mantiene la condición del microsatélite Xg-144 en el sentido de ser el marcador que presenta los menores índices de heterocigocidad entre los loci de estos estudios, seguido del marcador Xg-56 y la más alta heterocigocidad la presenta el marcador Xg-75 (0,906) en ambos casos. A su vez el microsatélite Xg-144 presenta el mayor número de homocigotos, situación también detectada en el área de Australia. Podemos concluir que en los loci en común para estos estudios, las tendencias mostradas son las mismas, alto polimorfismo, alto porcentaje de heterocigocidad en los marcadores y la jerarquización entre los marcadores utilizados es la misma. Esto nos indica que las poblaciones son genéticamente similares.

4.2.9. Análisis trófico de pez espada

De los 68 estómagos recolectados, 61 (90%) se obtuvieron en abril de 2005 y 7 (10%) en noviembre de 2005. De los estómagos de abril, 43 presentaron contenido (70%); mientras que en noviembre 5 (71%) estómagos tenían algún tipo de contenido estomacal.

4.2.9.1. Descripción de la dieta periodo otoño (Abril)

La dieta de pez espada estuvo compuesta por peces teleosteos, cefalópodos y crustáceos. Los peces constituyeron el ítem presa más importante en número (77,72%), y el segundo en frecuencia de ocurrencia (65,1%) y peso (16,5%) (Tabla 34). Los cefalópodos destacaron en peso (83,5%) y frecuencia de ocurrencia (79,1%), y sólo representaron el 21,9% en número de individuos. Los crustáceos estuvieron presentes en 2 de los 43 estómagos con contenido estomacal (F%=4,7%), y marginalmente dieron cuenta del 0,4% en número y 0,1% en peso.

Se logró identificar 13 taxa distintos de cefalópodos siendo el más importantes *Dosidicus gigas*, el cual dio cuenta del 77,9% en peso, 51,2% en frecuencia de ocurrencia, y el 9,4% en número. El segundo cefalópodo en importancia fue *Onychoteuthis banksii* cuyos indicadores fueron los siguientes: F%=27,9%, N%=4,9% y P%=1,9%. En términos de los índices compuestos (IIR e IIN), *Dosidicus gigas* alcanzó valores iguales a IIR%=85,3% e IIN%=16,2%; mientras que *Onychoteuthis banksii* logró valores de IIR%=1,2% e IIN%=8,7%. Los restantes 11 taxa de cefalópodos se encontraron marginalmente en los contenidos estomacales.

Los crustáceos estuvieron representados por el género *Oplophorus*, siendo posible identificar dos taxa distintos, uno de los cuales correspondió a la especie *Oplophorus novaezelandiae*. En conjunto ambos taxa representaron sólo el 1,0% en cuanto al Índice de Importancia Numérica y menos del 0,1% en términos del Índice de Importancia Relativa.

En relación a los peces teleosteos se logró identificar 9 taxa, con sólo dos al nivel de especie, *Cubiceps pauciradiatus* y *Trachurus murphyi*. El grupo más diverso lo constituyó la familia Myctophidae compuesta por tres taxa del género *Diaphus* y otros dos representantes que sólo pudieron ser identificados al nivel de familia. Los teleosteos más importantes en la dieta fueron “*Diaphus* sp. 2” (F%=51,2%, N%=69,8% y P%=5,6%) y *Cubiceps pauciradiatus* (F%=30,2%, N%=5,1% y P%=5,4%). En términos de los índices IIR e IIN ambas especies dieron cuenta del 12,6% y 53,5%, respectivamente.

4.2.9.2. Análisis de la dieta respecto del sexo de pez espada

Del total de estómagos con contenido, 23 correspondieron a machos, 19 a hembras y un sólo individuo fue de sexo indeterminado. El análisis de la dieta de pez espada por sexo mostró una tendencia similar al análisis total, y en general, presentó leves variaciones en cuanto al orden de importancia de algunos ítemes presa (Tabla 35). En machos las presas más importante desde el punto de vista de la frecuencia de ocurrencia en orden descendente fueron *Diaphus* sp. 2 (60,9%), *Dosidicus gigas* (43,5%), *Cubiceps pauciradiatus* (34,8%) y *Onychoteuthis banksii* (30,4%); mientras que en hembras el orden sobre la base del mismo descriptor fueron *Dosidicus gigas* (63,2%), *Diaphus* sp. 2 (36,8%), *Cubiceps pauciradiatus* (26,3%) y *Onychoteuthis banksii* (26,3%). De acuerdo al número de individuos los taxa más relevantes en la dieta fueron *Diaphus* sp. 2 (75,8%), seguido de manera menos importante por *Cubiceps pauciradiatus* (5,2%) y *Dosidicus gigas* (4,8%); en hembras la principal presa también fue *Diaphus* sp. 2 (57,4%), seguido por *Dosidicus gigas* (17,8%) y *Onychoteuthis banksii* (6,5%). En cuanto al aporte en peso de los distintos ítemes presa, tanto en machos como en hembras la principal especie fue *Dosidicus gigas* con valores iguales a 79,08% y 76,1%, respectivamente. En machos siguieron en importancia *Cubiceps pauciradiatus* (6,0%) y *Diaphus* sp. 2 (5,1%); mientras que en hembras el orden fue *Diaphus* sp. 2 (6,3%) y *Cubiceps pauciradiatus* (4,5%).

De esta forma la similitud trófica entre machos y hembras evaluada con el índice de Bray-Curtis en base al IIR a al IIN fue 88% y 70% respectivamente, mientras que el Índice de Pianka basado en la frecuencia de aparición (%F) fue 88% (Tabla 36). Todos los índices calculados sugieren una alta similitud alimentaria entre machos y hembras del pez espada.

4.2.9.3. Análisis de la dieta respecto de la talla de pez espada

Basándose en la distribución de frecuencias de talla observada en los ejemplares de pez espada con contenido estomacal (Fig. 68) se definieron 4 rangos de tamaño para el análisis de la dieta en relación a la talla, estos son: A: 101-135 cm LMIH, B: 136-170 cm LMIH, C: 171-205 cm LMIH y D: 206-240 cm LMIH. Estos rangos de tamaño corresponden a los definidos en la Fase I del presente proyecto, y son concordantes con los establecidos en estudios anteriores de la dieta de pez espada en el Pacífico Sur Oriental (Daza *et al.*, 2002). Debido a la alta similitud trófica

encontrada entre machos y hembras el análisis de la dieta respecto a la talla consideró en conjuntos ambos sexos.

Se observó cambios en la dieta de pez espada con el tamaño corporal traducido en una disminución en la importancia de teleosteos y un aumento del grupo taxonómico cefalópodos (Fig. 69, Tabla 36). En lo específico, el contenido estomacal del grupo de tamaño A estuvo compuesto principalmente por los teleosteos *Diaphus* sp. 2 (F%=100%, N%=87,6%, P%=22,4%) y *C. pauciradiatus* (F%=26,7%, N%=2,6%, P%=18,3%), y el cefalópodo *D. gigas* (F%=20,0%, N%=1,7%, P%=50,4%). En el grupo de tamaño B se observó una disminución en los descriptores de Hyslop (1980) en el caso de *Diaphus* sp. 2 (F%=53,8%, N%=70,9%, P%=9,2%), aumentando la frecuencia de ocurrencia y la importancia en número de *C. pauciradiatus* (F%=46,2%, N%=6,3%, P%=7,8%), respecto al grupo A. Por otro lado, *D. gigas* aumentó en importancia en todas las medidas de la dieta (F%=46,2%, N%=4,0%, P%=69,64%).

En la dieta del grupo de tamaño C existe una marcada dominancia de *D. gigas* (F%=83,3%, N%=48,1%, P%=86,8%), y no se detecta la presencia del taxón *Diaphus* sp. 2, aún cuando se observa la presencia de otros tipos de *Diaphus* sp. Entre los teleosteos que aún continúan siendo importantes en la dieta de este grupo de tamaño está *C. pauciradiatus* (F%=25,0%, N%=13,0%, P%=1,2%). Finalmente, en el grupo de tamaño D la dieta se encuentra dominada casi exclusivamente por *D. gigas* (F%=100,0%, N%=77,8%, P%=99,9%).

La similitud trófica entre grupos de tamaño calculada utilizando los índices de Bray-Curtis (IIR e IIN) (Tablas 35 y 36) y Pianka (F) (Tabla 39), indica una mayor semejanza entre los grupos C (171-205 cm LMIH) y D (206-240 cm LMIH), la cual estaría dada por la alta dominancia de cefalópodos, en especial por el ítem *Dosidicus gigas*, y la baja presencia de teleosteos. Si se consideran aquellos índices que en su construcción usan la frecuencia de ocurrencia de presas en los contenidos estomacales y el porcentaje en número, también se observa semejanza entre los grupos A (101-135 cm LMIH) y B (136-170 cm LMIH). Sin embargo, si se considera también el porcentaje en peso, el grupo A guarda la menor semejanza con los demás grupos de tamaño.

La diversidad del espectro trófico en relación al número de estómagos analizados observada a través de la construcción de curvas acumulativas (Fig. 70), muestra que para ninguno de los grupos de tamaño definidos se logró alcanzar una adecuada representación de la dieta, la cual se alcanzaría por sobre los 15 estómagos por grupo de tamaño.

4.2.9.4. Descripción de la dieta periodo primavera (Noviembre)

Debido a que durante el crucero de primavera se logró recolectar sólo 5 ejemplares con contenido estomacal, el análisis de la dieta de pez espada para este periodo se realizará en forma global, sin investigar diferencias entre machos y hembras, o cambios asociados al desarrollo ontogenético. Se debe indicar además que el rango de tamaños de los ejemplares analizados varió entre 116 y 243 cm LMIH.

Durante noviembre se identificó 4 ítems presa distintos, 3 especies de cefalópodos y un teleosteo de la familia Gempylidae (Tabla 40). De estos 4 taxa, *Dosidicus gigas* constituyó la presa más importante en términos de frecuencia de ocurrencia (80,0%), número (54,5%) y peso (45,9%); le siguen *Sthenoteuthis oualaniensis* (F%=40,0%, N%=27,3%, P%=43,7), Gempylidae (F%=20,0%, N%=9,1%, P%=10,4) y *Eucleoteuthis luminosa* (F%=20,0%, N%=9,1%, P%=0).

4.2.9.5. Comparaciones de la dieta entre cruceros

De acuerdo con los Términos Básicos de Referencia del presente proyecto, se debe realizar un análisis trófico comparativo en términos de temporalidad y grupos de tamaño de la composición de la dieta del pez espada en la zona de estudio.

a) Otoño-Primavera

En el caso del crucero de primavera ya se ha expuesto que sólo se logró recolectar 5 ejemplares cuyos estómagos presentaron contenido estomacal, y el rango de tamaños de estos ejemplares se encuentra dentro del intervalo de tamaños de los peces colectados en el crucero de otoño. Por esta razón, el análisis comparativo se llevó a cabo utilizando para ambos cruceros el set de datos completo.

La similitud trófica entre cruceros entregó distintos resultados dependiendo del índice usado. De acuerdo con el índice de Bray-Curtis (IIR) y Pianka (F), la semejanza en la dieta entre ambos cruceros fue superior al 50%, sin embargo con el índice de Bray-Curtis construido con el IIN, la semejanza sólo alcanzó a un 21%. En todos los casos la presa de mayor relevancia fue el cefalópodo *Dosidicus gigas*.

b) Verano-Invierno

En este caso se debe señalar que los estómagos colectados en los cruceros de verano (febrero) e invierno (agosto) de 2003 fueron analizados por un grupo distinto al que procesó los estómagos de los cruceros de otoño (abril) y primavera (noviembre) de 2005. En el primer caso, el nivel de identificación de las presas logró detectar 13 taxa distintos con una alta presencia de cefalópodos y teleosteos sin identificar.

En el crucero de verano (Tabla 41) destacan los cefalópodos *Onycoteuthis* sp (F%=67,2%, N%=35,5%, P%=33,9) y *Dosidicus gigas* (F%=7,8%, N%=4,1%, P%=52,4), y a una menor escala el crustaceo *Heterocarpus reedi* (F%=9,4%, N%=12,4%, P%=0,4). En cuanto a las presas correspondientes a peces teleosteos la mayor parte de estas no fue identificada, de tal manera que su aporte a la dieta de pez espada se entrega en términos generales (F%=34,8%, N%=25,4%, P%=9,0). El análisis comparativo de la dieta con respecto al sexo encontró semejanza entre la composición de los contenidos estomacales de machos y hembras (BC_{IIR}=74%; BC_{IIN}=76%; P_F=95%).

En el crucero de invierno (Tabla 42) fueron importantes los taxa *Dosidicus gigas* (F%=46,2%, N%=7,7%, P%=69,5) y Myctophidae (F%=15,4%, N%=70,4%, P%=1,8). También se mantiene como presa importante en frecuencia de ocurrencia el crustaceo *Heterocarpus reedi* (F%=18,0%, N%=2,3%, P%=0,1). Al igual que en el crucero de verano, una fracción considerable de peces teleosteos no fue posible de indentificar (F%=51,3%, N%=10,9%, P%=17,1). El análisis comparativo de la dieta con respecto al sexo encontró semejanza entre la composición de los contenidos estomacales de machos y hembras (BC_{IIR}=66%; BC_{IIN}=76%; P_F=90%).

c) Verano-Invierno v/s Otoño-Primavera

El distinto nivel de identificación de las presas presentes en los contenidos estomacales de pez espada durante los cruceros de verano-invierno de 2003 y otoño-primavera de 2005, dificulta una adecuada comparación trófica en términos temporales, tanto si se considera la dieta global como por sexos y rangos de tamaño. Lo anterior dado por alto porcentaje de cefalópodos y peces teleosteos sin identificar en la Fase I del presente proyecto. No obstante, es posible destacar algunas generalidades. Estas serán presentadas en la sección de discusión de resultados.

La dieta general de pez espada sobre 100 cm de longitud mandíbula inferior horquilla (LMIH) distribuido en el área de la Cordillera de Nazca estuvo constituida principalmente por cefalópodos y peces teleosteos, encontrándose ambos presentes por sobre el 65% de los estómagos con contenido estomacal, y dando cuenta en conjunto de aproximadamente el 99% en número y peso de individuos. Para todos los periodos analizados (verano-invierno de 2003 y otoño-primavera de 2005) los crustaceos aparecieron sólo en forma marginal en la dieta de pez espada. Oyarzún *et al.* (2002, 2003) también reportan una dieta basada en gran parte sobre cefalópodos tipo calamares y peces teleosteos en aguas del Pacífico Oriental frente a las costas de Chile, al interior de los 20° y 38° de latitud sur, y entre los 76° y 110° de longitud oeste.

Una de las principales dificultades en estudios de alimentación sobre peces de gran tamaño es la identificación de los ítems presa, lo que aumenta en complejidad cuando se trata con peces capturados mediante aparejos de pesca pasivos tipo palangre o anzuelo, ya que la captura depende de la respuesta al estímulo de la carnada. En este caso se supone que un pez con un bajo contenido estomacal será más capturable que otro con un mayor contenido, de tal manera que es lógico pensar que se dispondrá de una mayor cantidad de estómagos cuyos contenidos estomacales se encuentre en condición semidigerida a digerida, más que sin digerir.

Para la identificación de cefalópodos y teleosteos en la Fase II de este proyecto fue necesario la utilización de claves taxonómicas sobre la base de mandíbulas de cefalópodos (Wolff, 1982; Nesis, 1987) y otolitos en el caso de peces, especialmente para la identificación de peces mictófidios (http://www.cmima.csic.es/aforo/startDB_en.jsp).

Los cefalópodos fueron el grupo taxonómico más diverso con un total de 13 taxa, 10 de las cuales se identificaron a nivel de especie. Entre estas destaca para los periodos invierno 2003, y otoño-primavera 2005 *D. gigas*, mientras que en verano 2003 fue más importante el taxón *Onychoteuthis* sp. De acuerdo a lo informado por Oyarzún *et al.* (2002, 2003) la dieta de pez espada en aguas del Pacífico Sur Oriental está compuesta por cefalópodos pertenecientes a la familia Omastrephidae (*D. gigas*) y en menor grado por la familia Onychoteuthidae (*Onychoteuthis* sp), lo que indica que la composición específica de los cefalópodos más importante en la dieta de pez espada se ha mantenido relativamente constante.

Los peces teleosteos fueron el segundo grupo más diverso con un total de 9 taxa, 3 de las cuales se identificaron a nivel de especie. El grupo taxonómico de peces más importante en todos los periodos (a excepción de primavera 2005 debido al bajo número de estómagos con contenido estomacal) fue la familia Myctophidae, en la cual se logró identificar tres tipos distintos del género *Diaphus* sp., gracias a la ayuda de claves para otolitos (http://www.cmima.csic.es/aforo/startDB_en.jsp). El segundo taxón en importancia fue la especie *Cubiceps pauciradiatus* la cual también ha sido informado como presa frecuente y relevante en la dieta de pez espada en el Pacífico Sur Oriental (Oyarzún *et al.* op cit)

En general, los análisis comparativos de la dieta en pez espada señalaron que no existen diferencias significativas en el espectro trófico entre machos y hembras, pero sí en cuanto al tamaño de pez espada. Los resultados encontrados en las fases I y II del presente proyecto, así como los reportados por Daza *et al.* (2002), Oyarzún *et al.* (2002, 2003) y Aedo *et al.* (2004), indican que existe un cambio en la dieta con el incremento en tamaño de pez espada, lo que se traduce en un incremento en el consumo de cefalópodos y una disminución en la predación de peces teleosteos.

Tabla 34. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante otoño de 2005 (43 estómagos con contenido).

Presa	F%	N%	P%	IIR%	IIN%
<i>Argonauta</i> sp.	7.0	1.7	0.2	0.0	2.6
Cranchiidae	4.7	0.6	0.0	0.0	1.3
<i>Dosidicus gigas</i>	51.2	9.4	77.9	85.3	16.2
<i>Eucleoteuthis luminosa</i>	7.0	0.9	0.1	0.0	1.8
<i>Gonatus antarcticus</i>	4.7	0.4	0.0	0.0	1.0
<i>Histioteuthis corona</i>	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Histioteuthis dofleini</i>	4.7	0.4	0.6	0.1	1.0
<i>Liocranchia reinhardti</i>	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Loligo gahi</i>	4.7	1.1	0.0	0.0	1.6
<i>Mastigoteuthis aggasizzi</i>	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Onychoteuthis banksii</i>	27.9	4.9	1.9	1.2	8.7
<i>Sepioteuthis</i> sp.	7.0	0.6	1.0	0.2	1.6
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	9.3	1.3	1.8	0.4	2.6
<i>Oplophorus novazelandiae</i>	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Oplophorus</i> sp.	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	30.2	5.1	5.4	3.6	9.2
<i>Diaphus</i> sp. 1	4.7	0.6	0.2	0.0	1.3
<i>Diaphus</i> sp. 2	51.2	69.8	5.6	9.0	44.3
<i>Diaphus</i> sp. 3	2.3	0.6	0.1	0.0	0.9
Gempylidae					
Myctophidae 1	4.7	0.6	0.0	0.0	1.3
Myctophidae 2	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Trachurus murphyi</i>	2.3	0.2	1.2	0.1	0.5
Teleostei 1	2.3	0.2	4.0	0.2	0.5
Teleostei 2	2.3	0.2	0.0	0.0	0.5
Total	242	100	100	100	100

Tabla 35. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante otoño de 2005 (machos = 23 estómagos con contenido, hembras = 19 estómagos con contenido).

Presa	F%	N%	P%	IIR%		F%	N%	P%	IIR%	IIN%
<i>Argonauta</i> sp.	8.7	1.4	0.3	0.1		5.3	2.4	0.0	0.0	2.6
Cranchiidae	8.7	1.0	0.0	0.0						
<i>Dosidicus gigas</i>	43.5	4.8	79.0	80.1		63.2	17.8	76.1	90.4	24.5
<i>Eucleoteuthis luminosa</i>	8.7	0.7	0.1	0.0		5.3	1.2	0.1	0.0	1.8
<i>Gonatus antarcticus</i>	4.3	0.3	0.0	0.0		5.3	0.6	0.0	0.0	1.3
<i>Histioteuthis corona</i>	4.3	0.3	0.0	0.0						
<i>Histioteuthis dofleini</i>	4.3	0.3	0.9	0.1		5.3	0.6	0.0	0.0	1.3
<i>Liocranchia reinhardti</i>						5.3	0.6	0.0	0.0	1.3
<i>Loligo gahi</i>	4.3	1.4	0.0	0.0		5.3	0.6	0.0	0.0	1.3
<i>Mastigoteuthis aggasizzi</i>						5.3	0.6	0.1	0.0	1.3
<i>Onychoteuthis banksii</i>	30.4	4.2	3.0	2.2		26.3	6.5	0.1	0.1	9.6
<i>Sepioteuthis</i> sp.	13.0	1.0	1.6	0.5						
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	13.0	1.7	1.9	0.6		5.3	0.6	1.7	0.2	1.3
<i>Oplophorus novazelandiae</i>						5.3	0.6	0.1	0.0	1.3
<i>Oplophorus</i> sp.	4.3	0.3	0.0	0.0						
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	34.8	5.2	6.0	5.0		26.3	5.3	4.5	2.3	8.7
<i>Diaphus</i> sp. 1						10.5	1.8	0.5	0.1	3.2
<i>Diaphus</i> sp. 2	60.9	75.8	5.1	11.2		36.8	57.4	6.3	5.7	33.6
<i>Diaphus</i> sp. 3	4.3	1.0	0.1	0.0						
Gempylidae										
Myctophidae 1						10.5	1.8	0.0	0.0	3.2
Myctophidae 2						5.3	0.6	0.0	0.0	1.3
<i>Trachurus murphyi</i>	4.3	0.3	2.0	0.2						
Teleostei 1						5.3	0.6	10.6	1.0	1.3
Teleostei 2						5.3	0.6	0.0	0.0	1.3
Total	252	100	100	100		237	100	100	100	100

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Tabla 36. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante otoño de 2005 por grupo de tamaño (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).

Presas	A					B					C					D					
	F%	N%	P%	IIR%	IIN%	F%	N%	P%	IIR%	IIN%	F%	N%	P%	IIR%	IIN%	F%	N%	P%	IIR%	IIN%	
<i>Argonauta</i> sp.	13.3	1.7	1.1	0.4	3.6	7.7	2.3	0.0	0.0	2.9											
Cranchiidae						7.7	1.1	0.0	0.0	2.1	8.3	1.9	0.0	0.0	2.5						
<i>Dosidicus gigas</i>	20.0	1.7	50.4	21.1	4.4	46.2	4.0	69.6	67.9	9.5	83.3	48.1	86.8	97.9	41.0	100.0	77.8	99.9	99.8	69.6	
<i>Eucleoteuthis luminosa</i>	6.7	0.9	0.2	0.0	1.8	7.7	0.6	0.0	0.0	1.5	8.3	1.9	0.0	0.0	2.5						
<i>Gonatus antarcticus</i>	6.7	0.4	0.0	0.0	1.3	7.7	0.6	0.0	0.0	1.5											
<i>Histioteuthis corona</i>											8.3	1.9	0.0	0.0	2.5						
<i>Histioteuthis dofleini</i>											8.3	1.9	1.0	0.1	2.5	33.3	11.1	0.1	0.1	15.2	
<i>Liocranchia reinhardti</i>											8.3	1.9	0.0	0.0	2.5						
<i>Loligo gahi</i>						15.4	2.9	0.0	0.1	4.6											
<i>Mastigoteuthis aggasizii</i>						7.7	0.6	0.2	0.0	1.5											
<i>Onychoteuthis banksii</i>	26.7	3.9	2.5	1.6	7.7	30.8	4.6	8.2	5.5	8.2	25.0	9.3	0.0	0.0	9.9	33.3	11.1	0.1	0.1	15.2	
<i>Sepioteuthis</i> sp.						7.7	0.6	0.0	0.0	1.5	16.7	3.7	1.7	0.4	5.1						
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	13.3	0.9	5.1	1.4	2.6	15.4	1.1	3.7	1.2	2.9	16.7	3.7	0.5	0.1	5.1						
<i>Oplophorus novazelandiae</i>						7.7	0.6	0.2	0.0	1.5											
<i>Oplophorus</i> sp.											8.3	1.9	0.0	0.0	2.5						
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	26.7	2.6	18.3	10.3	6.3	46.2	6.3	7.8	8.1	11.8	25.0	13.0	1.2	0.5	11.7						
<i>Diaphus</i> sp. 1						7.7	1.1	1.0	0.2	2.1	8.3	1.9	0.0	0.0	2.5						
<i>Diaphus</i> sp. 2	100.0	87.6	22.4	65.1	71.0	53.8	70.9	9.2	16.8	43.0											
<i>Diaphus</i> sp. 3											8.3	5.6	0.1	0.0	4.4						
Myctophidae 1						15.4	1.7	0.0	0.0	3.6											
Myctophidae 2						7.7	1.1	0.0	0.0	2.1											
<i>Trachurus murphyi</i>											8.3	1.9	2.0	0.2	2.5						
Teleostei 1											8.3	1.9	6.6	0.7	2.5						
Teleostei 2	6.7	0.4	0.0	0.0	1.3																
Total	220	100	100	100	100	292	100	100	100	100	250	100	100	100	100	167	100	100	100	100	

Tabla 37. Similitud trófica (BC sobre IIR%) entre grupos de tamaño de pez espada durante crucero otoño de 2005. (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).

	A	B	C	D
A	1	0.49	0.22	0.21
B	0.49	1	0.68	0.68
C	0.22	0.68	1	0.98
D	0.21	0.68	0.98	1

Tabla 38. Similitud trófica (BC sobre IIN%) entre grupos de tamaño de pez espada durante crucero otoño de 2005. (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).

	A	B	C	D
A	1	0.70	0.26	0.12
B	0.70	1	0.39	0.18
C	0.26	0.39	1	0.53
D	0.12	0.18	0.53	1

Tabla 39. Similitud trófica (P sobre F) entre grupos de tamaño de pez espada durante crucero otoño de 2005. (A: 101-135; B: 136-170; C: 171-205; D: 206-240).

	A	B	C	D
A	1	0.82	0.30	0.24
B	0.82	1	0.68	0.53
C	0.30	0.68	1	0.88
D	0.24	0.53	0.88	1

Tabla 40. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante primavera de 2005 (5 estómagos con contenido).

Presa	F%	N%	P%	IIR%	IIN%
<i>Dosidicus gigas</i>	80.0	54.5	45.9	65.2	52.4
<i>Eucleoteuthis luminosa</i>	20.0	9.1	0.0	0.0	10.7
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	40.0	27.3	43.7	31.1	26.2
Gempylidae	20.0	9.1	10.4	3.7	10.7

Tabla 41. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante verano de 2003 (64 estómagos con contenido).

Presa	F%	N%	P%	IIR%	IIN%
<i>Dosidicus gigas</i>	7.8	4.1	52.4	6.8	4.8
<i>Onycoteuthis</i> sp.	67.2	35.5	33.9	70.6	41.5
<i>Octopus</i> sp.	1.6	1.8	0.4	0.1	1.4
Calamar ni	14.1	5.3	4.6	2.1	7.3
Myctophidae	3.1	2.4	0.1	0.1	2.3
Juvenil Teleosteo	1.6	3.6	0.1	0.2	2.0
Squalidae	1.6	0.6	0.2	0.0	0.8
Teleosteo ni	34.8	25.4	9.0	18.1	25.3
<i>Euphausia mucronata</i>	1.6	3.0	0.0	0.1	1.8
Amphipoda	1.6	1.8	0.0	0.0	1.4
<i>Heterocarpus reedi</i>	9.4	12.4	0.4	1.8	9.2
Sergestidae	1.6	4.1	0.1	0.1	2.2

Tabla 42. Composición alimentaria de pez espada capturado en el áreas de la Cordillera de Nazca durante invierno de 2003 (39 estómagos con contenido).

Presa	F%	N%	P%	IIR%	IIN%
<i>Dosidicus gigas</i>	46.2	7.7	69.5	55.1	19.9
Calamar ni	25.6	3.2	2.4	2.3	9.6
Myctophidae	15.4	70.4	1.8	17.2	34.6
Teleosteo ni	51.3	10.9	17.1	22.5	24.9
<i>Epigonus crassicaudus</i>	3.1	5.5	8.9	2.3	4.4
<i>Heterocarpus reedi</i>	18.0	2.3	0.1	0.7	6.7

4.2.10. Fauna acompañante

Para ambos cruceros se identificaron un total de 21 especies, compuestas de 19 peces (90.5 %) y dos tortugas marinas (9.5 %). Del total de peces cuatro (19.0%) correspondieron a peces cartilaginosos y los restantes catorce (66.6 %) son peces óseos. El listado sistemático de todas las especies se presenta en la Tabla 43.

En el primer crucero se capturaron 16 especies como fauna acompañante, de ellas cinco especies son cartilaginosos (cuatro tiburones y una raya) (31.3%), diez corresponden a peces óseos (62.5 %) y una tortuga boba (6,2 %) (Tabla 44).

De las especies concurrentes, *Lepidocybium flavobrunneum*, fue la más abundante en número en los siete lances, seguida del atún de ojos grandes (*Thunnus obesus*) y de los tiburones maco (*Isurus oxyrhynchus*) y el azulejo (*Prionace glauca*) (Fig. 69). Menos destacados fueron el marlín rayado (*Tetrapterus audax*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*) (Fig. 70).

Entre aquellos que aparecieron solo una vez, destaca el tiburón cocodrilo (*Pseudocarcharias kamoharai*), el wahoo (*Acanthocybium solandri*), y la tortuga boba (*Caretta caretta*), que corresponden a organismos que no son frecuentes frente a Chile, o que no están incluidos en los listados taxonómicos disponibles (ej. Pequeño 1989 y 1997), como es el caso del tiburón cocodrilo.

En el segundo crucero se capturaron 17 especies como fauna concurrente, de ellas tres correspondieron a peces cartilaginosos (tiburones) (17,6 %), trece peces óseos (76.5 %) y una tortuga (5,9 %) (Tabla 45). El tiburón azulejo *Prionace glauca* se revela como la especie más abundante, mientras que el dorado de altura *Coryphaena hippurus*, aparece como la segunda especie en abundancia; le siguen en abundancia el tiburón maco *Isurus oxirhynchus* y el gempílido *Ruvettus pretiosus*, en este crucero los atunes disminuyeron en importancia numérica. Aunque en el segundo crucero se presentó una fauna concurrente

similar a la del primer crucero, se debe puntualizar la presencia de *Alopias supercilliosum*, *Alepisaurus ferox*, *Ruvettus pretiosus*, *Katsuwonus pelamis*, *Thunnus alalunga* y *Masturus lanceolatus*, ausentes en abril de 2005 y, de la ausencia de *Pseudocarcharias kamoharai*, *Pteroplatytrygon violacea*, *Taractes rubescens* y *Gasterochisma melampus*, especies de peces presentes en el primer crucero (Fig. 71). En relación a los reptiles, su representación fue escasa (Figs. 70 y 71). La tortuga boba (*Caretta caretta*) se presentó en el primer crucero, mientras que en el segundo crucero apareció la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Tabla 44 y 45).

Por otra parte, el tiburón azulejo *Prionace glauca*, no solo fue abundante en las capturas sino que estuvo presente en seis de los siete cruceros realizados en abril 2005 (Tabla 44) y en todos los lances efectuados en el segundo crucero (Tabla 45), constituyéndose como una especie dominante en esta pesquería, esta situación ya había sido señalado por Acuña *et al.* (2002).

En ambos cruceros la mayor diversidad en las capturas alcanzó a ocho especies (Tabla 44 y 39). Otro tiburón, *Isurus oxirhynchus* (maco), junto a los peces óseos *Lepidocybium flavobrunneus* (escolar, atún negro) y *Thunnus obesus* (atún de ojos grandes), son también importantes en cuanto a su presencia en las pescas en ambos cruceros.

Se incluyen fotografías digitales de las especies capturadas, tomadas en los cruceros de pesca de este proyecto (Fig. 72 – 94, se exceptúan las Figuras 88, 89 y 93 que provienen de la Internet).

Los resultados obtenidos para estos cruceros no se distancian con aquellos señalados por Acuña *et al.* (2002), en efecto, los condriictios siguen siendo especies importantes como concurrentes en la pesquería del pez espada, en especial, el azulejo *Prionace glauca*. Nuestro estudio, también demuestra algunas diferencias con el trabajo de Acuña *et al.* (2002), estos autores incluyen el tiburón *Centroscymnus owstoni*, la reineta *Brama australis*, el pez negro *Centrolophus niger*, el pez vela de pico corto *Tetrapterus*

angustirostris, y el pez luna *Mola ramsayi*, especies de peces que bien pueden haber sido capturadas más al sur de lo realizado en el presente proyecto. Existen diferencias en cuanto a la presencia de *Lamna nasus* (tintorera o sardinero), especie que fue escasamente detectada en este estudio, y que probablemente se deba a su similitud morfológica con *Isurus oxirhynchus* (tiburón maco), o bien porque su abundancia no es mayor, en efecto, Acuña *et al.* (2002) indica que es un tiburón de escasa incidencia (3.5 % en número), además, Yáñez (2004), coincidentemente, tampoco encuentra *Lamna nasus* en el crucero de verano, lo que estaría señalando la preferencia de esta especie por aguas más frías, como lo señala Compagno (1984a).

En el caso de los teleósteos, se presenta una mayor diferencia, Acuña *et al.* (2002) señala que los atunes y *Alepisaurus ferox* fueron las especies más importantes como fauna concurrente, mientras que en nuestro estudio *Lepidocybium flavobrunneum* y *Prionace glauca* aparecen como los peces más frecuentes para el primer y segundo crucero, respectivamente. Por otra parte, hay que señalar que la especie de raya citada por Yáñez (2004) como *Myliobatis chilensis*, no debería ser tal, sino que se debe adscribirla a *Pteroplatytrigon violaceus* (raya violacea o de altura), debido a que la primera especie es habitante de zonas del sublitoral del continente sudamericano frente a Chile, además la foto allí incluida corresponde con la especie que proponemos mantener.

Indudablemente que estas situaciones abren más interrogantes sobre la fauna acompañante, en especial, como se comporta la distribución de estos peces a lo largo del año y su relación con la abundancia de *Xiphias gladius*.

Es importante destacar la importancia que tiene para la biogeografía del Pacífico Sur-Oriental el contar con la información sobre la fauna concurrente del pez espada, en especial, el nuevo registro del tiburón cocodrilo, tiburón de moderado tamaño y de hábitos preferentemente oceánicos (Compagno 1984a), el cual se considera como primer registro para el área; con anterioridad, Bearez *et al.* (2001) lo cita frente al puerto de Ilo, Perú, entre 90 a 130 millas de la costa, lo que avalaría la captura de esta especie en el área estudiada,

también se deba destacar la mayor información sobre el wahoo (*Acanthocybium solandri*), la tortuga boba (*Caretta caretta*) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*).

Tabla 43. Listado sistemático de las especies concurrentes en la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*) sobre la Cordillera sumergida de Nazca en el crucero de abril 2005 y el crucero de noviembre-diciembre 2005.

Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
Elasmobranchii	Lamniformes	Lamnidae	<i>Isurus</i>	<i>I. oxyrinchus</i> Rafinesque 1810
			<i>Lamna</i>	<i>L. nasus</i> (<i>Bonnaterre</i> 1788)
			<i>Pseudocarcharias</i>	<i>P. kamoharai</i> (Matsubara 1936)
	Carchariniformes	Alopiidae	<i>Alopias</i>	<i>A. superciliosus</i> (Lowe 1841)
	Rajiformes	Carcharhinidae	<i>Prionace</i>	<i>P. glauca</i> (Linnaeus 1758)
			Dasyatiade	<i>Pteroplatytrygon</i>
Actinopterygii (=Osteichthyes)	Aulopiformes	Alepisauridae	<i>Alepisaurus</i>	<i>P. violacea</i> (Bonaparte 1832)
	Lampriformes	Lampridae	<i>Lampris</i>	<i>A. ferox</i> Lowe 1833

	Perciformes	Coryphaenidae	<i>Coryphaena</i>	<i>L. guttatus</i> (Brünnich 1788)
		Bramidae	<i>Taractes</i>	<i>C. hippurus</i> Linnaeus 1758
		Gempylidae	<i>Gempylus</i>	<i>T. rubescens</i> (Jordan & Evermann 1887)
			<i>Lepidocybium</i>	
			<i>Ruvettus</i>	<i>G. serpens</i> Cuvier 1829
		Istiophoridae	<i>Tetrapterus</i>	
			<i>Gasterochisma</i>	<i>L. flavobrunneum</i> (Smith 1843)
		Scombridae	<i>Acanthocybium</i>	<i>R. pretiosus</i> Cocco 1833
			<i>Thunnus</i>	<i>T. audax</i> (Philippi 1887)
				<i>G. melampus</i> Richardson 1845
				<i>A. solandri</i> (Cuvier 1832)
Reptilia	Testudines	Cheloniidae	<i>Caretta</i>	T. alalunga

		Dermochelyidae	<i>Dermochelys</i>	(Bonnaterre 1778) <i>T. albacares</i> (Bonnaterre 1788) <i>T. obesus</i> (Lowe 1839) <i>C. caretta</i> (Linnaeus 1758) <i>D. coriacea</i> (Vandelli 1761)
--	--	----------------	--------------------	---

Tabla 44. Presencia de las especies de peces y reptiles como fauna acompañante en la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*) sobre la cordillera sumergida de Nazca, abril 2005.

Lance	Fecha		<i>Isurus oxirynchus</i>	<i>Lamna nasus</i>	<i>Prionace glauca</i>	<i>Pseudocarcharias kamoharai</i>	<i>Pteroplatytrygon violaceus</i>	<i>Lampris guttatus</i>	<i>Coryphaena hippurus</i>
1	20-04-2005		X		X				X
2	21-04-2005		X		X			X	X
3	22-04-2005		X		X				X
4	23-04-2005		X		X				
5	24-04-2005		X		X				
6	25-04-2005			X	X				
7	26-04-2005		X	X		X	X		
Lance	Fecha	<i>Gempylus serpens</i>	<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>	<i>Tretapturus audax</i>	<i>Acanthocybium solandri</i>	<i>Gasterochisma melampus</i>	<i>Thunnus albacares</i>	<i>Thunnus obesus</i>	<i>Caretta caretta</i>
1	20-04-2005		X						
2	21-04-2005		X				X	X	X
3	22-04-2005	X	X					X	X
4	23-04-2005		X	X	X			X	
5	24-04-2005		X	X				X	
6	25-04-2005		X			X		X	
7	26-04-2005		X					X	

Tabla 45. Presencia de las especies de peces y reptiles como fauna acompañante en la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*) sobre la cordillera sumergida de Nazca, noviembre-diciembre 2005.

Lance	Fecha	Isurus oxyrinchus	Prionace glauca	Alopias supercilliosus	Alepisaurus ferox	Lampris guttatus	Coryphaena hippurus	Gempylus serpens	Lepidocybium flavobrunneum	Ruvettus pretiosus	Tetrapterus audax	Acanthocybium solandri	Katsuwonus pelamis	Thunnus alalunga	Thunnus albacares	Thunnus obesus	Masturus lanceolatus	Dermochelys coriacea
1	12-11-2005	X	X			X												
2	13-11-2005	X	X					X	X									
3	14-11-2005	X	X														X	
4	15-11-2005	X	X		X	X								X		X		
5	16-11-2005	X	X															
7	18-11-2005	X	X						X	X			X			X		
8	20-11-2005		X												X			
9	23-11-2005	X	X			X	X		X	X								
10	24-11-2005		X							X								
11	27-11-2005		X	X			X			X					X			
12	28-11-2005	X	X				X		X	X	X	X						X
13	29-11-2005	X	X				X			X								
14	30-11-2005		X				X									X		
15	01-12-2005		X							X						X		
16	04-12-2005		X				X			X						X		
17	05-12-2005		X							X								
18	06-12-2005	X	X			X			X	X						X		
19	07-12-2005		X			X				X					X			
20	08-12-2005		X			X	X											

4.2.11. Composición de la dieta de la fauna acompañante (por especie) de *Xiphias gladius*

Crucero otoño 2005

La fauna asociada estuvo compuesta por 9 especies, de las cuales sólo se dispuso de muestras para analizar el contenido estomacal de peces de la familia Gempylidae y de las especies *Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* y *Thunnus obesus*. Los especímenes correspondientes a Lampridae *Thunnus albacanes* y *Tretaptus audax* no presentaron contenido estomacal (estómagos vacíos), (Tabla 46).

Tabla 46. Presencia y ausencia de ítems alimentarios que constituyen parte de la dieta de las especies de fauna asociada a *X. gladius* colectadas en la Cordillera de Nazca. Crucero 1/2005 (otoño, 2005). +: Presencia del ítem en la especie; --: Ausencia del ítem en la especie; re: restos.

<i>Especie</i>	<i>Dosidicus gigas</i>	Calamar (re)	Teleosteos (re)	Myctophidae
Gempylidae	+	--	+	+
<i>Thunnus obesus</i>	+	+	+	--
<i>Isurus oxyrinchus</i>	+	+	--	--
<i>Coryphaena hippurus</i>	+	+	+	--

- **Gempylidae**

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de los individuos pertenecientes a este grupo señala que las presas más comunes son los peces (89,98%) y cefalópodos (10,02%) (Tabla 47). En total se identificaron tres ítems que forman parte de la dieta de los individuos de la familia Gempylidae, de los cuales dos correspondieron a peces y uno a cefalópodos. El ítem de mayor importancia en la dieta de este recurso lo constituyen peces teleósteos no identificados (48,87%) y peces de la familia Myctophidae (41,11%), los que en conjunto explican el 89,98% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 47. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de especímenes de la familia Gempylidae (n= 16), en el crucero 1/2005.

Item alimentario	%N	%P	%F	%IIR
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	10,00	10,18	11,11	10,02
PISCES				
Myctophidae	40,00	52,24	11,11	41,11
Teleósteos (no identificados)	50,00	37,58	11,11	48,87
Total IIR(%)				100

- *Thunnus obesus*

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus obesus* señala que las presas más comunes son los cefalópodos (55,68%), seguida por los peces (44,32%) (Tabla 48). En total se identificaron tres ítems que forman parte de la dieta de *Thunnus obesus*, de los cuales dos correspondieron a cefalópodos y uno a peces teleósteos. Los ítems de mayor importancia en la dieta de este recurso son los calamares (51,52%) y peces teleósteos (44,32%), los cuales en conjunto explican el 95,84% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 48. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus obesus* (n= 12), en el crucero 1/2005..

Item alimentario	%N	%P	%F	%IIR
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	6,67	4,55	25,00	4,16
Calamar (no identificado)	46,67	22,73	50,00	51,52
PISCES				
Teleósteos (no identificado)	46,67	72,73	25,00	44,32
Total IIR(%)				100

- *Isurus oxyrinchus*

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Isurus oxyrinchus* señala que las presas preferidas por esta especie son los cefalópodos (100%) (Tabla 49). La especie de mayor importancia en la dieta de este recurso es *Dosidicus gigas* (54,50%).

Tabla 49. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Isurus oxyrinchus* (n= 9), en el crucero 1/2005..

Item alimentario	%N	%P	%F	%IIR
MOLLUSCA				
<i>Dosidicus gigas</i>	45,45	83,03	40,00	54,50
Restos de calamar	54,55	16,97	60,00	45,50
Total IIR(%)				100

- *Coryphaena hippurus*

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* señala que las presas más comunes son los peces (85,33%) y cefalópodos (14,67%) (Tabla 50). En total se identificaron tres ítemes que forman parte de la dieta de *Coryphaena hippurus*, de los cuales dos correspondieron a cefalópodos y uno a peces no identificados. El ítem de mayor importancia en la dieta de este recurso son los restos de peces no identificados (85,33%). La presencia de *Dosidicus gigas* (10,88%) es de menor importancia. En conjunto explican el 96% aproximadamente de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 50. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* (n= 7), en el crucero 1/2005..

Item alimentario	%N	%P	%F	%IIR
MOLLUSCA				
<i>Dosidicus gigas</i>	6,67	15,09	33,33	10,88
Restos de calamar	6,67	0,91	33,33	3,79
PISCES				
Restos de peces teleósteos	86,67	84,00	33,33	85,33
Total IIR(%)				100

Crucero primavera 2005

En esta ocasión la fauna asociada estuvo compuesta por 3 especies, de las cuales la especie más frecuente en los lances fue *Coryphaena hippurus*, más conocida como palometa o dorado. De las otras dos especies sólo se obtuvo un estómago con contenido en cada una presentándose como ítem de mayor frecuencia los restos de teleósteos (Tabla 51).

Tabla 51. Presencia y ausencia de ítems alimentarios encontrados en las especies de fauna asociada a *X. gladius* colectadas en la Cordillera de Nazca. Crucero 2/2005 (noviembre 2005).

Especie	Ítem Alimenticio		
	<i>Dosidicus gigas</i>	Restos de Teleosteos (ni)	Restos de anfípodos
<i>Coryphaena hippurus</i>	X	X	X
<i>Prionace glauca</i>		X	
<i>Tretaptusus audax</i>	X	X	

- ***Coryphaena hippurus***

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* muestra valores similares entre tres ítems diferentes (Tabla 52). Los tres ítems identificados que forman parte del contenido gástrico *C. hippurus*, cuales corresponden a cefalópodos, restos de peces y restos de anfípodos.. En términos de número de individuos, la presa preferida serían los restos de anfípodos (91,1%), pero si se observa el indicador gravimétrico son los restos de peces el ítem más importante (79,3%) y según la frecuencia de ocurrencia la presa preferida es *Dosidicus gigas* (60%). El IIR% en este caso no revela una diferencia clara por ninguno de los ítems consumidos.

Tabla 52. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* (n= 4), en el crucero 2/2005.

Item alimentario	%N	%P	%F	%IIR
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	6,67	18,88	60,00	30,52
PISCES				
Restos de peces teleósteos	2,22	79,25	20,00	32,45
CRUSTACEA				
Restos de anfípodos	91,11	1,87	20,00	37,03
Total IIR(%)				100

La fauna asociada a *X. gladius* en la zona de estudio presenta una variación en el número de especies en los dos muestreos realizados, es así como de nueve especies presentes en el muestreo de otoño de 2005, se redujeron a tres durante el muestreo de primavera.

De acuerdo al análisis de presencia y ausencia de especies presentes como ítems alimentarios de *X. gladius* y su fauna asociada, se puede apreciar una coincidencia entre algunas especies de la fauna asociada por los mismos ítems que consume *X. gladius*, es así como *T. alalunga*, *T. albacares*, *T. obesus*, *P. glauca* y *Coryphaena hippurus* muestran en sus contenidos gástricos la presencia constante de cefalópodos en especial de *Dosidicus gigas*. Esta especie en mayor o menor importancia están presentes en gran número de estos depredadores. En los resultados del presente estudio también se pudo determinar que los peces teleósteos estuvieron presentes en varias de las especies asociadas a *X. gladius* en la zona muestreada.

En un estudio realizado por Aguiar y Haimovici (2002), en la costa sur de Brasil estos autores determinaron que los individuos pertenecientes a la familia Ommastrephidae fueron más importantes en la dieta de los depredadores del talud continental y aguas oceánicas adyacentes. Cabe destacar que en dicha zona, al menos siete especies asociadas a *X. gladius* son coincidentes con las encontradas en la zona de estudio del presente trabajo. Al igual que en la presente investigación esas especies muestran una fuerte predación sobre los cefalópodos de la familia Ommastrephidae, familia a la cual pertenece *D. gigas*. Se podría

considerar entonces que estos organismos cumplen un rol importante en las relaciones tróficas de los ecosistemas marinos oceánicos, ya que forman parte importante de la alimentación de varias especies oceánicas de importancia económica.

De acuerdo a las muestras analizadas y dado que el segundo crucero aportó con escasos especímenes de fauna asociada, es difícil concluir acerca de preferencias por determinadas presas en los contenidos estomacales entre ambos cruceros, no obstante los resultados obtenidos sugieren que *Dossidicus gigas* es la presa más importante para *Isurus oxyrinchus* y *Thunnus obesus* y de menor importancia para *Coryphaena hippurus* y peces de la familia Gempylidae. Otras presas secundarias son principalmente peces y anfípodos hipéridos.

4.2.12 Relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico

Análisis factorial

Se analiza la base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003-2005 correspondiente a 43 observaciones o lances de pesca efectuados en los cruceros de verano e invierno (FIP 2002-04) y de otoño y primavera (FIP 2004-34). Se consideraron las siguientes variables: captura en peso por lance (CAP) (PL), captura en número (LN), peso tronco medio por lance (PTR) (pPL), latitud y longitud del lance (lat-long), temperatura superficial del mar satelital (tsms), concentración de clorofila (cloa), salinidad (sss), altura superficial del mar (ssh), batimetría (bat), porcentaje de macho (M) y hembras por lance (H).

En el análisis multivariado se seleccionan las variables ambientales tsms, sss, cloa, ssh y bat como activas. Como variables ilustrativas continuas se emplean latitud, longitud, PTR, CAP, LN, M, H y como ilustrativa nominal los periodo del crucero (verano, otoño, invierno y primavera).

 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

El primer eje factorial explica un 39,42% de la varianza, en tanto el segundo eje explica un 28,17%, explicando en forma conjunta el 67,59% de la variabilidad total (Tabla 53).

El primer eje está altamente correlacionado con las variables tsmt (-0,89) y sss (-0,85), el segundo eje está correlacionado principalmente con las variables cloa (0,78) y bat (-0,82), y el tercer eje por la ssh (-0,64) (tabla 54). La Figura 95, muestra la representación de las variables en el plano formado por el primer y segundo eje factorial.

Tabla 53. Valores propios y grado de explicación de ejes principales

eje	valor propio	porcentaje explicación	porcentaje acumulado
1	1,98	39,42	39,42
2	1,36	28,17	67,59
3	0,72	14,36	81,95
4	0,69	13,10	95,05
5	0,25	4,95	100

Tabla 54. Correlación con los ejes factoriales de las variables activas e ilustrativas.

variables activas	eje1	eje 2	eje 3
tsms	-0,89	-0,20	-0,18
sss	-0,854	0,22	-0,34
cloa	0,23	0,78	0,05
ssh	0,64	-0,22	-0,73
bat	0,04	0,82	-0,2
variables ilustrativas	eje1	eje 2	eje 3
long	-0,31	-0,30	-0,36
lat	0,82	-0,28	0,18
PL	0,18	-0,36	-0,08
pPl	0,30	0,08	0,00
NL	-0,08	-0,46	-0,08
LMIH	0,32	0,10	0,13
M	0,22	-0,19	-0,18
H	-0,05	0,19	0,02

Las variables en el espacio factorial creado por las variables oceanográficas (Fig. 95), indican que las mayores capturas (NL y CAP) se relacionan con valores de batimetría que indicarían zonas de mayor profundidad, con valores de clorofila bajos. Se observa además que los individuos más grandes se capturaron en temperaturas más bajas y con un aumento en la latitud lo que coincide con lo observado por DeMartini (2000).

Al desplegar las variables biopescueras con respecto a la variable estaciones la Figura 96 muestra la existencia de una variación estacional de los individuos según su talla, se observa que en la estación más cálida se capturaron individuos de menor tamaño (96 % de juveniles), a diferencia de el crucero de primavera en que se pescó un número inferior de ejemplares, pero de mayor talla, en las estaciones de otoño e invierno se registran las capturas de individuos de menor talla que en primavera.

La distribución de las variables oceanográficas en el plano factorial muestra que existe una marcada diferencia entre la estación de invierno con respecto a las otras, los lances efectuados en invierno se relacionan con salinidad y temperatura bajas, y valores de la variable altura del mar mayores, esto responde a que la distribución espacial de los lances hechos en invierno fue al sur de la zona de estudio (Fig. 97).

En el análisis de clasificación jerárquica es posible distinguir 2 clases o grupos de observaciones bien diferenciados entre si (Fig. 98), La clase o grupo 2 está formado por observaciones registradas en el crucero de invierno, donde la mayoría de los lances se efectuaron al sur de los 25°S. Los valores de tsms son bajos fluctuando alrededor de los 18°C , valores de cloa altos (0.10 mg/m³ promedio), salinidad relativamente menores (34.91 psu promedio), se registra además un valor superior en la variable altura del mar (6,32 cm) (Fig. 99 y Tabla 54), los individuos capturados son relativamente más grandes. La clase 1 está representada por observaciones pertenecientes a los cruceros en las estaciones de verano, otoño y primavera, y se caracteriza por valores de TSM y salinidad mayores, de cloa y altura del mar menor, y por registrar ejemplares con menor PTR. Al comparar las distribuciones de frecuencia de LHMI, el Test de Kolmogorov-Smirnov determina diferencias significativas entre las clases 1 y 2 (ks=0,5, p-valor=0,0207).

Con respecto a la composición de la dieta de los ejemplares muestreados, el consumo de cefalópodos predominó en las dos clases siendo mayor en clase 2 (70%) que en la clase 1 (67%), el consumo de peces es menor 32% en la clase 2 y 29% en la clase 1, es el consumo de crustáceos el que diferencia a ambas clases haciéndose presente sólo en la estación más fría (1%).

La captura de fauna acompañante muestra en ambas clases porcentajes de raya (30% clase 1 – 32% clase 2), tiburón (30% clase 1 – 34% clase 2) y peces (26% clase 1 – 34% clase 2) es similar, observándose diferencias en la aparición de atunes, en la estación fría no se registra la presencia de atunes como fauna acompañante (15% clase 1 – 0% clase 2) (tabla 55).

Tabla 55. Valor medio de variables activas e ilustrativas por clase obtenidas del análisis de clasificación jerárquica, basado en los datos de los cruceros de verano, otoño, invierno y primavera.

	clase 1	clase 2
long	-82,79	-82,04
lat	-22,73	-24,82
tsms	20,73	18,38
sss	35,18	34,91
cloa	0,08	0,10
ssh	0,93	6,32
bat	-3250	-2890
CAP	370	411
PTR	36	42
NL	13	10
LMIH	151	158
Nfa	16	8
raya	30	32
tel	26	34
Tib	30	34
atun	15	0
M	43	54
H	46	48
Pest	843	1013
Pcef	67	70
Ppez	32	29
Pcru	1	0

Modelos aditivos generalizados

En la Figura 100 se pueden observar las salidas gráficas de los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) ajustados a la base datos ambiente-recurso generada con la información oceanográfica pesquera asociada a los lances de pesca efectuados en los cruceros de verano e invierno (FIP 2002-04) y de otoño y primavera (FIP 2004-34) en la Cordillera de Nazca. En la Figura 100, cada gráfico ilustra las relaciones no lineales entre la variable respuesta (log de la CPUE) y cada predictor. El eje Y es una escala relativa, es así como el valor de Y igual a cero es el efecto medio de las variables ambientales ajustadas a la variable respuesta; un valor Y positivo indica un efecto positivo en la respuesta, y uno negativo indica un efecto negativo en la respuesta.

Se ajusta un modelo multivariado que explica el efecto de las variables ambientales sobre los rendimientos de pesca (Tabla 56). El modelo integra las variables ambientales predictoras TSM, CLOA, anomalía de la altura superficial del mar (SSH) y la salinidad superficial del mar (SSS)). El modelo ajustado tiene un $R^2 = 0.8$, con 13.4 grados de libertad (equivalente a 13 parámetros) y 40 observaciones.

Tabla 56. Test de significancia de las variables predictivas del log CPUE en los modelos GAM.

	g.l. No paramétrico	F No parametrico	P
loess (TSM)	2.7	3.935110	0.025051
loess (CLOA)	3.8	2.813537	0.052983
loess (SSH)	3.2	3.052662	0.047807
loess (SSS)	3.7	3.073058	0.040710

La forma de la relación no lineal ajustada, entre variable respuesta y el predictor TSM muestra que el efecto en la CPUE es positivo a TSM menores de 19°C (Fig. 100a). Esto indicaría que a menor TSM se obtienen mayores rendimientos de pesca de pez espada.

Para la clorofila el efecto es positivo para concentraciones menores a $0,08 \text{ mg/m}^3$ (Fig. 100b). A menores concentraciones se esperaría obtener mejores rendimientos de pesca. En tanto, que para la SSH el efecto es positivo sobre la CPUE en valores mayores a 1 cm, obteniendo un efecto negativo para SSH menores a 1 cm (Fig. 100c).

Caracterización 3-D del ecosistema pelágico de la Cordillera de Nazca.

La caracterización del ecosistema pelágico de la Cordillera de Nazca, asociado a la distribución del pez espada, se basa en los resultados obtenidos de los análisis multivariados efectuados entre variables bióticas y abióticas. De este modo, para el estudio de las relaciones entre múltiples variables se realizan análisis de componentes principales (ACP) y análisis de clasificación jerárquica (ACJ), empleando el software estadístico SPAD. Se consideran las relaciones ambiente-recurso obtenidas al analizar bases de datos generadas durante los cruceros de investigación efectuados en verano e invierno 2003 (FIP 2002-04) y en otoño y primavera 2005 (FIP 2004-34).

La información satelital utilizada (TSM, Cloa, SSS, SSH) permite establecer relaciones con la distribución del pez espada. Las relaciones establecidas en los análisis multivariados ambiente-recurso, permiten realizar una descripción del dominio pelágico y asociarla al estudio del pez espada. Sin embargo, la información satelital solamente se puede asociar con las especies directamente influenciadas por las condiciones bióticas y abióticas de la capa superficial, aunque los parámetros superficiales expresan fenómenos más profundos.

En primer lugar se genera una imagen de la topografía del fondo marino en 3D con los datos de batimetría disponibles; esta imagen sirve de superficie base para la incorporación de las relaciones determinadas y comprende el área localizada entre los $18-30^{\circ}\text{S}$ y $78-87^{\circ}\text{W}$ (Fig. 101).

La caracterización se realiza con las relaciones establecidas entre ambiente – recurso con la base de datos de cruceros; estas se representan en un esquema 3D que integra bajo un enfoque ecosistémico los aspectos bióticos y abióticos asociados a la distribución del pez

espada (Fig. 102). Considerando los resultados del análisis de clasificación jerárquica, se pudo definir 2 grupos asociados a zonas geográficas específicas de la Cordillera de Nazca.

Un primer grupo (1) se localiza al norte del área de estudio y se centra en los 22°45'S y 82°45'W. Este grupo representa a los individuos más pequeños capturados durante los cruceros de verano, otoño y primavera con un PTR promedio igual a 36 kg, cuya distribución se asocia a la presencia de aguas superficiales cálidas (TSM de 20,7°C), de baja productividad (Cloa de 0,08 mg/m³), masas de agua subtropicales (SSM de 35,2 psu) y con baja anomalía de la altura del mar (SSH de 0,93 cm).

El segundo grupo (2) se centraliza en los 24°50'S y 82°W y se caracteriza por individuos de PTR promedio de 42 kg; que se asocian a aguas superficiales menos cálidas (TSM de 18,4°C) que el grupo (1), más productivas (0,1 mg/m³) y a masas de aguas de mezcla (SSM de 34.91 psu). Asimismo, este grupo está representado por individuos cuya dieta se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de cefalópodos (87%), que de peces (10%) y crustáceos (3%).

FIGURAS PROYECTO

“CARACTERIZACION ECOLÓGICA Y PESQUERA DE LA CORDILLERA DE NAZCA COMO AREA DE CRIANZA DEL PEZ ESPADA. FASE II”

PROYECTO FIP N° 2004 – 34

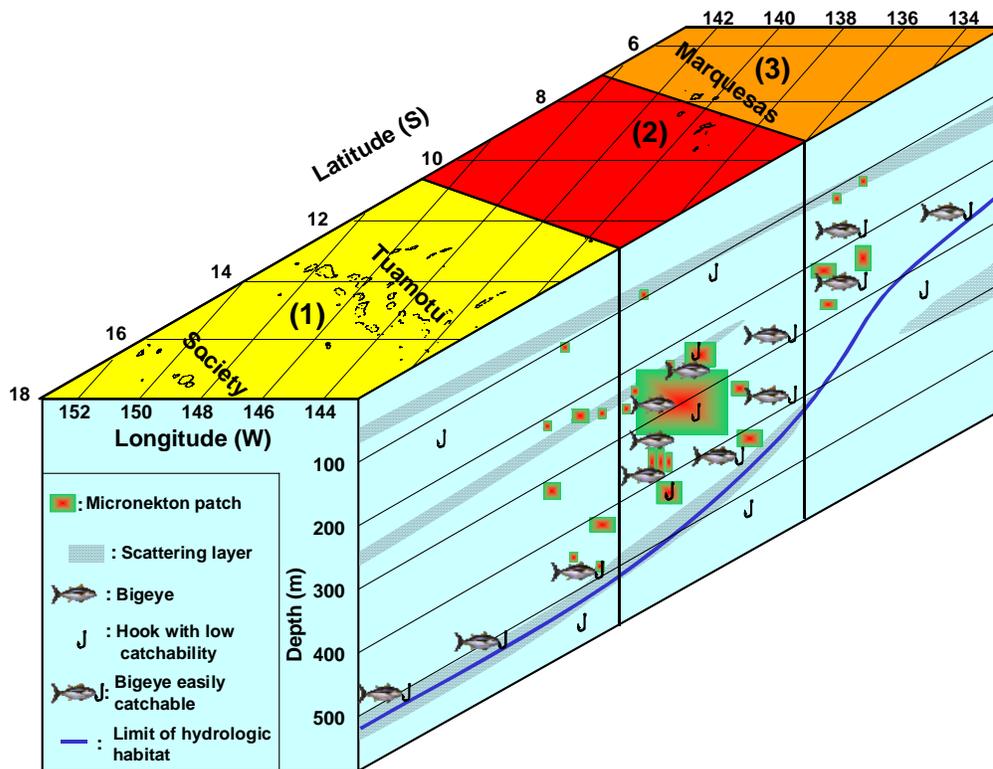


Figura 1. Representación sintética de la distribución y de la capturabilidad del atún ojo grande en Polinesia Francesa (Bertrand *et al.*, 2002).

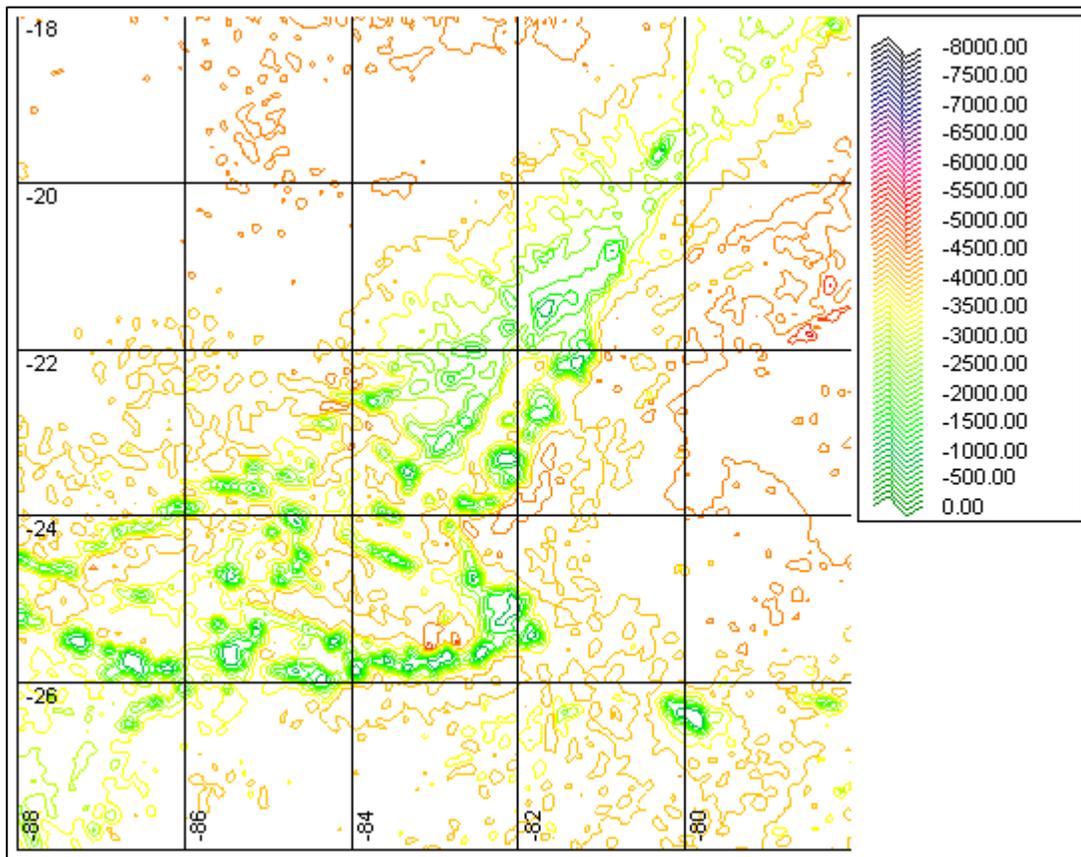


Figura 2. Cordillera de Nazca (Contornos batimétricos).

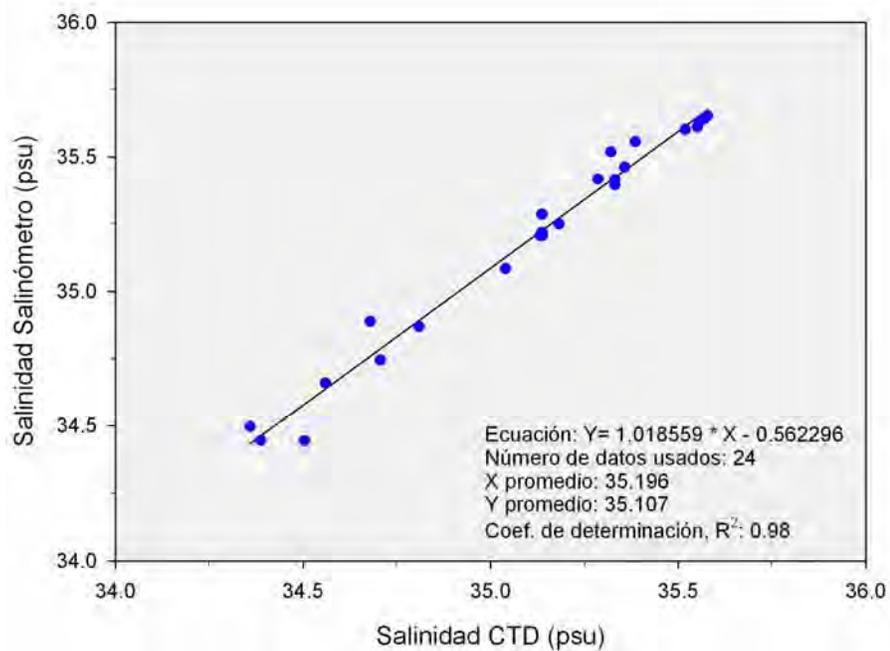


Figura 3. Ecuación de calibración del sensor de salinidad del CTD contra un salinómetro Inductivo calibrado con agua de mar estándar. Crucero de otoño (abril 2005).

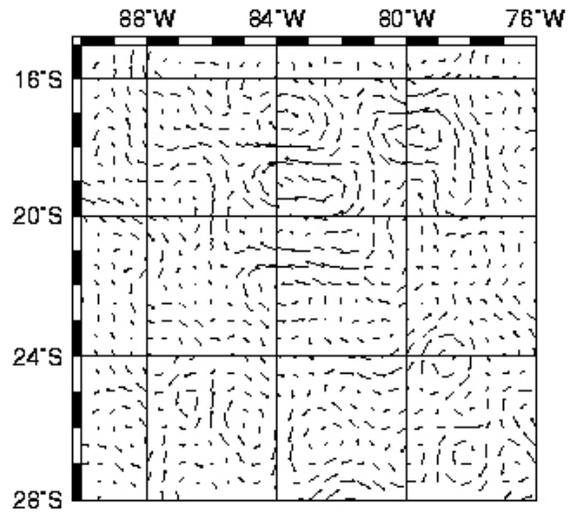


Figura 4. Vector de corrientes oceánicas Topex/Poseidón

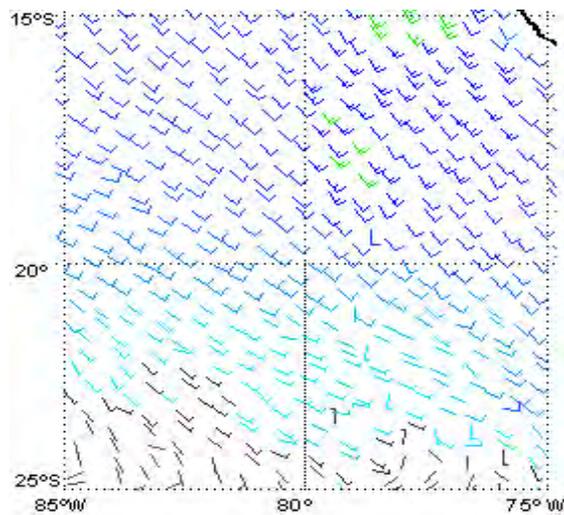


Figura 5. Dirección y velocidad de viento superficial del mar.

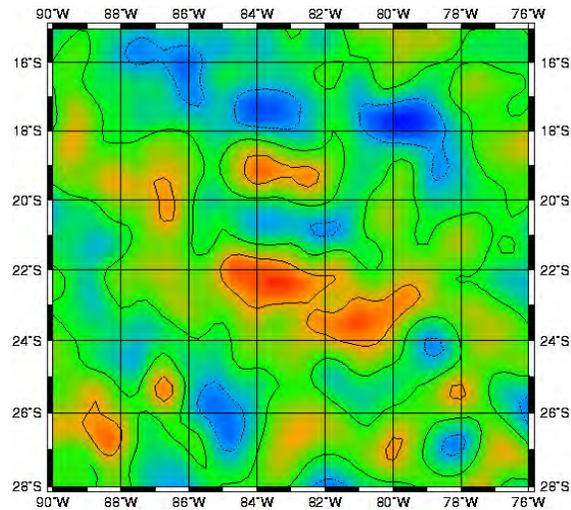


Figura 6. Altura del mar.

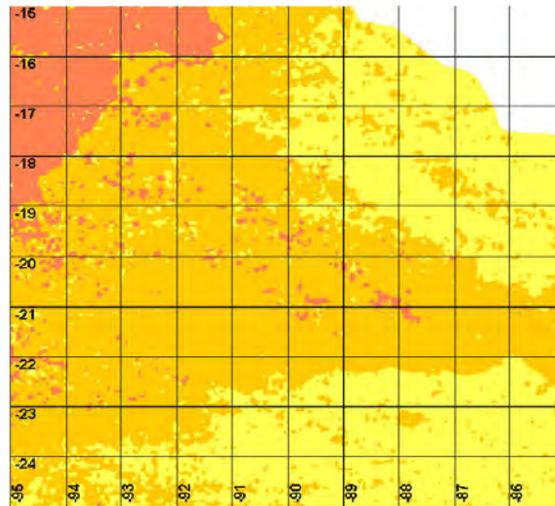


Figura 7. Temperatura superficial del mar (TSM).

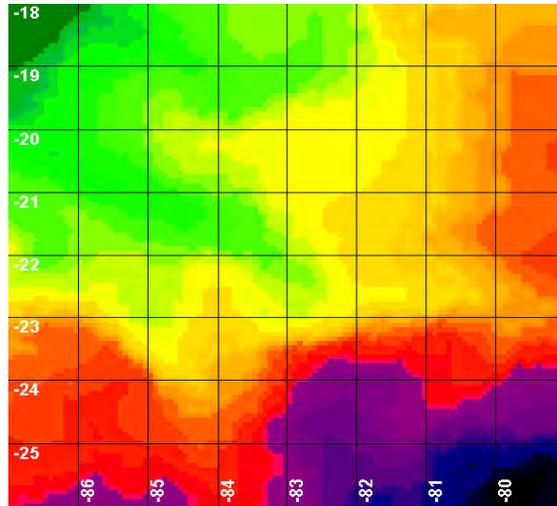


Figura 8. Salinidad superficial del mar (SSM).

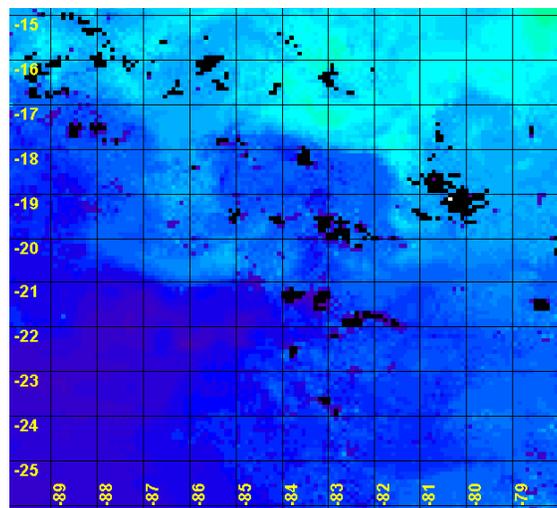


Figura 9. Concentración de clorofila.

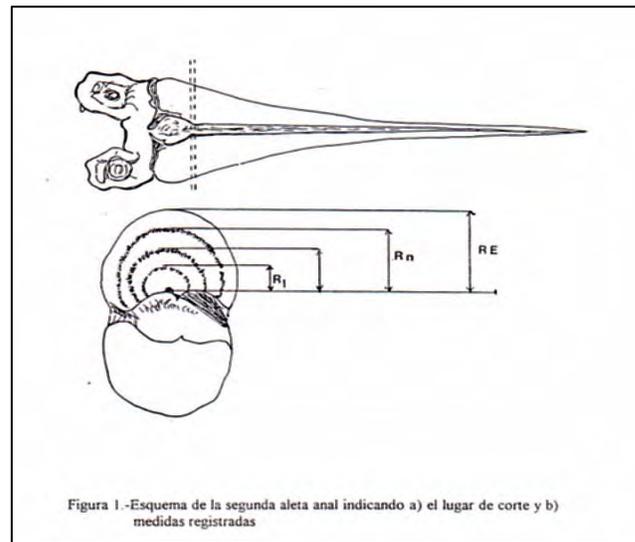


Figura 10. Esquema de la segunda espina anal, indicando las medidas y el lugar de corte.

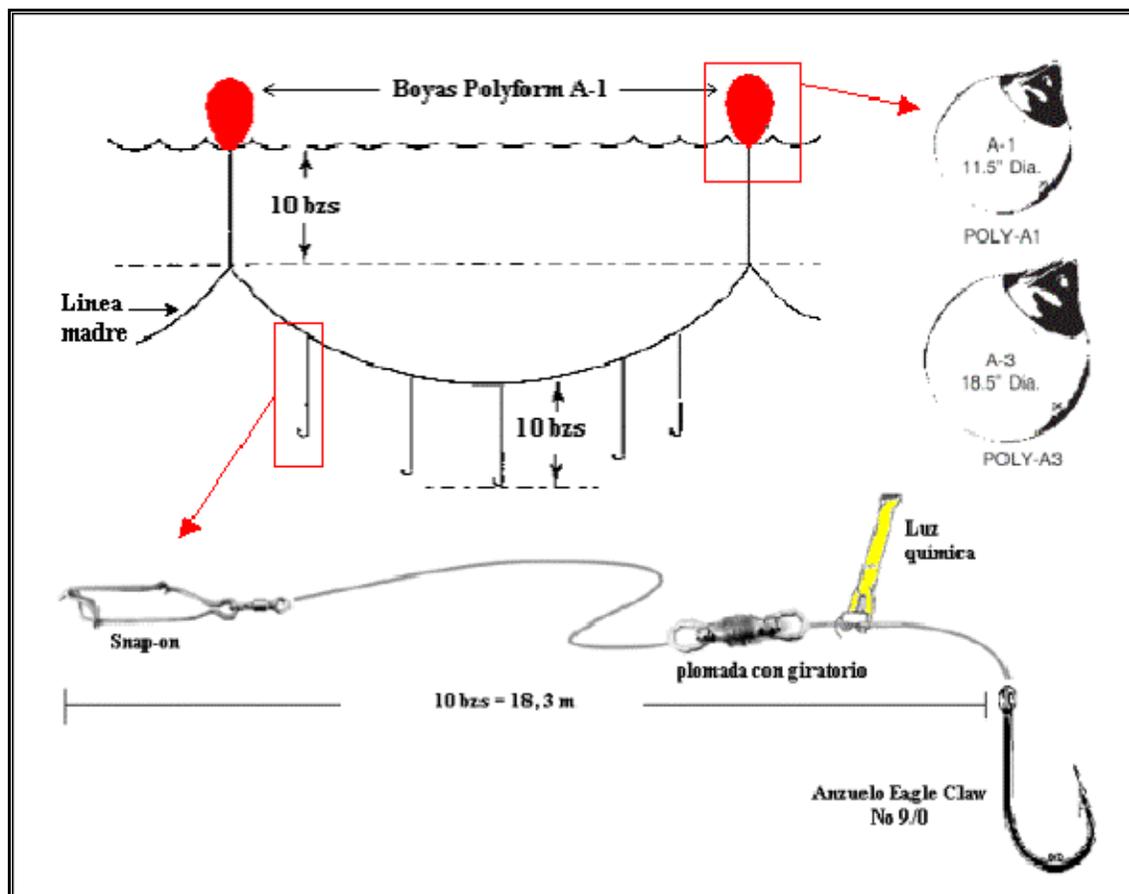


Figura 11. Esquema del arte de pesca utilizado en el crucero de otoño FIP 2004-34.

Características Técnicas Christina-S		Características Técnicas Elena-S	
LOA	18 m	LOA	18 m
MANGA	6,6 m	MANGA	6,6 m
PUNTAL	3,5 m	PUNTAL	3,5 m
MOTOR PPL	Cummins NTA 855	MOTOR PPL	Cummins NTA 855
POTENCIA	350 HP	POTENCIA	350 HP
MOTOR AUX	Cummins 4B 3,9	MOTOR AUX	Cummins 4B 3,9
POTENCIA	84 HP	POTENCIA	84 HP
GENERADOR	Lima 35 Kw	GENERADOR	Lima 35 Kw
COMBUSTIBLE	24000	COMBUSTIBLE	24000
AGUA DULCE	10000	AGUA DULCE	10000
VELOCIDAD CRUCERO	8 Kn	VELOCIDAD CRUCERO	8 Kn
AUTONOMIA	3000 mn	AUTONOMIA	3000 mn
DOTACION	9	DOTACION	9
Equipamiento electrónico		Equipamiento electrónico	
TRANSCPTOR HF	ICOM ICM 700	TRANSCPTOR HF	ICOM ICM 700
TRANSCPTOR VHF	ICOM ICM 120 C	TRANSCPTOR VHF	ICOM ICM 120 C
RADAR	Furuno FR-810	RADAR	Furuno FR-810
VIDEO SONDA	Furuno FCV-261	VIDEO SONDA	Furuno FCV-261
VIDEO SONDA	JRC FF-30	VIDEO SONDA	JRC FF-30
RADIOGONIOMETRO	Simrad-Taiyo ADF-L 110	RADIOGONIOMETRO	Simrad-Taiyo ADF-L 110
NAVEGADOR GPS	Raysta 90	NAVEGADOR GPS	Raysta 90
POSICIONADOR SATELITAL	Mavyasis	POSICIONADOR SATELITAL	Mavyasis
PILOTO AUTOMÁTICO	Wagner MK-4	PILOTO AUTOMÁTICO	Wagner MK-4

Características Técnicas		Equipamiento electrónico	
Eslora	24 m	Tranceptor HF	ICOM IC-M802
Manga	6,9 m	Tranceptor VHF	ICOM IC-M402
Puntal	3,4 m	Radar	Furuno RDP-118
Motor Principal	MWM RH-450	Ecosonda	Furuno FCV-667
Potencia	550 Hp	Navegador GPS	Furuno GP-500
Motor Auxiliar	Perkins AH51043	Posicionador Satelital	Furuno GD-1000
Potencia	65 KVA	Piloto automatico	Marinsys Modem-VMS
Generador	F.G. Wilson XP65E	Sensor de temperatura	Wagner MK-4
Potencia	52 KW		Furuno T-2000
Combustible	40.000 lt		
Agua dulce	20.000 lt		
Velocidad Crucero	9 Kn		
Autonomía	4.000 mn		
Dotación	9 personas		

Figura 12. Embarcaciones utilizadas en los distintos cruceros.

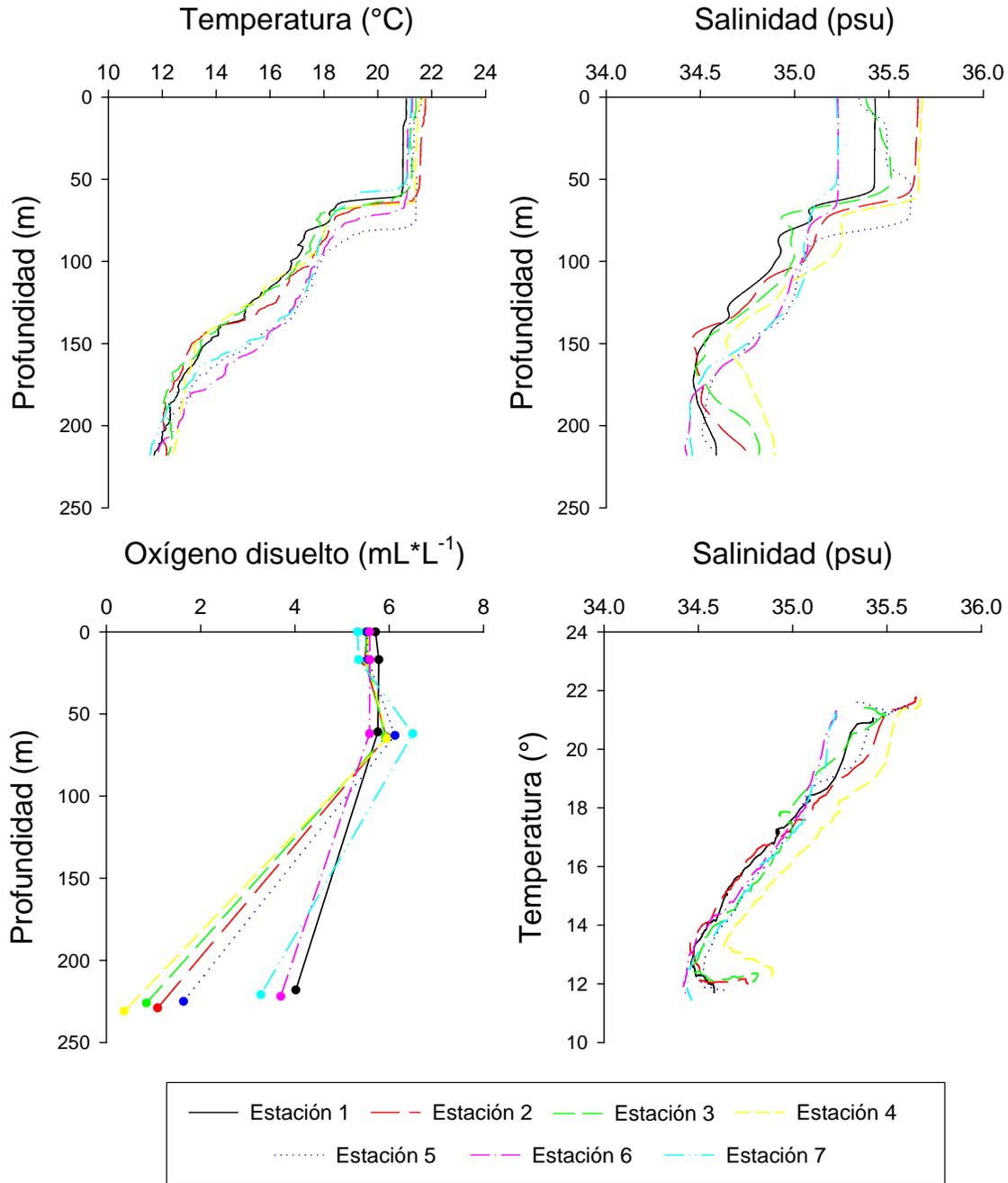


Figura 13. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S para todas las estaciones del crucero de otoño (abril 2005).

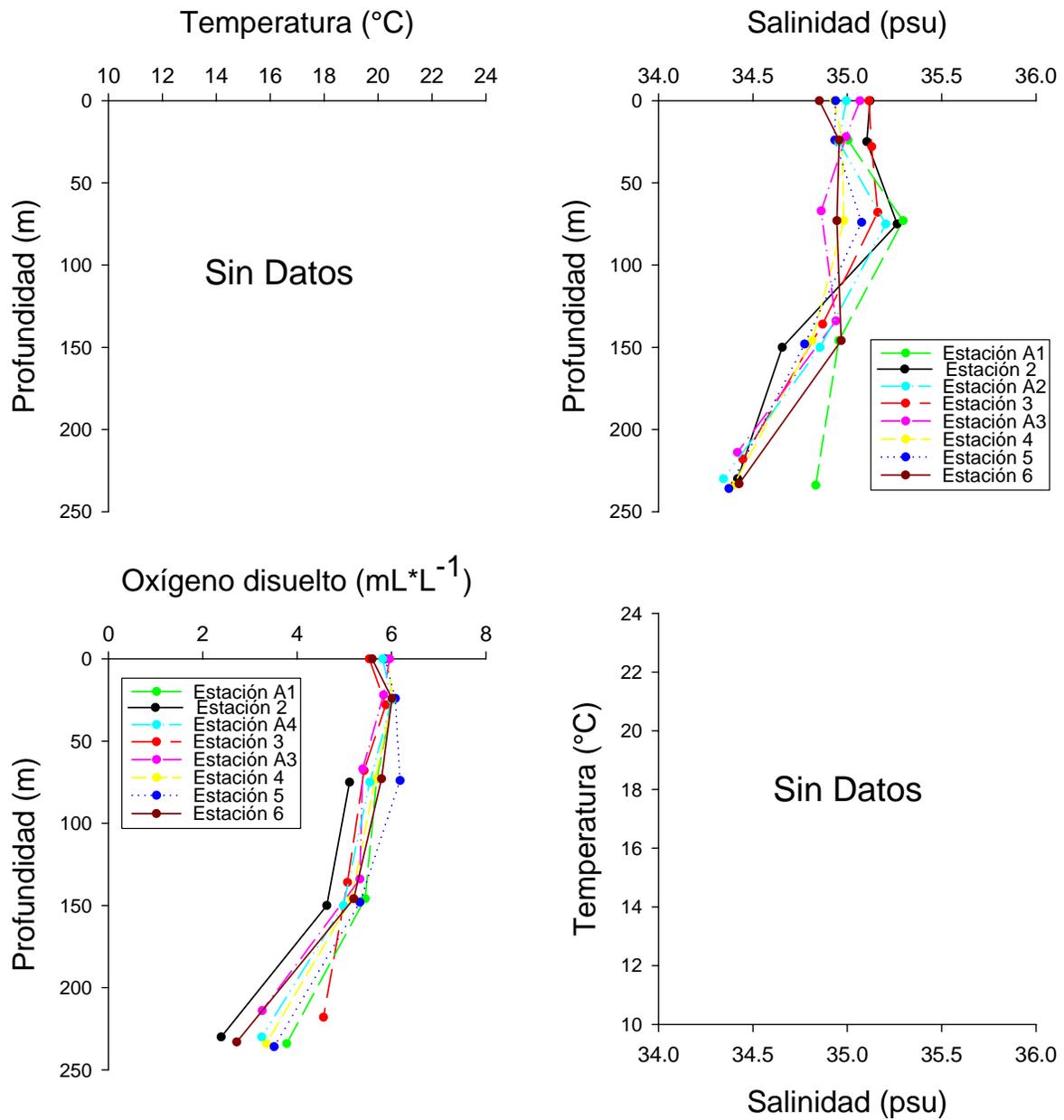


Figura 14. Distribución vertical salinidad y oxígeno disuelto para todas las estaciones del Crucero de primavera (noviembre 2005).

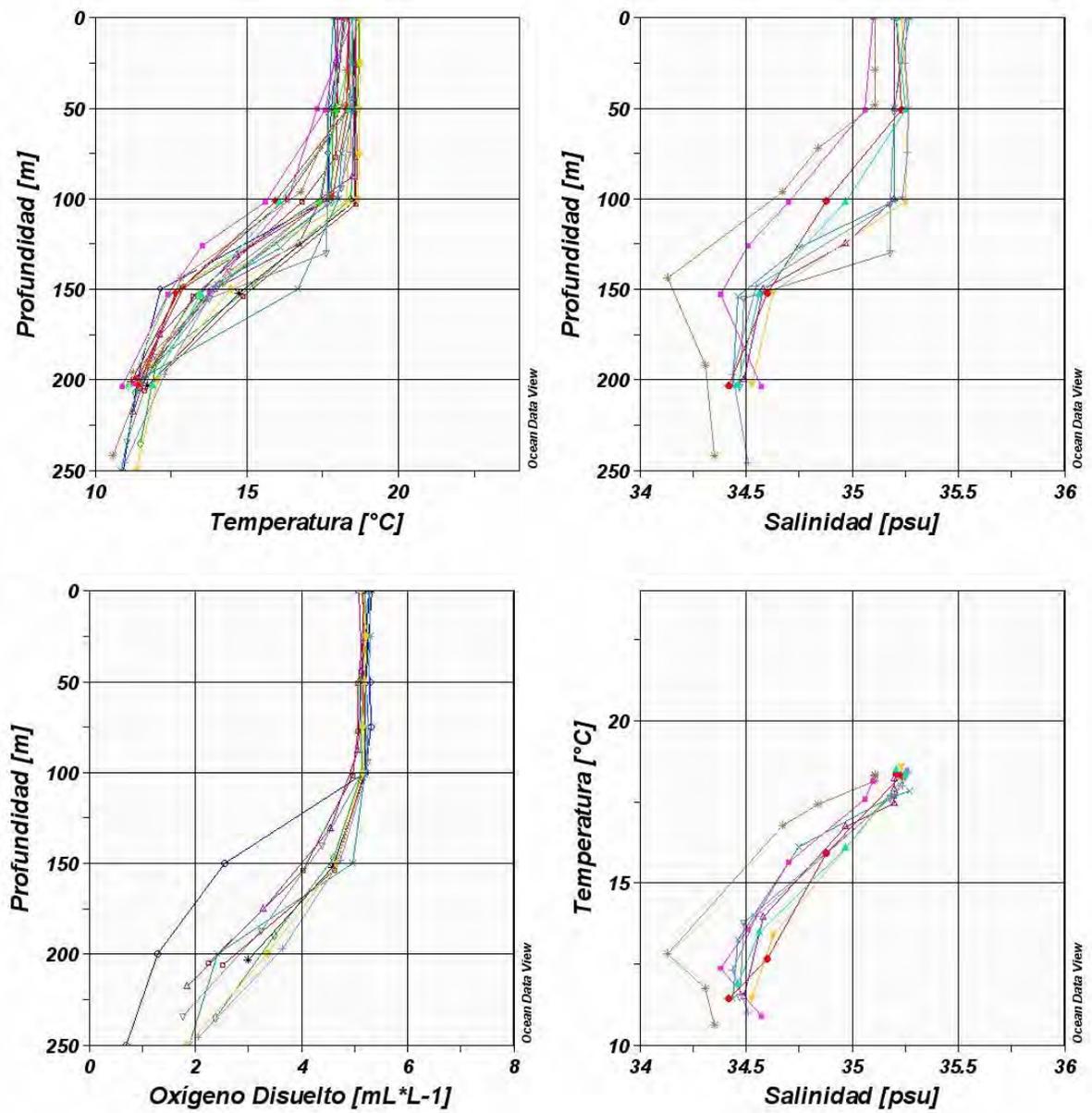


Figura 15. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S de las estaciones históricas ubicadas entre los 20° y 22 °S y entre los 80° y 84 °W, durante el mes de agosto.

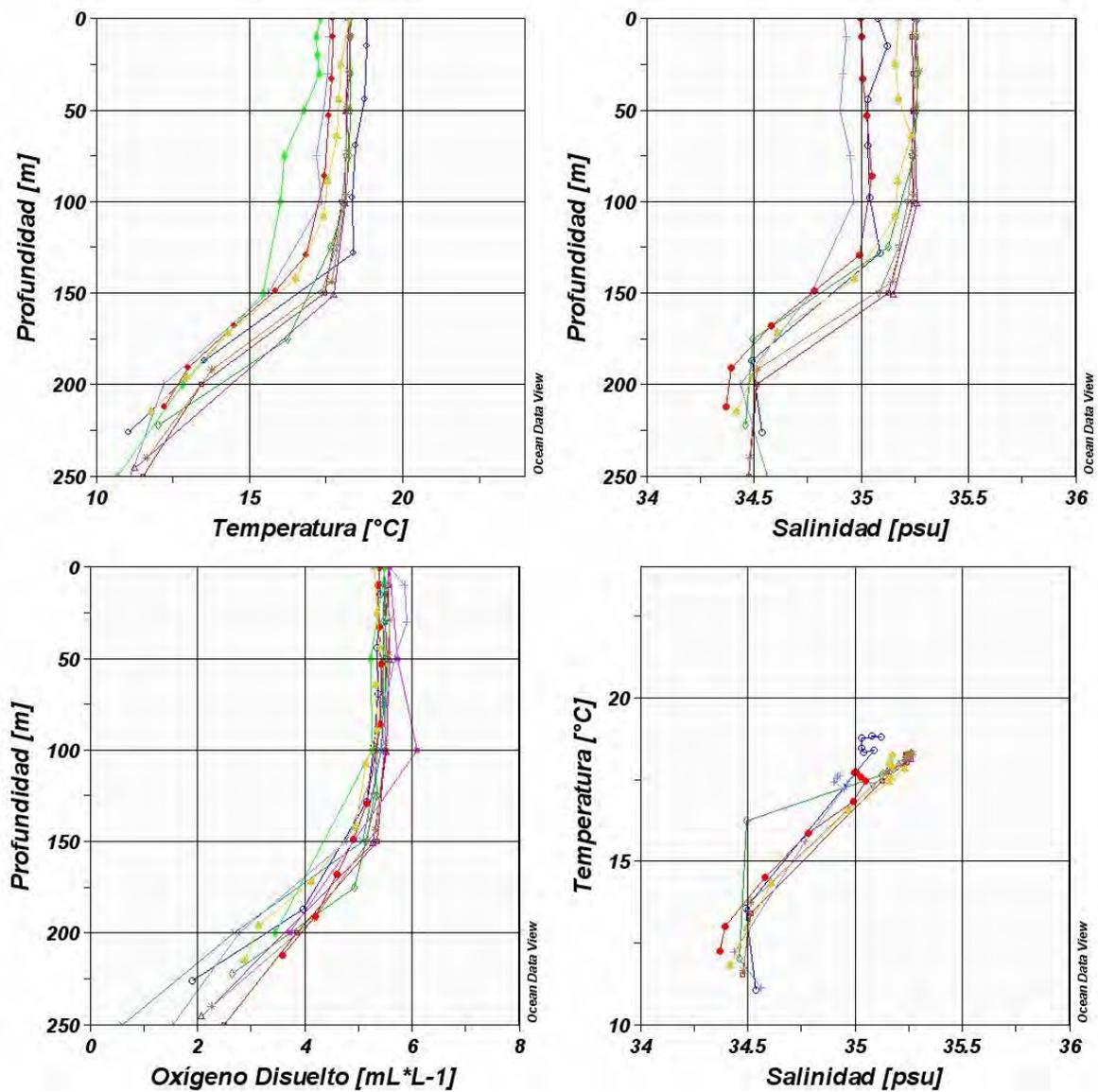


Figura 16. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S de las estaciones históricas ubicadas entre los 22° y 24 °S y entre los 80° y 84 °W, durante el mes de noviembre.

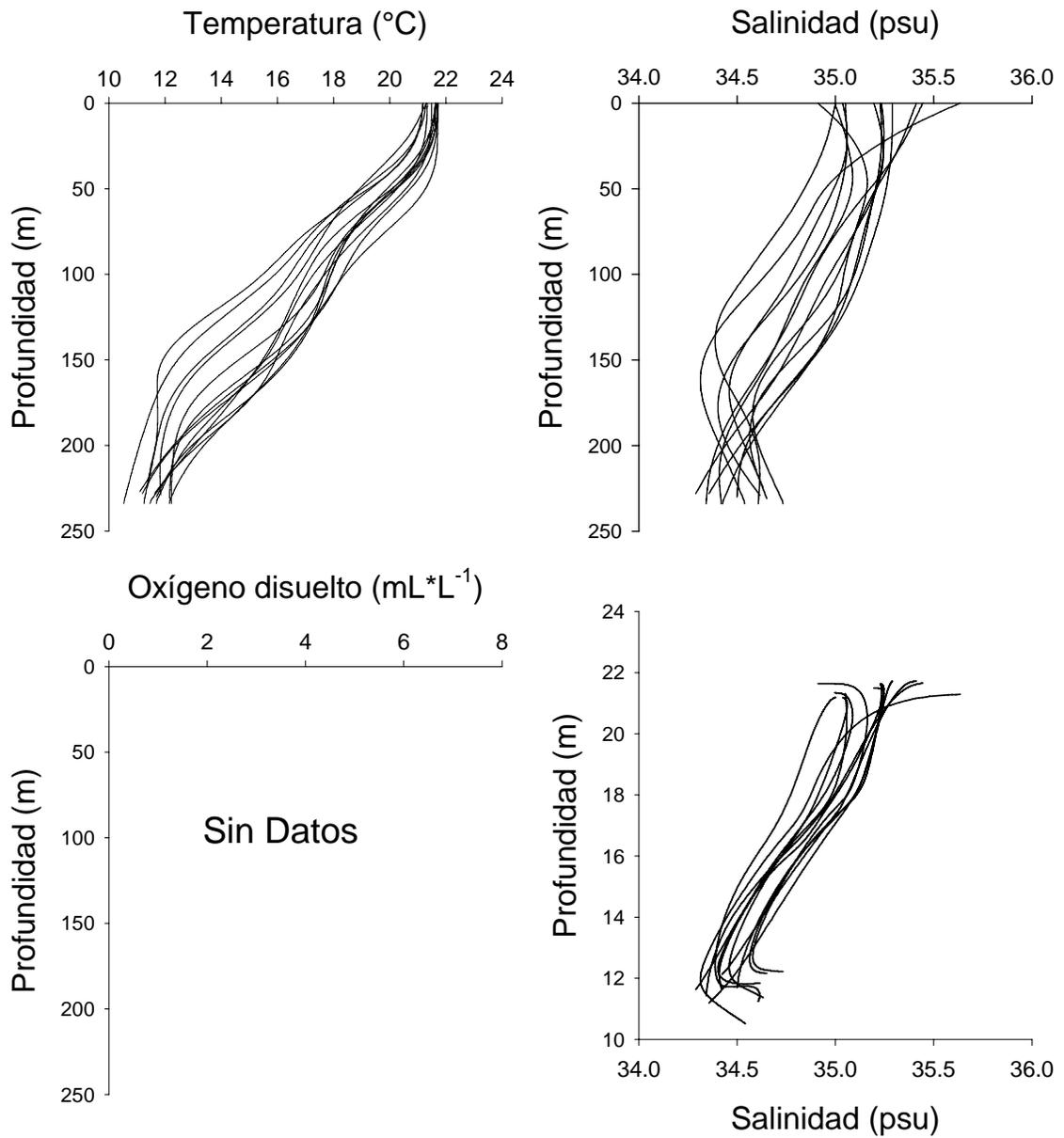


Figura 17. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S, de todas las estaciones del Crucero de verano (febrero 2003).

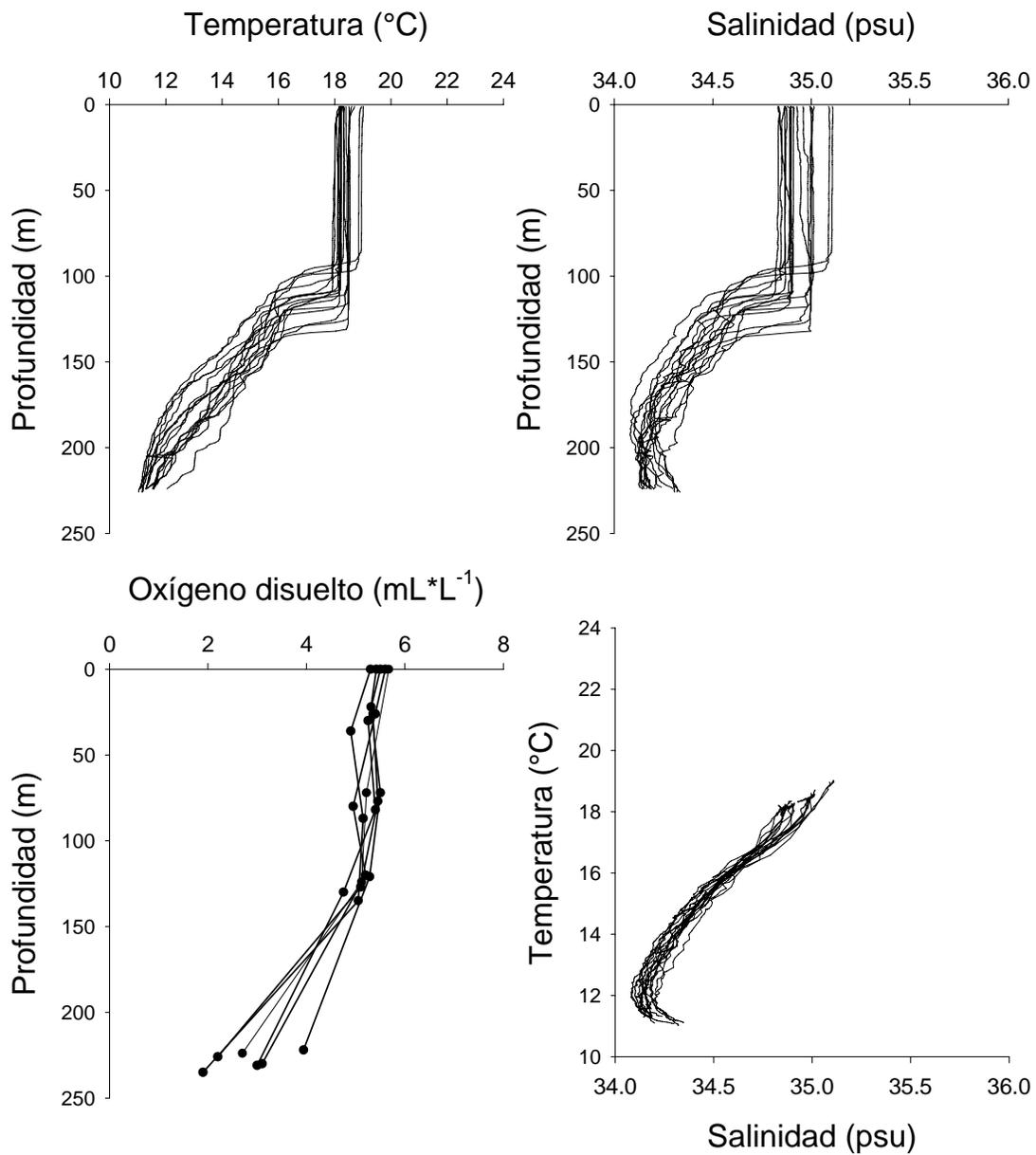


Figura 18. Distribución vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y diagramas T-S, de todas las estaciones del Crucero de invierno (agosto 2003).

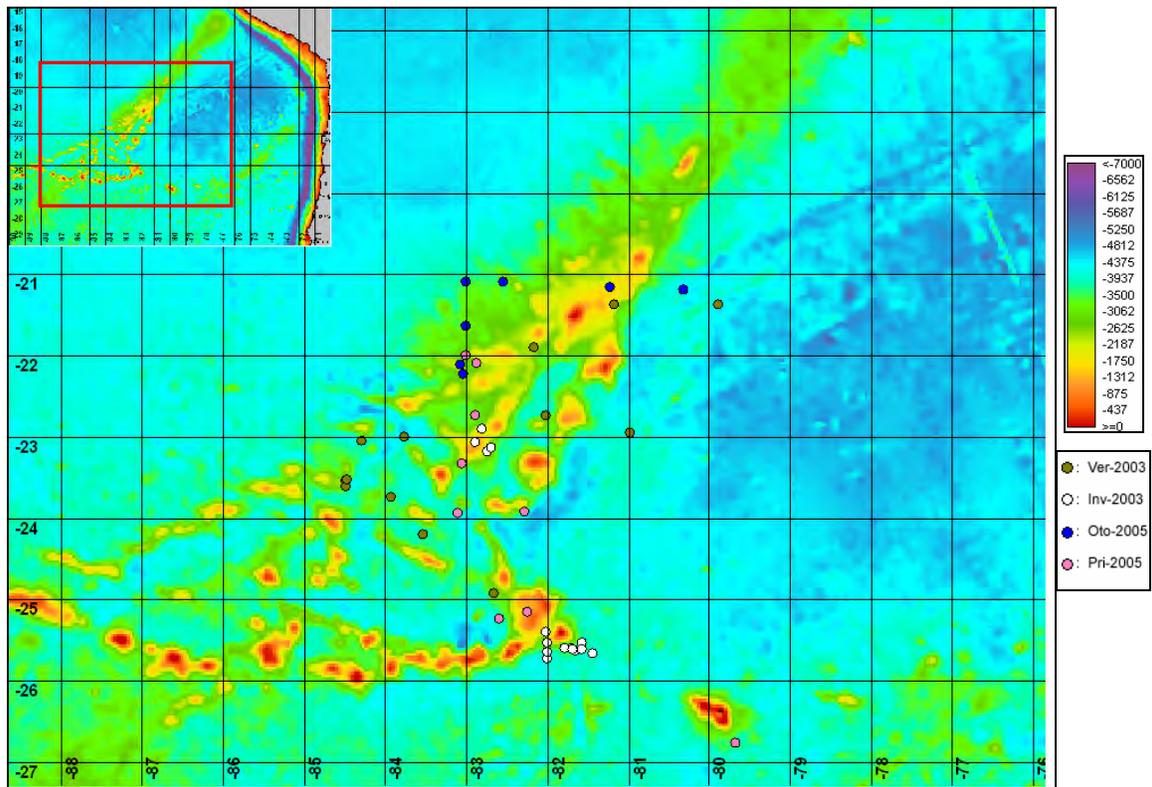


Figura 19. Batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

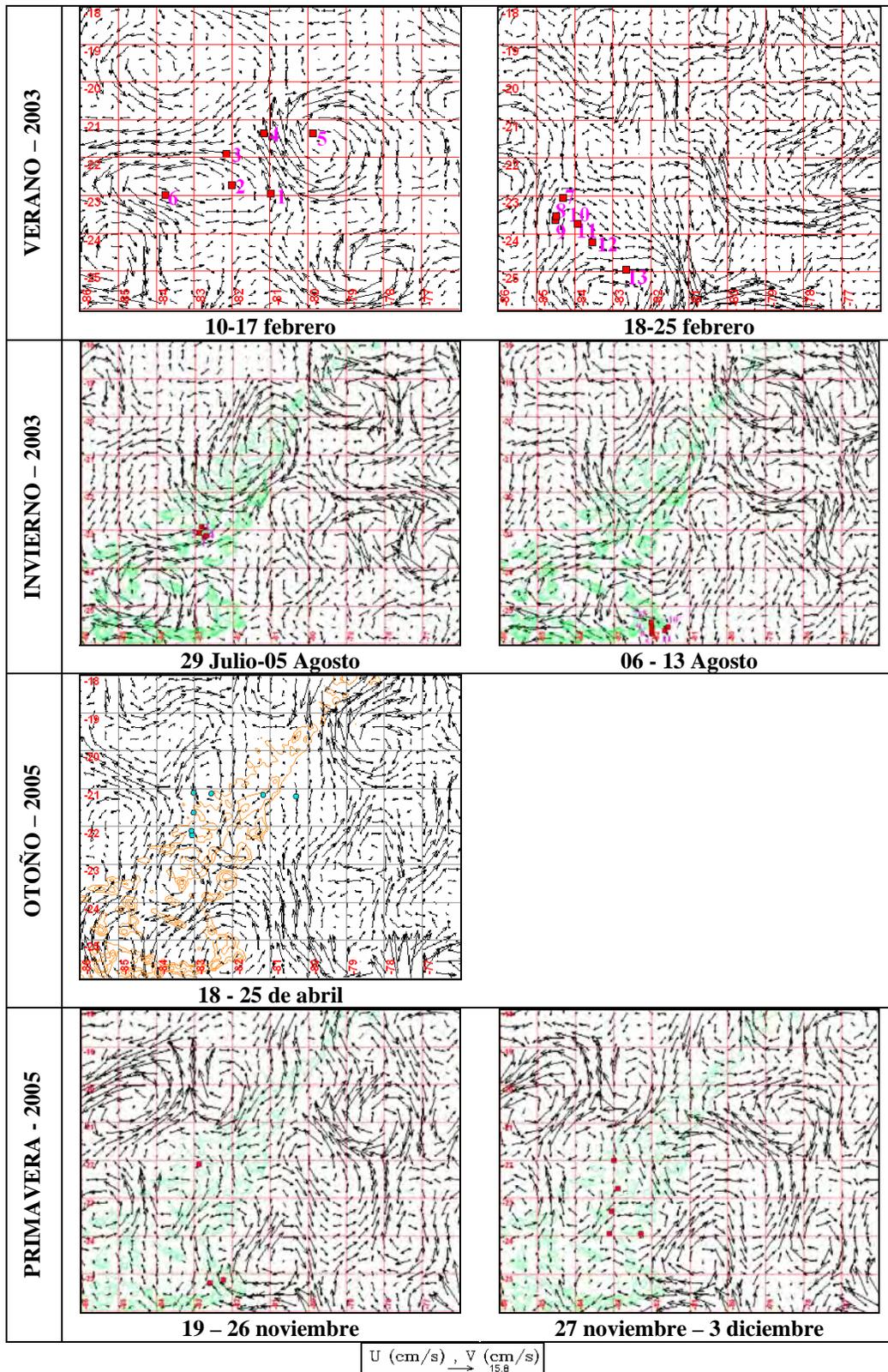


Figura 20. Corrientes geostóficas, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruces de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

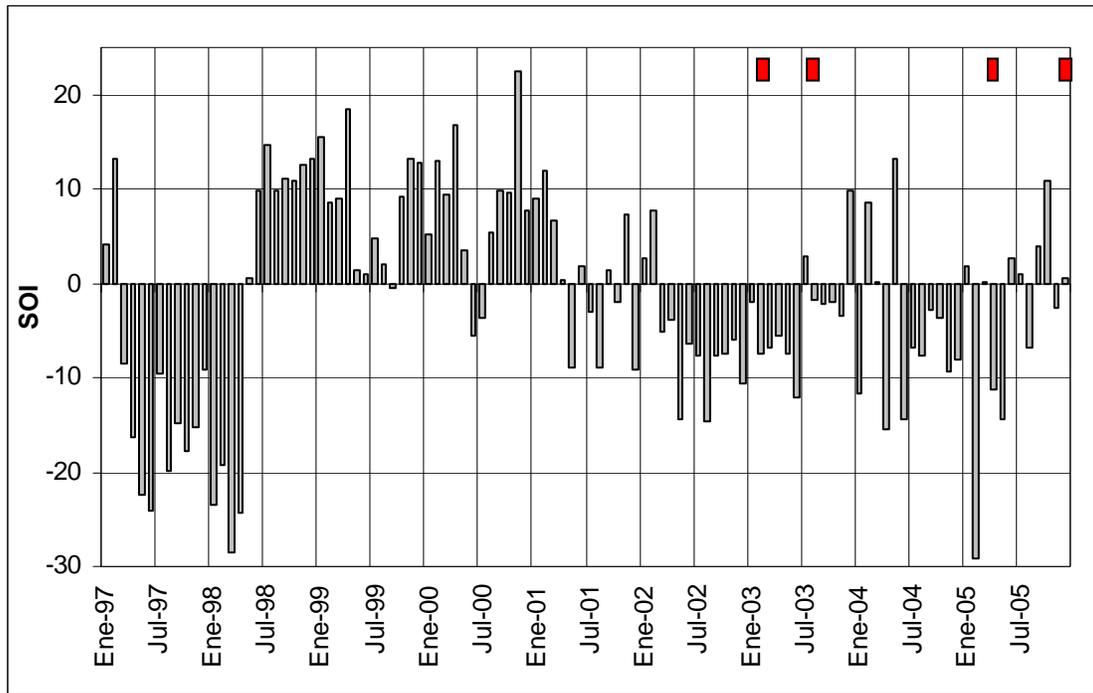


Figura 21. Variabilidad del IOS durante 1997 y 2005. Se indica el período donde se realizaron los cruceros de pesca de proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

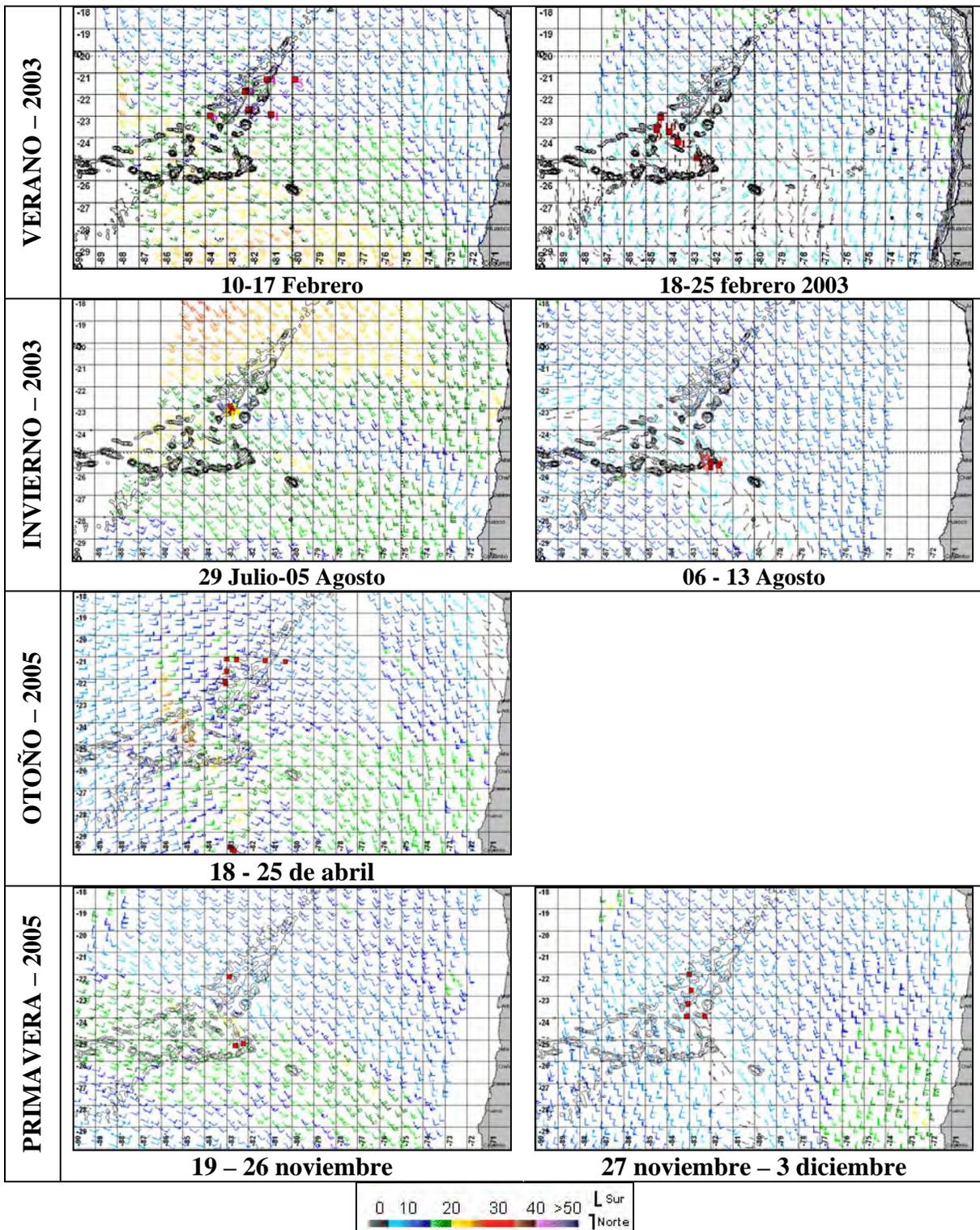


Figura 22. Magnitud y dirección de viento superficial, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruces de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

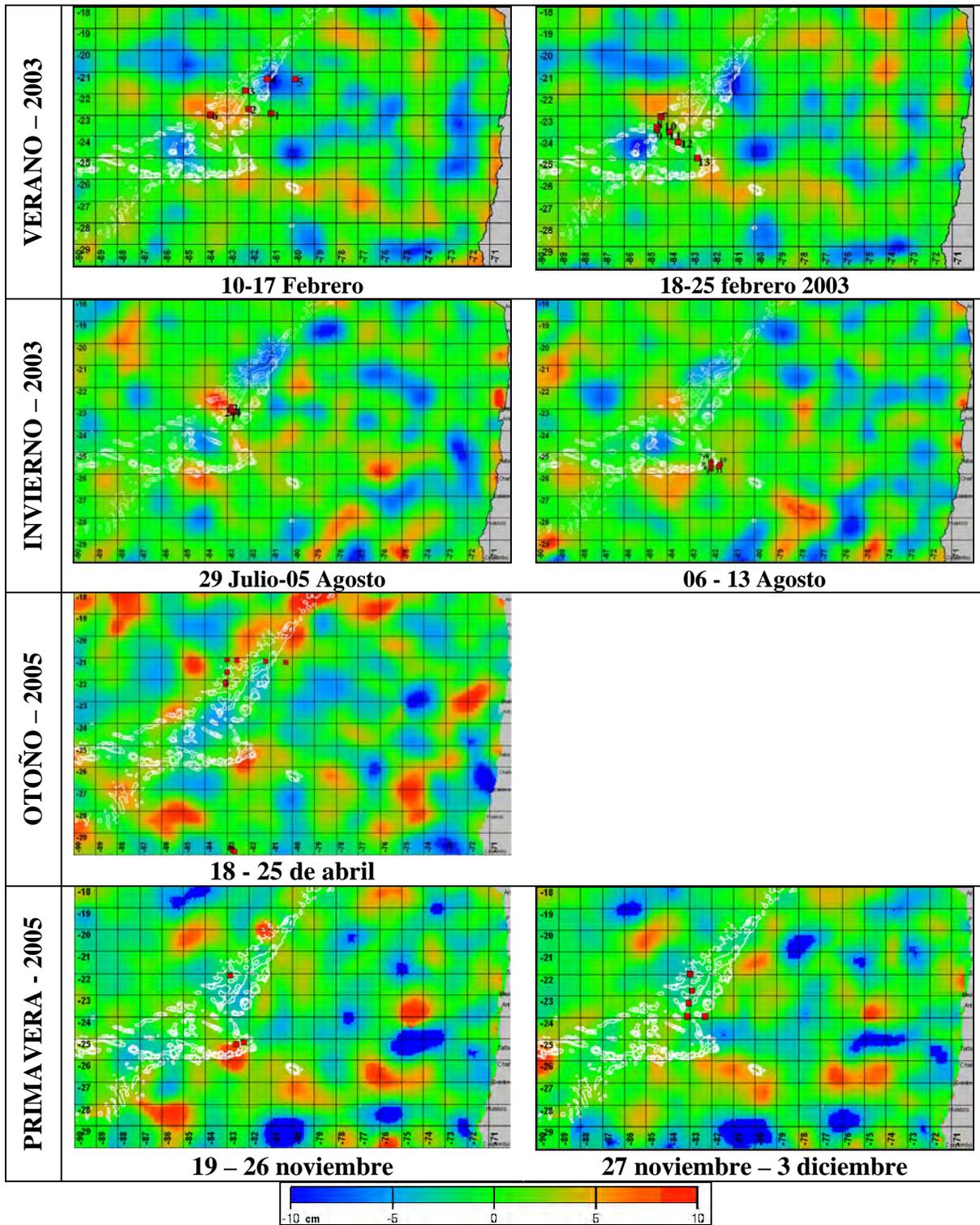


Figura 23. Altura Superficial del mar satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

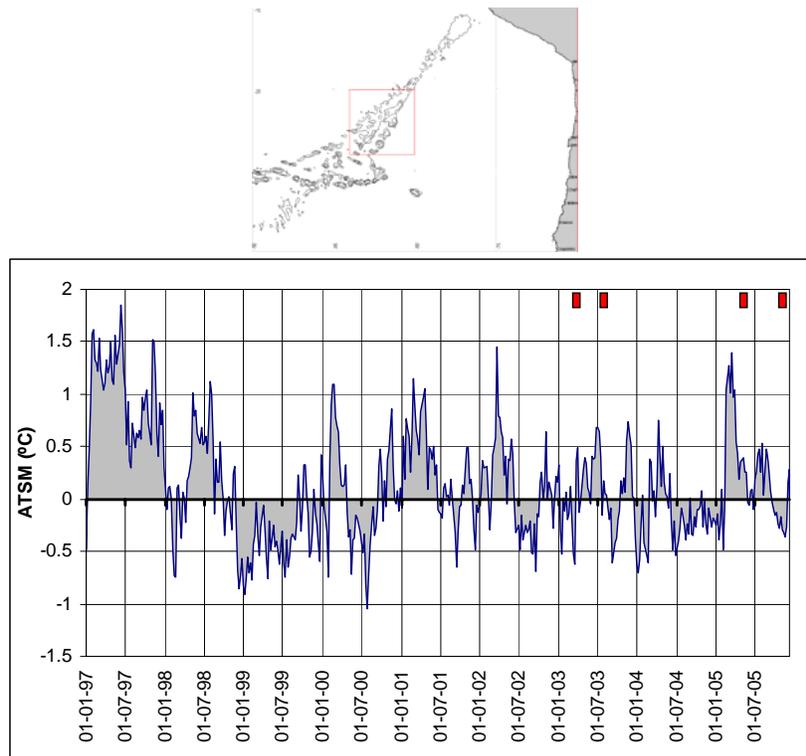


Figura 24. Perfil temporal de la anomalía semanal de la TSM extraída para el área seleccionada de la Cordillera de Nazca.

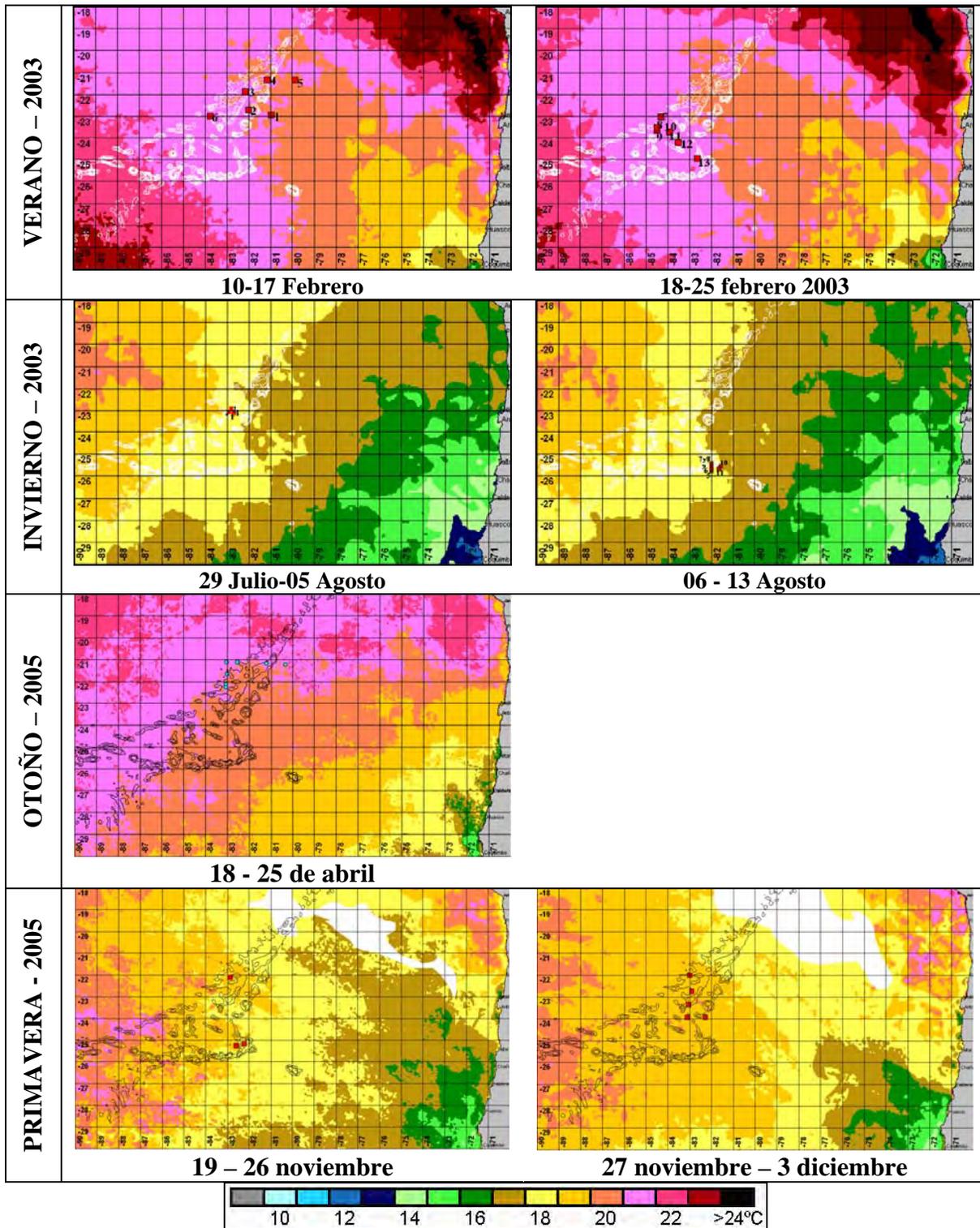


Figura 25. Temperatura superficial del mar satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruceros de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

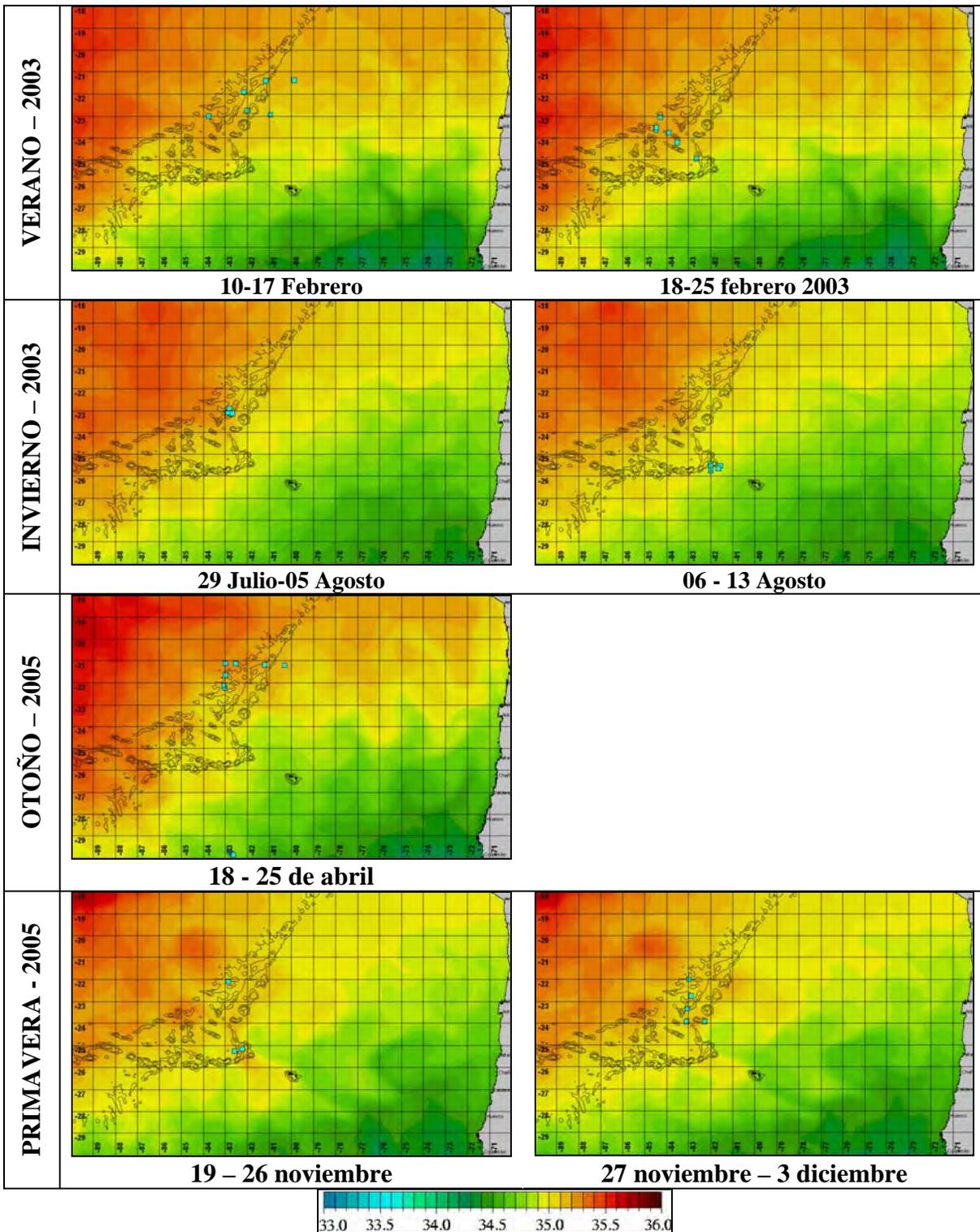


Figura 26. Salinidad superficial del mar satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruces de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

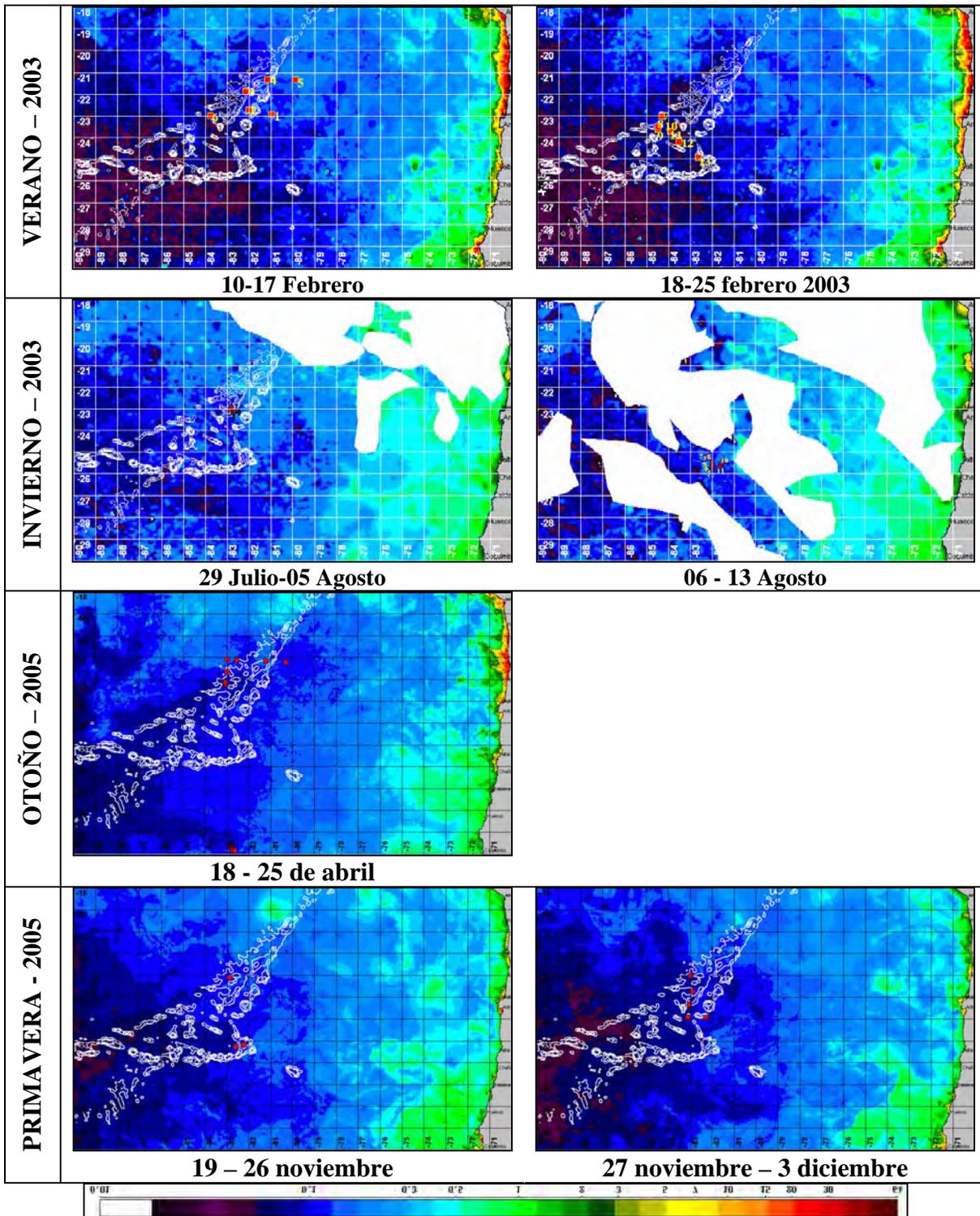


Figura 27. Concentración de clorofila *a* satelital, batimetría y localización de lances de pesca realizados en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintos cruces de los proyectos FIP 2002-04 y FIP 2004-34.

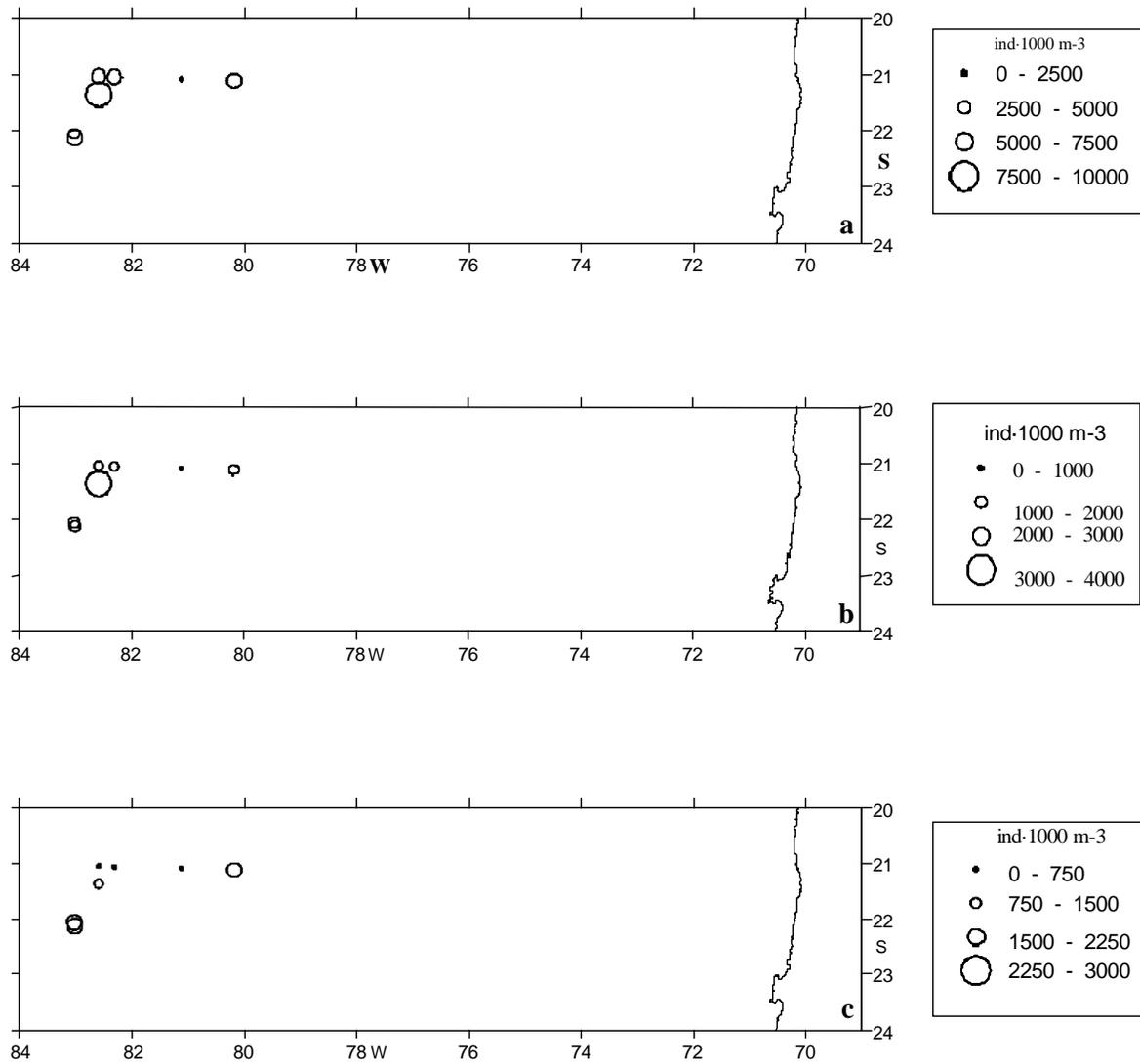


Figura 28. Distribución de abundancia de los grupos dominantes en el área de estudio.
a) abundancia total, b) ostrácodos, y c) moluscos pterópodos.

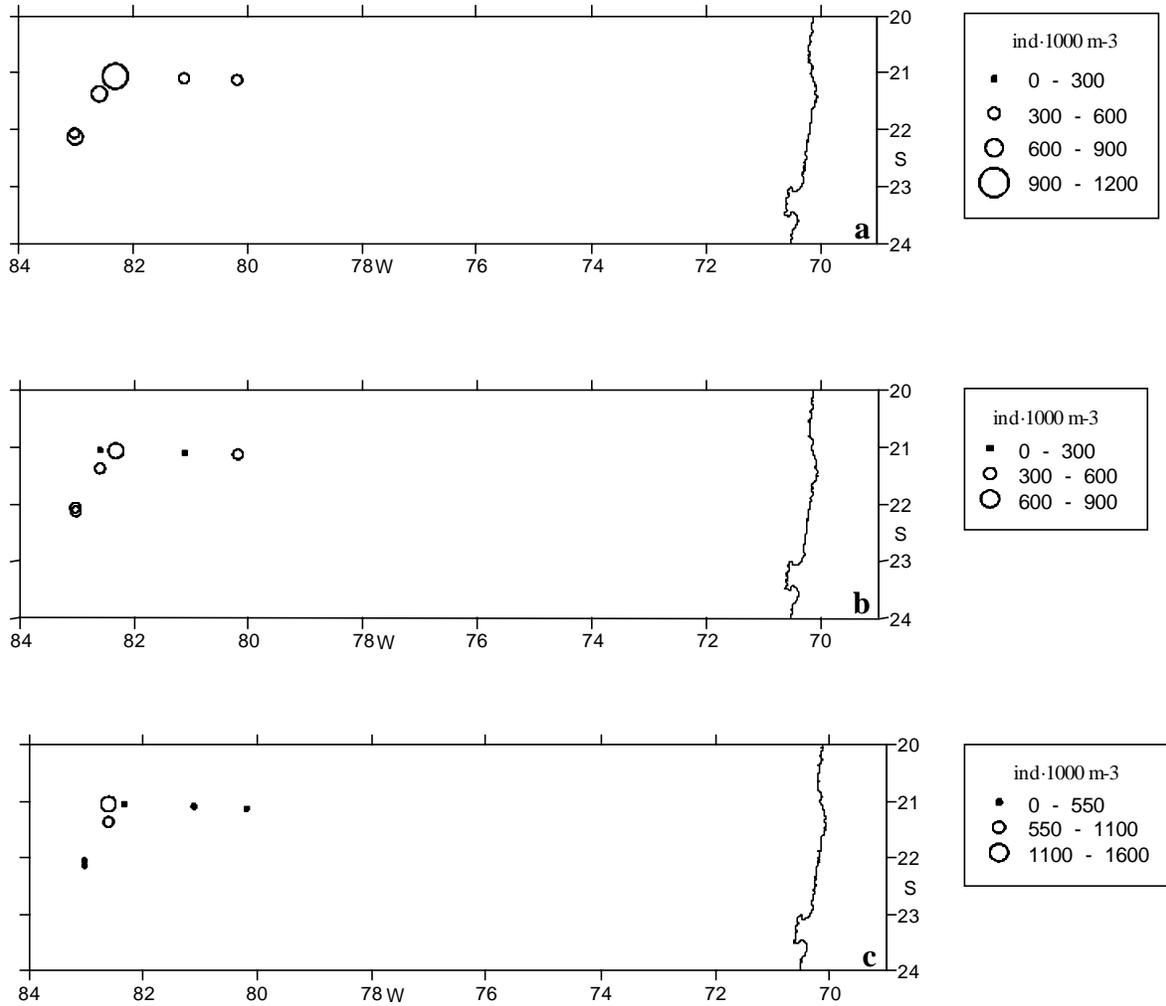


Figura 29. Distribución de abundancia de los grupos dominantes en el área de estudio. a) quetognatos, b) euphausiidos, y c) doliólidos.

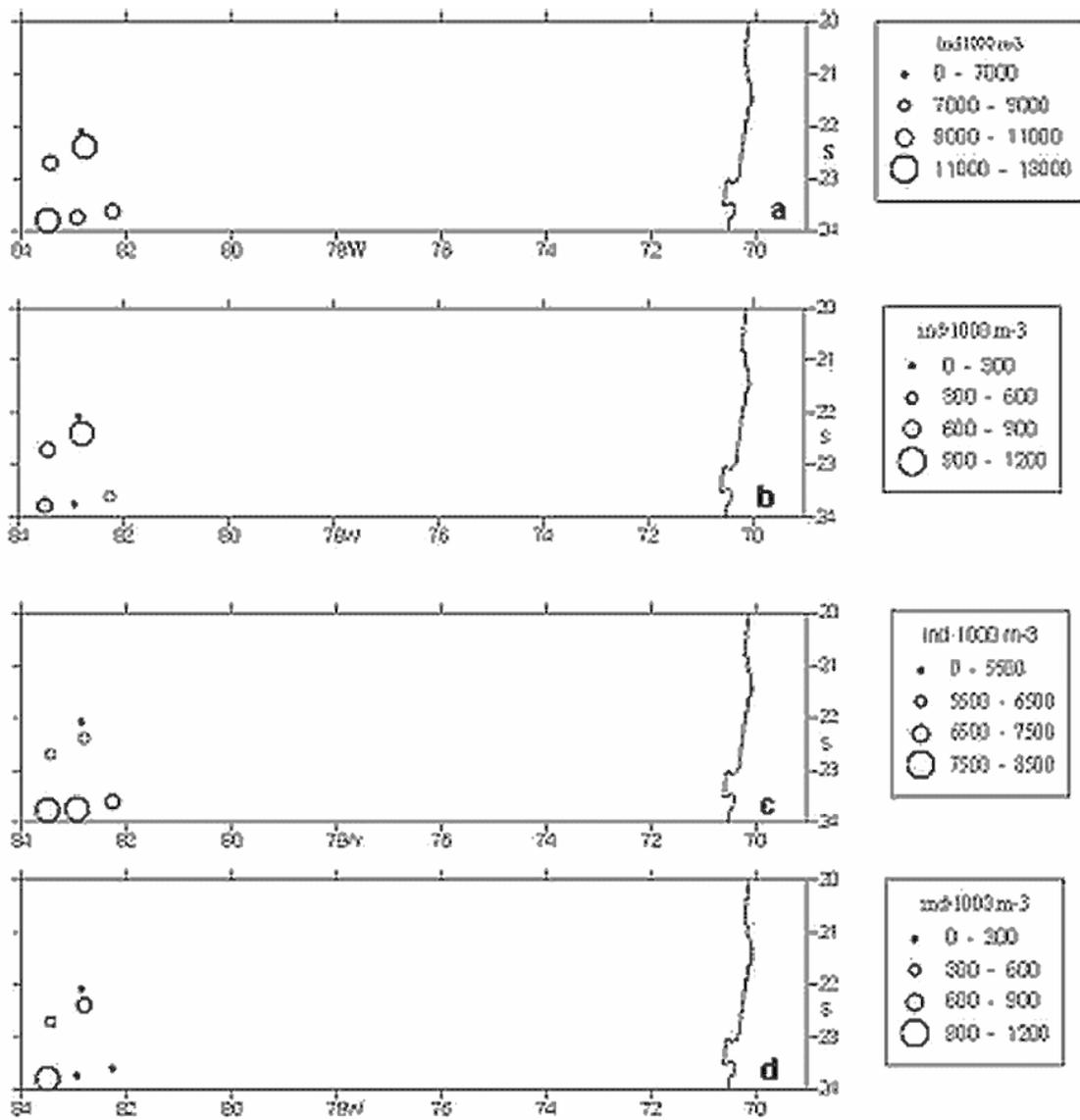


Figura 30. Distribución de abundancia de los grupos dominantes en el área de estudio. a) abundancia total, b) ostrácodos, c) salpas y d) anfípodos.

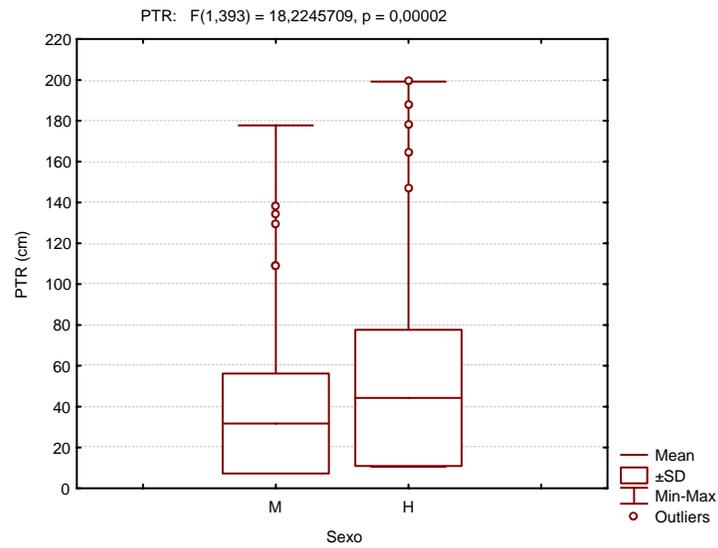


Figura 31. Peso tronco por sexo y prueba de medias para la hipótesis de igualdad entre sexos. Ejemplares capturados durante los cuatro cruceros.

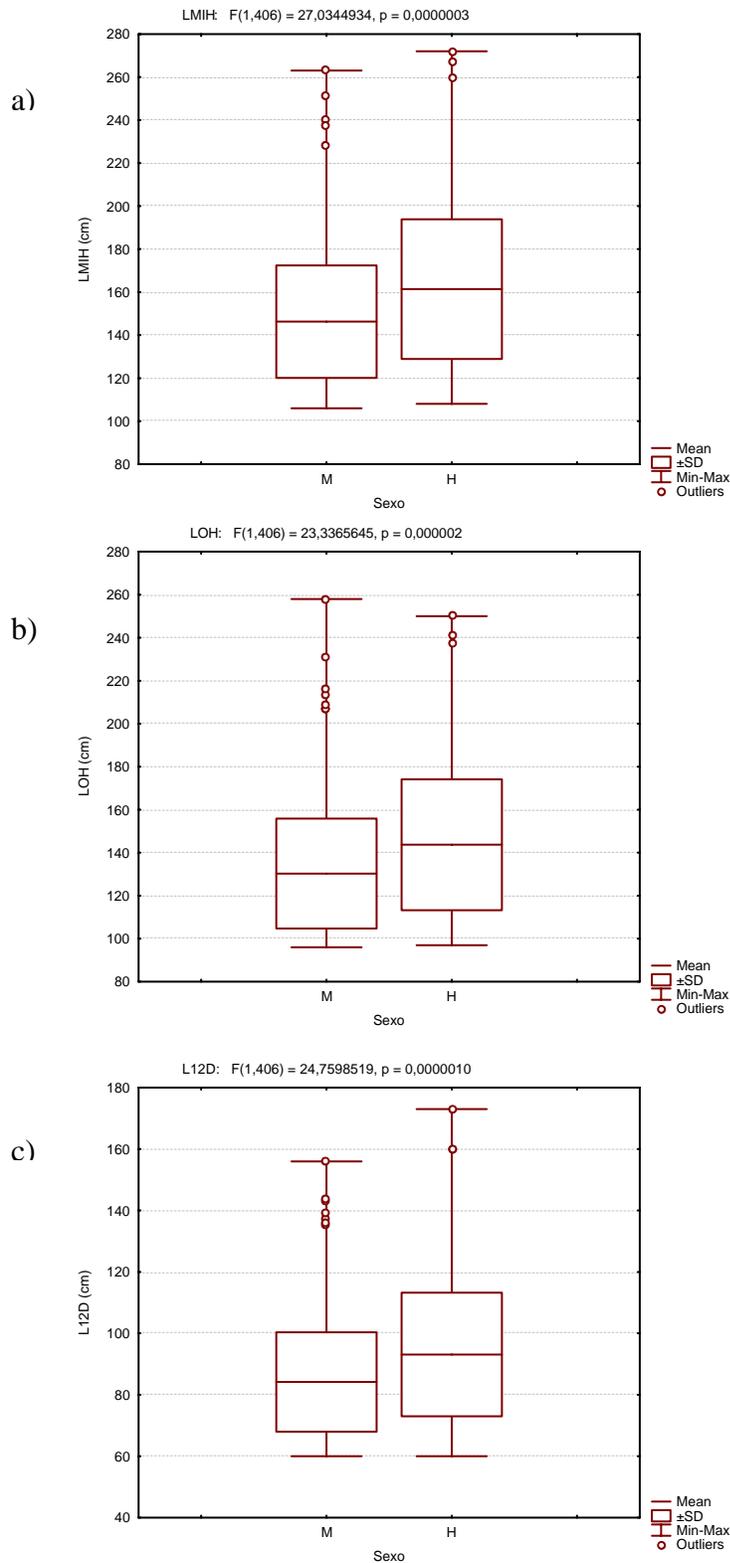


Figura 32. Tallas de pez espada por sexo y prueba de medias para la hipótesis de igualdad entre sexos. a) longitud mandíbula inferior a horquilla, b) longitud ojo a horquilla y c) longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal. Ejemplares capturados durante los cuatro cruceros.

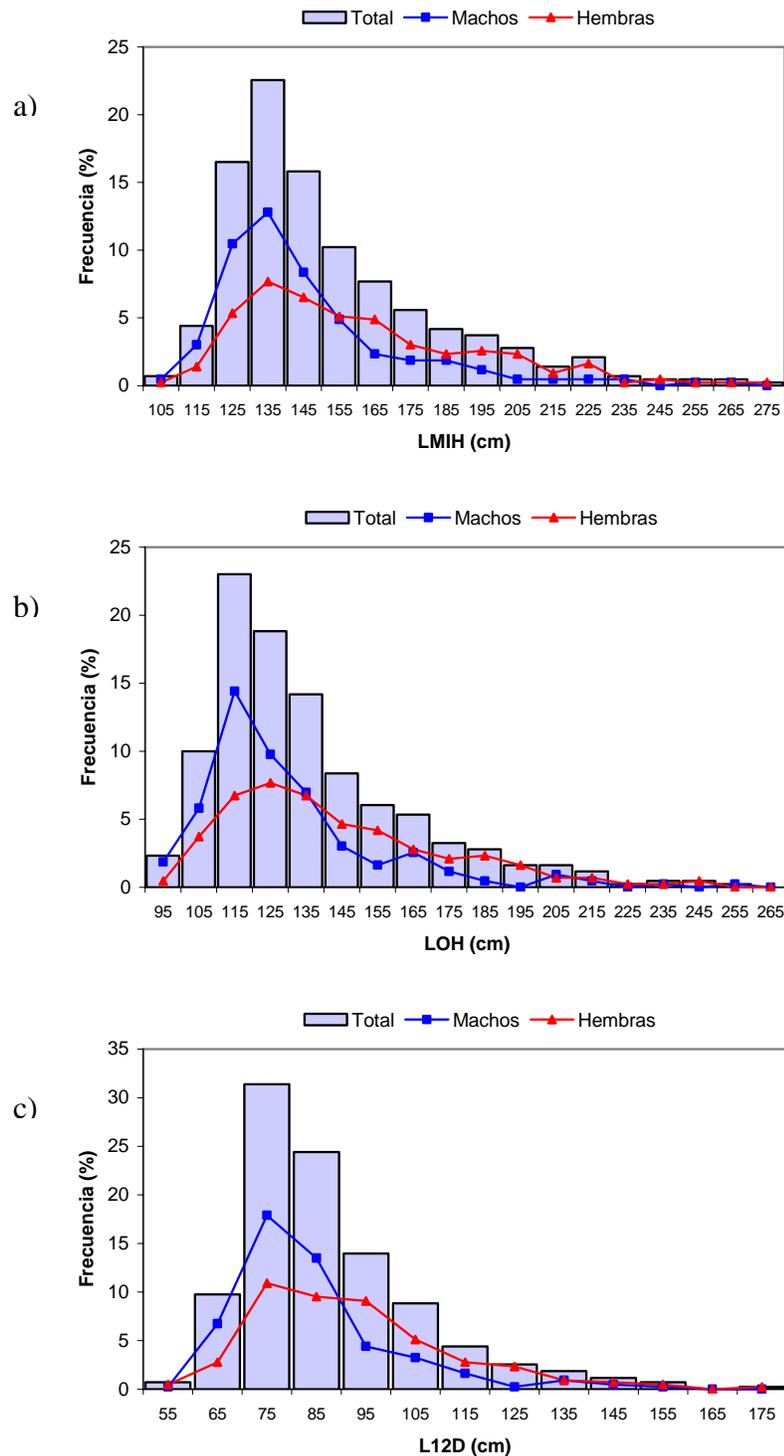


Figura 33. Histogramas de frecuencia de talla de pez espada para machos, hembras y sexos agrupados. a) longitud mandíbula inferior a horquilla, b) longitud ojo a horquilla y c) longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal. Ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.

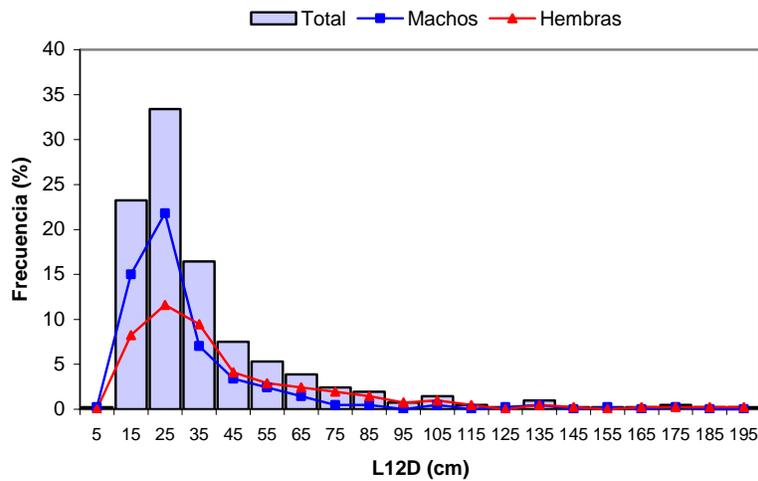


Figura 34. Histogramas de frecuencia de peso tronco (PTR) de pez espada para machos, hembras y sexos agrupados. Ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.

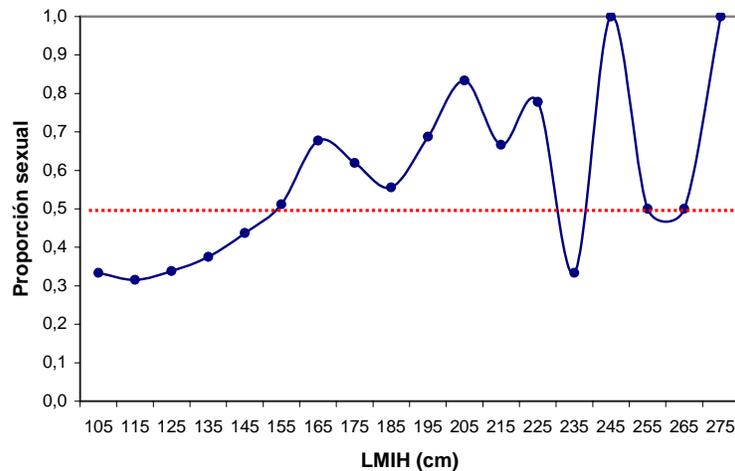


Figura 35. Proporción sexual (proporción de hembras) de pez espada a la talla (LMIH). Ejemplares capturados en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros.

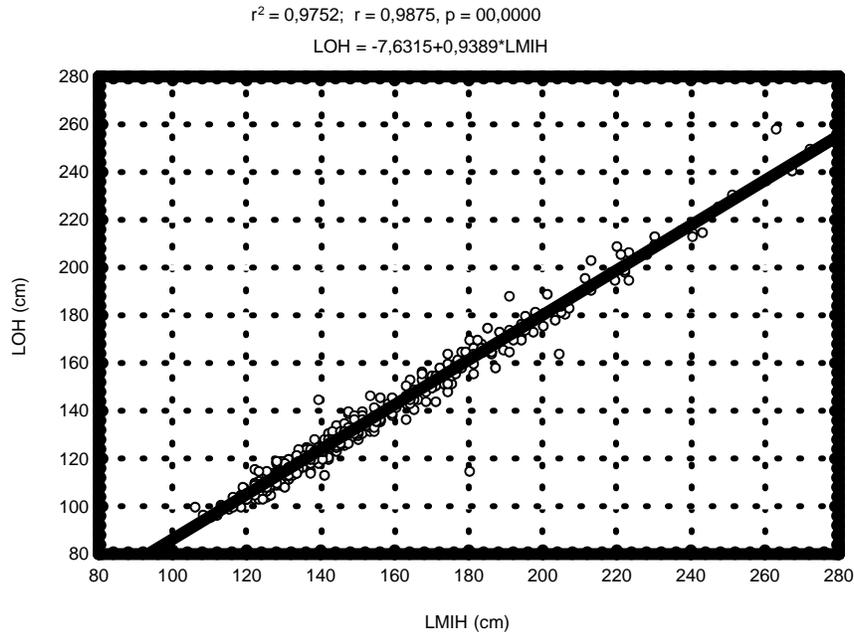


Figura 36. Relación entre la longitud ojo a horquilla (LOH) y la longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH). Se adjunta función lineal, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y p -value sobre hipótesis de pendiente = 0.

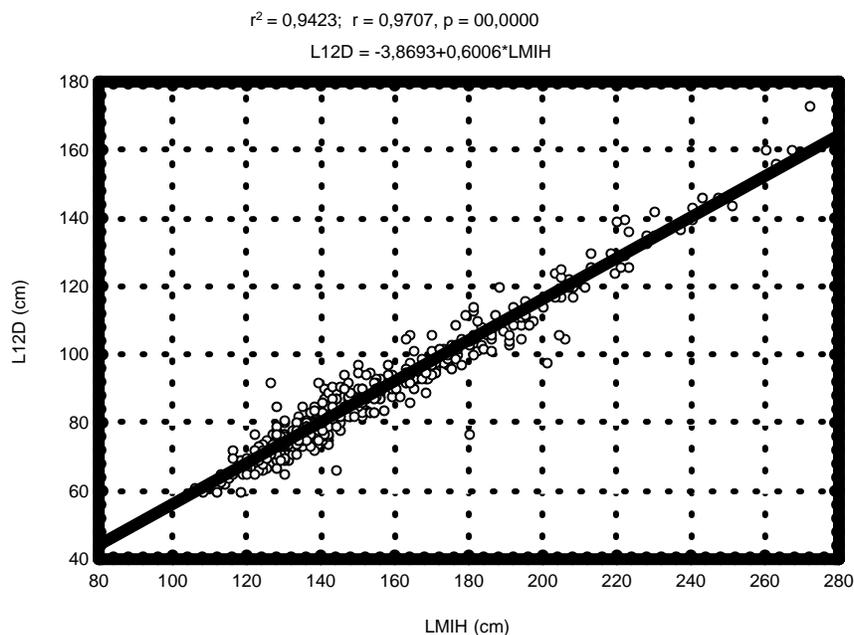


Figura 37. Relación entre la longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) y la longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH). Se adjunta función lineal, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y p -value sobre hipótesis de pendiente = 0.

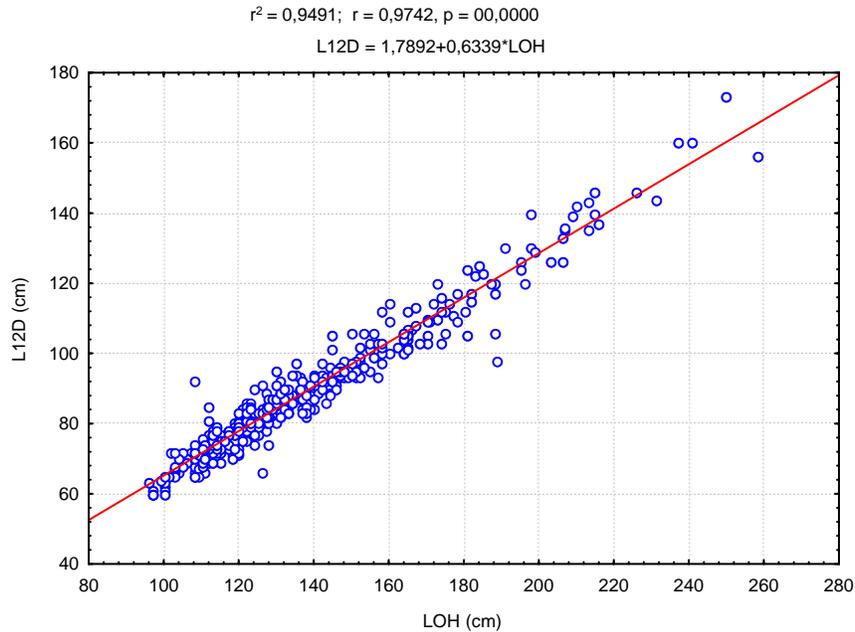


Figura 38. Relación entre la longitud 1ra y 2da aleta dorsal (L12D) y la longitud ojo a horquilla (LOH). Se adjunta función lineal, coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y p -value sobre hipótesis de pendiente = 0.

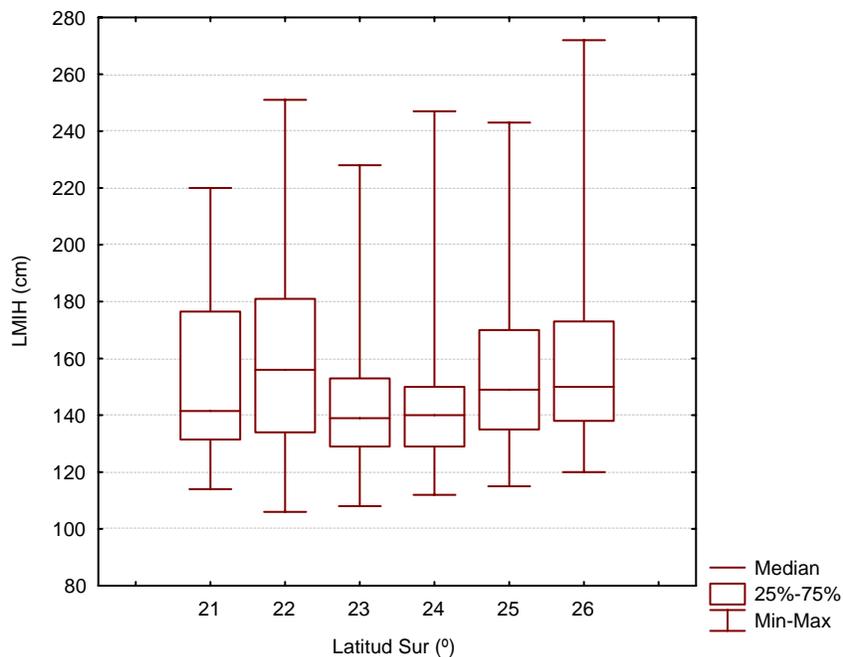


Figura 39. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros agrupada por grado latitudinal.

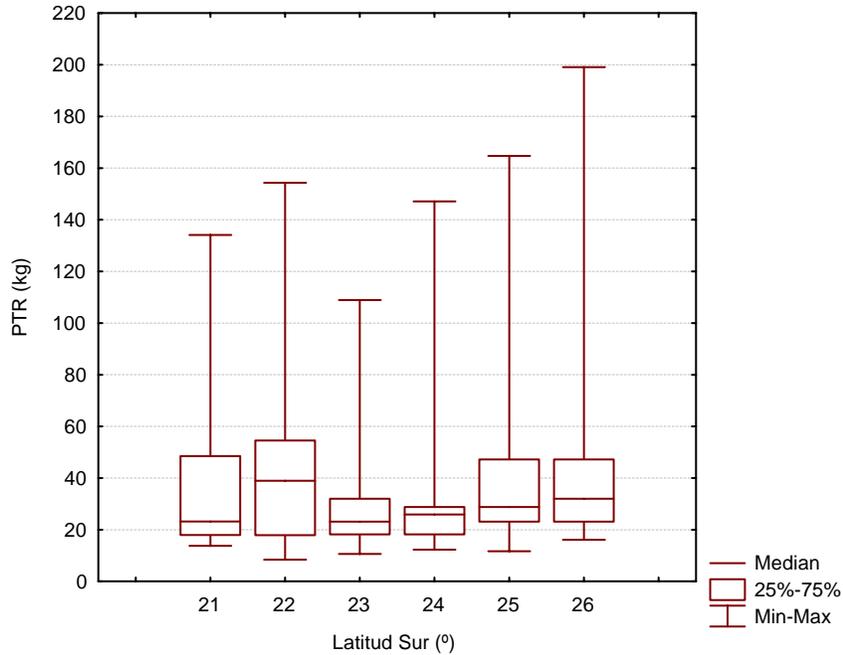


Figura 40. Peso tronco (PTR) de pez espada capturado en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros agrupadas por grado latitudinal.

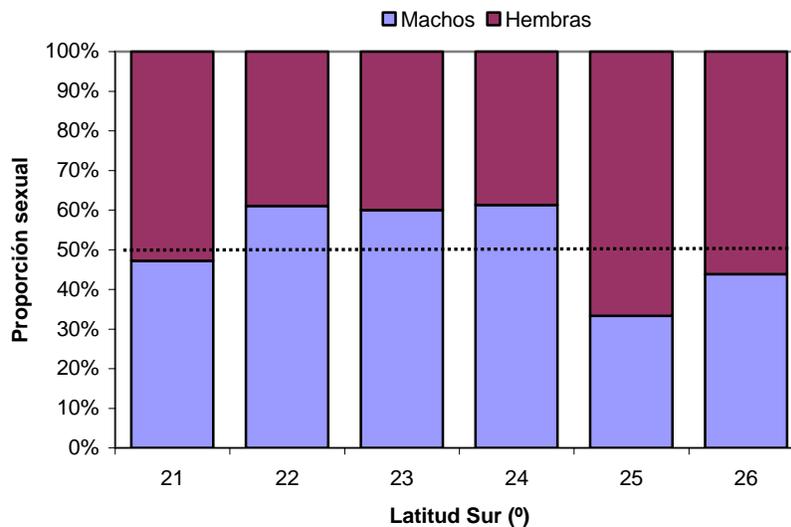


Figura 41. Proporción sexual de pez espada (porcentaje de hembras) capturado en la zona de Cordillera de Nazca durante los cuatro cruceros agrupadas por grado latitudinal.

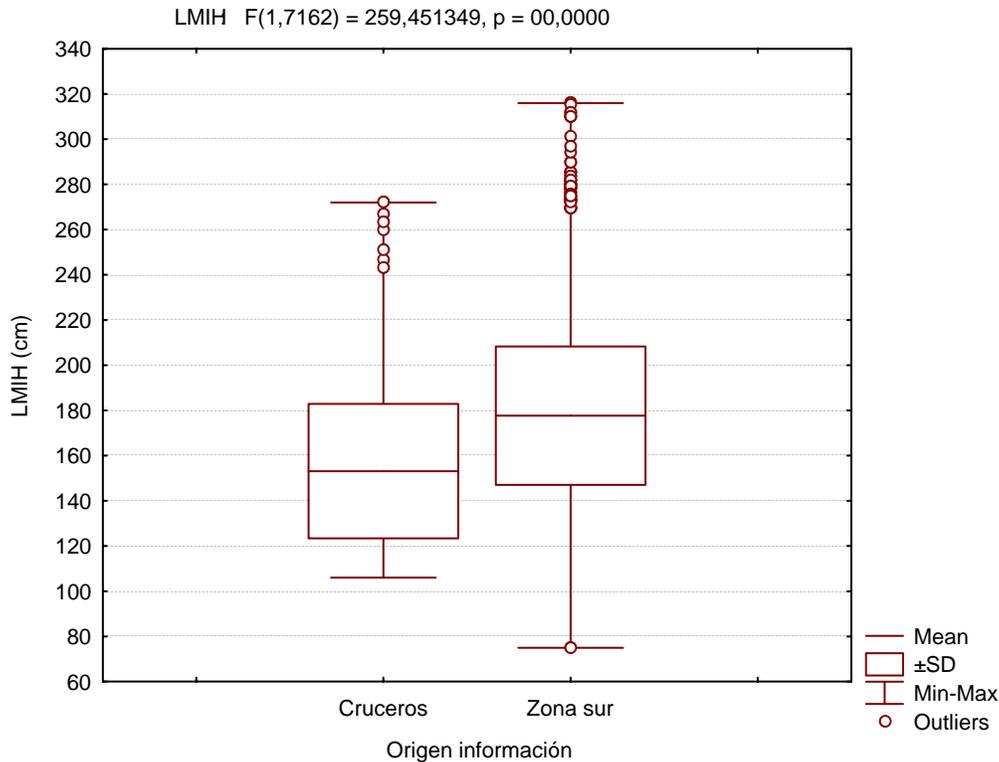


Figura 42. Tallas (LMIH) de pez espada de ejemplares capturados durante los cruceros y en capturas comerciales al sur del paralelo 26° lat. sur. Además, prueba de medias para la hipótesis de igualdad entre ambos grupos.

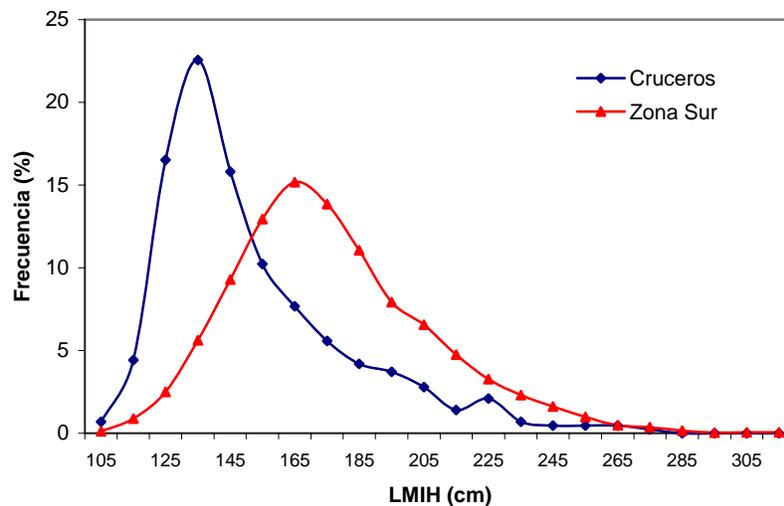


Figura 43. Distribuciones de frecuencia de talla LMIH de pez espada (sexos agrupados), de ejemplares capturados durante los cruceros y en capturas comerciales al sur del paralelo 26° lat. sur.

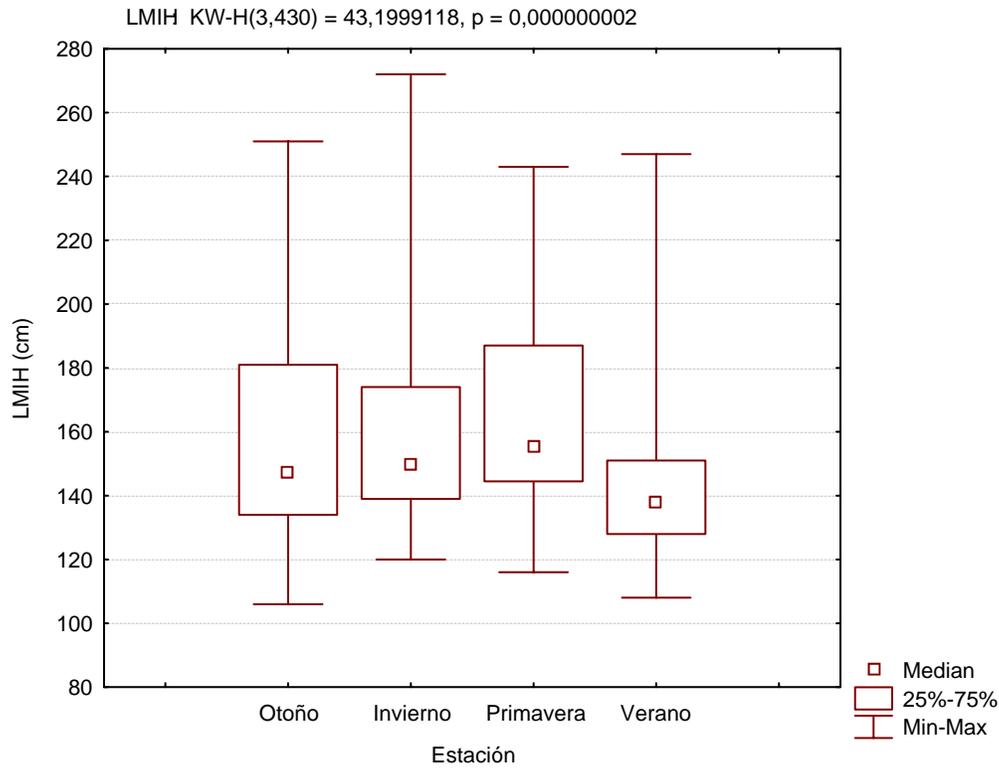


Figura 44. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada por estación y prueba no paramétrica de centralidad (Test Kruskal-Wallis).

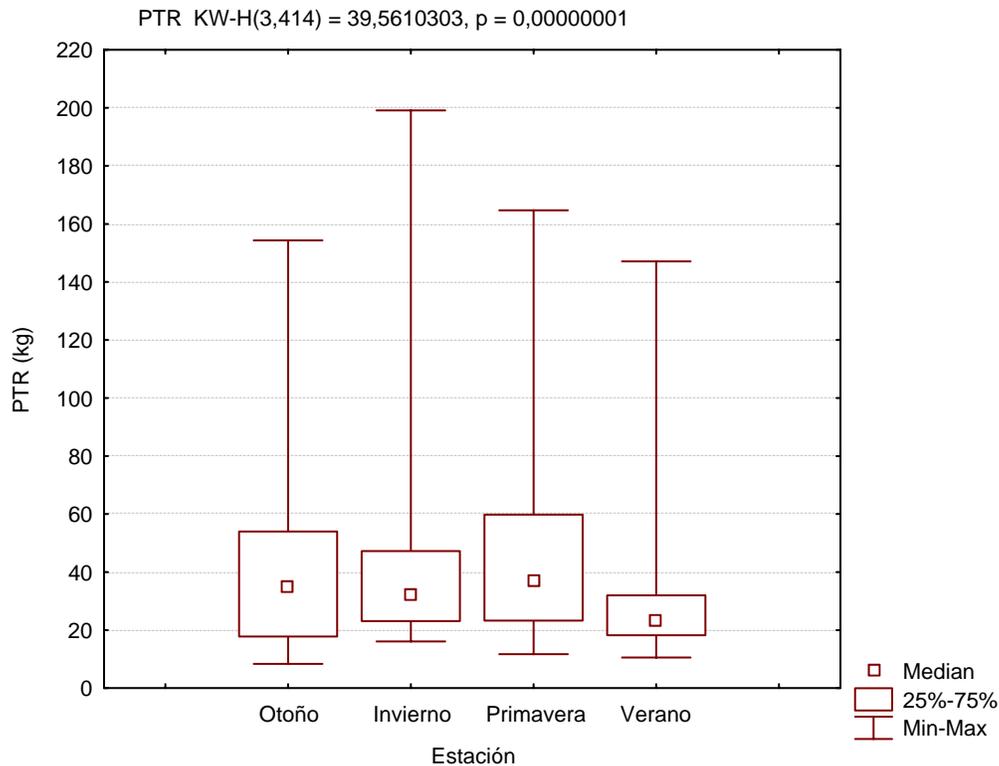


Figura 45. Peso tronco (PTR) de pez espada por estación y prueba no paramétrica de centralidad (Test Kruskal-Wallis).

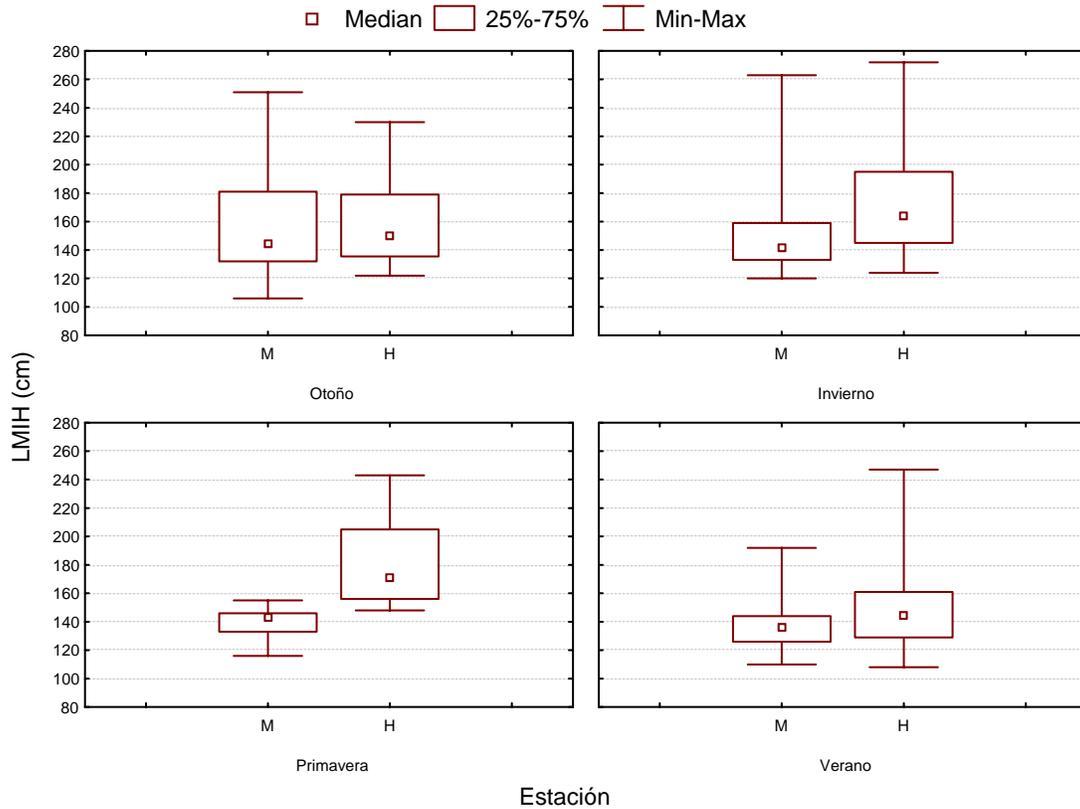


Figura 46. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada por estación y sexo.

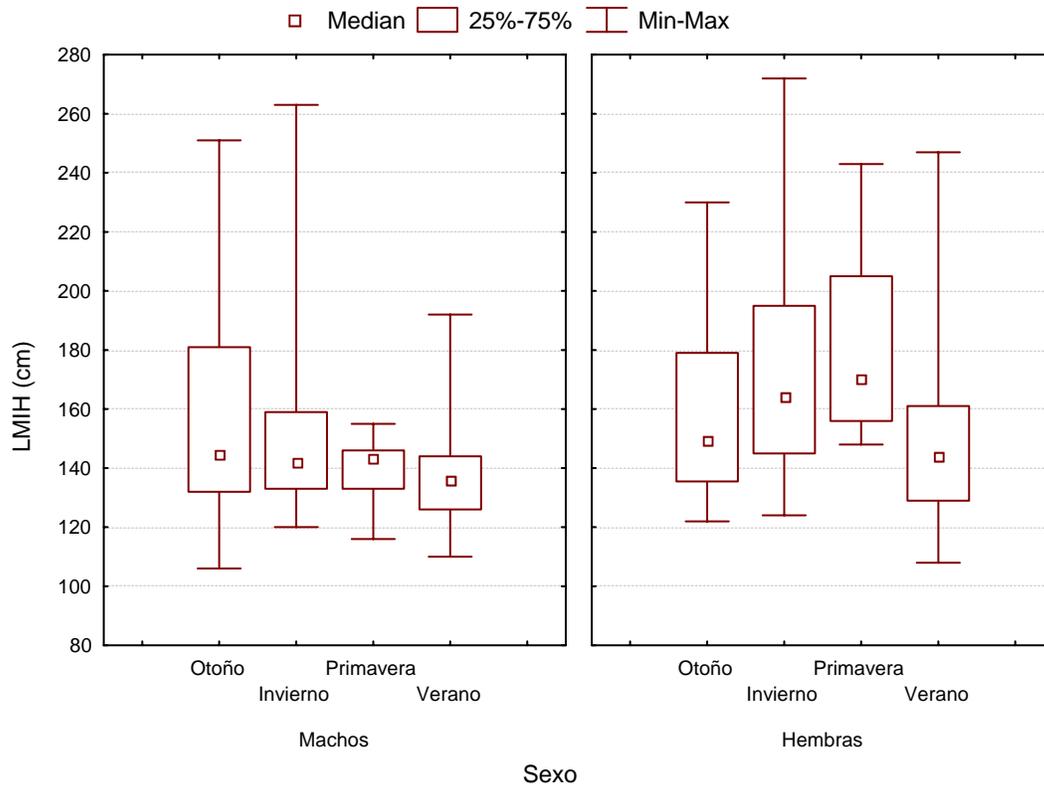


Figura 47. Longitud mandíbula inferior a horquilla (LMIH) de pez espada por sexo y estación.

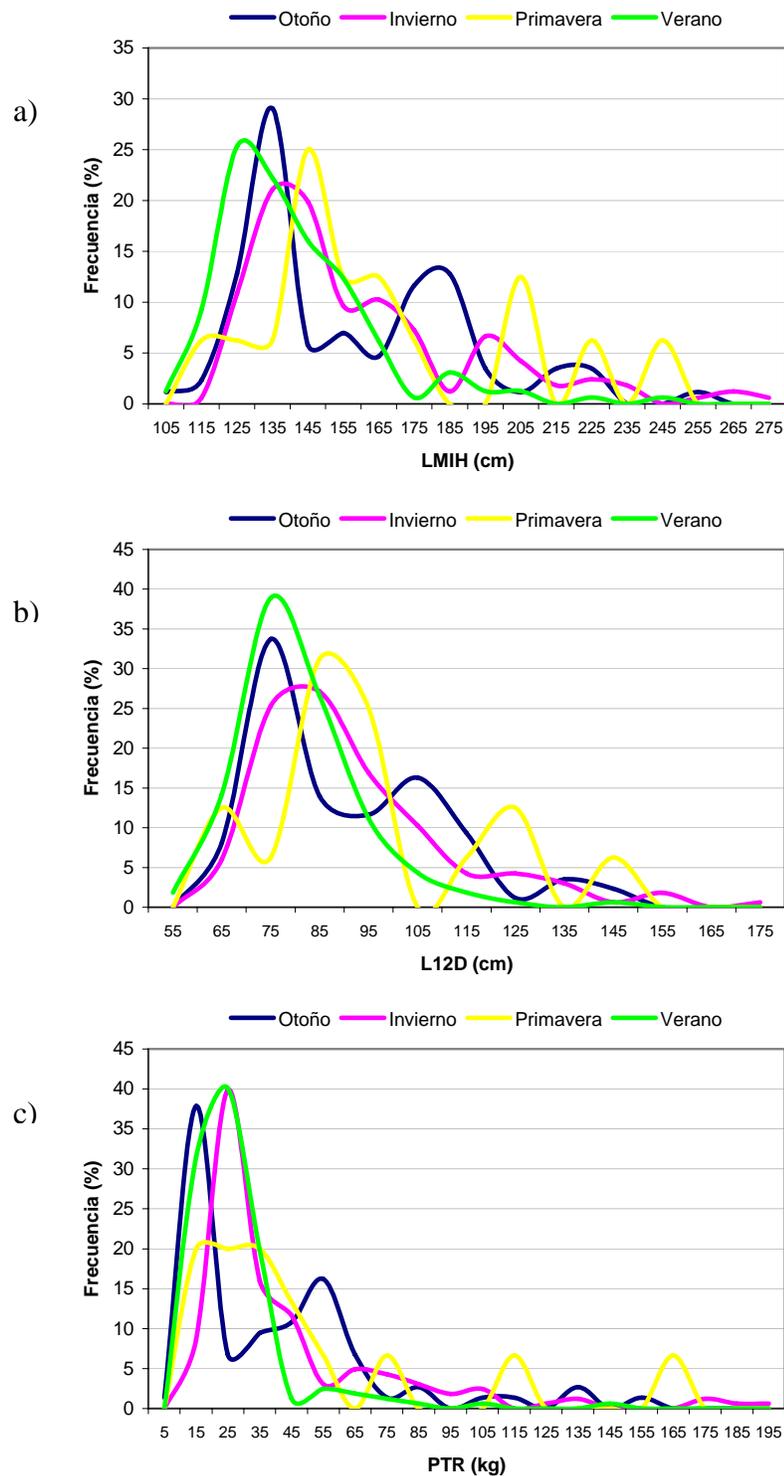


Figura 48. Distribuciones de frecuencia de talla de pez espada (sexos agrupados) por crucero estacional. a) longitud mandíbula inferior a horquilla, b) longitud entre 1ra y 2da aleta dorsal y c) peso tronco.

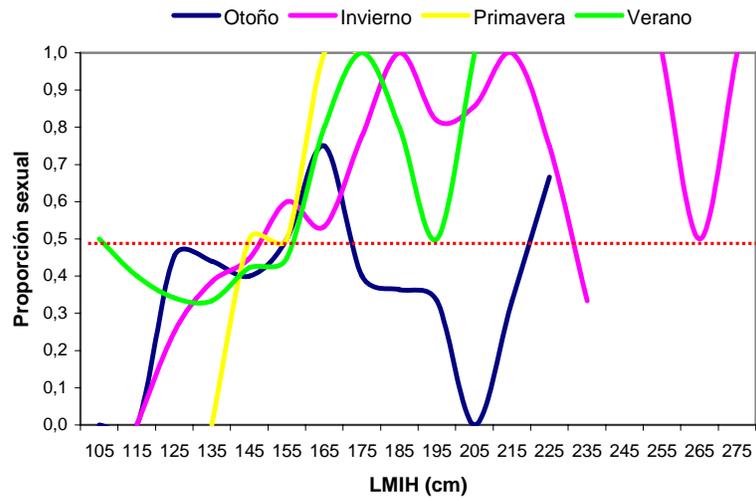


Figura 49. Proporción sexual (proporción de hembras) de pez espada a la talla (LMIH) en cada crucero estacional.

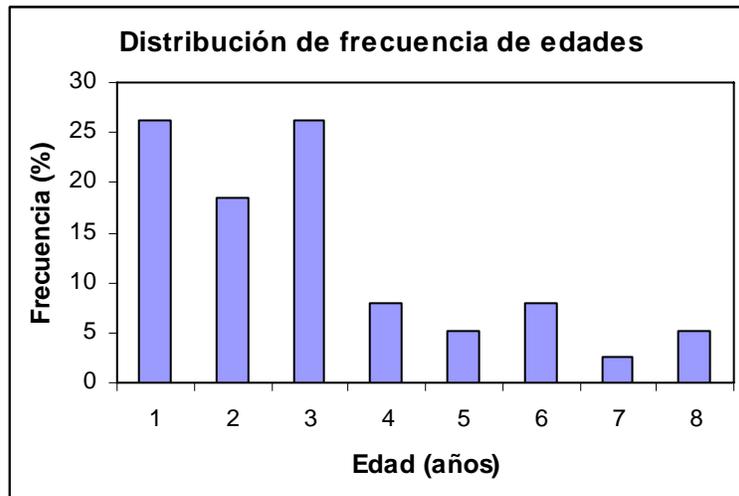


Figura 50.- Distribución de frecuencia de edades de ejemplares pez espada, en otoño.

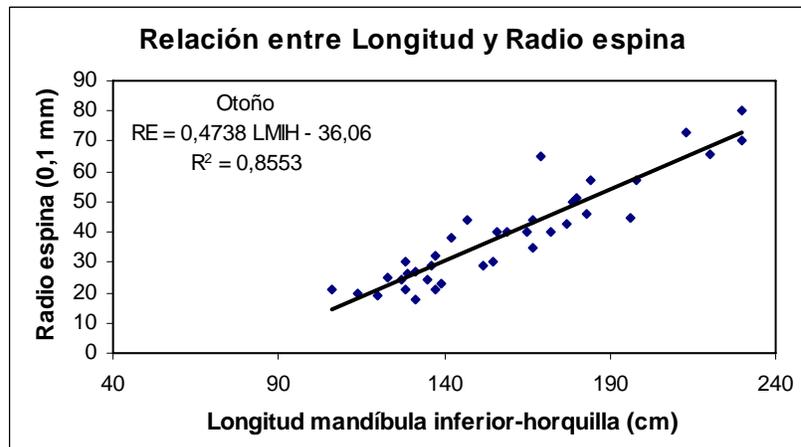


Figura 51.- Relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla y radio de la espina, representada por una función lineal.

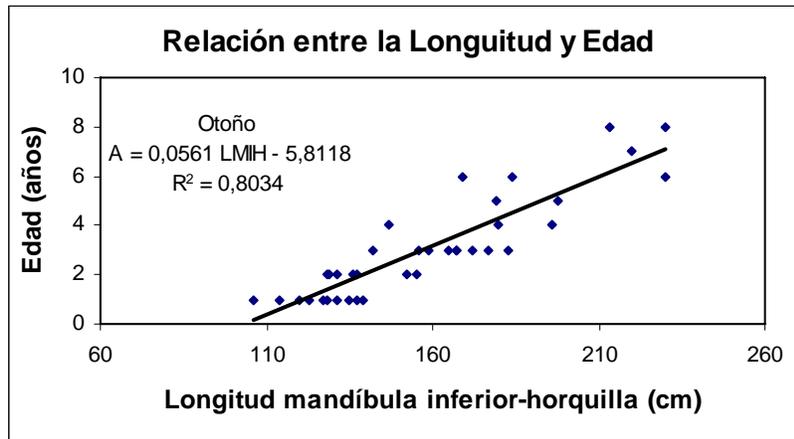


Figura 52.- Relación entre la longitud mandíbula inferior horquilla y edad, representada por una función de tipo lineal.

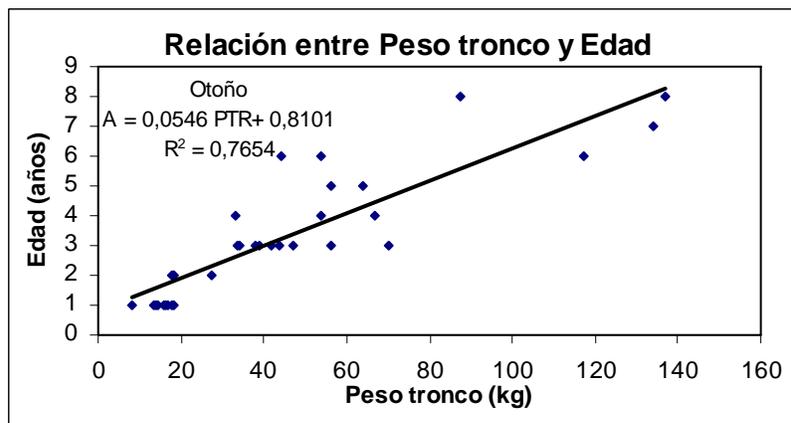


Figura 53.- Relación entre el peso tronco y edad, representada por una función de tipo lineal.

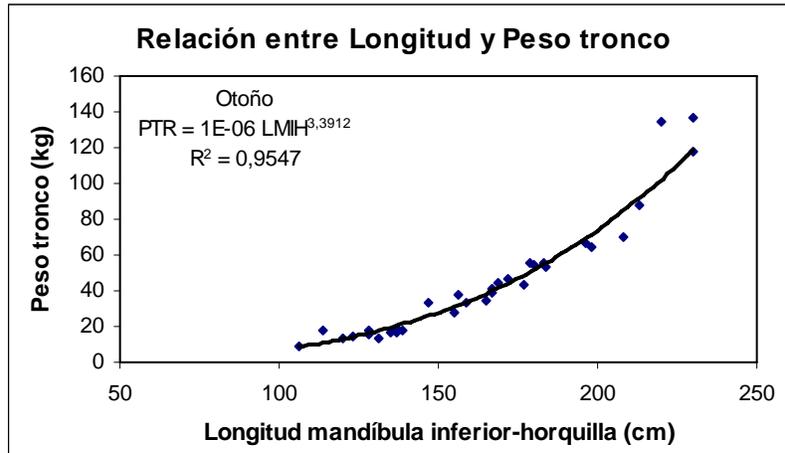


Figura 54.- Relación entre longitud mandíbula inferior-horquilla y el peso del tronco, otoño.

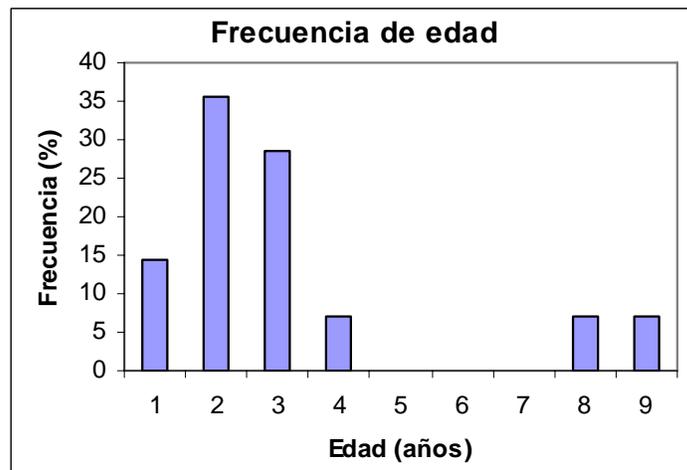


Figura 55.- Distribución de frecuencia de edades de pez espada durante la primavera.

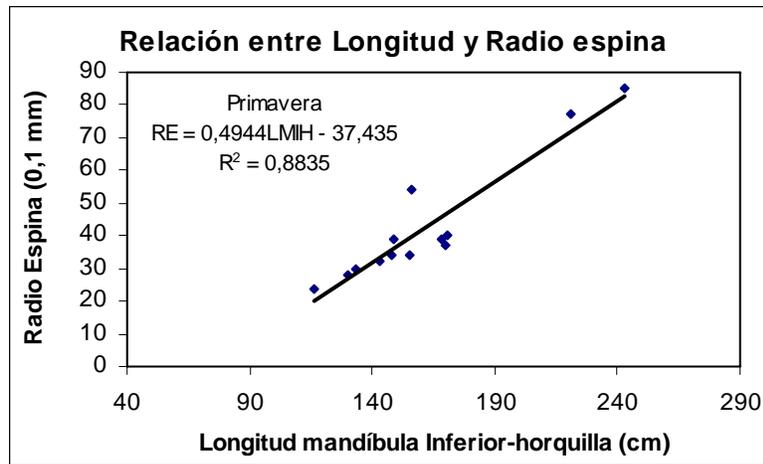


Figura 56.- Relación entre Longitud mandíbula inferior-horquilla y Radio espina, primavera.

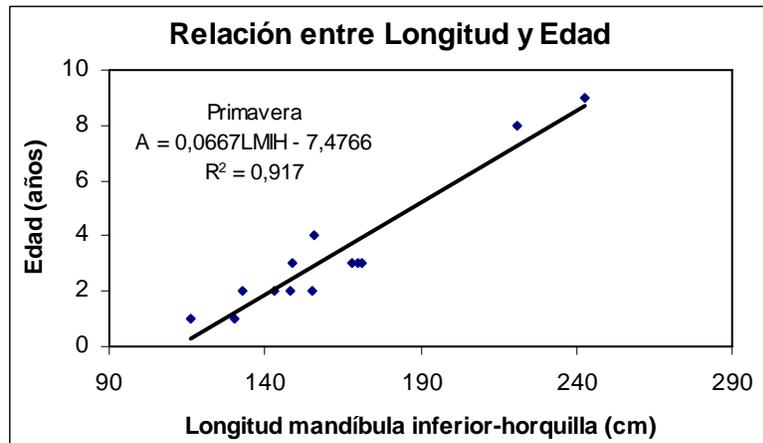


Figura 57.- Relación entre Longitud mandíbula inferior-horquilla y la Edad, primavera.

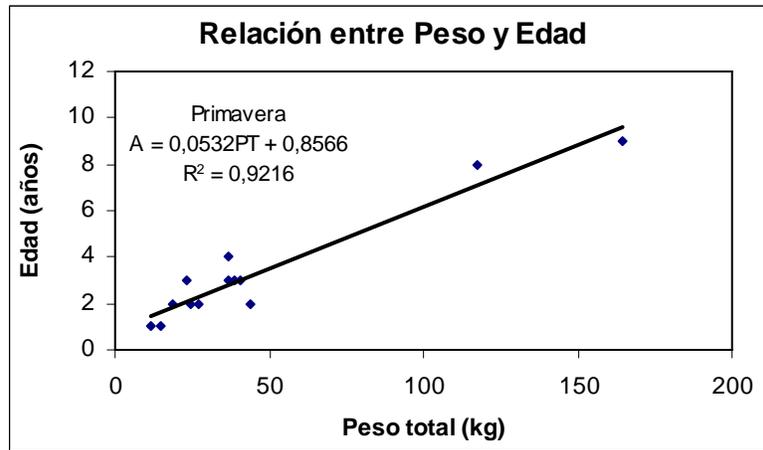


Figura 58.- Relación entre el Peso total (PT) y la Edad en el pez espada durante primavera.

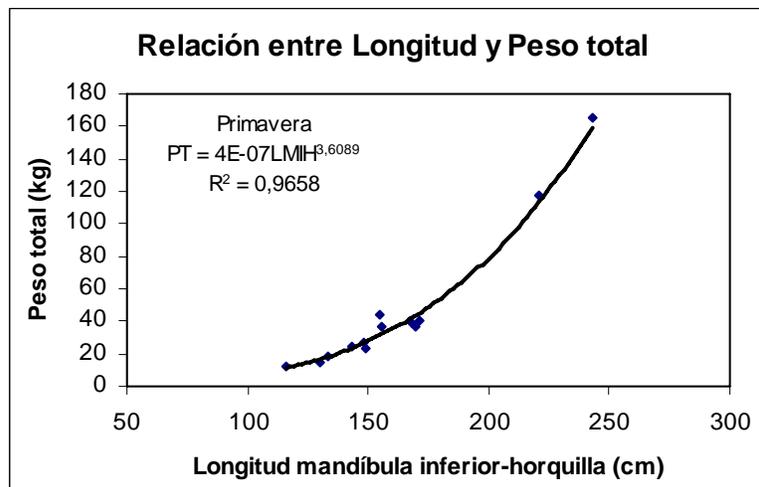


Figura 59.-Relación entre la Longitud mandíbula inferior-horquilla y Peso total (PT), primavera.

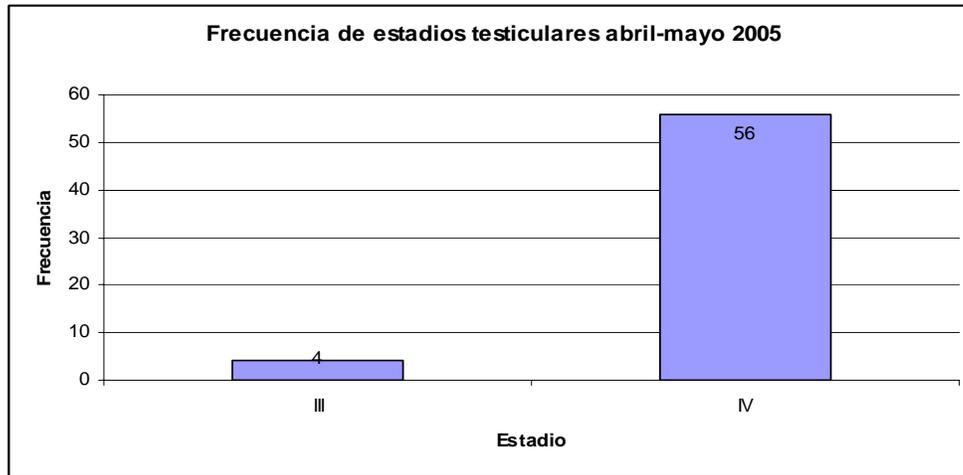


Figura 60. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada machos del crucero abril-mayo 2005



Figura 61. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada machos del crucero noviembre-diciembre 2005

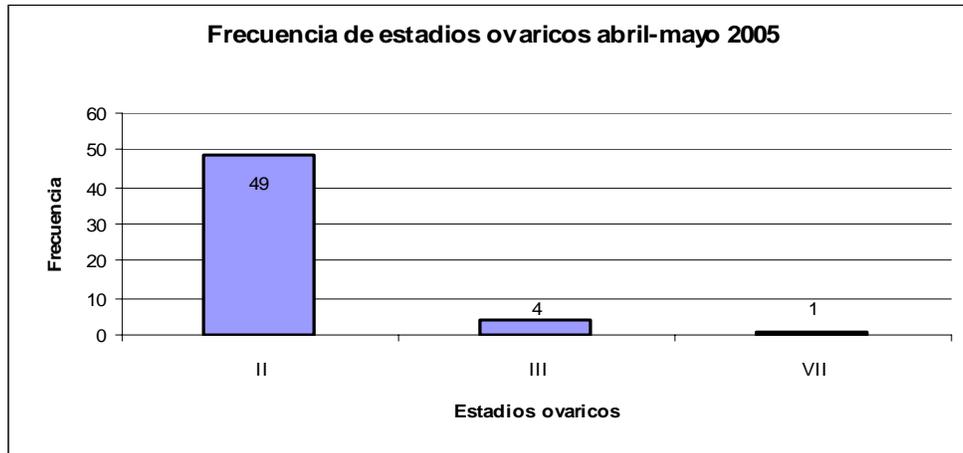


Figura 62. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada hembras del crucero abril-mayo 2005

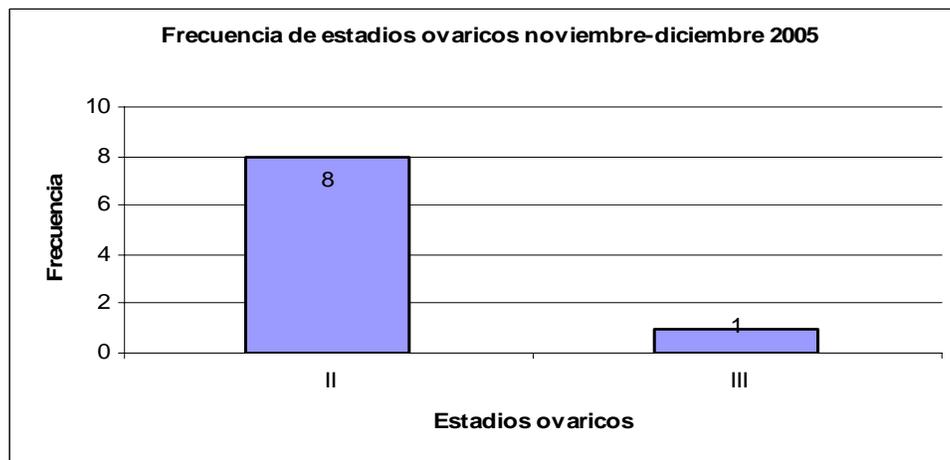


Figura 63. Distribución de frecuencia de estadios gonadales de pez espada hembras del crucero noviembre-diciembre 2005

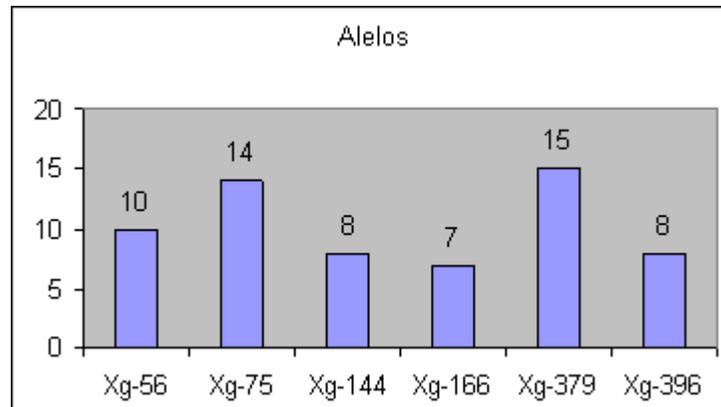


Figura 64. Número de alelos por microsatélite.

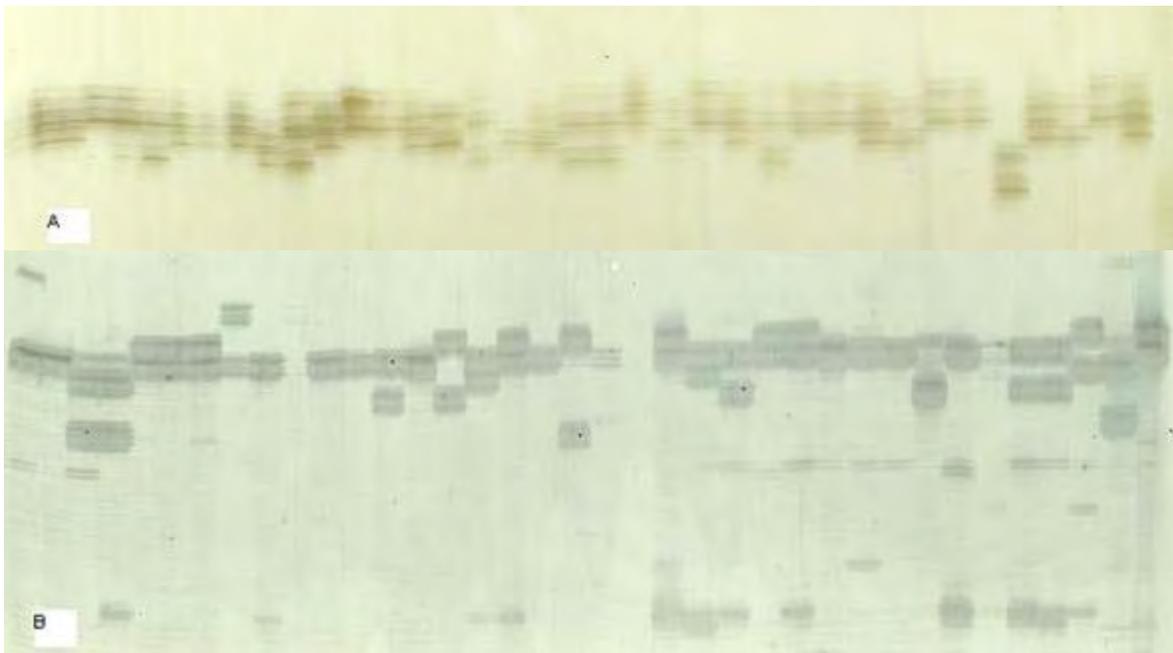


Figura 65. Patrón de amplificación de las muestras de ADN de Pez Espada usando los marcadores de microsatélites indicados: A) Microsatélite Xg-144, B) Microsatélite Xg-166.

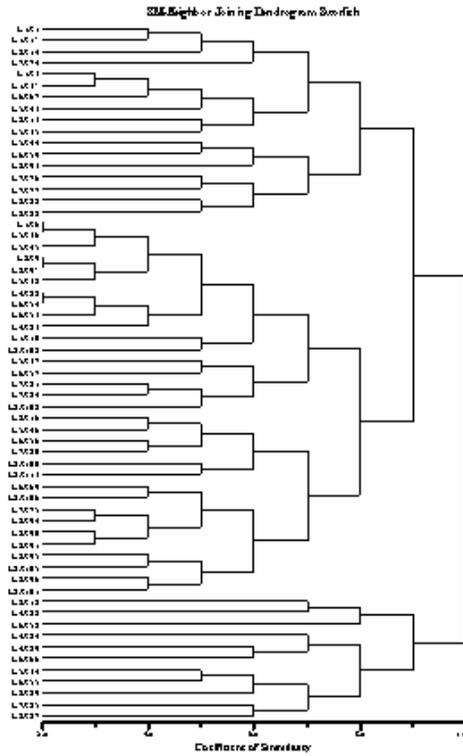


Figura 66. Dendrograma construido con el método NJ (*Neighbour Joining*).

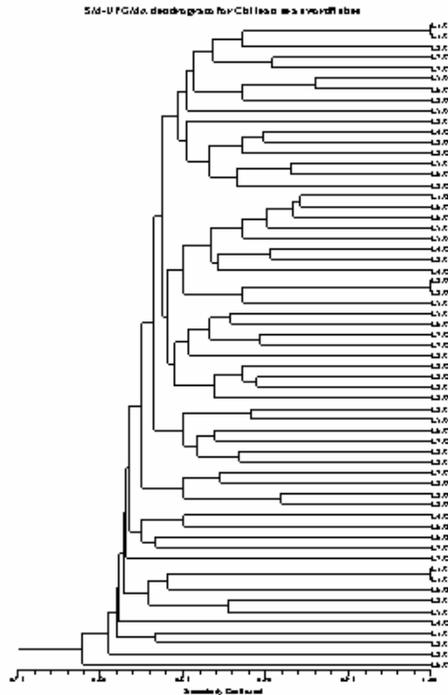


Figura 67. Dendrograma construido con el método UPGMA (*Unweighted pair group method with arithmetic mean*).

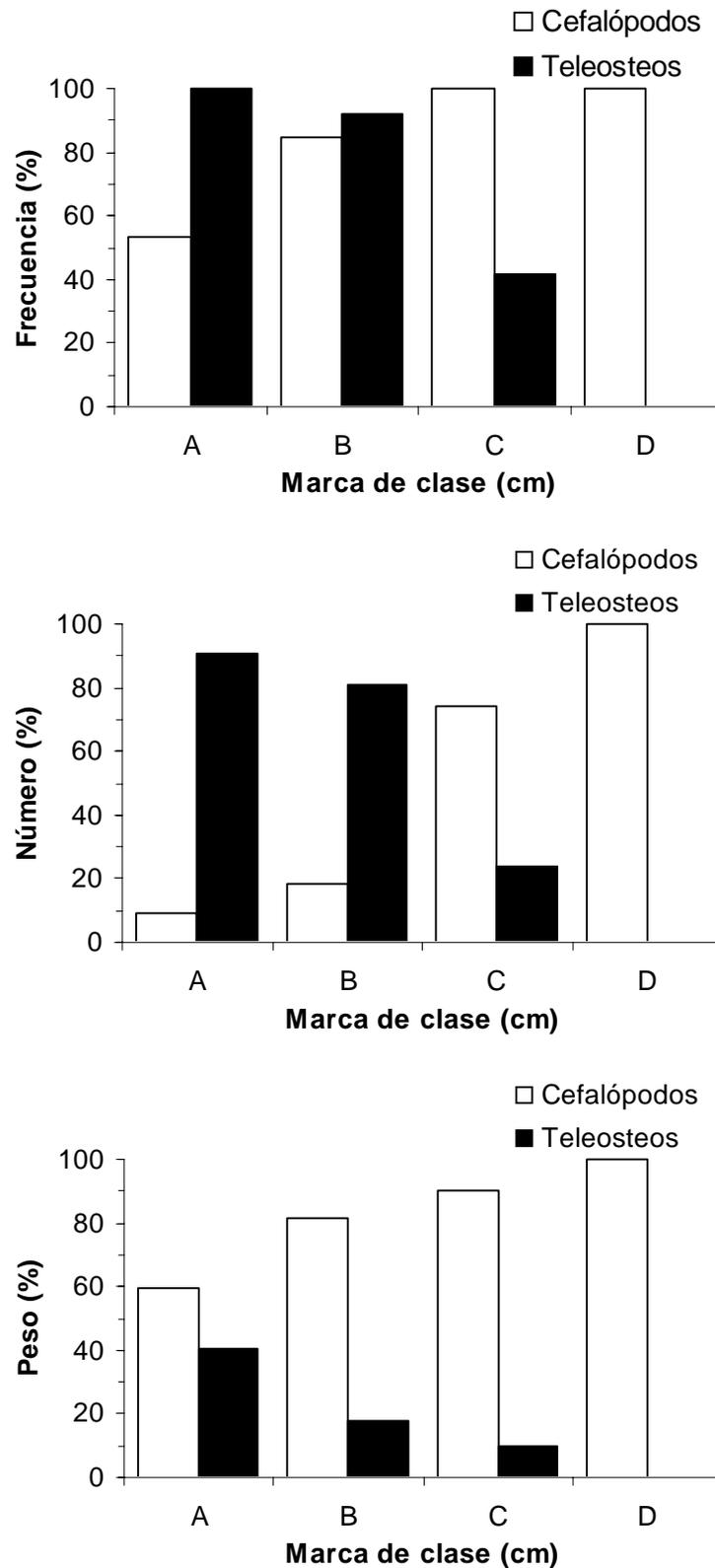


Figura 68. Variación de los descriptores de Hyslop (1980) con respecto a la talla de pez espada (cm LMIH). A: 101-135, B: 136-170, C: 171-205, D: 206-240.

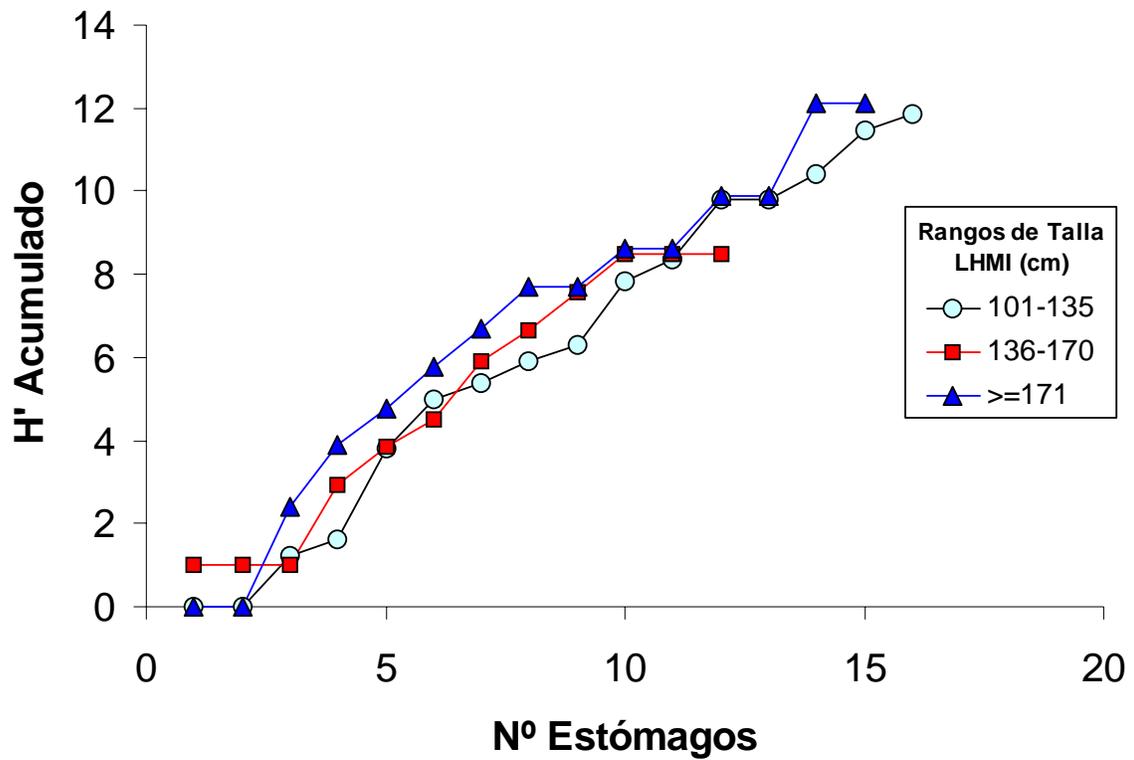


Figura 69. Gráfico del índice de diversidad de Shannon (H') acumulado en función del número de estómagos analizado por rango de talla (LHMI).

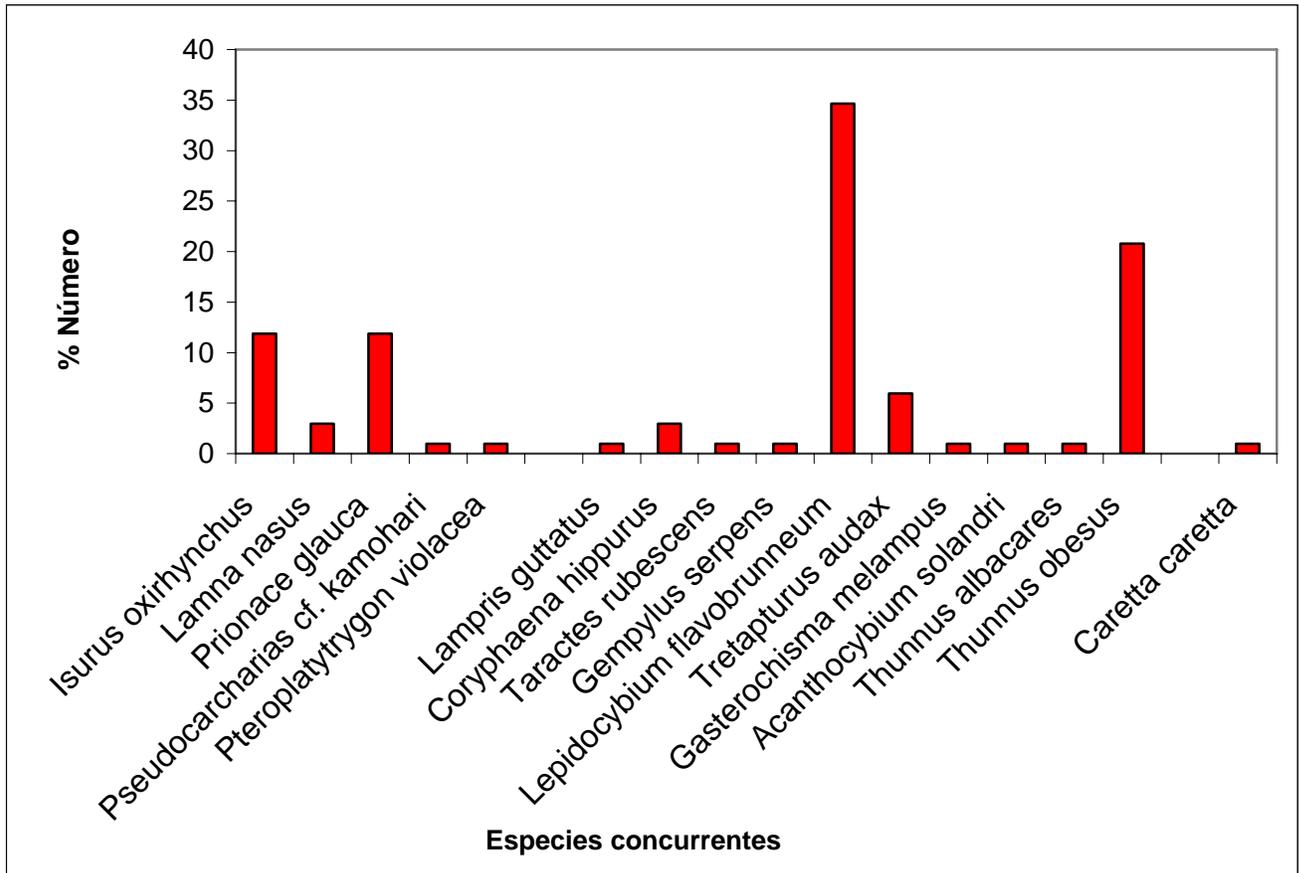


Figura 70.- Abundancia en porcentaje de número de las especies concurrentes en la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*) sobre la cordillera sumergida de Nazca, abril 2005.

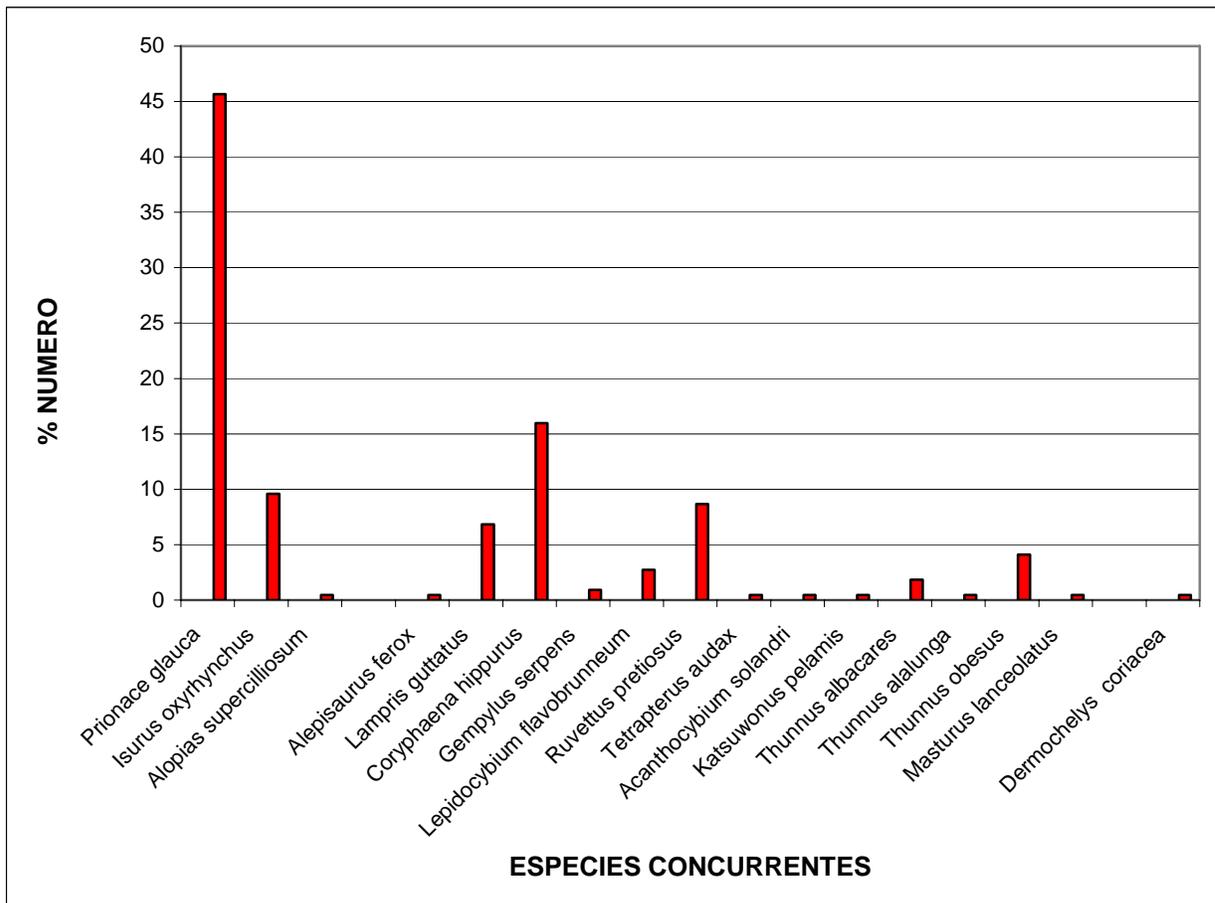


Figura 71.- Abundancia en porcentaje de número de las especies concurrentes en la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*) sobre la cordillera sumergida de Nazca, noviembre-diciembre 2005.



Figura- 72. *Isurus oxyrinchus* “Tiburón maco”



Figura 73.- *Lamna nasus* “Tiburón marrajo o sardinero”



Figura 74. *Pseudocarcharias kamoharai* “Tiburón cocodrilo”



Figura- 75. *Prionace glaucus* “Tiburón azulejo”



Figura 76. *Alopias supercilliosum* “Peje-zorro”



Figura 77. *Pteroplatytrygon violacea* “raya violeta o de altura”



Figura 78. *Alepisaurus ferox* “¿Begonia?”



Figura 79. *Lampris guttatus* “pez-sol”



Figura 80. *Coryphaena hippurus* “Dorado de altura”



Figura 81. *Taractes rubescens* “Reineton”



Figura 82. *Gempylus serpens* “Falsa Barracuda” “¿Begonia?”



Figura 83. *Lepidocybium flavobrunneum* “escolar” “atún negro”



Figura 84. *Ruvettus pretiosus* “oilfish” “atún espinudo”



Figura 85.- *Tetrapterus audax* marlin rayado



Fig. 86. *Gasterochisma melampus* “atún chauchera”



Figura 87. *Acanthocybium solandri* “wahoo”



Figura 88. *Katsuwonus pelamis* “monito”



Figura 89. *Thunnus alalunga* “atún de aleta larga”



Figura 90. *Thunnus albacares* “atún de aleta amarilla”



Figura 91. *Thunnus obesus* “atún de ojos grandes”



Figura 92. *Masturus lanceolatus* “pez-luna”



Figura 93. *Caretta caretta* “tortuga boba”



Figura 94. *Dermochelys coriacea* “tortuga laúd”

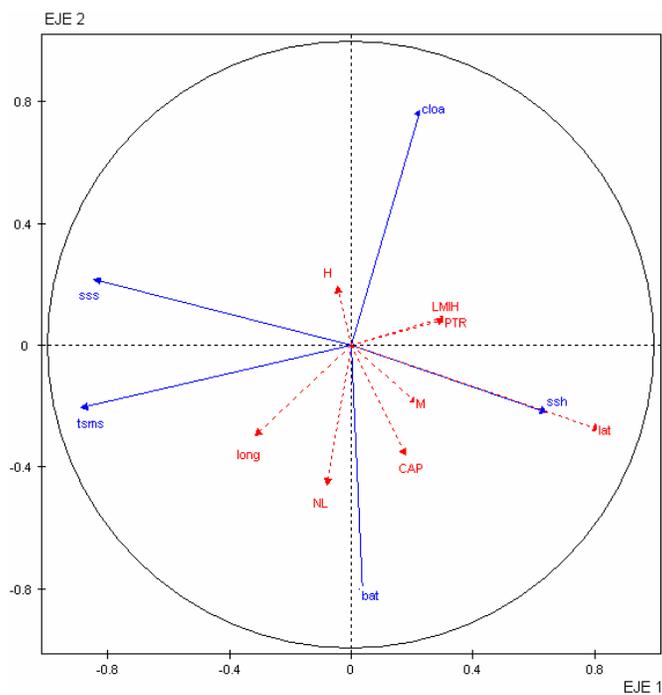


Figura 95. Primeros dos ejes factoriales del ACP, Las variables continuas activas aparecen en azul y las continuas ilustrativas en rojo.

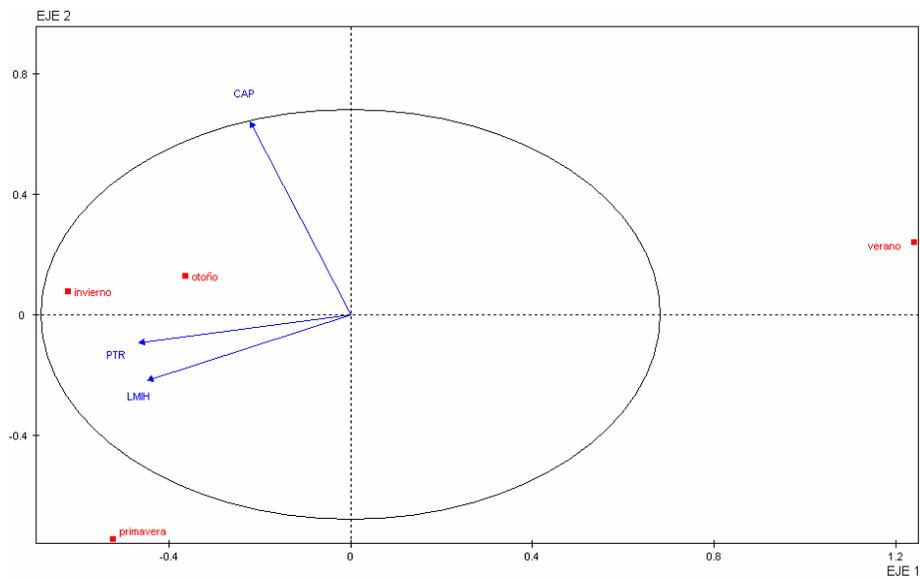


Figura 96. Distribución de las variables bio-pesqueras con respecto a la estación del año.

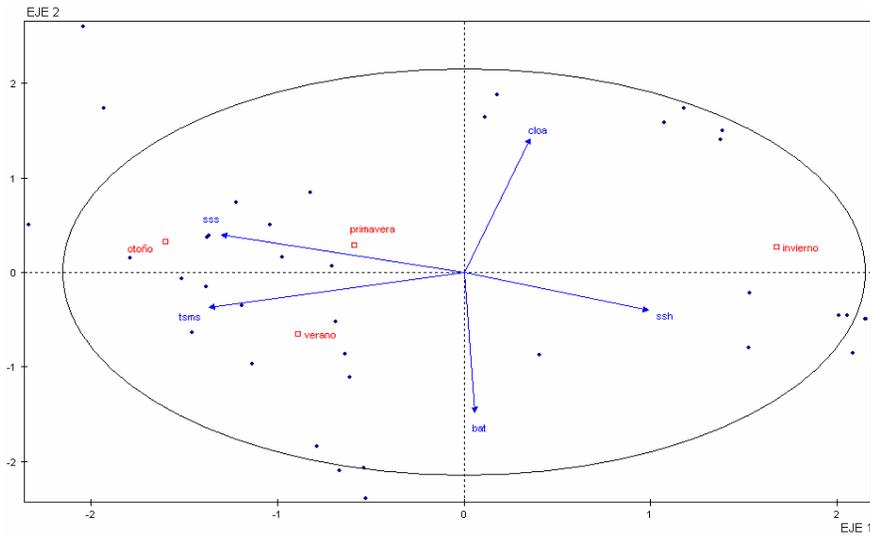


Figura 97. Distribución de las variables oceanográficas con respecto a la estación del año.

Classification hierarchique directe

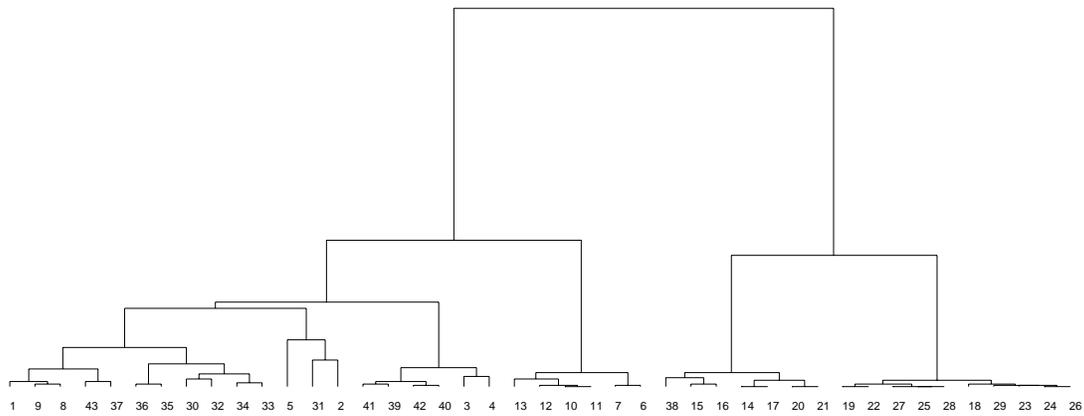


Figura 98. Dendrograma de análisis jerárquico.

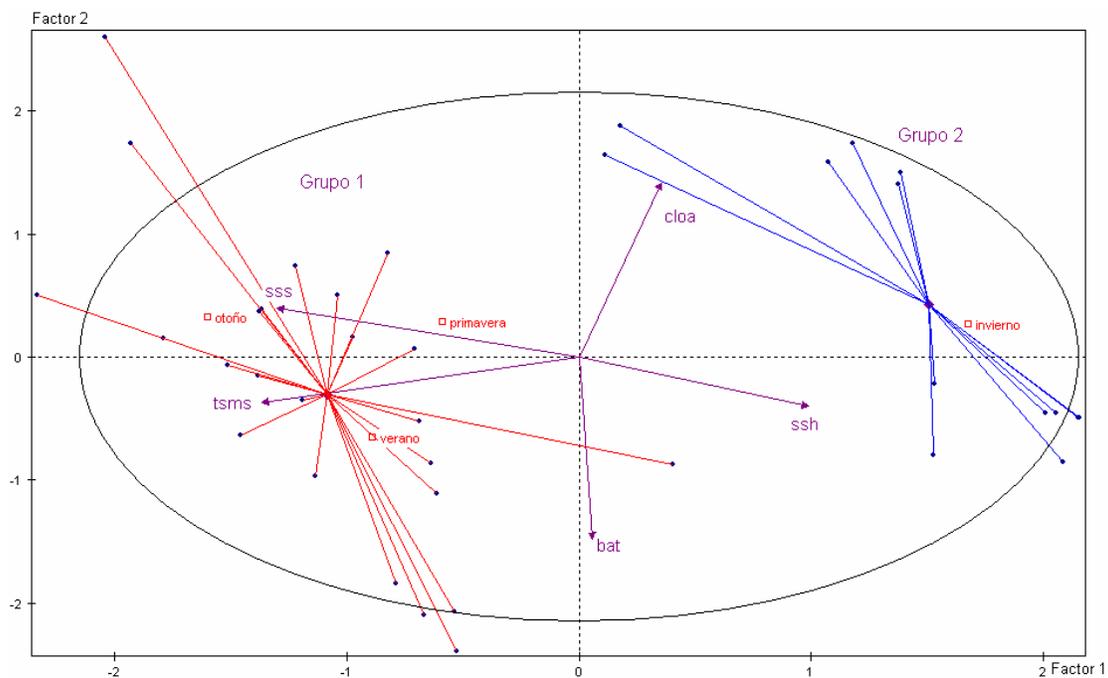


Figura 99. Distribución de lances y clases en el plano factorial formado por los ejes 1 y 2.

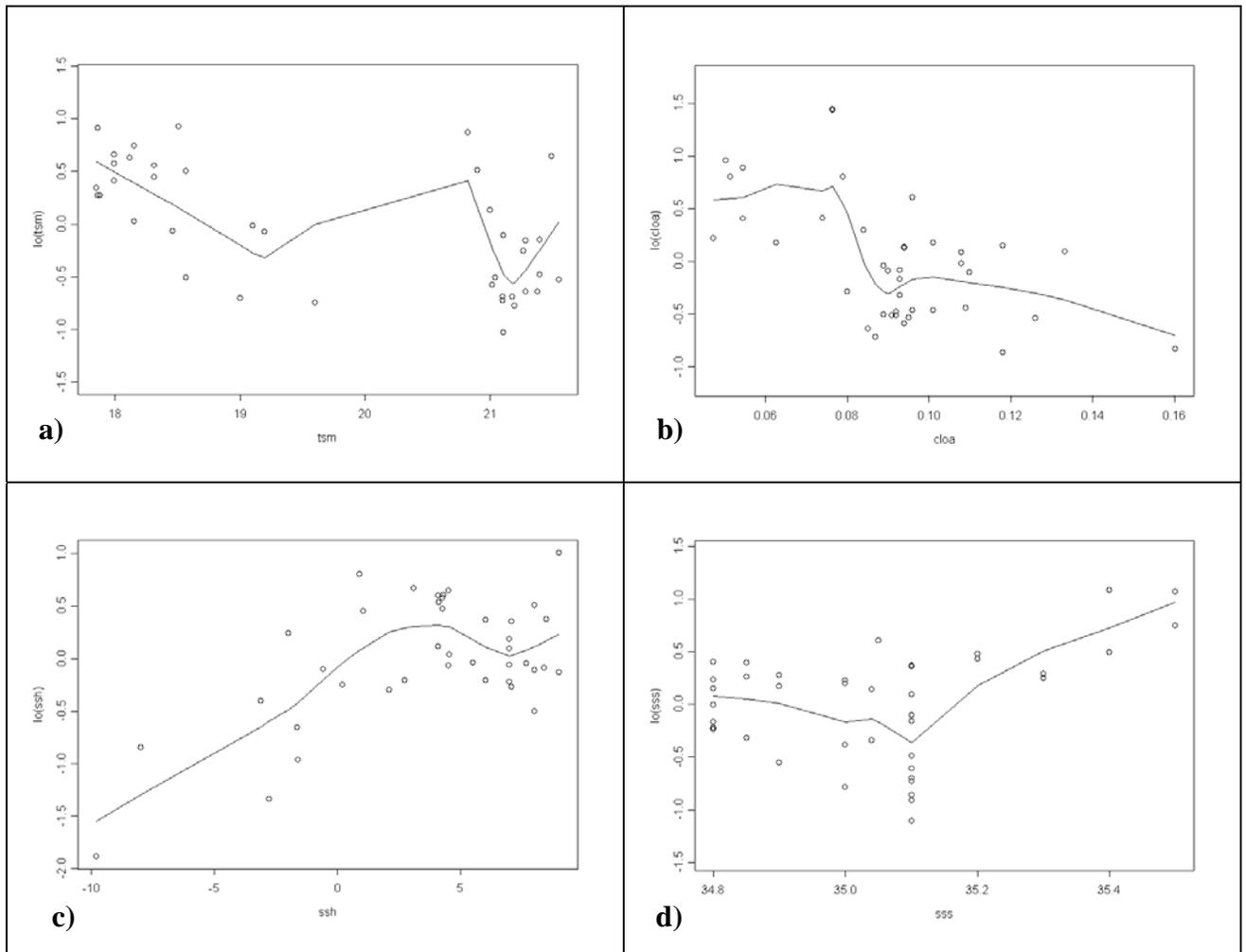


Figura 100. Relaciones entre el logaritmo de la CPUE y a) TSM, b) clorofila, c) altura superficial del mar y d) salinidad superficial del mar, se observa el efecto de cada variable sobre la CPUE.

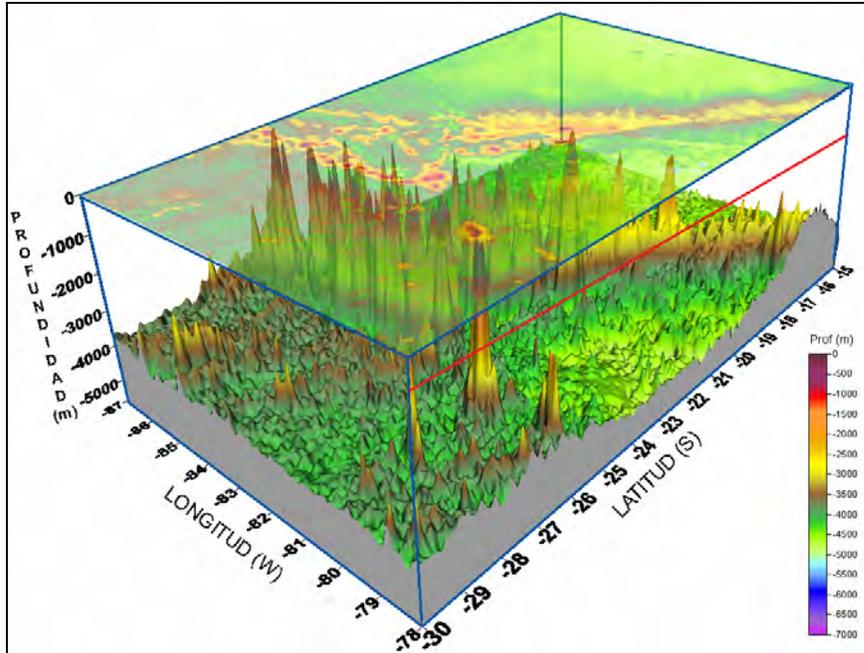


Figura 101. Caracterización 3D de la topografía satelital del fondo marino.

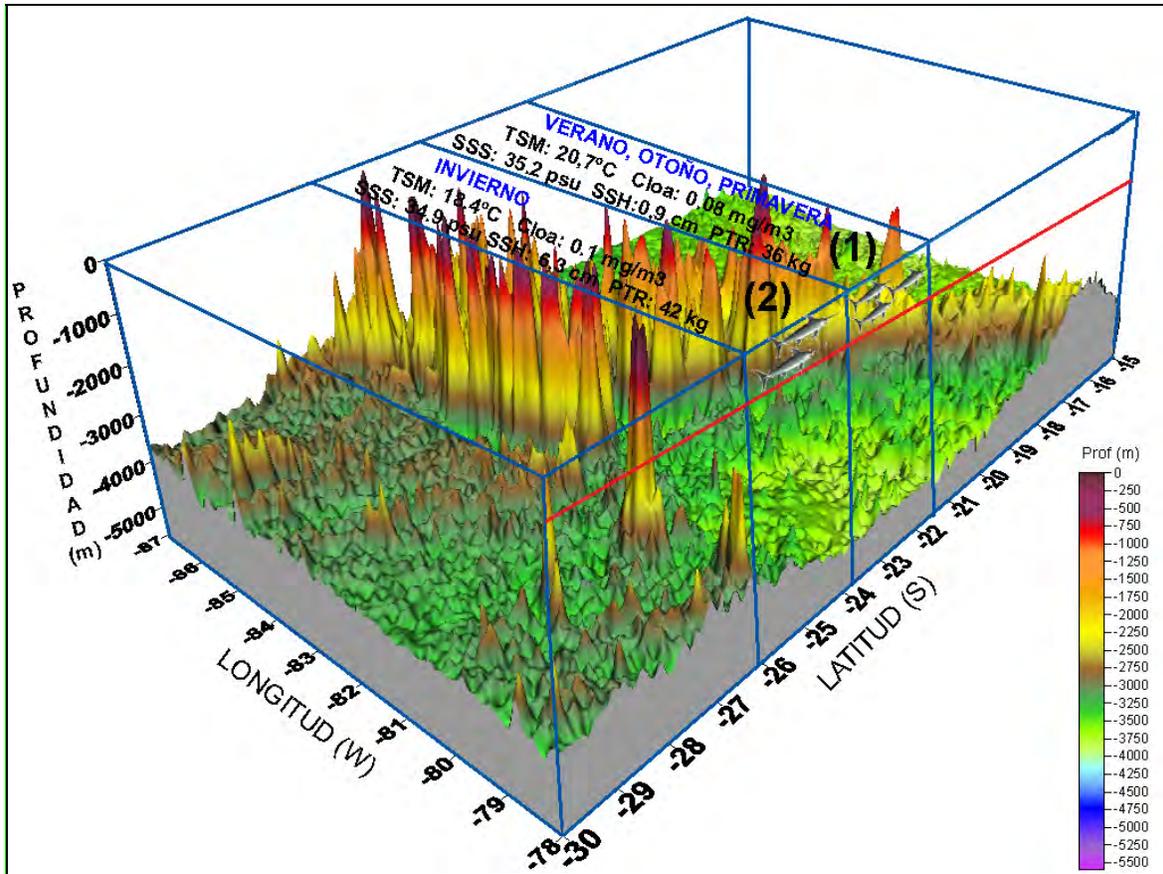


Figura 102. Representación de la distribución del pez espada en la zona de Cordillera de Nazca y al sur de esta zona, considerando relaciones ambiente – recurso estimadas con datos de cruceros (verano e invierno 2003 y otoño primavera 2005).

5. CONCLUSIONES

Oceanografía física-química

La estructura térmica general en el área de estudio consiste en una capa de mezcla homotermal de temperaturas cálidas de espesor variable entre 50 y 100 m y para luego disminuir rápidamente en profundidad. Bajo la termoclina estacional continúa la termoclina permanente de mayor espesor, más profunda y con gradientes térmicos verticales menores,

La estructura salina general en el área de estudio consiste en una capa de mezcla homohalina con salinidades altas Subtropicales de espesor variable entre 50 y 100 m, para luego disminuir rápidamente en profundidad dando origen a una haloclina de unos 10-20 m de espesor.

La estructura general de oxígeno disuelto en la zona consiste en una capa de mezcla homoóxica de espesor variable entre 50 y 100 m, con oxígenos disueltos altos alrededor del 100% de saturación. La capa de mínimo de oxígeno disuelto esta asociado a la presencia del agua Ecuatorial Subsuperficial, que en la zona se encuentra centrada alrededor de 350 m de profundidad.

Oceanografía bio-física satelital

Durante los cruceros de pesca de investigación en la zona de la Cordillera de Nazca en los distintas estaciones del año, los lances de pesca se realizaron en diversas profundidades las que fluctuaron entre los 1.300 y 4.400 m.

Los lances de pesca llevados a cabo en los distintos cruceros se efectuaron en diversas condiciones de circulación oceánica o corrientes geostroficas, principalmente asociados a estructuras de mesoescala tales como giros anticiclónicos y ciclónicos.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Las condiciones atmosféricas durante los cruceros se presentaron relativamente estables, cercanas a la normalidad y caracterizadas en general por valores medianamente negativos del Índice de Oscilación del Sur (IOS).

En la mayoría de las imágenes satelitales de magnitud y dirección de viento superficial (MDVS) se observó la influencia del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sudeste, el cual produce vientos Sur y Sudeste.

Los lances de pesca efectuados durante los cruceros de pesca y en las distintas estaciones se asociaron principalmente a zonas de anomalías positiva de la AASM satelital, donde la termoclina se encuentra más profunda y se generan giros o corrientes anticiclónicas.

Los cruceros estacionales se llevaron a cabo principalmente en condiciones normales y cálidas de la anomalía de TSM satelital. La TSM registrada en las áreas de pesca se caracterizó por valores promedio de 21,2°C en verano, 18,4°C en invierno, 21,2°C en otoño y 19,4°C en primavera.

La salinidad superficial del mar (SSM) satelital registrada en las áreas de pesca se caracterizó por valores promedio de 35,06 PSU en verano, 34,96 PSU en invierno, 35,37 PSU en otoño y 35,18 PSU en primavera.

La concentración de clorofila *a* satelital registrada en las zonas de pesca de los diversos cruceros estacionales tuvo bajos valores característicos de aguas oceánicas, registrándose valores promedio de 0,08 mg/m³ en verano, 0,105 mg/m³ en invierno, 0,095 mg/m³ en otoño y 0,078 mg/m³ en primavera.

Zooplankton

El muestreo de micronecton efectuado en el 2004, tuvo caracterizado por una fuerte subestimación de la abundancia de zooplankton existente en el área geográfica explorada,

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

debido a la abertura de mallas de la red utilizada. Cualitativamente no se registró la presencia de apendicularias, mientras que en ambos periodos del 2005 se capturaron estos filtradores. Esta ausencia se debería al escaso tamaño de las apendicularias (< 5 mm), que no fueron retenidas por la red IKMT. Otro cambio, fue la ausencia de larvas de cefalópodos en la primavera de 2005, con respecto a las otras temporadas. Los grupos de mayor importancia encontrados son: ostrácodos, anfípodos y salpas, que corresponden a grupos cuyos representantes son frecuentemente más comunes en aguas oceánicas que costeras, siendo más afines con aguas de características más bien oligotróficas.

Fracción poblacional del pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca

La talla media (LMIH) del pez espada capturado en el área de Cordillera de Nazca correspondió a 153,1 cm (d.e. = 29,7), con una distribución de frecuencia unimodal, con simetría negativa y la moda principal en la marca de clase de 135 cm.

En las estructuras de talla, existió mayor representatividad de machos en la mayoría de las tallas pequeñas, cambiando a las hembras sólo al llegar a 165 cm (LMIH), 145 cm (LOH) y 95 cm (L12D).

La talla del pez espada capturado en la zona de estudio, mostró diferencias estadísticamente significativas entre sexos, presentando en promedio las hembras, siempre longitudes mayores.

La proporción sexual de las capturas presentó en forma global, un porcentaje inferior de hembras (48%), observándose además un aumento progresivo de la proporción de hembras con la tallas de los ejemplares, alcanzando el 50% en el intervalo con marca de clase de 155 cm LMIH. De ahí en adelante las hembras predominan en las capturas, con excepciones en algunos intervalos de tallas mayores.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

El análisis espacial permitió apreciar una leve tendencia de incremento de las tallas hacia el sur, llegando a tallas medianas de 150 cm y tallas máximas de 270 cm en el paralelo 25° – 26° de latitud sur.

La proporción de hembras en las capturas, mostró un patrón de aumento con la latitud, alcanzando porcentajes de 60 a 70% en los paralelos 25° - 26° de latitud sur.

Se observaron diferencias significativas entre las tallas de los ejemplares capturados en la zona de estudio, en comparación a ejemplares capturados en la zona centro-sur de distribución de la pesquería, con una talla media menor y un rango de tallas más estrecho, para los ejemplares capturados en el área de Cordillera de Nazca.

La comparación de la talla del pez espada entre estaciones, dio como resultado que existen diferencias significativas, siendo los ejemplares de menor talla capturados en Verano, y los peces con tallas en promedio mayores y similares entre si, capturados en las estaciones de Otoño, Invierno y Primavera.

Las distribuciones de frecuencia de tallas de Invierno y Verano, se presentan más simétricas y con menos modas que las de Otoño y Primavera, observándose en forma general, una relación clara entre multimodalidad y tamaño muestral.

La proporción de hembras de pez espada se presentó muy similar entre Verano y Otoño (0,44 y 0,42) con mayor cantidad machos respecto a hembras. Por el contrario, en Invierno y Primavera la cantidad de hembras superó a la de machos con proporciones de 0,54 y 0,67 respectivamente.

Edad de ejemplares juveniles de Pez Espada

La metodología aplicada para la observación de anillos de crecimiento anuales en las

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

secciones transversales de la segunda espina anal permite observar con claridad la formación de anillos hialinos y opacos en los especímenes de pez espada.

La estructura de edades registradas en los muestreos correspondiente a otoño y primavera, objetivo del presente estudio, indica una presencia mayoritaria de peces juveniles, situación que se observa mas acentuada en verano y en menor medida en invierno. Con lo que se respalda la hipótesis de la zona de Nazca como área de crianza de *X. gladius*.

Análisis Reproductivo

El total de ejemplares del crucero noviembre-diciembre de 2005 no permite realizar conclusiones de validez poblacional acerca del estado reproductivo de la especie.

El análisis de distribución por estadio para ambos cruceros muestra claramente la ausencia de ejemplares de ambos sexos en estado virginal, ya que no se aprecia en ninguno de ellos la presencia de células del tipo ovogonia o espermatogonia constituyendo grupos celulares o aisladas como constituyente celular predominante.

Análisis genético

La conclusión del análisis de microsatélites es que aún no existe una clara sustentación genética para indicar una heterogeneidad del stock del Pacífico, siendo necesario un estudio más amplio para poder concluir.

Análisis trófico de pez espada

La dieta de pez espada en el área de la Cordillera de Nazca esta compuesta principalmente por cefalópodos y peces teleosteos, entre los que destacan *D. gigas*, *Onychoteuthis* sp., mictófidos y *C. pauciradiatus*.

La dieta de pez espada no presenta cambios entre machos y hembras.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

La importancia de cefalópodos en la dieta se incrementa con el tamaño de pez espada, disminuyendo a su vez la presencia de peces teleosteos.

En el análisis de clasificación jerárquica es posible distinguir 2 clases o grupos de observaciones bien diferenciados entre si, La clase o grupo 2 está formado por observaciones registradas en el crucero de invierno.

La composición de la dieta de los ejemplares muestreados, indica que el consumo de cefalópodos predominó en las dos clases siendo mayor en clase 2 (70%) que en la clase 1(67%), el consumo de peces es menor 32% en la clase 2 y 29% en la clase 1, es el consumo de crustáceos el que diferencia a ambas clases haciéndose presente sólo en la estación más fría (1%).

Fauna acompañante

La captura de fauna acompañante muestra en ambas clases porcentajes de raya (30% clase 1 – 32% clase 2), tiburón (30% clase 1 – 34% clase 2) y peces (26% clase 1 – 34% clase 2) es similar, observándose diferencias en la aparición de atunes, en la estación fría no se registra la presencia de atunes como fauna acompañante (15% clase 1 – 0% clase 2).

Composición de la dieta de la fauna acompañante

Dossidicus gigas representa la fuente de alimento más importante para los individuos adultos *X. gladius* y su fauna asociada.

Relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico

Con la base de datos de los cruceros se establecen relaciones entre el ambiente y el recurso pez espada, al respecto se pudo definir 2 grupos asociados a zonas geográficas específicas

de la Cordillera de Nazca.

Un primer grupo se localiza al norte del área y está representado por individuos (PTR promedio igual a 36 kg) más pequeños capturados durante los cruceros de verano, otoño y primavera cuya distribución se asocia a la presencia de aguas superficiales cálidas (TSM de 20,7°C), de baja productividad (Cloa de 0,08 mg/m³), masas de agua subtropicales (SSM de 35,2 psu) y con baja anomalía de la altura del mar (SSH de 0,93 cm).

El segundo grupo se ubica al sur del área y se caracteriza por individuos de PTR promedio de 42 kg asociados a aguas superficiales menos cálidas (TSM de 18,4°C) que el grupo (1), más productivas (0,1 mg/m³) y a masas de aguas de mezcla (SSM de 34.91 psu). Asimismo, ambos grupos están representado por individuos cuya dieta se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de cefalópodos (87%), que de peces (10%) y crustáceos (3%).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acuña, E., J. Villarroel y R. Grau. 2001. Fauna acompañante asociada a la pesquería del pez espada. Taller: El recurso pez espada y su pesquería en Chile.

Acuña, E., J. C. Villarroel y R. Grau. 2002. Fauna íctica asociada a la pesquería de pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus). *Gayana* 66(2):263-267.

Aksnes D.L. y Giske J. 1990. Habitat profitability in pelagic environments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 64: 209-215. Freón, P. and O.A. Misund. 1999. Dynamics of Pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Blackwell Science, London.

Andersen V., J. Sardou y B. Gasser. 1997. Macroplankton and micronekton in the northeast tropical Atlantic: abundance, community composition and vertical distribution in relation to different trophic environments. *Deep Sea Res. I*, 44: 193-222.

Arcos D.F., L. Cubillos y S.P. Núñez. 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997-98 effects off Chile. *Progress in Oceanography* 49: 597-617.

Arntz W.E., 1984. El Niño and Peru positive aspects. *Oceanus* 27: 36-39.

Baker, J.R. 1958. Principles of biological microtechnique. A study of fixation and dyeing. John Wiley and sons publishers. New York.

Barbieri M.A., F. Naranjo, E. Yáñez., M. Farías, G. Danneri y P. Rojas. 1987. La pesquería artesanal del atún de aleta larga en la zona de Valparaíso y el satélite NOAA, *Invest. Mar.*, Valparaíso (15): 41-61.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Barbieri, M.A., E. Yáñez, L. Aríz y A. González, 1990. La pesquería del pez espada: tendencias y perspectivas. In: *Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile*. M.A. Barbieri (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, Chile: 195-214.

Barbieri M.A., E. Yáñez,, M. Farías. 1991. La teledetection et la peche artisanale du germon et de l'espadón au Chili: un cas de transferí de technologie, In: *La recherche face a la peche artisanale*, symp Int ORSTROM-IFREMER, Montpellier-France, 1989, J. R. Durand et al (Eds.), Paris, ORSTROM: 817-824.

Barbieri, M. A., E. Yáñez, M. Donoso, A. González y V. Catasti. 1995. Monitoreo de la pesquería del recurso pez espada (I-X Regiones, 1994). Informe final proyecto FIP N°16/93, 50 pp + Anexos.

Barbieri, M.A., E. Yáñez, C. Canales, V. Correa, M. Donoso, A. González, B. Leiva y A. Montiel. 1998. Development and present state of the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in Chile. In: *Biology and fisheries of swordfish, Xiphias gladius*. I. Barret, O. Sosa-Nishizaki, and N. Bartoo (eds.), NOAA Technical Report NMFS, 142: 1-10.

Bard, F.X., Bach P. y Josse E. 1998a. Habitat, ecophysiologie des thons: Quoi de neuf depuis 15 ans? In *ICCAT Symposium de Sao Miguel, Juin 1996*, Beckett J.S. (ed.), ICCAT L(1): 319-341.

Bard, F. X. 1999. Estimation du potential en thons profonds de la ZEE polyne´sienne. In *ECOTAP, Etude du comportement des thonide´s par l'acoustique et la pe^che a` la palangre en Polyne´sie Franc,aise*505–523. Ed. by R. Abbes, and F.-X. Bard. Rapp. Final Convention Territoire/EVAAM. IFREMER/ORSTOM no. 950170, Chap. 11.

Barreto, C., L. Marcano, J. Alió, X. Gutierrez y A. Zerpa. 1996. Alimentación del pez

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

espada, *Xiphias gladius*, en el área del caribe venezolano. *Cient.-CIAA.*, 45(2): 337-342.

Béarez, P., M. Zambrano and H. Treviño. 2001. Premier signalement pour le Pérou de trois poissons océaniques: *Pseudocarcharias kamoharai* (Chondrichthyes, Pseudocarchariidae), *Alepisaurus ferox* (Osteichthyes, Alepisauridae) et *Pteraclis velifera* (Osteichthyes, Bramidae). *Cybium* 25 (2):181-184.

Beckett, J. y S. Tibbo. 1968. Recent changes in size composition of Canadian Atlantic swordfish Catches. In: Maciellan, J. S. (ed) Selected papers from the 1968 annual meeting. ICNAR. Redbook. 1968. Part. III.

Beckett, J.S. 1974. Biology of swordfish, *Xiphias gladius* L., in the North West Atlantic Ocean. NOAA Technical Report. NMFS SSRF-675:103-106.

Berkeley, S. A. y E. D. Houde. 1983. Age determination of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the strait of Florida, using anal fine spine sections. U.S.Dep.Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 137-147.

Bertrand, A., R. Le Borgne, E. Josse. 1999. Acoustic characterisation of micronekton distribution in French Polynesia. *Marine ecology progress series*, 191: 127-140.

Bertrand, A., F. Bard y E. Josse. 2002. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. *Mar. Biol.*, 140: 1023-1037.

Beuchot, M., J. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese. 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol II, Paris, 161 pp.

Bigelow, H. y W. Schroeder. 1953. Fishes of the Gulf of Maine U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull., 63: 351-357.

Bigelow, K., C. Boggs y X. HE. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fisheries Oceanography*, 8 (3): 178-98.

Blackburn M. 1968. Micronekton of the eastern tropical Pacific Ocean: Family composition, fishes. *Bull. Jap. Doc. Fish. Oceanogr*, 53 (1): 70-77.

Bloom, S.A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 125-128.

Boltovskoy D 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers. Boltovskoy, D. (ed.). 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden, Vol. 1: 1-868 y Vol. 2: 869-1706.

Botsford, L.W., Castilla, J.C. y C.H. Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, 277: 509-515.

Campbell, R.A., G. Tuck, y T. Nishida. 1995. Indices of abundance for Southern Bluefin Tuna from analysis of fine-scale catch and effort data. Working Paper 14 presented at the first CCSBT Scientific Meeting held in Shimizu, Japan.

Carey, F. y B. H. Robinson. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fishery bulletin*, 79 (2): 277-287.

Carey, F. 1990. Further acoustic telemetry observations of swordfish. In: Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond. R. H. Stroud (ed.), National Coalition for Marine Conservation, Savannah, pp. 195-214.

Cohen, D., I. Tadashi, T. Iwamoto y N. Scialabba. 1990. FAO species catalogue. Vol 10. Gadiform fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of cod, hakes,

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

grenadiers and the other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop., N°125, vol 10. Rome, 422 pp.

Collette, B.B. y C.E. Nauen. 1983. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO species catalogue 15. FAO Fisheries Synopsis, 125(2): 1-137.

Compagno, L. J. V. 1984a. FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1 - Hexanchiformes to Lamniformes. Sharks of the World. FAO Fish. Synop. No. 125, 4 (pt 1) 1-249.

Compagno, L. J. V. 1984b. FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Charcharhiniformes. FAO Fish. Synop. No. 125, 4 (pt 2): 251-655.

Compagno, L. J. V. 2001. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Laminiformes and Orectolobiformes). FAO species catalogue for Fisheries purpose. N° 1, vol 2: 1-269.

CONAMA 2003. Estrategia nacional de biodiversidad, Comisión Nacional del Medio Ambiente.

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.

CPPS, 2005. Informe de la dirección científica de la cpps sobre las actividades relativas a los aspectos científicos del pez espada. Sexta reunión. <http://www.cpps->

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

int.org/plandeaccion/tallertecnicocientifico/INFORME%20DIRECCION%20CIENTIFICA.pdf

Cubillos, L.A., D.F. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile on the 1990s and the impact of the 1997-1998 El Niño. *Aquat. Living Resour.*, 15: 87-94.

Chong, J.V. 1992. Determinación de Edad y Crecimiento en la albacora (*Xiphias gladius*). Etapa 1. Determinar la utilización del método de lectura de marcas en estructuras duras para determinar edad. Subsecretaría de Pesca-Universidad Católica Ssma. Concepción, 31pp.

Dagorn L., P. Bach y E. Josse. 2000. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean determined using ultrasonic telemetry. *Mar. Biol.*

DeMartini E., J. Uchiyama, 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.

Donoso, M. y F. Cerna. 1999. Monitoreo pesquería de albacora temporada 1998. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Subsecretaria de Pesca, Chile, 32 pp.

Donoso y Cerna. 2000. Programa de seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Investigación Situación Pesquerías Pelágicas mayores, 1999. SUBPESCA-IFOP.

Donoso y Chong. 1995.-Elaboracion clave edad-talla de albacora (*Xiphias gladius*) durante la temporada de pesca 1994-1995. SUBPESCA-IFOP-SOC. EST. HIDROB.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Donoso y Chong. 1996.-Elaboracion clave edad-talla de albacora (*Xiphias gladius*) durante la temporada de pesca 1995-1996. SUBPESCA-IFOP-SOC. EST. HIDROB.

Donoso y Chong. 1997.-Elaboracion clave edad-talla de albacora (*Xiphias gladius*) durante la temporada de pesca 1996-1997. SUBPESCA-IFOP-SOC. EST. HIDROB.

Donoso M. y M. Recabal. 2000. Catálogo de peces pelágicos mayores. Proyecto seguimiento pesquerías pelágicas mayores. IFOP, 12 pp.

Donoso J.M., F. Cerna, J. Campos y R. Vega. 2002. Informe Final Recursos Altamente Migratorios. Proyecto Investigación Situación Recursos Altamente Migratorios, 2001. Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Instituto de Fomento Pesquero-Subsecretaría de Pesca: 96 p. (más tablas, figuras y anexos).

Ehrhardt, N. 1992. Age and growth of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Northwestern Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 50(2): 292:301.

Essington, T.E., Kitchell, J.F., Boggs, C., Schindler, D.E., Olson, R.J. y R. Hilborn. 2002. Alternative fisheries and the predation rate of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. *Ecol. Appl.*, 12: 724-734.

FAO,1995. Pacifico Centro-oriental. Plantas e invertebrados marinos. Vol 1, 646 pp.

FIP 2000-11. Biología reproductiva y áreas de desove del pez espada en el Pacífico Suroriental. IFOP.

FIP 2002-04. Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

crianza del pez espada. Fase I. Universidad Católica de Valparaíso.

Freon P., C. Mullon y G. Pichon. 1993. CLIMPROD: Experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. FAO Comp. Series (Fisheries), 5: 1-76.

Freón, P. y O.A. Misund. 1999. Dynamics of Pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Blackwell Science, London.

Galleguillos R., L. Troncoso y R. Montoya. 2001. Estado actual del conocimiento de genética de poblaciones aplicada al pez espada en el Pacífico Oriental. Taller “El recurso pez espada y su pesquería en Chile: una revisión metodológica” Viña del Mar , 29-30 marzo. Instituto de Fomento Pesquero.

González, A. 1993. Distribución espacio-temporal de la pesquería artesanal de Pez Espada (*Xiphias gladius*) desarrollada por la flota artesanal de Valparaíso y variaciones ambientales entre 1987 - 1991. Tesis Esc. de Cs. del Mar UCV, Valparaíso, 94 pp.

Gonzalez, E., T. Cardenas, A. Herrera y A. Olguin. 1989. Taxonomía de invertebrados marinos. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte, Coquimbo. Paginación irregular.

Hatanaka, H., T. Inada, I. Nakamura y M. Takeda. 1986. Important fishes trawled off patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokio, 369 pp.

Hernandez-Garcia, 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.

Hinton M., H. William, Bayliff y M. Jenny M. 2002. Assessment of swordfish in the eastern pacific ocean. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Stock Assessment Report 2: 297-338.

Holland K.N., R.W. Brill y R.K.C. Chang. 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with Fish Aggregating Devices. Fish. Bull., 88: 493-507.

Hunter, J. y 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.

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

Joseph, 1969.

Joseph, J., F. Miller. 1989. El Niño and the fishery for tunas in the eastern Pacific. Bull. Jap. Doc. Fish. Oceanogr. 53(1), 77-80.

Josse E., P. Bach y L. Dagorn. 1998. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. Hydrobiologia, 371/372: 61-69.

Kawaguchi, K y H. Shimizu. 1978. Taxonomy and distribution of the Lanternfishes, genus *Diaphus* (PISCES, MYCTOPHIDAE) in the Western Pacific, Eastern Indian Oceans and the Southeast Asian Seas. Bull. Ocean. Res. Inst. Univ. Tokyo, 10: 1-45.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Kong I. y R. Meléndez. 1991. Estudio taxonómico y sistemático de la ictiofauna de aguas profundas capturadas entre Arica e Isla Mocha (18°30'-38°30' Lat. S). *Estudios Oceanológicos* 10: 1-81.

Kume, S. and J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 130°W. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* 2: 115-162.

Lamilla, J. y S. Sáez. 2003. Clave taxonómica para el reconocimiento de especies de rayas chilenas (Chondrichthyes, Batoidei). *Investigaciones Marinas, Valparaíso*, 31(2):3-16.

Larry, P. 1986. *New Zealand Fishes. An identification guide.* Reed Methuen, 184 pp.

Le Borgne R. y Rodier M. 1997. Net zooplankton and the biological pump: a comparison between the oligotrophic and mesotrophic equatorial Pacific. *Deep Sea Res. II*, 44: 2003-2023.

Lehodey P., J.M. Andre, M. Bertignac, J. Hampton, A. Stoens, C. Menkes, L. Memery y N. Grima. 1998. Predicting skipjack tuna forage distributions in the equatorial Pacific using a coupled dynamical bio-geochemical model. *Fish. Oceanogr.*, 7: 317-325.

Longhurst A.R. 1976. Vertical migration. In *The ecology of the seas*, Cushing D.H y Walsh J.J. (ed.), Blackwell, London, pp 117-137.

Longhurst, A. R. 1998. *Ecological geography of the sea.* Academic Press, New York. 398 pp.

Lopez, M.T., C. Leyton y M.E. Graf. 1982. *Técnicas de Histología y Citología.* Ed. Depto. Biología Celular y Genética, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de

Chile.

Lu Hsueh-Jung, Kuo-Tien Lee y Cheng Hsin Liaio. 1998. On the relationship between El Niño/Southern oscillation and South Pacific albacore. *Fisheries Research*, 39: 1-7.

Luikart G. y P.R. England. 1999. Statistical analysis of microsatellite DNA data. *Trends in Ecology and Evolution*, 14:253-256.

Mann, F. 1954. Vida de los peces en aguas chilenas. Ministerio de Agricultura, Universidad de Chile. Santiago, 342 pp.

Mather, C. 1976. Billfish-marlin, broadbill, sailfish. Saltaire Publishing, Sydney.

Matzumoto, W. M. y T. K. Kazana. 1969. 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.

Maury O. 1998. Modélisation spatiale en halieutique, approche par simulateur sous SIG. Application à la modélisation hiérarchique de la population de thon albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique tropical. Thèse de Dr. De l'ENSAR, 354p.

Meléndez , R. Y D. Meneses. 1991. Tiburones del talud continental recolectados entre Arica e Isla Mocha (18°19'-38°30'LS), Chile. *Inv. Mar. Vol (17-18-19)*: 3-73.

Miyabe, N., T. Koi y J. Susuki. 1989. El Niño and tuna fisheries: the fisheries of long lived fishes. *Bull. Jap. Doc. Fish. Oceanogr*, 53 (1): 70-77.

Moreira, F. 1990. Food of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, off the Portuguese coast. *J. Fish. Biol.*, 36: 623-624.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Murphy, M. y 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. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fisheries Synopsis, 125 (5) 1-65.

Nielsen, J., D. Cohen, D. Maikle y R. Robins. 1999. FAO species catalogue. Vol 18. Ophidiiform fishes of the world (order ophidiiformes). An annotated and illustrated catalogue of pearlfishes, cusk-eels, brotulas and other ophidiiform fishes known to date. FAO Fish. Synop., N° 125, Vol.18, Rome, 178 pp.

Nieto, K. 1999. Determinación de zonas probables de pesca de pez espada (*Xiphias gladius*) en Chile central, a través de imágenes de temperatura superficial del mar de satélites NOAA. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 92 pp.

Olson, R.J., y F. Galván-Magaña. 2002. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull. 100:279-298.

Oyarzún, C. 2001. Trofodinámica del pez espada; alcances metodológicos. Taller: El recurso pez espada y su pesquería en Chile.

Oyarzún, C. 2001. Trofodinámica del pez espada; alcances metodológicos. Taller: El recurso pez espada y su pesquería en Chile.

Oyarzún, C., G. Aedo y E. Daza. 2002. Comportamiento alimentario de pez espada en las áreas de pesca en el Pacífico Sur Oriental frente a Chile. En: Biología reproductiva y áreas de desove del pez espada en el Pacífico Sur Oriental. Donoso, M. et al. (Eds). Informe final FIP 2000-11.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Oyarzún, C., G. Aedo, S. Gacitua y R. Chong. 2003. Comportamiento alimentario de pez espada en el área de pesca frente a Chile. En: Monitoreo y análisis de las operaciones de pesca conjunta del pez espada CE/Chile 2003. Informe Final.

Palko, R.J., G.L. Beardsley, and W.J. Richards. 1981. Synopsis of the biology of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus. U.S. Dep. Comer., NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 441.

Palma, S. 1994. Composición y distribución del macroplancton gelatinoso recolectado frente a la costa central de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 29(1): 23-45.

Pequeño, G. 1971. Macrouriformes de Chile. Bol. Mus. Nac. Chile, 32: 269-368.

Pequeño, G. 2004. Peces del Crucero CIMAR 6-Islas Oceánicas: I, Clave para reconocer familias de peces de las Islas Desventuradas, Chile. Cienc. Tecnol. Mar., 27(1):103-112.

Petit M., J.-M. Stretta, M. Simier 1991. Interactions environnement-thonidés: difficulté de modélisation de l'agrégation des bancs. Rec. Doc. Sci. ICCAT 35(1): 180-183.

Pianka, E.R. 1973. The structure of lizards communities. Annual Review of Ecology and Systematics. 4:53-74.

Pinkas, L., M.S. Oliphant y I.L.K. Iverson. 1971. Foods habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California Waters. Calif. Fish. Game, 152: 1-105.

Podestá G., J. Brodwer y J. Hoey. 1993. Exploring the association between swordfish catch rates and thermal fronts on U.S. longline grounds in the western North Atlantic.

Continental Shelf Research, Vol. 13, (2) : 253-277.

Polovina, J. J., P. Kleiber, and D. R. Kobayashi. 1999. Application of TOPEX/POSEIDON satellite altimetry to simulate transport dynamics of larvae of the spiny lobster (*Panulirus marginatus*), in the Northwestern Hawaiian Islands, 1993-96. Fish. Bull. 97:132-143.

Polovina, J.J.,E. Howell, and M. P. Seki 2000. Satellite ocean color sensors detect biological change in mid-latitude North Pacific, 1997-2000.EOS AGU. 81(44)p.519.

Ponce, F. y R. Bustos. 1991. La pesquería del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) en Chile. In: Memorias del Seminario Regional sobre Evaluación de Recursos y Pesquerías Artesanales. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) Rev. Pacífico Sur, 19: 25-34.

Power J.H. y J.L.N. May. 1991. Satellite observed sea-surface temperatures and yellowfin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. Fish. Bull., 89: 429-439.

Radtke, R. L y P. Hurley. 1983. Age estimation and growth of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the NW Atlantic base on external features of otoliths. U.S.Dep.Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 137-147.

Reeb, B., Brown, B., y Tang, A. (2001). Neonatal novelty exposure enhances social recognition memory in adult rats [Abstract]. Developmental Psychobiology, 41, 80.

Reeb, C.A., L. Arcangeli y B.A. Block. 2000. Structure and migration corridors in Pacific populations of the swordfish *Xiphias gladius*, as inferred through analyses of mitochondrial DNA. Marine Biology, 136: 1123-1131.

Reid, P.C., Battle, E.J., Batten, S.D. y K.M. Brander. 2000. Impacts of fisheries on plankton community structure. ICES J. Mar. Sci., 57: 495-502.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

- Retamal, M. 1993. Crustáceos decápodos abismales de la zona de Iquique-Arica. *Estudios Oceanológicos*. 12: 1-8.
- Roger C. 1994a. The plankton of the tropical Western Indian ocean as a biomass indirectly supporting surface tunas (yellowfin, *Thunnus albacares* and skipjack, *Katsuwonus pelamis*). *Env. Biol. Fish.*, 39: 161-172.
- Roper. C.F.E., M.J. Sweeney y C.E. Nauen. 1984. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO species catalogue 3. FAO Fisheries Synopsis, 125(3):1-277.
- Sakagawa, G. T. 1989. Trends in fisheries for swordfish in the Pacific Ocean. In: *Second International Billfish Symposium Proc. , Part 1: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management*. R.H. Stroud (ed) Savannah, Georgia: National Coalition for Marine Conservation, Inc., pp.61-79.
- Sakagawa, G. T., y R. Bell. 1980. Swordfish *Xiphias gladius*. In R.S. Shomura (ed), *Summary Report of the Billfish Stock Assessment Workshop, Pacific Resources*. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo, NMFS-SWFC-5, 50 pp.
- Sambrook, J.; Fritsch, E.F. y Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning: A laboratory Manual*, 2nd edn (Cold Spring Harbor, NY, Cold Harbor Laboratory).
- Sameoto D.D. 1986. Influence of the biological and physical environment on the vertical distribution of mesozooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. *Mar. Biol.*, 93: 263-279.
- Scott, W. y S. Tibbo. 1968. Food and feeding habits of swordfish *Xiphias gladius* in the

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. J. Fish. Res. Bd. Can., 903-919.

Sedberry, G. y J. Loefer. 2001. Satellite telemetry tracking of swordfish, *Xiphias gladius*, off the eastern United States. Mar. Biol., 139: 355-360.

Seki, Michael P., Jeffrey J. Polovina, Donald R. Kobayashi, Robert R. Bidigare, and Gary T. Mitchum. 2002. An oceanographic characterization of swordfish longline fishing grounds in the Subtropical North Pacific. Fish. Oceanogr. 11(5):251-266.

SERNAPESCA. 1993-2000. Anuarios estadísticos de Pesca. Ministerio de Economía, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile.

Sharp, D.G., 1994. Fishery catch records, El Niño/Southern Oscillation, and longer-term climate change as inferred from fish remains in marine sediments. In: Díaz, H.F., Markgraf, V. (Eds). El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. Cambridge Univ. Press, pp. 379 - 418.

Sielfeld K., W. y M. Vargas F. 1992. Tiburones y rayas del Pacífico Sur Oriental. Texto Universitario Básico. Pro Scientia. Depto. Ciencias del Mar. Universidad Arturo Prat. Iquique. 1:1-104.

Smith, W. H. F., y D. T. Sandwell, 1997. Global Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings, Science, v. 277, p. 1956-1962.

Sosa-Nishizaki, O., y M. Shimizu. 1991. Spatial and temporal CPUE trends and stock unit inferred from them for the Pacific swordfish caught by the Japanese tuna longline fishery. Bull Nat. Res. Inst. Far Seas Fish. 28: 75-89.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

- Stevens, J. Y T. Pyrzakowski. 1992. Tiburones. Weldon Owen Pty Ltd, Sidney, 240 pp.
- Stone, H. H. y J. M. Porter. 1997. Development of a swordfish sex-ratio-at-size relationship for catches from Canadian fishery. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. 46(3): 311-314.
- Stretta, J.M. 1990. La télédétection infrarouge thermique peut-elle aider à la prévision de zones de pêche? La réponse praxéologique. Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco, N° especial 6: 173-198.
- Sun C.L., Wang S.P., S.Z.Yeh. 2002. Age and growth of the swordfish (*Xiphias gladius*) in the waters around Taiwan determined from anal-fin rays. Fish. Bull. 100: 822-835.
- Sund, P.N., Blackburn M. y Williams F. 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: a review. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 19: 443-512.
- Susuki, Z. y N. Miyabe. 1990. Heterogeneous sex ratio of Atlantic swordfish and implication to cohort analyses. Col. Vol. Sci. Pap. XXXII (2): 377-386.
- Swartzman, G., RD. Brodeur, JM. Napp, D. Walsh, R. Hewitt, D. Demer, G. Hunt, y E. Logerwell. 1999. Relating predator and prey spatial distributions in the Bering Sea using acoustic backscatter data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 56 (supl. 1):188-198.
- Tibbo, S., L. Day y W. Doucet. 1961. The swordfish (*Xiphias gladius* L.) its life history and economic importance in the Northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 130, 47 pp.
- Tserpes, G. y N. Tsimenides. 1995. Determination of Age and growth of swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758 in eastern Mediterranean using anal-fin spines. Fishery Bulletin 93:594-602.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

WARD, R.D. 1995. Population genetics of tunas. J. Fish. Biol. 47 (Supplement A): 259-280.

Ward P. y S. Elscot. 2000. Broadbill Swordfish status of world fisheries. Bureau of Rural Sciences. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Australia, 208 pp.

Ward, R.D., Reeb, C.A. y Block, B. 2001. population Structure of Australian Swordfish *Xiphias gladius*. Final Report to the Australian Fisheries Management Authority. Canberra. Australia.

Weidner, D. y J. Serrano. 1997. World Swordfish Fisheries. An Analysis of Swordfish Fisheries, Market Trends, and Trade Patterns Past-Present-Future. Volumen IV. NOAA Tech. Memo, 843 pp.

Weiss, R. 1970. The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and sea water. Deep-Sea Res., 17: 721-735.

Wilson, C. y J. Dean. 1983. The potencial use of sagittae for estimating age of Atlantic swordfish, *Xiphias gladius*. U.S.Dep.Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 151-156.

Williams, A. y Koslow J.A. 1997. Species composition, biomass and vertical distribution of microneckton over the mid-slope region off southern Tasmania, Australia. Mar. Biol 130.

Wisner, R. 1974. The taxonomy and distribution of lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. Navy Ocean Research and Development Activity, Mississippi, 229 pp.

Yabe, H., S Ueyanagi, S Kikawa and H. Watanabe. 1959. Study on the life History of the

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. In Jap., Engl.summ. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Fish.Res.Lab. 10: 107-150.

Yáñez, E., M.A. Barbieri y A. Montecinos. 1990. Relaciones entre las variaciones del medio ambiente y las fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona de Talcahuano, Chile. In: Barbieri, M.A. (Ed.), *Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile*, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso. pp. 49-62.

Yáñez, E., M.A. Barbieri y L. Santillan. 1992. Long-term environmental variability and pelagic fisheries in Talcahuano, Chile. In: Payne, A.I., Brink, L., Mann, K.H., Hilborn, R. (Eds), *Benguela Trophic Functioning*. S. Afr. Sci., 12, pp. 175-188.

Yáñez, E., C. Silva, M. A. Barbieri y K. Nieto. 1996. Pesquería artesanal de pez espada y temperatura superficial de mar registrada con satélites NOAA en Chile central. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 24: 131-144.

Yáñez, E. y R. Toro. 1999. Evaluación del stock e influencias del ambiente en la pesquería del medio ambiente en la pesquería del pez espada en Chile. Informe Final Proyecto DI-UCV N° 986/98, Estudios y Documentos N° 5/99, ECM, UCV, 40 pp.

Yáñez, E., M.A. Barbieri B., F. Ponce M., M. Donoso P., C. Canales R., R. Toro N. y J. Acevedo. 2003. Monitoreo y Evaluación de la Pesquería Chilena de Pez Espada. In: *Actividad Pesquera y de Acuicultura en Chile*, E. Yáñez (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 143-156.

Young, J.W., R.W. Bradford, T.D. Lamb y V.D. Line. 1996. Biomass off Zooplankton and micronekton in the southern bluefin tuna fishing ground off eastern Tasmania, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 138.

Zárate, P. 1997. Biología reproductiva del pez espada (*Xiphias gladius*, Linnaeus 1758) en aguas chilenas. Tesis, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 111 pp.

ANEXO 1 . Equipo profesional y técnico que ha participado en las actividades realizadas en el proyecto.

Yáñez, Eleuterio

Título :Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Postgrados :Diplome d'Etudes Approfondies en Oceanographie Biologique

: Doctorat 3ème Cycle en Oceanographie Biologique

: Doctorat en Oceanologie (Ph.D)

Campo de Trabajo :Biología Pesquera

Categoría : Jefe de Proyecto e Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Oyarzún, Ciro

Título : Biólogo Marino, U. de Concepción

Postgrado : Programa Doctorado en Zoología, Escuela de Graduados, U. de Concepción. Grado obtenido en enero de 1998.

Campo de Trabajo : Trofodinámica

Categoría :Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Silva, Nelson

Título : Licenciado en Filosofía y Educación, Católica de Valparaíso.

Profesor de Química, Universidad Católica Valparaíso.

Postgrado :Master of Science (Oceanography), Oregon State University, Corvallis, USA

Campo de Trabajo : Oceanografía Física

Categoría :Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Palma, Sergio

Título : Licenciatura en Ciencias con mención en Biología.

Universidad Católica de Valparaíso. 1967-1972.

Postgrado :Doctorado en Oceanografía Biológica.
Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Francia.
Campo de Trabajo : Plancton
Categoría : Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Claramunt, Gabriel

Título : Biólogo Marino. Universidad de Concepción.
Postgrados : Magister en Ciencias mención Pesquerías. Universidad de
Concepción.
Campo de Trabajo : Caracterización reproductiva
Categoría : Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Chong, Javier

Título : Licenciado en Biología. Título (s) grado (s) :
Postgrados :Magíster en Ciencias, mención Zoología.
Campo de Trabajo :Composición de Talla y estructura etérea
Categoría : Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Meléndez, Roberto

Título : Licenciado en Biología Marina.
Postgrados : Doctor en Pesquerías (Ph.D). Oregon State University. USA.
Campo de Trabajo : Fauna acompañante
Cargo : Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Rojas, Patricia

Título :
Postgrado :

Campo de Trabajo : Trofodinámica
Categoría :Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Silva, Claudio

Título :Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Campo de Trabajo : Oceanografía y análisis integrado
Cargo :Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Campalans, Jacqueline

Título : Graduada en Biología en la Facultad de Ciencias Básicas da
Universidad Católica de Valparaíso (UCV), Chile en 1982.
:Licenciada en Ciencias de la Ecología, en Universidad Católica de
Valparaíso, UCV, Valparaíso, Chile, 1982.
Postgrados : Doctorado en Área de Ciencias Básicas
: Magíster en Área de Microbiología.
Campo de Trabajo : Genética
Cargo :Investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Herrera, Gustavo

Título : Prof. en Biología y Ciencias
Postgrado : Magister en Ciencias. Mención Biología de la Reproducción.
Campo de Trabajo : Biología Pesquera
Cargo : co-investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Ordenes, Alejandra

Título : Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Campo de Trabajo : Biología Pesquera
Categoría :co-investigador
Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Aedo, Gustavo

Título : Licenciado en Biología Marina, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

Biólogo Marino, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Postgrado : Magister en Ciencias, Mención Pesquerías, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Campo de Trabajo : Biología Pesquera

Cargo : co-investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Gacitúa, Santiago

Título : Biólogo Marino

Postgrado : Magister en Ciencias Mención Pesquerías, Universidad de Concepción

Campo de Trabajo :Oceanografía

Categoría :

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Rosenberg, Paula

Título : Oceanógrafo Universidad Católica de Valparaíso

Postgrado :

Campo de Trabajo : Biología Pesquera

Cargo : co-investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido:100%

Gallardo, Francisco

Título :Buzo Profesional

Campo de Trabajo : muestreos oceanográficos y biológicos

Categoría :muestreador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Leiva, Francisco

Título :Ingeniero Pesquero ©, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Campo de Trabajo : muestreos oceanográficos y biológicos

Categoría : muestreador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%