Nº 02 / 2004

INFORME FINAL

CARACTERIZACION ECOLÓGICA Y PESQUERA DE LA CORDILLERA DE NAZCA COMO AREA DE CRIANZA DEL PEZ ESPADA

PROYECTO FIP N° 2002 – 04

Valparaíso, Enero 2004

Título:	**"Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada"** **Proyecto FIP N° 2002 – 04**
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 Catolica de Valparaíso Fono : 56 – 32 – 274250 Fax : 56 – 32 – 274208 E-mail: eyanez@ucv.cl

EQUIPO DE TRABAJO

JEFE DE PROYECTO

Eleuterio Yáñez Rodríguez

AUTORES

OCEANOGRAFÍA PESQUERA

Eleuterio Yáñez R. - Oceanografía Pesquera
Claudio Silva G. – Teledetección y SIG
José Marabolí A. - Jefe de Cruceros
Fabián Gómez R. - Biología Pesquera
Nelson Silva S. – Oceanografía
Esteban Morales G. – Oceanografía Geológica
Arnaud Bertrand (IRD Francia) – Ecología Marina

BIOLOGÍA

Jacqueline Campalans B. - Genética
Adriana Gamonal V.- Reproducción
Javier Chong L.(UCSC) – Crecimiento
Patricia Rojas Z. - Alimentación y Fauna Acompañante
Brunilda Menares P. - Alimentación y Fauna Acompañante
José Iván Sepúlveda V. - Zooplancton

COLABORADORES

Alex Valdenegro M. – Oceanografía
Alejandra Ordenes J. - Análisis de Datos Pesqueros
Daniela Grizzetti B. - Análisis de Datos Satelitales
Pedro Apablaza B. – Análisis Zooplancton
Francisco Villenas F. – Análisis Zooplancton
Edith Méndez W. - Reproducción
Francisco Gallardo P.- 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, 2003. Informe de Avance - Corregido. “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada”. (Proyecto FIP N° 2002-04). Estud. y Doc., Universidad Católica de Valparaíso, 07/2003.

Escuela de Ciencias del Mar, 2003. Pre Informe Final - Corregido. “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada”. (Proyecto FIP N° 2002-04). Estud. y Doc., Universidad Católica de Valparaíso, 20/2003.

AGRADECIMIENTOS

La dirección del proyecto agradece la cooperación de:

***Pesquera Omega S.A**. y su Gerente General don **Sebastián Vera S**., y su Jefe de Flota don **Ricardo Palma T**. A las tripulaciones de los pesqueros **Elena - S** y **Christina – S** y a sus respectivos capitanes Don **Jaime Vicencio** y Don **Jorge Rivera**.*

*También en forma especial a la colaboración del Prof. **Walter Sielfeld Kowald**, de la Universidad Arturo Prat de Iquique, gracias a quien fue posible contar con la Red IKMT para los muestreos de micronecton.*

*Finalmente a Don **Francisco Ponce Martínez,** de Subsecretaría de Pesca, por su oportuna gestión administrativa a favor del desarrollo del proyecto.*

CRONOLOGÍA DEL PROYECTO

2002

11 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" , hace observaciones técnicas a la Propuesta Técnica. **Carta FIP N° 597/2002**.
20 DE DICIEMBRE	Respuesta a observaciones técnicas del evaluador y contrato a suscribir entre la Universidad Catolica de Valparaiso y el Fondo de Investigación Pesquera según **Carta ECM N° 679/2002**.
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 Subsecretaria de Pesca N° 11537.**

2003

03 DE ENERO	Solicitud de información sobre investigación en pez espada asociado a la cordillera de Nazca. **Carta ECM N° 05/2003.**
23 DE ENERO	**Decreto Exento N° 109 (MINECON)** de aprobación de contrato de investigación celebrado entre el Consejo de Investigación Pesquera y la Universidad Catolica de Valparaiso de proyecto FIP N° 2002-04" Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada"
31 DE ENERO	Autorización Pesca de Investigación. **Resolución Subsecretaria de Pesca N° 395.**
02 DE FEBRERO	Solicita modificación en Resolución N° 395. **Carta ECM s/n/2002 - Ingreso Subsecretaria de Pesca N° 0844.**
05 DE ENERO	**Resolución Subsecretaria de Pesca N° 420** que aprueba modificación en Resolución N° 395.
06 DE FEBRERO	Zarpe en el pesquero Elena-S a la Zona de Nazca **CRUCERO ESP01-UCV**.

28 DE FEBRERO	Recalada en el puerto de Coquimbo con el pesquero Elena-S a la Zona de Nazca. **CRUCERO ESP01-UCV.**
07 DE MARZO	Solicitud de información sobre antecedentes del pez espada relativa a aspectos pesqueros y biológicos. **Carta ECM s/n / 2003**.
26 DE MARZO	Confirmación de solicitud de antecedentes para el proyecto FIP N° 2002-04. **Carta ECM s/n / 2003**
03 DE ABRIL	Autoriza entrega de información sobre pez espada. **Carta Subsecretaria de Pesca N° 693 .**
08 DE MAYO	Entrega de información solicitada por parte de la Subsecretaria de Pesca
16 DE JULIO	Taller de trabajo Proyecto FIP 2002-04.
28 DE JULIO	Zarpe en el pesquero Christina-S a la Zona de Nazca **CRUCERO ESP02-UCV**.
23 DE AGOSTO	Recalada en el puerto de Coquimbo con el pesquero Christina-S a la Zona de Nazca. **CRUCERO ESP02-UCV.**

RESUMEN EJECUTIVO

El Informe Final del Proyecto FIP 2002-04, “Caracterización ecológica y pesquera de la cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada”, contiene los resultados obtenidos en la recolección y análisis de la información histórica ambiental, biológica y pesquera, y los obtenidos en los cruceros de pesca exploratorios efectuados en febrero y agosto de 2003 en la Cordillera de Nazca, con el objeto de dar cumplimiento a lo estipulado en los Términos Básicos de Referencia y a la planificación incluida en la Oferta Técnica del proyecto.

Los cruceros exploratorios fueron realizados con dos embarcaciones palangreras hieleras, que participan activamente en la pesquería comercial de pez espada. Durante el crucero de verano se efectuaron 13 lances entre los 20º40’ y 24º30’ de latitud sur, 15 estaciones oceanográficas para estimar la temperatura y salinidad, y 12 lances de micronecton. En total se capturaron 162 ejemplares de pez espada, de los cuales 87 correspondieron a individuos machos y 75 a hembras. En el crucero de invierno se realizaron 16 lances entre los 22º50’ y 25º40’ de latitud sur, 21 estaciones oceanográficas para ver la temperatura, salinidad y oxígeno, y 3 lances de micronecton. En este crucero se pescaron 168 ejemplares, identificándose 68 machos y 78 hembras.

En el crucero de verano la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) presentó un intervalo modal de 130-140 cm para machos, hembras y sexos combinados. La media fue de 135 cm en machos y 149 cm en hembras. El peso tronco (PTR) presentó un intervalo modal de 15-20 kg en sexos combinados y machos, y de 15-20 y 25-30 kg en hembras. El PTR medio fue de 23 y 34 kg en machos y hembras respectivamente. En el crucero de invierno la LHMI y el PTR presentaron respectivamente una moda de 140-150 cm y 25-30 kg, tanto en machos como en hembras. Los valores promedios de LHMI fueron 151 cm en machos y 172 cm en hembras; en tanto que el PTR promedio fue de 38 kg en machos y 51 kg en hembras.

La estructura de edad del pez espada capturado en Nazca está formada por individuos de 1 a 5 años, con 23% en la edad 2 y 15% en la edad 1. Las hembras bajo los 160 cm de LMIH presentan dos estados de madurez sexual: virgen e inmaduras. El análisis genético indicó que el pez espada de la zona de Nazca muestreada presenta tres grupos endogámicos. Sin embargo, en términos globales debido a que se mantiene una alta diversidad genética y altos índices de heterocigocidad, no se puede afirmar la existencia de poblaciones o unidades de stocks diferentes.

Al modelar la CPUE, con modelos aditivos generalizados, se establecen efectos no lineales significativos con la TSM, CLOA, SAL, SSH y longitud. Los modelos analizados indican que los mayores rendimientos se asociarían a zonas con temperaturas más templadas (16-17,5ºC), mayores concentraciones de clorofila (>0,1 mg/m^3) y aguas subantárticas (salinidad <34,5‰). En el análisis de la CPUE, con modelos lineales generalizados, se obtiene efectos estadísticamente

significativos con la TSM, clorofila y salinidad. Al incluir el efecto TSM, como función polinomial de tercer grado, se distingue que las mayores tasa de captura se obtiene en TSM de 16-17ºC.

Los resultados de la caracterización del ambiente pelágico con análisis de componentes principales, basados en data histórica del periodo 2000-2002, distinguen la existencia de un gradiente latitudinal en la TSM, clorofila y salinidad. Los grupos obtenidos en la clasificación jerárquica de los lances de pesca indicarían la presencia de dos zonas con características ambientales diferentes: la zona sur, con mayores niveles de clorofila (0,12-0,2 mg/m^3), menor TSM (16-17,8ºC) y menor salinidad (34,2-34,6 ‰); y la zona norte, con bajos niveles de clorofila (0,04–0,14 mg/m^3), TSM de 17-20ºC y salinidad sobre 34,5‰. El límite de estas dos zonas se presentaría alrededor de los 26ºS. En la zona norte se presentan ejemplares de menor tamaño y se obtienen menores rendimientos.

En el presente trabajo se presenta una caracterización del ecosistema pelágico de la Cordillera de Nazca en un modelo 3D a partir de los resultados de los análisis multivariados, que integra bajo un enfoque ecosistémico los aspectos bióticos y abióticos asociados a la distribución del pez espada 3D. De esta forma una primera caracterización se realiza con las relaciones establecidas entre ambiente – recurso con la base de datos histórica (2000-2002), logrando definir 2 grupos asociados a una localización geográfica específica de la Cordillera de Nazca y otra ubicada al sur de ésta. Una segunda caracterización 3D se realiza con los resultados obtenidos del análisis multivariado que permitió establecer relaciones entre ambiente – recurso con los datos de los cruceros verano e invierno 2003, definiendo 3 grupos asociados a un rango latitudinal específico para la zona de Cordillera de Nazca.

Así, la estructura poblacional del pez espada en la porción de la Cordillera de Nazca estudiada, corresponde mayoritariamente a ejemplares juveniles inmaduros y con casi un 40% con 1 y 2 años de edad (100 a 120 LMHI y 15 a 25 kilos de peso entero promedio), cuya alimentación está sostenida en un 60% por cefalópodos, y el resto por peces y crustáceos. Estos comparten su espacio con varias especies de tiburones, túnidos y otros peces. Las tallas de estos peces espada aumenta gradualmente hacia el sur oeste, como también hacia la región de la Isla San Félix.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. OBJETIVO GENERAL 3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

2. ANTECEDENTES 4
2.1. Antecedentes de la especie 4
2.1.1. Distribución 4
2.1.2. Unidad de stock 4
2.1.3. Reproducción 9
2.1.4. Alimentación 10
2.1.5. Crecimiento 12
2.1.6. Fauna asociada al pez espada 12
2.2. Antecedentes de la pesquería 13
2.2.1. Desembarques 13
2.2.2. Estacionalidad del desembarque 15
2.2.3. Evolución de la flota 16
2.2.3.1. Flota redera 16
2.2.3.2. Flota palangrera 18
2.2.4. Métodos y operación de pesca 19
2.2.4.1. Embarcaciones con red de enmalle 19
2.2.4.2. Embarcaciones palangreras 19
2.3. Relación pesquería y ambiente 20
2.3.1. Uso de la temperatura del mar en análisis de la pesquería del pez espada 20
2.3.2. Antecedentes sobre el ENSO 21
2.3.3. Relaciones entre el hábitat del pez espada y su migración vertical 22

3. METODOLOGÍA 26
3.1. Zona de estudio 26
3.2. Objetivo general 27
3.3. Objetivo especifico 1: Caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca 30

3.3.1. Caracterización físico-química del ecosistema pelágico 31
3.3.2. Batimetría y relieve submarino 34
3.3.3. Circulación oceánica 34
3.3.4. Régimen de vientos 35
3.3.5. Altura superficial del mar 35
3.3.6. Temperatura superficial del mar 36
3.3.7. Salinidad superficial del mar 37
3.3.8. Clorofila y productividad 37
3.3.9. Hidroacústica y distribución del micronecton en la Cordillera de Nazca 38
3.3.10. Caracterización específica del micronecton 42
3.3.10.1. Identificación taxonómica 42
3.3.11. Caracterización de la trofodinámica del pez espada en Nazca 43
3.3.11.1. Metodología para la composición de la dieta de pez espada 43
3.3.11.2. Procedimiento de análisis de las muestras en el laboratorio 43
3.3.11.3. Análisis del contenido estomacal 44
3.3.11.4. Comparación de los contenidos estomacales con los tipos de estructuras acústicas muestreadas 45
3.3.12. Caracterización 3-D del ecosistema pelágico de la cordillera de Nazca 45
3.4. Objetivo especifico 2: Caracterizar la pesquería de pez espada desarrollada en el área de la Cordillera de Nazca 47
3.4.1. Catastro de embarcaciones 47
3.4.1.1. Flota nacional 47
3.4.1.2. Flota extranjera 47
3.4.2. Bitácoras de pesca por tipo de nave 48
3.4.2.1. Barco hielero (ELENA-S, Pesquera Omega) 48
3.4.2.2. Barco fábrica congelador (TAMY-S, Pesquera Omega) 49
3.4.3. Caracterización del régimen operacional 49
3.4.4. Capturas de *Xiphias gladius* 51
3.4.5. Fauna acompañante 51
3.4.6. Relaciones entre las tasas da captura y el ecosistema pelágico 52
3.5. Objetivo especifico 3: Caracterizar la fracción poblacional del pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca 53
3.5.1. Pesca exploratoria 53

3.5.2. Consideraciones para el diseño de la pesca exploratoria 53
3.5.3. Plan de muestreo 54
3.5.3.1. Arte de pesca y zonas de prospección 54
3.5.3.2. Determinación del tamaño de muestreo 54
3.5.3.3. Muestreos biológicos 55
3.5.4. Estimadores estadísticos 55
3.5.4.1. Estimador de la estructura de tallas 55
3.5.4.2. Estimador de la estructura de edades 56
3.5.4.3. Estimador del peso promedio por ejemplar 58
3.5.4.4. Proporción sexual 59
3.5.4.5. Relaciones peso-talla 59
3.5.4.6. Relaciones morfométricas 59
3.5.5. Metodología de análisis del estado de madurez 59
3.5.5.1. Descripción 59
3.5.5.2. Toma de muestras a bordo 60
3.5.5.3. Proceso en laboratorio de histología 60
3.5.6. Metodología para la caracterización genética 61
3.5.6.1. Toma de muestras 61
3.5.6.2. Extracción de ADN 62
3.5.6.3. Reacción de PCR 62
3.5.7. Metodología para la caracterización de la fauna acompañante en Nazca 63
3.5.7.1. Análisis de la fauna asociada a X. Gladius 63
3.5.8. Análisis comparativo de las estructuras de tallas y de edades, y su asociación con variables ambientales 65

4. RESULTADOS 67
4.1. Pesca de investigación 67
4.1.1. Cruceros de pesca exploratoria 67
4.1.2. Zona de operación y pesca 68
4.1.3. Naves utilizadas 69
4.1.4. Aparejo de pesca 69
4.1.5. Operación de pesca 70
4.1.5.1. Determinación de zonas probables de pesca 73

4.1.5.2. Calado y Virado 74
4.1.5.3. Presencia de otras naves de pesca 74
4.2. Descripción del ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca (Objetivo Específico 1) 75
4.2.1. Características físico-quimicas del ecosistema pelágico asociado a Nazca 75
4.2.1.1. Parámetros abióticos en la columna de agua 75
4.2.2. Batimetría y Relieve submarino 104
4.2.2.1. Distribución espacial 106
4.2.2.2. Abundancia 106
4.2.2.3. Orígenes de las cadenas 107
4.2.3. Circulación oceánica 110
4.2.4. Régimen de vientos 117
4.2.5. Altura Superficial del mar 123
4.2.6. Temperatura superficial del mar 132
4.2.7. Salinidad superficial del mar 143
4.2.8. Clorofila y productividad 150
4.2.9 Caracterización y distribución de micronecton en la zona de estudio 157
4.2.9.1. Observación hidroacústica 157
4.2.9.2. Identificación de especies muestreo IKMT 163
4.2.9.3. Trofodinámica de *X. gladius* 169
4.2.9.3.1. Crucero ESP01 169
4.2.9.3.2. Crucero ESP02 174
4.2.10. Caracterización 3-D del ecosistema pelágico de la Cordillera de Nazca 179
4.3. Caracterización de la pesquería de pez espada 183
4.3.1. Catastro de embarcaciones 183
4.3.1.1. Flota nacional 183
4.3.1.2. Flota extranjera 184
4.3.2. Bitácoras de pesca por tipo de nave 191
4.3.2.1. Pesquero hielero (ELENA-S) 191
4.3.2.2. Barco fábrica supercongelador (TAMY-S) 197
4.3.3. Fauna acompañante de la zona de estudio 203
4.3.3.1. Crucero ESP01 203
4.3.3.2. Crucero ESP02 205

4.3.3.3. Composición de la dieta de la fauna acompañante de *Xiphias gladius* 212
4.3.4 Relaciones entre las tasas de captura y el ecosistema pelágico 218
4.3.4.1. Modelos aditivos generalizados (MAG) 218
4.3.4.2. Modelos lineales generalizados MLG 223
4.4. Caracterización de la fracción poblacional de pez espada en la Cordillera de Nazca 229
4.4.1. Estructura de longitudes y pesos 229
4.4.1.1. Crucero de verano (ESP01) 229
4.4.1.2. Crucero de invierno (ESP02) 243
4.4.1.3. Cruceros combinados 257
4.4.2. Estados de madurez 276
4.4.3. Caracterización genética 283
4.4.4. Estructuras de tallas-edades para *Xiphias gladius* de Nazca 290
4.4.4.1. Estructura de edad y tallas 290
4.4.4.2. Relaciones morfométricas 292
4.4.5. Distribución espacio-temporal de las estructura de tallas-edades y de las variables ambientales 297
4.4.5.1. Análisis información histórica (2001-2002) 297
4.4.5.1.1. Análisis de la variación espacial de la estructura de tallas entre Nazca y otras zonas de distribución del recurso. 297
4.4.5.1.2. Análisis de la variación espacial de la estructura de tallas dentro de la zona de Nazca. 306
4.4.5.2. Caracterización ambiental y su relación con el peso tronco y la CPUE promedio 309
4.4.5.3. Análisis de información recolectada durante los cruceros 325

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN 335
5.1. Cruceros de pesca exploratoria 335
5.2. Características físico-químicas del ecosistema pelágico asociado a Nazca 335
5.2.1. Parámetros abióticos en la columna de agua 335
5.2.1.1. Temperatura 335
5.2.1.2. Salinidad 336
5.2.1.3. Distribución de oxígeno disuelto en la zona 337

5.2.1.4. Masas de agua 338
5.3. Batimetría y relieve submarino de Nazca 339
5.4. Variables ambientales 339
5.5. Caracterización y distribución del micronecton 340
5.5.1. Observación hidroacústica 340
5.5.2. Identificación de micronecton con muestreo con red IKMT 340
5.6. Trofodinámica de *Xiphias gladius* 340
5.7. Caracterización de la fracción poblacional de pez espada presente en la Cordillera de Nazca 344
5.7.1. Análisis comparativo estructura de tallas 344
5.7.2. Comparación de estructuras de tallas (LHMI) y proporción sexual de los cruceros de febrero y agosto 354
5.7.3. Estructura de edades 357
5.7.4. Estado de madurez 357
5.7.5. Caracterización genética 359
5.8. Relaciones entre la CPUE y el ambiente 362
5.9. Análisis de componentes principales y clasificación jerárquica 363
5.10. Análisis integrados de la cordillera de Nazca 364

6. CONCLUSIONES 368

7. REFERENCIAS RELEVANTES 372

8. ANEXOS 385
8.1. ANEXO I . Equipo Profesional y Técnico que ha Participado en las Actividades Realizadas en el Proyecto 385

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desembarque de pez espada en el periodo 1938-2000. 15
Figura 2. Desembarque de la flota redera y palangrera (1985-2000). 16
Figura 3. Desembarque mensual promedio por periodos. 17
Figura 4. Embarcaciones rederas y palangreras en la pesquería de pez espada. 18
Figura 5. Representación sintética de la distribución y de la capturabilidad del atún ojo grande en la Polinesia Francesa (Bertrand et al., 2002). 25
Figura 6. Zona de estudio (encerrada en línea roja). 26
Figura 7. Distribución geográfica de las estaciones oceanográficas muestreadas en: a) el crucero de verano y b) en invierno. 32
Figura 8. Regresión lineal para la calibración del sensor de conductividad del CTD en el crucero oceanográfico de verano. 33
Figura 9. Regresión lineal para la calibración del sensor de conductividad del CTD en el crucero oceanográfico de invierno. 33
Figura 10. Vector de corrientes oceánicas TOPEX/Poseidón. 34
Figura 11. Magnitud y dirección de viento superficial del mar. 35
Figura 12. Altura Superficial del mar. 36
Figura 13. Temperatura Superficial del Mar (TSM). 36
Figura 14. Salinidad superficial del mar (SSM) 37
Figura 15. Concentración de clorofila. 38
Figura 16. Ecotrazos utilizados para la clasificación. A: Sound scattering layer (SSL) "clásico", el cual puede ser diurno, nocturno y más o menos grueso, B: núcleo en scattering layer (NSL), C: Large agregate estructures (LAS); stick shaped structures (SSS), E: small aggregates (SAG). 40
Figura 17. Modelo de ficha de muestreo de micronecton. 41
Figura 18. Esquema de red IKMT usada en el Crucero ESP01-UCV 42
Figura 19. Esquema de la segunda aleta anal indicando i) el lugar de corte y ii) medidas registradas (RE = radio espina, R1 y Rn = radio anillos). 58
Figura 20. Zona de operación y localización de lances de pesca 68

[*] Los datos de estructuras de tallas y pesos de la flota palangrera 2001 fueron suministrados por la Subsecretaría de Pesca.

[*] Los datos de estructuras de tallas y pesos de la flota palangrera 2001 fueron suministrados por la Subsecretaría de Pesca.

[•] Datos de crucero de Isla de Pascua fueron suministrados por la Subsecretaría de Pesca

Figura 21. Pesquero hielero Elena–S. 69
Figura 22. Esquema de palangre de pez espada utilizado, Crucero ESP01-PUCV 70
Figura 23. Visualización de mapas en monitor a bordo de la embarcación: A) tres imágenes en una pantalla, B) una imagen por pantalla con opción de zoom y cursor de georreferenciación. 73
Figura 24. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 1,2 y 3 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 77
Figura 25. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 4,5 y 6 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 78
Figura 26. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 7,8 y 9 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 79
Figura 27. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 10,11 y 12 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 80
Figura 28. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 13,14 y 15 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 81
Figura 29. Distribución vertical de temperatura, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 82
Figura 30. Distribución vertical de salinidad , para todas las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 83
Figura 31. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 0 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 84
Figura 32. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 100 m de profundidad, para las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 85
Figura 33. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 200 m de profundidad, para las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-03. 86
Figura 34. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 0,1 y 2 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 87
Figura 35. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 3,4 y 5 de la segunda etapa del proyecto FIP 2002-04. 89
Figura 36. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 6,7 y 8 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 90
Figura 37. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las

estaciones oceanográficas 9,10 y 11 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 91
Figura 38. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 12,13 y 14 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 92
Figura 39. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 16,17 y 18 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 93
Figura 40. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 19 y 20 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 94
Figura 41. Distribución vertical de temperatura, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 95
Figura 42. Distribución vertical de salinidad, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 96
Figura 43. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 0 m de profundidad, para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 97
Figura 44. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 100 m de profundidad, para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 98
Figura 45. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 200 m de profundidad, para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 99
Figura 46. Diagrama T-S, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04. 100
Figura 47. Diagrama T-S, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 101
Figura 48. Distribución vertical de la: a) concentración de oxigeno disuelto y b) porcentaje de saturación para las estaciones muestreadas (Est. 0-6) del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 102
Figura 49. Distribución horizontal de oxígeno disuelto para a) 0 m, b) 80 m y c) 180 m, para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04. 103
Figura 50. Topografía del fondo submarino obtenida de altimetría satelital y de sondaje de barcos. 104
Figura 51. Series de tiempo de temperatura superficial del mar, anomalías de altura

superficial del mar y corrientes geostróficas estimadas de Topex/ERS cercano a la costa en los 15°S (Vega et al., 2003). 110
Figura 52. Ejemplos de imágenes semanales de CorrGeo y lances de pesca superpuestos para el periodo 2000-2002. 111
Figura 53. Lances de pesca crucero ESP01, corrientes geostróficas y batimetría durante semanas: a) 10-17 febrero, b) 18-25 febrero 2003. 114
Figura 54. Lances de pesca crucero ESP02, corrientes geostróficas y perfil batimétrico durante semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06-13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003. 115
Figura 55. Patrón Global de Vientos (Fuente: University of Illinois/DAS). 117
Figura 56. Topografía submarina y estrés medio del viento (flechas negras) de ERS-1/2 para el período 1992-2000 (Vega et al. 2003). 118
Figura 57. Lances de pesca crucero ESP01, MDVS y batimetría durante semanas: a) 10-17 febrero, b) 18-25 febrero 2003. 120
Figura 58. Lances de pesca crucero ESP02, MDVS y perfil batimétrico en semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003. 121
Figura 59. Ejemplos de imágenes de anomalía de ASM para eventos El Niño, La Niña y condiciones normales entre 1997 y abril de 2003 en el Pacifico Tropical (Fuente: JPL/NASA). 124
Figura 60. Ejemplo de imágenes semanales de AASM y lance de pesca superpuestos para el período 2000-2002. 126
Figura 61. Lances de pesca crucero ESP01, AASM y batimetría durante semanas: a) 10-17 Febrero, b) 18-25 febrero 2003. 129
Figura 62. Lances de pesca crucero ESP02, AASM y perfil batimétrico en semanas a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003. 130
Figura 63. Ejemplos de imágenes de anomalía de TSM para los eventos El Niño, La Niña y condiciones normales observados entre 1997 y mayo de 2003 en el Océano Pacifico Tropical (Fuente: NOAA/NESDIS). 133
Figura 64. Ejemplo de imágenes semanales de TSM-NOAA y captura por lance de barco congelador superpuestas. 135
Figura 65. Lances de pesca crucero ESP01, TSM y perfil batimétrico durante semanas: a) 10-17 Febrero , b) 18-25 febrero 2003. 137
Figura 66. Lances de pesca crucero ESP02, TSM y perfil batimétrico en semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto 2003, c) 14 – 21 Agosto de 2003. 138

Figura 67. Área de estudio y sub-áreas para análisis de variabilidad espacio-temporal. El perfil batimétrico de la Cordillera de Nazca es incluido. 140
Figura 68. Perfiles promedio de ATSM y TSM extraídos de imágenes semanales para el período enero 1997 a mayo 2003 usando las sub-áreas A, B, C, D y E localizadas en el área de estudio. 141
Figura 69. Anomalías de TSM centradas en los 80ºW para el período enero 1997 – mayo 2003. 142
Figura 70. Ejemplos de imágenes de SSM para eventos El Niño y condiciones normales entre Junio 2001 y Mayo de 2003 en el Océano Pacifico Tropical (Fuente: NRL/US-Navy). 143
Figura 71. Ejemplo de imágenes semanales de SSM y lance de pesca superpuestos para el período 2000-2002. 145
Figura 72. Lances de pesca crucero ESP01, SSM y batimetría durante semanas: a) 10-17 Febrero, b) 18-25 Febrero 2003. 147
Figura 73. Lances de pesca crucero ESP01, SSM y batimetría durante semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003. 148
Figura 74. Ejemplos de imágenes de concentración de clorofila a para los eventos El Niño, La Niña y condiciones normales observados entre 1997 y Mayo de 2003 en el Océano Pacifico Tropical (Fuente: SeaWiFS/NASA). 151
Figura 75. Ejemplo de imágenes semanales de Cloa_a captura por lance de barco congelador superpuestas. 152
Figura 76. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila y perfil batimétrico durante semana 10-17 febrero 2003. 154
Fig. 77. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila y perfil batimétrico durante semana 18-25 febrero 2003. 155
Figura 78. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila a y perfil batimétrico en semana 29 Julio-05 Agosto 2003. 155
Figura 79. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila a y perfil batimétrico en semana 06 - 13 Agosto 2003. 156
Figura 80. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila a y perfil batimétrico en semana 14 - 21 Agosto 2003. 156
Figura 81. Registros de pantalla de ecosonda asociados a los lance de arrastre con red IKMT. 158
Figura 82. Registros de Pantalla ecosonda JRC, Crucero ESP02. 161

Figura 83. Caracterización 3D de la topografía satelital del fondo marino. 180
Figura 84. Representación sintética de la distribución del pez espada en una zona de la Cordillera de Nazca y al sur de esta zona, considerando relaciones ambiente – recurso estimadas con datos históricos (2000-2002). 181
Figura 85. 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). 182
Figura 86. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este, por categoría de antigüedad (entrada en servicio). 185
Figura 87. Porcentaje de embarcaciones de acuerdo al período de entrada en servicio. 185
Figura 88. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este por categoría de eslora total. 186
Figura 89. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este por categoría de toneladas de registro grueso (TRG). 187
Figura 90. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este por categoría de potencia de motor (HP). 187
Figura 91. Porcentaje de importancia numérica (%N) de las especies encontradas en la fauna asociada a la pesquería del pez espada, capturadas en las Subzonas III y IV de la Cordillera de Nazca, crucero de verano 2003. 205
Figura 92. Porcentaje de importancia numérica (%N) de las especies encontradas en la fauna asociada a la pesquería del pez espada, capturadas en las Subzona IV de la Cordillera de Nazca, crucero de invierno 2003. 206
Figura 93. Fauna acompañante Crucero ESP01-UCV 208
Figura 94. Elasmobranquios presentes en el crucero ESP02. 209
Figura 95. Túnidos y especie símil presentes en el Crucero ESP02. 210
Figura 96. Otras especies presentes en los lances de pez espada durante el Crucero ESP02. 211
Figura 97. Relación no lineal entre el logCPUE y la TSM. 220
Figura 98. Relación no lineal entre el log CPUE y la concentración de clorofila (CLOA). 220
Figura 99. Relación no lineal entre el log CPUE y la salinidad (SAL). 221
Figura 100. Relación no lineal entre el log CPUE y la altura superficial del mar (SSH). 221

Figura 101. Relación no lineal entre el log CPUE y la longitud. 222
Figura 102. Relación entre el logCPUE y la TSM, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además el efecto embarcación como factor explicativo. 224
Figura 103. Relación entre el logCPUE y la embarcación, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además el efecto TSM como variable explicativa (H: palangrero hielero; C: palangrero congelador). 225
Figura 104. Relación entre el logCPUE y la concentración superficial de clorofila, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además el efecto embarcación como factor explicativo. 226
Figura 105. Relación entre el logCPUE y la salinidad superficial, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además los efectos embarcación y año. 227
Figura 106. Relación entre el logCPUE y el factor año, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además los efectos embarcación y salinidad. 227
Figura 107. Relación polinomial de tercer grado entre el logCPUE y la TSM, obtenida de modelo lineal generalizado que incluye además el efecto embarcación como variable explicativa. 228
Figura 108. Distribución de frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) para sexos combinados, en crucero ESP01. 232
Figura 109. Distribución de frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) para machos y hembras, en crucero ESP01. 232
Figura 110. Distribución de frecuencia de longitud primera-segunda aleta dorsal (L12D) para sexos combinados, en crucero ESP01. 233
Figura 111. Distribución de frecuencia de longitud primera-segunda aleta dorsal (L12D) para machos y hembras, en crucero ESP01. 233
Figura 112. Distribución de frecuencia de longitud ojo-horquilla (LOH) para sexos combinados, en crucero ESP01. 234
Figura 113. Distribución de frecuencia de longitud ojo-horquilla (LOH) para machos y hembras, en crucero ESP01. 234
Figura 114. Distribución de frecuencia de peso tronco para sexos combinados, en crucero ESP01. 235
Figura 115. Distribución de frecuencia de peso tronco para machos y hembras, en crucero ESP01. 235
Figura 116. Distribución de frecuencia de peso total para sexos combinados en crucero ESP01. 236

Figura 117. Distribución de frecuencia de peso total para machos y hembras, en crucero ESP01. 236
Figura 118. Proporción sexual en función de la longitud horquilla mandíbula inferior en crucero ESP01. 242
Figura 119. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), en crucero ESP02. 245
Figura 120. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), en crucero ESP02. 245
Figura 121. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud ojo horquilla (LOH), en crucero ESP02. 246
Figura 122. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud ojo horquilla (LOH), en crucero ESP02. 246
Figura 123. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud primera-segunda dorsal (L12D), en crucero ESP02. 247
Figura 124. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud primera-segunda dorsal (L12D), en crucero ESP02. 247
Figura 125. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso tronco (PTR), en crucero ESP02. 248
Figura 126. Distribución de frecuencia por sexo del peso tronco (PTR), en crucero ESP02. 248
Figura 127. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso entero (kg)), en crucero ESP02. 249
Figura 128. Distribución de frecuencia por sexo del peso entero (kg) en crucero ESP02. 249
Figura 129. Proporción sexual en función de la longitud horquilla mandíbula inferior, en crucero ESP02. 256
Figura 130. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), obtenidas en zona de Nazca durante los cruceros ESP01 y ESP02. 260
Figura 131. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02. 260
Figura 132. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud ojo horquilla (LOH), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02. 261
Figura 133. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud ojo horquilla (LOH),

obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02. 261
Figura 134. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud primera-segunda dorsal (L12D), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02 262
Figura 135. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud primera-segunda dorsal (L12D),), obtenidas en zona de Nazca, en los cruceros ESP01 y ESP02. 262
Figura 136. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso tronco (PTR), obtenidas en zona de Nazca, en los cruceros ESP01 y ESP02. 263
Figura 137. Distribución de frecuencia por sexo del peso tronco (PTR), obtenidas en zona de Nazca, en los cruceros ESP01 y ESP02. 263
Figura 138. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso entero (kg) obtenidas en zona de Nazca durante los cruceros ESP01 y ESP02. 264
Figura 139. Distribución de frecuencia por sexo del peso entero (kg) obtenidas en zona de Nazca durante los cruceros ESP01 y ESP02. 264
Figura 140. Proporción de hembras en función de la LHMI en cruceros ESP01 y ESP02. 270
Figura 141. Relación entre longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) y longitud ojo horquilla (LOH) de sexos combinados (R^2 = 0,97). 272
Figura 142. Relación entre longitud de la primera segunda dorsal (L12D) y longitud ojo horquilla (LOH) de sexos combinados (R^2 = 0,93). 273
Figura 143. Relación entre longitud primera-segunda dorsal (L12D) y longitud horquilla- mandíbula inferior (LHMI) de sexos combinados (R^2 = 0,92). 273
Figura 144. Relación entre longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) y peso tronco (PTR) de sexos combinados (R^2 = 0,99). 274
Figura 145. Relación entre peso tronco (PTR) y peso entero de sexos combinados (R^2 = 0,97). 274
Fig. 146. Corte histológico de un ovario de *Xiphias gladius*: ovogogias tipo A (ov), ovocito tipo 1 (ov 1 y flecha) y ovocito tipo II (ov II). 278
Fig. 147.- Ovocito II de transición (ov II T), ovocito tipo III (ov III), ovocito tipo IV (ov IV) y vesículas vitelínicas (flechas). 278
Fig. 148.- Atresia folicular epiteliode en ovario inmaduro (flecha). 279
Fig. 149. Zona central de la gónada con estructura post- desove en reabsorción (flechas). 279
Figura 150. Histograma de la frecuencia de alelos por tipo de marcador. 283

Figura 152. Dendrograma de las distancias de Nei (Nei, M. 1978); los números en el extremo de las ramas representan el individuo muestreado. 288
Figura 153. Análisis de componentes principales. 288
Figura 154.-Distribución de frecuencia numérica según edad de ejemplares hembras y machos de Pez espada. 290
Figura 155.- Talla promedio según edad determinada para hembras y machos de pez espada 291
Figura 156.-Funciones lineales predictivas que entregaron el mejor ajuste, para la relación entre la Longitud mandíbula inferior horquilla y el Radio de la espina anal. 292
Figura 157.- Funciones lineales predictiva y potencial que entregaron el mejor ajuste, para la relación entre la Longitud 1-2 dorsal y el radio de la espina anal. 293
Figura 158.- Relación entre Edad y la Longitud mandíbula inferior horquilla para ambos sexos de pez espada. 294
Figura 159.- Relación entre la Edad y Longitud entre aletas 1-2 dorsales, para hembras y machos de pez espada. 295
Figura 160.- Relación entre la Edad y el Radio de la Espina anal para ambos sexos de pez espada. 296
Figura 161. Localización de lances de pesca de los PAM ELENA-S y TAMI-S en el 2001 y 2002. 298
Figura 162. Longitud horquilla- mandíbula inferior promedio mensual e intervalo de confianza (95%) de las capturas de pez espada de los PAM Tami S y Elena S por zona entre enero de 2001 y diciembre de 2002. 300
Figura 163. Distribución global y anual por zona de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada. 301
Figura 164. Distribución mensual de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona de Nazca en el 2001. 302
Figura 165. Distribución mensual de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona de Nazca en el 2002. 303
Figura 166. Distribución mensual de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona sur en el 2001. 304
Figura 167. Distribución mensual de frecuencias de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona sur en el 2002. 305
Figura 168. Subzonas para los análisis de la variación espacial de las tallas. 306

Figura 169. Distribuciones de frecuencia de la longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada por subzona en el 2001 y 2002. 308
Figura 170. Longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) promedio trimestral e intervalo de confianza (95%) de las capturas de pez espada de los PAM Tami S y Elena S por subzona entre enero de 2001 y diciembre de 2002. 308
Figura 171. Primeros dos ejes del ACP, basado en los datos históricos (sin incluir salinidad). Las variables continuas activas en negro, y las continuas ilustrativas en azul. Los dos ejes explican el 68% de la variabilidad. 312
Figura 172. Clasificación jerárquica de los datos históricos sin salinidad. 313
Figura 173. Primeros dos ejes del ACP basado en los datos históricos (sin incluir salinidad), con los lances clasificados en 2 clases (clase1 en azul y clase 2 en rojo). Se indica en color púrpura la posición del centro de gravedad de cada clase. 315
Figura 174. Lances de pesca por clases obtenidas del ACJ considerando la TSM, clorofila, SSH y batimetría como variables activas, y basado en los datos del 2000-2002. 316
Figura 175. Primeros dos ejes del ACP, basado en los datos históricos (incluyendo salinidad). Las variables continuas activas en negro, y las continuas ilustrativas en azul. Los ejes explican el 69% de la variabilidad. 319
Figura 176. Primeros dos ejes del ACP basado en los datos históricos (incluyendo salinidad), con los lances clasificados en 2 clases (clase1 en azul y clase 2 en rojo). Se indica la posición del centro de gravedad de cada clase y de la variable ilustrativa masas de agua (ASA y AM). 321
Figura 177. Lances de pesca por clases (1 en azul y 2 en rojo) obtenidas del ACJ, considerando la TSM, salinidad, clorofila, SSH y batimetría como variables activas, y basado en los datos del 2000-2002. 322
Figura 178. Comparación de distribuciones de frecuencia de CLOA, TSM, SAL CAP y PTR. 324
Figura 179. Primeros dos ejes factoriales del ACP, Las variables continuas activas aparecen en negro y las continuas ilustrativas en azul. 327
Figura 180. Distribución de los lances en el plano factorial formado por ejes 1 y 2. 329
Figura 181. Distribución de los lances de los cruceros exploratorios de verano e invierno por clase obtenida en la clasificación jerárquica (clase 1: círculos azules; clase 2: círculos rojos; clase 3: cuadros negros). 331
Figura 182. Distribución de frecuencia del Pcef, Ppez y Pcru de los ejemplares

muestreados en cruceros exploratorios de invierno y verano, por clases definidas en el análisis de clasificación jerárquico, Solo se consideran muestras con contenido estomacal (N_{clase1}=57; N_{clase2}=19; N_{clase3}=21). 332
Figura 183. Distribución de frecuencia de LHMI (cm) de los ejemplares muestreados en cruceros exploratorios de invierno y verano, por clases definidas en el análisis de clasificación jerárquico, (N_{clase1}=159; N_{clase2}=68; N_{clase3}=101). 334
Figura 184. Distribución de frecuencia de LHMI de los ejemplares capturados en cruceros a Nazca y en la temporada palangrera marzo-diciembre del 2001*. 345
Figura 185. Distribución de frecuencia de pesos troncos de los ejemplares capturados en cruceros a Nazca y en la temporada palangrera marzo-diciembre del 2001*. 345
Figura 186. Distribución de pesos troncos para machos en la temporada palangrera 2001 y durante el crucero a Nazca ESP01*. 346
Figura 187. Distribución de pesos troncos para hembras en la temporada palangrera 2001 y durante el crucero a Nazca ESP01*. 346
Figura 188. Distribución de frecuencia de LHMI en la zona de isla de Pascua (verano del 2001) y crucero ESP01•. 347
Figura 189. Estructura de LHMI para sexos combinados de los ejemplares capturados en la subzona IV. 351
Figura 190. Estructura de LHMI para machos de los ejemplares capturados en la subzona IV. 352
Figura 191. Estructura de LHMI para hembras de los ejemplares capturados en la subzona IV. 353
Figura 192. Estructura de LHMI de los cruceros de febrero (ESP01) y agosto (ESP02) considerando sexos combinados. 355
Figura 193. Estructura de LHMI de los cruceros de febrero (ESP01) y agosto (ESP02) considerando ejemplares machos. 355
Figura 194. Estructura de LHMI de los cruceros de febrero (ESP01) y agosto (ESP02) considerando ejemplares hembras. 356

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencias de dos clades de mtDNA en diferentes océanos. No se incluyen a Chow et al. (1997) y Chow y Takeyama (2000). 7

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). 8

Tabla 3. Desembarque por tipo de flota en Chile en el periodo 1985-2000. 14

Tabla 4. Descripción de los loci de microsatélites de la especie Xiphias gladius usados en este estudio, desarrollados por Reeb et al. (2000). 61

Tabla 5. Lances de pesca realizados en el crucero de verano. 71

Tabla 6. Lances de pesca realizados en el crucero de invierno. 72

Tabla 7. Eventos fríos y cálidos por estación durante 1997-2003. 132

Tabla 8. Ficha muestreo registros ecosonda Crucero ESP02. 160

Tabla 9. Lances de arrastre con la Red IKMT Crucero ESP01 163

Tabla 10.- Abundancia numérica por Lance, y totales por grupo taxonómico, Crucero ESP01. 165

Tabla 11. Lances de arrastre con la Red IKMT Crucero ESP02 166

Tabla 12. Abundancia numérica por lance (segundo crucero), Crucero ESP02 167

Tabla 13.- Composición de la muestra total, ambos cruceros 168

Tabla 14. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=64), en las subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: global. 170

Tabla 15. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=43), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: machos. 171

Tabla 16. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=21), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: hembras. 171

Tabla 17. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de

Xiphias gladius (n=31), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: Rango 1: 101-135 cm. 172
Tabla 18. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=31), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano:. Rango 2: 136-170 cm. 173
Tabla 19. Importancia numérica de los ítems más frecuentes en Xiphias gladius, en los rangos R1 y R2, en forma descendente: subzonas III y IV, crucero de verano (ni: no identificado). 173
Tabla 20. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=39), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: global. 174
Tabla 21. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=22), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno:.machos. 175
Tabla 22. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenidoestomacal de Xiphias gladius (n=17), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: hembras. 175
Tabla 23. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=8), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 1: 101-135 cm. 176
Tabla 24. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=21), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 2: 136-170 cm. 177
Tabla 25. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=21), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 3: 171-205 cm. 177
Tabla 26. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Xiphias gladius (n=21), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 4: 206-240 cm. 178

Tabla 27. Importancia numérica de los ítems más frecuentes en X. gladius en los rangos R1, R2, R3 y R4, en forma descendente: subzonas III y IV, crucero de invierno (ni: no identificado). 178
Tabla 28. Catastro de embarcaciones palangreras 183
Tabla 29. Principales características geométricas y funcionales de las embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este 186
Tabla 30. Catastro de embarcaciones de la flota española que operan en el Océano Pacífico Este. 190
Tabla 31. Presencia y ausencia de fauna asociada a Xiphias gladius en subzonas III y IV, durante el crucero de verano. 204
Tabla 32. Presencia y ausencia de la fauna asociada a Xiphias gladius Subzona IV de la Cordillera de Nazca, crucero de invierno 2003. 206
Tabla 33. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Thunnus alalunga (n= 15), en subzona IV y crucero de invierno: global. 213
Tabla 34. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) deel contenido estomacal de Thunnus obesus (n= 10), en la subzona IV y crucero de invierno: global. 213
Tabla 35. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) deel contenido estomacal de Thunnus albacares (n= 2), en subzona IV y crucero de invierno: global. 215
Tabla 36. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Prionace glauca (n= 2), en subzona IV y crucero de invierno: global. 215
Tabla 37. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Lamna nasus (n= 3), en subzona IV y crucero de invierno: global. 215
Tabla 38. Valores método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de Coryphaena hippurus (n= 5), en subzona IV y crucero de invierno: global. 216
Tabla 39. Especies propias de verano, invierno y especies comunes de la fauna acompañante de Xiphias gladius a ambos períodos de muestreo en la zona de la Cordillera de Nazca, período 2003. 216
Tabla 40. Presencia y ausencia de ítems alimentarios que constituyen parte de la

dieta de Xiphias gladius y de algunas especies de su fauna asociada colectadas en la Subzonas III y IV de la Cordillera de Nazca, Cruceros ESP01 y ESP02, (febrero y agosto 2003). 217
Tabla 41. Test de significancia de las variables clorofila (CLOA), TSM, gradiente de clorofila (GCLOA), salinidad (SAL), luna, altura superficial del mar (SSH), latitud (LAT) y longitud (LONG), como factores explicativos del logCPUE en modelos aditivos generalizados univariados. 218
Tabla 42. Porcentaje de explicación y grados de libertad de variables TSM, altura superficial del mar (SSH), clorofila (CLOA), longitud (LONG) y salinidad (SAL), como factores explicativos del logCPUE en modelos aditivos generalizados. 219
Tabla 43. Análisis de devianza de modelo lineal general basado en data histórica. Solo las variables TSM y embarcación son altamente significativas. 223
Tabla 44. Matriz de correlación data histórica ambiental y pesquera del periodo 2000-2002. 225
Tabla 45. Análisis de devianza del MLG con efecto concentración de la clorofila y barco (R^2 = 0,18). 225
Tabla 46. Análisis de devianza del MLG con efecto barco, salinidad y año (R^2 = 0,19). 226
Tabla 47. Grado de explicación (%) de la variabilidad del logCPUE, obtenido con TSM, clorofila y salinidad, al ser incluidos como efecto lineal simple y polinomial de grado 2 y 3. 228
Tabla 48 . Análisis de devianza con efecto polinomial de la TSM de tercer grado, y efecto embarcación (R^2 = 21%). 228
Tabla 49. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso total (PT) de los ejemplares capturados en crucero ESP01, considerando sexos combinados. 230
Tabla 50. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso total (PT) de los ejemplares machos capturados en crucero ESP01. 230
Tabla 51. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso total (PT) de los ejemplares hembras capturados en crucero ESP01. 231
Tabla 52. Distribución de frecuencia (%) de longitud horquilla mandíbula inferior, para

machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01. 237
Tabla 53. Distribución de frecuencia (%) de longitud primera segunda dorsal, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01. 238
Tabla 54. Distribución de frecuencia (%) de longitud ojo horquilla, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01. 239
Tabla 55. Distribución de frecuencia (%) de peso tronco para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01. 240
Tabla 56. Distribución de frecuencia (%) de peso entero (PT), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01. 241
Tabla 57. Número de ejemplares capturados, proporción de hembras y longitud-latitud media por lance, durante crucero ESP01. 242
Tabla 58. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de los machos capturados en crucero ESP02. 243
Tabla 59. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de las hembras capturados en crucero ESP02. 244
Tabla 60. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT), de ejemplares machos, hembras y sin identificar, en crucero ESP02. 244
Tabla 61. Distribución de frecuencia (%) de longitud horquilla mandíbula inferior, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02. 250
Tabla 62. Distribución de frecuencia (%) de longitud ojo horquilla, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02. 251
Tabla 63. Distribución de frecuencia (%) de longitud primera segunda dorsal, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02. 252
Tabla 64. Distribución de frecuencia (%) de peso tronco (PTR) para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02. 253
Tabla 65. Distribución de frecuencia (%) de peso entero (PT), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02. 254
Tabla 66. Frecuencia de ejemplares machos, hembras y sin identificar por lance, en crucero ESP02. Se indican la latitud y longitud media del lance, número de ejemplares capturados por lance, número de ejemplares machos, hembras y sin

identificar (sin muestra de gónadas), y proporción de hembras respecto al número total de ejemplares con sexo identificado. 255
Tabla 67. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de los machos capturados en los cruceros de verano e invierno. 257
Tabla 68. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de las hembras capturadas en los cruceros de verano e invierno. 257
Tabla 69. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de los ejemplares capturados en los cruceros de verano e invierno, de ejemplares machos, hembras y sin identificar, en crucero ESP02. 258
Tabla 70. Distribución de frecuencia (%) de longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02. 265
Tabla 71. Distribución de frecuencia (%) de longitud ojo horquilla (LOH), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02. 266
Tabla 72. Distribución de frecuencia (%) de longitud primera segunda dorsal (L12D), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02. 267
Tabla 73. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02. 268
Tabla 74. Distribución de frecuencia de peso entero (PT), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02. 269
Tabla 75. Parámetros de la relación longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) y longitud ojo horquilla (LOH), de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02. 271
Tabla 76. Parámetros de la relación longitud primera segunda dorsal (L12D) y longitud ojo horquilla (LOH), de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02. 271
Tabla 77. Parámetros de la relación longitud primera segunda dorsal (L12D) y longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02. 271
Tabla 78. Parámetros de la relación $\log_e$(LHMI) y $\log_e$(PTR), estimados de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02. 272

Tabla 79. Parámetros de la relación peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de observaciones en los cruceros de febrero y agosto. 275
Tabla 80. Indice gonadal en el crucero de verano. 281
Tabla 81: Índice Gonadal (Kume&Joseph,1969), obtenido en crucero de invierno. 282
Tabla 82. Individuos analizados (n), número de alelos y de haplotipos para cada locus. 285
Tabla 83. Número de alelos y frecuencia alélica para cada locus. 285
Tabla 84. Número de alelos (a), heterocigotos (Hets) y homocigotos (homs), heterocigocidad observada (H(O)) y esperada (H(E)), índice de contenido polimórfico (PIC) y probabilidad de Hardy-Weinberg (HW) para cada locus. 286
Tabla 85. Diversidad alélica y genética en los locus analizados. 287
Tabla 86.-Talla promedio, desviación estándar y número de ejemplares machos y hembras por edad de pez espada examinados. 291
Tabla 87. Longitud horquilla-mandíbula inferior por zona del pez espada capturado por los PAM Tami S y Elena S entre enero de 2001 y diciembre de 2002 299
Tabla 88. Longitud horquilla-mandíbula inferior del pez espada por subzona en el área de estudio. Capturas de los PAM Tami S y Elena S entre enero de 2001 y diciembre de 2002. 307
Tabla 89. Matriz de correlación lineal entre variables activas*. 310
Tabla 90 Valores propios y grado de explicación de los ejes principales (datos históricos sin salinidad). 311
Tabla 91. Correlación de las variables activas e ilustrativas con 4 primeros ejes principales. 311
Tabla 92. Variables continuas que definen significativamente las clases obtenidas del ACJ, considerando un corte del árbol en dos 2 clases y basado en los datos históricos sin incluir salinidad. 314
Tabla 93. Matriz de correlación lineal entre variables activas*. 317
Tabla 94. Valores propios y grado de explicación de los ejes principales (datos históricos con salinidad). 318
Tabla 95. Correlación de las variables activas e ilustrativas con 5 primeros ejes principales. 318
Tabla 96. Variables continuas que definen significativamente las clases obtenidas del ACJ, considerando un corte del árbol en dos 2 basado en los datos con registros de salinidad. 320

Tabla 97. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en análisis multivariado, basado en datos de los cruceros exploratorios de verano e invierno. 326
Tabla 98. Valores propios y grado de explicación de ejes principales. 326
Tabla 99. Correlación con los ejes factoriales de las variables activas e ilustrativas. 327
Tabla 100. Valor medio de las variables activas e ilustrativas por clase obtenida del análisis de clasificación jerárquica, basado en los datos de los cruceros de verano e invierno. 332
Tabla 101. Test de significancia de las variables activas e ilustrativas en análisis de clasificación jerárquico, basado en datos de cruceros de verano e invierno, Bajo la línea punteada se presentan las variables no significativas en la caracterización de las clases. 333
Tabla 102. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, proporción sexual (nº hembras/total), ejemplares capturados y número de lances, en las subzonas definidas a priori. 348
Tabla 103. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, proporción sexual (nº hembras/total), ejemplares capturados y número de lances, en la subzona IV, considerando sexos combinados. 349
Tabla 104. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, ejemplares en la subzona IV, para ejemplares machos. 349
Tabla 105. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, ejemplares en la subzona IV, para ejemplares hembras. 349
Tabla 106. Test de Kolmogorov-Smirnov entre subzonas, considerando sexos combinados, machos y hembras (Ho: los conjuntos de observaciones provienen de una misma distribución). 350

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería artesanal del pez espada adquirió, en la segunda mitad de la década de los ochenta, un acelerado desarrollo que convirtió a Chile en el país con mayor captura en el Pacífico Sur Oriental. Los principales factores de este desarrollo fueron la incorporación de red de enmalle, facilidades crediticias otorgadas al sector artesanal, la apertura de mercados en EEUU y la incorporación de la percepción remota como herramienta de localización de zonas de pesca (Barbieri *et al*., 1990; Ponce y Bustos, 1991). El éxito obtenido por esta flota suscitó el interés de la flota industrial, los cuales iniciaron su incursión a inicios de los 90's en la pesquería en forma más activa, al incluir la tecnología de información de imágenes oceánicas satelitales. Esta flota incorpora a su vez el palangre de deriva, con naves provenientes de otras pesquerías nacionales e internacionales, que se acondicionaron para la pesca de pez espada, tratando las capturas inicialmente con hielo y después con congelado. Esto permitió temporadas más largas de pesca y la incorporación de nuevas áreas de pesca potenciales.

Debido a regulaciones gubernamentales que prohibieron la actividad pesquera a las naves industriales dentro de las primeras 120 millas náuticas, esta flota tuvo que buscar nuevas zonas, desplazándose hacia aguas internacionales. Como resultado, las naves industriales nacionales operaron sobre zonas de pesca donde las capturas registraron predominancia de ejemplares juveniles de pez espada (Acevedo, 2001). Adicionalmente, la presión ejercida por la flota palangrera de altura española y otras flotas extranjeras, entre ellas la japonesa, condujeron a condicionar una situación de altos niveles de explotación sobre el stock de este recurso en las aguas oceánicas frente a las costas chilenas.

La flota industrial palangrera nacional se incorporó con el palangre de deriva, con naves provenientes de otras pesquerías nacionales e internacionales, que se acondicionaron para la pesca de pez espada, tratando las capturas inicialmente con hielo y después con congelado. Esto permitió temporadas más largas de pesca y la incorporación de nuevas áreas de pesca potenciales. Por otro lado, la baja en las capturas que afectó a la pesquería, podría ser explicada por un cierto grado de sobreexplotación del recurso y variaciones ambientales que afectaron el Pacifico Sur Oriental por esos años. Aún así, la captura de ejemplares juveniles en términos generales continuó, a pesar de la disminución del esfuerzo de pesca industrial. La caída del producto congelado disminuyó aún más el incentivo en la pesquería.

Sin embargo, en 1996 el valor alcanzado por el producto fresco revitaliza la industria pesquera nacional llevando a un gran despliegue de la flota industrial, que incursionan en caladeros fuera la ZEE, logrando desde 1996 desembarques superiores a las 2.000 t.

A pesar de este repunte, la declinación de la pesquería de pez espada se mantiene, aunque no hay un consenso acerca de las razones, sosteniéndose como la principal causa el esfuerzo de pesca intensivo aplicado sobre el recurso por las flotas nacionales y extranjeras de altura. Los pescadores artesanales responsabilizan de la caída a la flota palangrera que capturó por largo tiempo ejemplares juveniles antes que alcanzaran la madurez sexual y se lograran reproducir. Sin embargo, también se indica que la pesquería artesanal durante fines de los 80 y en los 90 habría también afectado al stock, debido a que las redes de deriva capturaron demasiados adultos desovantes. Además, se estima que variaciones en la temperatura superficial del mar (TSM) y cambios ambientales de largo plazo afectarían al stock (Yáñez *et al*., 1996, 2003).

La comprensión incompleta sobre la estructura del stock de pez espada hace difícil determinar un plan de manejo adecuado para la pesquería. La autoridad pesquera requiere entonces urgentemente de información actualizada sobre el recurso y su dinámica, para poder establecer plataformas de manejo y administración. En este contexto nace la necesidad de aumentar el conocimiento sobre las características de la fracción poblacional y del ecosistema existente en la Cordillera de Nazca. Con este objetivo el presente Informe Final da cuenta de los resultados obtenidos tras la ejecución del primer y segundo crucero de pesca exploratoria, realizados en febrero y agosto del presente año en dicha zona.

OBJETIVOS

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 ESPECÍFICOS

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

- Caracterizar la pesquería de pez espada desarrollada en el área de la Cordillera de Nazca.

- Caracterizar la fracción poblacional de pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca.

2. ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes de la especie

2.1.1. Distribución

La presencia del pez espada en el océano Atlántico, Indico y Pacífico sido registrada por muchos autores (Palko *et al*., 1981; Susuki y Miyabe, 1990, Barbieri *et al*., 1990). No obstante, no existe un conocimiento adecuado sobre la estructura del pez espada en el Pacifico Sur Oriental. En Chile se encuentra hasta cerca de los 40ºS, asociado a aguas entre 13ºC y 24ºC (Barbieri et *al*., 1990; Ponce y Bustos, 1991). Dichos autores mencionan que el área de distribución del pez espada en Chile, susceptible de ser capturado con arpón o enmalle, depende de condiciones ambientales como la TSM, mencionando rangos de temperatura mensuales variables entre 15 y 20ºC. Para la flota palangrera, el pez espada se captura principalmente entre los 21,5 y 39ºS, entre las 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 maduran. Las larvas se encuentran asociadas a aguas con temperaturas sobre los 24º 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).

2.1.2. Unidad de stock

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), consisten en 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. Los microsatélites son marcadores codominantes, es decir, los heterozigotos se pueden distinguir de los homozigotos y, por ello, son mucho más informativos para definir genotipos individuales y realizar mapas de ligamiento que los marcadores dominantes como los RAPDs y AFLPs. Además de ser generalmente más informativos que otros tipos de marcadores, los loci de los microsatélites están dispersos por igual en todo el genoma, 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.

Hasta el momento en Chile existe el registro de Galleguillos *et al*. (2001), analizando el gen nuclear (Calmodulina), el cual encontró 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$^{\alpha}$ I, encontrándose similaridad 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.

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.

Tabla 1. Frecuencias de dos clades de mtDNA en diferentes océanos. No se incluyen a Chow *et al*. (1997) y Chow y Takeyama (2000).

Ubicación	Clade I	Clade II	n	Referencia
Atlántico del Norte	0,81	0,19	122	Alvarado Bremer *et al*. (1996)
Atlántico del sur	0,96	0,04	23	
Mediterráneo	0,62	0,38	76	
Pacífico del Norte	1.00	-	26	
Atlántico Sur y Norte	0,79	0,21	34	Rosel y Block (1996)
Mediterráneo	0,50	0,50	20	
Pacífico Este, Oeste y Central	1,00	-	105	
Indico	1,00	-	36	Reeb *et al.* (2000)
Pacífico Este, Oeste y Central	1,00	-	245	

Fuente: Ward *et al*. (2001)

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) (Atl. Sur) (Med)	f
mtDNA.d RFLP loop	135		
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

A ⊃ se planteó una hipótesis en relación a la distribución de la forma.
a, Grijalva-Chon *et a*l., 1994; b, Kotoulas *et al*., 1995; c, Alvarado Bremer *et al*.,1995;d, Rosel & Block 1996; e, Grijalva-Chon *et al*., 1996; f, Alvarado Bremer *et al*.,1996; g, Chow *et al*.,1997;h, Chow & Takayama 2000;i, Reeb *et al*., 2000.
Fuente: Ward *et al*. (2001)

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.

Ha sido difícil demostrar que esta especie se estructure 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, Sudoeste y Este, basado en la tendencias de la CPUE de la pesquería palangrera y en la distribución de las larvas. Sosa,

Nishizaki y Shimizu (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 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.

2.1.3. Reproducción

Kume y Joseph (1969) fijan la temperatura de 24º 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. La fertilización es externa, y probablemente involucre el apareo solitario de macho y hembra (Palko *et al.*, 1981). Las hembras liberan millones de huevos, que flotan a pocos metros de la superficie durante el día, pero se mueven a mayores profundidades durante la noche (Nishikawa y Ueyanagi, 1974). Algunos investigadores sugieren que una hembra de pez espada en aguas ecuatoriales desova cada tres días sobre un periodo de siete meses (Arocha y Lee, 1996). Una hembra de pez espada contiene millones de huevos, que maduran a lo largo se su vida. Cada producción anual de huevos esta relacionada a su tamaño corporal, estimándose un rango que va de 1 millón de huevos para un ejemplar de 68 Kg (Palko *et al*, 1981), a 29 millones para uno de 272 kg (William, 1993).

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. Este autor construyó una escala de madurez sexual con 8 estadíos: inmaduro virgen; en

reposo; en maduración; maduro; grávido; en desove; vacío; en regresión. En base a las características citológicas del tejido extraído en las hembras de los ovarios, la ovogénesis fue dividida en seis estados, más las ovogonias tipo tipo A y B: Perinuclear temprano, Perinuclear tardío, Vitelogénico temprano, Vitelogénico tardío, Maduro e Hidratado. Por otra parte las células germinales masculinas muestran 4 fases de desarrollo: espermatogonias, espermatocitos primarios, espermatocitos secundarios, espermátidas y espermatozoos. Determino talla de primera madurez sexual en 152 cm de longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) para los machos y 165 cm LHMI para las hembras. Además visualiza una migración reproductiva en sentido este-oeste desde la costa chilena hacia aguas oceánicas, coherente con la frecuencia en los estados de madurez gonadal y la superficie del mar.

Mejuto y García (1998), reportan que en las capturas realizadas por la flota española en el Pacífico Sur Oriental, analizando los índices gonadales no encontraron ejemplares de pez espada en actividad reproductiva, señalando que el pez espada precisa temperaturas de 25ºC o superiores para iniciar los procesos reproductivos.

2.1.4. Alimentación

El pez espada es un depredador mesopelágico con una distribución cosmopolita entre los 45ºN y 45ºS (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). Sin embargo hasta el momento 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).

El pez espada es una especie de carácter oportunista (Nakamura, 1985; Velasco y Quintans, 1999; Ward y Elscot, 2000; Oyarzún, 2001), cuya dieta esta integrada fundamentalmente por animales pelágicos (moluscos, peces y crustáceos principalmente) (Palko *et al*. 1981; Oyarzún, 2001; Bertrand *et al*., 2002).

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 esperaría 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 duran te 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). La variabilidad de la temperatura muestra un patrón diario que podría indicar en el pez espada una actividad de migración vertical desde aguas superficiales cálidas en la noche a aguas más frías en profundidad durante el día (Sedberry y Loefer, 2001). La migración estacional del pez espada es una de las más complejas de los peces pelágicos (Palko *et al*. 1981; Sedberry y Loefer, 2001).

2.1.5. Crecimiento

El pez espada exhibe un rápido crecimiento durante su primer año de vida, pudiendo alcanzar aproximadamente 15 kg (Ward y Elscot, 2000). Hay una marcada diferencia en las tasas de crecimiento entre machos y hembras, siendo las hembras las de mayor tamaño y mayores tasas de crecimiento (Kume y Joseph, 1969). Según este último el crecimiento promedio en el Pacífico Este es de 38 cm por año. Los modelos de crecimiento predicen una longitud máxima (L_∞) promedio de 190-217 cm de longitud ojo horquilla (LOH) para machos y 246-364 cm (LOH) para hembras. Tasas de crecimiento estimadas sugieren que los machos alcanzarían su talla máxima a los 9 años de edad, en tanto que las hembras la alcanzarían alrededor de los 15 años (Ward y Elscot, 2000).

Leiva (1993), realiza una primera aproximación sobre crecimiento del pez espada explotado en Chile mediante lecturas de anillos de la cuarta espina dorsal y segunda espina anal, estimando que esta última es más adecuada para la identificación de los anillos de crecimiento. Aplica el modelo de Von Bertalanffy calculando los siguientes parámetros: longitud máxima de 348 cm LHMI y un coeficiente de crecimiento k = 0,089 para hembras, en tanto que para los machos L_∞ = 278 cm y k = 0,112. En ambos casos t_0 = -3,67. Posteriormente Montiel (1996) con un muestra más amplia precisa estos parámetros en: L_∞ = 282 cm LHMI, t_0 = 0,109, k = 0,293 para hembras y L_∞ = 250 cm LHMI, t_0 = -0,755, k = 0,32 para machos.

2.1.6. Fauna asociada al pez espada

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 (Buencuerpo, 1997, 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 Ligurian, la captura estaba constituida por especies comercialmente importantes, como por ejemplo el atún aleta azul (Ward y Elscot, 2000).

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). Los estudios de trofodinámica del pez espada deben realizarse en conjunto con los de fauna acompañante dado su importancia para tener una visión más amplia del ecosistema en que habitan estas especies. En el último tiempo la fauna acompañante de peces, crustáceos, mamíferos y tortugas en pesquerías artesanales y recreacionales, ha despertado gran interés debido al gran impacto que se ha producido en algunas poblaciones (Koslow *et al*., 2000; Stevens *et al*., 2000).

2.2. Antecedentes de la pesquería

2.2.1. Desembarques

La pesquería se desarrolló en el siglo XX, como una actividad de pequeña escala conducida a la venta local de subsistencia con mínimos precios (Barbieri *et al*., 1995). Las primeras estadísticas de desembarque del pez espada en nuestro país datan del año 1938, registrándose entonces 641 t (Fig. 1). En ese periodo y hasta 1985 la albacora se capturaba con arpón en la zona norte y central de Chile. Las capturas adquieren cierta importancia durante la década del 40, debido a la presencia de pescadores deportivos provenientes de Estados Unidos, registrándose el año 1946 2.146 t. A partir de ese año se observa un descenso en el desembarque cayendo a niveles inferiores a las 1.000 t a partir de 1949. En las décadas del 50, 60 y 70 los niveles de desembarques permanecen en niveles inferiores, particularmente en el periodo 1976-1979 donde se registran desembarques bajo las 60 t. No esta clara la razón del descenso en las capturas con respecto a los años 40s. Weidner y Serrano (1997), mencionan que la sobrepesca no es una explicación satisfactoria de la declinación en este periodo, porque el arpón es un método de pesca intensivo en trabajo y poco eficiente

comparado con el uso de redes y palangres, que difícilmente puede causar una sobreexplotación del recurso.

En la segunda mitad de la década de los 80 se produce un notable aumento en los desembarques, debido a una serie de factores, entre los que más destaca la introducción de la red de enredo como arte de pesca la que paulatinamente desplaza al arpón. En 1986 el desembarque es de 764 t, llegando en 1989 a 5.825 t, es decir un aumento superior al 600 %. En 1991 se registra el máximo desembarque histórico de 7.255 t, modificado por Barbieri *et al* (1995) a 5.959 t (Tabla 3). Luego, la captura de pez espada sufre una notoria disminución, llegando en 1999 a 2.925 t. Los factores involucrados en este descenso de los desembarques podrían ser un cierto grado de sobreexplotación del recurso y variaciones ambientales que afectaron la temperatura de las masas de agua en el Pacifico Sur Oriental (Yáñez y Toro*,* 1999). A comienzos de la década del 90 se introducen embarcaciones industriales con palangre, las que paulatinamente van adquiriendo una mayor importancia en términos del volumen desembarcado. Desde 1996 la flota palangrera supera el desembarques de la flota redera, representando en 1999 el 73 % del total capturado (Tabla 3 y Fig.2).

Tabla 3. Desembarque por tipo de flota en Chile en el periodo 1985-2000.

Años	Flota artesanal	Flota comercial	Total
1985	342		342
1986	764		764
1987	2.057		2.057
1988	4.455		4.455
1989	5.824		5.824
1990	4.955		4.955
1991	4.888	1.071	5.959
1992	4.653	828	5.481
1993	3.639	1.073	4.712
1994	2.894	907	3.801
1995	2.239	355	2.594
1996	800	2.345	3.145
1997	1.254	2.786	4.040
1998	1.716	2.776	4.492
1999	771	2.138	2.909
2000	870	2.100	2.970

Fuente: SERNAPESCA (1985-2000); Barbieri *et al*. (1996); Toro (2001); Acevedo (2001).

2.2.2. Estacionalidad del desembarque

El desembarque de la flota redera del pez espada presenta un marcada estacionalidad en la costa chilena debido a su ciclo migratorio (Fig. 3). En la pesca artesanal redera desembarques mínimos son reportados durante el verano. Se reportan capturas más significativas a partir de marzo, principalmente en la VIII región, y posteriormente comienza a incrementarse el desembarque en puertos de más al norte (Constitución, San Antonio, Valparaíso) debido al movimiento migratorio del recurso, culminando la temporada en agosto en el puerto de Caldera (Donoso y Cerna, 1999). Las embarcaciones palangreras que operan en aguas internacionales tienen un estacionalidad menos marcada, con desembarques mas uniformes y dispersos durante el año, que comienzan algo más tarde que en la costa. Los principales desembarques son de mayo a agosto, pero continúan a menores niveles hasta diciembre (Barbieri *et al.*, 2001).

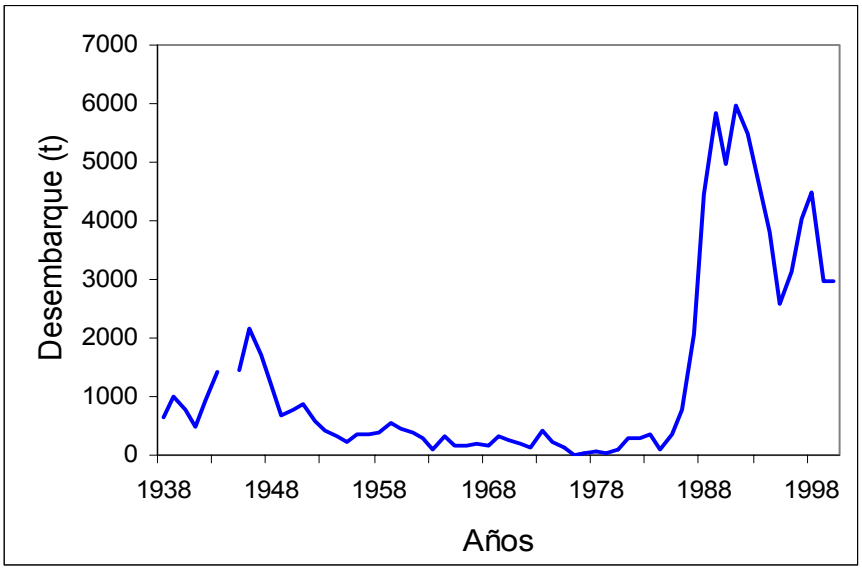


Figura 1. Desembarque de pez espada en el periodo 1938-2000.
Fuente: Barbieri *et al*. (1990); SERNAPESCA (1978-2001).

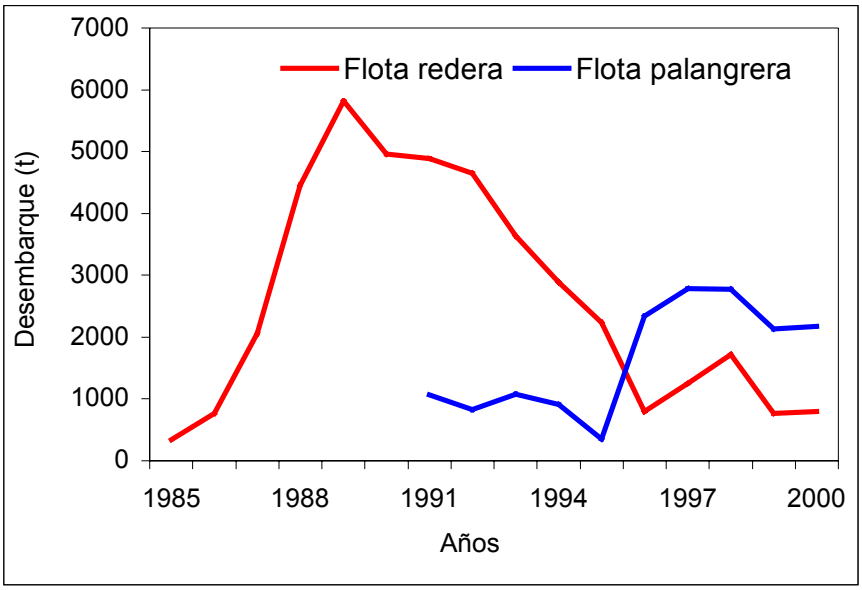


Figura 2. Desembarque de la flota redera y palangrera (1985-2000).
Fuente: Barbieri *et al.* (1990, 1996); Toro (2001); Acevedo (2001).

2.2.3. Evolución de la flota

2.2.3.1. Flota redera

A partir de 1985-86, la red de enredo se masifica, produciéndose una expansión acelerada en la flota debido a los siguientes factores: extensión de la temporada de pesca por la introducción de la red de enredo de cuatro a nueve meses; apertura del mercado norteamericano que aumenta la demanda del recurso y mejora los precios; facilidades crediticias otorgadas por el estado para el desarrollo del sector pesquero artesanal; utilización de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar que redujo el tiempo de búsqueda de zonas de pesca aumentando la eficiencia de las embarcaciones. En este periodo la mayoría de las embarcaciones artesanales operaban dentro de los 35 mn de la costa, principalmente en la V región. En los años 1989 y 1991 se cierra el acceso a la pesquería para la flota industrial y artesanal respectivamente, situación que se mantiene vigente actualmente.

Hasta 1989 la flota realizaba sus faenas dentro de las 90 mn de la costa, en tanto que en 1990 la explotación alcanza las 200 mn, distancia que es sobrepasada ocasionalmente (Barbieri *et al*, 1998; González, 1993). La mayor rentabilidad obtenida en otras pesquerías como la del bacalao es causa de la salida de embarcaciones de la pesquería (Acevedo, 2001). En la segunda mitad

de la década del noventa la flota artesanal se localiza principalmente en los puertos de la VIII región, registrándose en ésta el mayor volumen del desembarque (Donoso y Cerna, 1999).

En la figura 4 se muestra la evolución del número de embarcaciones de la flota artesanal redera que operaron en la pesquería en el periodo 1989-99. Se observa que en 1991-92 se tiene el mayor número, lo cual corresponde a los últimos años del periodo de expansión de la pesquería descrito por Barbieri *et al.* (1996). Posteriormente existe una marcada declinación llegando a 89 lanchas en 1999 (Fig. 4). Las embarcaciones artesanales que se encuentran en la pesquería son multipropósito, entrando y saliendo de la pesquería según la abundancia y disponibilidad del recurso (Donoso y Cerna, 1999).

Durante el comienzo de la expansión, la flota artesanal estaba compuesta por embarcaciones que fluctuaban entre los 7 y 18 m de eslora. La duración de la salida de pesca era de alrededor de 3 días (Ponce y Bustos, 1991). En la década del noventa la situación cambia a salidas de pesca entre 8 y 11 días, predominando las embarcaciones mayores a 15 m de eslora (Donoso y Cerna, 1999).

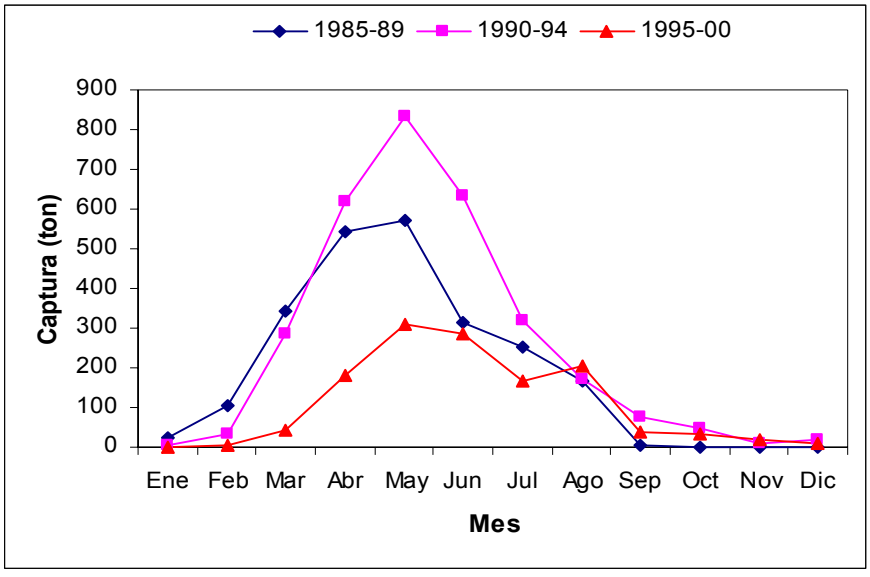


Figura 3. Desembarque mensual promedio por periodos.
Fuente: SERNAPESCA (1985-2000).

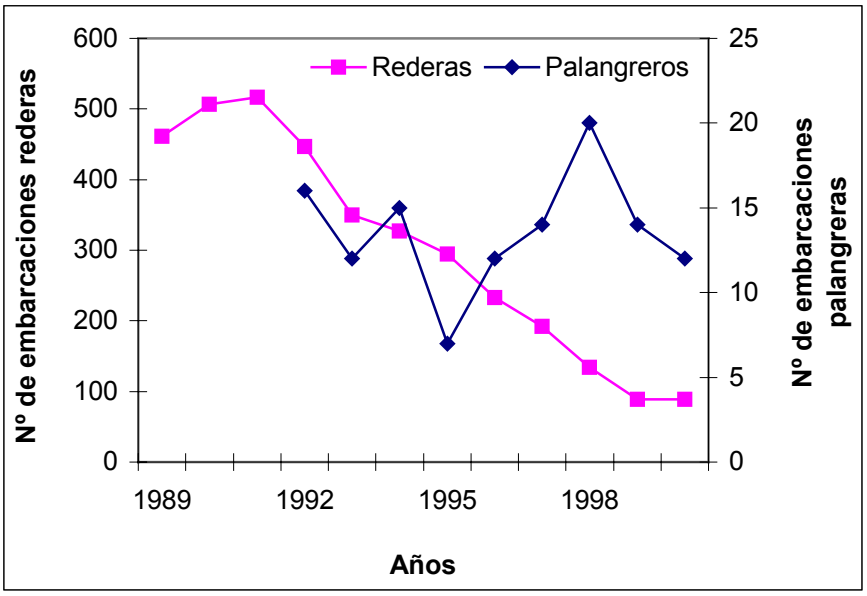


Figura 4. Embarcaciones rederas y palangreras en la pesquería de pez espada.
Fuente: Donoso M. (com.pers.)

2.2.3.2. Flota palangrera

En los 90 comienza a operar la flota industrial palangrera, que concentra sus desembarques en el puerto de Coquimbo. Esta flota opera principalmente en aguas internacionales vulnerando un segmento juvenil de la población. Existen varias zonas a la que acceden los palangres concentrándose entre los 20-33º S, a una distancia promedio de 350 mn de la costa (Donoso y Cerna, 1999).

No existe una fecha precisa del año de ingreso de embarcaciones palangreras a la pesquería. Barbieri *et al*. (1996), considera el año 1991 como el año en que comienza a operar esta flota. Sin embargo habría existido un error al registrar embarcaciones industriales rederas como embarcaciones palangrera, debido a que muchas de éstas modificaron posteriormente su sistema de pesca al palangre (F. Ponce, com..pers). En un comienzo la flota palangrera estuvo orientada al producto congelado debido a los buenos precios obtenidos en el mercado norteamericano (IFOP, Departamento de Economía Pesquera).

En la figura 4 se puede observar la evolución de la flota palangrera en el periodo 1992-1999. De 14 embarcaciones palangreras que operaron en 1994, su número disminuyó a tan sólo 6 en 1995 asociado al descenso en el precio del producto congelado, lo que implicó además un

reajuste en la pesquería que debió reorientar su producción al producto fresco refrigerado (IFOP, Departamento de Economía Pesquera). Entre 1995-1998 hay un aumento sostenido del número de embarcaciones palangreras las que superan en desembarque a la flota redera. En 1998 se incorporan tres nuevas embarcaciones a la pesquería, operando 17 en Coquimbo, y las restantes 3 en los puertos de Valparaíso, San Antonio y San Vicente (Donoso y Cerna, 1999). En el bienio 1999 y 2000 la flota disminuye a 14 palangreros.

Durante los 90 también comenzó a operar la flota palangrera española de altura en el Pacífico Sur Oriental,. Entre 1990 y 1997 solo un segmento de esta flota logro ser monitoreado. El número de barcos a los que se efectuó el seguimiento fluctuó entre 4 (1990, 1995) y 11 (1992) (Mejuto y García, 1998).

2.2.4. Métodos y operación de pesca

2.2.4.1. Embarcaciones con red de enmalle

La mayoría de las embarcaciones artesanales utilizan la red de enmalle de deriva. Estas redes son de alrededor de 1,5-2,5 km de longitud y tienen 55 m de alto, con un coeficiente de armado (E) entre 0,5 y 0,6. El tamaño de malla es de 22 pulgadas y el material polipropileno. Flotadores y boyas son atadas aproximadamente cada 46 m. Se agregan luces químicas cada 40 m, a lo largo de la red (Barbieri *et al.*, 1998). Para su virado las embarcaciones en su mayoría tienen sobre cubierta viradores hidráulicos (Correa, 1993). Las lanchas superiores a los 15 m de eslora tienen mareas que oscilan entre los 9 y 12 días. El número de lances actualmente es de 5 a 8 por marea, con una duración aproximada de 18 a 22 horas. La calada de la red se realiza generalmente en la tarde entre las 14 y 20 horas, y el virado entre las 12 y 14 horas; ambas faenas tienen una duración aproximada de 3 horas (Donoso y Cerna, 1999).

2.2.4.2. Embarcaciones palangreras

Los barcos palangreros que operan en la pesquería emplean entre 660 y 2,800 anzuelos (Donoso y Cerna, 1999). A su vez, las embarcaciones artesanales que utilizan palangre ocupan cerca de 1,000 anzuelos por calada (Barbieri *et al*., 1998). Si bien se conocen dos tipos de palangres utilizados en este tipo de pesquería sistema americano y sistema español, es el

sistema americano modificado el utilizado comúnmente por la flota nacional el cual involucra menos anzuelos por lance (1,200 a 2000) los cuales pueden alcanzar mayores profundidades en los tramos centrales, siendo la longitud del palangre de 40 a 45 km. El sistema americano recoge la línea madre con un tambor impulsado hidráulicamente, usa guías de polipropileno. Todos los palangres usan luces químicas, y emplean de carnada la caballa y el calamar, siendo esta última utilizada más frecuentemente en el sistema americano (Barbieri *et al*., 2001). Los viajes de pesca presentan una duración promedio de 23 días, efectuándose en cada uno de ellos entre 11 y 15 lances (Donoso y Cerna, 1999).

2.3. Relación pesquería y ambiente

2.3.1. Uso de la temperatura del mar en análisis de la 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 14º y 16º C. La CPUE se incrementa entre los 35-40º 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 captura entre los 14º y 20º 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 19º C en marzo hasta 13ºC en agosto; los máximos valores de la CPUE se observan durante el mes de mayo asociada a temperaturas entre 15º y 17º C. Por otra parte Yáñez y Toro (1999) evalúan la influencia de la temperatura en modelos globales de producción con el software CLIMPROD, 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.

Existe una relación entre la TSM y la presencia de ejemplares juveniles. Durante condiciones cálidas del ambiente los peces espada de menor tamaño están más disponibles. Mejuto y García (1998) advierten que la TSM en el área de pesca de la flota palangrera española del Pacifico Sur Oriental oscilo entre 16 y 21ºC, con máximos valores de CPUE entre los 19º y 21ºC, constatando la relación entre la temperatura y el peso medio de la captura. Los pesos medios más elevados fueron obtenidos entre los 16º y 18ºC, en tanto que los pesos medios menores de 60 kg, se obtienen a temperaturas de 19º y 21ºC.

2.3.2. 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. Ha sido considerado como uno de los más importantes eventos que influencian la estructura de la 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 Pacifico 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 (1999) sobre la influencia del IOA en los reclutamientos de pez espada.

2.3.3. 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 hábitats (Lehodey *et a*l., 1998; Maury, 1998). Informaciones cada vez más 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 grandes peces pelágicos (Stretta, 1990; Petit *et a*l., 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 mas 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, 1999 Bertrand *et al*., 2002).

Los mecanismos que generan las migraciones verticales son múltiples pero a menudo asociadas al sistema depredador-presa (Aksnes & Giske, 1990 ; Fréon & Misund, 1999). En el sistema depredador-presa, 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 nictémerales que han sido abundantemente descritas en la literatura (Grandperrin, 1969; Longhurst, 1976; Sameoto, 1986; Roger, 1994a; Andersen *et a*l., 1997; Le Borgne & Rodier, 1997). Estas migraciones le permiten en parte escapar de los depredadores. Algunos grandes peces pelágicos 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 a*l., 1990 ; Josse *et a*l., 1998 ; Dagorn *et a*l., 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 hábitats 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 a*l., 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 depredador-presa. 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 de los 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 pez espadas (Sedberry & Loefer, 2001) indican que la distribución vertical y horizontal de estos depredadores depende más de la distribución de las presas que de los parámetros físico-químico. Estos peces tienen la capacidad fisiológica para seguir las presas donde las condiciones abióticas no son optímales 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 las CPUE no puede ser interpretada 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 entra las presas y los cebos de los anzuelos. La 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. 5). Por eso, parece más eficaz pescar con palangre en una zona globalmente rica en presas (zona 2 en la Figura 6) 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).

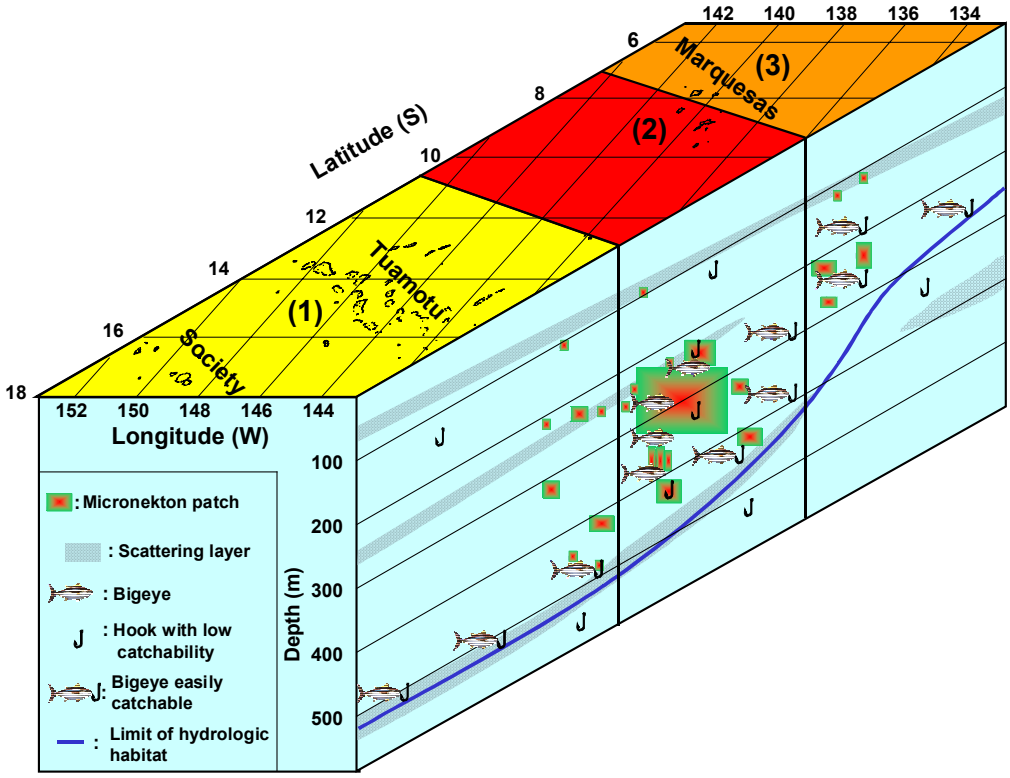


Figura 5. Representación sintética de la distribución y de la capturabilidad del atún ojo grande en la Polinesia Francesa (Bertrand *et al*., 2002).

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 pez espada se alimentan de animales pelágicos (moluscos, peces y crustáceos principalmente) de 1 a 10 cm de longitud, definidos como micronecton (Blackburn, 1968 ; Sund *et a*l., 1981, p 490). La distribución del micronecton ha sido estudiada en algunas partes del océano Pacifico (Blackburn 1968 ; Young *et a*l., 1996a, b ; Williams & Koslow, 1997, Bertrand et al. 1999, 2002a) 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.

3. METODOLOGÍA

3.1. Zona de estudio

La zona de estudio corresponde a la Cordillera de Nazca, con límite extremo norte en los 15ºS y 76ºW (Fig. 6). Con una anchura de 200 mn, ésta se extiende 1.100 mn en dirección SW, para unirse en los 90ºW con la Cordillera de Sala y Gómez de dirección oeste.

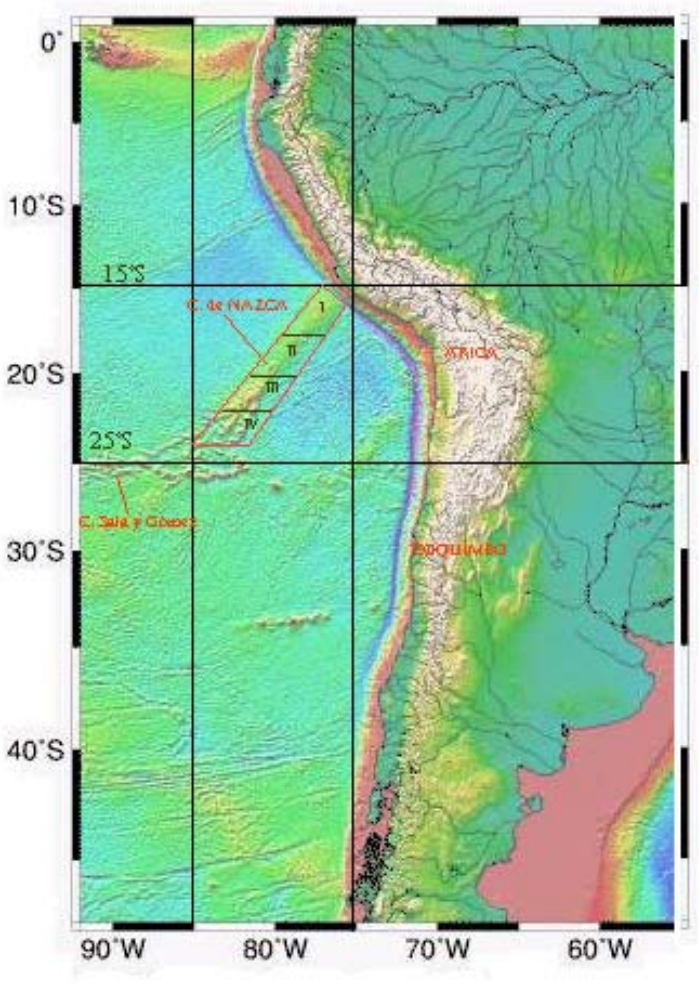


Figura 6. Zona de estudio (encerrada en línea roja).

A su vez, la zona de estudio se subdivide en las siguientes 4 subzonas (Fig. 6):

Subzona I: Desde los 15º00'S (extremo norte) hasta los 18º 00' S

Subzona II: Desde los 18º 00' hasta los 20º 00' S

Subzona III: Desde los 20º 00' S hasta los 22º 00' S

Subzona IV: Desde los 22º 00' S hasta los 24º 00' S

3.2. Objetivo general

Para el logro del objetivo general se desarrollaron los siguientes aspectos:

a) Ejecución de cruceros estacionales de pesca en la zona de Nazca.

b) Caracterización del ecosistema pelágico en el plano horizontal y vertical.

c) Caracterización de la estructura poblacional del pez espada capturado en Nazca.
d) Determinación de relaciones entre los factores ambientales (bióticos y abióticos) y el pez espada (tasas de captura, estructura poblacional, desarrollo gonadal, etc.)
c) Desarrollo de encuestas y recolección de bitácoras de pesca
d) Catastro de la flota

A través del desarrollo de los cruceros de prospección se obtuvo información para la caracterización del ambiente pelágico, estructura del segmento poblacional y fauna acompañante. También, se colectaron muestras con el propósito de realizar análisis reproductivos, tróficos y genéticos, y describir el régimen operacional de la embarcación en la zona de pesca .

Por otra parte el desarrollo de encuestas y bitácora permitió caracterizar el régimen operacional en la zona de estudio y adquirir información sobre capturas (en peso y número, tallas, pesos troncos, fauna acompañante, etc), y de algunas variables ambientales (TSM, corrientes, etc). Se elaboró un catastro de las naves que operan actualmente en la pesquería con sus características principales, incluyendo el sistema de pesca.

El pez espada es un especie con un amplio rango de tolerancia a parámetros ambientales tales como temperatura, nivel de oxígeno, salinidad, etc. Adicionalmente las migraciones que realiza son complejas y multidireccionales. En el plano vertical realiza migraciones a aguas más superficiales durante la noche. Estas migraciones tienen directa relación con la búsqueda de alimento (Carey, 1990). Por lo anteriormente señalado, en la caracterización del ambiente pelágico se puso especial énfasis en incluir tanto el análisis del plano horizontal como el vertical.

Como hipótesis de trabajo se consideró que en la zona de Nazca se distribuye un segmento juvenil del stock de pez espada, cuyos atributos desde el punto de vista de su estructura poblacional y niveles de captura, está influenciada por las características bióticas y abióticas del ecosistema, tanto en el plano horizontal y vertical. Estas variables pueden ser monitoreadas a través del empleo de la percepción remota, prospección acústica y cruceros oceanográficos. Las relaciones ecológicas fueron modeladas a través de herramientas estadísticas como análisis multivariado, modelos lineales generalizados y modelos aditivos generalizados.

En el objetivo 1 se revisó y analizó toda la información disponible y accesible en documentos, a través de Internet y en consulta a expertos nacionales e internacionales, sobre aspectos oceanográficos, geológicos, físicos y químicos de las masas de agua asociadas a la zona de estudio, como también lo correspondiente a las componentes atmosféricas; con énfasis en la zona de la Cordillera de Nazca.

El criterio para determinar la validez de las fuentes consultadas fue la posibilidad de verificar el respaldo científico de los ejecutores (experiencia, grado de reconocimiento en el área, tipo de publicación, antigüedad de la investigación) y de la investigación por ellos realizada. Se asignó importancia a los trabajos realizados más recientemente. Para asesorar y cooperar en esto, se integró al presente proyecto al Dr. Arnaud Bertrand (Francia) quien realiza actualmente investigaciones sobre las relaciones recursos pesqueros pelágicos mayores – variables ambientales en el Océano Pacífico.

Paralelamente con la pesca exploratoria, para el objetivo 1 se recopilaron muestras de temperatura, salinidad y de concentración de oxígeno en la columna de agua a través de un sondeo con un instrumento oceanográfico específico conocido como CTD (Ver en Anexos), servicio a cargo del Laboratorio de Oceanografía Física de la Escuela de Ciencias del Mar. Esta toma de muestra se realizó antes, durante y después de cada lance de pesca.

Con el objeto de conocer el rango real de profundidades de trabajo de los palangres, se utilizó sensores de profundidad Micrel, con los cuales se registra la temperatura y profundidad de trabajo del aparejo, aspecto éste último de interés para la empresa participante. Estos instrumentos son arrendados al Laboratorio de Tecnología Pesquera de la Escuela de Ciencias del Mar.

Para el objetivo 2 se revisaron las bases de datos de los seguimiento realizados por la Subsecretaría de Pesca, y las correspondientes a registros de naves de pesca, plantas y tipo de proceso y desembarques, que administra el SERNAPESCA. También para documentar y actualizar la información de las embarcaciones y registros se revisó la información administrada por la DIRECTEMAR. También para cumplir con los requerimientos de este objetivo para actualizar información sobre la flota, la pesquería y la industria, se realizaron visitas a la ciudad

y puerto de Coquimbo, haciendo encuestas en terreno a las tripulaciones, personal de flota y de plantas a través de monitores que visitaron periódicamente la zona durante la ejecución del proyecto para entrevistas y recolección de información de desembarque (visual y fotográfica).

Para el objetivo 3 se realizaron dos cruceros de pesca de investigación en la zona de estudio, uno en verano (7 al 27 de Febrero de 2003) y otro en invierno (28 de Julio al 22 de Agosto de 2003). Para tal efecto se realizó un convenio de trabajo conjunto con la empresa Pesquera Omega Ltda., de Coquimbo (Ver Carta de Compromiso en Anexos), empresa líder en la actualidad en la extracción, producción y comercialización de pez espada en Chile, la cual facilita en arriendo una embarcación con equipo y tripulación para visitar la zona de estudio. Además, gracias a este convenio, la empresa Pesquera Omega accedió a compartir sus estadísticas de pesca actuales y pasadas (barcos Elena-S y Tami-S) y, a embarcar personal del organismo ejecutor a bordo de sus naves en faena de pesca comercial mientras duró la temporada en esta zona.

En estas pescas exploratorias para detectar la presencia de ejemplares juveniles en la zona de la Cordillera de Nazca, los ejemplares capturados fueron medidos en longitud (LMIH, LOH, L12D), y pesados en muelle. Se recolectaron muestras de gónadas, contenido estomacal y de tejidos, con el objeto de analizar en laboratorio las componentes de estado de madurez e identificación de sexo y proporción sexual de las muestras capturadas en el Laboratorio de Biología Histológica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. También se realizó un análisis de la composición trófica de los ejemplares capturados, y la identificación de la fauna acompañante de los cruceros de pesca exploratoria, en el Laboratorio de Biología de Peces de la Escuela de Ciencias del Mar de la PUCV y análisis genéticos, en el Laboratorio de Genética también de la PUCV.

3.3. Objetivo especifico 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 de sensores remotos, prospecciones acústicas y contenidos estomacales, estructuras de tallas y distribución de las capturas y fauna acompañante. Cada método proporcionó elementos que describen una parte del funcionamiento del ecosistema pelágico y algunas relaciones tróficas entre pez espada y sus presas. Las prospecciones acústicas permitieron proponer un enfoque de la distribución del micronecton al nivel de la Cordillera de Nazca y del funcionamiento del ecosistema pelágico.

Se llevó a cabo una selección de las variables abióticas y bióticas para incluirlas 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, que consideró principalmente la porción superficial del mar y, un enfoque vertical, que pretendió 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 e Hidroacústica como fuentes de datos y los Sistemas de Información Geográfica y otros softwares especializados en el procesamiento y análisis de la información espacial.

La caracterización se llevó cabo en dos fases, una basándose en el análisis retrospectivo de la información histórica disponible a escala local y global, y otra basada en la información recolectada durante la ejecución del proyecto.

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 o las prospecciones acústicas diurnas. La escala regional fue aquella de la zona de estudio. Se trató de describir a grandes rasgos el funcionamiento físico-químico y trófico del ecosistema pelágico utilizando de manera global los datos obtenidos en muestreos oceanográficos y de las prospecciones acústicas. El conocimiento de las características macroscópicas del ecosistema permitió caracterizar el hábitat más finamente. Para esto la información sobre la composición específica del medio, obtenidas del análisis de los contenidos estomacales, fue comparada con las estructuras

acústicas que se pudieron obtener. Se propuso una representación de las características abióticas y bióticas del ecosistema pelágico en forma tridimensional (3-D).

3.3.1. Caracterización físico-química del ecosistema pelágico

Se recopiló información hidrológica histórica y actual, tanto en superficie como en profundidad, obtenida desde distintas fuentes. Las principales variables hidrológicas (obtenidas de sensores remotos a bordo de satélites) en el plano superficial que se utilizaron en el estudio fueron: 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.

Obtención de datos oceanográficos

La toma de datos oceanográficos se realizó con un CTD SeaBird 25 el que se bajó hasta los 230 m, registrando en forma continua la temperatura, conductividad y presión en 15 estaciones en el crucero de verano (febrero 2003) (Fig. 7a) y en 21 en el crucero de invierno (agosto 2003) (Fig. 7b). Para la calibración del sensor de salinidad, en el crucero de verano, se tomaron muestras de agua para la determinación de salinidad mediante una botella Niskin colocada a un metro del CTD en 11 estaciones. En el crucero de invierno, estas muestras fueron tomadas a las profundidades de 30, 70 y 230 m, en 6 estaciones.

Las muestras de salinidad para la calibración del CTD se analizaron posteriormente en tierra con un Salinómetro Inductivo, calibrado con agua de mar estándar. Con los pares salinidad CTD v/s salinidad salinómetro, se calculó una regresión lineal para cada crucero (Figs. 8 y 9), con las cuales se corrigieron los respectivos datos de salinidad del CTD. No fue posible medir oxígeno directamente en el primer crucero por no estar instalado el sensor correspondiente. Sin embargo, se realiza una revisión de su distribución en el cuadrante 20-28°S y 80-85° W de acuerdo a la literatura disponible y a la consulta de expertos en el tema. En el crucero de invierno se implementó la toma de muestras de agua de mar para la determinación de oxígeno disuelto. Estas muestras fueron tomadas junto con la de salinidad a las profundidades de 30, 80 y 230 m, en 7 estaciones y fueron analizadas a bordo mediante la modificación de Carpenter (1965) para el método de Winkler.

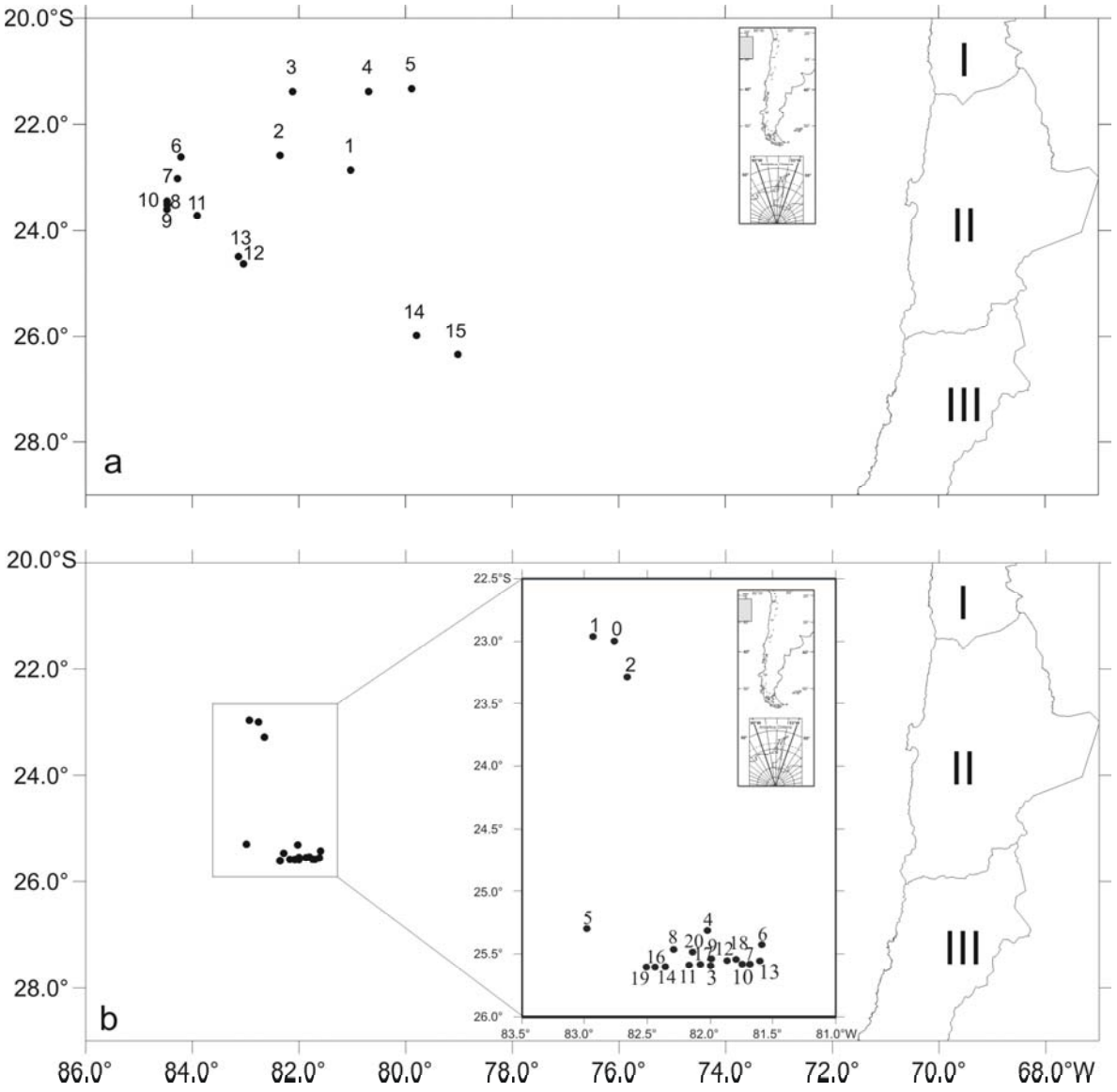


Figura 7. Distribución geográfica de las estaciones oceanográficas muestreadas en: a) el crucero de verano y b) en invierno.

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

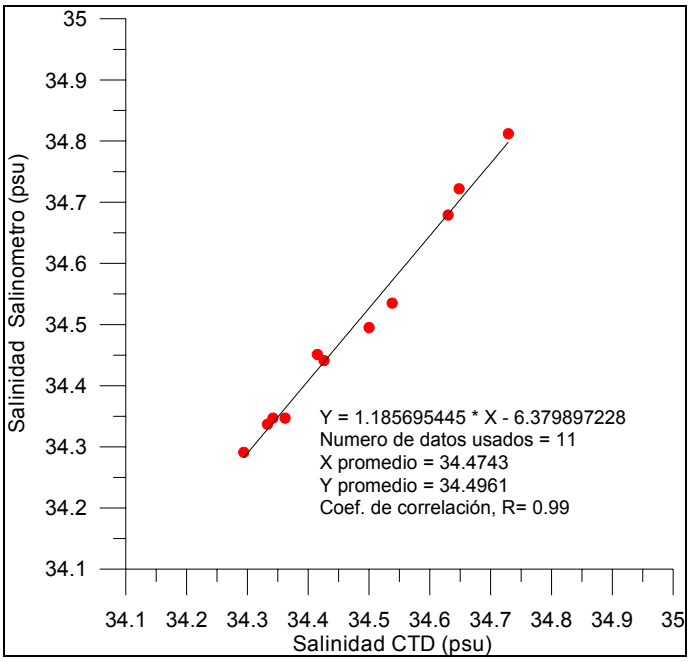


Figura 8. Regresión lineal para la calibración del sensor de conductividad del CTD en el crucero oceanográfico de verano.

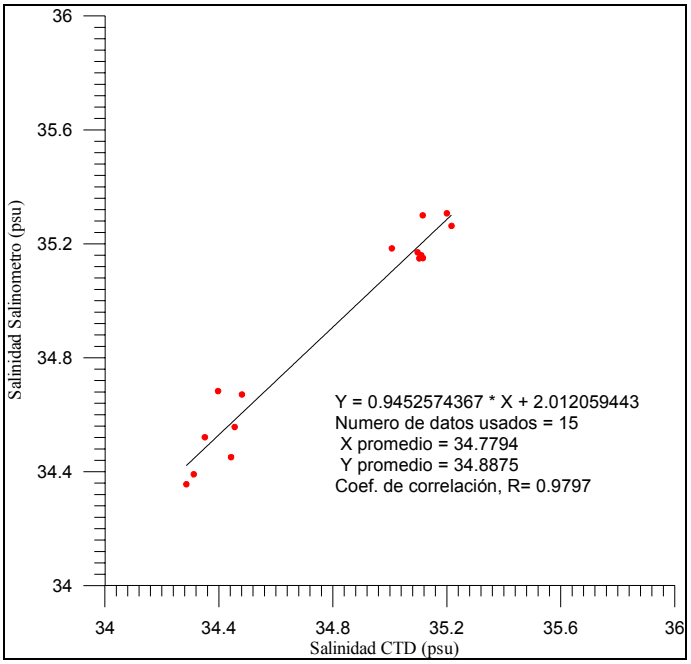


Figura 9. Regresión lineal para la calibración del sensor de conductividad del CTD en el crucero oceanográfico de invierno.

3.3.2. Batimetría y relieve submarino

Se realizó una cartografía del relieve submarino con datos de la superficie topográfica del océano obtenida de sensores de los satélites Geosat, ERS-1 y Topex/Poseidón (Smith y Sandwell, 1997).

La 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. Las corrientes son controladas por la forma del fondo marino, como por ejemplo por montes submarinos.

3.3.3. 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, estos mapas tienen una resolución espacial de 10 mn y su resolución temporal de 10 días. Se representan por flechas que indican dirección y velocidad de las corrientes oceánicas (Fig. 10).

El uso de imágenes de corrientes marinas permitió la identificación de estructuras oceánicas tales como eddies o afloramientos oceánicos, surgencias, frentes de corrientes. Las imágenes fueron adquiridas, procesadas y analizadas en el laboratorio de Teledetección y SIG (LT&SIG) de la ECM-PUCV.

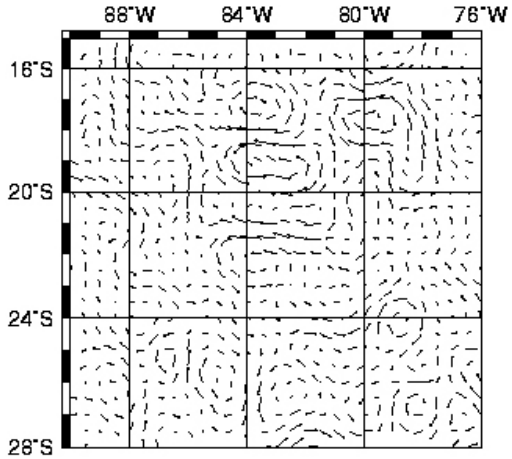


Figura 10. Vector de corrientes oceánicas TOPEX/Poseidón.

3.3.4. Régimen de vientos

Se recolectaron imágenes de magnitud y dirección de viento superficial (MDVS) 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 fue de 10 mn con una resolución temporal de 2 veces por día (Fig. 11). Las imágenes de campos de vientos fueron adquiridas, procesadas y analizadas en el Laboratorio SIG de la ECM-PUCV.

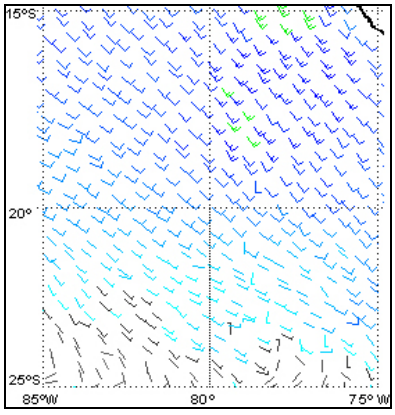


Figura 11. Magnitud y dirección de viento superficial del mar.

3.3.5. Altura superficial del mar

Se incorporó el uso en investigación de imágenes de altura superficial del mar (ASM). 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 ASM 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 Laboratorio SIG de la ECM-PUCV (Fig. 12). La resolución espacial es de 10 mn mientras que su resolución temporal es cada 10 día.

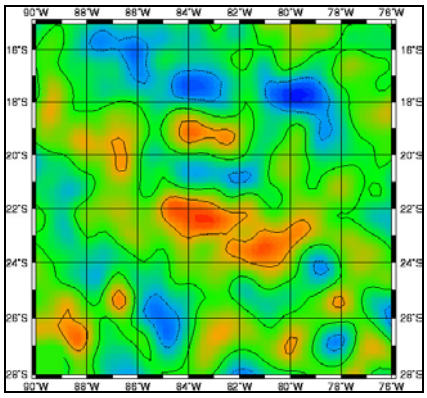


Figura 12. Altura Superficial del mar.

3.3.6. Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar (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. 13). Estos datos fueron recibidos y procesados con el sistema receptor de imágenes satelitales HRPT que opera el Laboratorio SIG de la ECM-PUCV. Se calcularon imágenes promedios semanales a partir de los datos diarios.

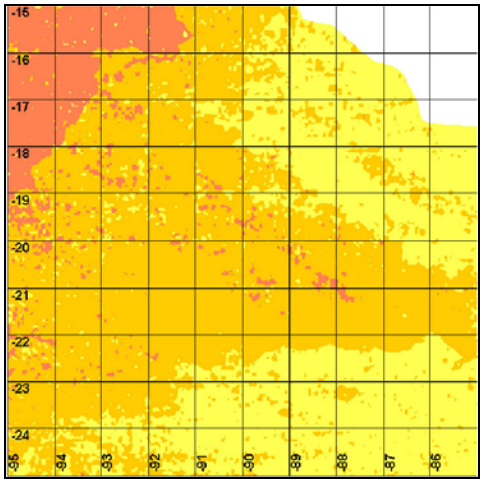


Figura 13. Temperatura Superficial del Mar (TSM).

3.3.7. Salinidad superficial del mar

Se utilizaron imágenes de salinidad superficial del mar (SSM), las cuales fueron creadas con un modelo oceanográfico que integró información derivada de varios satélites (Fig. 14). Esta información diaria también fue adquirida, procesada y analizada en el Laboratorio SIG de ECM-PUCV. A partir de la información de SSM se generaron imágenes de masas de aguas con objeto de monitorear 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 43ºS. El estudio integrado de TSM, SSM, Altura del mar y corrientes permitió 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.

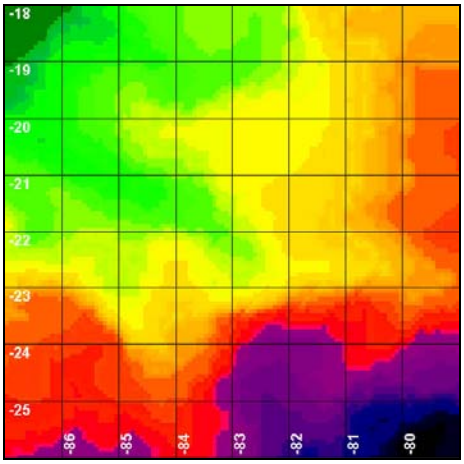


Figura 14. Salinidad superficial del mar (SSM)

3.3.8. 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). Por tal razón, 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. 15). Se utilizaron imágenes diarias de Clo_*a* generadas con información proveniente del sensor SeaWiFS. Estos datos fueron adquiridos, procesados y analizados en el Laboratorio SIG de la ECM-PUCV. Se calcularon imágenes promedios semanales a partir de los datos diarios**.**

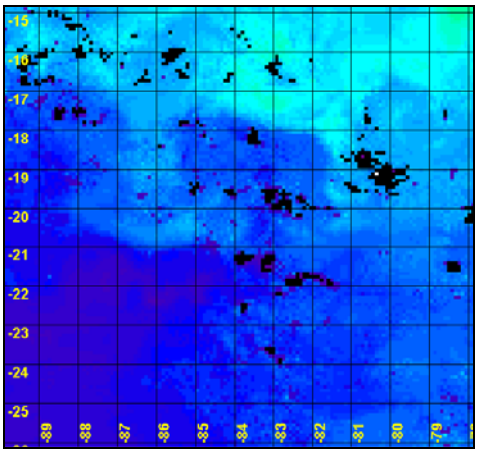


Figura 15. Concentración de clorofila.

3.3.9. Hidroacústica y distribución del micronecton en la Cordillera de Nazca

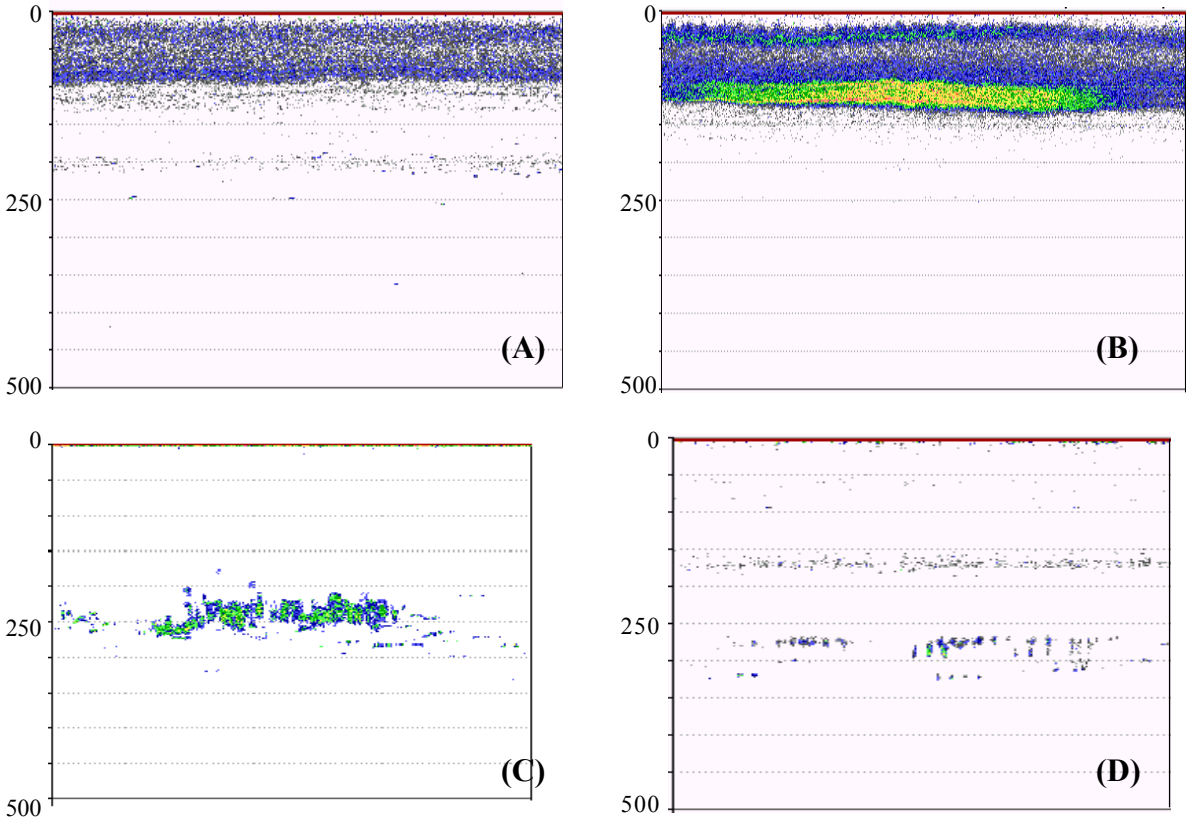
La hidroacústica es la única herramienta que permite la recolección directa de datos cuantitativos y cualitativos sobre varias comunidades (del plancton hasta los grandes predadores) de los ecosistemas. Además, la hidroacústica permite observar el hábitat pelágico en continuo en el plano vertical. Estudios (Bertrand *et al.*, 1999, 2002) han demostrado que en los ecosistemas pelágicos la energía acústica reflectada que no corresponde al recurso puede ser utilizado como indicador de la "biomasa trófica" o de la abundancia en presas para los predadores pelágicos.

Durante los cruceros de pesca exploratoria desarrollados durante este proyecto, el plano vertical se dividió en 2 estratos de 100 metros de profundidad entre la superficie y los 200 metros. Antes y después de cada calada (tarde, noche, madrugada), para cada estrato se observó el nivel de abundancia de la "biomasa" trófica y el tipo de agregación. Estudios recientes (Swartzman *et al.*, 1999; Bertrand *et al*., 2002b) han demostrado que los datos

cuantitativos (abundancia) no son suficientes para entender las relaciones depredador-presa y que se necesita además información cualitativa sobre el tipo de distribución espacial de las comunidades (nivel de agregación por ejemplo).

Para la caracterización de los tipos de agregación del micronecton se utilizó la tipología definida por Bertrand *et al.* (2002) (Fig. 16).

Para los muestreos de micronencton en los barcos de pesquera Omega se dispuso de Videosondas Furuno FCV-261 y JRC FF-30. La información acústica obtenida de las pantallas de los ecosondas se recolectó en cada crucero de pesca a través de Fichas de Muestreo de Micronecton (Fig. 17) y en fotografía digital.



(E)

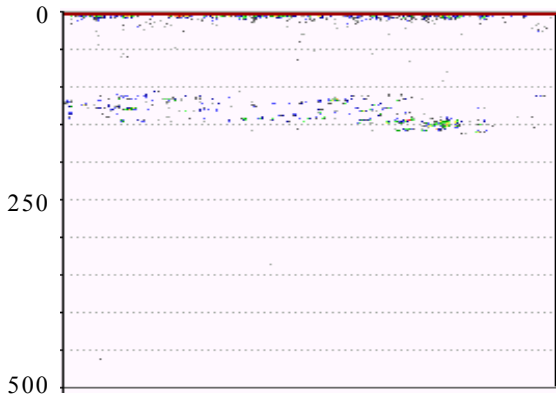


Figura 16. Ecotrazos utilizados para la clasificación. A: Sound scattering layer (SSL) “clásico”, el cual puede ser diurno, nocturno y más o menos grueso, B: núcleo en scattering layer (NSL), C: Large agregate estructures (LAS); stick shaped structures (SSS), E: small aggregates (SAG).

	Fecha	Hora	latitud	longitud	Tipo Agregacion
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

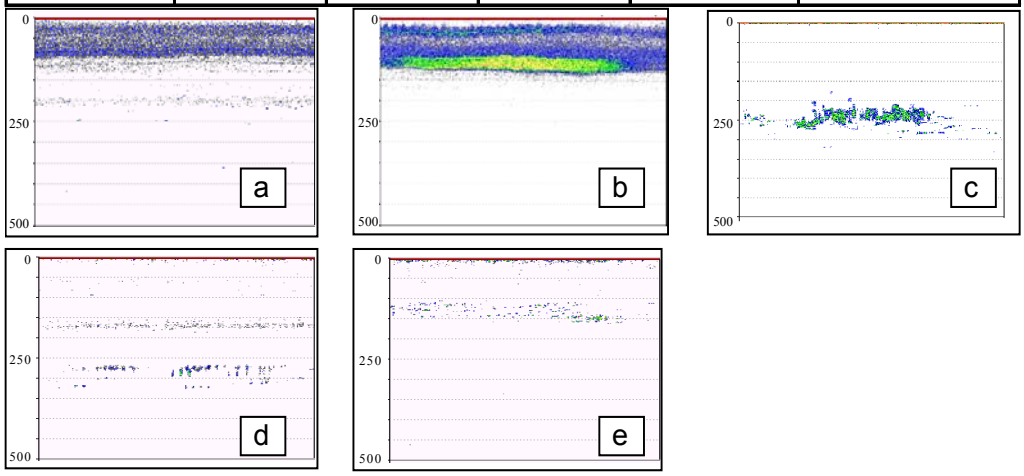


Figura 17. Modelo de ficha de muestreo de micronecton.

3.3.10. Caracterización específica del micronecton

3.3.10.1. Identificación taxonómica

Se realizó la identificación de las especies observadas en los contenidos estomacales de los peces capturados durante los muestreos a bordo. La identificación se realizó en dos niveles. Primero una división según cuatro grandes categorías zoológicas: peces, cefalópodos, crustáceos y una categoría mixta, los organismos gelatinosos. El segundo fue la determinación taxonómica más detallada posible teniendo en cuenta las dificultades de identificación y el número importante de individuos. El objetivo principal de esta segunda división fue diferenciar los organismos meso o batipelágicos (o demersales asociadas a los montes submarinos) que nunca se encuentran en las capas superficiales donde se pesca el pez espada de las comunidades pelágicas que efectúan migraciones verticales hasta la superficie. Por tal razón los muestreos de micronecton se realizaron en horarios nocturnos.

Con el objeto de caracterizar las capas productivas observadas en el ecosonda durante las operaciones de pesca en los dos cruceros realizados (verano, invierno, se realizaron lances de arrastre con una red IKMT de 3x3 m² de abertura de boca (Fig. 18).

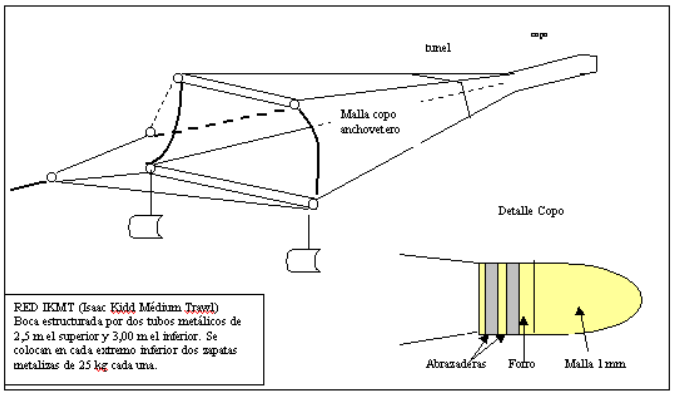


Figura 18. Esquema de red IKMT usada en el Crucero ESP01-UCV

El tiempo de arrastre fue de 10 a 30 minutos y la velocidad de arrastre fue desde 1- 1,5 nudos a 3,5 nudos, con un volumen filtrado estimado en 2.278 m³ por lance. La profundidad de arrastre varió entre 30 a 70 metros. Las muestras una vez extraídas del copo de la red, se fijaron con formalina al 5%. Junto con esto se fotografió la pantalla del ecosonda para cada vez que se realizó un lance para relacionar la capa presente con la captura de la red.

3.3.11. Caracterización de la trofodinámica del pez espada en Nazca

Dada su importancia, los estudios de Trofodinámica del pez espada se realizaron en conjunto con los de fauna acompañante para tener una visión más amplia del ecosistema en que habitan estas especies. El estudio de la fauna asociada a *Xiphias gladius* en la zona, aportó más información sobre el ecosistema del que participa esta especie. El examinar los contenidos estomacales de las especies de la fauna asociada entregó información más integral de las especies que forman parte del sistema y también permitió bosquejar posibles interacciones de la fauna asociada con la especie objetivo.

En este éste estudio se consideró determinar la composición de la dieta del pez espada en términos de la temporalidad en la zona de estudio, lo que forma parte del objetivo específico 4.1 tendiente a caracterizar el ecosistema pelágico del área oceánica de la cordillera de Nazca.

3.3.11.1. Metodología para la composición de la dieta de pez espada

Se diseñó una muestra mínima de 50 a 70 estómagos aproximadamente. Los estómagos fueron inyectados con formalina al 10% y colocados en bolsas plásticas rotuladas con los datos del lance, las que se almacenaron en bidones de 200 L para su posterior análisis en laboratorio. Los estómagos completos se pesaron y etiquetaron y embolsaron en bolsas plásticas. Después se congelaron en la bodega del barco para ser identificado posteriormente en laboratorio.

3.3.11.2. Procedimiento de análisis de las muestras en el laboratorio

Las mediciones y peso de los ejemplares así como la extracción de las vísceras se efectuaron a bordo de la embarcación. El peso se determinó mediante una balanza comercial (1 kg. de apreciación). Los estómagos de pez espada fueron preservados bajo congelación y examinados posteriormente en el laboratorio de Ecología de Peces de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Para el estudio de las características alimenticias de los ejemplares capturados, el estómago fue pesado lleno y vacío, calculándose por diferencia el peso del contenido estomacal. El nivel de resolución

taxonómica de las presas dependió del grado de digestión que presentó el contenido estomacal. Para la identificación se seleccionaron aquellas presas que estaban menos digeridas y cada ítem fue contabilizado y pesado en balanza de 0.01 g de precisión. Para la identificación de las especies se seleccionaron las claves taxonómicas de Wisner (1974); Kawaguchi y Shimizu (1978), para los peces. En la identificación de los crustáceos se utilizó las claves taxonómicas Boltovskoy (1999); Retamal (1994), en la identificación de los moluscos se empleó las claves taxonómicas de Roper ***et al***. 1984; Vega ***et al***. 2001.

3.3.11.3. Análisis del contenido estomacal

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 ítem 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: IIR= ((N + P) x F))
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 ítem de presa.
F: Frecuencia de aparición de cada ítem de presa expresado en forma porcentual.

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

Con el fin de comparar la composición de la dieta de distintos grupos de talla se incorporó al estudio un análisis estadístico del tipo no paramétrico. En este caso se empleó el test no paramétrico Concordancia de Kendall, utilizándose las expresiones propuestas por Gibbons (1976):

$$S = \sum_{j=1}^{n} (R_j - \tfrac{k(n+1)}{2})^2 \quad \text{y} \qquad Q = \frac{12S}{kn(n+1)}$$

donde:

S: Suma de los cuadrados de las desviaciones entre los valores observados y esperados

R_j: Suma de los rangos

k: Conjuntos de n rangos

n: Número de rangos

Q: Test estadístico no-paramétrico

3.3.11.4. Comparación de los contenidos estomacales con los tipos de estructuras acústicas muestreadas

Con los ecogramas (fotografías) obtenidos se intentó una comparación con las presas de los contenidos estomacales de los pez espada capturados, una clasificación de los organismos observados en función de las clases de talla, de los niveles tróficos y también del tipo de « reflector » acústico.

3.3.12. 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 2002b) que caracterizó el hábitat pelágico tridimensional de los atunes en el Océano Pacifico Central Sur. También, para mejorar esta caracterización, se introdujeron datos satelitales superficial y de topografía del fondo. Se agregó a esta caracterización el uso 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), seguido de análisis de clasificación (como la clasificación jerárquica) (software SPAD y S-PLUS).

Los tipos de hábitat definidos en este objetivo sirvieron como base para el desarrollo del Objetivo 3 sobre Caracterización de la fracción poblacional de pez espada presente en el área de la Cordillera de Nazca para elaborar de este modo, una representación sintética de la

distribución y capturabilidad de pez espada, siguiendo el enfoque de Bertrand *et al.,* (2002b) (Ver Fig. 5).

3.4. Objetivo especifico 2

Caracterizar la pesquería de pez espada desarrollada en el área de la Cordillera de Nazca

3.4.1. Catastro de embarcaciones

Se realizó un catastro de las embarcaciones pesqueras nacionales y extranjeras para caracterizar la flota pesquera que opera en la zona de Nazca, en términos de las características físicas, funcionales y arte de pesca de las embarcaciones. El catastro se estructuró para cada tipo de flota de la siguiente forma:

3.4.1.1. Flota nacional

Los aspectos relevantes a considerar guardan relación con el tamaño de las embarcaciones, la velocidad de navegación a la zona de pesca o a puerto, la capacidad de almacenamiento y preservación de las capturas (esta última relacionada a la duración del viaje) y éstas son: nombre de la embarcación, eslora, capacidad de bodega,TRG, potencia del motor (BHP), velocidad, sistemas de conservación de las capturas, antigüedad, equipos de búsqueda de zonas de pesca (sonares, ecosondas) y receptores de información satelital.

Se caracterizó también el tipo de palangre empleado y su sistema de calado-virado, con las siguientes variables: tipo de palangre (americano, español), materiales empleados en la construcción de los distintos componentes del palangre, número de anzuelos por lance, número de luces químicas por lance, profundidad del palangre, configuración del palangre (número de anzuelos por canasta), tipo de carnada, sistemas de encarnado y equipos de cubierta.

3.4.1.2. Flota extranjera

La información base utilizada para describir la estructura de la flota extranjera, correspondió a la flota española - CE que ha operado en los últimos años en el Océano Pacífico Este sobre el recurso pez espada, y que está especificada en el *Censo de la flota pesquera operativa*, cuyos registros técnico - operacionales están disponibles en INTERNET, específicamente en la página Web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) de España. Las características

técnicas de las embarcaciones fueron obtenidas directamente al ingresar el nombre de la embarcación y luego verificar la zona efectiva en la cual está autorizada a operar.

La información referida a las características técnicas de las embarcaciones consideró entre otras, las siguientes variables: puerto base y zona de operación; fecha de entrada en servicio, características de construcción y principales dimensiones, tipo de aparejo de pesca, potencia de motor (HP) y toneladas de registro (TRG y TRB).

La información necesaria para describir el régimen operacional y efectuar una estimación aproximada del nivel de captura, esfuerzo y rendimiento de pesca, se obtuvo directamente por entrevistas telefónicas con algunos oficiales de estas embarcaciones, además de capitanes españoles trabajando actualmente en la flota palangrera de altura chilena. Dentro de las consultas efectuadas se encontraron temas referidos a: identificación de embarcaciones españolas trabajando en la zona, puerto de operación, duración aproximada de las mareas de pesca, peso total de la captura y número de anzuelos calados por lance, y localización aproximada de las zona de pesca.

3.4.2. Bitácoras de pesca por tipo de nave

Se recolectó información histórica (2000-2002) de bitácoras de pesca mediante visitas en terreno a naves representativas de la pesquería de pez espada y oficinas de flota y el desarrollo de los cruceros de pesca exploratoria. Para este efecto se seleccionó una nave tipo hielero y otra tipo congelador de altura. Estas información se utilizó para caracterizar la pesquería y para explorar asociaciones entre la pesquería y el medio ambiente.

3.4.2.1. Barco hielero (ELENA-S, Pesquera Omega)

La información del barco Elena-S fue recolectada a bordo de las bitácoras anuales (2000-2002) de la propia nave durante el Crucero ESP01-UCV (primera marea 2003), y corresponde a los siguientes parámetros: duración de las mareas en días, TSM, capturas en número y peso de pez espada y fauna acompañante, cantidad de anzuelos calados, cantidad y tipo carnada utilizada, cantidad de luces y desplazamientos latitudinales.

Las distintas variables y sus registros fueron ingresadas a una base de datos Excel según período (año) y marea, para de esta forma poder describir el comportamiento de la embarcación en cada período y poder hacer una comparación con el resto de los años por embarcación.

Para las variables de captura, anzuelo, carnada y luces se realizó un sumatoria por marea y luego se obtuvo un valor total para cada año, en el caso de la TSM se obtuvo un promedio y para los desplazamiento latitudinales, en el caso de Elena-S se registraron según cada marea.

3.4.2.2. Barco fábrica congelador (TAMY-S, Pesquera Omega)

Para el pesquero Tamy-S se registró la duración de las mareas en días, TSM, captura de pez espada en numero y peso y desplazamientos latitudinales durante las campañas según áreas recorridas en cada marea, pues éstas al ser de mayor duración (autonomía máxima de 100 días), el barco se desplazó sobre una superficie mayor.

3.4.3. Caracterización del régimen operacional

Se registraron las siguientes variables en cada salida de pesca:

- Fecha zarpe
- Fecha recalada
- Puerto de zarpe
- Puerto de recalada

Para cada lance de pesca se obtuvieron los siguientes datos:

- Fecha y hora de inicio del lance
- Latitud-Longitud de inicio del lance
- Fecha y hora de término del lance
- Latitud-Longitud de término del lance
- Fecha y hora de inicio del virado
- Latitud-Longitud de inicio del virado
- Fecha y hora de término del virado

- Latitud-Longitud de término del virado

A partir de estos registros se extrajo adicionalmente las variables:

- Duración del viaje de pesca
- Tiempo de navegación a zona de pesca
- Tiempo en zona de pesca
- Tiempo de navegación a puerto
- Número de lances

3.4.4. Capturas de *Xiphias gladius*

Para cada lance de pesca se registraron los siguientes tasas de captura:

Captura total en kg por anzuelo
Captura total en número por anzuelo
Captura en número por intervalo de talla por anzuelo(*)
Captura en número por clase de edad por anzuelo(*)
Captura en número por sexo por anzuelo

(*): si está disponible la información

3.4.5. Fauna acompañante

La fauna acompañante se clasificó en:

a) Túnidos
b) Tiburones
c) Otros peces
d) Invertebrados
e) Tortugas
f) Aves

En cada categoría se registró la siguiente información para cada lance:

Nombre de la especie
Captura en kg
Captura en número
Destino

En el "destino" de la fauna acompañante se indicaba si la esta captura es procesada-almacenada, o si es descartada.

3.4.6. Relaciones entre las tasas da captura y el ecosistema pelágico.

Para relacionar las tasas de captura obtenida con el ambiente pelágico se ajustaron modelos lineales generalizados (MLG) y modelos aditivos generalizados (GAM). En un modelo lineal generalizado se considera un conjunto de parámetros $\beta_{1,}...., \beta_p$ (p < N) tal que una combinación lineal de las β es igual a alguna función de valores esperados μ_i de $Y_{i,}$ es decir:

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta = \eta$$

donde

a) g es una función monótona diferenciable llamada la función de enlace;

b) x_i es un vector de variables explicativas (covariables y variables categóricas para los distintos niveles de factores);

c) β es el vector de parámetros,

$$\beta = [\beta_{1,}...., \beta_p]^T$$

Así un modelo lineal generalizado tiene tres componentes:

I) variables respuestas $Y_1,..., Y_N$ las cuales se asumen compartiendo una misma distribución desde la familia exponencial

II) un conjunto de parámetros β y un vector de variables explicativas:

$$X = [x_1^T,..., x_n^T]^T$$

III) una función de enlace (link) g tal que:

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta \qquad \text{(Dobson, 1990).}$$

Se analizaron como variables respuestas los atributos de la población (tallas-edad-sexo-peso-desarrollo gonadal, contenido estomacal), y como variables explicativas todas aquellas descritas en la caracterización del ambiente pelágico.

Por otra parte el empleo de modelos aditivos generalizados (GAM) amplia las posibilidades de describir relaciones cuando estas son de tipo no lineal (Bigelow *et al*, 1999; Walsh y Kleiber, 2001). 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, 1995).

3.5. Objetivo especifico 3

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

Para dar respuesta a este objetivo se consideraron los siguientes pasos: realizar una pesca exploratoria para poder caracterizar la fracción poblacional existente en la zona de estudio y paralelamente, realizar una encuesta a los capitanes de pesca de la empresa participante y al sector industrial palangrero asentado en el Puerto de Coquimbo.

3.5.1. Pesca exploratoria

Se realizaron 2 cruceros de pesca exploratoria con dos naves de la empresa Pesquera Omega Ltda.: Elena-S y Cristina-S. Para este efecto las naves participantes contaron con una resolución de la Subsecretaría de Pesca que las autorizó a ejecutar pescas de investigación cuyo objetivo era buscar y capturar ejemplares de pez espada al interior de la zona de estudio y que la nave pudiera desembarcar los especímenes capturados en puerto. La nave de pesca participante 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 registro de mediciones con instrumentos oceanográficos.

3.5.2. Consideraciones para el diseño de la pesca exploratoria

Las bases del proyecto indicaban que se debía realizar exploraciones o pesca exploratorias en el periodo verano - invierno en la zona de estudio. Para este efecto se realizó un convenio de acuerdo de cargo compartido con la empresa participante, la cual conservó toda la pesca de

valor comercial capturada. Así, se pudo realizar un crucero en verano (febrero) y otro en invierno (julio-agosto).

3.5.3. Plan de muestreo

3.5.3.1. Arte de pesca y zonas de prospección:

Se utilizó un palangre de 1000 anzuelos, usado actualmente por la empresa participante en la pesca de pez espada. De acuerdo a los antecedentes recopilados e información de la empresa participante, en el área de la Cordillera de Nazca las capturas están compuestas mayoritariamente por ejemplares juveniles de pez espada. En la pesca exploratoria se utilizaron tamaños de anzuelos 9/0.

De acuerdo a los requerimientos del estudio, una vez en la zona de Nazca, la zona de pesca se determinó en común acuerdo con el capitán de pesca de la nave participante, quien orientó las operaciones de calado en base a su experiencia y en base al análisis de las cartas satelitales obtenidas en tiempo real y recepcionadas a bordo para la zona de estudio sobre temperatura y salinidad superficial (TSM, SSM), clorofila, altura de mar, vientos, nubes y corrientes; todas ellas aportadas por el sistema de apoyo logístico que desarrolla y administra el Consultor a través del Laboratorio de Teledetección y SIG de la Escuela de Ciencias del Mar, servicio que desde hace dos años entrega a la flota palangrera de pez espada nacional y desde el año 1987 le da soporte a la flota redera artesanal.

3.5.3.2. Determinación del tamaño de muestreo

La determinación del tamaño de la muestra en esta pesca exploratoria estuvo sujeta inicialmente a los rendimientos esperados o índice de captura esperado para la zona y, la capacidad operativa de la ejecución práctica del personal a bordo de poder medir la muestra determinada. En base a esto se estructuró el plan de actividades de medición y los tiempos requeridos para llevarlas a cabo. Estas corresponden a las mediciones primarias permanentes, que son las mediciones de tallas, que se realizaron con todas los ejemplares a muestrear. Las medidas de peso y toma de muestras estomacales y gonadales se consideraron en un grupo

secundario que se separó aleatoriamente desde la primera muestra tomada para mediciones de tallas (muestreo bi-etápico).

Sin embargo, en terreno se comprobó que era posible muestrear y medir prácticamente el 100 % de la captura de pez espada, dado la tasa diaria de piezas retenidas en el palangre, que estuvo entre los 5 a 9 individuos por día de pesca, con periodos de virado de 8 horas y sobre de 170 piezas por crucero.

3.5.3.3. Muestreos biológicos

Los ejemplares de pez espada capturados en cada operación fueron medidos en talla, pesados, sexados, examen de gónadas y toma de muestras gonadales, examen de contenido estomacal, toma de muestras de contenido estomacal.

a) Longitudes: se consideraron la longitud de la mandíbula inferior - 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) (Ver Anexo).
b) Estimación del Peso entero (Peso vivo) peso tronco: Se utilizó el peso tronco obtenido en muelle en cada desembarque.
c) Sexo: La determinación del sexo se realizó en análisis de laboratorio.

3.5.4. Estimadores estadísticos

3.5.4.1. Estimador de la estructura de tallas

La proporción de ejemplares a la talla i por cada subzona j de la zona de estudio se calculó de acuerdo a:

$$Pij = Nij / N$$

donde:
Nij: ejemplares de la talla i en la subzona j
N: ejemplares totales capturados en el viaje.

La longitud promedio de los ejemplares capturados en la subzona j se estimó por:

$$\overline{LMIH}_J = \sum_I p_{IJ} * LMIH_i$$

3.5.4.2. Estimador de la estructura de edades

Conforme a los resultados obtenidos por Leiva (1993), se utilizó la segunda aleta anal.

i) Muestreos. En el presente informe se entregan los resultados del análisis de dos muestra de espinas anales pertenecientes a 120 ejemplares de pez espada provenientes de la zona de la Cordillera de Nazca. Las muestras corresponden a los cruceros: Crucero ESP01-UCV, realizado en febrero y al Crucero ESP02-UCV efectuado en agosto; ambos desarrollados por personal de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) del año 2003.

A bordo de la embarcación, a cada ejemplar, se le registró la longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH), longitud ojo-horquilla (LOH), distancia entre las aletas dorsales (L1-2D), se determinó el sexo macroscópicamente y se extrajo la aleta anal con su base.

ii) Procesamiento de las muestras. El tratamiento de las muestras siguió básicamente el descrito por Tsimenides & Tserpes (1989), de manera tal que en el laboratorio las aletas anales, fueron objeto del tratamiento siguiente:

a) Separación de la segunda espina de la aleta anal.
b) Limpieza mediante cocción.
c) Secado al aire libre o con ayuda de estufa eléctrica.
d)Corte de secciones transversales a nivel de la base (Fig. 19)
e) Preparación de secciones de 1,4 y 1,6 mm de espesor.
f) Guardadas en seco previa fijación en formalina al 10 % por 2-3 días.
g) Observación directa al estereomicrocopio con luz incidente o reflejada, bajo agua destilada o alcohol 50 %.

La actividad a) se realizó a bordo durante el crucero. Las actividades a), b) y c) se desarrollaron en el Laboratorio de Muestreo de la Escuela de Ciencias del Mar de la PUCV.

Las secciones transversales de 1,4 –1,6 mm se obtuvieron de la base de cada espina anal (Fig. 1) con una cortadora ISOMET con hoja diamantada y corte en frío. Posteriormente se fijaron en formalina (10%) por 2-3 días y luego guardados secos en cajas plásticas o sobres de papel, individualizados con su correspondiente número de identificación.

iii) Lecturas de cortes de espinas. Los cortes preparados se observaron bajo un microscopio estereoscópico con luz incidente o reflejada, con la cual fue posible discriminar anillos hialinos estrechos y opacos anchos, correspondientes a períodos de menor y mayor crecimiento, respectivamente. También, fueron observados con luz trasmitida, la cual favorece y permite corroborar los anillos de crecimiento, así como la naturaleza del borde de la espina. Además, se utilizó un ocular provisto con reglilla graduada, que permitió registrar las medidas siguientes (Fig.19)

Radio de la espina anal (RE).
Radio de los respectivos anillos hialinos (R1, R2, ...Rn)
Número de anillos hialinos.
Tipo de borde opaco y hialino (O y H)

iv) Asignación de edad y grupo de edad. La edad fue asignada 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 asignó el grupo de edad, para cada espécimen examinado.

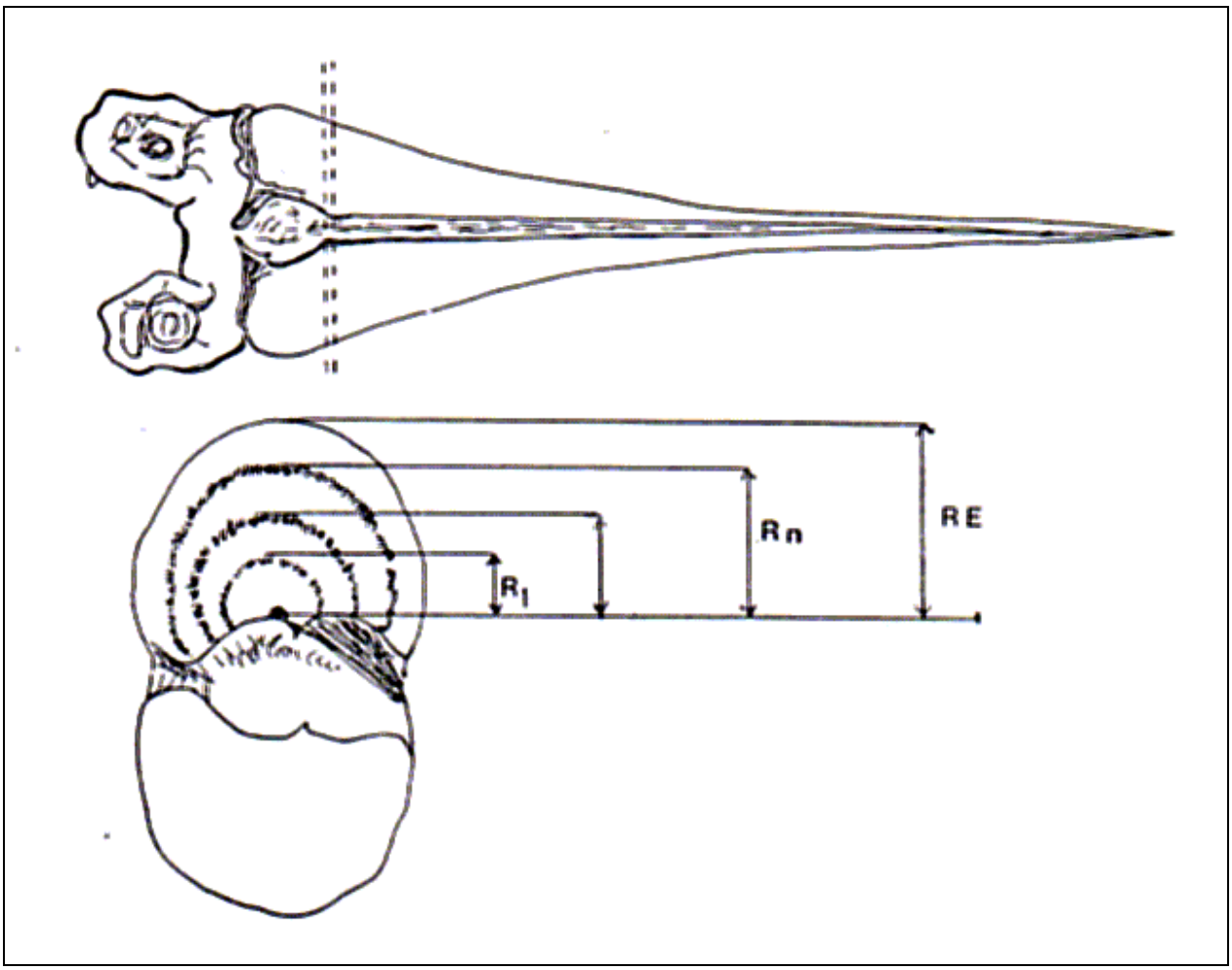


Figura 19. Esquema de la segunda aleta anal indicando i) el lugar de corte y ii) medidas registradas (RE = radio espina, R1 y Rn = radio anillos).

3.5.4.3. Estimador del peso promedio por ejemplar

La estimación del peso promedio por sexo y sexos combinados para el área de estudio y de cada subzona j de los ejemplares capturados se calculó por:

$$\overline{W} = \sum_{j=1}^{t} \frac{Nj}{\sum_{j=1} Nj} \cdot \overline{W}j$$

donde

$$\overline{W}j = \sum_{i=1}^{I} \overline{W}ij \cdot Pij$$

Nj: ejemplares capturados en la subzona j

$\overline{W}$ ij : peso promedio de la talla i en la subzona j

Pij : Proporción de ejemplares de la talla i en la subzona j

$\overline{W}$ j : peso promedio de la subzona j

3.5.4.4. Proporción sexual

Se estimó por: $$P_{sj} = \frac{N_{sj}}{N_j} * 100$$

donde

Psj = porcentaje de ejemplares de sexo s en la subzona j

Nsj = es el número de individuos de sexo s (macho-hembra) en la subzona j

Nj = número total de ejemplares capturados en subzona j

3.5.4.5. Relaciones peso-talla

Se determinaron relaciones longitud-peso para cada sexo y sexos combinados, entre la LMIH, LOH, L12D con el peso total y peso tronco, de la forma: $P = a * L^b$

3.5.4.6. Relaciones morfométricas

Para cada sexo se ajustaron funciones relacionando la LOH y L12D con LMIH: $LOH = f(LMIH)$ y $L12D = f'(LMIH)$

A través de un análisis bibliográfico se compararon las relaciones ajustadas en los puntos e) y f) con los resultados obtenidos por otros autores.

3.5.5. Metodología de análisis del estado de madurez

3.5.5.1. Descripción

Las gónadas del pez espada son estructuras pares, situadas en la cavidad peritoneal. Los testículos son alargados, de color blanquecino, revestidos por una cápsula fibrosa de que se desprenden tabiques que dividen el órgano en lobulillos, en cuyo interior se encuentran los

túbulos seminíferos donde se verifica la actividad y desarrollo de la línea espermatogonial. Las células están organizadas en cistos por células císticas tipo Sertoli.

Los ovarios por su parte son órganos bastante voluminosos, de considerable masa, revestidos por una capa fibrosa externa y otra mas interna de tejido muscular. En el interior de ellos se aprecian los ovocitos como grandes estructuras con diferentes grados o capas de desarrollo.

3.5.5.2. Toma de muestras a bordo

Para la determinación fidedigna del estado de madurez gonadal y sexo de ejemplares juveniles de *Xiphias gladius* se efectuó un estudio histológico del material gonádico, lo cual se realizó de acuerdo a las siguientes etapas: extracción de material, pesaje, medición y prefijación de la gónada por inmersión en buffer – formaldehído.

3.5.5.3. Proceso en laboratorio de histología

Una vez recibidas las muestras en el laboratorio de Histología se procedió al recorte de las gónadas eligiendo tres muestras de las zonas anterior, media y posterior, para refijarlas en liquido A.F.A. Una vez fijadas, se procedió a su deshidratación para incluirlas en bloques de Histosec.

Se realizaron cortes de 7 micrones, los que posteriormente fueron teñidos con técnicas histológicas corrientes de Hematoxilina – Eosina y una de Ácido Periódico Shiff P.A.S., para su posterior observación al microscopio, la cual indicó el estado de desarrollo del tejido gonadal, tanto de machos como hembras.

Inicialmente, se esperaba que las gónadas fueran muy voluminosas, por lo cual, para tener una mayor seguridad y certeza en el diagnóstico, además de las tres zonas elegidas (anterior, media y posterior) se efectuó un submuestreo consistente en un análisis histológico de la zona periférica – capsular central y una de la corteza profunda.

En este análisis es muy importante las mediciones de las células parenquimosas en la gónada femenina, no así en la masculina. Las observaciones microscópicas de los posibles estados de madurez serán registradas en material fotográfico.

3.5.6. Metodología para la caracterización genética

Para caracterizar genéticamente los ejemplares de pez espada de la costa Pacífica de Sudamérica, específicamente de la cordillera de Nazca, se utilizó marcadores de ADN nuclear, tipo microsatélites (Tabla 4). 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.

3.5.6.1. 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 un gramo 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. Se reservó un trocito de cada muestra de tejido con el objeto de tener una réplica para resguardo de las muestras. Las muestras se traspasaron a tubos de 1,5 mL, a partir de los cuales se procedió a la extracción del ADN.

Tabla 4. Descripción de los loci de microsatélites de la especie *Xiphias gladius* usados en este estudio, desarrollados por Reeb *et al*. (2000).

Locus	secuencia	Tamaño (pb)	partidores	Temperatura Anillamiento ^{o}C
Xg-55	$(GT)_{35}$	86–176	GGAAAAAGGGGAGTCCAGC ACACGTAGTTGTTACAATTCAC	60
Xg-56	$(CA)_{16}$	116–154	AATGGGAAACATCTGGTCAC ACTTTCTTATTCTGTTTCTGTCC	58
Xg-59	$(AT)_5(GT)_{16}$	110–178	TTACCAAAGCTGTCCGGTAT GAGTGACTGACTGGGGAC	58

			TTTTCACCTTGTCAGTGTGCG	
Xg-66	$(CA)_{11}$	130–148	ACAGACGTATACAACCACCTG	58
			CAAACTAACATTTACACAGTCAG	
			TTTGGGTTAGCAGCTGCCAG	55
Xg-75	$(CA)_{53}$	132–290	TTCCACTCATACCTCTGTCATC	
			ACCACATCCATTATAGCATGTTG	58
Xg-144	$(GGA)_7$	157–175	GTGAGTCATGTGTCAGTGTGG	
			CCTCTGCCTGAAATACTTCAG	58
Xg-166	$(CAA)_7$	130–148	GGATGTAGCCTACAACTCA	
			TTACAAATCAGTCCTACAGAG	56
Xg-379	$(ATG)_{11}$	105–153	AGCGACAAACAGACCTGCCA	
			GAGGAAACCGGGGCTTCTAC	56
Xg-394	$(TCC)_9$	141–147		

3.5.6.2. Extracción de ADN

La extracción de ADN fue realizada desde el tejido muscular colectado para este efecto, de la siguiente manera: los tejidos serán suspendidos en 10 volúmenes del tampón de extracción TNESU8 (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 ^{o}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%.

El ADN fue amplificado por PCR, es decir, se amplificaron dos fragmentos específicos del extremo 5′ y 3′ de la región deseada, usando los partidores específicos. Los partidores de PCR fueron adquiridos en base a la información obtenida de de los Bancos de datos genéticos y por comunicación personal (electrónica) con la Dra Reeb, Universidad de Stanford, USA.

3.5.6.3. Reacción de PCR

Las reacciones de PCR fueron 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 partidor (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. La mezcla fue cubierta con una gota de aceite mineral y la temperatura elevada a 95 ^{o}C por cinco minutos para desnaturalizar. La amplificación fue realizada en un termociclador PTC-100 (MJ Research, Inc.). El ciclo termal fue de 45 segundos a 94 ^{o}C, temperatura de anillamiento variable la cual depende del tipo de microsatélite a amplificar (Tabla 3) y 1 min 30 segundos a 72 ^{o}C, con 40 ciclos de amplificación. La polimerización a 72 ^{o}C se extendió durante 7 minutos para asegurar la elongación completa de los productos amplificados.

Finalizada la amplificación de las secuencias de microsatélites 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.

3.5.7. Metodología para la caracterización de la fauna acompañante en Nazca

3.5.7.1. Análisis de la fauna asociada a *X. gladius*

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; CPPS, 1969; Pequeño 1971; Nakamura, 1985; Pequeño y Lamilla 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 pelágicas. De los ejemplares capturados se obtuvo la siguiente información: número de piezas capturadas, longitud y sexo. 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.

Para el estudio de las características alimentarias de los ejemplares capturados, el estómago fue pesado lleno y vacío, calculándose por diferencia el peso del contenido estomacal. El nivel de resolución taxonómica de las presas dependió del grado de digestión que presentó el contenido estomacal. Para la identificación se seleccionaron aquellas presas que estaban menos digeridas y cada ítem fue contabilizado y pesado en balanza de 0.01 g de precisión. Para la identificación de las especies se seleccionaron las claves taxonómicas de Wisner (1974); Kawaguchi y Shimizu (1978), para los peces.

En la identificación de los crustáceos se utilizó las claves taxonómicas Boltovskoy (1999); Retamal (1994), en la identificación de los moluscos se empleó las claves taxonómicas de Roper *et al*. 1984; Vega *et al*. 2001. La importancia de cada ítem en la dieta de las especies de fauna acompañante (a las cuales fue posible extraer el estómago) 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:

$$IIR= ((N + P) \times F))$$

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

3.5.8. Análisis comparativo de las estructuras de tallas y de edades, 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 realizaron los siguientes análisis (de información histórica y de la obtenida en dos cruceros exploratorios) para examinar su variabilidad espacial:

i) Análisis de la variación espacial de la estructura de tallas y edades entre Nazca y otras zonas de distribución del recurso. Se examinaron las diferencias en la estructura etárea de las capturas, dentro de la Cordillera de Nazca y otras zonas de distribución del pez espada. Se consideró un análisis de la información histórica disponible (2001-2002) y de aquella obtenida en cruceros exploratorios ejecutados en el marco del proyecto. Se compararon las estructuras obtenidas en el proyecto con las conseguidas en el Seguimiento de la Pesquería del Pez Espada o en otros estudios (FIP 2000-11) a través de un análisis bibliográfico.

La información diaria del régimen operacional y registros de tallas (LHMI) de pez espada capturados, almacenada en bitácoras y cuadernos de pesca de los capitanes y pilotos de las naves ELENA S y TAMI S, correspondientes a una porción de las actividades de pesca de los años 2001 y 2002, fue utilizada para describir y analizar la variación espacial de la estructura de talla entre la zona de Nazca y otras zonas de distribución del recurso, además de la variación espacio-temporal dentro de la zona de pesca de Cordillera de Nazca. La información disponible no correspondió a la totalidad de los registros ya que en algunos viajes de pesca existía información perdida de algunos lances e inclusive de viajes completos.

Según las encuestas a los capitanes y pilotos, la medición de los ejemplares de pez espada se realizó con huinchas de medir que poseen en cada embarcación, midiendo al centímetro la longitud desde la horquilla de la aleta caudal hasta la mandíbula inferior (LHMI). En general esta operación se efectúa para obtener la transformación a peso tronco y llevar estadísticas

actualizadas de la captura total en cada lance de pesca. Los registros de longitudes LHMI fueron analizados estimando algunos parámetros estadísticos como la media, mediana, rango, desviación estándar, etc. Posteriormente fueron agrupados en intervalos de 10 cm con el fin de generar distribuciones de frecuencia, las que fueron estratificadas espacio-temporalmente después de una cuidadosa revisión y validación de los datos.

ii) Variación espacial de la estructura de tallas dentro de la zona de Nazca. Se examinará si existen diferencias espaciales y estacionales en la estructura poblacional dentro del área de estudio, y las posibles relaciones que puedan existir entre estos cambios y las variables del ecosistema (bióticas y abióticas).

iii) Relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico. Se relacionó las estructuras de edades y talla, con la información de zonas definidas en el plano horizontal y vertical (obtenidas en la caracterización del ecosistema pelágico a través del Análisis Multivariado). También se explorarán las relaciones entre estas estructuras y las variables bióticas y abióticas del ecosistema. Por ejemplo la presencia de una estructura etárea asociada al tipo de ecotrazo de la biomasa trófica, a la concentración de oxígeno en la columna de agua, a la profundidad de termoclina o al tipo de presas presentes en el contenido estomacal.

Para realizar el análisis comparativo de las estructuras poblacionales se hizo empleo del test de Kruskal-Wallis, alternativa del Análisis de Varianza, que no requiere asunciones 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) 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.

También se empleará el test de Kolmogorov-Smirnov. Se comparan dos muestras obtenidas en diferentes zonas y se plantea la hipótesis nula de que los dos conjuntos de observaciones (tallas, peso, edad) provienen de una misma distribución de probabilidad. El test de Kolmogorov-Smirnov asume que las muestras son aleatorias y mutuamente independientes.
Para analizar las relaciones entre los atributos poblacionales y las características del ecosistema se hará empleo de modelos lineales generalizados (MLG) y modelos aditivos generales (GAM).

4. RESULTADOS

4.1. Pesca de investigación

4.1.1. Cruceros de pesca exploratoria

Para ejecutar la Pesca de Investigación diseñada en el estudio, se realizaron dos cruceros de pesca exploratorias en el área de la Cordillera de Nazca. El primer crucero (ESP01) se realizó en verano en 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.

El segundo crucero (ESP02) se realizó entre fines de julio a fines de agosto y tuvo una duración de 27 días y se realizaron 15 lances de pesca. En ambos cruceros las naves de pesca corresponden a embarcaciones pesqueras dedicadas a la pesca de pez espada y pertenecientes a la empresa participante en el proyecto.

La información principal de los respectivos cruceros se resume a continuación:

DATA CRUCERO ESP01-UCV			
Fecha zarpe	06.02.03	**Fecha arribo**	28.02.03
Hora zarpe	22:25 LMT	**Hora arribo**	06:00 LMT
Puerto	Coquimbo	**Puerto**	Coquimbo
Capitan	Jaime Vicencio	**Nave**	ELENA-S
Jefe de Crucero	Jose Maraboli	**Dotacion**	10 personas
Muestreador Cub	Francisco Gallardo	**Zona estudio**	Cordillera de Nazca
Unidad ejecutora	Esc.Cs.Mar (UCV)	**Empresa Pesquera**	Pesquera Omega S.A.

DATA CRUCERO ESP02-UCV			
Fecha zarpe	28.07.03	**Fecha arribo**	23.08.03
Hora zarpe	23:25 LMT	**Hora arribo**	06:00 LMT
Puerto	Coquimbo	**Puerto**	Coquimbo
Capitan	Jorge Rivera	**Nave**	CHRISTINA-S
Jefe de Crucero	Jose Maraboli	**Dotacion**	10 personas
Muestreador Cub	Alexander Valdenegro	**Zona estudio**	Cordillera de Nazca
Unidad ejecutora	Esc.Cs.Mar (UCV)	**Empresa Pesquera**	Pesquera Omega S.A.

4.1.2. Zona de operación y pesca

De acuerdo a las subzonas definidas en la Propuesta Técnica se operó dentro de las Subzonas III y IV. El área de pesca para los dos cruceros en total, correspondió al segmento de la Cordillera de Nazca parcelado entre los 21°20' y 25°35'L.S., y los 079°45' y 085°00 long W, al interior de la cual se efectuaron 13 lances indicados con círculos rojos en la Figura 20.

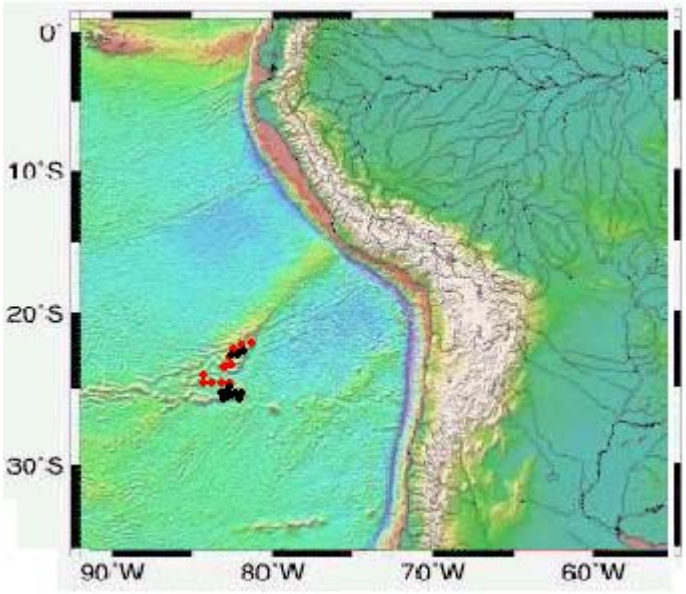


Figura 20. Zona de operación y localización de lances de pesca de los cruceros de verano (en rojo) e invierno (en negro).

4.1.3. Naves utilizadas

Las naves de pesca utilizadas en los cruceros de verano e invierno fueron respectivamente los pesqueros ELENA-S y CHRISTINA-S, embarcaciones gemelas de 18 metros de eslora, de propiedad de la empresa Pesquera Omega S.A. con puerto base en Coquimbo (Fig. 21).



Caracteristicas Tecnicas Elena-S	
ESLORA	18.00 metros
MANGA	6.60 metros
PUNTAL	3.15 metros
MOTOR PPL	Cummins NTA 855
POTENCIA	350 HP
MOTOR AUXILIAR	Cummins 4B 3.9
POTENCIA	84 HP
GENERADOR	Lima 35 KVA
COMBUSTIBLE	24.000 Lt
AGUA DULCE	10.000 Lt
VELOCIDAD CRUCERO	8 Nudos
AUTONOMIA	3.000 Millas
DOTACION	9 personas
Equipamiento electronico	
TRANSCEPTOR HF	ICOM ICM 700
TRANSCEPTOR VHF	ICOM ICM 120 C
RADAR	Furuno FR-810
VIDEOSONDA	Furuno FCV-261
VIDEOSONDA	JRC FF-30
RADIOGONIOMETRO	Simrad-Taiyo ADDF-L 1100
NAVEGADOR GPS	Raystar 920
POSICIONADOR SATELITAL	Marymsis
PILOTO AUTOMATICO	Wagner MK-4

Figura 21. Pesquero hielero Elena–S.

4.1.4. Aparejo de pesca

En ambos cruceros, por ser naves gemelas en diseño y operación, se utilizó el mismo aparejo de pesca comercial tipo palangre americano (Fig. 22), armado con línea madre de Poliamida 6,6 (Nylon) monofilamento de 3,6 mm de diámetro. El aparejo se manipula en tramos o secciones de 220 anzuelos. Cada 5 anzuelos se coloca un flotador. Se usó anzuelo Eagle Claw No 9/0 diseñado para pez espada. La carnada utilizada fue calamar *Illex sp* con un calamar completo en cada anzuelo (150 a 250 g promedio y alrededor de 25 a 30 cm de largo). Se calaron un promedio de 1000 luces por lance de las cuales la mitad eran químicas (duración para 2-3 lances) y el resto de pilas. El armado de los reinales comprende un clip metálico o “snap-on” para colgarlo a la línea madre, un plomo giratorio y el anzuelo.

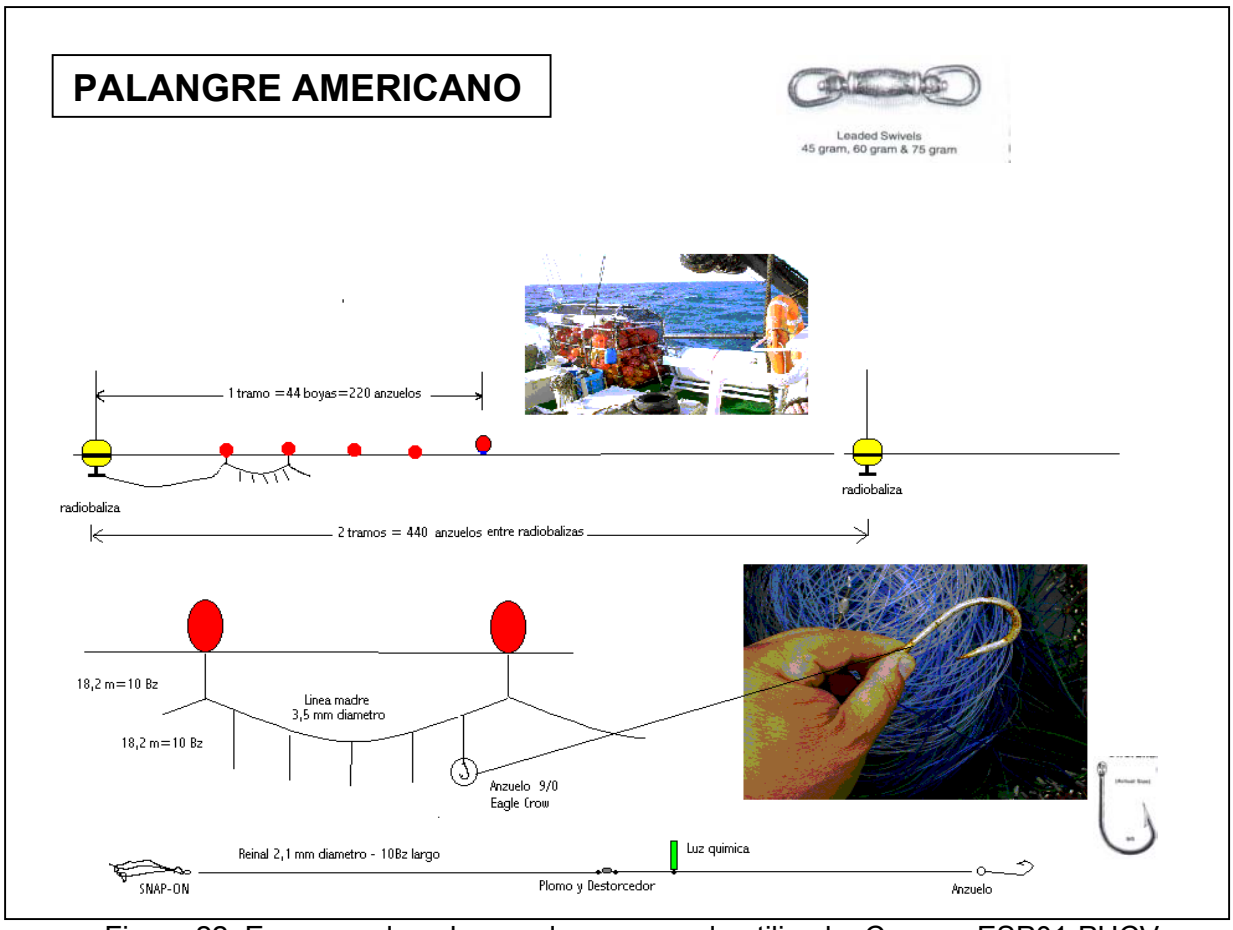


Figura 22. Esquema de palangre de pez espada utilizado, Crucero ESP01-PUCV

4.1.5. Operación de pesca

En ambos cruceros cada lance de pesca fue monitoreado 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 de un lector de termómetro tipo INF SST, número de anzuelos calados, rumbo de calado y de virado, velocidad de calado y de virado, tipo de carnada y cantidad (en panes de 15 kg), las condiciones de mar y viento reinantes, nubosidad (en octavos), presencia de aves marinas, captura resumida por especie y otros (uso de sensor Micrel). En la Tabla 5 se presenta la totalidad de la información operacional de los 13 lances realizados durante el crucero de verano y en la Tabla 6 la de los 16 lances del crucero de invierno.

Tabla 5. Lances de pesca realizados en el crucero de verano.

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

Tabla 6. Lances de pesca realizados en el crucero de invierno.

Lance	Operación	Fecha	Hora ini	Hora fin	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Temperatura	Anzuelos	Rumbo	Velocidad	Bait	Est.Mar	Nubes	Viento
	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
1	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
	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
2	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
	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
3	VIRADO	04.08.03	08:30	13:45	22 57 02	83 14 10	22 53 55	83 17 79	19		E	7		Marejadilla	3/8	SSE
	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
4	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
	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
5	VIRADO	07.08.03	08:30	16:00	25 15 84	82 09 88	25 10 79	82 15 83	18		SE			Marejada		
	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
6	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
	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
7	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
	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
8	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
	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
9	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
	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
10	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
	CALADO	12.08.03	19:41	23:19	25 36 47	81 38 64	25 30 01	8212 45	18.3	1200	W	8	17	Rizada	4/8	SE
11	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
	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
12	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
	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
13	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
	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
14	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
	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
15	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
	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
16	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

4.1.5.1. Determinación de zonas probables de pesca

Para la determinación de las zonas probables de pesca en ambos cruceros se utilizó, junto con la experiencia de los capitanes y equipos del buque, un sistema de transmisión de cartas satelitales a los barcos vía telefonía satelital. Mediante esta tecnología desarrollada por el Servicio de Cartas Satelitales CARSAT de la PUCV fue posible precisar los lances de pesca e ir mejorando sustancialmente el rendimiento gracias a la recepción a bordo de la carta diaria de TSM, Concentración de clorofila (Clo_*a*) y de Altura Superficial del Mar (ASM). Este sistema permite usar un teléfono trimodal satelital QUALCOMM como módem inalámbrico, para enviar y recibir datos a una computadora, que para este caso se utilizó un Notebook instalado en el barco pesquero con todos los softwares necesarios para la transmisión y despliegue de los datos.

Durante los cruceros se realizaron aproximadamente 4 descargas de imágenes por viaje desde el servidor PUCV con el sistema de comunicación. En cada conexión se descargaron imágenes de TSM, Cloa y ASM (Fig. 23). El equipo funcionó correctamente en el buque pesquero realizando faenas y transmisión de datos a más de 900 millas náuticas desde la costa. El uso de esta información para la operación de pesca fue de gran utilidad para el patrón de la embarcación porque permitió precisar la zona de pesca con mejores expectativas de pesca y gracias a la actualización de la información se pudo programar una secuencia de pesca en las áreas de mayor probabilidad de pesca asociada.

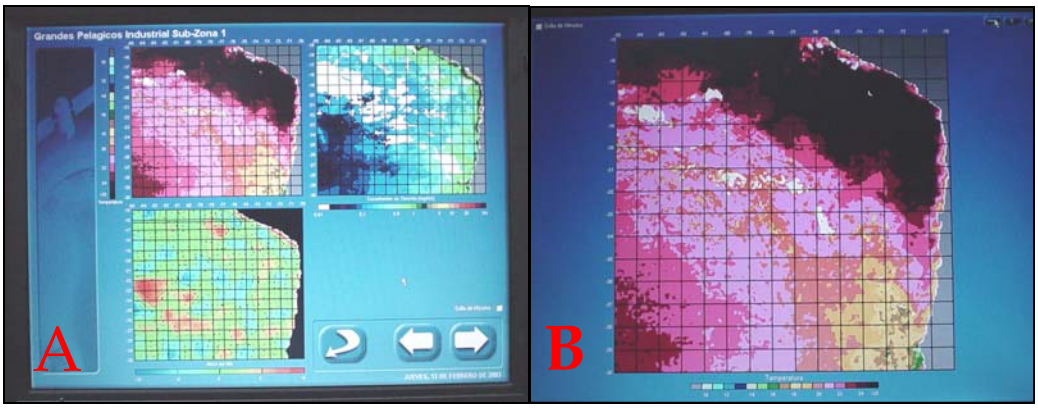


Figura 23. Visualización de mapas en monitor a bordo de la embarcación: A) tres imágenes en una pantalla, B) una imagen por pantalla con opción de zoom y cursor de georreferenciación.

4.1.5.2. Calado y Virado

Igualmente en ambos cruceros el calado se realizó en horarios vespertinos-nocturnos y duró cerca de 4 horas. El tiempo de reposo promedio varió entre 9 a 16 horas. Se utilizó todas las veces como carnada calamar (*Illex sp*). También se usaron luces químicas y luces de pilas americanas de colores verde, azul, rojo y amarillo a un promedio de 0,5 a 1 por anzuelo.

El tiempo de virado estuvo en 7 a 8 horas y se iniciaba entre 0830 y las 0900 hrs. AM cada vez. Conjuntamente con los lances de pesca se llevaron a cabo muestreos biológicos y oceanográficos a lo largo del crucero de los cuales se muestran los resultados en los capítulos posteriores.

4.1.5.3. Presencia de otras naves de pesca

Durante el desarrollo del crucero ESP01 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 085º00 W. En el crucero ESP02 se produjo un contacto con una nave de bandera española cruzando por la zona hacia el sudoeste.

4.2. Descripción del ecosistema pelágico del área oceánica asociada a la Cordillera de Nazca (Objetivo Específico 1)

Se estudian, bajo un enfoque espacio-temporal, las principales variables abióticas y bióticas que determinan el comportamiento del pez espada en el medio ambiente. Al respecto, se considera el análisis y caracterización en el plano horizontal (información de la porción superficial del mar) y en el vertical (columna de agua). La distribución de estas variables del ecosistema será posteriormente asociada con la distribución de la pesquería y el comportamiento alimentario del pez espada en la zona en estudio (15-30ºS y 70-90ºW).

La caracterización del ecosistema se realiza en dos fases: una basada en el análisis retrospectivo de la información histórica (2000-2002) disponible sobre el medio ambiente en estudio, y la segunda en la información recolectada durante la ejecución del proyecto. Por otra parte, el ecosistema se describe en dos escalas: una regional (área de estudio) y otra a escala más fina, correspondiente a las zonas muestreadas durante las pescas exploratorias de verano y invierno.

4.2.1. Características físico-quimicas del ecosistema pelágico asociado a Nazca

4.2.1.1. Parámetros abióticos en la columna de agua

a) Crucero de verano (ESP01)

La temperatura fluctuó entre los 10 y 22 ºC, con los mayores valores en superficie y los menores a profundidades del orden de los 230 m (Figs. 24 a 33). En general, la distribución vertical de temperatura mostró una disminución con la profundidad, observándose en todas las estaciones la presencia de una delgada capa superficial cuasi homotermal de unos 20 m de espesor. Bajo ésta y hasta alrededor de 70 m de profundidad, se presentó una termoclina con un gradiente vertical promedio del orden de 1,2ºC/10m, para luego disminuir a uno menos intenso, dando origen a una termoclina débil con un gradiente vertical promedio del orden de 0,5ºC/10m

La distribución horizontal de temperatura, en general, mostró una menor variabilidad en el nivel superficial, que en los niveles más profundos (1ºC a 0 m v/s 2 ºC a 100 y 200m) (Figs. 31 a 33). En todos ellos las temperaturas más altas se ubicaron hacia el oeste del área muestreada.

La salinidad fluctuó entre 34,1 y 35,2 psu, presentándose ambos valores extremos en superficie (Figs. 24 a 28 y 30). En general, la distribución vertical de la salinidad disminuyó con la profundidad hasta los 150 a 200 m, para luego aumentar levemente hacia profundidades mayores. Con la excepción de las estaciones 4, 6, 8 y 15, la salinidad mostró una delgada capa de unos 20 m con características cuasi homohalinas. Bajo esta capa, la salinidad disminuyó monótonamente en profundidad hasta alcanzar valores entre 34,2 y 34,7 psu a 230 metros. En las estaciones 1, 3, 4, 5, 6, 7, 14 y 15 la salinidad presentó un mínimo centrado a profundidades entre 130 y 170 m.

La distribución horizontal de salinidad mostró una mayor variabilidad en los niveles de 0 y 100 m (0,6 psu a 0 y 100 m v/s 0,2 psu a 200m) (Figs. 31 a 33). En esta variable, sólo en el nivel de 100 m las salinidades más altas se ubicaron hacia el oeste del área muestreada, mientras que en superficie y 200 m la distribución de altos y bajos valores no presentó un patrón definido.

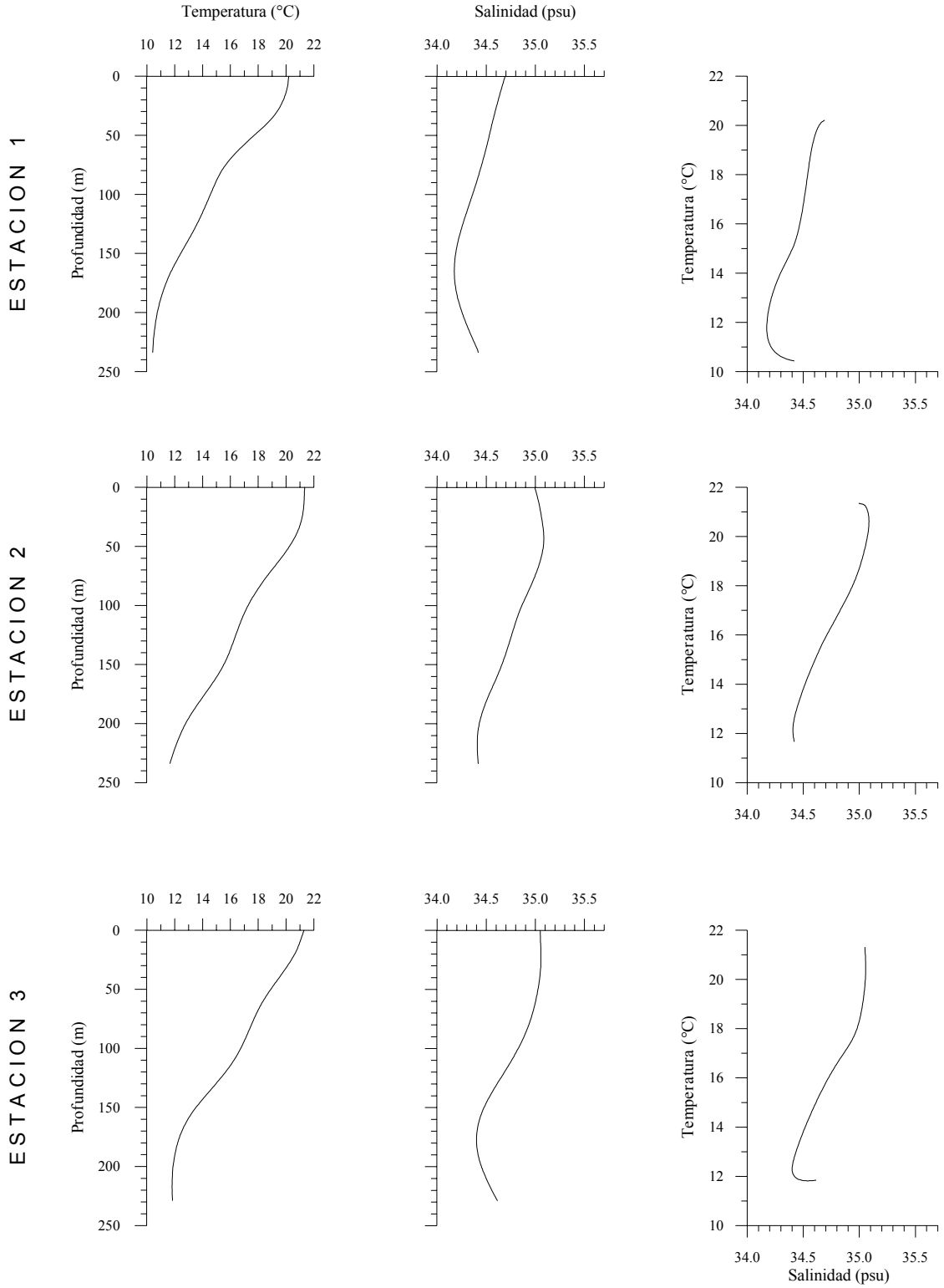


Figura 24. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 1,2 y 3 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

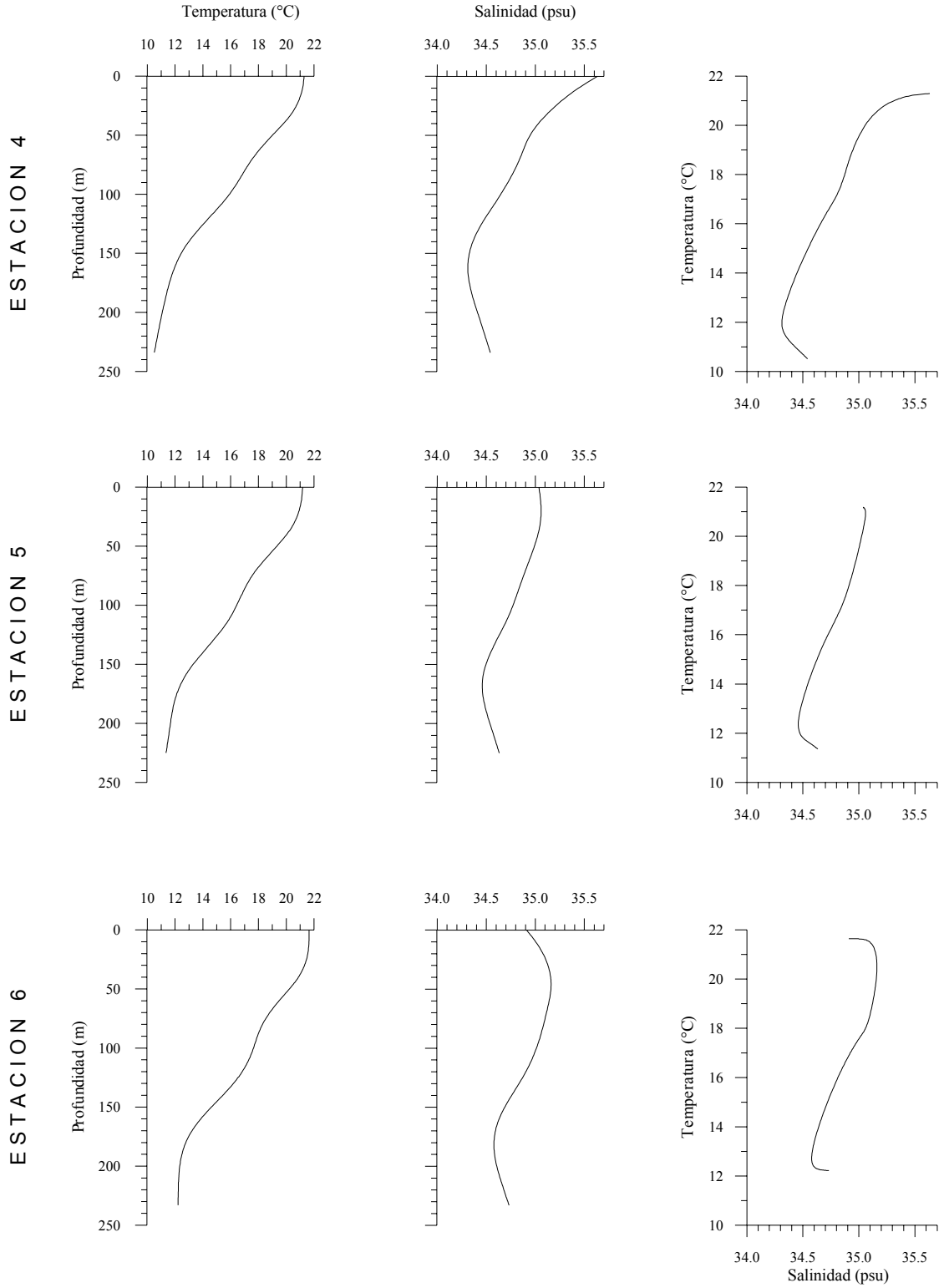


Figura 25. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 4,5 y 6 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

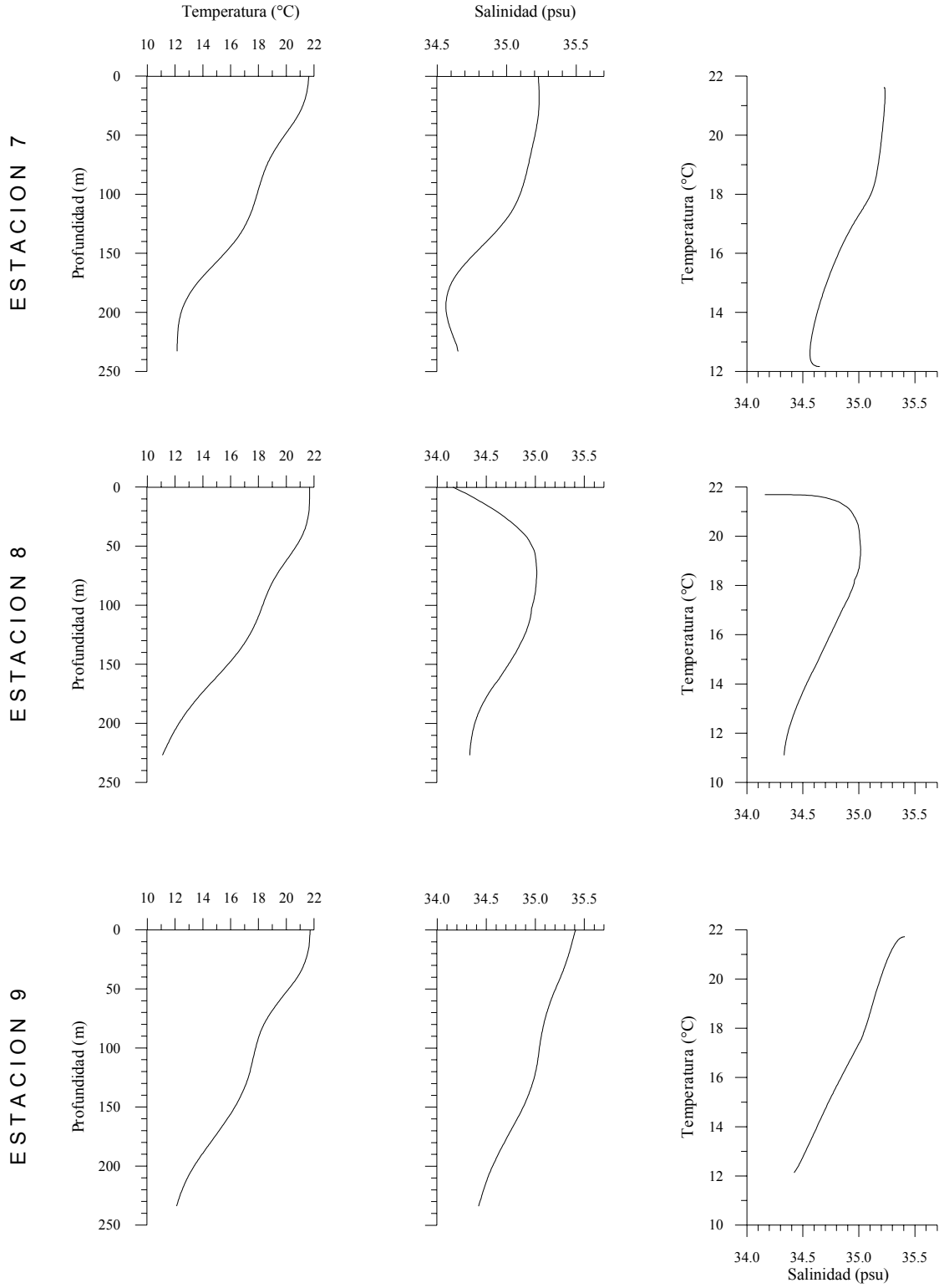


Figura 26. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 7,8 y 9 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

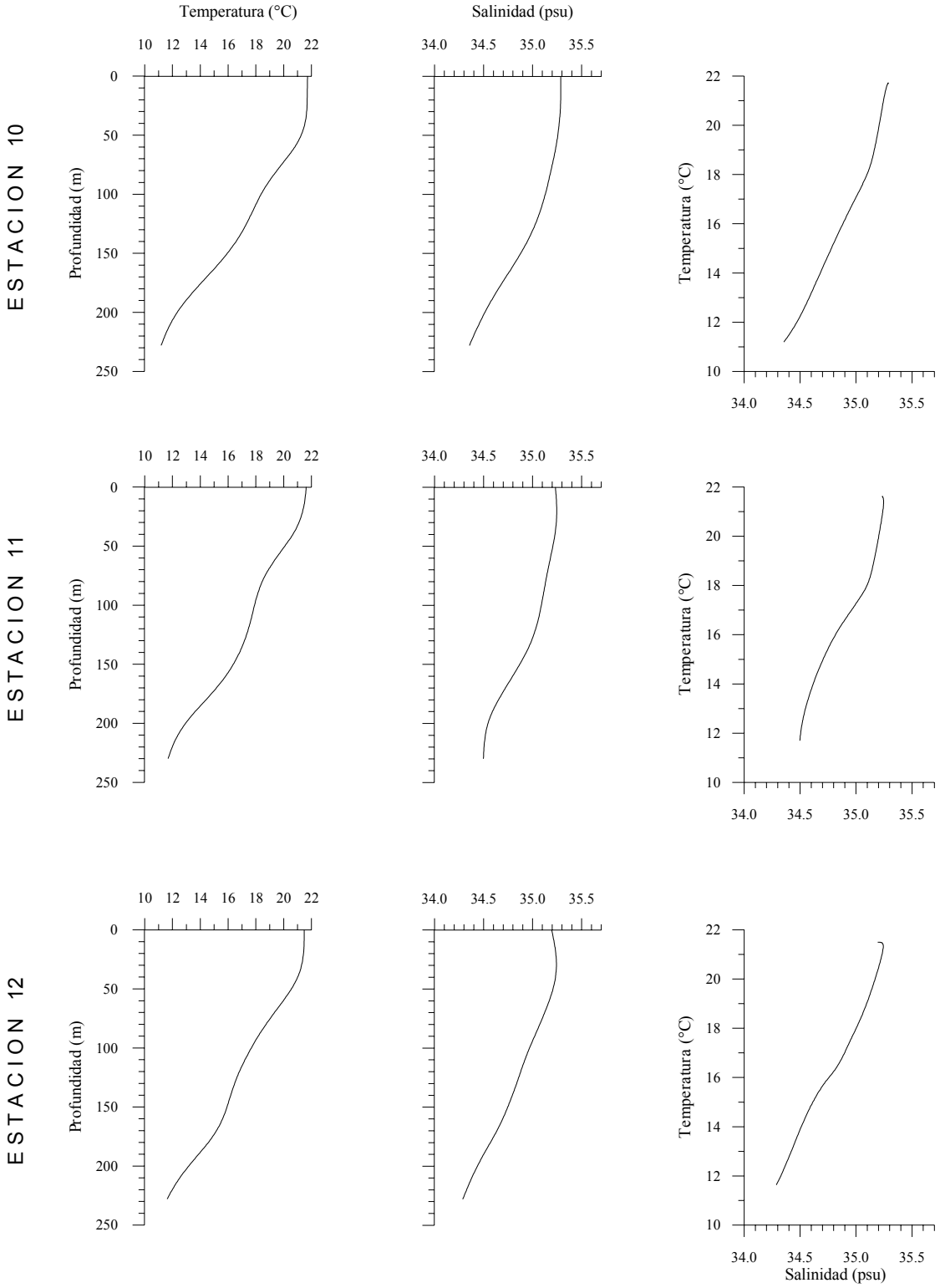


Figura 27. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 10,11 y 12 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

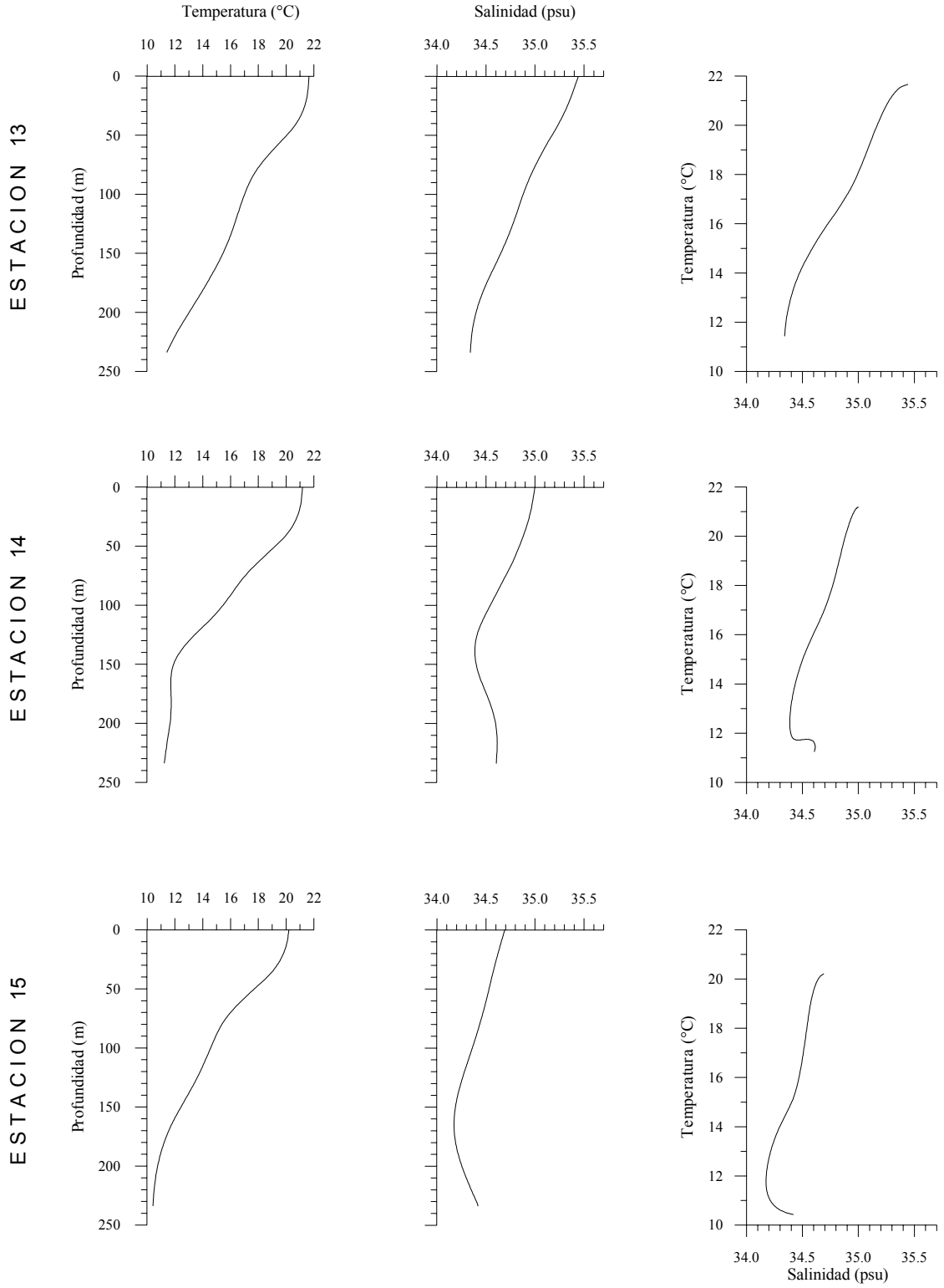


Figura 28. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 13,14 y 15 del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

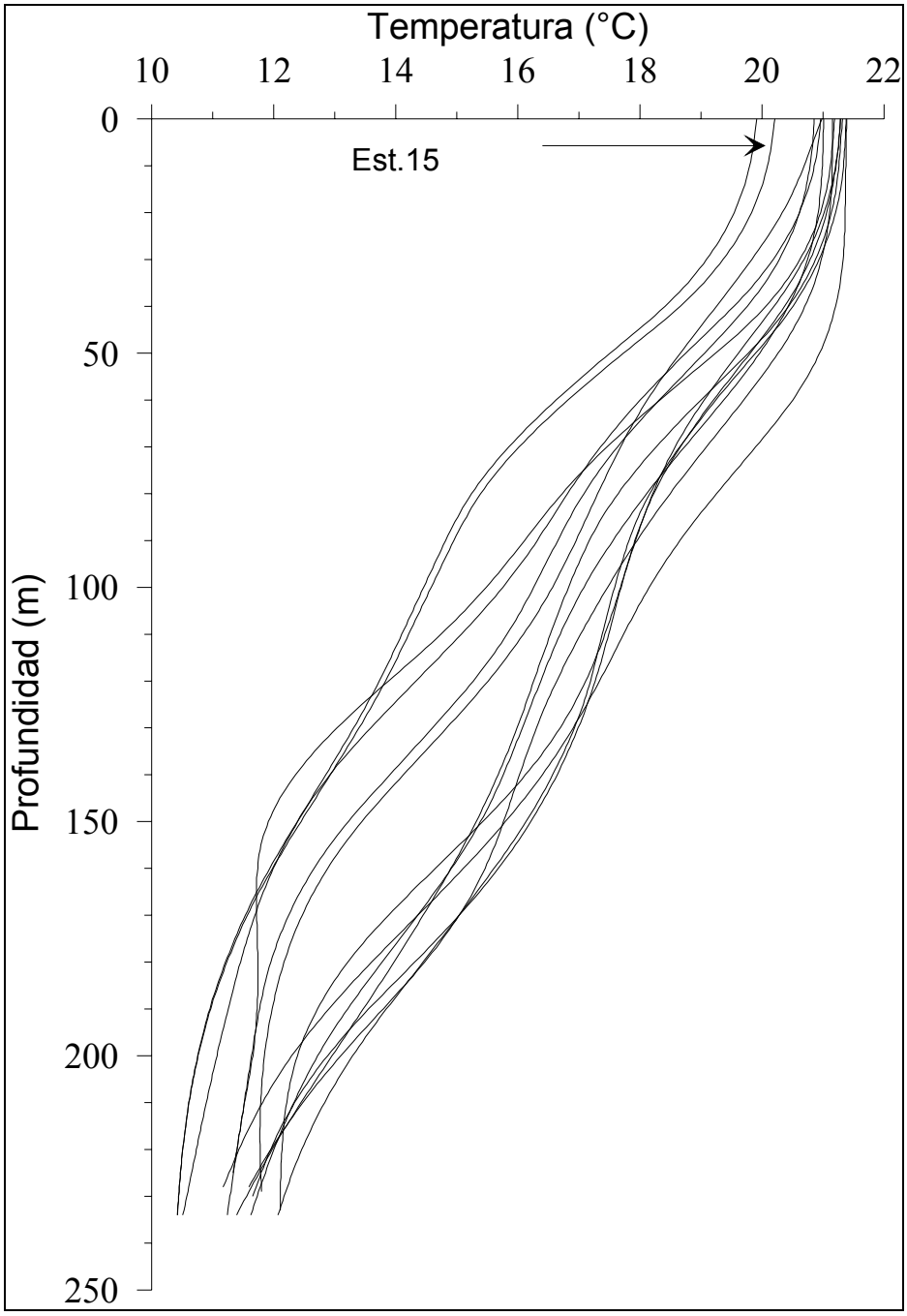


Figura 29. Distribución vertical de temperatura, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

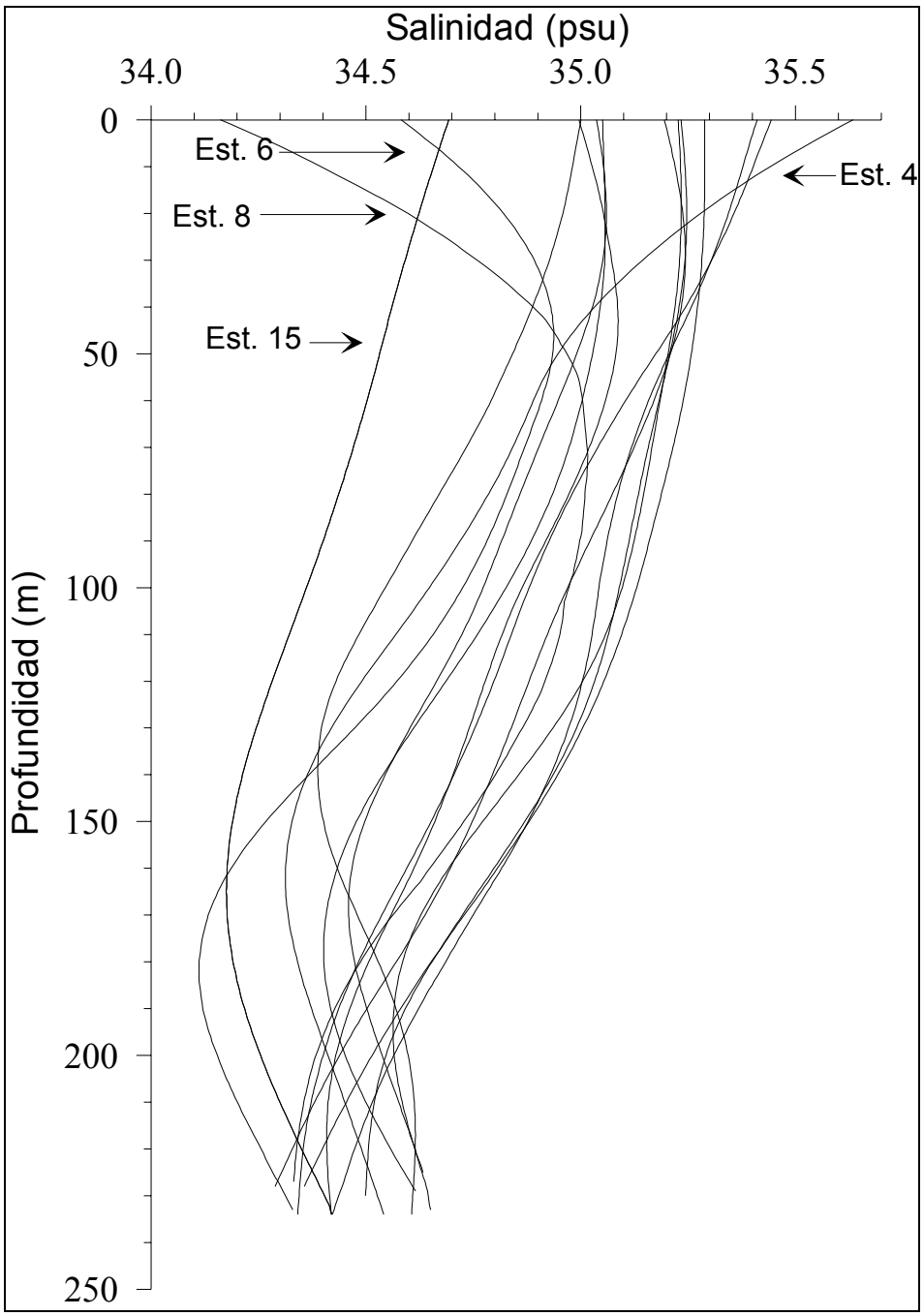


Figura 30. Distribución vertical de salinidad , para todas las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

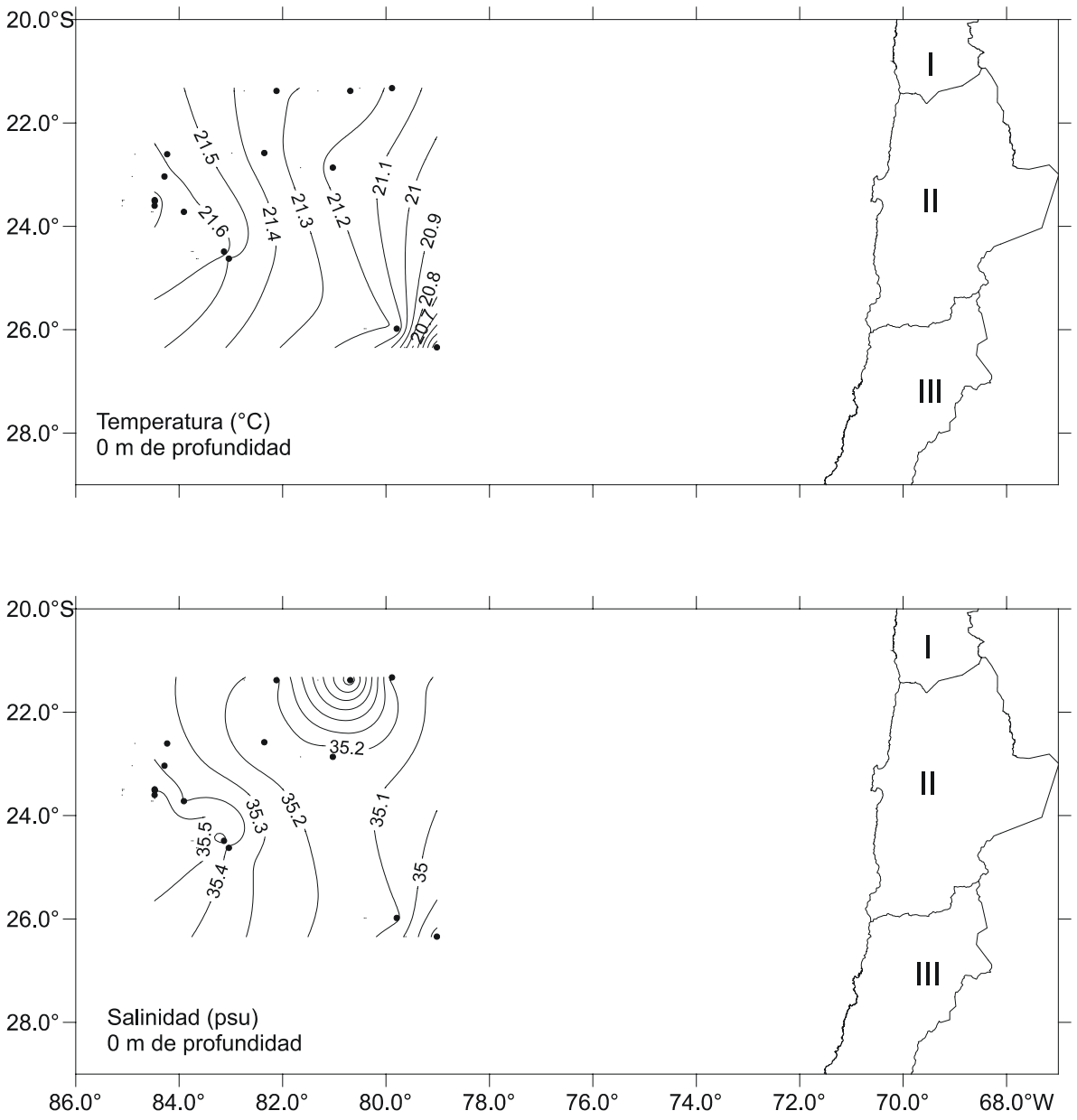


Figura 31. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 0 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

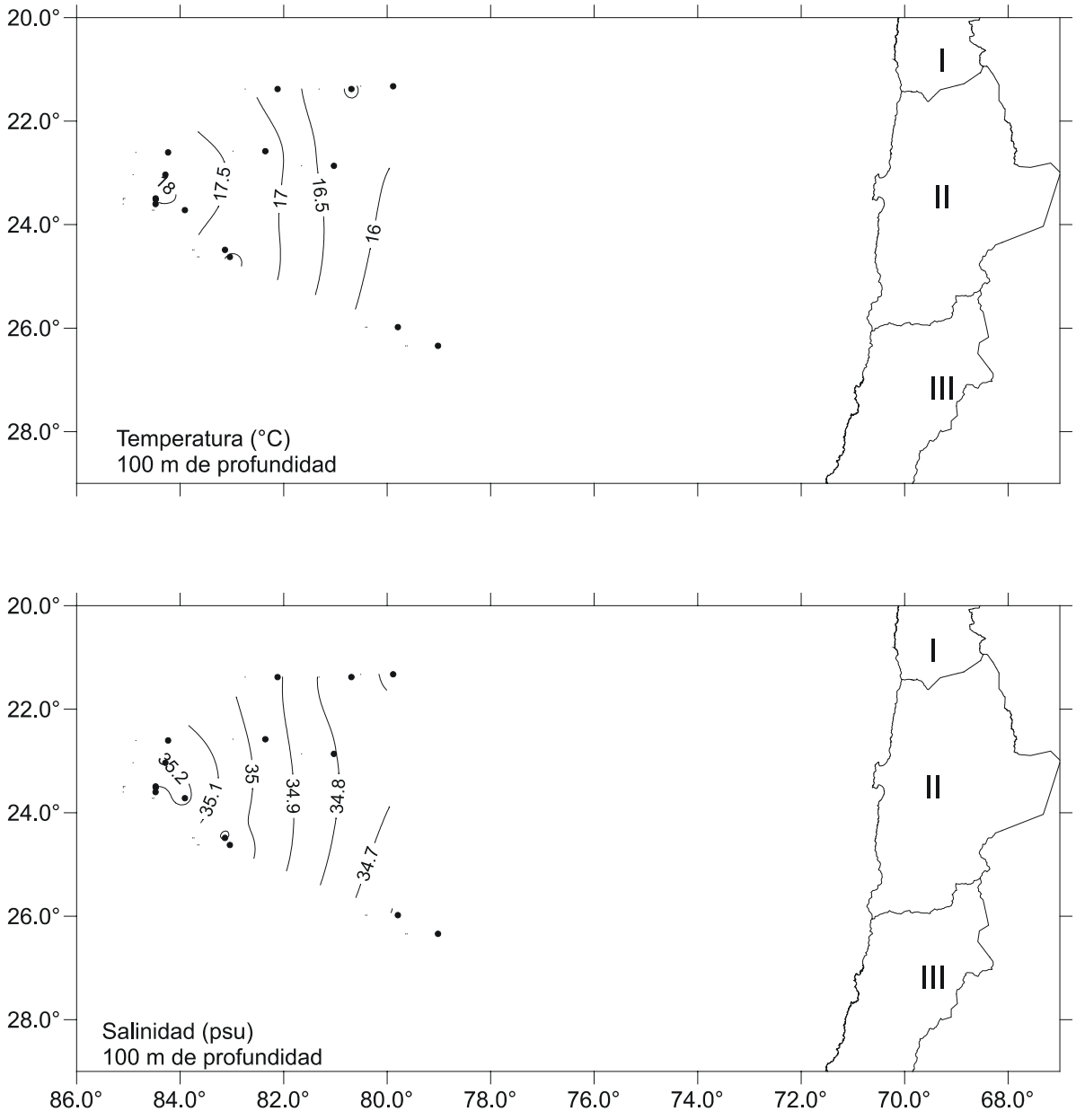


Figura 32. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 100 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

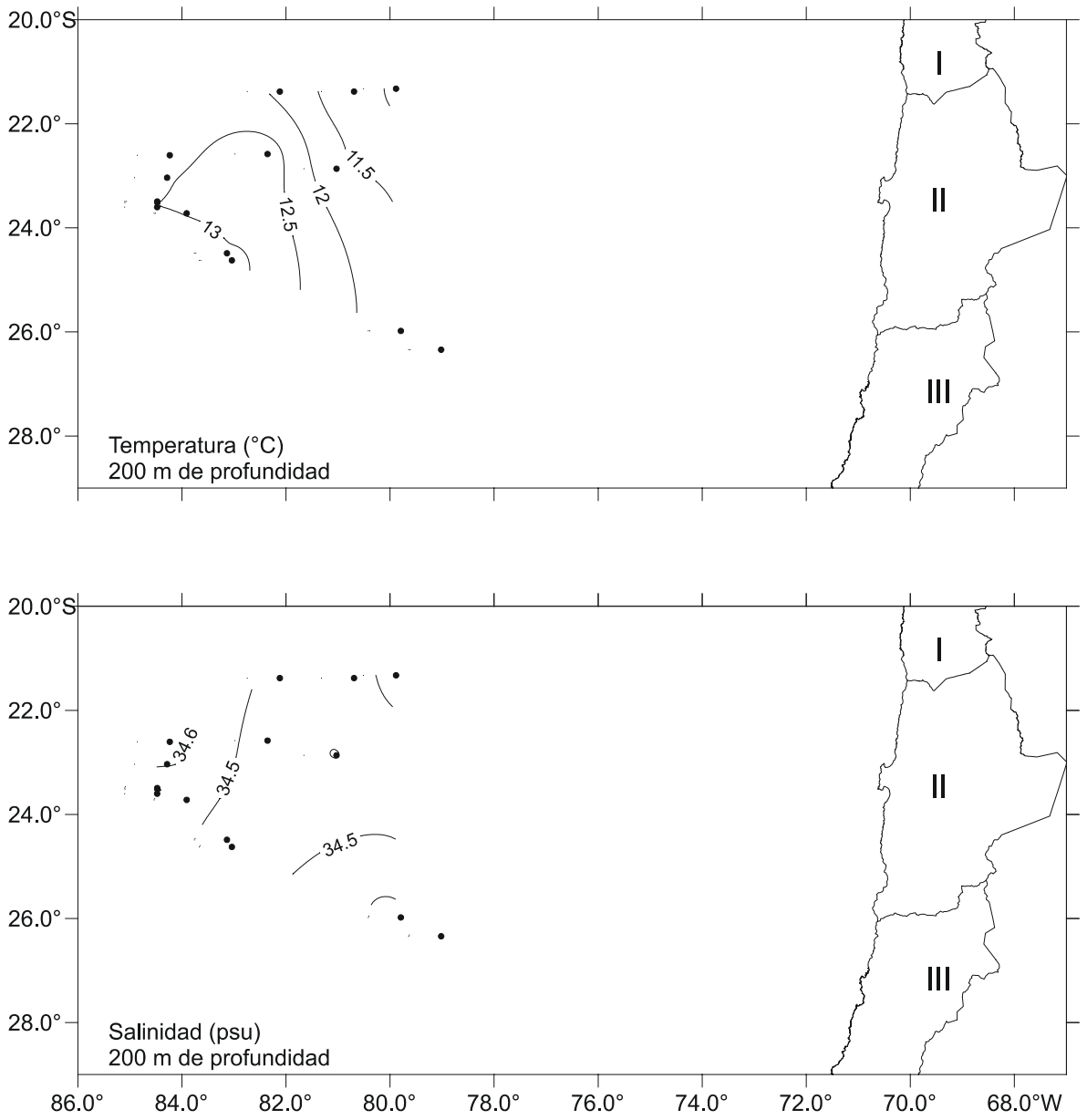


Figura 33. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 200 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-03.

b) Crucero de invierno (ESP02)

La temperatura fluctuó entre los 11 y 19 ºC, con los mayores valores en superficie y los menores a profundidades del orden de los 230 m (Figs. 34 a 41). En todas las estaciones se presentó una capa de mezcla cálida (18 – 19 ºC), con un espesor que fluctuó entre 90 y 140 m.

Bajo ésta, la temperatura disminuyó rápidamente en unos pocos metros (≈ 5 m) dando origen a una termoclina muy fuerte con un gradiente promedio del orden de 4ºC/10m, para luego continuar disminuyendo más lentamente como una termoclina débil con un gradiente promedio del orden de 0,4ºC/10m,

La distribución horizontal de temperatura, en general, mostró una menor variabilidad en el nivel superficial, que en los niveles más profundos (1ºC a 0 m v/s 2 ºC a 200m) (Figs. 43 a 45). En superficie las temperaturas más altas se ubicaron hacia el norte del área muestreada, mientras que a 100 y 200 lo hicieron hacia el sur.

La salinidad fluctuó entre 34,1 y 35,1 psu, con los mayores valores en superficie y los menores a profundidades del orden de los 200 m (Figs. 34 a 40 y 42). En todas las estaciones se presentó una capa de mezcla de alta salinidad (34,7 a 35,1 psu), con un espesor que fluctuó entre 90 a 140 m, para luego disminuir rápidamente hasta los 200 m. En las estaciones 1, 2, 5, 6, 7 ,9, 10, 12, 13,18 y 19 la salinidad presentó un mínimo centrado a profundidades entre 170 y 200 m.

La distribución horizontal de salinidad mostró una mayor variabilidad en los niveles de 0 y 100 m que en el de 200 m (0,4 psu a 0 y 100 m v/s 0,2 psu a 200m) (Figs. 43 a 45). En esta variable, sólo en el nivel de 0 m las salinidades más altas se ubicaron hacia el norte del área muestreada, mientras que a 100 y 200 m los mayores valores se ubicaron hacia el sur.

El oxígeno disuelto fluctuó entre 2,0 y 5,7 $ml \cdot L^{-1}$, con los mayores valores en superficie y los menores a profundidades de los 200 m (Fig. 48a). En todas las estaciones muestreadas (Est. 0 a 5) se presentó una capa de mezcla del orden de 130 m con un alto contenido de oxígeno disuelto, para luego disminuir rápidamente hasta los 230 m (Fig 48a). En la estación 6 el oxígeno disuelto fue menor que en las otras estaciones en alrededor de 1 $ml \cdot L^{-1}$ en la capa de mezcla. Bajo los 180 m la diferencia se mantuvo con algunas estaciones (Est.0, 2, 3 y 4), y disminuyó en otras llegando a ser casi similares (Est. 1 y 5) (Fig 48a).

La distribución horizontal de oxígeno disuelto mostró una mayor variabilidad en profundidad que en superficie (1,2 $ml \cdot L^{-1}$ a 0 m v/s 1,9 $ml \cdot L^{-1}$ a 200m) (Fig. 48a). En todos los niveles muestreados, los oxígenos disueltos más altos se ubicaron hacia el oeste del área muestreada (estaciones 0 a 4), mientras los más bajos se ubicaron hacia el este (estaciones 5 a 6).

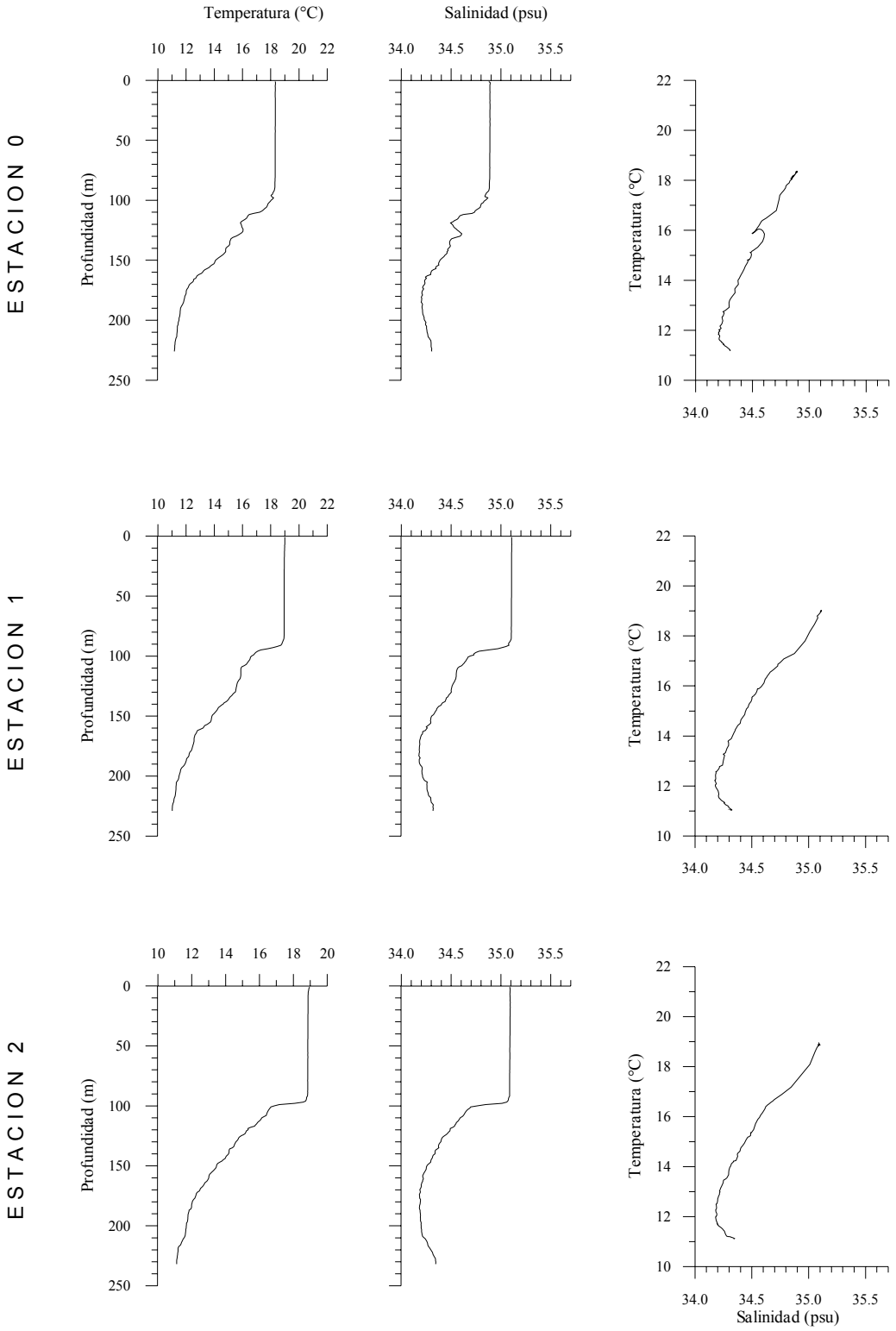


Figura 34. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las esta-ciones oceanográficas 0,1 y 2 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

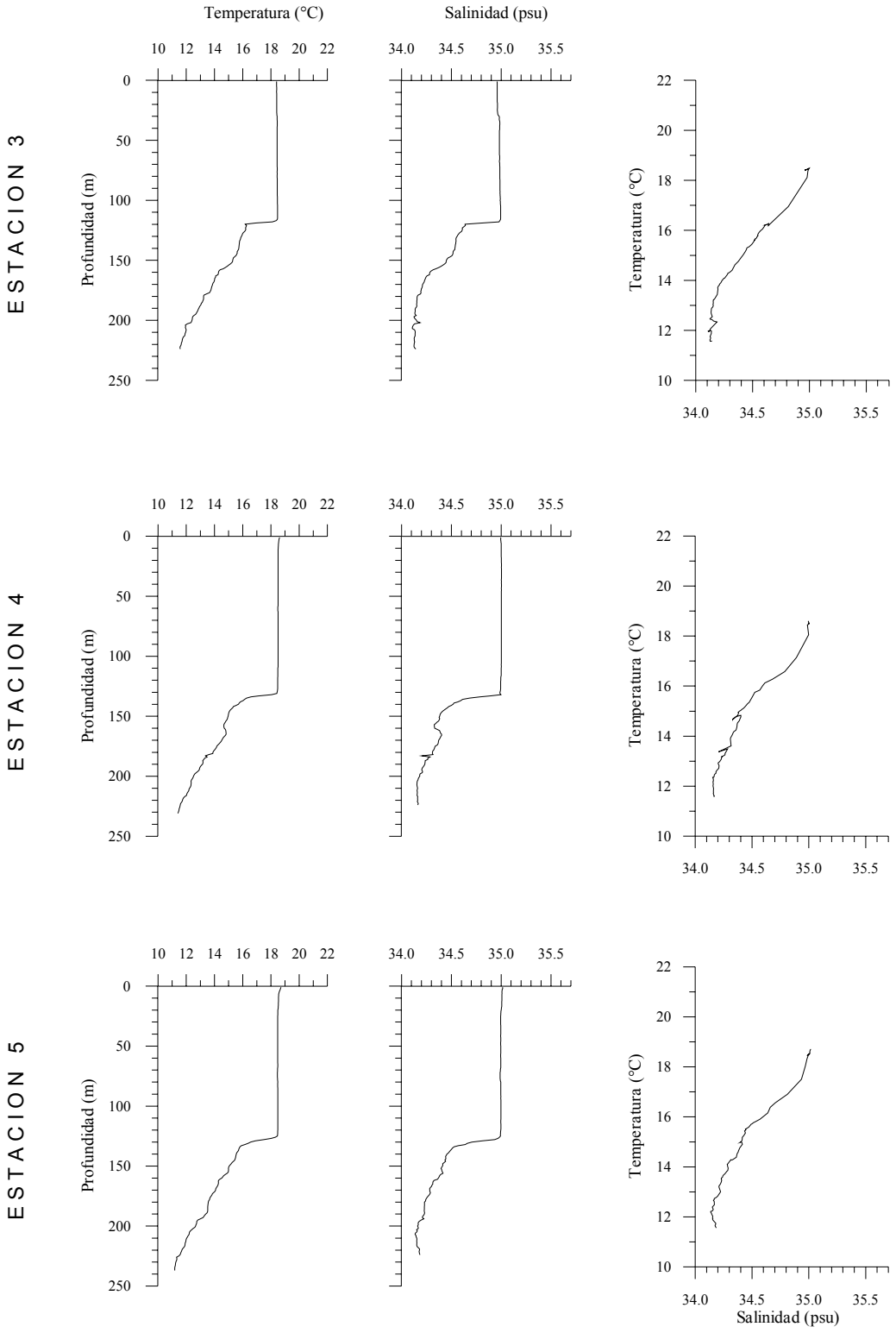


Figura 35. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 3,4 y 5 de la segunda etapa del proyecto FIP 2002-04.

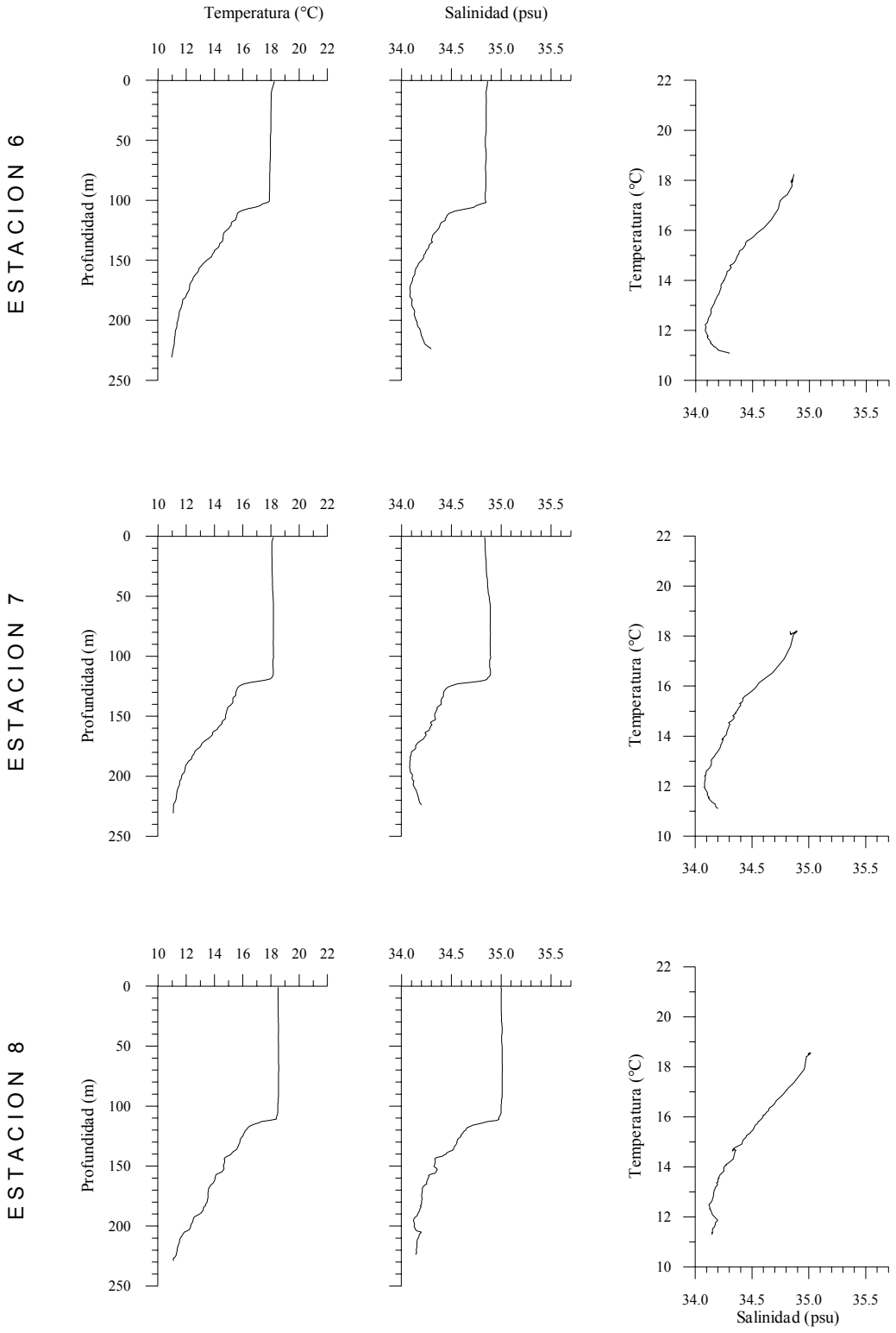


Figura 36. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 6,7 y 8 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

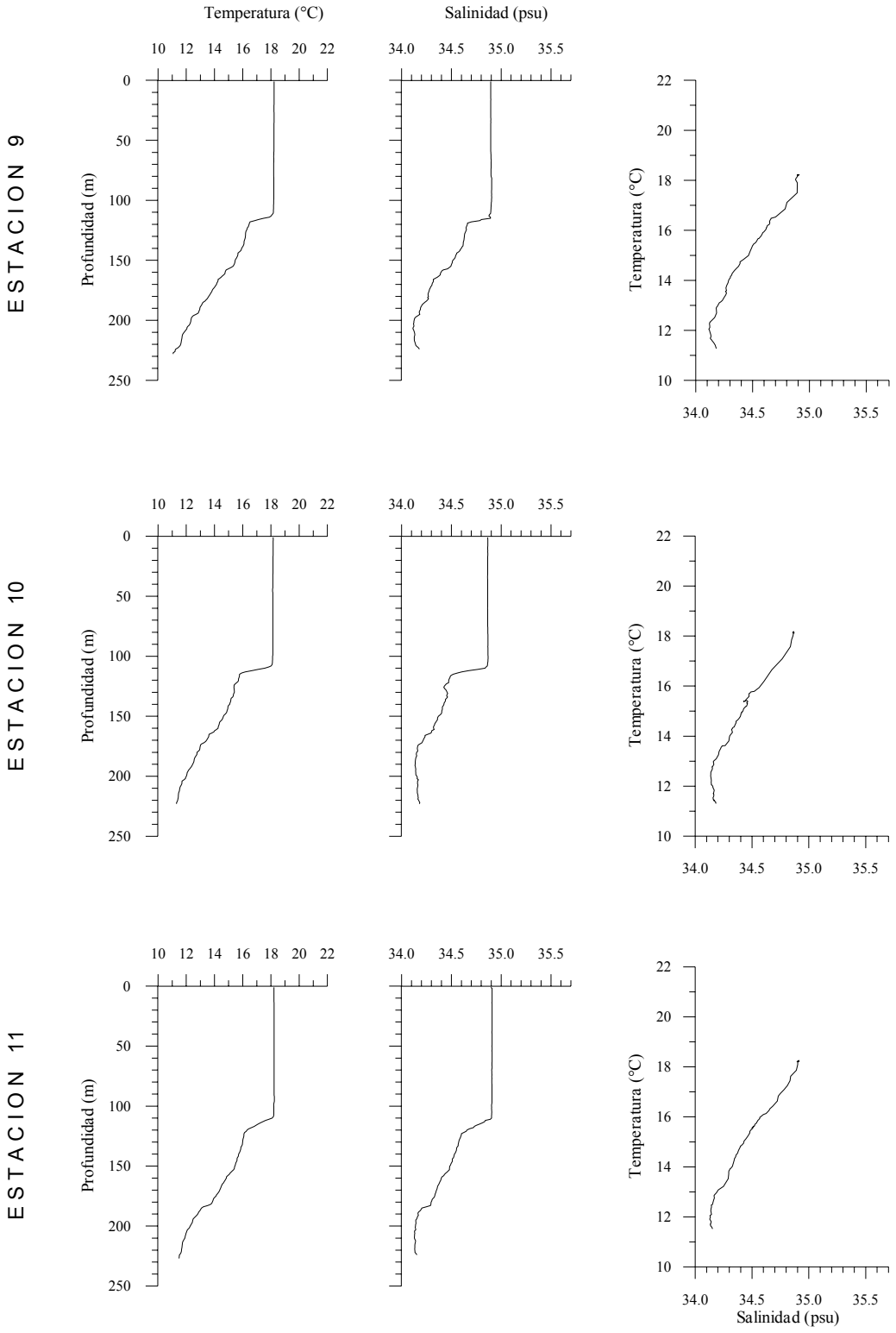


Figura 37. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 9,10 y 11 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

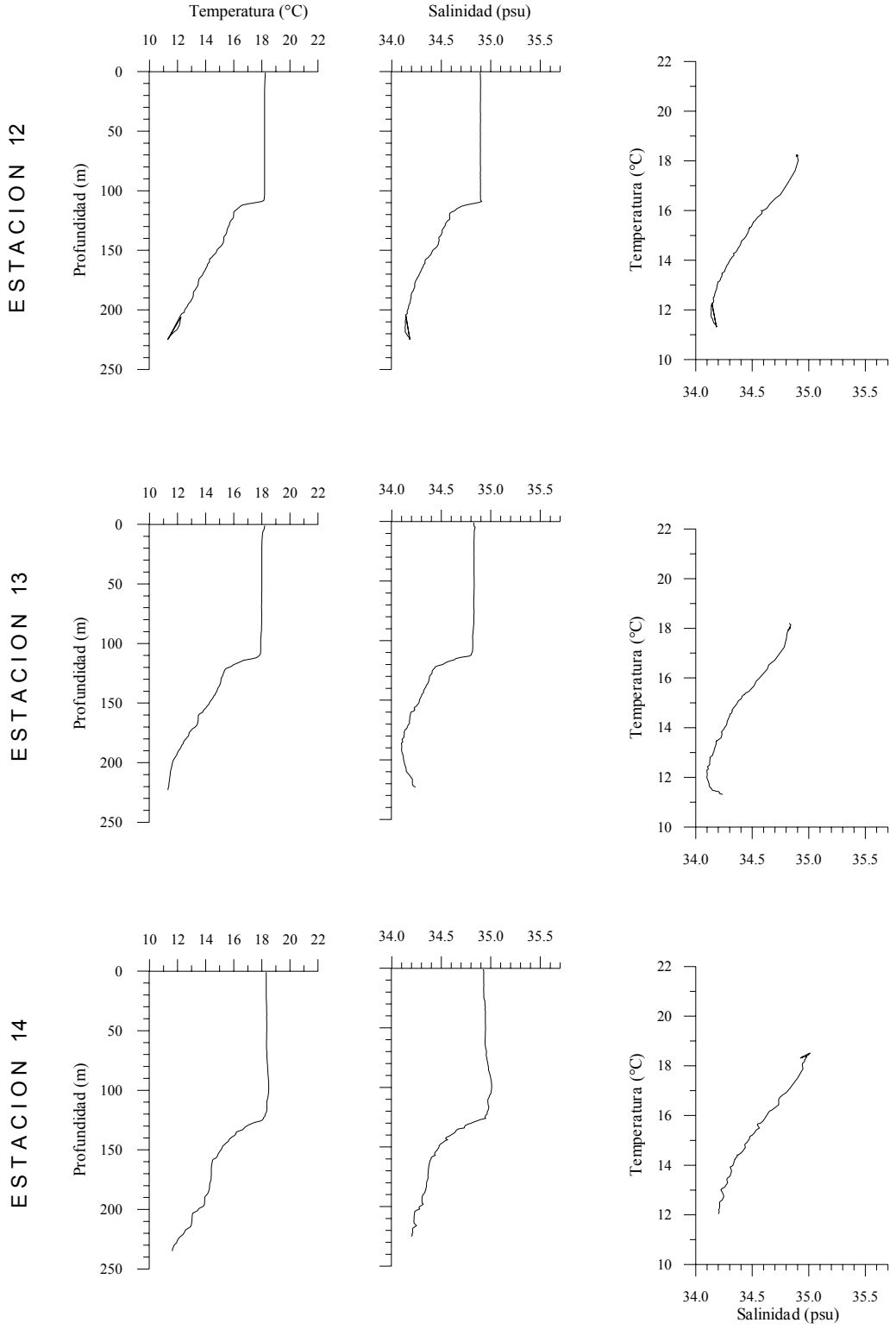


Figura 38. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las esta-ciones oceanográficas 12,13 y 14 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

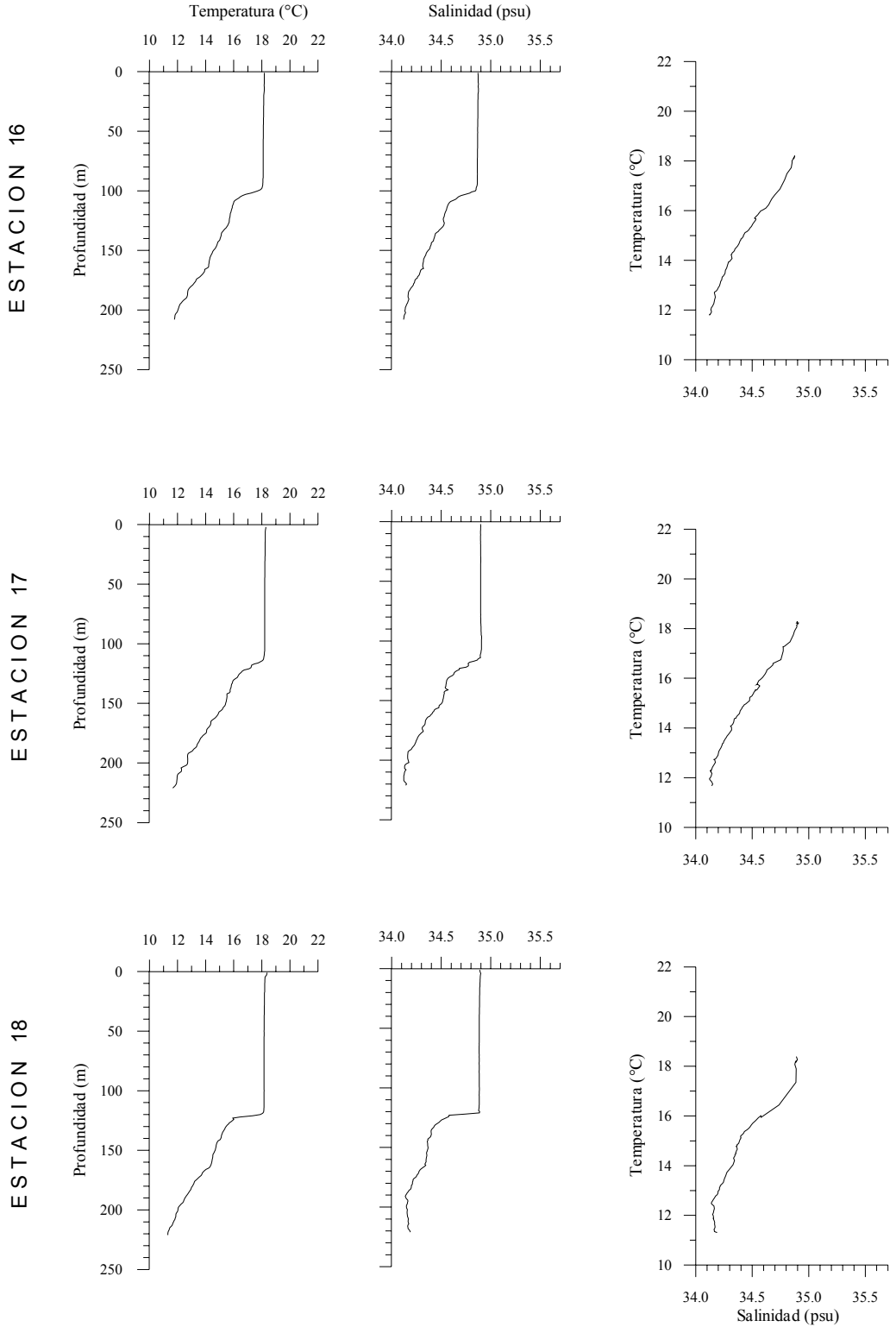


Figura 39. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las esta-ciones oceanográficas 16,17 y 18 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

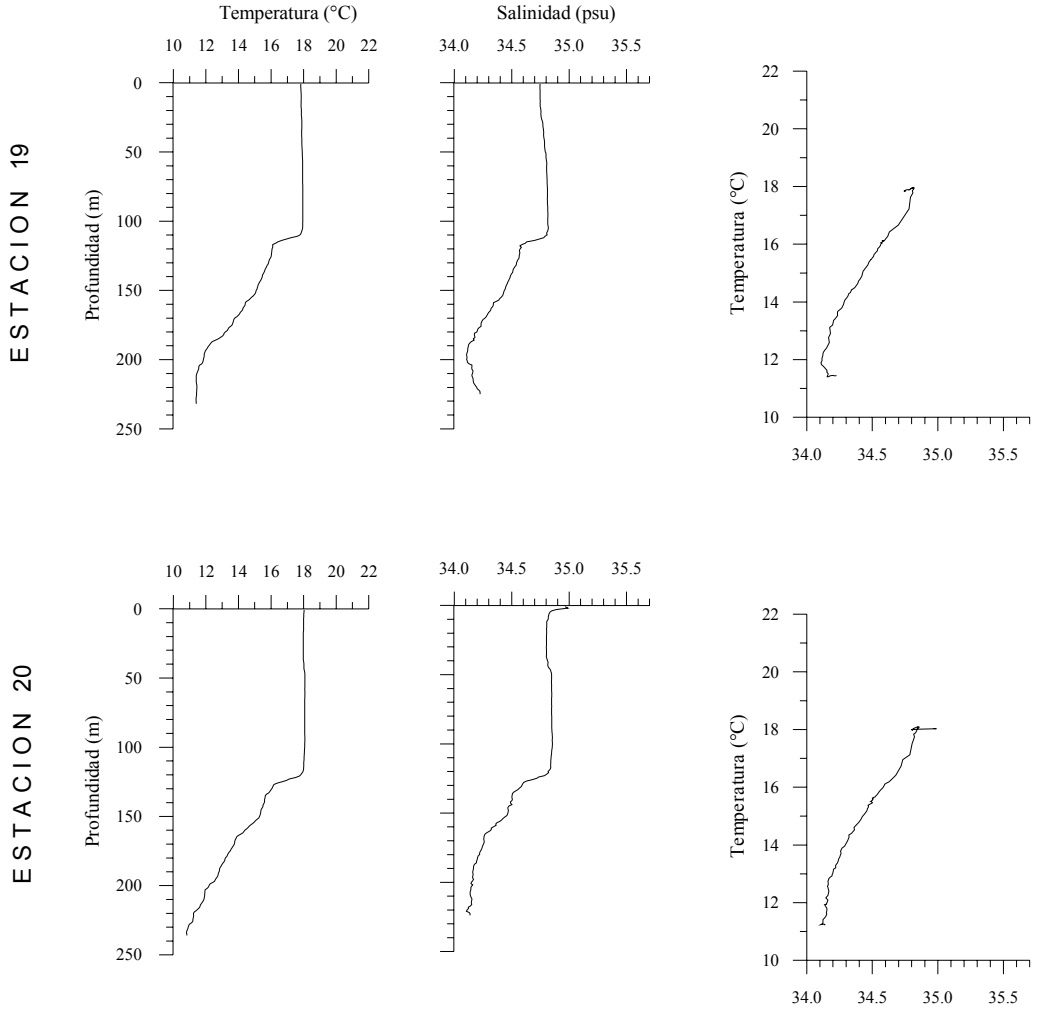


Figura 40. Distribución vertical de temperatura, salinidad y diagramas T-S, para las estaciones oceanográficas 19 y 20 del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

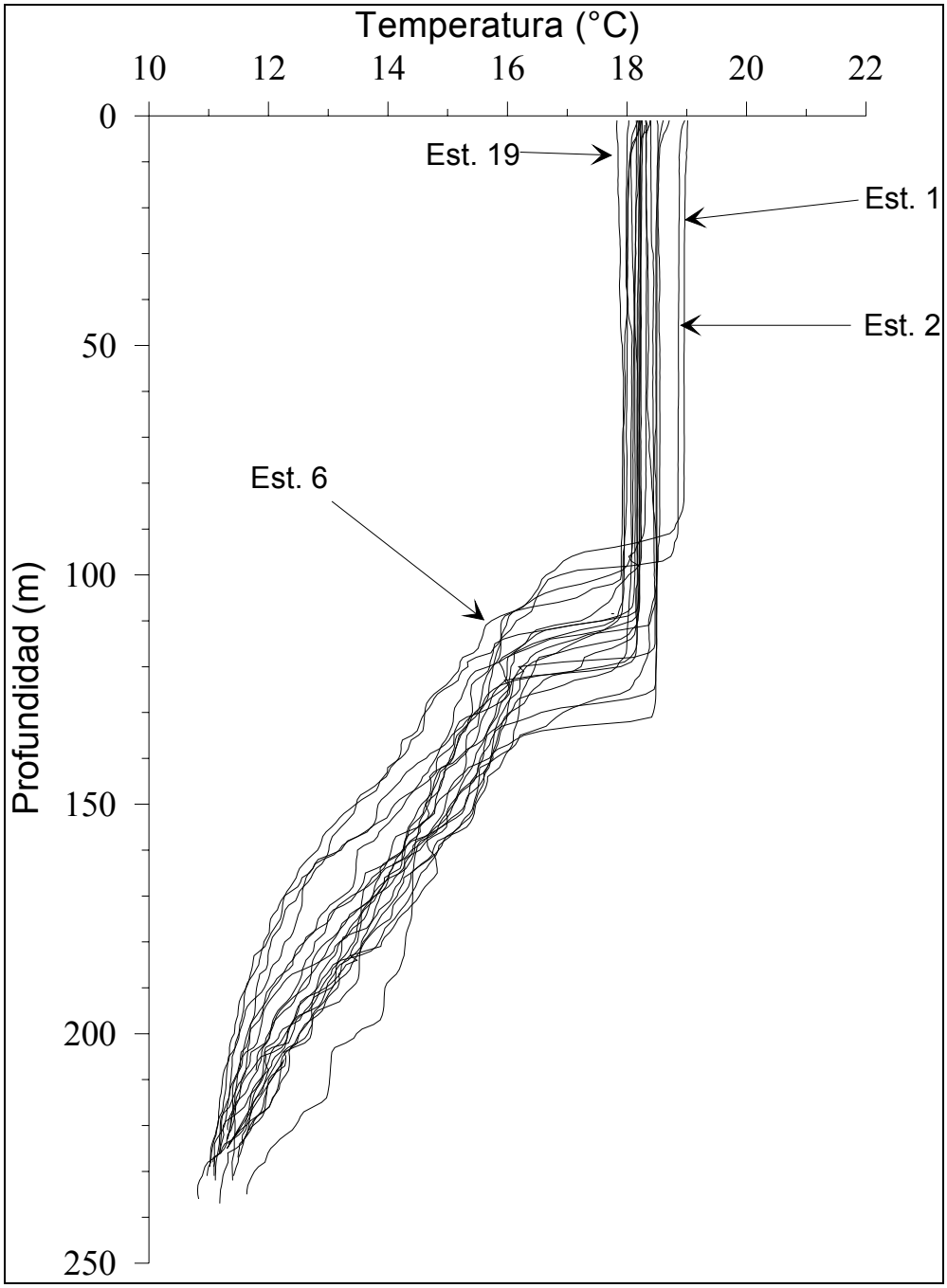


Figura 41. Distribución vertical de temperatura, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

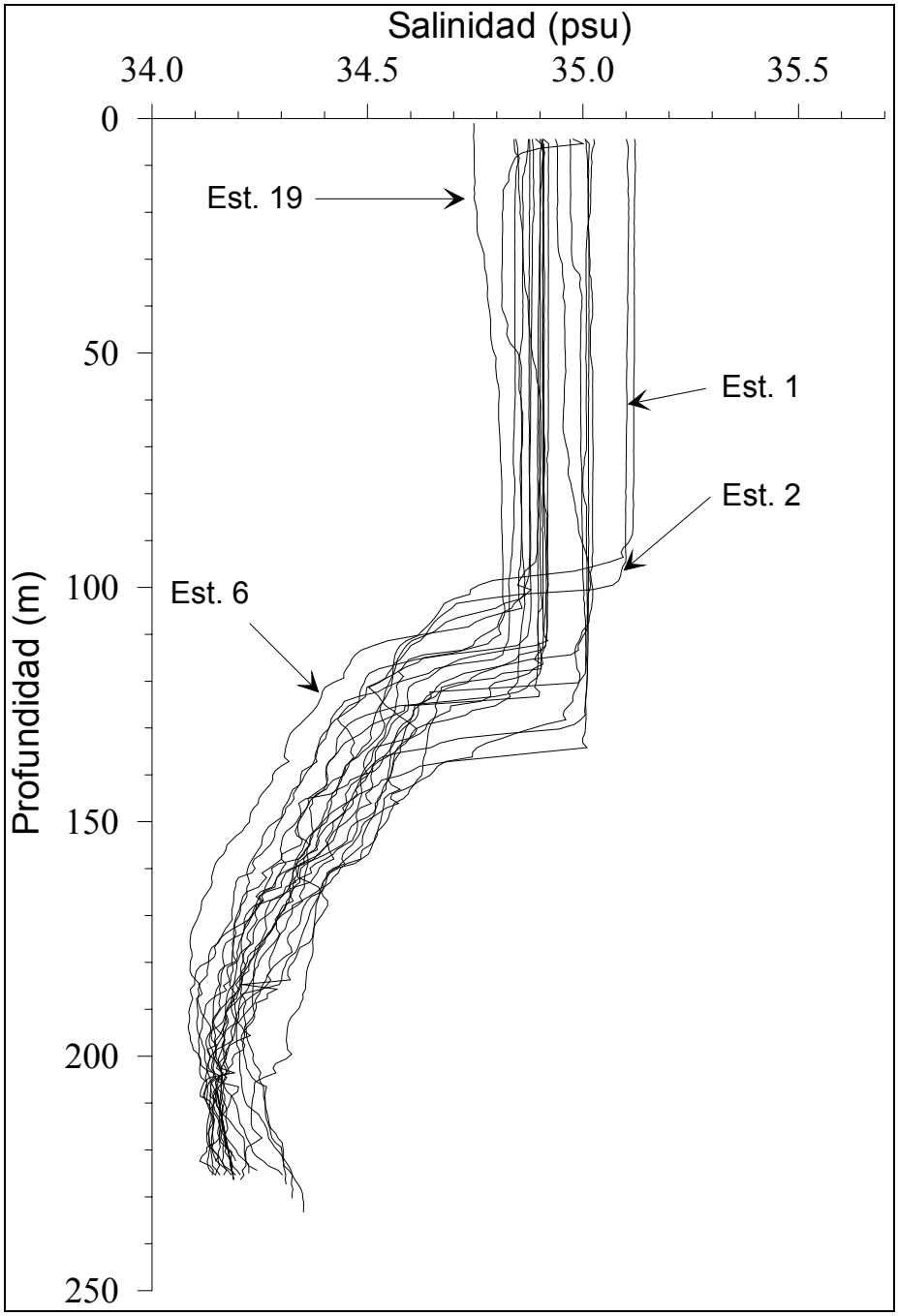


Figura 42. Distribución vertical de salinidad, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

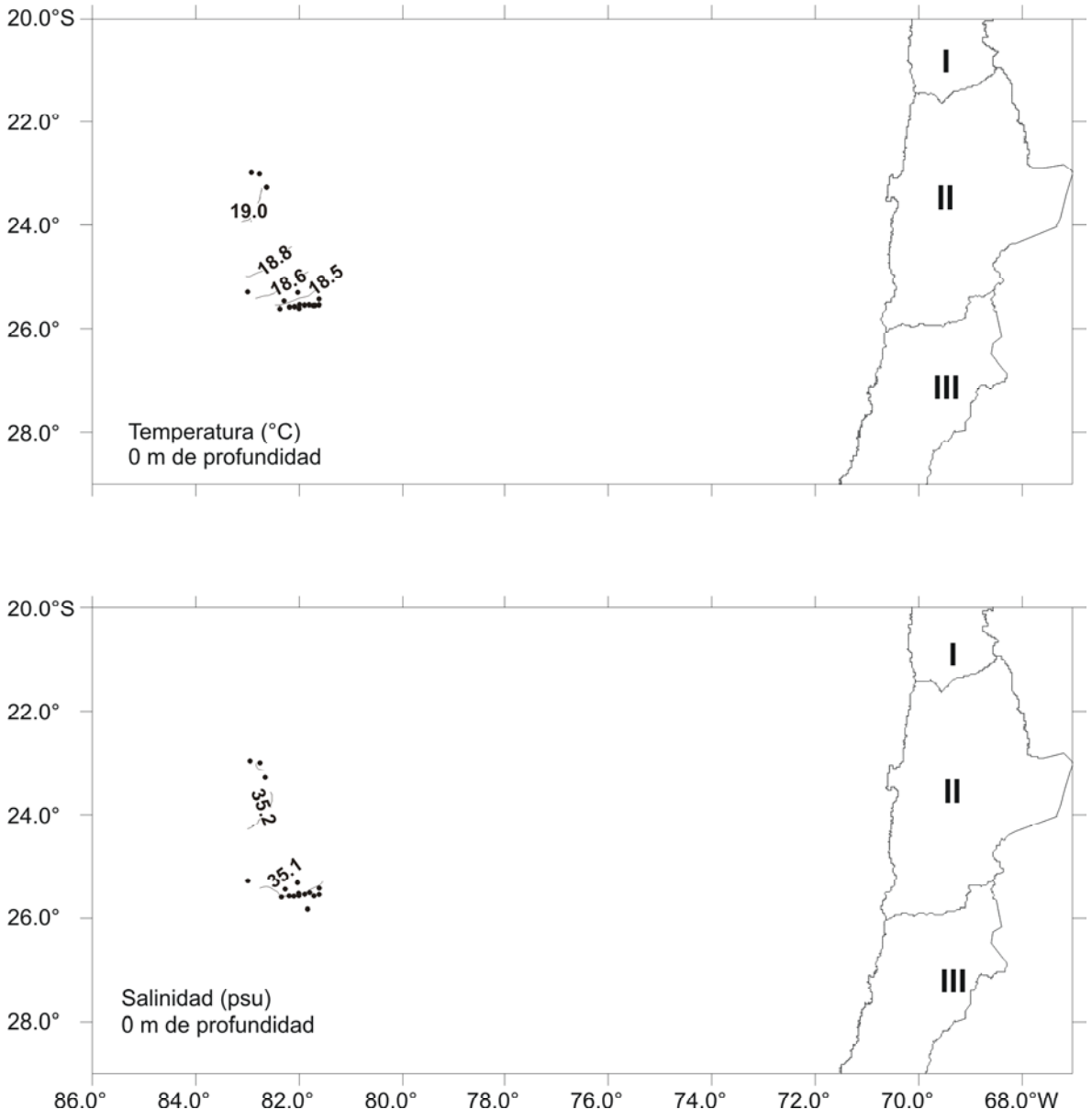


Figura 43. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 0 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

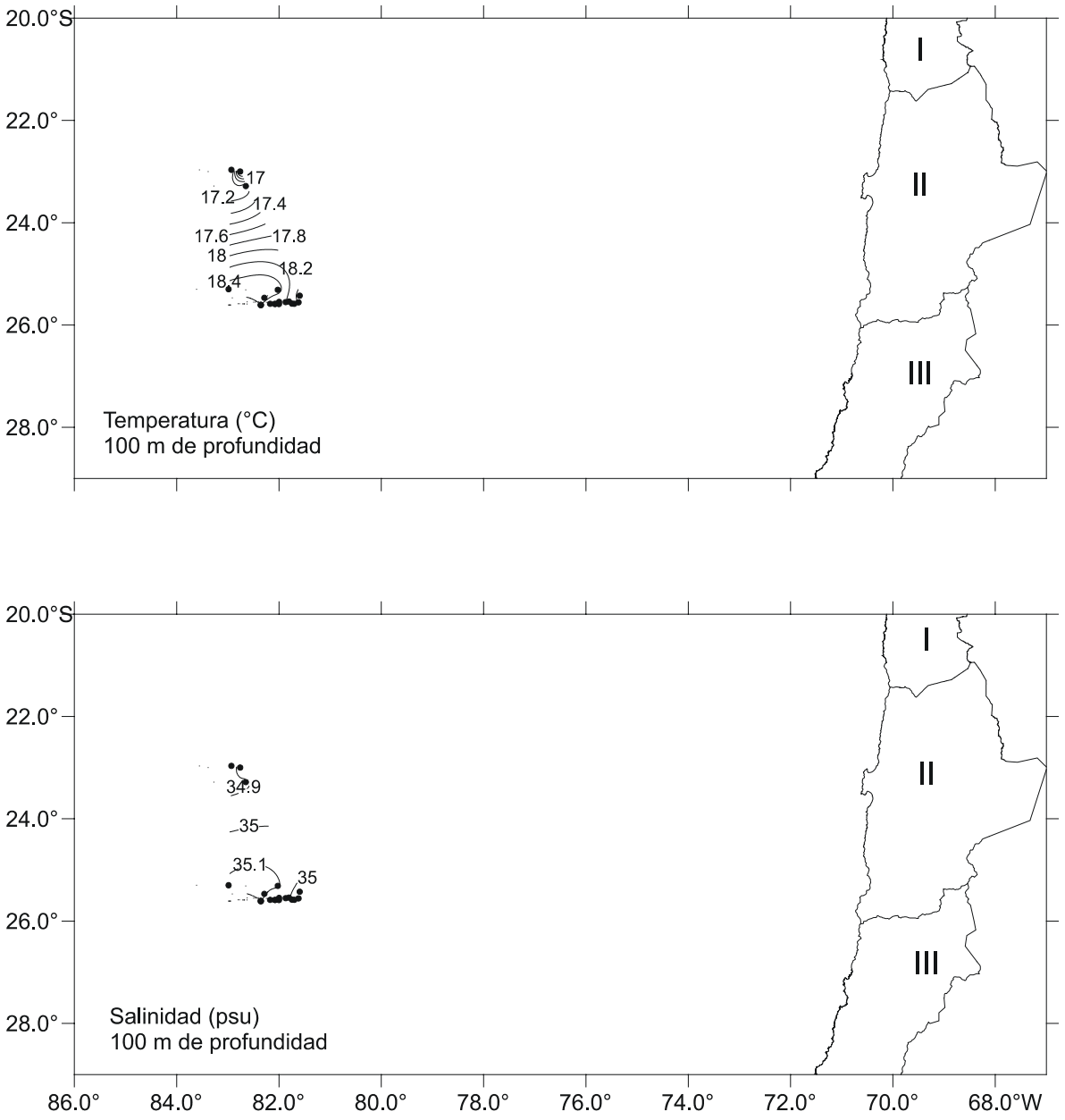


Figura 44. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 100 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

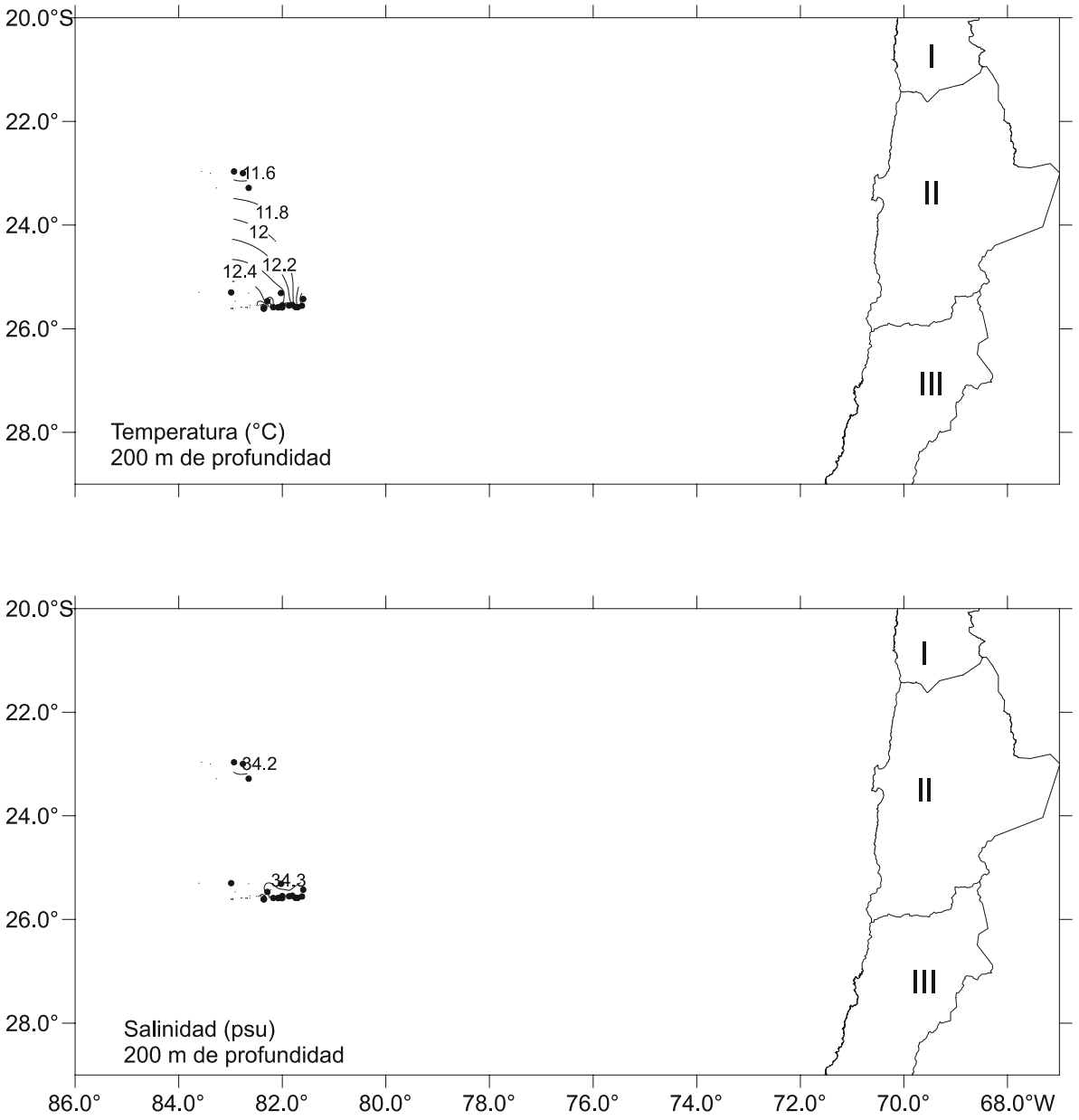


Figura 45. Distribución horizontal de temperatura y salinidad a 200 m de profundidad , para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

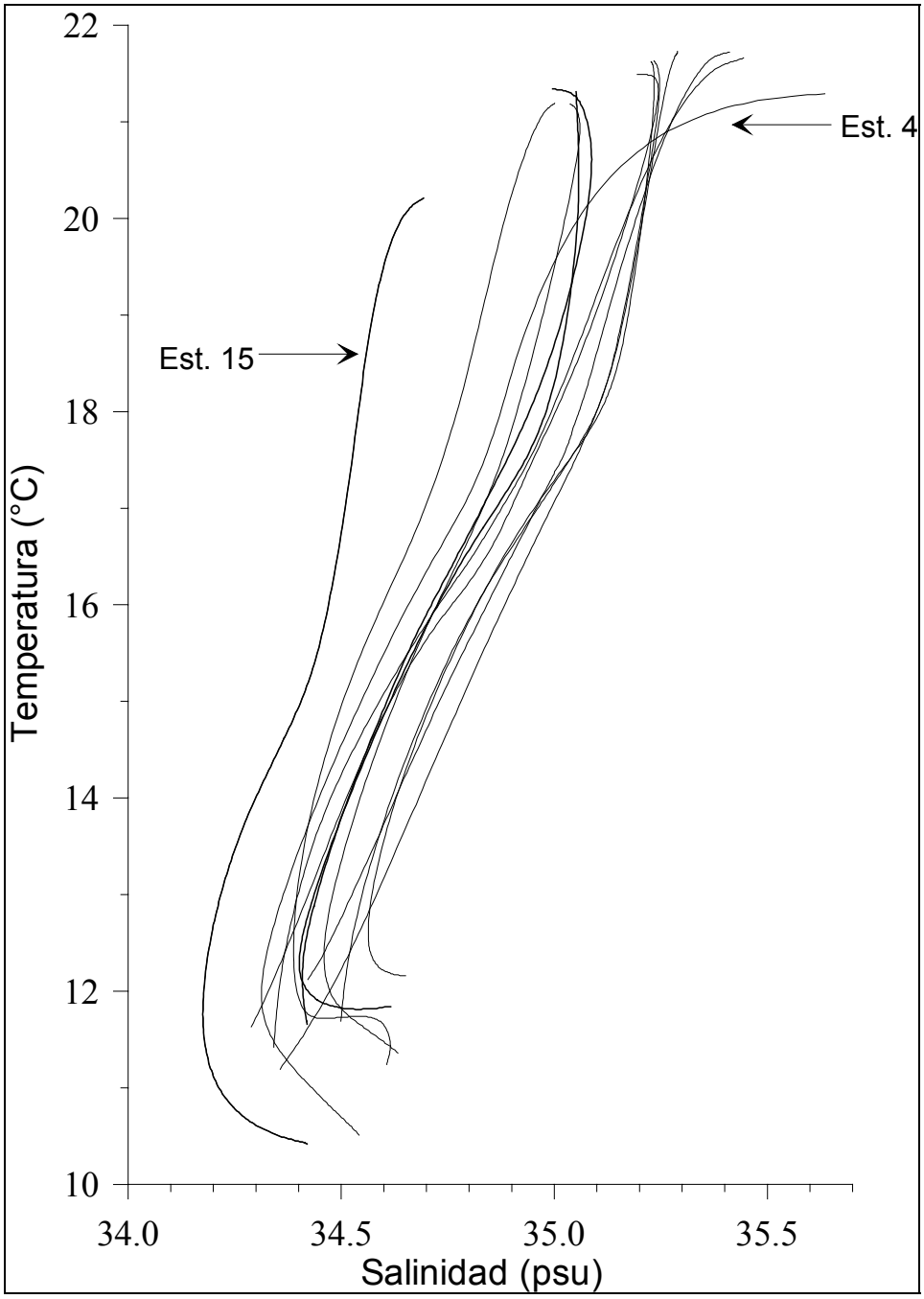


Figura 46. Diagrama T-S, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de verano, proyecto FIP 2002-04.

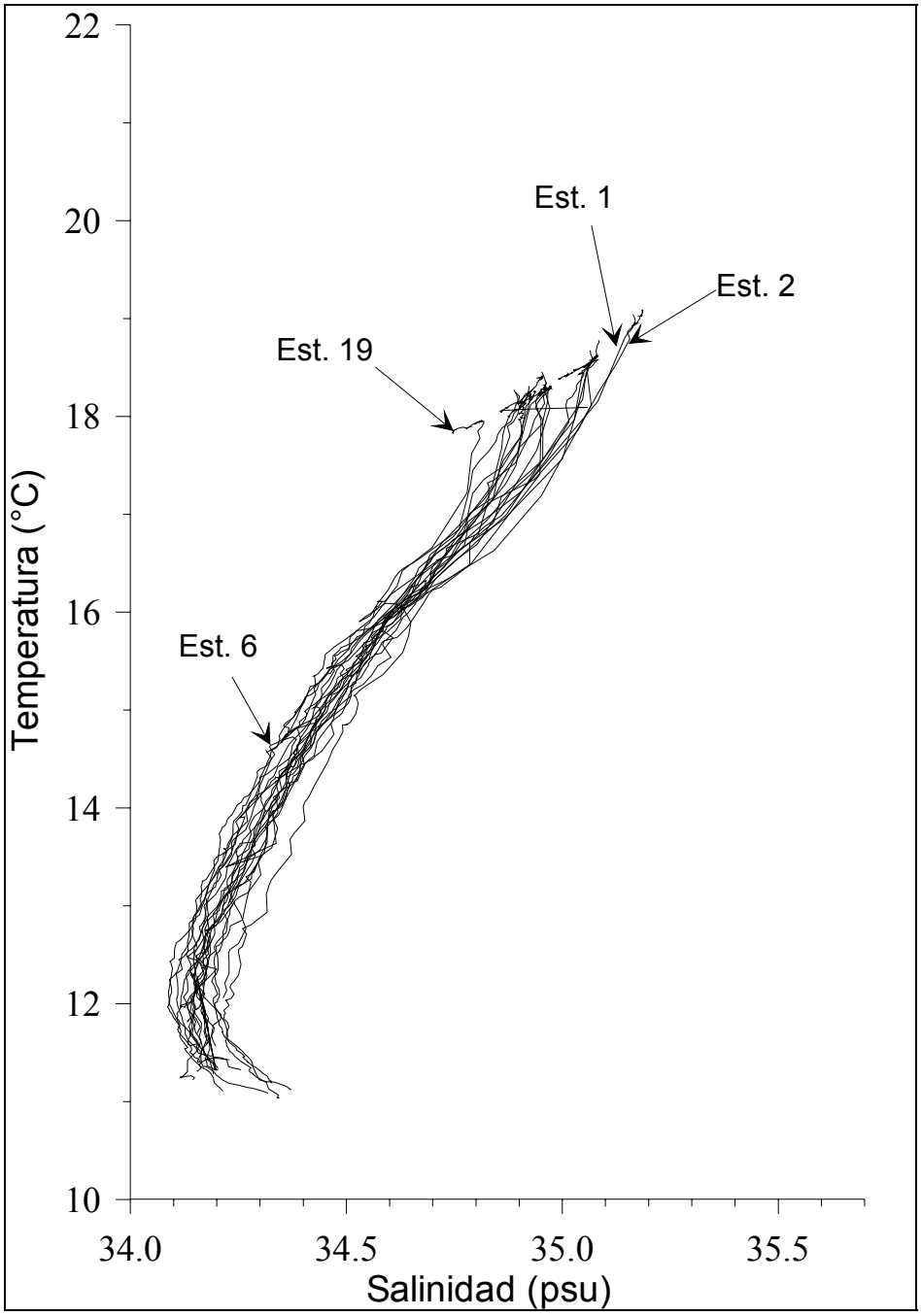


Figura 47. Diagrama T-S, para todas las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

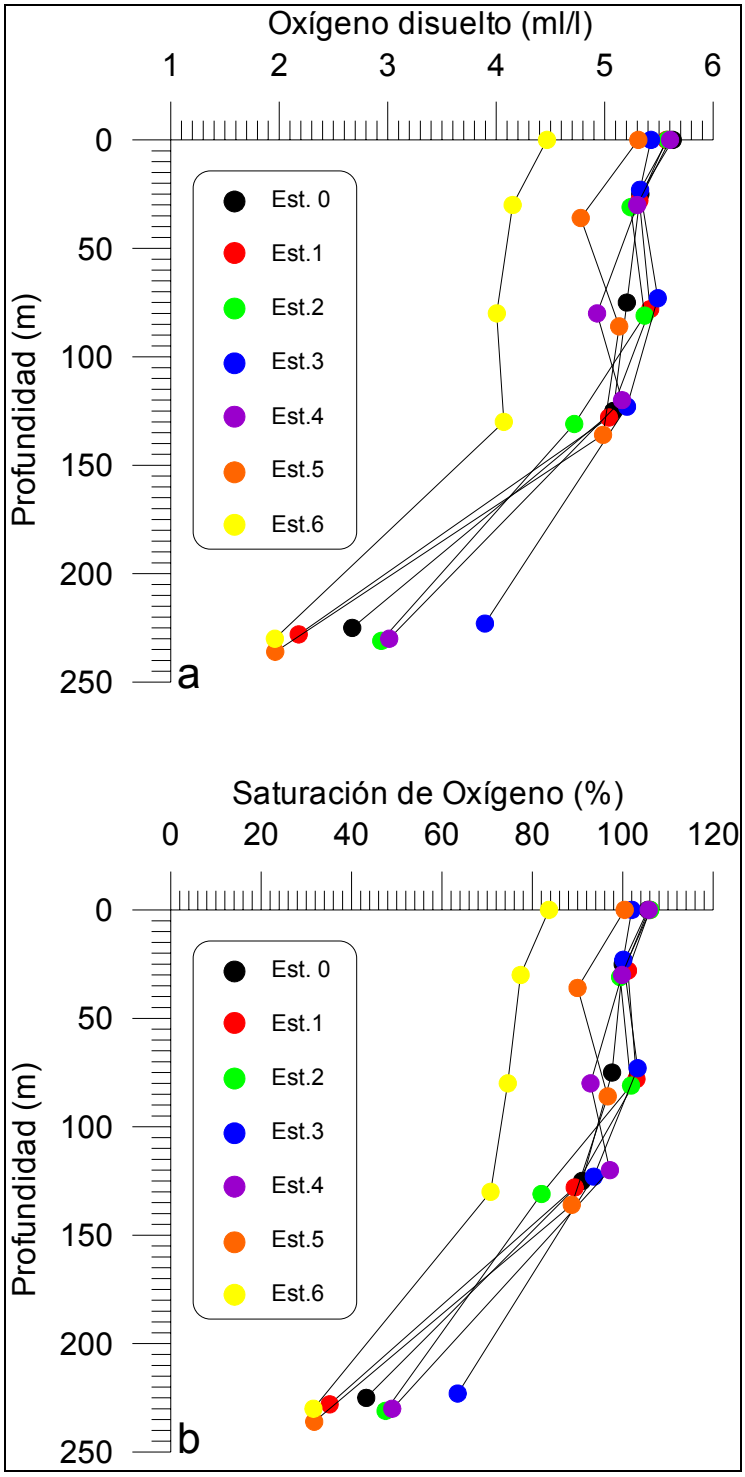


Figura 48. Distribución vertical de la: a) concentración de oxigeno disuelto y b) porcentaje de saturación para las estaciones muestreadas (Est. 0-6) del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

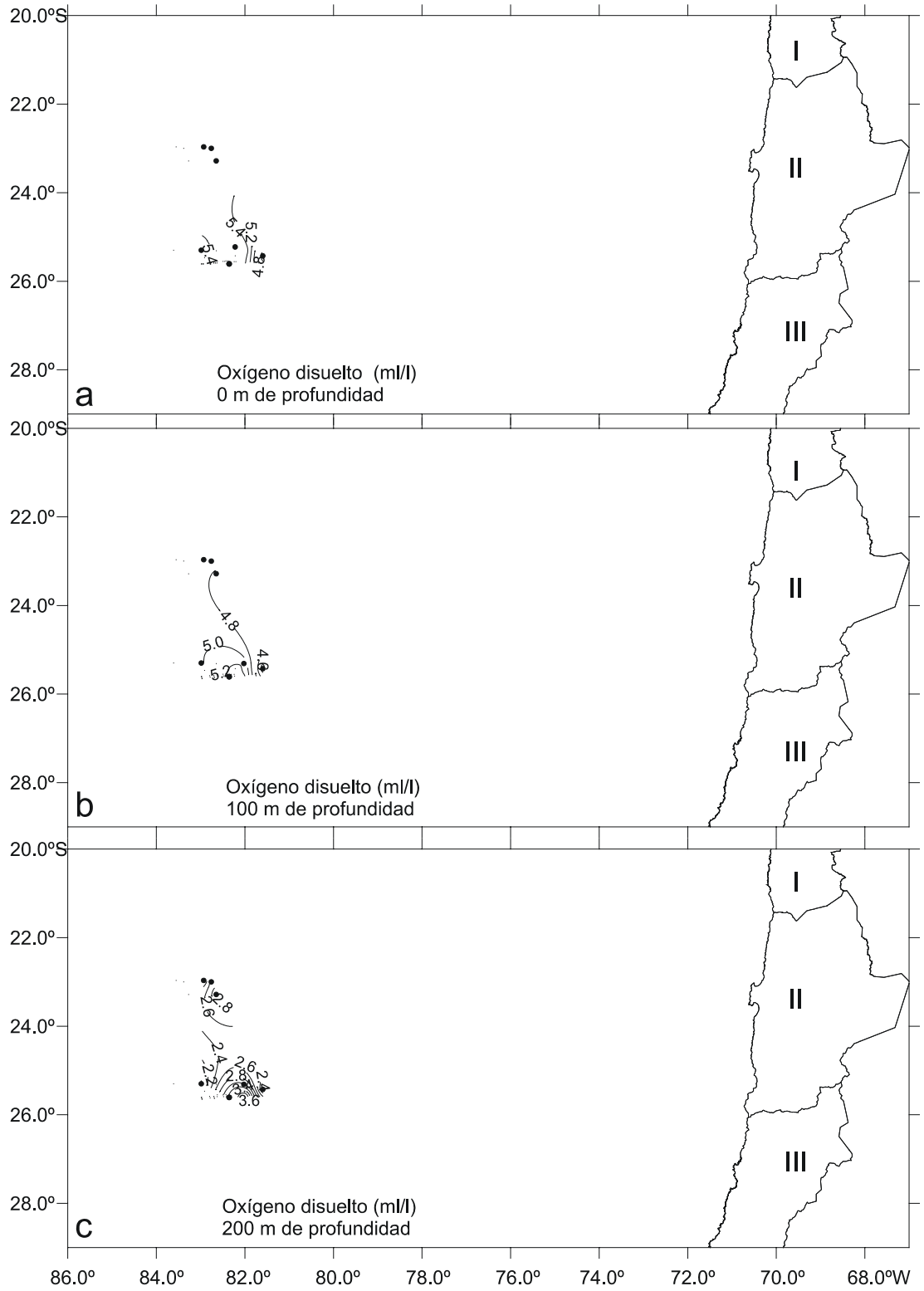


Figura 49. Distribución horizontal de oxígeno disuelto para a) 0 m, b) 80 m y c) 180 m, para las estaciones oceanográficas del crucero de invierno, proyecto FIP 2002-04.

4.2.2. Batimetría y Relieve submarino

Los fondos marinos situados entre las latitudes 19º a 25ºS y las longitudes 75º a 85ºW, se caracterizan por la presencia de elevaciones y montes submarinos que a su vez forman parte de una estructura de primer orden dentro del Pacífico y que corresponde a una cadena alineada de montes submarinos e islas volcánicas que se extiende longitudinalmente por aproximadamente 2.900 km sobre la placa de Nazca (Fig. 50).

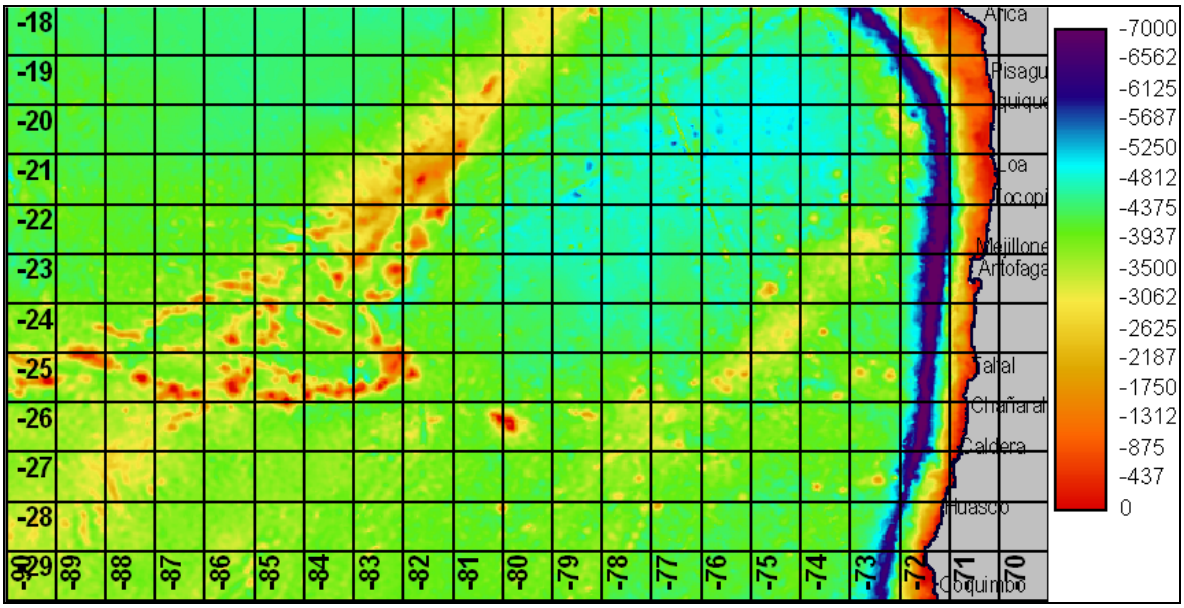


Figura 50. Topografía del fondo submarino obtenida de altimetría satelital y de sondaje de barcos.

Menard (1959) y Shepard (1973), clasifican a las elevaciones submarinas como montes marinos ("seamount") a aquellos de formas aproximadamente cónicas y de más de 1000 m de altura relativa, y a un conjunto de montañas alineadas como cadena montañosa submarina.

De acuerdo a la terminología usada por Shepard (1973), una elevación montañosa sobre el fondo oceánico alargada, amplia y con laderas suaves y niveladas se denomina levantamiento submarino ("rise"). Se denomina meseta ("plateau") a un amplio levantamiento del fondo oceánico. Asimismo, usa el término sistema montañoso submarino para referirse a las elevaciones que alcanzan grandes extensiones.

Udintsev *et al.* (1976), clasifica a los montes como aquellos que sobrepasan una altura relativa de 500 m y que poseen pendientes abruptas. Sostiene además que la mayoría de los montes marinos, vistos en un corte plano, tienen una forma redondeada u ovalada con diámetros basales entre 20 a 30 millas; en la sección vertical sus formas típicas son de cono, policónica o cono truncado. De este modo, clasifica a los montes marinos, de acuerdo a la morfología, en montes afilados, de cumbre lisa ("guyots") y con cumbres sobre el agua (islas o atolones).

De acuerdo al tamaño (altura), Lugo (1986) señala la clasificación de bajas (1-2 km), medias (2-3 km) y altas (más de 3 km). Además señala, de acuerdo a su origen, las clasificaciones de montañas submarinas volcánicas, volcánicas-tectónicas y tectónicas.

Montañas submarinas volcánicas. Son éstas las mejores representadas en los fondos oceánicos y se refieren a volcanes tanto de tipo de emanaciones centrales como lineales. En esta segunda categoría es común que se presenten laderas suaves, cimas agudas y longitudes, en su base, de 10 a 15 millas. Las montañas de dimensiones medianas presentan un relieve más complejo: forma circular o elíptica, con ejes de hasta 50 millas. Sus pendientes son en general fuertes de 10º a 15º, algunas veces se incrementan a 30º - 40º en la porción superior; se han observado también escarpes de basaltos de 1000 m de altura. Los volcanes mayores están rodeados por mantos acumulativos de más de tres grados de inclinación, cuyo origen ha sido interpretado como lavas fluidas que surgen por conductos lineales.

Las altas montañas que se acercan al nivel del mar presentan formas del tipo de terraza debidas a variaciones del nivel del mar.

Los "guyots", son montañas de cima plana, generalmente de formas más o menos circulares, con laderas de fuerte inclinación, de 15º a 20º, y frecuentemente de altitudes de 1.300 a 1.500 m se atribuye el origen al hundimiento de una isla antigua cuya cima fue nivelada por la abrasión producida al nivel del mar.

Las montañas también se presentan en disposición de distintos tipos: lineal, zonal, concentrada, anular y dispersa. Las primeras se encuentran asociadas a grandes fracturas, levantamientos en arco, cadenas volcánicas y arcos insulares.

La disposición zonal se refiere a una densidad (cantidad de volcanes por unidad de superficie) más o menos regular en un territorio dado.

En el caso de disposición concentrada, varios volcanes (2-3 o más) se levantan sobre un zócalo de 40 a 100 millas de largo; se explica como una zona de intersección de grandes fracturas.

El tipo anular se ejemplifica por una disposición aproximadamente circular de volcanes, separados decenas de millas, que no pertenecen a un mismo zócalo.

El último tipo, el disperso, se refiere al predominio de montañas menores junto a grandes volcanes aislados.

4.2.2.1. Distribución espacial

Los montes submarinos e islas volcánicas se ubican en todos los océanos, sin embargo, son más abundantes en la cuenca del Pacífico. La distribución de montes, en el Pacífico no es uniforme (Kennett, 1982) ni tampoco es al azar, los montes se agrupan y forman cadenas lineales (Smith, 1991).

4.2.2.2. Abundancia

La abundancia de montes se refiere a las estimaciones hechas con respecto al número de ellos. Estos valores han ido cambiando a medida que se desarrollan las técnicas de obtención de información del fondo marino.

Analizando perfiles batimétricos realizados por ecosondas en trayectorias al azar de buques, asumiendo una distribución al azar de montes de todos tamaños y de formas cónicas, Menard (1959), hizo una estimación de montes obteniendo 10000 en el Pacífico con alturas mayores de 1.000 m produciendo una densidad de 62/106 km^2.

Udintsev *et al.* (1976) utilizando conteos en mapas batimétricos estimó 6500 montes en el Pacífico con un relieve mayor de 500 m. Este valor corresponde a una densidad de cerca 40/106 km^2.

A través de nuevos datos batimétricos, Batiza (1982) recalculó el número de montes encontrando sobre 12.000 con alturas mayores de 200 a 400 m (incluidas islas volcánicas). Para este caso hay cerca de 75 montes por 106 km^2.

Las anteriores técnicas sólo son buenas para realizar estimaciones de montes de más de 1.000 o 2.000 m de altura. Sin embargo, hoy se ha podido cartografiar montes y cerros más pequeños debido a la puesta en operación de sistemas de batimetría de alta resolución como el SeaBeam, GLORIA y Sea MARC II. Por ejemplo, Searle (1983) identificó 214 nuevos volcanes submarinos desde imágenes del GLORIA recolectados durante una observación de la topografía del piso de la placa de Nazca. Debido a la naturaleza de estos datos, hay ciertos problemas en la determinación de las características de las alturas, pero fueron especificadas por los diámetros basales medidos a lo largo del track. Searle (1983) observó montes o cerros entre 100 a 1.000 m tomándose un área de aproximadamente 142.000 km^2, obtuvo una densidad de cerca 1.410 montes por 106 km^2 con alturas mayores de 100 m.

4.2.2.3. Orígenes de las cadenas

Wilson (1965) y Morgan (1972a), presentaron un modelo que mostraba un patrón de migración de cadenas de islas compatible con el modelo de tectónica de placas. Wilson, sugiere que los magmas que construyeron los volcanes, son derivados de una fuente relativamente fija en el manto superior que llamó “hotspot” (penachos, plumas del manto o punto caliente). El material del manto asciende y se deposita sobre la corteza oceánica formando un monte o isla volcánica. Debido al movimiento de la placa, este monte o isla se desplaza separándose del penacho quedando inactivo. Luego, se forma a continuación otro monte o isla, repitiéndose el proceso, creándose una cadena de montes submarinos o islas volcánicas.

Morgan (1972a, 1972b), expande la hipótesis y explica muchas cadenas lineales de montes e islas ubicadas en las cuencas de los océanos como causadas por penachos. Propone que estos puntos calientes son manifestaciones superficiales del manto de baja convección, los

cuales están asociados a la dinámica tectónica y varían su intensidad a lo largo del tiempo según la falla o placa a la que estén conectados.

Bonatti *et al.* propusieron en 1977, la teoría de que el ASP se formó a lo largo de una "línea caliente" del manto. A través del estudio morfológico y geoquímica del alineamiento, sostienen que estos datos indican que la actividad ocurre intermitentemente en espacio y tiempo a lo largo de una línea tectónica latitudinal interplaca, que se extiende miles de km y es paralela a la dirección de movimiento de la placa de Nazca y Pacífica. Sosteniendo que probablemente la línea se extiende al este de las islas de San Félix y San Ambrosio, en el continente sudamericano.

Bonatti *et al.* (1977) formula la hipótesis en la que el vulcanismo de tipo pluma del manto, ocurre a lo largo de alineamientos de la corteza y que las evidencias geoquímicas demuestran que los magmas expelidos a lo largo de la línea tienen una fuente más profunda que de las dorsales oceánicas, por lo que los procesos termales son iniciados en el manto.

Para lo anterior, Bonatti *et al.* (1977) toman como base los modelos presentados por Richter (1973) y Richter y Parson (1975), que sugieren dos tipos de convección en el manto: a) un flujo convectivo a gran escala, el tradicionalmente conocido a escala de placas litosféricas, y b) un flujo convectivo a escala pequeña, aproximado de la convección de Rayleigh – Bernard. Se asume que este flujo alcanza profundidades de cerca 650 km y una escala horizontal similar.

Si interaccionan dichos flujos, las celdas de convección de escala pequeña tienden a alinearse con sus ejes paralelos en la dirección del flujo de gran escala (paralelo a la dirección del movimiento de placas). El alineamiento longitudinal ocurre a escalas de tiempo corto (20-50 m.a.) para el caso de movimientos rápidos de placa pero, para movimientos pequeños (2 cm/año) se podrían requerir cientos de millones de años. La presencia de estos patrones longitudinales de las celdas convectivas bajo las placas y con las características mencionadas anteriormente, puede indicarse por la formación de patrones lineales en las anomalías de gravedad de aire libre (Marsh y Marsh, 1976).

Bonatti *et al.* (1977) concluye que la línea caliente de Pascua puede ser explicada como una expresión de la actividad del manto ocurriendo a lo largo del borde saliente de celdas

convectivas adyacentes o fuentes surgentes alineadas que son paralelas a la dirección de movimiento de la placa de Nazca y Pacífico.

En el sector de la elevación de Nazca, los montes submarinos se encuentran dispuestos en forma incensada. Al NE se ubica el levantamiento submarino de Nazca compuesto por una sola gran estructura y un pico sobresaliente casi al centro de él.

4.2.3. Circulación oceánica

Se estudia la circulación oceánica presente en el área con el uso de imágenes satelitales de corrientes geostróficas. El trabajo realizado por Vega *et al.* (2003) sobre variabilidad de baja frecuencia en el Océano Pacifico Sureste, indican que anomalías positivas de la altura superficial del mar fueron observadas a comienzos de 1997 (Fig. 51). Estas anomalías estaban asociadas con anomalías de flujo geostrófico con dirección hacia el sur. Estas fluctuaciones fueron relacionadas con el fuerte evento El Niño 1997-1998, el cual alcanzó anomalías positivas de TSM de aproximadamente 5ºC cerca de la región costera.

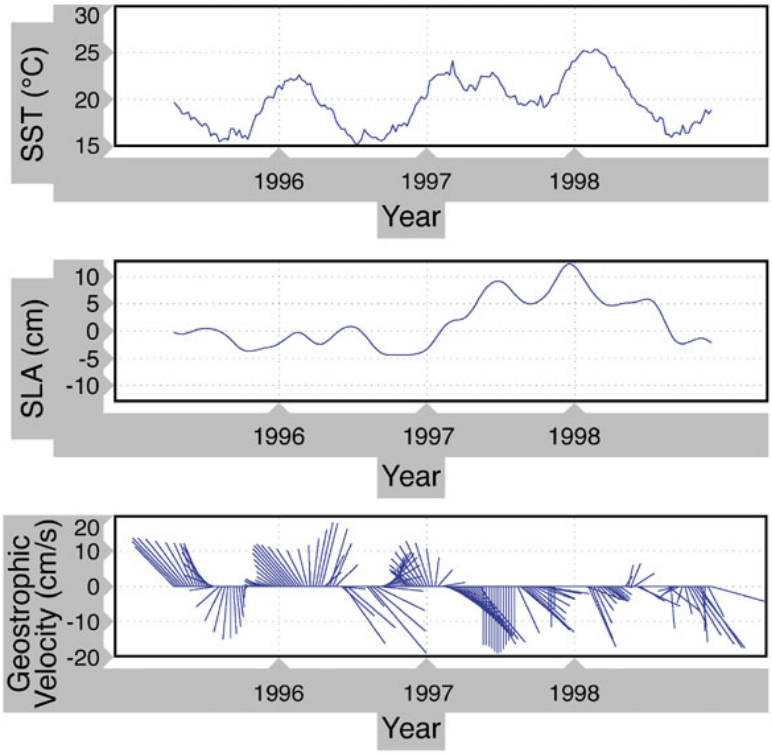
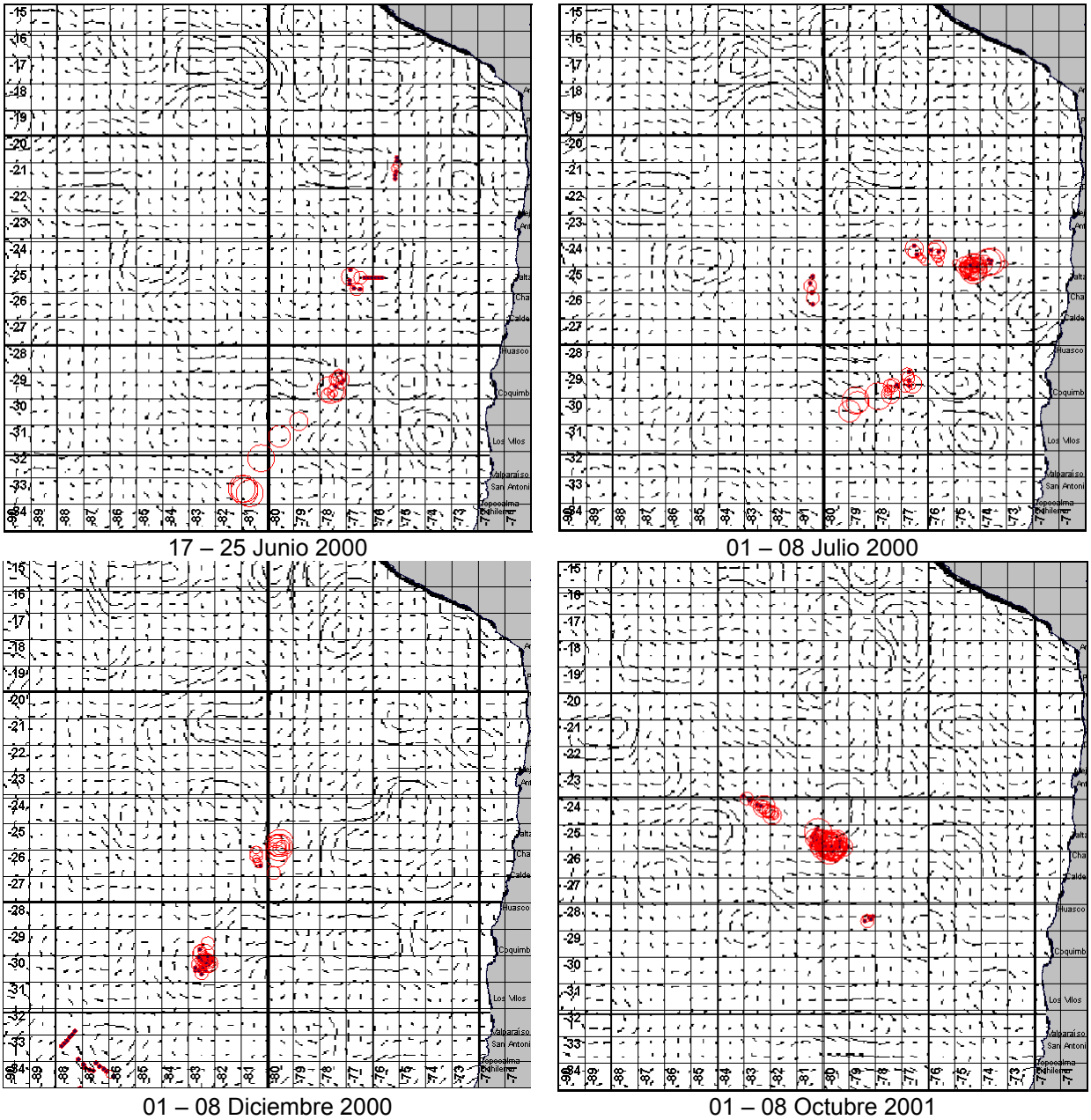


Figura 51. Series de tiempo de temperatura superficial del mar, anomalías de altura superficial del mar y corrientes geostróficas estimadas de Topex/ERS cercano a la costa en los 15°S (Vega *et al.,* 2003).

A una escala regional se estudia la variabilidad espacio-temporal de las corrientes geostróficas (CorrGeo) en la zona de estudio durante el período 2000-2002, para ello se generan imágenes semanales de CorrGeo. A las imágenes semanales se le superpone la información de lances de pesca georreferenciados de dos barcos palangreros (Elena-S y Tamy-S) que operaron durante

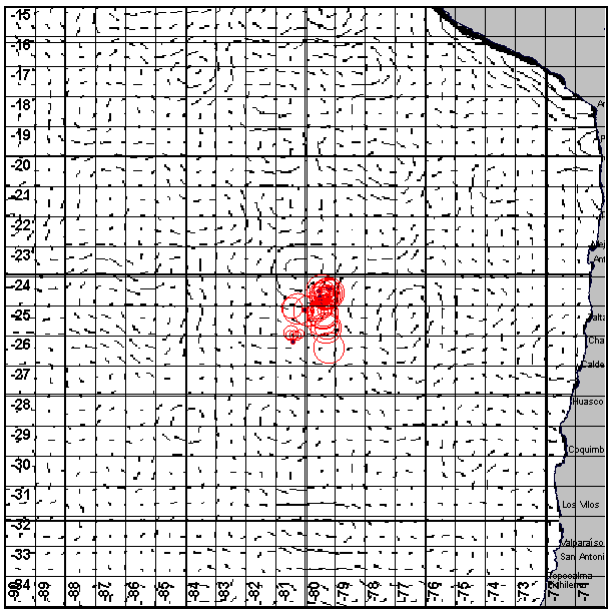
el período 2000-2002, con el propósito de estudiar las posibles asociaciones entre pesca y medio ambiente. Para el período se generaron 48 imágenes semanales por año, con un total de 144 mapas para los tres años de estudio. A modo de ejemplo se presentan algunas imágenes de CorrGeo con lances de pesca superpuestos (Fig. 52).



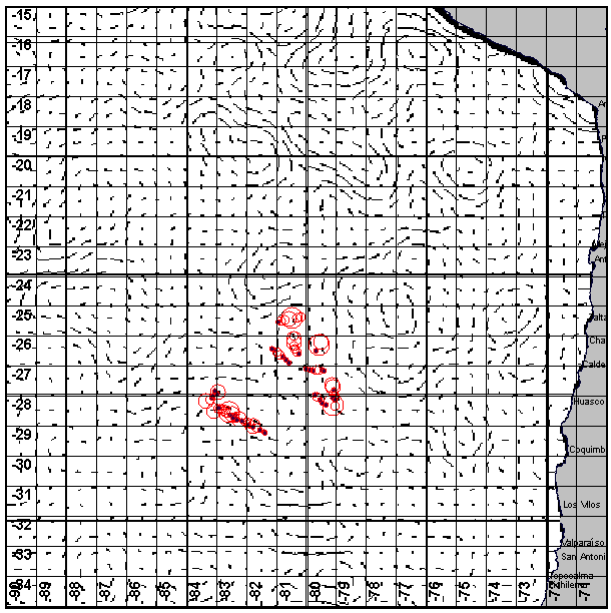
17 – 25 Junio 2000 | 01 – 08 Julio 2000

01 – 08 Diciembre 2000 | 01 – 08 Octubre 2001

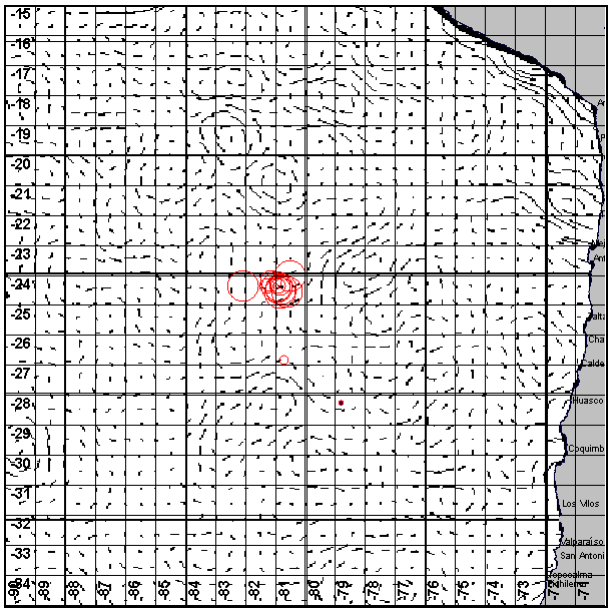
Figura 52. Ejemplos de imágenes semanales de CorrGeo y lances de pesca superpuestos para el periodo 2000-2002.



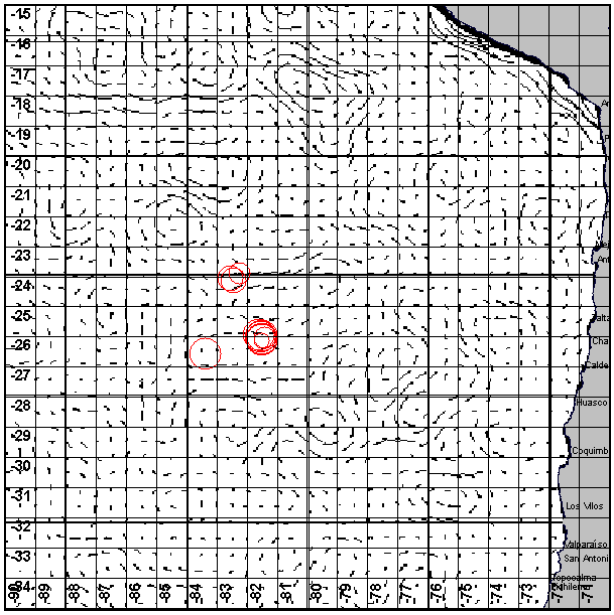
01 – 08 Noviembre 2001



01 – 08 Diciembre 2001



17 – 25 Septiembre 2002



01 – 08 Noviembre 2002

Continuación Figura 52.

Para la caracterización de la circulación oceánica presente durante el primer crucero de pesca exploratoria (ESP01), se generan imágenes semanales de CorrGeo a las cuales se le superponen la información georreferenciada de los lances de pesca (Figura 53). 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).

Durante el segundo crucero de pesca exploratoria (ESP02) se generan 3 imágenes semanales de CorrGeo a las cuales se le superpone la data de lances georreferenciados (Figura 54). 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 22º50’–23º10’S y 82º40’-82º53’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 25º23’-25º43’S y 81º34’-82º01’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 25º35’-25º38’S y 81º26’-81º48’W y asociados a frentes de corrientes anticiclónicas.

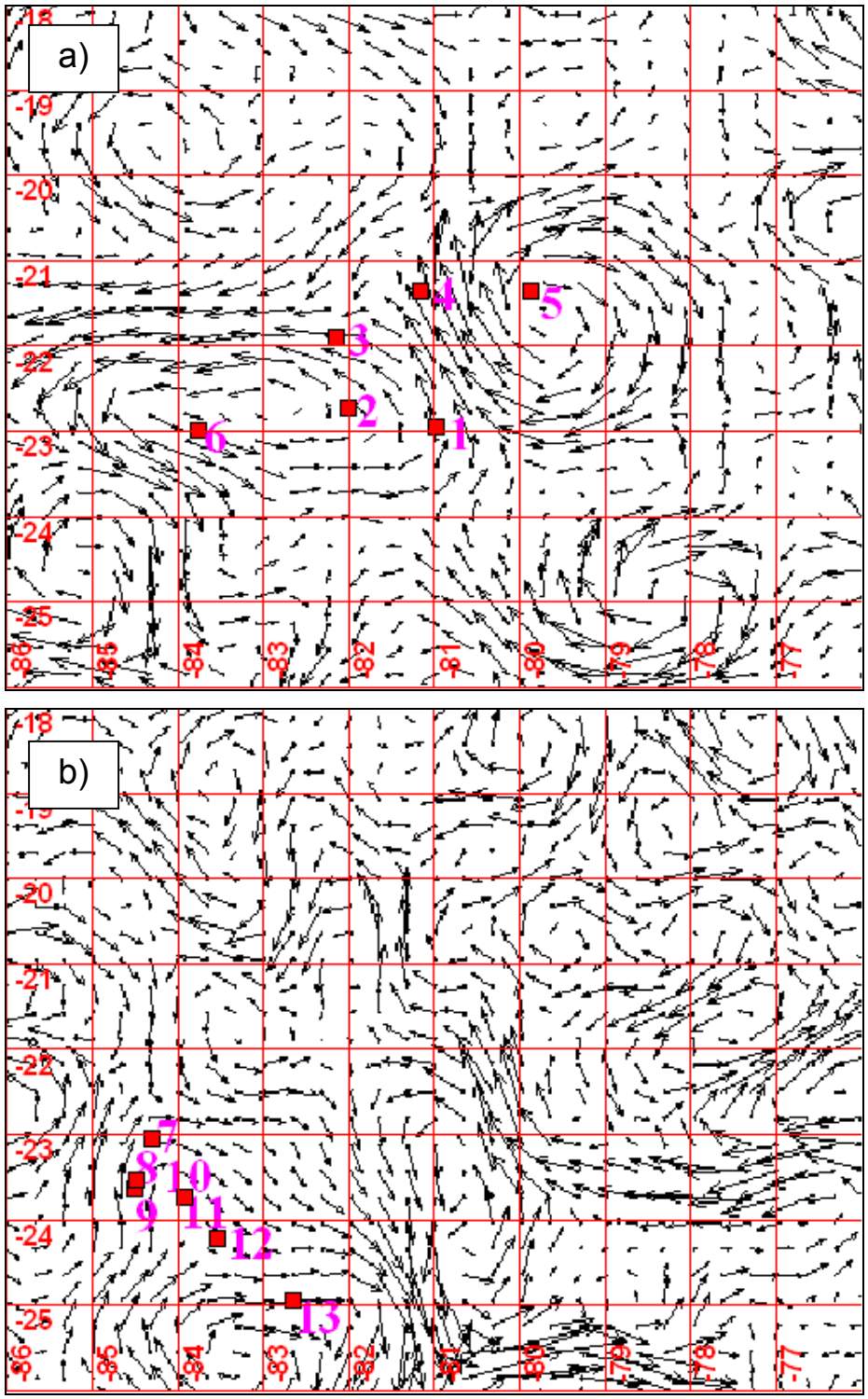


Figura 53. Lances de pesca crucero ESP01, corrientes geostróficas y batimetría durante semanas: a) 10-17 febrero, b) 18-25 febrero 2003.

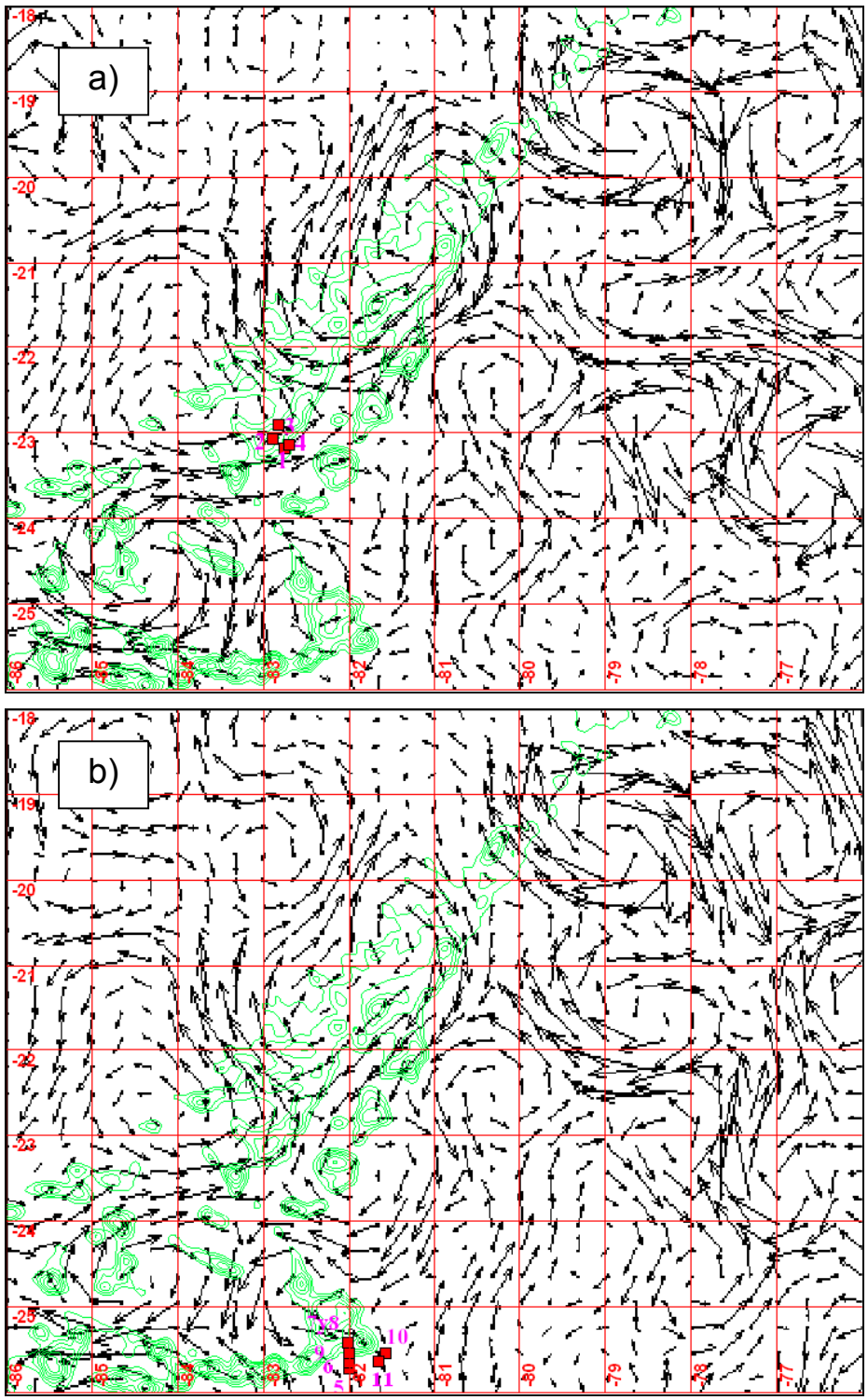
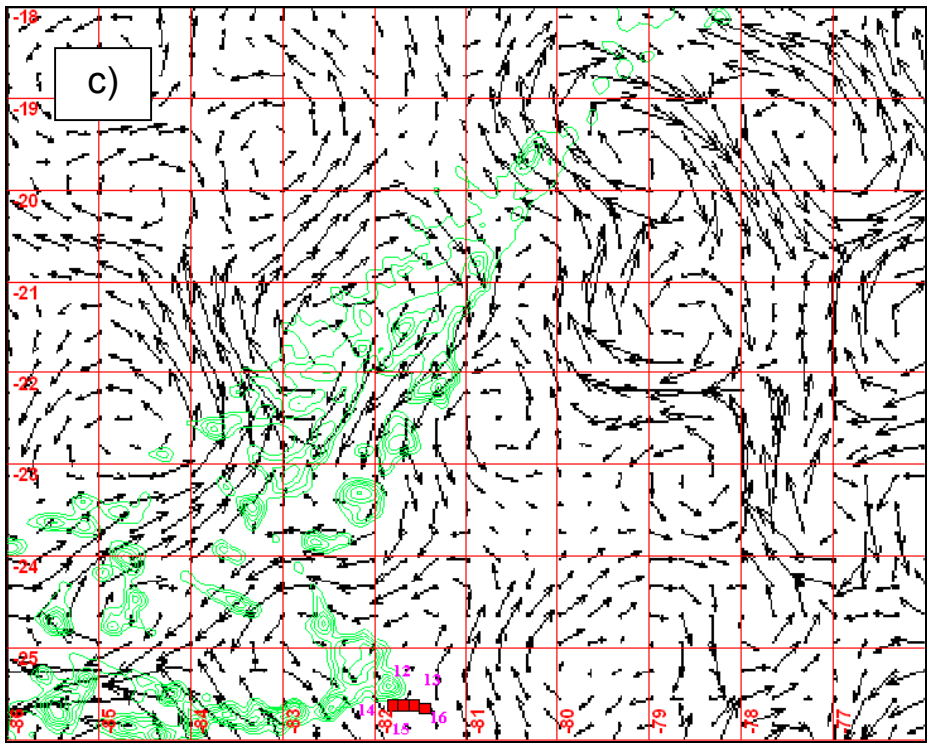


Figura 54. Lances de pesca crucero ESP02, corrientes geostróficas y perfil batimétrico durante semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06-13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003.



Continuación Figura 54.

4.2.4. Régimen de vientos

El patrón global de vientos es también conocido como “circulación general” y los vientos superficiales de cada hemisferio está dividido en tres cinturones de vientos (Fig. 55):

- Vientos Polares del Este: Desde 60-90º latitud.
- Vientos del Oeste: Desde 30-60º latitud.
- Vientos Alisios: Desde 0-30º latitud.

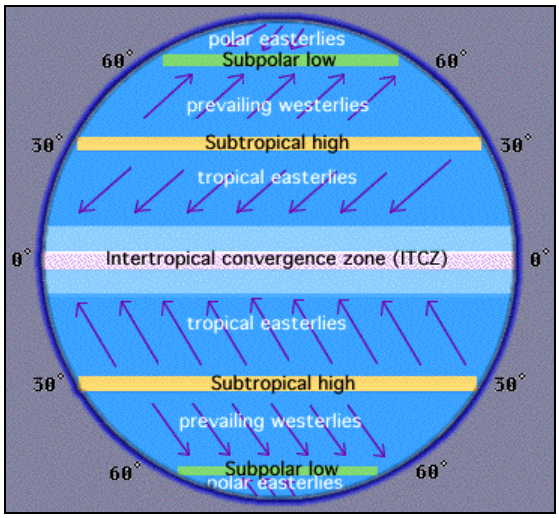


Figura 55. Patrón Global de Vientos (Fuente: University of Illinois/DAS).

Los vientos alisios de ambos hemisferios convergen cerca del Ecuador en un área llamada Zona de Convergencia Intertropical, produciendo a una banda estrecha de nubes y tormentas que cubren porciones del globo.

Durante condiciones normales los vientos alisios soplan a lo largo del Ecuador y los vientos Sureste lo hacen a lo largo de las costas de Ecuador, Perú y Chile. Ambos vientos producen arrastre de aguas profundas hacia la superficie lo que junto a la rotación de la tierra generan corrientes superficiales hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Las aguas superficiales son desviadas lejos del Ecuador en ambas direcciones y lejos de la costa. Como el agua superficial es desplazada lejos, las aguas frías y ricas en nutrientes suben desde la profundidad para reemplazarlas, este es el fenómeno conocido como surgencia. La surgencia ecuatorial y la surgencia costera están concentradas in regiones estrechas menores a 130 km de ancho.

El borde este del Océano Pacifico Sur es una región de fuertes surgencias costeras con uno de los niveles más altos de productividad biológica del mundo. La continua surgencia costera es asociada con el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sudeste, el cual produce vientos Sur en la costa (Fig. 56).

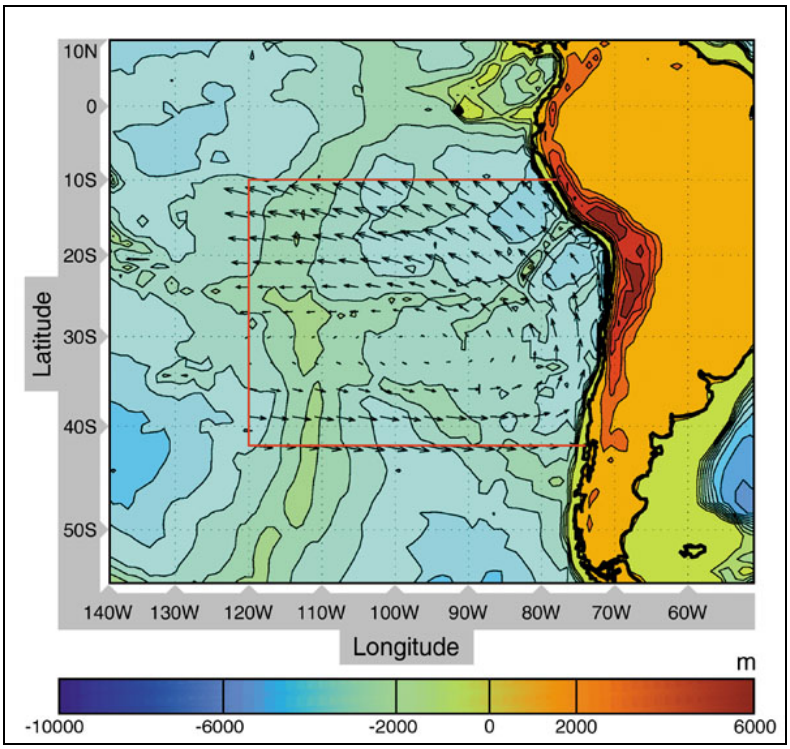


Figura 56. Topografía submarina y estrés medio del viento (flechas negras) de ERS-1/2 para el período 1992-2000 (Vega *et al.* 2003).

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 el período 2000 – 2002.

Por otro lado, durante la ejecución del primer crucero de pesca exploratoria (ESP01) se generan dos imágenes semanales de MDVS Quikscat para caracterizar los patrones de viento superficial reinantes en el área a las cuales se le superponen los lances georreferenciados (Figura 57). Durante la primera semana (10 al 17 Febrero 2003) los lances se ubican entre los 21º20'-22º58'S y 79º53'-83º45'W, en zonas asociadas a magnitudes de viento entre los 12 y 17 nudos con dirección sur-este. En la segunda semana de crucero que abarca el período del 18 al

25 de Febrero de 2003, los lances de pesca se realizaron entre los 23º-24º54'S y 82º39'-84º29'W en áreas de magnitud de viento superficial que fluctuaron entre los 5 y 9 nudos con dirección sur-este.

Para caracterizar los patrones de viento presentes durante el segundo crucero de pesca exploratoria (ESP02), se generan tres imágenes semanales de MDVS para describir patrones de viento reinantes en la zona a las cuales se les superponen lances de pesca correspondientes (Figura 58). En la primera semana (29 Julio – 5 Agosto 2003) los lances de pesca se localizan entre los 22º50'–23º10'S y 82º40'-82º53'W en áreas con fuertes magnitudes de vientos las que fluctuaron entre los 15 y 20 nudos con dirección sur-este. En la segunda semana de crucero, llevada a cabo entre el 6 y 13 de Agosto de 2003, la operación de pesca se concentra entre los 25º23'-25º43'S y 81º34'-82º01'W en donde la condición de vientos superficiales del océano se caracteriza por magnitudes que varían entre los 6 y 8 nudos con dirección sur-este. En la tercera semana del crucero ESP02, que abarca el período del 14 al 21 de Agosto de 2003, las faenas de pesca se desarrollan entre los 25º35'-25º38'S y 81º26'-81º48'W en condiciones de viento cuya magnitud fluctuó entre los 6 y 14 nudos con dirección sur-este.

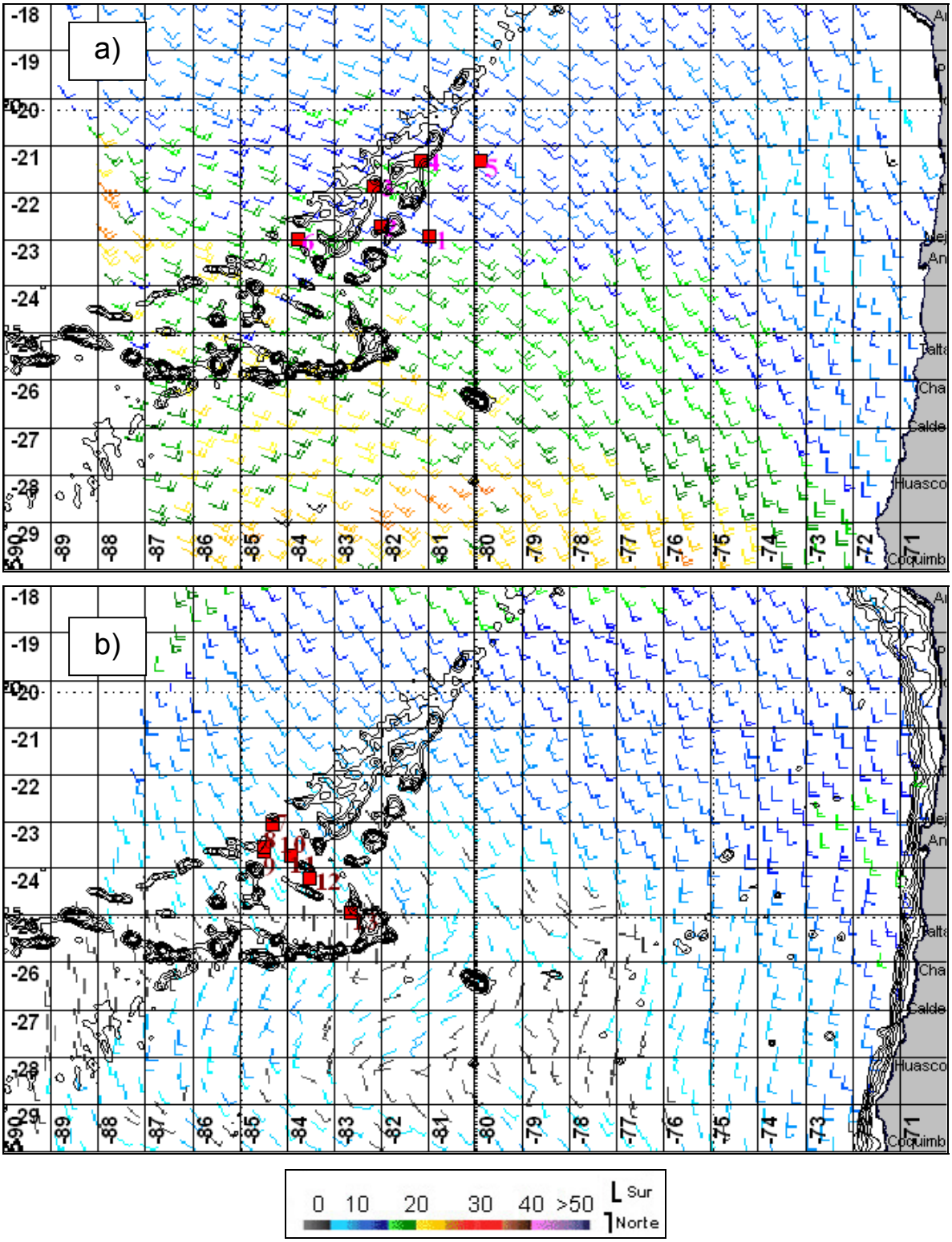


Figura 57. Lances de pesca crucero ESP01, MDVS y batimetría durante semanas: a) 10-17 febrero, b) 18-25 febrero 2003.

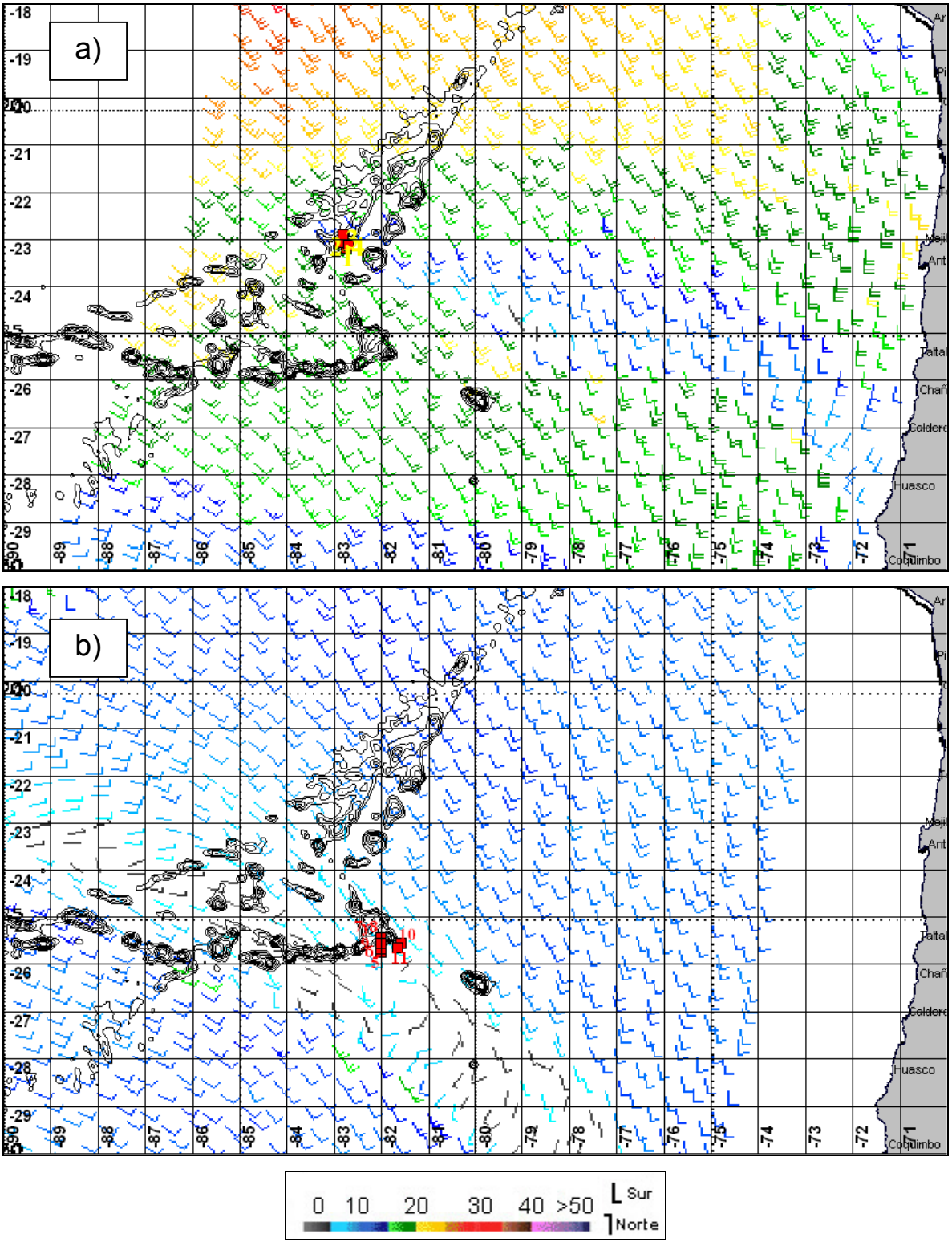
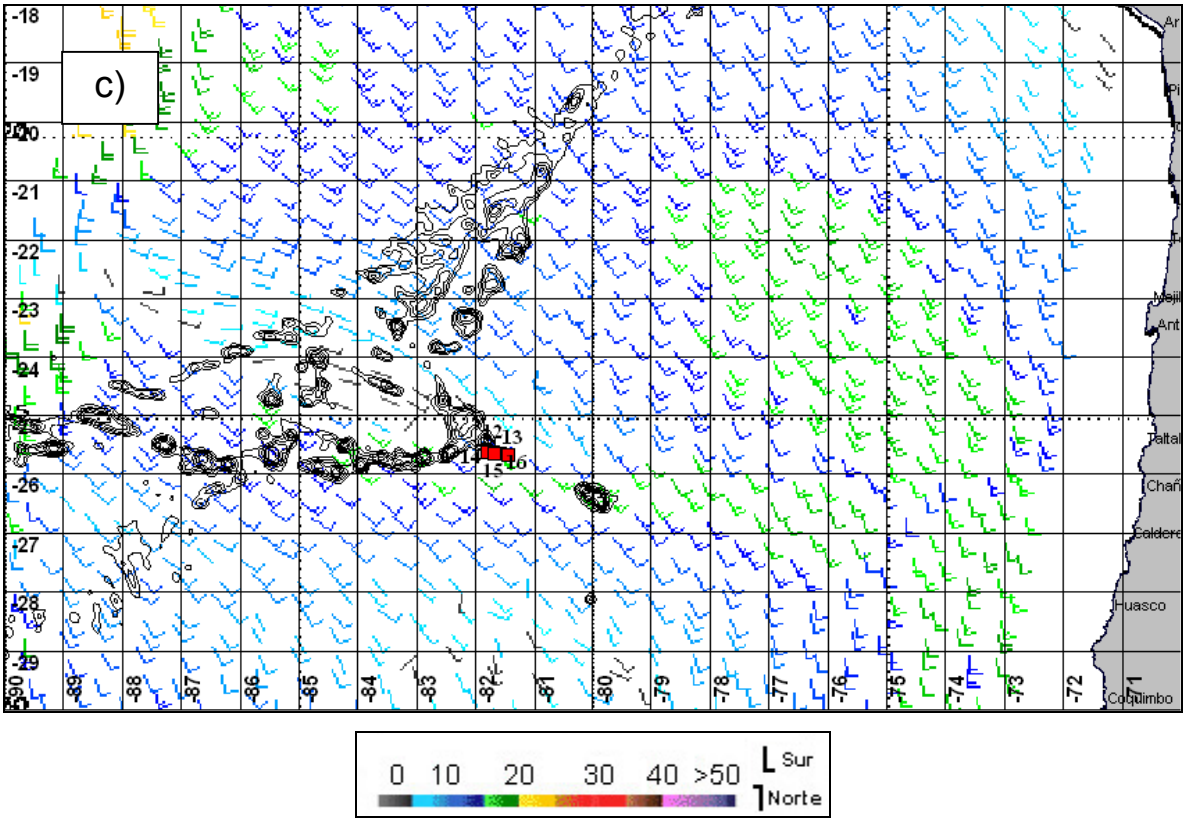


Figura 58. Lances de pesca crucero ESP02, MDVS y perfil batimétrico en semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003.



Continuación Figura 58.

4.2.5. 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.

En la escala del OPT podemos observar la alta variabilidad de la AASM entre el período 1997 – 2003 (Fig. 59). En diciembre de 1997 se puede observar el volumen y área de agua cálida en el ecuador relacionada al evento El Niño la cual genera un cambio en la altura superficial del mar, en donde los colores blancos y rojos indican patrones inusuales de acumulación de calor con alturas de entre 10 y 32 centímetros sobre lo normal (Fig. 59A). Por el contrario, en marzo de 1999 se presenta un evento La Niña asociado a un bajo nivel del mar o masa de agua fría a lo largo del ecuador en colores morado y azul (Fig. 59B). Durante el “peak” de La Niña la altura del mar alcanzó valores de 15 a 20 centímetros bajo el nivel normal, siendo esta depresión correlacionada con anomalías negativas de la TSM de 2 a 3ºC. En junio de 2001 la condición del nivel del mar en el OPT se encuentra cercano a lo normal con valores de AASM de entre –2 y 2 centímetros (Fig. 59C). Desde otoño de 2002 se evidencia la llegada de un evento El Niño en el OPT, por ejemplo en la imagen de AASM de noviembre de 2002 se observa el pacifico ecuatorial dominado por un área de nivel del mar más alto de lo normal (temperaturas oceánicas más cálidas de lo normal) asociado a las condiciones de crecimiento de El Niño (Fig. 59D). La última imagen disponible de AASM correspondiente a abril de 2003, muestra que el

evento El Niño de aguas cálidas y de alto nivel del mar (evidenciado durante otoño de 2002 a verano de 2003) es historia (Fig. 59E). La TSM y altura superficial del mar en el pacífico ecuatorial han retornado a condiciones cercanas a lo normal.

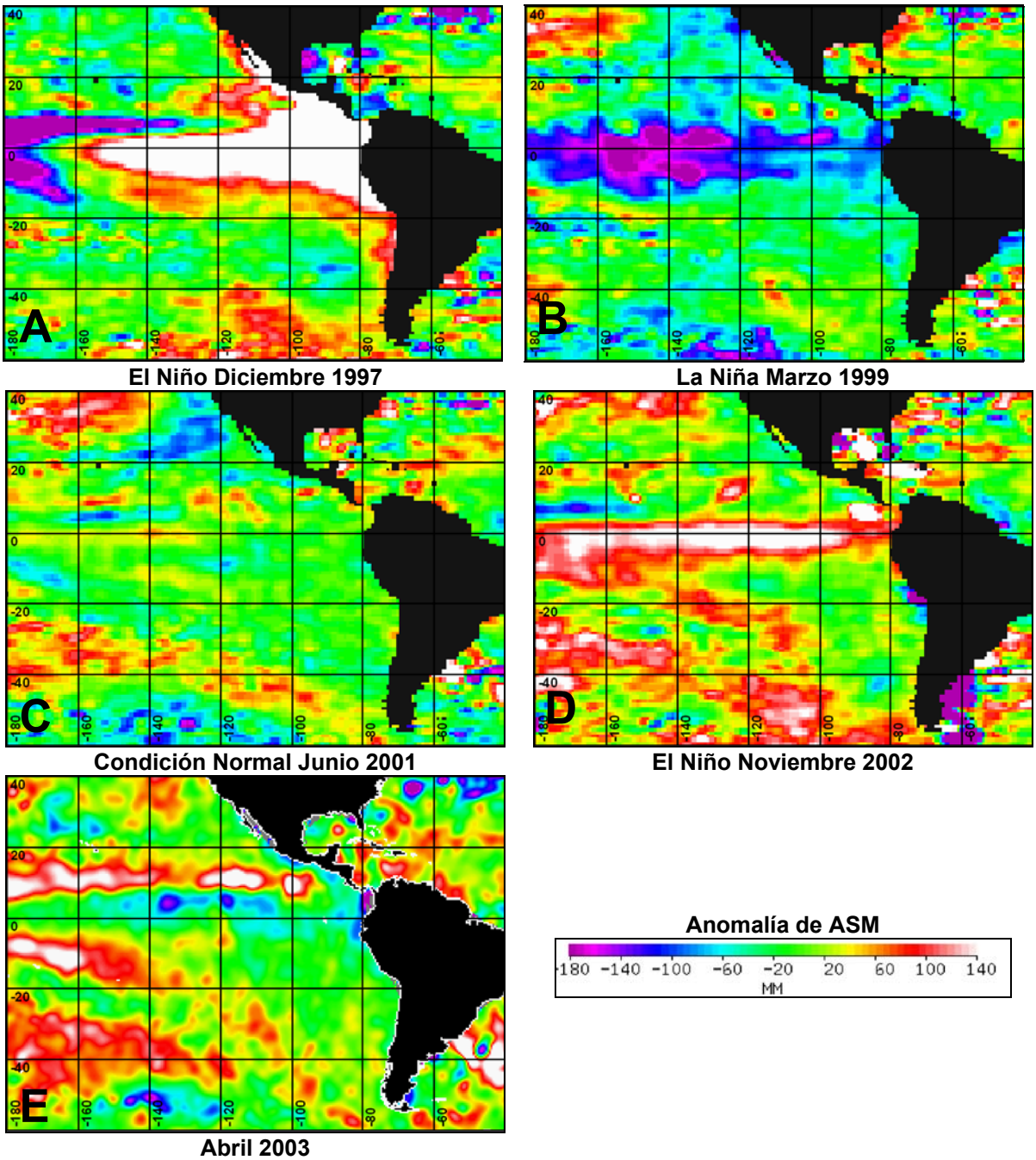


Figura 59. Ejemplos de imágenes de anomalía de ASM para eventos El Niño, La Niña y condiciones normales entre 1997 y abril de 2003 en el Pacifico Tropical (Fuente: JPL/NASA).

Por otro lado, una escala regional se estudia la variabilidad espacio-temporal de la AASM en la zona de estudio durante el período 2000-2002, para ello se generan imágenes semanales de AASM. En estas imágenes se pueden visualizar diversas características oceanográficas de mesoescala como afloramientos del mar o eddies, frentes de corrientes y zonas de depresión.

La información de lances de pesca georreferenciados de dos barcos palangreros que operaron durante el período 2000-2002 es superpuesta sobre los mapas de AASM con el propósito de estudiar las posibles asociaciones entre pesca y medio ambiente. Para el período se generaron 48 imágenes semanales por año, con un total de 144 mapas para los tres años de estudio. Mediante un análisis de superposición se extraen los valores de AASM asociados a cada lance de pesca, de este modo se incluye en la base de datos pesquera-ambiental la información de la AASM. A modo de ejemplo, se muestra una serie de imágenes semanales de AASM y lances de pesca superpuestos (Fig. 60).

La información extraída de AASM por lance para el período 2000-2002 es incorporada a la **base datos histórica (2000-2002) ambiente – recurso,** la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

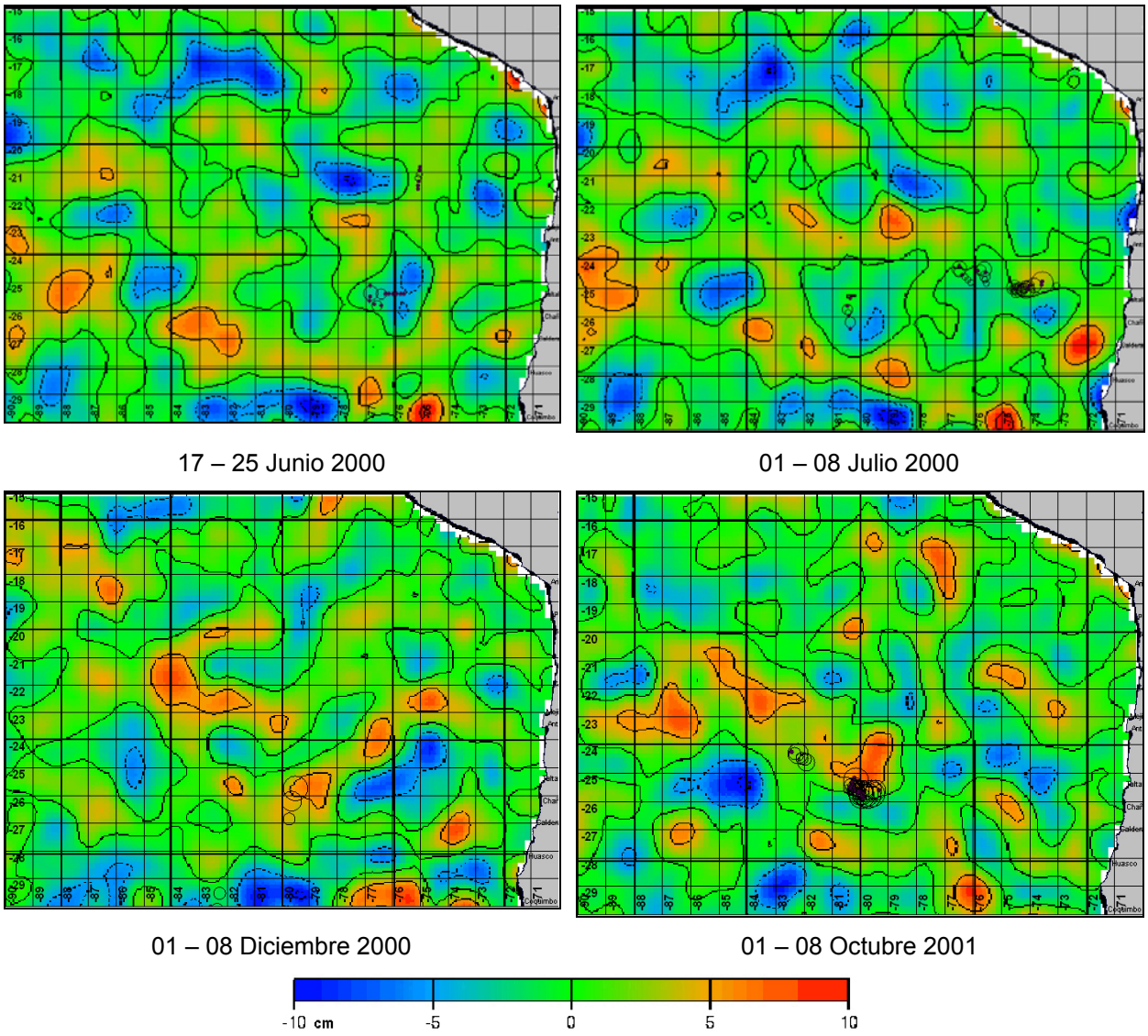
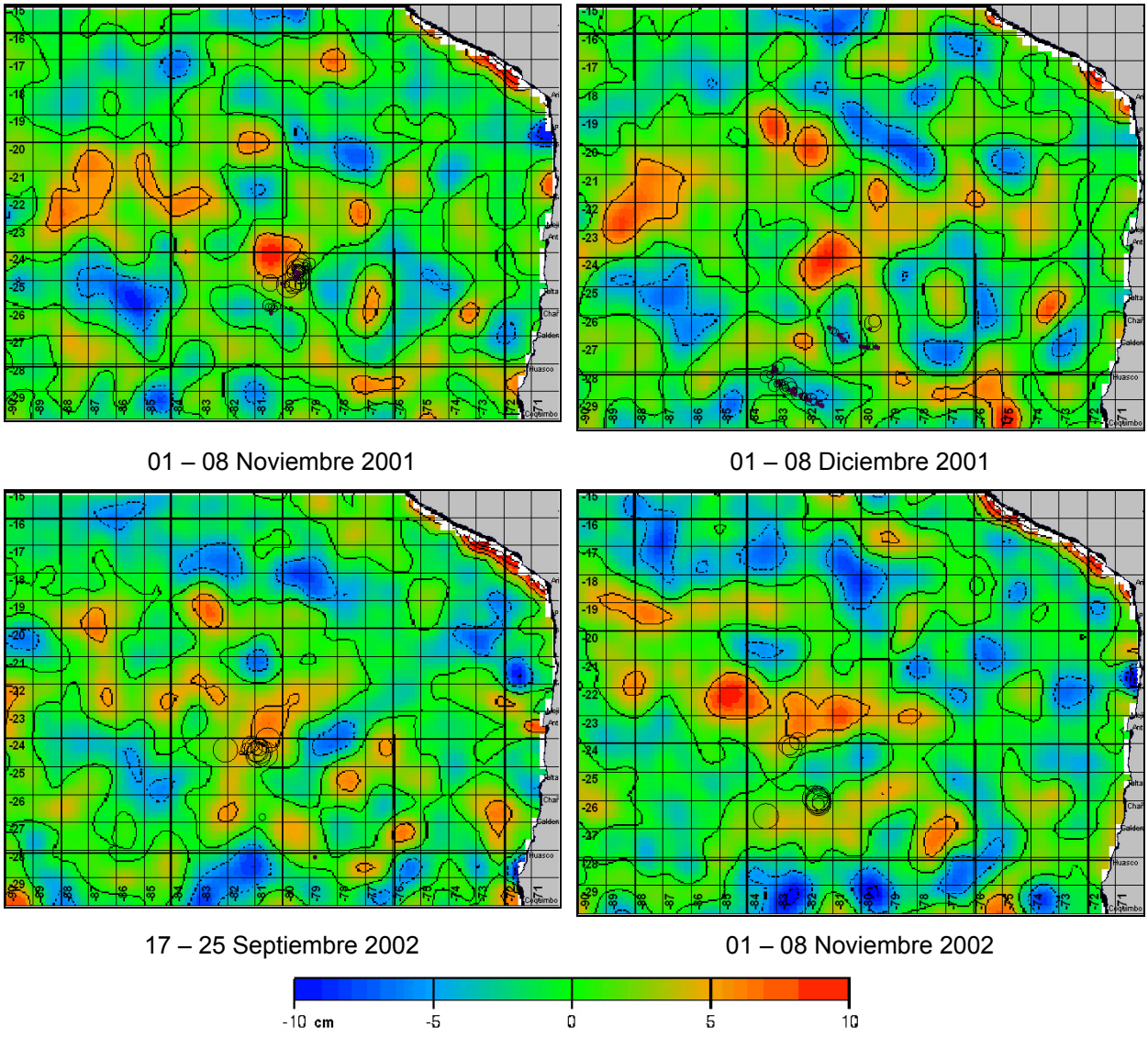


Figura 60. Ejemplo de imágenes semanales de AASM y lance de pesca superpuestos para el período 2000-2002.



Continuación Figura 60

Por otro lado, se analizan las relaciones entre la AASM y los lances de pesca efectuados durante los dos cruceros de pesca exploratoria efectuados durante la ejecución del proyecto. Durante la ejecución del primer crucero de pesca exploratoria (ESP01) se generan dos imágenes de AASM a las cuales se le superponen los lances de pesca correspondientes (Fig. 61). Durante la primera semana (10 al 17 Febrero 2003) los lances se ubican entre los 21º20'-22º58'S y 79º53'-83º45'W. Los lances de pesca 1, 2, y 6 fueron efectuados en una zona donde se presentaban AASM positivas (colores verdes y naranja a rojo) que fluctúan entre 0,2 y 9 cm, en donde la Altura Superficial del Mar está por arriba de los normal. En la misma semana, los

lances de pesca 3, 4 y 5 fueron realizados en áreas con AASM negativas (colores azules a verdes) que variaron entre los –1,6 y –9 cm, en donde la Altura Superficial del Mar se encuentra por debajo del normal. Posteriormente, en la segunda semana llevada a cabo entre el 18 y 25 de Febrero de 2003, los lances de pesca se efectúan entre los 23º-24º54'S y 82º39'-84º29'W en áreas asociadas a AASM positivas que fluctúan entre los 0,9 y 8,5 cm, salvo el lance 9 el cual presentó una AASM negativa equivalente a –0,2 cm.

Durante el segundo crucero de pesca exploratoria (ESP02) se generan 3 imágenes semanales de AASM a las cuales se les superponen los lances de pesca correspondientes (Figura 62). Durante la primera semana (29 Julio – 5 Agosto 2003), los lances de pesca se localizan entre los 22º50'–23º10'S y 82º40'-82º53'W en áreas de AASM positivas que fluctuaron entre los 8,02 y 9,02 cm en zonas de giros o corrientes anticiclónicas. En la semana comprendida entre el 6 y 13 de Agosto la operación de pesca se concentró entre los 25º23'-25º43'S y 81º34'-82º01'W en áreas de AASM positivas que variaron entre los 4,12 y 7,08 cm en zonas de giros o corrientes anticiclónicas. La tercera semana del crucero de pesca exploratoria, que abarca el período del 14 al 21 de Agosto de 2003, las faenas de pesca se desarrollan entre los 25º35'-25º38'S y 81º26'-81º48'W en zonas oceánicas que presentaron AASM positivas entre los 7 y 7,1 cm asociadas a corrientes o giros anticiclónicos.

La información extraída de AASM por lance en los dos cruceros ejecutados durante la ejecución del proyecto es incorporada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

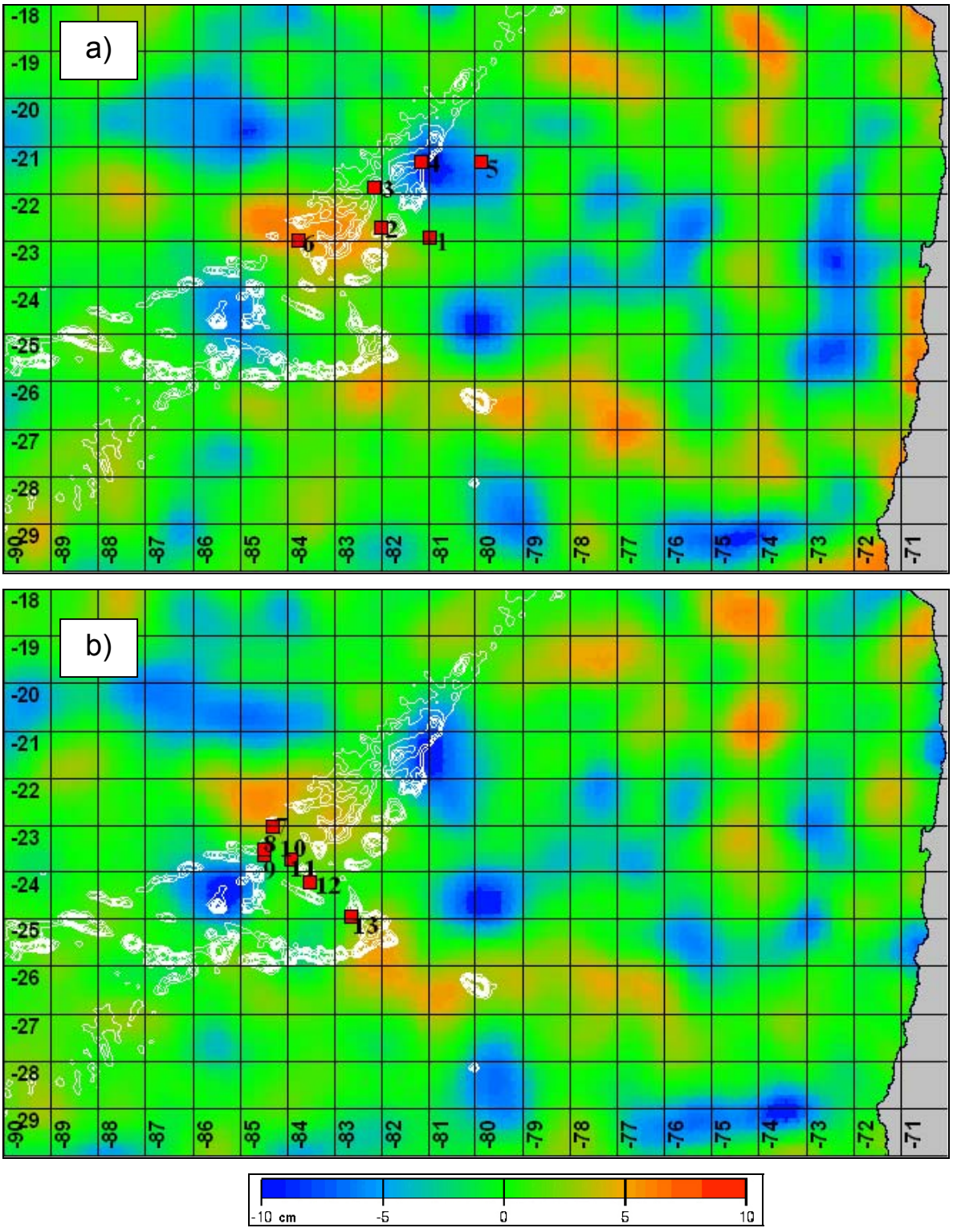


Figura 61. Lances de pesca crucero ESP01, AASM y batimetría durante semanas: a) 10-17 Febrero, b) 18-25 febrero 2003.

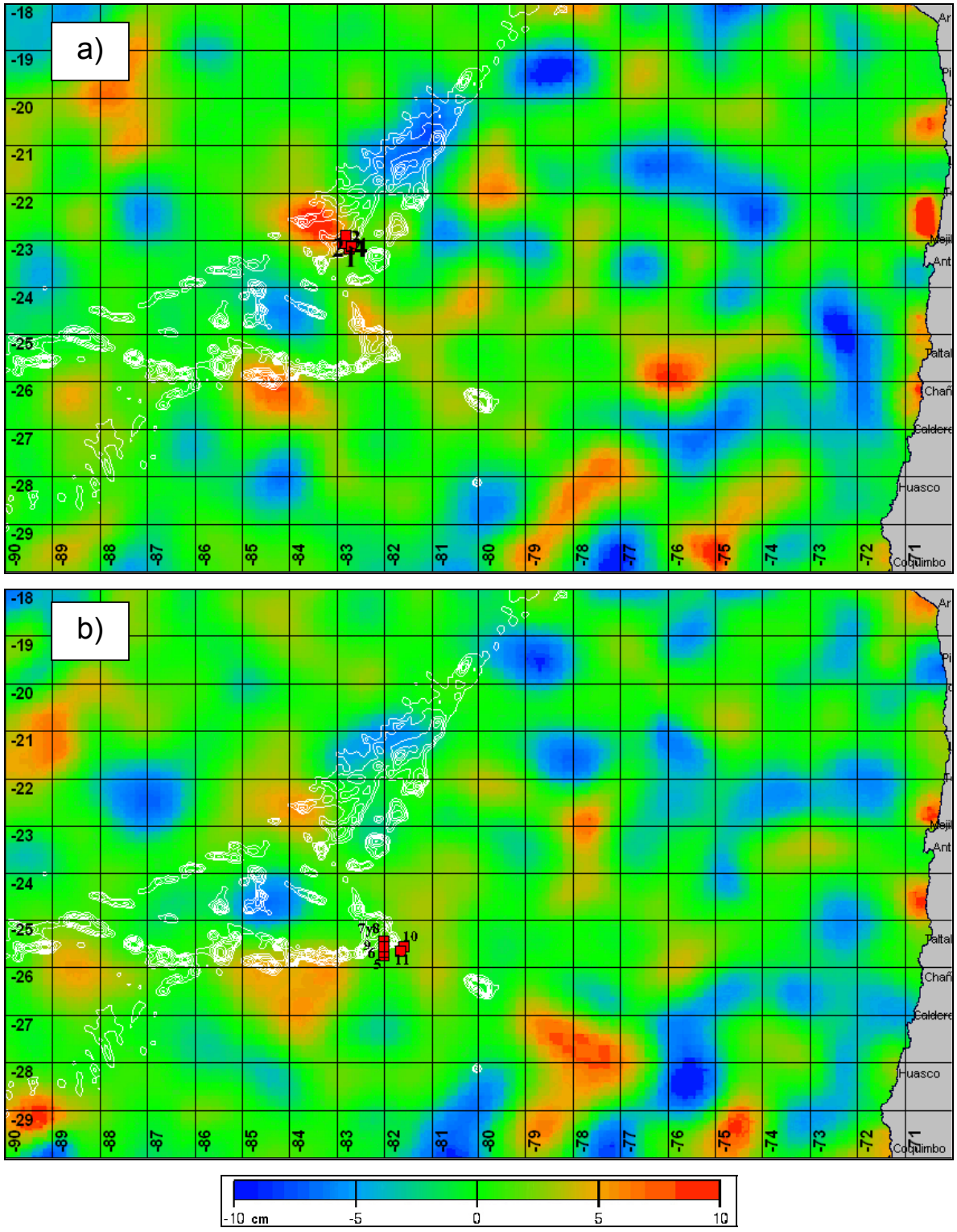
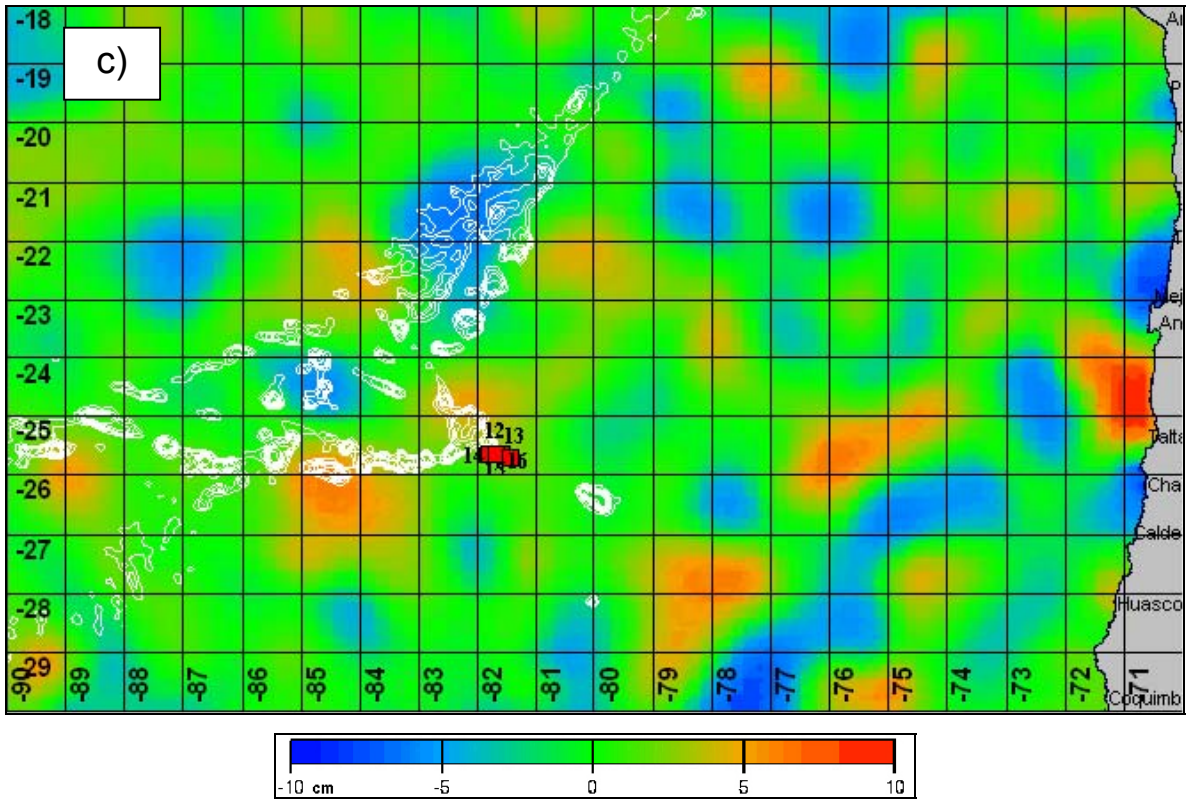


Figura 62. Lances de pesca crucero ESP02, AASM y perfil batimétrico en semanas a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003.



Continuación Figura 62.

4.2.6. Temperatura superficial del mar

La variabilidad anual e interanual de la temperatura superficial del mar (TSM), a nivel del Océano Pacifico Tropical (OPT), se manifiesta en eventos fríos (La Niña) y cálidos (El Niño), los cuales producen impactos en el ecosistema pelágico de la zona de estudio. La Tabla 7 muestra una compilación de los eventos fríos y cálidos por estación durante 1997-2003. Los períodos débiles son designados con F- o C-, los períodos moderados como F o C, los períodos fuertes como F+ o C+, y los períodos neutrales como N.

Tabla 7. Eventos fríos y cálidos por estación durante 1997-2003.

Año	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
1997	N	C	C+	C+
1998	C+	C	F-	F
1999	F+	F	F-	F
2000	F	F-	N	F-
2001	F-	N	N	N
2002	N	C-	C	C
2003	C-			

Fuente: NOAA NCEP/CPC.

Se puede observar que entre otoño de 1997 e invierno de 1998, se presentó un evento El Niño con características cálidas fuertes y moderadas, presentándose entonces una alta cobertura de anomalías positivas de TSM, de hasta +5ºC durante el "peak" del evento (Fig. 63A). A continuación de este intenso período cálido se presentó un prolongado evento La Niña, el cual se manifestó desde el invierno de 1998 hasta el verano de 2001. A modo de ejemplo, la condición de la TSM en el OPT durante marzo de 1999 se presentó con una amplia cobertura de anomalías negativas de TSM, de hasta –3ºC (Fig. 63B). Durante el resto del año 2001 y hasta el verano de 2002 se presentó una condición normal de la temperatura, la cual fue reemplazada a partir de otoño de 2002 y hasta el verano de 2003 por un evento El Niño de características débil a moderado. En la imagen de anomalías de TSM del 17 de mayo de 2003, se percibe un cambio en la condición del OPT, pasando a un evento La Niña (Fig. 63E). En efecto, NOAA News titula su boletín informativo del 19 de Mayo de 2003 como "ADIOS A EL NIÑO, HOLA A LA NIÑA" (NOAA MAGAZINE, 2003). Al respecto, se comunica que las condiciones oceánicas y atmosféricas indican que la transición a un evento La Niña se está llevando a cabo (V. Kousky, Jefe Pronóstico El Niño/La Niña, NOAA Climate Prediction Center).

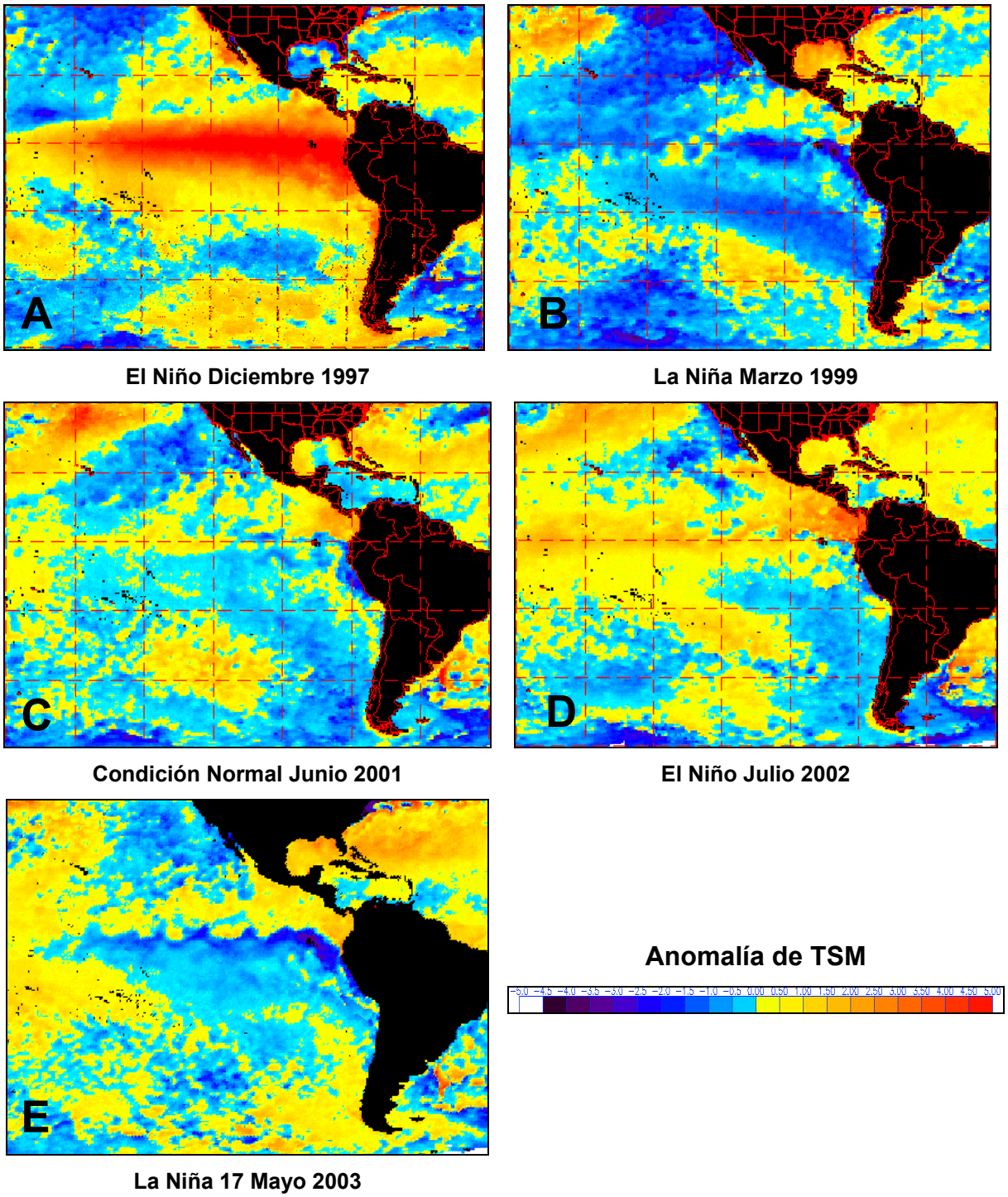


Figura 63. Ejemplos de imágenes de anomalía de TSM para los eventos El Niño, La Niña y condiciones normales observados entre 1997 y mayo de 2003 en el Océano Pacifico Tropical (Fuente: NOAA/NESDIS).

Para estudiar en una escala regional la variabilidad anual e interanual de la temperatura superficial del mar (TSM), se utilizan imágenes derivadas de los datos enviados por los satélites polares NOAA-14 y NOAA-16 con una resolución espacial de 1 km. Con las imágenes diarias se calculan promedios semanales de TSM, para su posterior análisis espacio-temporal. Se estudia la variabilidad espacio-temporal de la TSM en la zona durante el período 2000-2002. En estas imágenes se pueden distinguir las zonas frontales donde corrientes oceánicas o masas de agua se interceptan para crear fuertes gradientes de TSM y salinidad. Para el período se generaron 48 imágenes semanales de TSM-NOAA por año, con un total de 144 mapas para los tres años.

La información de lances de pesca georreferenciados de dos barcos palangreros (un congelador y otro hilero) que operaron durante el período 2000-2002, es superpuesta sobre los mapas de TSM con el propósito de estudiar las asociaciones entre pesca y medio ambiente. Con ayuda del SIG se aplica un análisis de superposición gráfica para extraer los valores de TSM asociados a cada lance de pesca, de este modo se incluye en la base de datos pesquera-ambiental la información de la TSM. A modo de ejemplo, se muestra una serie de imágenes semanales de TSM y lances de pesca superpuestos (Fig. 64).

La información extraída de TSM por lance para el período 2000-2002 es incorporada a la **base datos histórica (2000-2002) ambiente – recurso,** la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

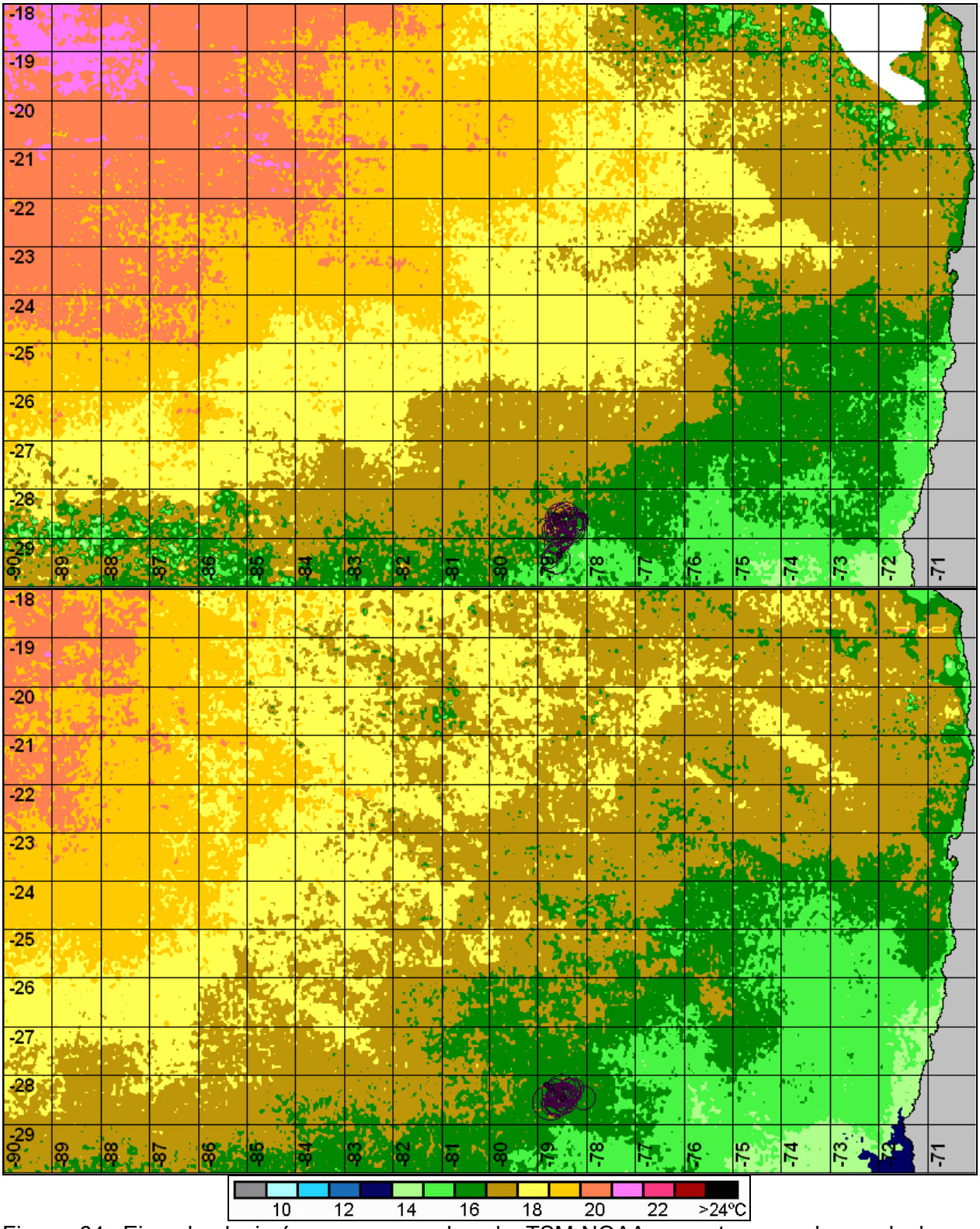


Figura 64. Ejemplo de imágenes semanales de TSM-NOAA y captura por lance de barco congelador superpuestas.

Por otro lado, se analizan las relaciones entre la TSM y los lances de pesca efectuados durante los dos cruceros de pesca exploratoria efectuados durante la ejecución del proyecto. Durante la ejecución del primer crucero de pesca exploratoria (ESP01) se generan dos imágenes de TSM a las cuales se le superponen los lances de pesca correspondientes (Fig. 65). También se generan imágenes de Gradientes Térmicos (GRT) derivadas de las imágenes de TSM y que representan las diferencias térmicas de las imágenes de TSM en cuadrículas de 10*10 millas náuticas (mn). Durante la primera semana (10 al 17 Febrero 2003) los lances de pesca se ubican entre los 21º20'-22º58'S y 79º53'-83º45'W, en TSM que varían entre los 20,8 y 21,4ºC. En la segunda semana (18 al 25 de Febrero de 2003), los lances de pesca se efectúan entre los 23º-24º54'S y 82º39'-84º29'W en TSM que fluctúan entre 21,1 y 21,6ºC. También se analizan los GRT asociados a cada lance de pesca, al respecto se determinaron que para la primera semana los GRT fluctúan entre los 0,11 y 0,41ºC/10mn y para la segunda semana los GRT varían entre 0,06 y 0,32ºC/10mn.

Durante el desarrollo del segundo crucero de pesca exploratoria (ESP02) se generan tres imágenes de TSM y tres de GRT a las cuales se les superponen los lances de pesca. Durante la primera semana (29 Julio – 5 Agosto 2003), los lances de pesca se localizan entre los 22º50'–23º10'S y 82º40'-82º53'W en áreas de TSM que fluctuaron entre los 18,5 y 18,6ºC con GRT de 0,1 a 0,23ºC/10mn. En la semana comprendida entre el 6 y 13 de Agosto la operación de pesca se concentró entre los 25º23'-25º43'S y 81º34'-82º01'W en áreas de TSM que variaron entre los 17,9 y 18,3ºC con GRT de 0,05 a 0,23ºC/10mn. Durante la tercera semana del crucero de pesca exploratoria, que abarca el período del 14 al 21 de Agosto de 2003, las faenas de pesca se desarrollan entre los 25º35'-25º38'S y 81º26'-81º48'W en zonas oceánicas que presentaron TSM entre 17,9 y 18ºC y GRT entre 0,13 y 0,22ºC/10mn (Fig. 66).

La información extraída de TSM y GRT por lance en los dos cruceros ejecutados durante la ejecución del proyecto es incorporada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

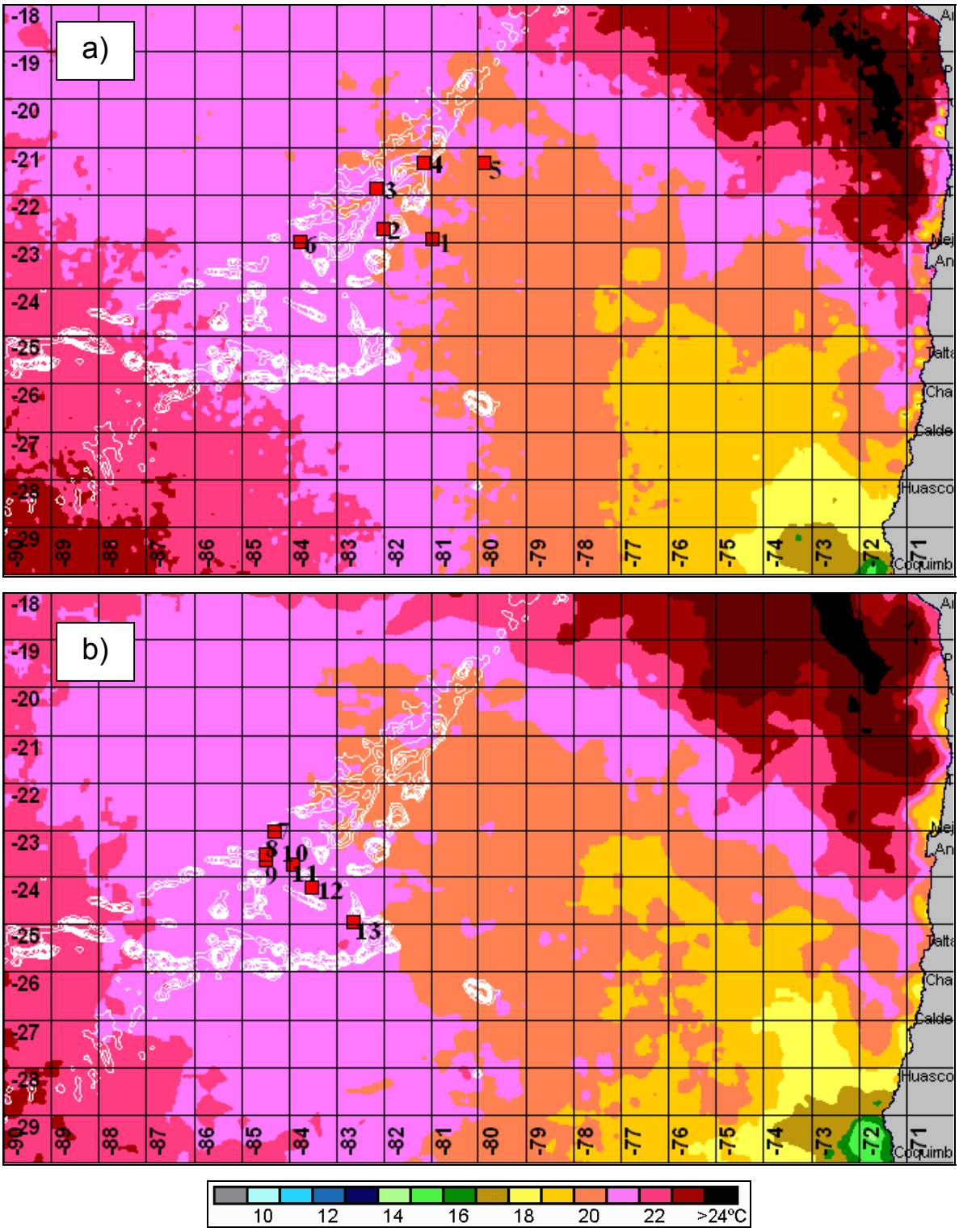


Figura 65. Lances de pesca crucero ESP01, TSM y perfil batimétrico durante semanas: a) 10-17 Febrero , b) 18-25 febrero 2003.

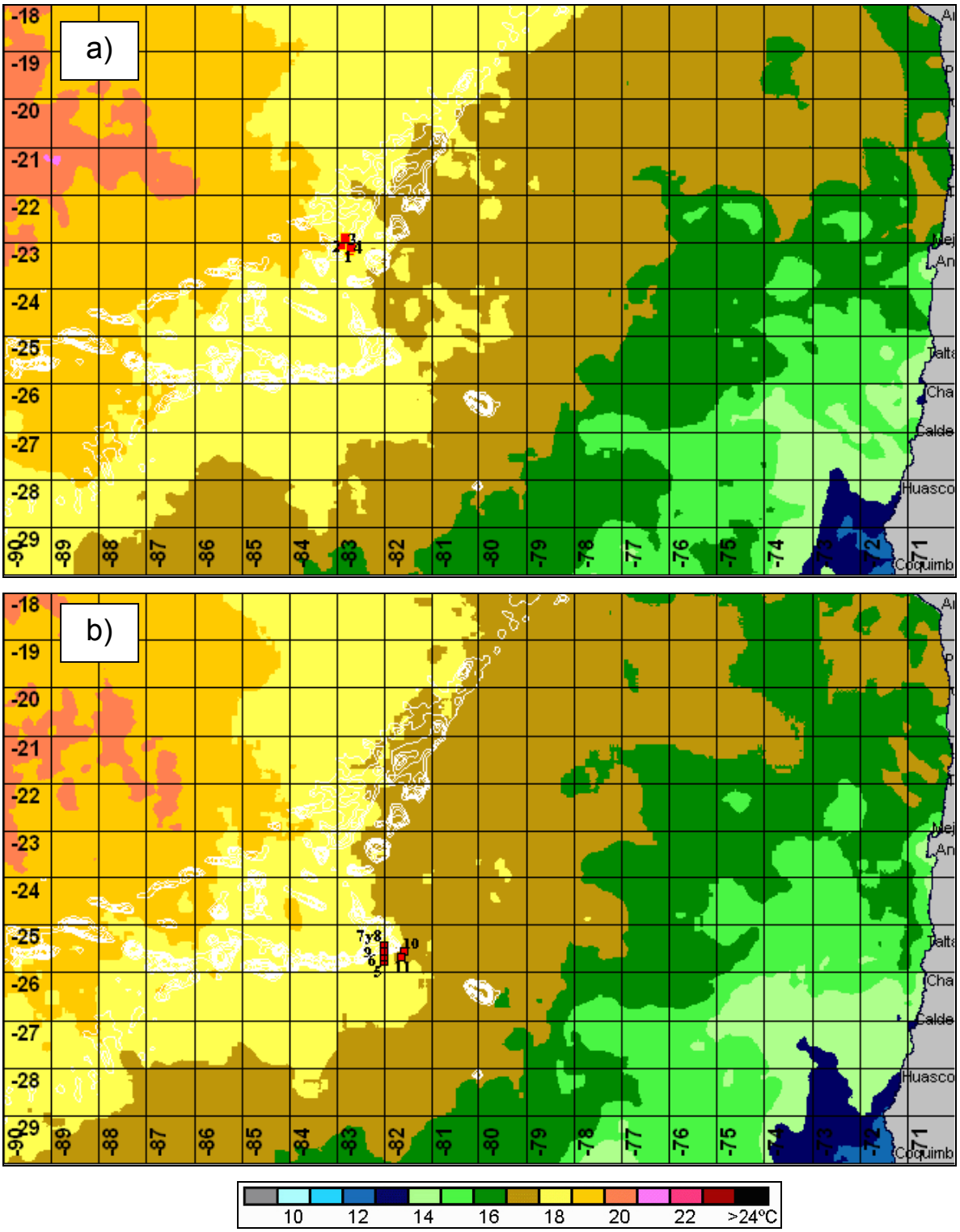
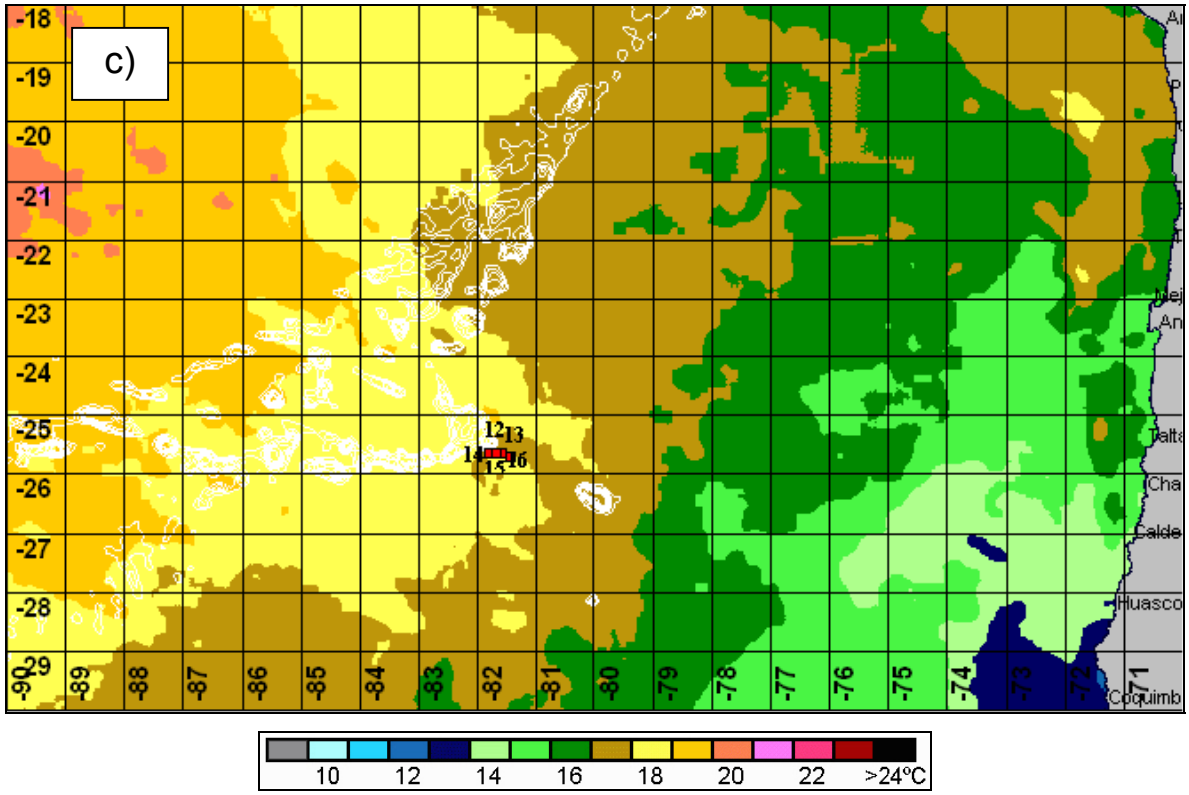


Figura 66. Lances de pesca crucero ESP02, TSM y perfil batimétrico en semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto 2003, c) 14 – 21 Agosto de 2003.



Continuación Figura 66.

Por otro lado se estudia la variabilidad espacio-temporal de la anomalía de la TSM (ATSM). Para ello se utiliza la información semanal de Interpolación Óptima de TSM (IOTSM) de la NOAA versión 2 (Reynolds *et al.,* 2002). El área de estudio asociada a la Cordillera de Nazca (18-26ºS; 75-85ºW), se divide en 4 sub-zonas (Fig. 67) con el propósito de extraer perfiles temporales de la serie de tiempo de imágenes semanales de TSM y ATSM. De este modo, para cada imagen semanal se extraen los valores promedio por sub-zonas (A, B, C y D) y para toda el área de estudio (E), construyendo de este modo los perfiles temporales para las series de tiempo.

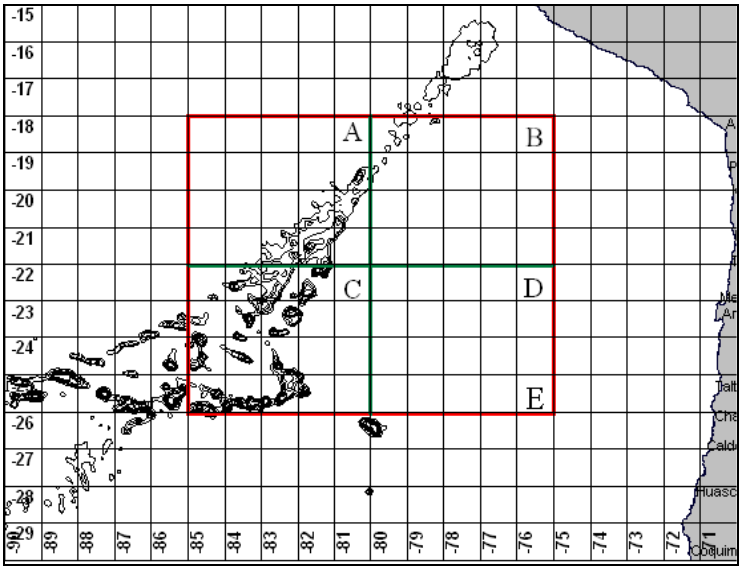


Figura 67. Área de estudio y sub-áreas para análisis de variabilidad espacio-temporal. El perfil batimétrico de la Cordillera de Nazca es incluido.

Se observa una alta variabilidad anual e interanual de los perfiles temporales de ATSM y TSM por sub-area (Fig. 68). En general, no se encuentran grandes diferencias en la variabilidad de los distintos perfiles extraídos. El evento cálido El Niño con ATSM positivas es observado entre enero 1997 a septiembre de 1998 en todos los perfiles temporales, sintiéndose con mayor intensidad en la sub-zona B. Posteriormente, se observa un período de anomalías negativas y cercanas a cero el cual se presenta entre finales de 1998 hasta diciembre de 1999. Entre 2000 y 2003 se presenta una alta variabilidad de la TSM, destacándose los siguientes períodos cálidos con anomalías positivas: enero a abril de 2000; septiembre 2000 a abril de 2001; enero a junio de 2002. También se observa un periodo frío con anomalías negativas entre mayo y diciembre 2001 (Fig. 69).

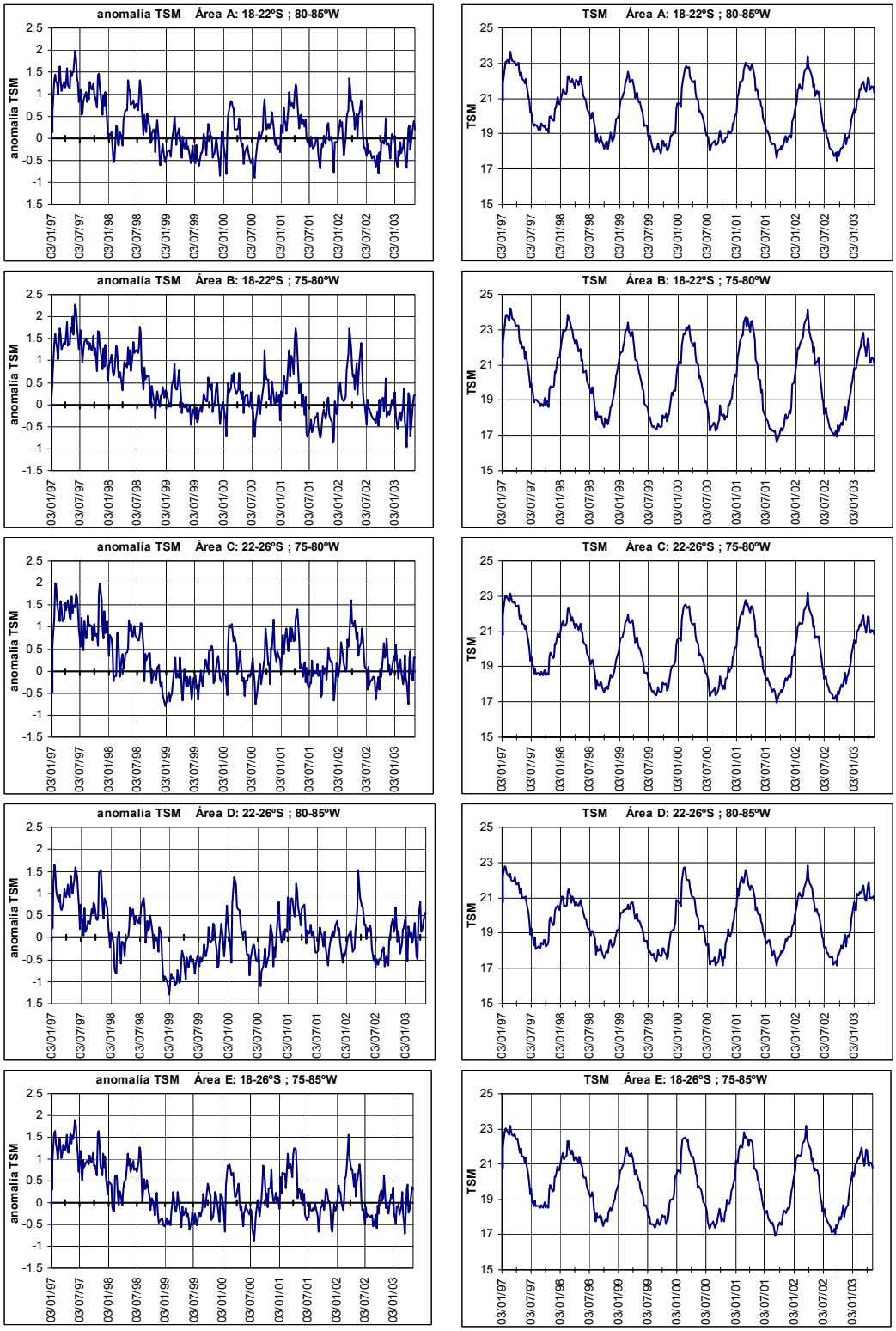


Figura 68. Perfiles promedio de ATSM y TSM extraídos de imágenes semanales para el período enero 1997 a mayo 2003 usando las sub-áreas A, B, C, D y E localizadas en el área de estudio.

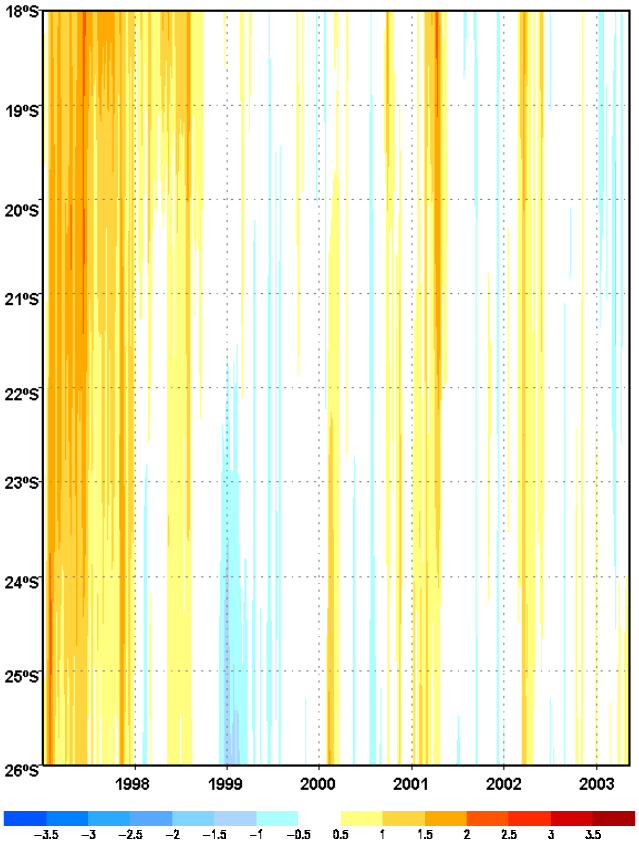


Figura 69. Anomalías de TSM centradas en los 80ºW para el período enero 1997 – mayo 2003.

Al analizar la distribución latitudinal (18-26ºS) de las anomalías de TSM centradas en los 80ºW para el período 1997 a mayo 2003, se destaca el evento El Niño de 1997 a septiembre de 1998 (Fig.69). Este evento cálido se manifestó con anomalías positivas de TSM de mayor intensidad (+1 a +3ºC) y duración (enero 1997 a septiembre 1998) entre los 18 y 21ºS, mientras que al sur e los 21ºS el evento se presentó de menor intensidad (+0,5 a +2,5ºC) y duración (enero a diciembre 1997). Por el contrario al sur de los 22ºS se manifiestan con mayor intensidad (0 a –2ºC) y duración (septiembre 1998 a febrero 2000) de las condiciones frías y normales de La Niña 1999-2000.

4.2.7. Salinidad superficial del mar

Se estudian las imágenes satelitales de salinidad superficial del mar (SSM) para caracterizar las masas de aguas. El monitoreo de la SSM junto con la TSM es de primera importancia ya que la SSM refleja las condiciones hidroclimáticas de la región. Los datos de SSM están disponibles desde octubre de 2000 (Fig. 70).

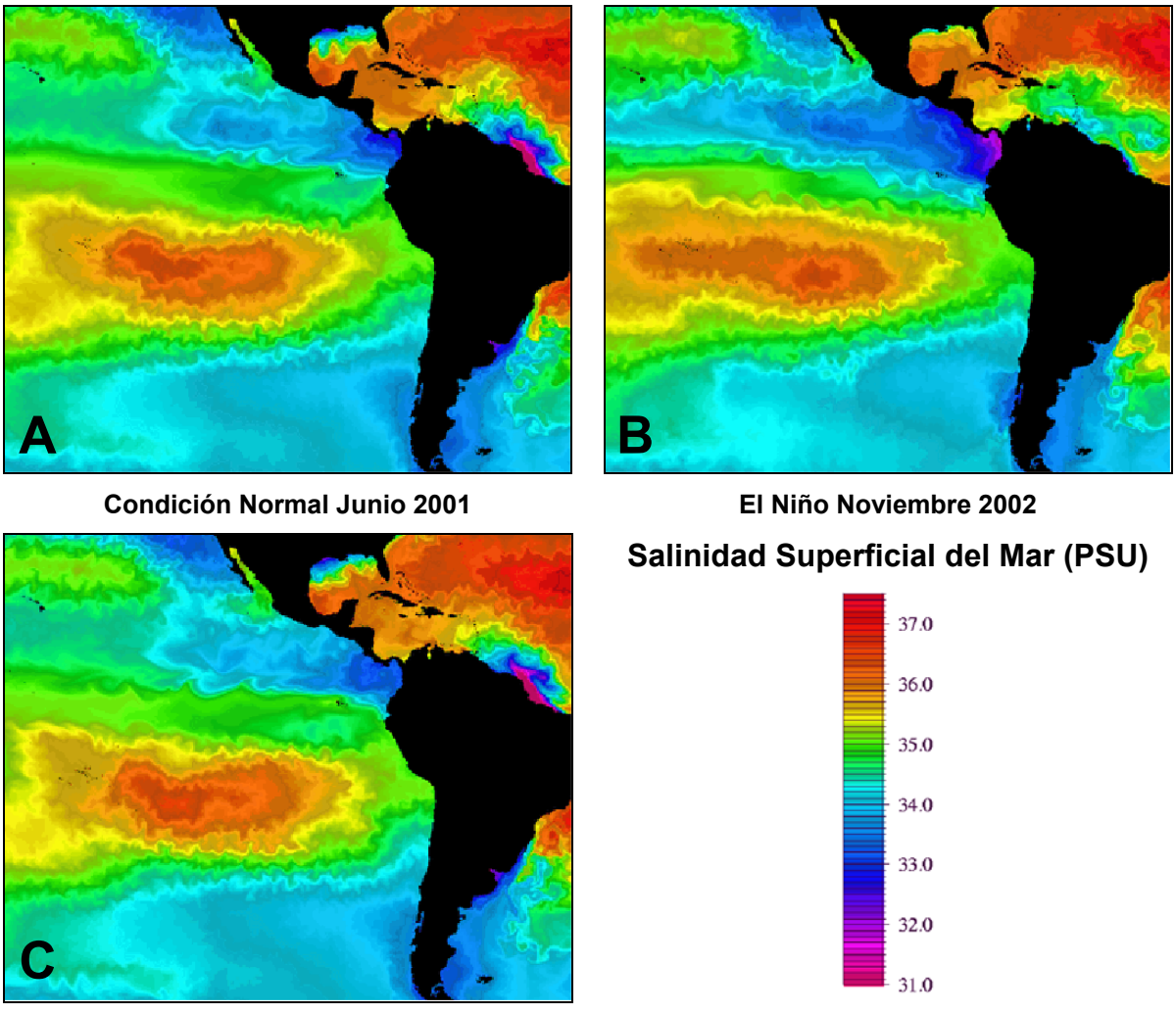


Figura 70. Ejemplos de imágenes de SSM para eventos El Niño y condiciones normales entre Junio 2001 y Mayo de 2003 en el Océano Pacifico Tropical (Fuente: NRL/US-Navy).

La información de lances de pesca georreferenciados de dos barcos palangreros que operaron durante el período octubre 2000-2002 es superpuesta sobre los mapas de SSM con el propósito

de estudiar las posibles asociaciones entre pesca y medio ambiente. Para el período octubre 2000 a diciembre 2002 se generaron 48 imágenes semanales por año, con un total de 118 mapas para el tiempo de análisis. Mediante un análisis de superposición se extraen los valores de SSM asociados a cada lance de pesca, de este modo se incluye en la base de datos pesquera-ambiental la información de la SSM. Con la información de SSM se pueden obtener el tipo de masa de agua asociada, variable que también es incluida en el análisis. A modo de ejemplo, se muestra una serie de imágenes semanales de SSM y lances de pesca superpuestos (Fig. 71).

La información extraída de SSM y tipo de masas de agua por lance para el período 2000-2002 es incorporada a la **base datos histórica (2000-2002) ambiente – recurso,** la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

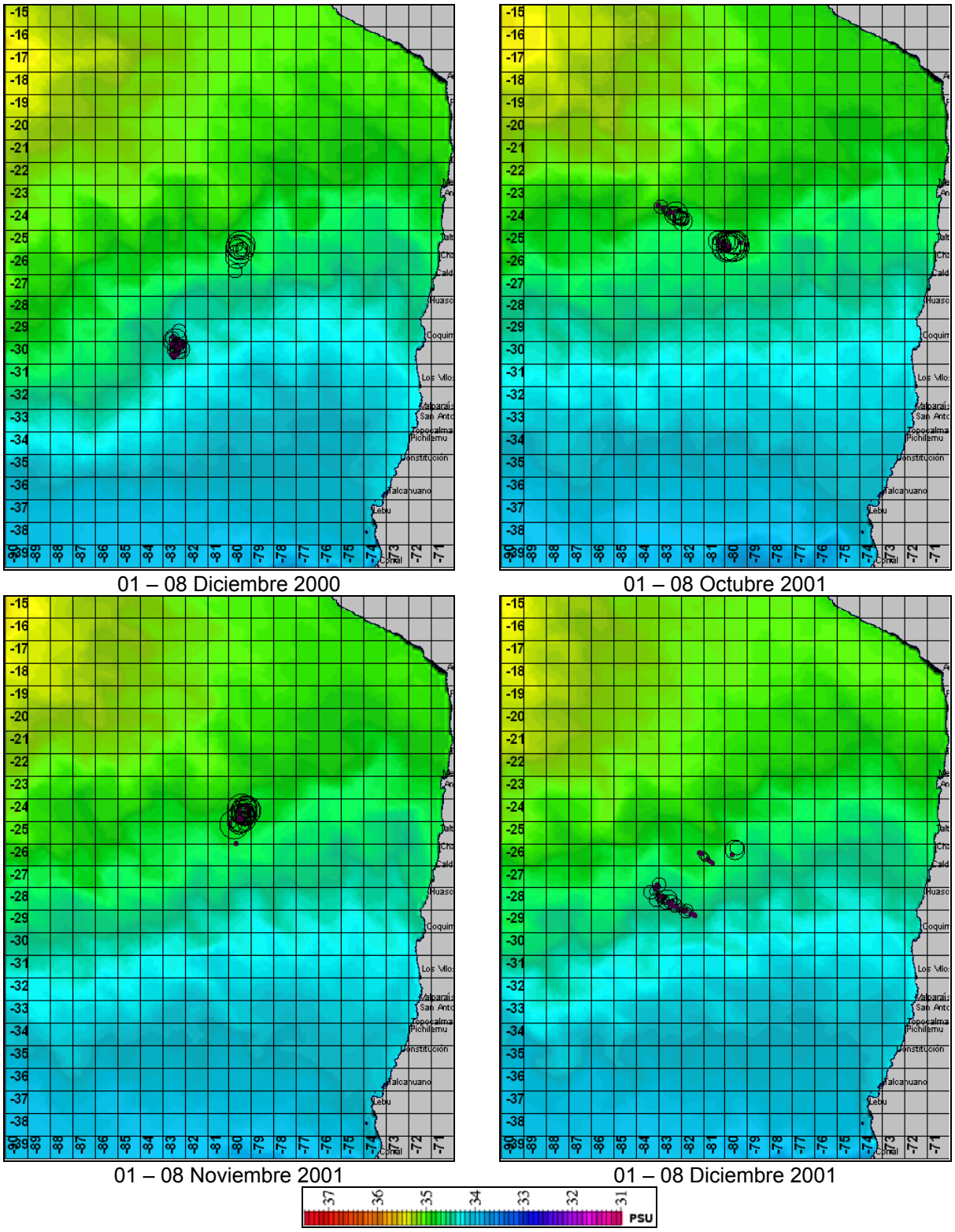


Figura 71. Ejemplo de imágenes semanales de SSM y lance de pesca superpuestos para el período 2000-2002.

Por otro lado, se analizan las relaciones entre la SSM y los lances de pesca efectuados durante los dos cruceros de pesca exploratoria efectuados durante la ejecución del proyecto. Durante la ejecución del primer crucero de pesca exploratoria (ESP01) se generan dos imágenes de SSM a las cuales se le superponen los lances de pesca correspondientes (Fig. 72). Durante la primera semana (10 al 17 Febrero 2003) los lances de pesca se ubican entre los 21º20'-22º58'S y 79º53'-83º45'W con valores de SSM que varían entre los 35 y 35,1PSU asociadas a masas de agua del tipo Agua de Mezcla (AM: 34,5-35,1PSU) entre el Agua subantártica (ASA: 32-34,5PSU) y el ASA: Agua Subtropical (AST: 35,1-39). En la segunda semana (18 al 25 de Febrero de 2003), los lances de pesca se efectúan entre los 23º-24º54'S y 82º39'-84º29'W en SSM que fluctúan entre 34,9 y 35,1PSU correspondientes a masas de agua del tipo AM.

Durante el desarrollo del segundo crucero de pesca exploratoria (ESP02) se generan tres imágenes de SSM las cuales se les superponen los lances de (Fig. 73). Durante la primera semana (29 Julio – 5 Agosto 2003), los lances de pesca se localizan entre los 22º50'–23º10'S y 82º40'-82º53'W en áreas de SSM que fluctuaron entre los 35 y 35,1PSU en masas de agua del tipo AM. En la semana comprendida entre el 6 y 13 de Agosto la operación de pesca se concentró entre los 25º23'-25º43'S y 81º34'-82º01'W en áreas de SSM que variaron entre los 34,8 y 34,9PSU correspondientes a masas de aguas del tipo AM. Durante la tercera semana del crucero de pesca exploratoria, que abarca el período del 14 al 21 de Agosto de 2003, las faenas de pesca se desarrollan entre los 25º35'-25º38'S y 81º26'-81º48'W en zonas oceánicas que presentaron SSM de 34,8PSU que representan masas de agua del tipo AM.

La información extraída de SSM y tipo de masas de agua por lance en los dos cruceros ejecutados durante la ejecución del proyecto es incorporada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

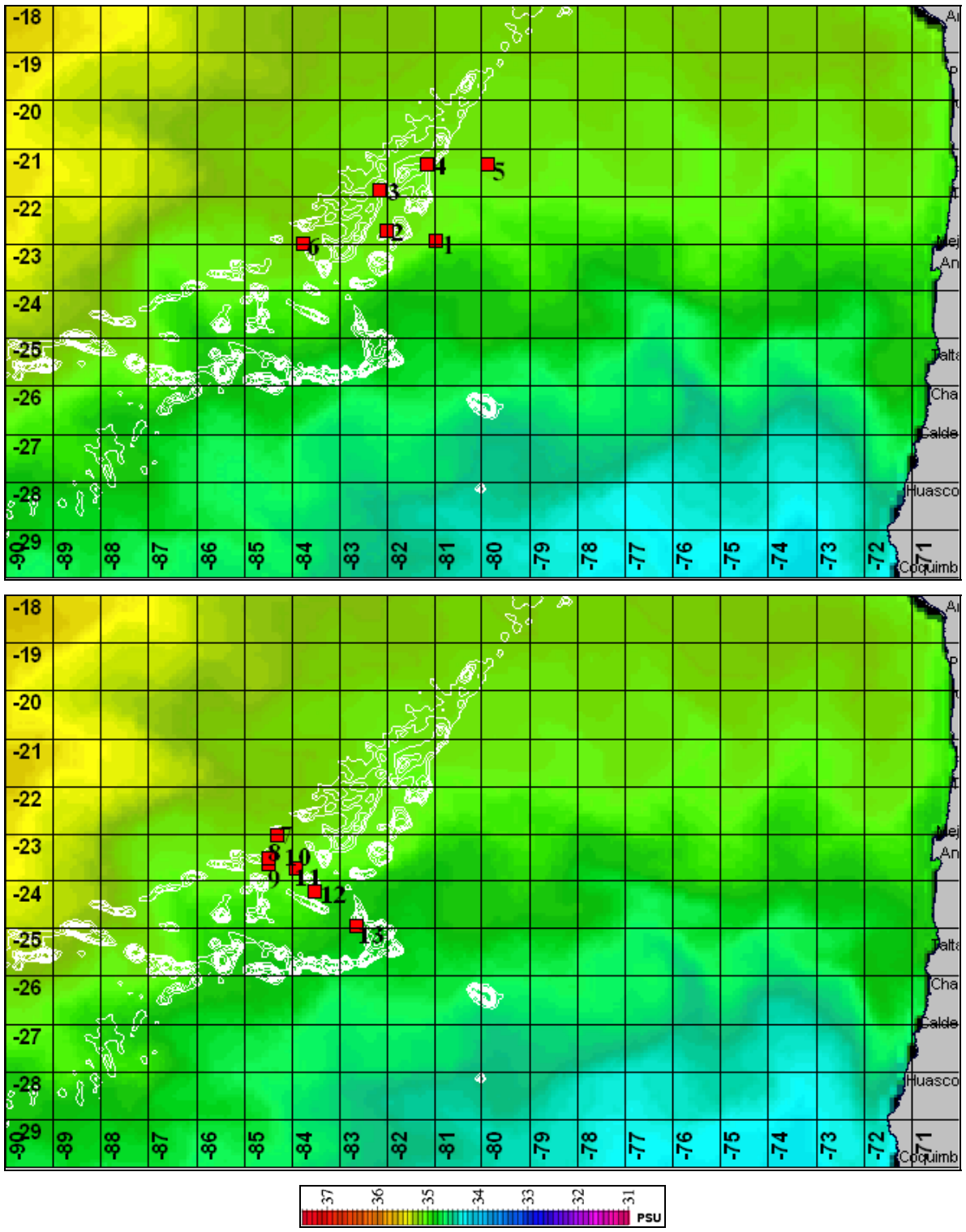


Figura 72. Lances de pesca crucero ESP01, SSM y batimetría durante semanas: a) 10-17 Febrero, b) 18-25 Febrero 2003.

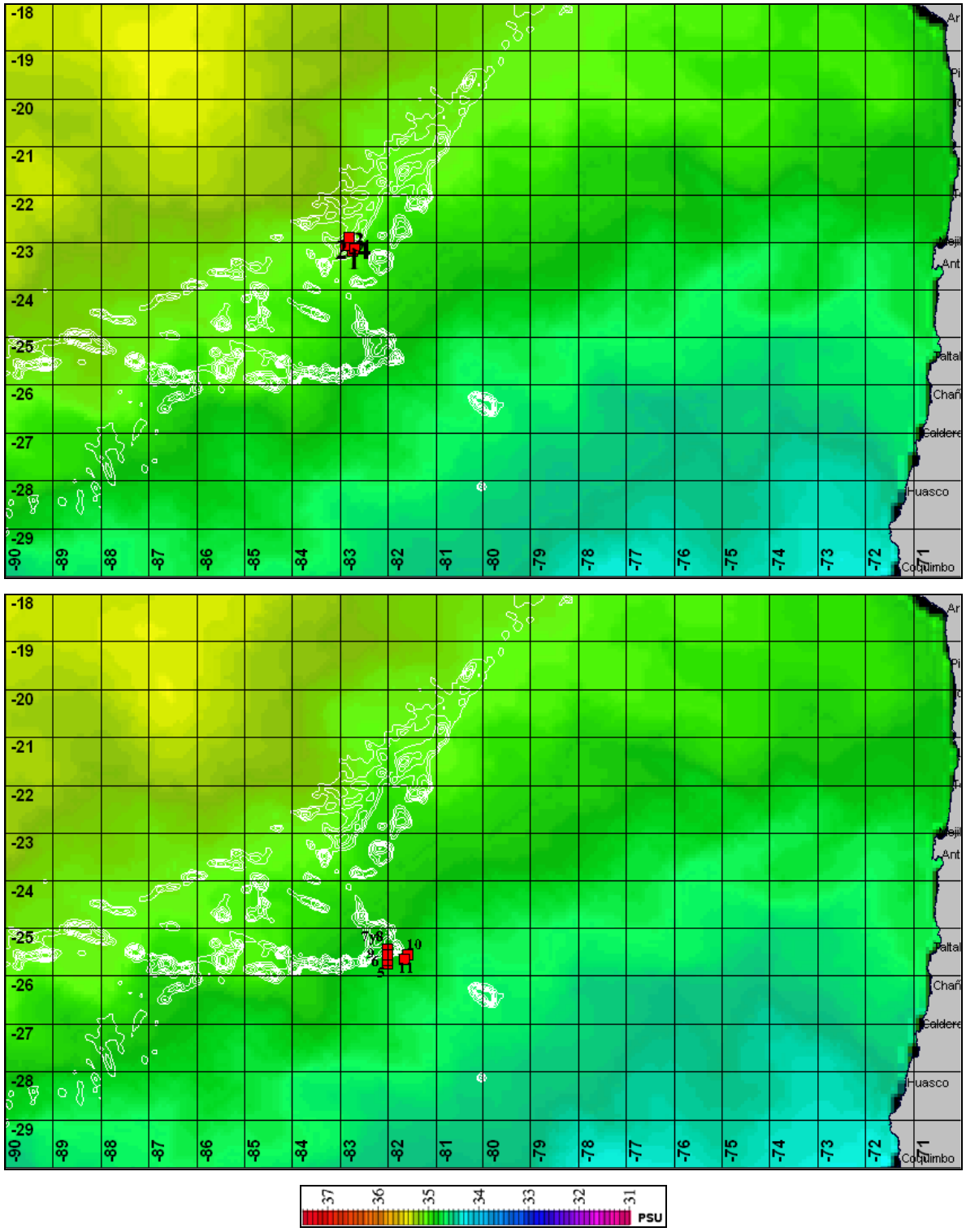
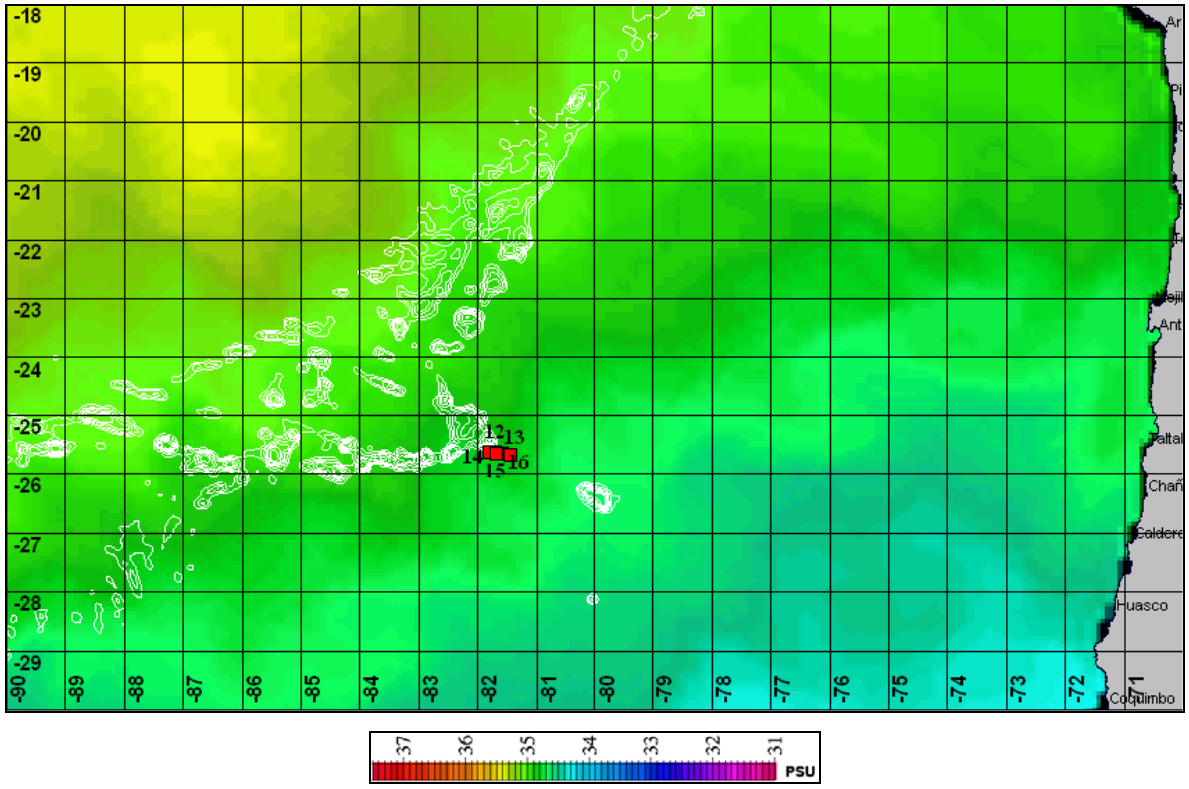


Figura 73. Lances de pesca crucero ESP01, SSM y batimetría durante semanas: a) 29 Julio-05 Agosto, b) 06 - 13 Agosto, c) 14 - 21 Agosto 2003.



Continuación Figura 73.

4.2.8. Clorofila y productividad

Se estudian las imágenes satelitales de concentración de clorofila *a* (Clo_*a*) como indicador de la productividad del ecosistema, esta información es generada con datos provenientes del sensor SeaWiFS a bordo del satélite SeaStar. Durante condiciones normales altos niveles de clorofila son encontrados en el OPT, este alto nivel de productividad es generado por las aguas frías surgentes ricas en nutrientes.

A nivel del OPT, se puede observar la variabilidad espacio-temporal de la Clo_*a* durante el período 1997 a mayo de 2003 (Fig. 74). Gracias al uso de imágenes de Clo_*a* generadas con datos obtenidos del sensor SeaWiFS, los investigadores han podido observar en el OPT la caída de los niveles de clorofila a valores bajos durante el fuerte evento El Niño 1997-1998, este cambio en la productividad se puede evidenciar en la imagen de diciembre de 1997 (Fig. 74A). Observaciones durante el evento La Niña 1999 revelan la existencia en el OPT del "bloom" o afloramiento de algas microscópicas más grande nunca antes visto en la región (Fig. 74B). Durante La Niña aguas frías surgen o afloran más fuertemente a lo largo de la costa oeste de América del Sur, incrementando la Clo_*a* y productividad del área. En junio de 2001 se presentan condiciones normales en el OPT manteniéndose altos niveles de Clo_*a* en el pacifico ecuatorial y a lo largo de la costa de América del Sur (Fig. 74C). En el 2002 se observa un evento El Niño de baja intensidad, en efecto durante noviembre de 2002 se presentan una baja en los niveles de Clo_*a* en el pacífico ecuatorial asociada a una baja en la surgencia ecuatorial (Fig. 74D). Durante la primera semana de mayo de 2003, se puede observar un aumento en la Clo_*a* y productividad del pacífico ecuatorial generado con la llegada de un evento La Niña que enfría las aguas y fortalece la surgencia ecuatorial gracias al fortalecimiento de los vientos de deriva del este (Fig. 74E).

A una escala regional se estudia la variabilidad espacio-temporal de la Cloa_*a* en la zona de estudio durante el período 2000-2002, para ello se generan imágenes semanales de Cloa_*a*. A las imágenes semanales se le superpone la información de lances de pesca georreferenciados de dos barcos palangreros que operaron durante el período 2000-2002, con el propósito de estudiar las posibles asociaciones entre pesca y medio ambiente. Para el período se generaron 48 imágenes semanales por año, con un total de 144 mapas para los tres años de estudio. Mediante un análisis de superposición se extraen los valores de Cloa_*a* asociados a cada lance

de pesca, de este modo se incluye en la base de datos pesquera-ambiental la información de la Clo_*a*. A modo de ejemplo, se muestra una serie de imágenes semanales de Clo_*a* y lances de pesca superpuestos (Fig. 75).

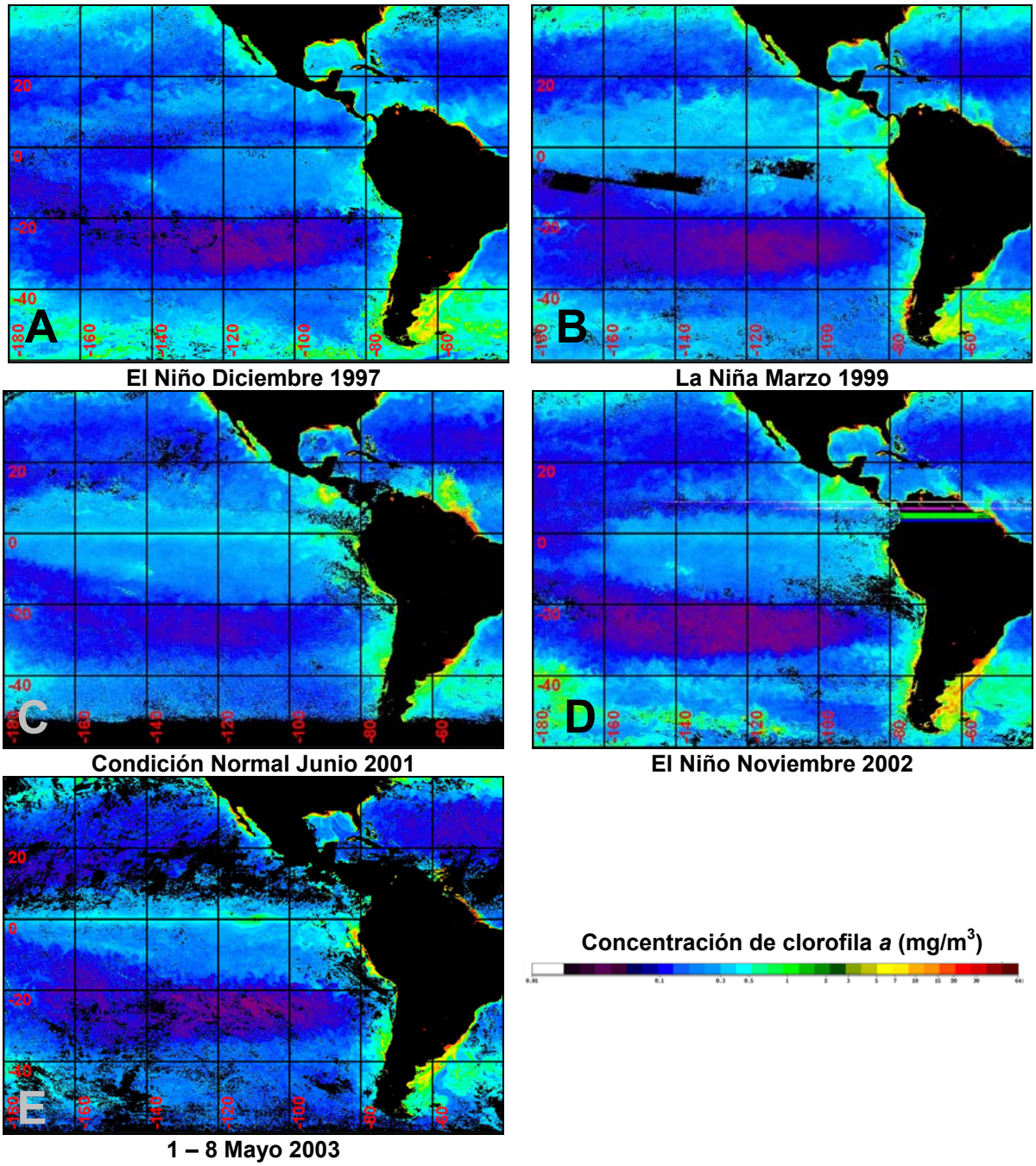


Figura 74. Ejemplos de imágenes de concentración de clorofila *a* para los eventos El Niño, La Niña y condiciones normales observados entre 1997 y Mayo de 2003 en el Océano Pacifico Tropical (Fuente: SeaWiFS/NASA).

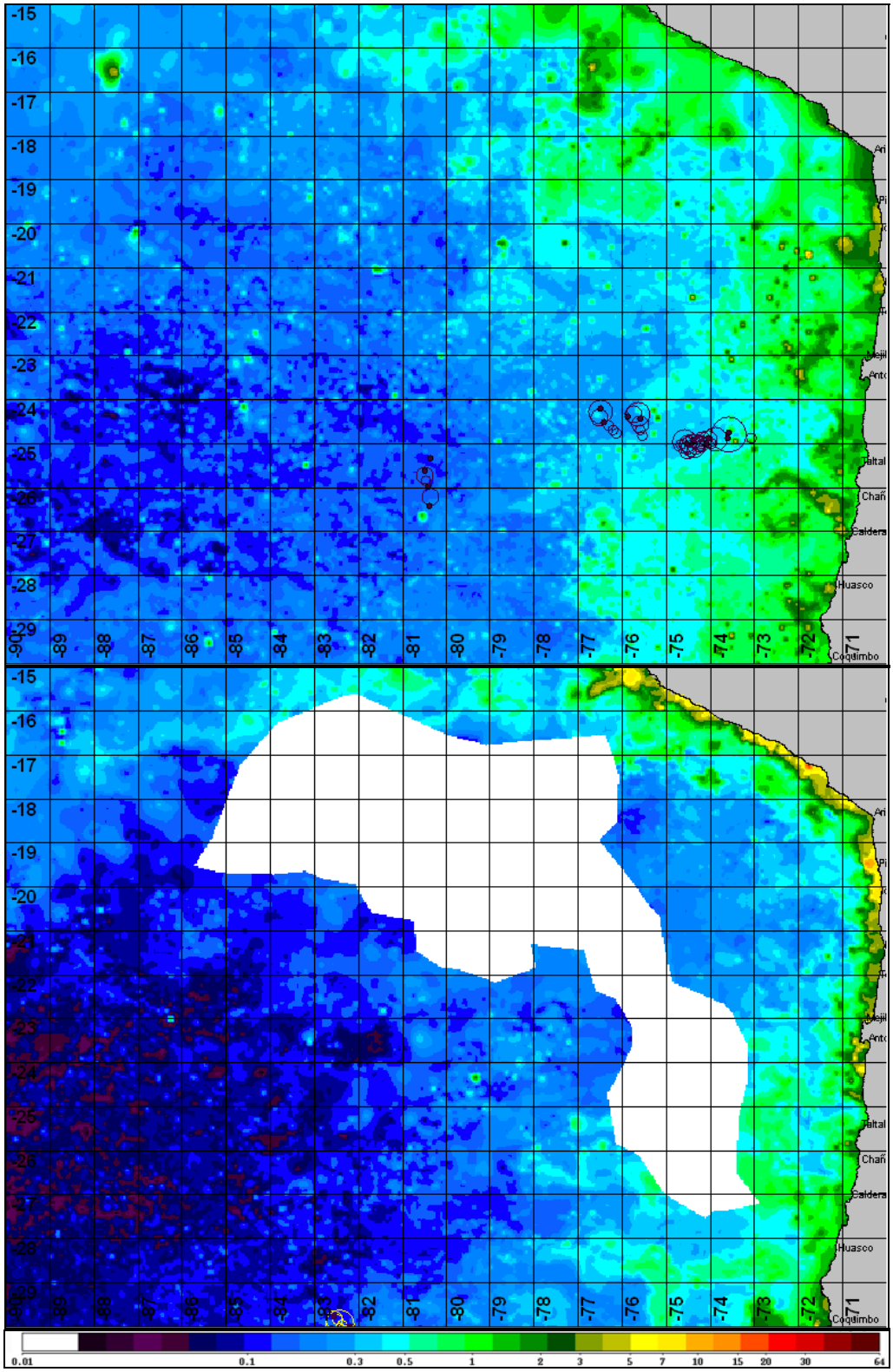


Figura 75. Ejemplo de imágenes semanales de Cloa_*a* captura por lance de barco congelador superpuestas.

También se generan imágenes de Gradientes (Cloa_ran) derivadas de las imágenes de Cloa_*a* y que representan las diferencias de clorofila de las imágenes de Cloa_*a* en cuadrículas de 10*10 millas náuticas (mn).

La información extraída de Cloa_*a* y gradiente de clorofila en 10 mn (Cloa_ran) para el período 2000-2002 es incorporada a la **base datos histórica (2000-2002) ambiente – recurso,** la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

Por otro lado, se analizan las relaciones entre la Cloa_*a* y los lances de pesca efectuados durante los dos cruceros de pesca exploratoria efectuados durante la ejecución del proyecto. Durante la ejecución del primer crucero de pesca exploratoria (ESP01) se generan dos imágenes de Cloa_*a* a las cuales se le superponen los lances de pesca correspondientes (Fig. 76 y 77). También se generan imágenes de gradiente de clorofila en 10 mn (Cloa_ran) derivadas de las imágenes de Cloa_*a* y que representan las diferencias de concentración de clorofila de las imágenes de Cloa_*a* en cuadrículas de 10*10 millas náuticas (mn). Durante la primera semana (10 al 17 Febrero 2003) los lances de pesca se ubican entre los 21º20'-22º58'S y 79º53'-83º45'W, en Cloa_*a* que varían entre los 0,09 y 0,16 mg/m^3 y Cloa_ran entre 0,008 y 0,09 mg/m^3/10mn (Fig. 76). En la segunda semana (18 al 25 de Febrero de 2003), los lances de pesca se efectúan entre los 23º-24º54'S y 82º39'-84º29'W en Cloa_*a* que fluctúan entre 0,05 y 0,077 mg/m^3 y Cloa_ran entre 0,014 y 0,064 mg/m^3/10mn (Fig. 77).

Durante el desarrollo del segundo crucero de pesca exploratoria (ESP02) se generan tres imágenes de Cloa_*a* y tres de Cloa_ran a las cuales se les superponen los lances de pesca. Durante la primera semana (29 Julio – 5 Agosto 2003), los lances de pesca se localizan entre los 22º50'–23º10'S y 82º40'-82º53'W en áreas de Cloa_*a* que fluctuaron entre los 0,01 y 0,12 mg/m^3 con Cloa_ran de 0,011 y 0,033 mg/m^3/10mn (Fig. 78). En la semana comprendida entre el 6 y 13 de Agosto la operación de pesca se concentró entre los 25º23'-25º43'S y 81º34'-82º01'W en áreas de Cloa_*a* que variaron entre los 0,09 y 0,11 mg/m^3 con Cloa_ran de 0,013 y 0,051 mg/m^3/10mn (Fig. 79). Durante la tercera semana del crucero de pesca exploratoria, que abarca el período del 14 al 21 de Agosto de 2003, las faenas de pesca se desarrollan entre los 25º35'-25º38'S y 81º26'-81º48'W en zonas oceánicas que presentaron Cloa_*a* que variaron entre los 0,092 y 0,096 mg/m^3 con Cloa_ran de 0,007 y 0,032 mg/m^3/10mn (Fig. 80).

La información extraída de Cloa_*a* y Cloa_ran por lance en los dos cruceros ejecutados durante la ejecución del proyecto es incorporada a la **base de datos ambiente-recurso monitoreo 2003**, la cual es analizada estadísticamente para establecer las posibles relaciones existentes.

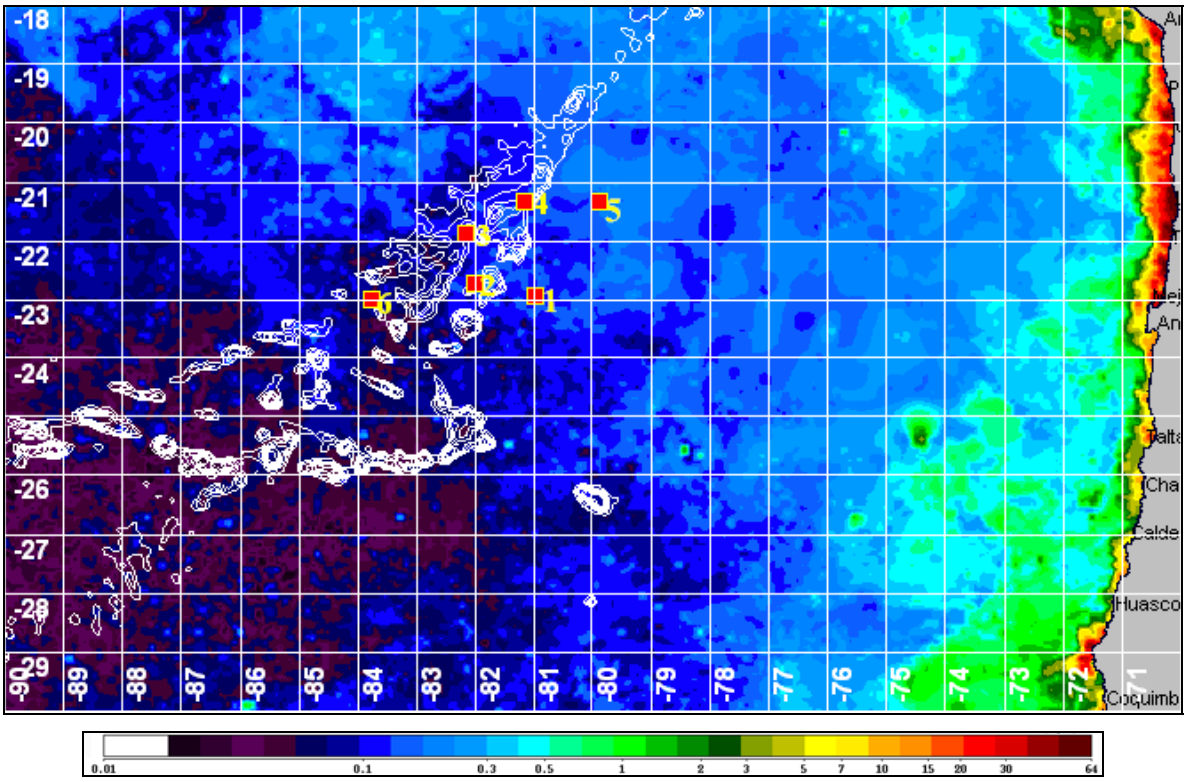


Figura 76. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila y perfil batimétrico durante semana 10-17 febrero 2003.

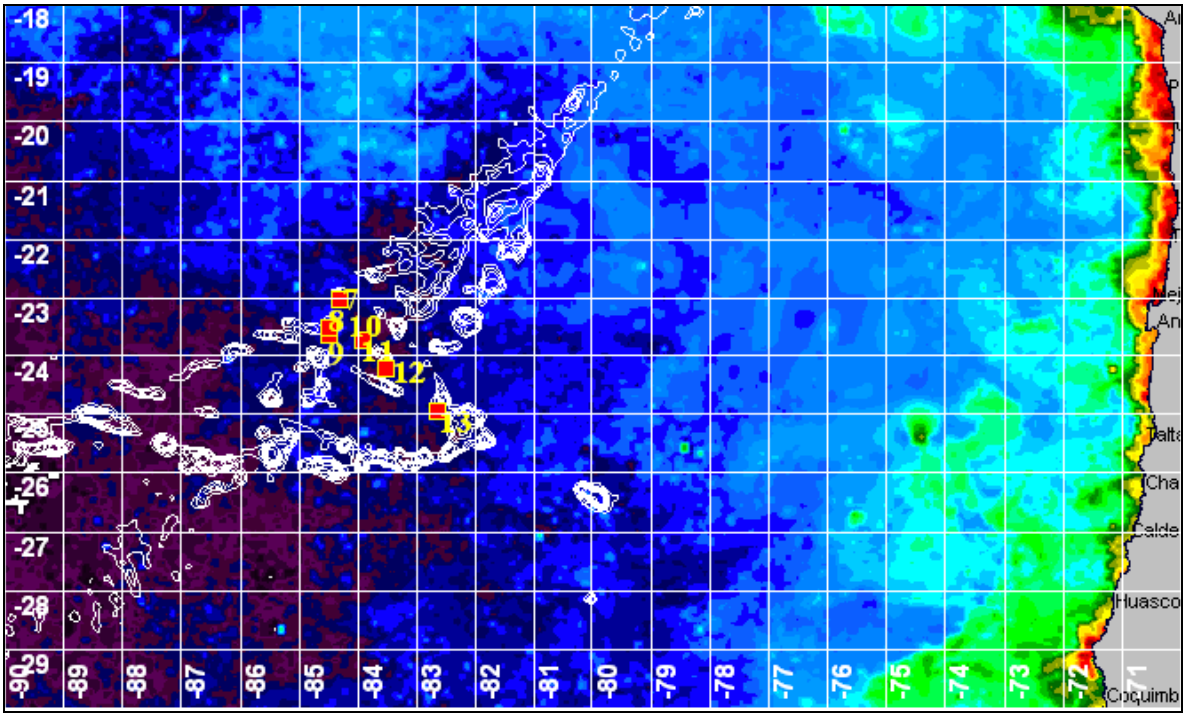


Fig. 77. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila y perfil batimétrico durante semana 18-25 febrero 2003.

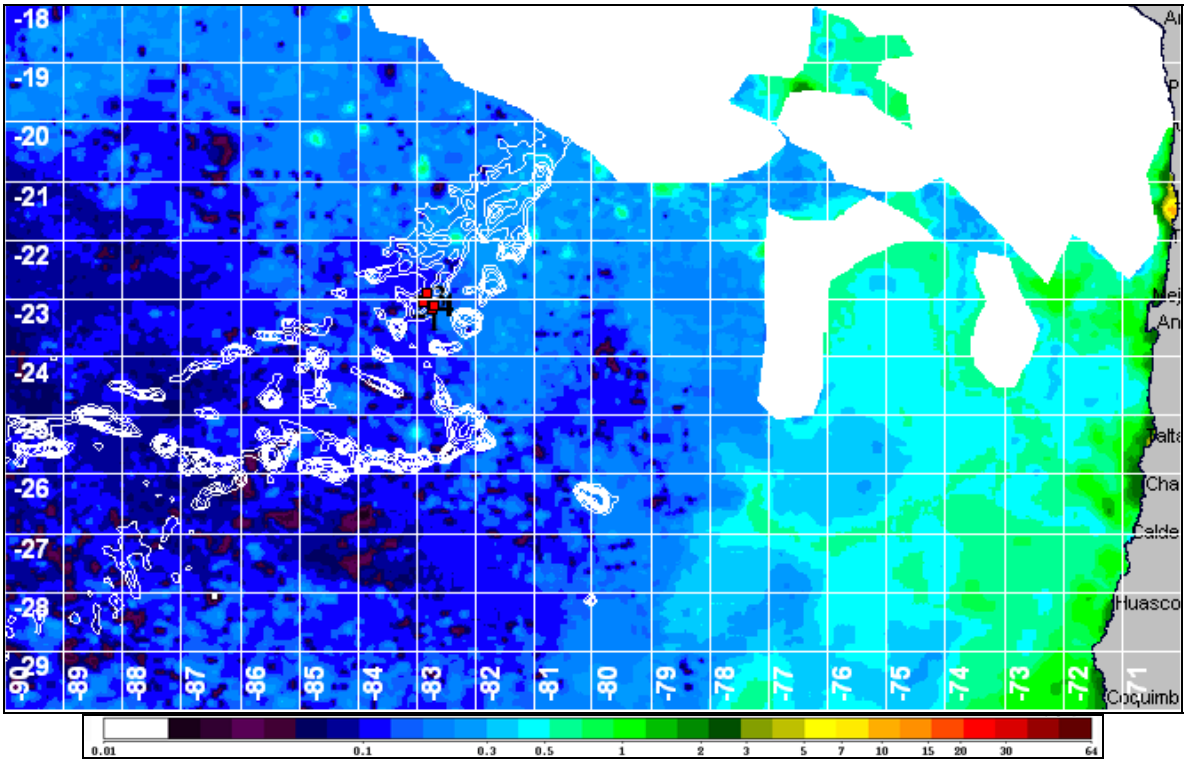


Figura 78. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila *a* y perfil batimétrico en semana 29 Julio-05 Agosto 2003.

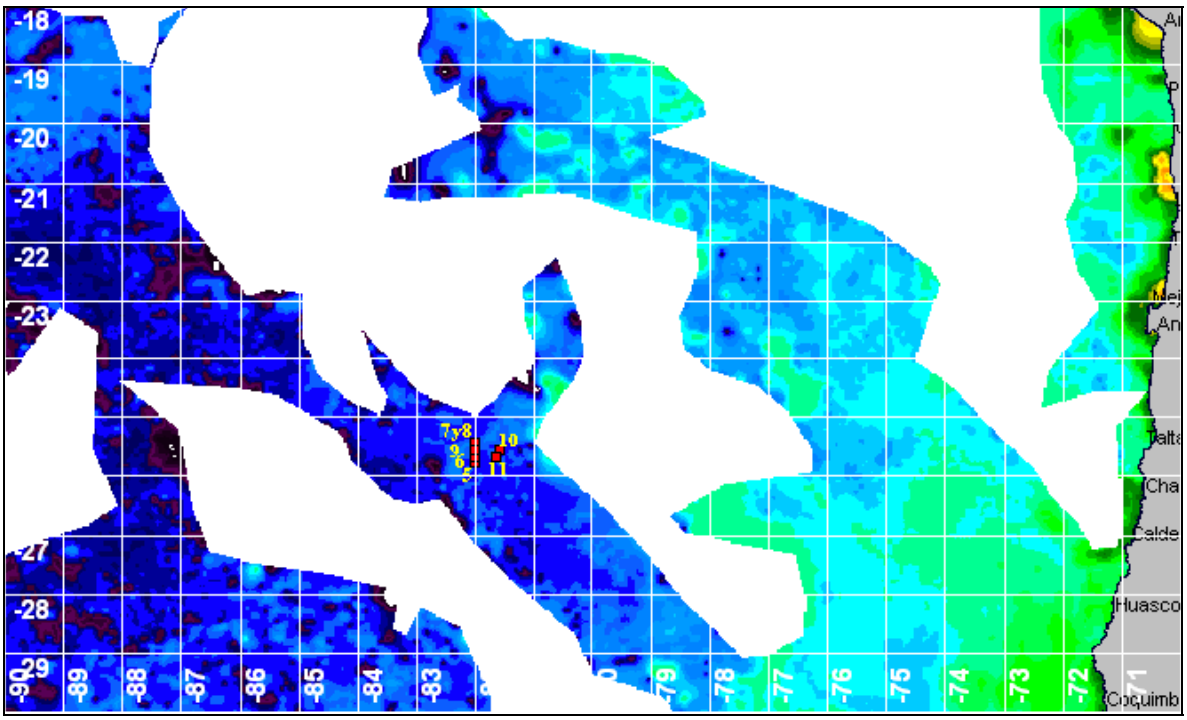


Figura 79. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila *a* y perfil batimétrico en semana 06 - 13 Agosto 2003.

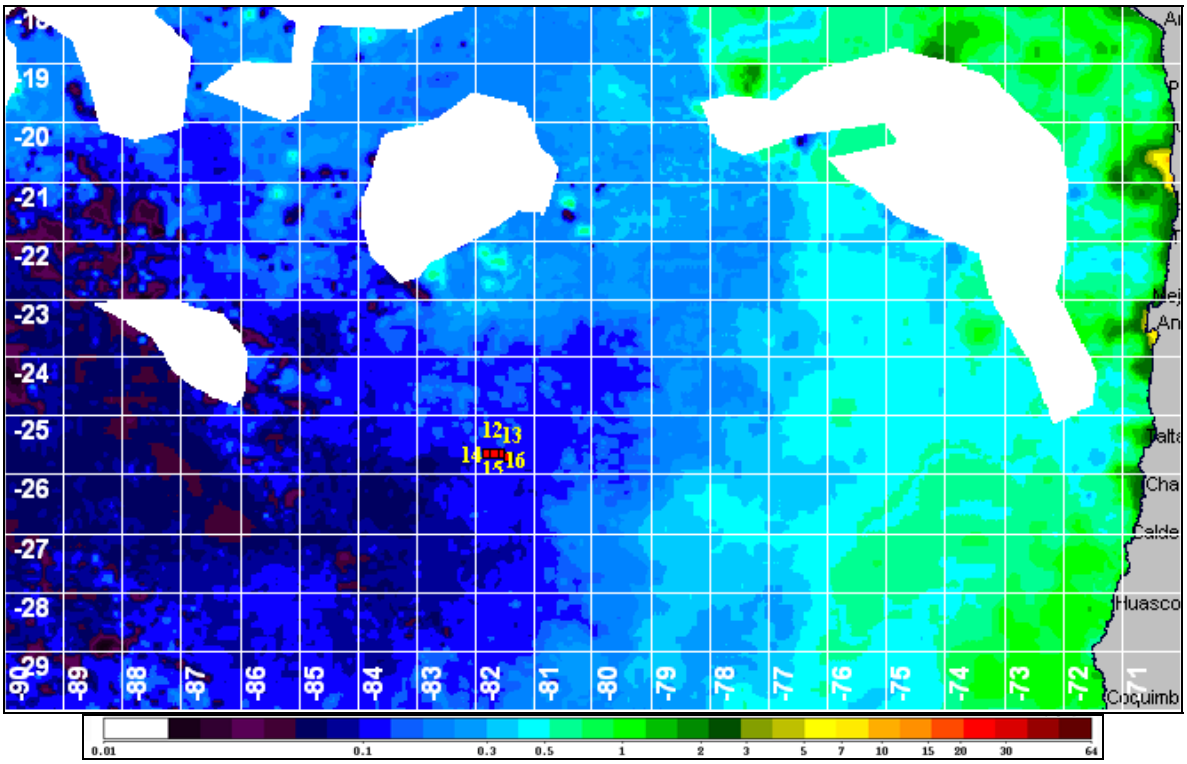


Figura 80. Lances de pesca crucero, concentración de clorofila *a* y perfil batimétrico en semana 14 - 21 Agosto 2003.

4.2.9 Caracterización y distribución de micronecton en la zona de estudio

4.2.9.1. Observación hidroacústica

Durante el crucero de pesca exploratoria ESP01-UCV se realizaron 12 registros fotográficos de la pantalla del videosonda Furuno FCV-261 una vez terminado el calado del aparejo de pesca. La escala del ecosonda estaba en brazas y se ocupó entre 0 y 200 m (aproximadamente 100 brazas). La frecuencia usada fue de 38 KHz y el rango de ganancia de un 65%.

En esta primera etapa, los registros fotográficos de la pantalla del ecosonda se asociaron con los lances de la red IKMT, con la intención de correlacionar con mayor probabilidad las muestras obtenidas. Para la caracterización de los tipos de agregación del micronecton se usó la tipología definida por Bertrand *et al.* (2002). En la Figura 81 se presentan los registros fotográficos de las pantalla del ecosonda. No fue posible obtener otro tipo de registros gráficos por no contar los equipos hidroacústicos con las opciones técnicas para ello.

En el segundo crucero de pesca exploratoria ESP02-UCV se realizó un seguimiento en el período nocturno (21:00 hrs a 24:00 hrs) de los registros presentados en la pantalla del ecosonda entre los 0 y 100 m, escaneando aleatoriamente hasta los 200 metros. El ecosonda en este segundo viaje fue un JRC *Fishfinder* FF30, con frecuencia de 38 Khz y con rango de ganancia de 70% y 100%, ésta última para verificar la presencia real de blancos del ruido del medioambiente. En la Tabla 8 se ilustra una Ficha de muestreo del crucero ESP02, de registros de pantalla de ecosonda donde se registró la fecha, hora, longitud y latitud medias y el tipo de agregación más próximo a la clasificación indicada en la Propuesta Técnica. Conjuntamente se presenta una foto de pantalla en cada hora de monitoreo regularmente durante 11 días (del 02.08.03 al 13.08.03) de las cuales se rescatan las de mejor presentación. En la Figura 82 se presentan los registros fotográficos por fecha y hora.

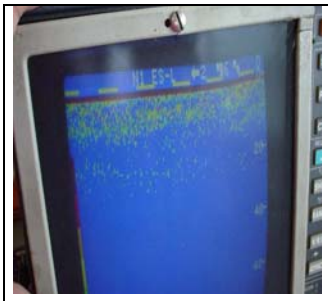
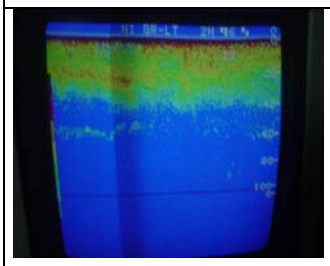
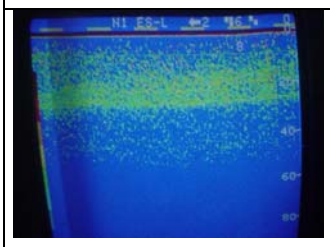
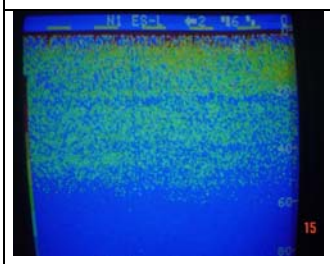
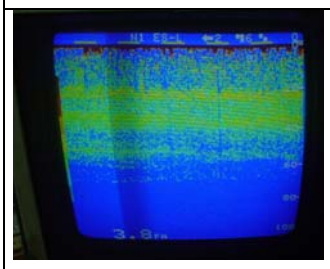
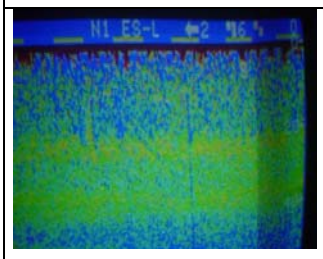
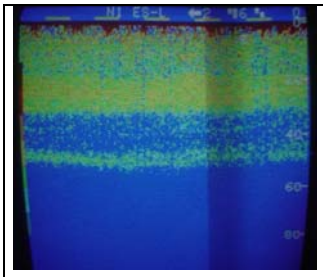
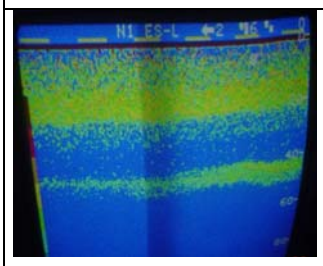
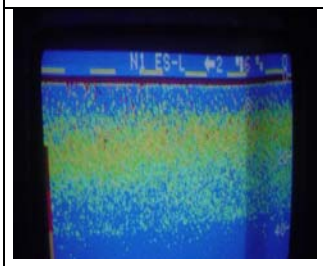
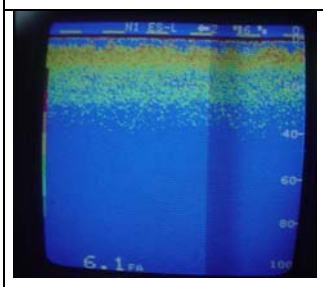
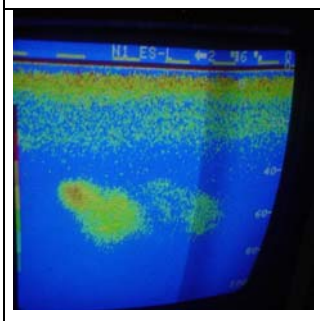
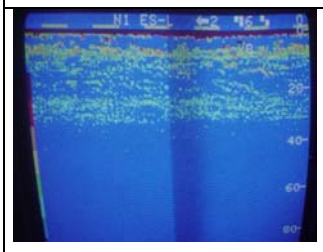
	REGISTRO 1 Lance 1 Día 10.02.03 17:50 hrs 22º51S-81º02W Registro disperso cerca de la superficie (0-40m) tipo D, SSS=Stick shaped structure Profundidad capa: 30 – 45 m Profundidad promedio red : 35 m
	REGISTRO 2 Lance 2 Día 12.02.03 11:50 hrs AM 22º34S-82º21W Registros concentrados cerca de la superficie (0-80 m) tipo B, NSL=Núcleo en scattering layer Profundidad capa: 0-110 m Profundidad promedio red : 35 m
	REGISTRO 3 Lance 3 Día 14.02.03 01:40 hrs. AM 21º20S-80º40W Registros discretos bajo la superficie tipo A tenue. Profundidad capa : 15 – 90 m Profundidad promedio red : 35 m
	REGISTRO 4 Lance 4 Día 15.02.03 01:22 hrs. 20º47S-79º47W Registros discretos concentrados en la superficie tipo A. Profundidad capa: 0-110 m. Profundidad promedio red : 35-55 m.
	REGISTRO 5 Lance 5 Día 17.02.03 17:50 hrs. 22º51S-81º02W Registros densos acordonados bajo la superficie tipo A y B Profundidad capas (3): 40-60m ; 60-70 m y 80-110m . Profundidad promedio red : 55 m
	REGISTRO 6 Lance 6 Dia 18.02.03 00:40 hrs 23º04S-84º54W Registros acordonados y densos bajo superficie tipo A (SSL). Profundidad capas (2): 35-50m y 60-80 m. profundidad promedio red : 40 m

Figura 81. Registros de pantalla de ecosonda asociados a los lance de arrastre con red IKMT

	REGISTRO 7 Lance 7 Dia 19.02.03 01:10 hrs 23º01S-84º51W Registro denso cerca de superficie tipo A (SSL) y B (NSL). Profundidad capas (2): 35-55 m y 80-90 m. Profundidad promedio red : 70 m
	REGISTRO 8 Lance 8 Dia 20.02.03 00:00 hrs 23º01S-84º51W Registros densos separados en cordones tipo A (SSL). Profundidad capas (2): 18-35 m y 70-80 m. Profundidad promedio red : 70 m
	REGISTRO 9 Lance 9 Dia 21.02.03 01:40 hrs 23º27S-84º28W Registro capa bajo superficie tipo B (NSL) Profundidad capa: desde 18 a 40 m , máxima 70 m. Profundidad promedio red : 30 m
	REGISTRO 10 Lance 10 Dia 22.02.03 01:45 hrs 24º23S-83º02W Registro denso de poco espesor cerca de superficie tipo B. Profundidad capa: 10-20 m máximo densidad; máxima profundidad 70 m Profundidad promedio red : 30 m
	REGISTRO 11 Lance 11 Dia 23.02.03 01:30 hrs 24º37S-83º02W. Registro capa cerca de superficie tipo B con agregaciones tipo C (*LAS*) entre 70 y 120 m. Profundidad capa: 10-20 m máximo densidad, concentración marcada en los 50 – 70 m Profundidad máxima capa 70 m. profundidad promedio red : 35 m
	REGISTRO 12 Lance 12 Dia 24.02.03 01:45 hrs 24º29S-83º08W Registro de capa tenue cerca superficie tipo D, entre 10 y 18 m. Profundidad máxima registro: 55 m profundidad prmedio red : 30 m

Continuación Figura 81

Tabla 8. Ficha muestreo registros ecosonda Crucero ESP02.

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Tipo Agg
02.08.03	21:00	23 09	82 45	A
	22:00	23 01	82 52	A
	23:00	22 53	83 00	A
	24:00:00	22 56	83 00	A
03.08.03	01:00	22 55	82 59	A
	09:00	2300	82 40	A
	21:00	22 52	82 48	E
	22:00	23 00	82 42	E
	23:00	22 59	82 45	E
	24:00:00	22 54	82 43	E
04.08.03	21:00	23 06	82 42	E
	22:00	23 10	82 36	D
	23:00	23 14	82 37	E
	24:00:00	23 20	82 38	E
06.08.03	21:00	25 16	82 08	D
	22:00	25 16	82 10	D
	23:00	25 15	82 12	D
	24:00:00	25 13	82 13	E
	01:00	25 11	82 15	D
07.08.03	21:00	25 06	82 06	E
	22:00	25 07	82 05	D
	23:00	25 05	82 07	E
	24:00:00	25 04	82 09	E
08.08.03	01:00	25 03	82 12	E
	21:00	25 03	82 19	E
	22:00	25 09	82 12	A
	23:00	25 12	82 10	E
	24:00:00	25 15	82 06	E
09.08.03	21:00	25 11	82 24	E
	22:00	25 16	82 22	D
	23:00	25 16	82 13	E
	24:00:00	25 17	82 06	E
10.08.03	21:00	25 21	82 00	E
	22:00	25 19	82 03	D
	23:00	25 22	82 00	D
	24:00:00	25 25	81 59	D
11.08.03	21:00	25 04	81 11	D
	22:00	25 05	81 14	E
	23:00	25 04	81 14	E
	24:00:00	25 04	81 15	E
12.08.03	21:00	25 30	82 12	E
	22:00	25 30	82 12	E
	23:00	25 33	82 08	E
	24:00:00	25 34	81 55	E
13.08.03	21:00	25 28	82 18	E
	22:00	25 28	82 17	E
	23:00	25 29	82 08	E
	24:00:00	25 30	82 00	E

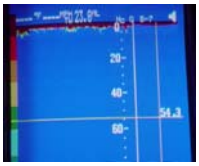
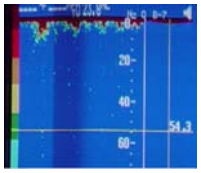
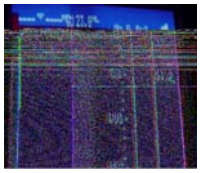
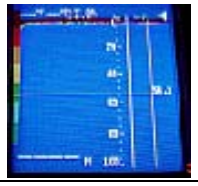
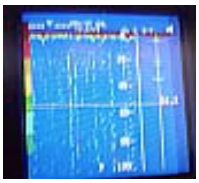
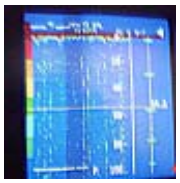
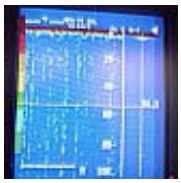
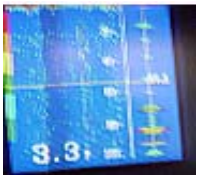
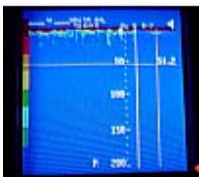
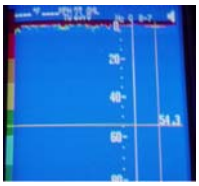
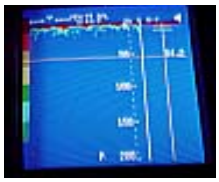
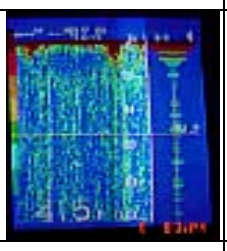
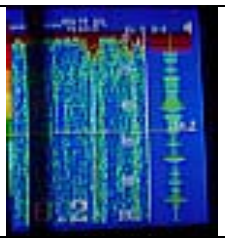
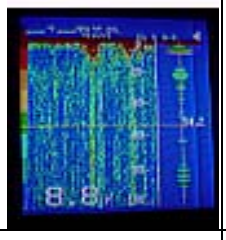
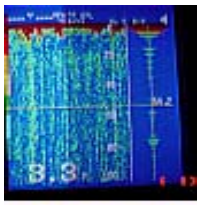
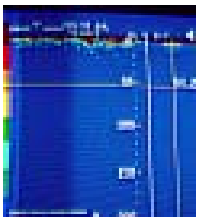
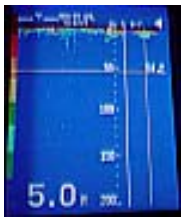
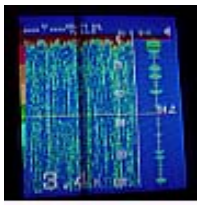
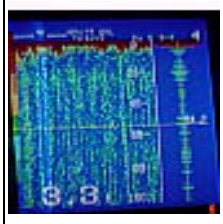
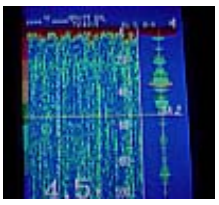
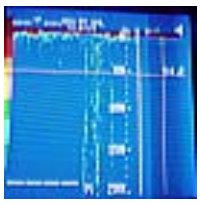
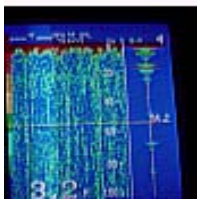
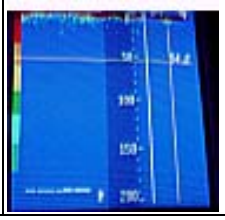
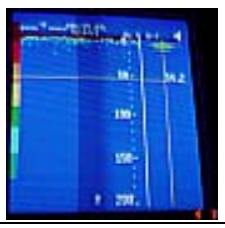
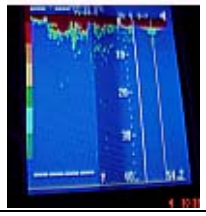
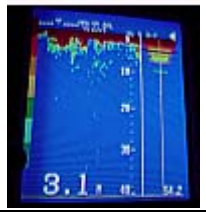
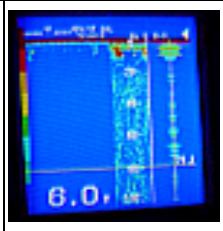
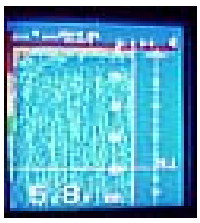
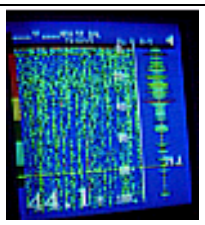
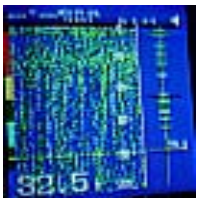
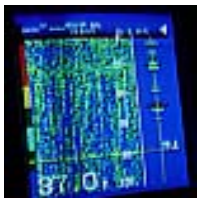
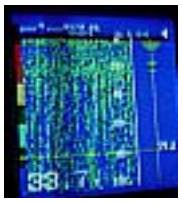
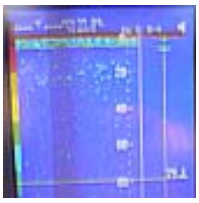
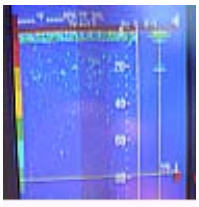
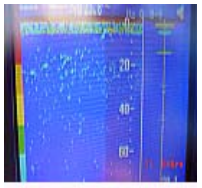
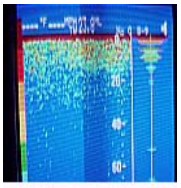
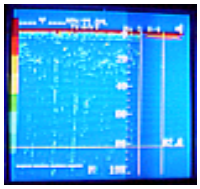
FECHA	2100	2200	2300	2400
02.08.03				
03.08.03				
04.08.03				NO DISPONIBLE
06.08.03				
07.08.03				NO DISPONIBLE
08.08.03				
09.08.03				

Figura 82. Registros de Pantalla ecosonda JRC, Crucero ESP02.

FECHA	2100	2200	2300	2400
10.08.03				
11.08.03				
12.08.03			NO DISPONIBLE	
13.08.03				NO DISPONIBLE

Continuación Figura 82:

4.2.9.2. Identificación de especies muestreo IKMT

Al estudiar en particular los hábitos de alimentación del pez espada (*Xiphias gladius*), en el ecosistema asociado a la Cordillera de Nazca, resulta importante y necesario conocer los componentes del sistema para visualizar las posibles relaciones tróficas y la disponibilidad de alimento. Tal conocimiento permite mejorar el conocimiento del hábitat trófico pelágico y comprender las relaciones depredador-presa presentes

Con este propósito, entre el 6 y el 28 de febrero de 2003, a bordo del PAM ELENA-S, en el área asociada a la Cordillera de Nazca, entre los 15°00'y 24°00'S y 76°' y 85°W; se realizaron 12 lances de arrastre con una red IKMT para tomar muestras de micronecton superficial entre los 5 y 70 metros durante la medianoche (Tabla 9). También junto a cada lance y periódicamente se registraron 13 estaciones de medición de las variables temperatura, salinidad v/s temperatura con un sensor CTD Seabird25, hasta los 230 m.

Tabla 9. Lances de arrastre con la Red IKMT Crucero ESP01

FICHA DE MUESTREO RED IKMT - MICRONECTON										
Fecha	Lance	Hora ini	Hora Fin	Latitud	Longitud	Tpo arrastre	Angulo	Prof layer	Prof. red	Código Estrato
10.02.03	1	17:50	18:00	22°51,1	81°02,5	10	30-45	25-40	35	D
12.02.03	2	11:50	12:10	22°34,8	82°21,2	10	30-45	25-40	30-35	B
14.02.03	3	01:40	01:55	21°20,6	80°40,2	10	20-35	15-40	35	A
15.02.03	4	01:22	01:35	20°47,1	79°47,0	10	30	45	35-55	A
17.02.03	5	02:10	02:40	22°35,5	84°14,2	10	35	30-40	55	A-B
18.02.03	6	00:40	01:10	23°04,2	84°54,8	10	30	0-50	40	A
19.02.03	7	01:10	01:45	23°01,7	84°51,6	10	30-35	40	70	A-B
20.02.03	8	00:00	00:45	23°01,5	84°52,0	10	30-35	55	70	A
21.02.03	9	01:40	02:00	23°27,3	84°28,7	10	30	25	30	A
22.02.03	10	01:45	02:10	24°23,0	83°02,0	10	35	30	30	A
23.02.03	11	01:30	01:45	24°37,4	83°02,3	10	30	35	35	B
24.02.03	12	01:45	02:00	24°29,2	83°08,0	10	30	20-30	30	D

Las condiciones climáticas de la zona prospectada presentaron un viento predominante del SE con intensidades bajas (BF 1 – 2), cielos con alta nubosidad, baja presencia de aves marinas y altas temperaturas en la superficie del mar que varió entre los 19,5 a los 22,0 °C. Debido a que el arrastre de la red IKMT fue realizado a muy baja velocidad (1–1,5 nudos), para el objetivo de capturar organismos del micronecton, prácticamente lo que se obtuvo fue una muestra de zooplancton. No obstante, se analizó la captura lograda para determinar la abundancia de otros organismos presentes en el área.

La Tabla 10 contiene el número de individuos en cada grupo taxonómico por lance del primer crucero. Cabe hacer notar que, debido a deficiencias en la fijación de las muestras Nº 6, 8, y 12, la abundancia relativa es muy probable que haya sido subestimada a causa del mal estado de conservación de un alto porcentaje de los organismos.

Tabla 10.- Abundancia numérica por Lance, y totales por grupo taxonómico, Crucero ESP01.

	L1	*L2*	*L3*	*L4*	*L5*	*L6*	*L7*	*L8*	*L9*	*L10*	*L11*	*L12*	**Total**
Sifonóforosl	42	7	68	254	90	101	220	8	174	254	143	295	**1656**
Salpas	455	0	96	272	3	0	101	+	45	8	92	0	**1072**
Medusas	10	0	21	51	0	0	13	0	231	64	8	0	**398**
Quetognatos	6	2	41	17	0	0	66	0	42	45	25	0	**244**
Doliolidos	12	1	794	4	1	0	256	0	24	135	0	0	**1227**
Pyrosomas	0	0	0	0	15	4	21	0	0	2	0	0	**42**
Ctenóforos	2	0	1	4	0	0	5	0	0	0	0	0	**12**
Poliquetos	0	0	15	.3	0	0	35	0	51	92	42	0	**238**
Crustaceos (Ostracoda)	0	0	57	22	0	0	30	0	21	10	36	0	**176**
Crustáceos (Amphipoda)	.3	0	135	135	5	3	401	18	254	169	182	0	**1305**
Crustáceos (Euphausiacea)	0	0	90	76	2	0	386	0	1043	1280	0	0	**2877**
Crustáceos (Sergestida)	0	0	5	6	0	0	0	0	6	13	2	0	**32**
Larvas de crustáceos	3	2	611	38	0	0	28	0	54	42	13	1	**792**
Moluscos (Pteropoda)	69	5	177	76	69	12	61	6	65	61	39	13	**653**
Moluscos (Cephalopoda) (no identificados)	1	0	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	**7**
ONYCHOTEUTHIDAE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
Peces													
MYCTOPHIDAE: Hygophum sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	**3**
Otras especies no identificadas													
sp1 (Hexagrammidae?)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
sp2 code WHBE	0	0	11	1	0	0	4	0	28	2	0	0	**46**
sp3 (Exocoetidae?)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
sp4 code LNG	0	1	2	0	0	0	4	0	1	1	0	0	**9**
sp5 code LRV	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
Ictioplancton (no identificado)	2	1	27	2	2	0	13	0	26	12	1	0	**86**

Entre el 28 de julio y el 22 de agosto se realizó un segundo crucero de pesca exploratoria, ESP02, a bordo del pesquero CHRISTINA-S, durante el cual se alcanzó a ejecutar tres lances de arrastre con la red IKMT. En este último lance las fuertes condiciones de viento y mar reinantes (20 nudos del SE y marejada) sumado a un aumento en la velocidad de rastreo, 3,5 a 4,0 nudos; llevaron a una rotura de la red en túnel y copo, no siendo posible recuperar el arte y continuar los rastreos (Tabla 11). Con lo anterior solamente dos muestras se obtuvieron para análisis de laboratorio.

Tabla 11. Lances de arrastre con la Red IKMT Crucero ESP02

FICHA DE MUESTREO RED IKMT - MICRONECTON										
Fecha	Lance	Hora ini	Hora fin	Latitud	Longitud	Tpo arrastre	Angulo	Prof layer	Prof Red	Código Est
02.08.03	1	22:13	22:30	23 00,0	83 33,0	20	25		45-55	A
03.08.03	2	22:33	22:55	23 00,0	82 50,0	20	25		35-45	A
0.08.03	3	22:15	23:00	23 20,0	82 50,0	20	35		50-60	A

En la Tabla 12, correspondiente al crucero ESP02, se observa una menor diversidad con respecto a los resultados anteriores lo que, en su mayor parte, probablemente reflejan el cambio de velocidad de muestreo que se aplico en esta ocasión. Nuevamente los organismos más frecuentes en la muestra fueron los gelatinosos (Sifonóforos y Salpas) y los crustáceos (Eufáusidos principalmente). Entre los organismos que constituyen el ictioplancton presente, cabe destacar la presencia del género Stomias. Los mictófidos estuvieron prácticamente ausentes.

En general (Tabla 13), al comparar ambos cruceros, se observa la predominancia de crustáceos zooplanctónicos y de organismos gelatinosos del zooplancton, siendo peces y moluscos (principalmente los cefalópodos) los menos abundantes.

El conocimiento que existe sobre la presencia de al menos unas 22 especies de la familia *Mictophidae* (Sepúlveda,1987) que figura como uno de los ítem presentes en los contenidos estomacales de *Xiphias gladius* (ca. 15%)y de las presas de esta especie, no se refleja apropiadamente en los muestreos realizados.

En un análisis más detallado de las muestras de zooplancton, se puede observar unas 42 especies zooplantónicas presentes en la columna de agua: Pterópodos (6 spp), Eufáusidos (4

spp), Anfípodos (4 spp), Ictioplancton (4 spp), Sifonóforos (8 spp), entre los grupos mas importantes.

La diversidad zooplanctónica en las muestras es escasamente representativa de la oferta ambiental alimenticia disponible para el pez espada, el que en todo caso es un depredador oportunista de carácter mesopelágico cuya dieta. sin embargo parece concentrarse en moluscos (cefalópodos), peces y crustáceos pelágicos (Oyarzún, 2001, Bertrand et al., 2002)

Tabla 12. Abundancia numérica por lance (segundo crucero), Crucero ESP02

	b10	b211	total
SifonóforosI	236	69	305
Salpas	179	202	381
Medusas	16	4	20
Quetognatos	41	21	62
Doliolidos	14	1	15
Pyrosomas	61	1	62
Pteropodos	66	71	137
Heteropodos	28	3	31
Ctenóforos	0	0	0
Poliquetos	4	0	4
Crustáceos (Ostracoda)	0	0	0
Crustáceos (Amphipoda)	29	8	37
Crustáceos (Euphausiacea)	138	11	149
Crustáceos (Sergestida)	0	0	0
Larvas de crustáceos	29	1	30
Moluscos (Pteropoda)	66	0	66
Moluscos (Cephalopoda) Liguriella sp.)	4	1	5
Ictioplancton (no identificado)	21	8	29

Tabla 13.- Composición de la muestra total, ambos cruceros

	Crucero ESP01	Crucero ESP02
Crustaceos	6132	216
Sifonoforos	1656	305
Doliolidos	1227	15
Salpas	1072	381
Moluscos	653	66
Medusas	398	20
Poliquetos	238	4
Peces	147	
Pyrosomas	42	62
Ctenoforos	12	
Cefalopodos	8	5
Total	11585	1074

4.2.9.3. Trofodinámica de *X. gladius*

4.2.9.3.1. Crucero ESP01

a) Descripción global de la dieta

Se analizaron un total de 156 ejemplares de pez espada capturados en el área de la Cordillera de Nazca de los cuales 64 presentaron contenido en el estómago (41%), mientras que el 59% restante (92 estómagos), no presentó contenido estomacal. Las hembras con contenido estomacal representan el 33% del total de estómagos llenos (21), mientras que los machos conforman el 67% del total de estómagos llenos (43). La longitud de los ejemplares osciló entre 108 y 222 cm en hembras y 110-163 cm en machos. El peso eviscerado de las hembras estuvo comprendido entre 208 y 2312 g, y en los machos entre 241 y 1550 g.

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal reveló que la dieta está constituida por los siguientes ítem: Cefalópodos, peces y crustáceos. En términos del número de individuos los cefalópodos representan el 47%, peces teleósteos, myctophidos y cartilaginosos representan el 32%, mientras que los crustáceos (eufáusidos, sergestidos, camarones y anfípodos) constituyen el 21% restante. El análisis de presencia y ausencia en el total de estómagos llenos indica que el orden de importancia de los 3 grupos de ítems se mantiene, así los cefalópodos estuvieron en 60 estómagos (94%), de un total de 64; los peces 35 veces (55%) y los crustáceos tan solo 13 veces (20%) de un total de 64 estómagos.

Este análisis señala que las presas más comunes son los cefalópodos (79,66%), seguida por los peces (18,30%) y con mínimo aporte de los crustáceos 2,03% (Tabla 14). En total se identificaron 12 ítems que forman parte de la dieta del pez espada, de los cuales 4 correspondieron a cefalópodos, 3 a peces teleósteos, 1 a peces cartilaginosos y 4 a crustáceos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son *Onychoteutis sp*. (70,77%), *Dosidicus gigas* (6,71%) y teleosteos (17,99%), las que en conjunto explican el 95,47% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 14. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=64), en las subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Onychoteutis sp.	35,50	33,88	67,19	70,55
Dosidicus gigas	4,14	52,42	7,81	6,82
Octopus sp.	1,78	0,42	1,56	0,05
Calamar *(ni)*	5,33	4,62	14,06	2,13
PISCES				
Myctophidae	2,37	0,12	3,13	0,12
Juvenil de teléosteos	3,55	0,13	3,13	0,17
Squalidae	0,59	0,20	1,56	0,02
Teléosteos	25,44	9,03	34,84	18,09
CRUSTACEA				
Euphausia mucronata	2,96	<0,01	1,56	0,07
Amphipoda	1,78	<0,01	1,56	0,04
Heterocarpus sp.	12,42	0,40	9,38	1,83
Sergestidae	4,14	0,07	1,56	0,10
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

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

El análisis de la dieta del pez espada por sexo en términos del %IIR indica diferencias en la alimentación entre machos y hembras, la dieta es los machos muestra una tendencia similar al análisis global, siendo las especies más importantes en su alimentación *Onychoteutis sp* (76,15%), teleósteos n.i. (15,48%) y calamares n.i. (3,19%), mientras que en las hembras tan solo se detectaron la presencia tan solo de 6 ítems similares al análisis global (Tabla 15), las especies más relevantes en las hembras son *Onychoteutis sp* (54,84%), *D. gigas* (20,52%) y peces teleósteos n.i (Tabla 16).

c) Análisis de la dieta respecto de la talla del pez espada.

Para determinar posibles variaciones en la dieta del pez espada con respecto a su talla, se definieron cinco rangos de talla de longitud mandíbula inferior horquillla (LMIH): R1 = 101-135 cm; R2 = 136-170 cm; R3 = 171-205 cm; R4 = 206-240 cm; y R5 > 240 cm

Tabla 15. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=43), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: machos.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Onychoteutis sp.	33,06	44,96	74,42	76,15
Dosidicus gigas	1,61	33,86	4,65	2,16
Octopus sp.	2,42	0,76	2,32	0,09
Calamar (ni)	6,45	6,62	18,60	3,20
PISCES				
Myctophidae	3,23	0,22	4,65	0,21
Juvenil de teléosteos	4,03	0,20	2,33	0,13
Squalidae	0,81	0,35	2,33	0,04
Teleósteos (ni)	22,58	13,66	32,56	15,48
CRUSTACEA				
Euphausia mucronata	4,03	<0,01	2,33	0,12
Amphipoda	2,42	<0,01	2,33	0,07
Heterocarpus sp.	13,71	0,53	11,63	2,17
Sergestidae	5,65	0,11	2,33	0,18
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

Tabla 16. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=21), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: hembras.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Onychoteutis sp.	40,00	20,47	52,38	54,84
Dosidicus gigas	13,33	74,89	14,29	20,52
Calamar (ni)	2,22	2,20	4,76	0,35
PISCES				
Juvenil de teléosteos	2,22	0,04	4,76	0,18
Teleósteos (ni)	33,33	3,42	38,09	23,38
CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	8,90	0,25	4,76	0,73
Total IIR(%)				100

ni: no identificado.

d) Análisis utilizando %IIR

En cada rango de talla los cefalópodos representan la presa de mayor importancia en la dieta del pez espada, además se observa un incremento progresivo de este ítem a medida que la talla es mayor de 65,44%IIR en R1; 91,82%IIR en R2 y 100%IIR en R4 (Tablas 17 y 18). Sin embargo en los rangos R3 y R5 no hubo presencia de estómagos con contenido estomacal.

Tabla 17. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=31), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano: Rango 1: 101-135 cm.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Onychoteutis sp.	30,30	39,10	67,74	60,25
Dosidicus gigas	2,02	40,25	6,45	3,49
Octopus sp.	3,03	0,90	3,22	0,16
Calamar (ni)	4,04	5,27	12,90	1,54
PISCES				
Myctophidae	4,04	0,26	6,45	0,35
Juvenil de teleósteos	6,06	0,28	6,45	0,52
Teleósteos	35,35	16,45	48,39	32,12
CRUSTACEA				
Euphausia mucronata	5,05	<0,01	3,23	0,20
Amphipoda	3,03	<0,01	3,23	0,12
Heterocarpus sp.	7,07	0,27	12,90	1,21
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

Tabla 18. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=31), en subzonas III y IV de Cordillera de Nazca, durante el crucero de verano:. Rango 2: 136-170 cm.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Onychoteutis sp.	42,03	27,42	67,74	77,36
Dosidicus gigas	7,25	64,60	9,68	11,43
Calamar (ni)	7,25	4,18	16,13	3,03
PISCES				
Squalidae	1,45	0,37	3,23	0,10
Teleósteos	11,59	2,78	22,58	5,33

CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	20,29	0,53	3,23	2,21
Sergestidae	10,14	0,12	3,23	0,54
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

e) Análisis empleando Coeficiente de Concordancia de Kendall

Al comparar los rangos de talla R1 y R2 respecto a la dominancia numérica de los ítems comunes más frecuentes, el coeficiente de concordancia de Kendall bajo la hipótesis nula de que no existe diferencias en la dieta entre los rangos R1 y R2 respecto del orden de dominancia de los ítems, con un nivel de confianza de 95%, entrego los siguientes resultados:

$$Q_{obs} = 34{,}36 \text{ y } Q_{crítico} = 15{,}51\ (8;\ 0{,}05)$$

determinándose de este modo que existe independencia entre los rangos R1 y R2 respecto de los ítems numéricamente más abundantes. La importancia numérica de los ítems en ambos rangos de talla puede observarse en la Tabla 19.

Tabla 19. Importancia numérica de los ítems más frecuentes en *Xiphias gladius*, en los rangos R1 y R2, en forma descendente: subzonas III y IV, crucero de verano (ni: no identificado).

Rango R1 (101-135 cm)	**Rango R2 (136-170 cm)**
Item	Ítem
Teleósteos	*Onychoteutis sp.*
Onychoteutis sp.	*Heterocarpus sp.*
Heterocarpus sp.	Teleósteos
Juvenil de teleósteos	*Sergestidae*
Euphausia mucronata	Calamar (ni)
Calamar (ni)	*Dosidicus gigas*
Myctophidae	*Squalidae*
Octopus sp.	Juvenil de teleósteos
Amphipoda	*Euphausia mucronata*
Dosidicus gigas	*Myctophidae*
Squalidae	*Octopus sp.*
Sergestidae	*Amphipoda*

4.2.9.3.2. Crucero ESP02

a) Descripción global de la dieta

Se analizaron un total de 76 ejemplares capturados en el área de la Cordillera de Nazca de los cuales 39 presentaron contenido en el estómago (51%), mientras que el 49% restante (37 estómagos), no presentó contenido estomacal. Las hembras con contenido estomacal representan el 44% del total de estómagos llenos (17), mientras que los machos conforman el 56% del total de estómagos llenos (22). La longitud de los ejemplares osciló entre 129 y 267 cm en hembras y 120 - 228 cm en machos. El peso eviscerado de las hembras estuvo comprendido entre 205 y 4212 g, y en los machos entre 111 y 2535 g.

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de pez espada señala que las presas más comunes son los cefalópodos (57,36%), seguida por los peces (41,97%) y con mínimo aporte de los crustáceos 0,66% (Tabla 20). En total se identificaron 6 ítems que forman parte de la dieta del pez espada, de los cuales 2 correspondieron a cefalópodos, 3 a peces teleósteos y 1 a crustáceos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son *Dosidicus gigas* (55,11%), teleósteos (22,50%) y mictófidos (17,19%), las que en conjunto explican el 94,80% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso. El análisis de presencia y ausencia en el total de estómagos llenos indica que el orden de importancia de los 3 grupos de ítems se mantiene, así los cefalópodos estuvieron en 31 estómagos (79%), de un total de 39; los peces 29 veces (74%) y los crustáceos tan solo 7 veces (18%) de un total de 39 estómagos.

Tabla 20. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=39), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	7,71	69,51	46,15	55,11
Calamar (ni)	3,22	2,44	25,64	2,25
PISCES				
Myctophidae	70,42	1,84	15,38	17,19
Epigonus crassicaudus	5,47	8,93	3,13	2,29
Teleósteos	10,93	17,14	51,28	22,50

CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	2,25	0,14	17,95	0,66
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

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

El análisis de la dieta del pez espada por sexo en términos del %IIR se observa una alimentación muy parecida entre machos y hembras, la dieta es los machos muestra una tendencia similar al análisis global (Tabla 21), siendo las especies más importantes en su alimentación *Dosidicus gigas* (41,74%), teleósteos n.i. (37,83%) y mictófidos (17,05%). En las hembras se detecto la presencia de 5 ítems, las presas más relevantes en las hembras son *D. gigas* (65,43%) y mictófidos (15,32%), (Tabla 22).

Tabla 21. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=22), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno:.machos.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	7,07	58,07	50,00	41,74
Calamar (ni)	2,72	2,47	22,73	1,51
PISCES				
Myctophidae	71,20	1,97	18,18	17,05
Epigonus crassicaudus	0,54	2,71	4,54	0,19
Teleósteos (ni)	14,67	35,28	59,09	37,82
CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	3,80	0,34	31,82	1,69
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

Tabla 22. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=17), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: hembras.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	8,66	78,02	41,18	65,43
Calamar (ni)	3,94	2,46	29,41	3,45
PISCES				
Myctophidae	69,29	1,75	11,76	15,32

Epigonus crassicaudus	12,60	13,56	17,65	8,46
Teleósteos	5,51	4,21	41,18	7,34
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

c) Análisis de la dieta respecto de la talla del pez espada.

Para determinar posibles variaciones en la dieta del pez espada con respecto a su talla se definieron cinco rangos de talla de longitud mandíbula inferior horquillla (LMIH): R1 = 101-135 cm; R2 = 136-170 cm; R3 = 171-205 cm; R4 = 206-240 cm; y R5 > 240 cm

d) Análisis utilizando %IIR

En los rangos de talla R1, R3 y R4 los cefalópodos (*Dosidiscus gigas* y resto de calamares n. i.), en conjunto representan el ítem presa de mayor importancia en la dieta del pez espada (Tablas 24, 26 y 27), En cambio en el rango R2 los peces (teleósteos, Myctophidae y *Epigonus crassicaudus*), como conjunto representan el ítem presa más importante (Tabla 23). En el rango de talla superior a 240 cm no hubo presencia de estómagos con contenido estomacal.

Tabla 23. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=8), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 1: 101-135 cm.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	8,20	88,33	62,50	67,62
Calamar (ni)	1,64	1,18	12,50	0,39
PISCES				
Myctophidae	78,68	1,90	25,00	22,58
Teleósteos	4,92	8,20	37,50	5,51
CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	6,56	0,39	50,00	3,90
Total IIR(%)				100

Tabla 24. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=21), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 2: 136-170 cm.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	5,80	66,95	47,62	44,82
Calamar (ni)	1,79	1,79	19,05	0,88
PISCES				
Myctophidae	76,34	2,81	19,05	19,50
Epigonus crassicaudus	2,23	2,03	9,52	0,53
Teleósteos	12,50	26,92	66,67	34,00
CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	1,34	0,14	14,28	0,27
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

e) Análisis empleando Coeficiente de Concordancia de Kendall

Al comparar los rangos de talla R1, R2, R3 y R4 respecto a la dominancia numérica de los ítems comunes más frecuentes, el coeficiente de concordancia de Kendall bajo la hipótesis nula de que no existe diferencias en la dieta entre los rangos R1, R2, R3 y R4 respecto del orden de dominancia de los ítems, con un nivel de confianza de 95%, entrego los siguientes resultados:

$$Q_{obs} = 2,77 \text{ y } Q_{crítico} = (11,07; 0,05)$$

Tabla 25. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=21), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 3: 171-205 cm.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	16,67	61,91	22,22	31,79
Calamar (ni)	20,83	4,63	55,55	25,76
PISCES				
Epigonus crassicaudus	50,00	28,03	22,22	31,57
Teleósteos	12,50	5,43	33,33	10,88
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

Tabla 26. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Xiphias gladius* (n=21), en subzonas III y IV, durante el crucero de invierno: Rango 4: 206-240 cm.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	100	100	100	100
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

De este modo se determina que existe independencia entre los rangos R1, R2, R3 y R4 respecto de los ítems numéricamente más abundantes. La importancia numérica de los ítems en todos los rangos de talla puede observarse en la Tabla 26.

Tabla 27. Importancia numérica de los ítems más frecuentes en *X. gladius* en los rangos R1, R2, R3 y R4, en forma descendente: subzonas III y IV, crucero de invierno (ni: no identificado).

Rango R1 (101-135 cm)	Rango R2 (136-170 cm)	Rango R3 (171-205 cm)	Rango R4 (>206 cm)
Item	Item	Item	Item
Mictophidae	Mictophidae	*Epigonus crassicaudus*	*Dosidicus gigas*
Dosidicus gigas	Teleósteos n. i.	Calamar n.i.	Calamar n.i.
Heterocarpus sp.	*Dosidicus gigas*	*Dosidicus gigas*	Teleósteos n. i.
Teleósteos n. i.	*Epigonus crassicaudus*	Teleósteos n. i.	Mictophidae
Calamar n.i.	Calamar n.i.	Mictophidae	*Epigonus crassicaudus*
Epigonus crassicaudus	*Heterocarpus sp.*	*Heterocarpus sp.*	*Heterocarpus sp.*

4.2.10. 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 históricas (2000-2002) y bases de datos generadas durante los cruceros de investigación efectuados durante el proyecto (verano e invierno de 2003).

La información satelital utilizada (TSM, Cloa, batimetría, SSM, ASM) 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.

Además, se consideran los datos bióticos y abióticos recolectados en muestreos oceanográficos (de la columna de agua de 0 a 250 m) y biológicos realizados durante los dos cruceros de investigación efectuados. La incorporación de la data obtenida en la vertical permite adicionar una tercera dimensión en la caracterización del hábitat pelágico del pez espada, tal como lo veremos a continuación.

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 18-30ºS y 78-87ºW (Fig. 83).

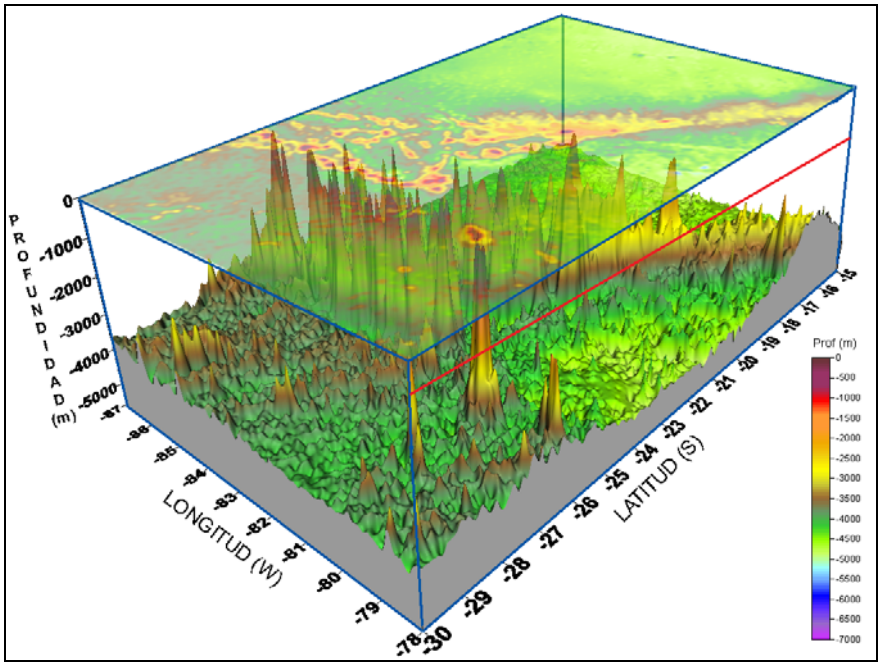


Figura 83. Caracterización 3D de la topografía satelital del fondo marino.

Una primera caracterización se realiza con las relaciones establecidas entre ambiente – recurso con la base de datos histórica (2000-2002); 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. 84). Considerando los resultados del análisis de clasificación jerárquica, se pudo definir 2 grupos asociados a una localización geográfica específica de la Cordillera de Nazca y otra ubicada al sur de esta.

Se observa un primer grupo (1) localizado al norte de los 26ºS y entre los 79 y 82ºW, representado por individuos de pez espada de PTR promedio de 56 kg, cuya distribución se asocia a masas de aguas superficiales cálidas (TSM de 18,2ºC), de baja productividad (Cloa de 0,09 mg/m^3) y de mezcla entre subtropical y subantártica (SSM de 34,7 PSU). El segundo grupo (2) se ubica en los 26-30ºS y 79-82ºW, y está representado por individuos de PTR promedio de 67 kg. La distribución de estos individuos se asocia a aguas superficiales más templadas (TSM de 16,8ºC) que el grupo (1), con más productividad (Cloa de 0,15 mg/m^3) y a masas de aguas superficiales de mezcla entre subtropical y subantártica.

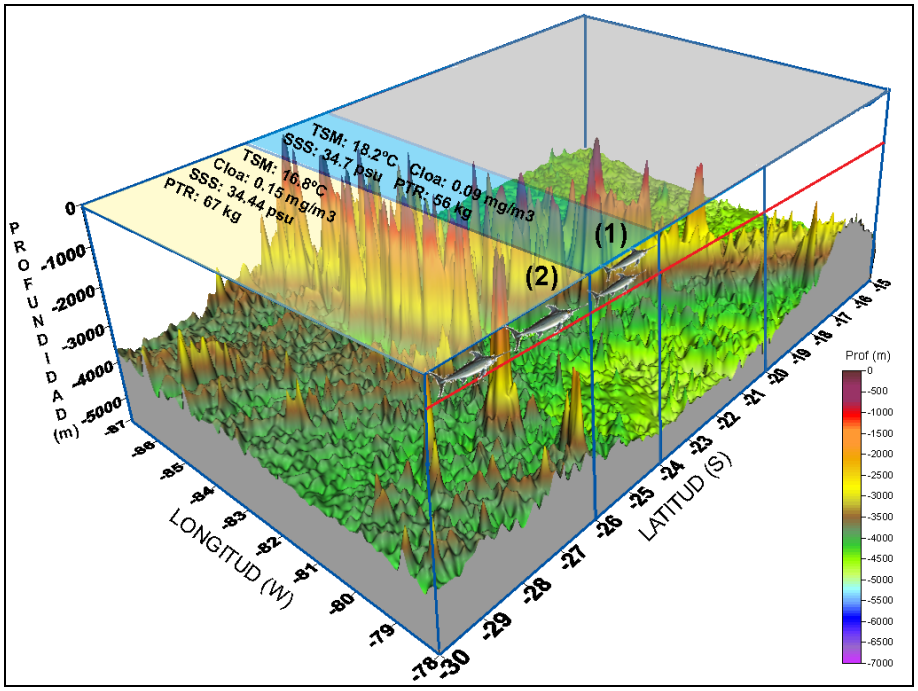


Figura 84. Representación sintética de la distribución del pez espada en una zona de la Cordillera de Nazca y al sur de esta zona, considerando relaciones ambiente – recurso estimadas con datos históricos (2000-2002).

Una segunda caracterización 3D se realiza con los resultados obtenidos del análisis multivariado que permitió establecer relaciones entre ambiente – recurso con los datos de los cruceros de investigación (verano e invierno 2003) realizados durante el proyecto (Fig. 85). Se definen 3 grupos asociados a un rango latitudinal específico para la zona de Cordillera de Nazca. Un primer grupo (1) se localiza al norte del área de estudio y se centra en los 23ºS y 83ºW. Este grupo representa a los individuos más pequeños capturados durante los cruceros, con un PTR promedio igual a 27,8 kg, cuya distribución se asocia a la presencia de aguas superficiales cálidas (TSM de 21,5ºC), de baja productividad (Cloa de 0,07 mg/m^3) y masas de agua subtropicales (SSM de 35,1 psu). Además, este grupo está representado por una proporción mayor de hembras (56%) que de machos (44%), cuya dieta se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de cefalópodos (86%), que de peces (13%) y crustáceos (1%).

El segundo grupo (2) se centraliza en los 24ºS y 82º30'W y se caracteriza por individuos de PTR promedio de 40,7 kg; que se asocian a aguas superficiales menos cálidas (TSM de 18,7ºC) que el grupo (1), más productivas (0,12 mg/m^3) y a masas de aguas superficiales subtropicales (SSM de 35.1 psu). Asimismo, este grupo está representado por una proporción

mayor de hembras (58%) que de machos (42%), cuya dieta se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de cefalópodos (87%), que de peces (10%) y crustáceos (3%).

El tercer grupo (3) se ubica en la parte sur de la zona de estudio, centrándose en los 25º35'S y 81º42'W. Este grupo se caracteriza por individuos de PTR promedio de 44,3 kg, que se asocian a aguas superficiales menos cálidas (TSM de 18,0ºC) que los grupos (1) y (2), de productividad similar (0,09 mg/m^3) y a masas de aguas superficiales de mezcla entre las subtropicales y subantárticas (SSM de 34,8 psu). A diferencia de los grupos (1) y (2), este grupo está representado por una proporción mayor de machos (58%) que de hembras (42%), cuya dieta se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de peces (40%) que los grupos (1) y (2), aunque siguen predominando los cefalópodos (60%).

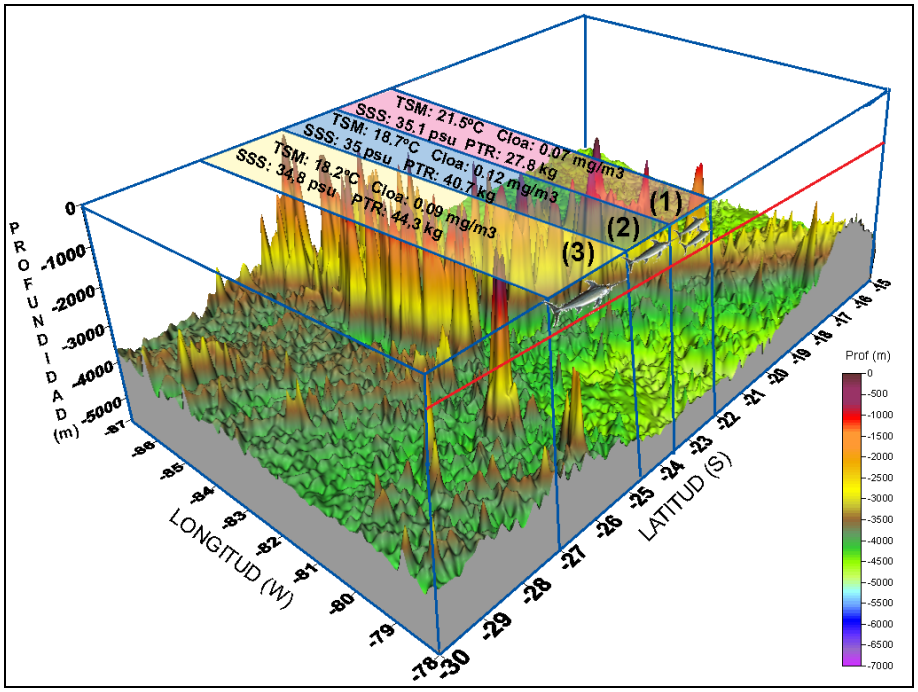


Figura 85. Representación de la distribución del pez espada en la zona de Cordillera de Nazca y al sur de esta zona, considerando relaciones ambiente – recurso estimadas con datos de cruceros (verano e invierno 2003).

4.3. Caracterización de la pesquería de pez espada

4.3.1. Catastro de embarcaciones

4.3.1.1. Flota nacional

a) Características físicas y funcionales de las embarcaciones. En tabla 28 se presenta el catastro de embarcaciones de la flota palangrera. Se registra la eslora, TRG, potencia motor principal (HP), el año de construcción y el sistema de refrigeración empleado. La flota esta compuesta por 15 embarcaciones, 12 hieleras y 3 congeladoras. El año de construcción varía entre 1949 (Pacific Sea) a 1990 (Isla Tabón, Betty K), siendo la moda 1989 (5 embarcaciones). En cuanto a las dimensiones, las embarcaciones poseen esloras comprendidas entre 16,56 y 42,24 m, siendo en promedio igual a 25,4 m. La potencia del motor principal varia entre 300 y 1300 hp, siendo en promedio igual a 565 hp.

Tabla 28. Catastro de embarcaciones palangreras.

Embarcación	Eslora (m)	TRG	HP	Año construcción	Sistema de refrigeración
Pacific Sea	21,25	68,4	300	1949	Hielero
Brisca	32,61	263,03	700	1960	Congelador
Canadelo	28,84	239	660	1963	Hielero
Kofuku Maru 58	27	96,91	560	1964	Congelador
Lucia	26,84	196	660	1967	Hielero
Portugal II	28,2	169,95	530	1970	Hielero
Marleen	34,72	220	660	1980	Hielero
Tamy-S.	42,24	478	1300	1980	Congelador
Talcan	26,59	289,37	705	1989	Hielero
Curaco	26,59	289,37	705	1989	Hielero
Elena-S.	16,56	48,22	350	1989	Hielero
Christina-S.	16,56	48,22	350	1989	Hielero
Maria Soledad	16,8	48,8	300	1989	Hielero
Isla Tabón	18	48,53	350	1990	Hielero
Betty-K	18	49,79	350	1990	Hielero

Fuente: Subsecretaría de Pesca-IFOP

4.3.1.2. Flota extranjera

a) Caracterización de la flota palangrera española. Las embarcaciones de la flota palangrera de altura dedicada a la pesca de pez espada corresponde a naves con bandera española – CE que trabajan sobre el pez espada en el Pacífico Este (área FAO 87) y poseen como principal puerto de operación al puerto de Callao (Perú). Según los antecedentes recopilados, el número de embarcaciones que componen esta flota, varía de año a año, sin embargo, se sabe que están trabajando en esta zona desde el año '90 y que en estas últimas temporadas alcanzarían las 15 a 25 embarcaciones, las que operan ininterrumpidamente durante todo el año con mareas aproximadas de 3 a 4 meses. La característica principal de estas embarcaciones son su sistema de congelación, que permite mantener a bordo la captura a –40ºC, dando de esta forma la autonomía de trabajo ya mencionada.

Las embarcaciones poseen como principal puerto base al puerto español de Vigo (43%), seguidas por los puertos de Sta. Eugenia Riveira (22%) y Burela (13%) entre otros. De acuerdo al registro mantenido en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Español, el 100% de las naves esta registrada para operar en aguas internacionales con aparejo de pesca "palangre de superficie". De la fecha de entrada de las embarcaciones en servicio, se estima que se trata de una flota relativamente nueva, con una antigüedad promedio de las naves de 12 años (desv. est. = 8,4), teniendo la mayoría de estas entre 0 y 20 años de antigüedad (Fig. 86 y 87).

Respecto a las características geométricas y operacionales de las embarcaciones (Tabla 29), éstas poseen una eslora total promedio de 35,8 m, con un rango bastante amplio que varía entre 25,5 y 45,5 m (n = 23) (Fig. 88). El arqueo o las toneladas de registro grueso (TRG), relacionado con el peso total de las estructuras sólidas de la obra viva y muerta de las naves, presenta un promedio de 386,6 t (163,7 – 646 t), con una distribución principal entre las 151 y 450 toneladas (Fig. 89). Por otra parte, las embarcaciones presentan potencia del motor en un rango amplio, de 270 a 1.000 Hp, con un promedio de 647,4 Hp, sin embargo en la distribución de la variable (Fig. 90), se observa la mayoría de los barcos con potencias en los rangos mayores (601 a 1.000 Hp).

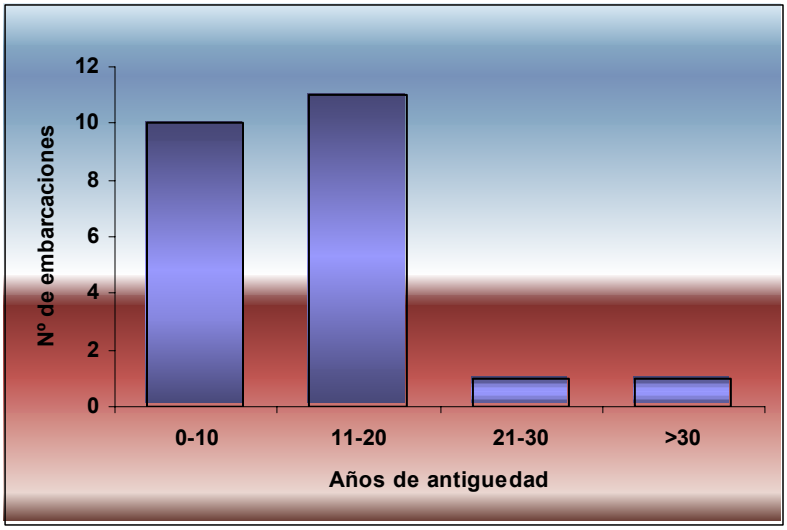


Figura 86. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este, por categoría de antigüedad (entrada en servicio).

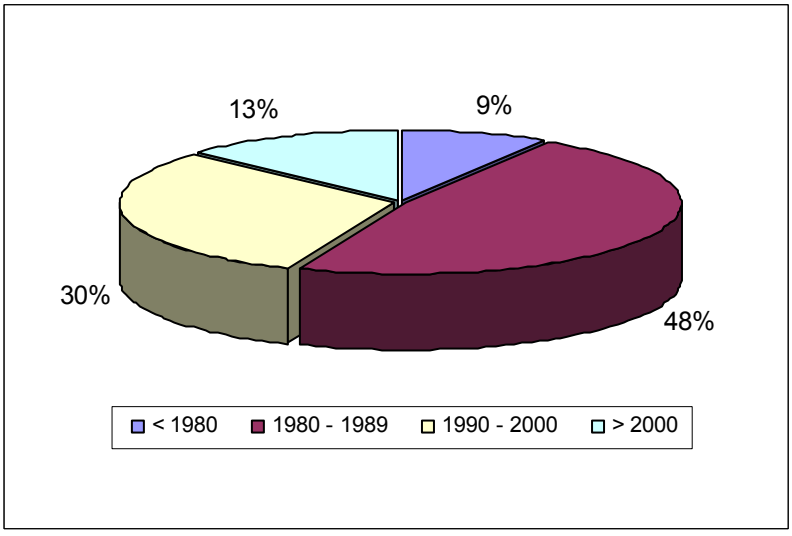


Figura 87. Porcentaje de embarcaciones de acuerdo al período de entrada en servicio.

Tabla 29. Principales características geométricas y funcionales de las embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este

Característica	*Promedio*	*Desviación estándar*	*Máximo*	*Mínimo*	*n*
Eslora total (m)	35,84	7,11	45,5	25,5	23
Eslora PP (m)	30,75	6,00	39,0	21,0	22
TRG (t)	386,57	172,20	646,0	128,5	23
TRB (t)	211,14	84,69	383,4	78,5	23
Potencia motor (HP)	647,43	217,94	1000,0	270,0	23

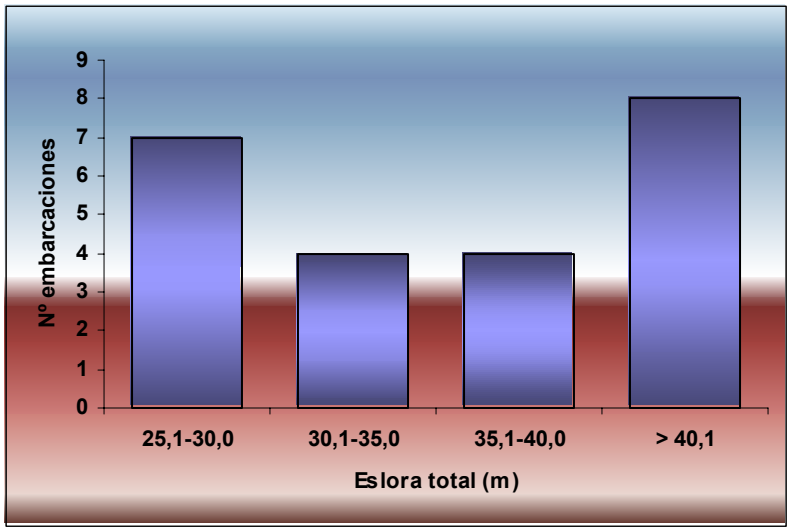


Figura 88. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este por categoría de eslora total.

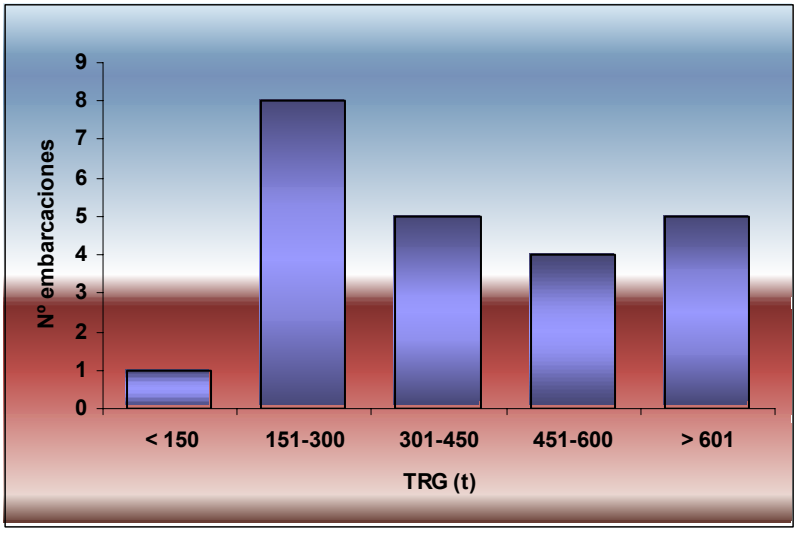


Figura 89. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este por categoría de toneladas de registro grueso (TRG).

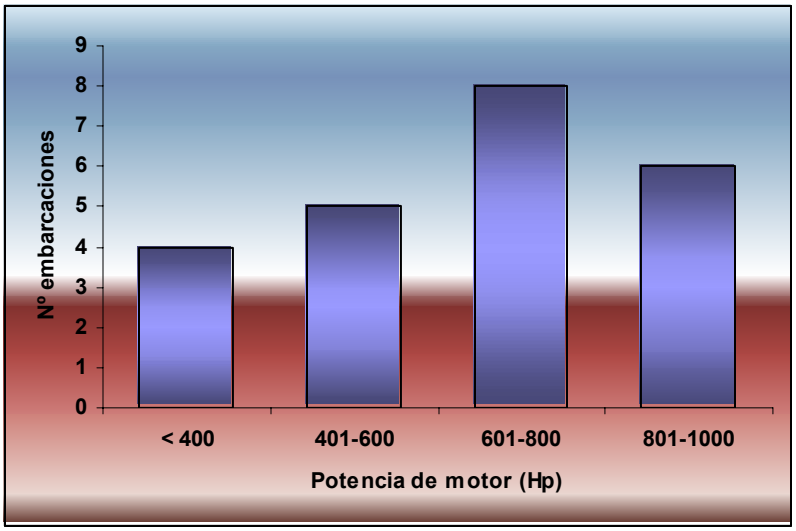


Figura 90. Número de embarcaciones de la flota española que opera en el Pacífico Este por categoría de potencia de motor (HP).

En la pesquería de altura de pez espada se utiliza el palangre, que de acuerdo a la denominación específica para el caso de la flota española se trataría de “palangre americano”. En general, se trata de un gran espinel horizontal superficial compuesto por una línea madre de

poliamida monofilamento de 3,5 mm de diámetro y longitud aproximada de 50 a 60 mn (90 a 110 km). Por medio de snaps se cuelgan los reinales, también de PA monofilamento, de 2,1 mm de diámetro y longitud app. de 8 a 10 brazas (14,5 a 18 m), cada una distancia regular de entre 50 y 80 metros. La línea madre puede estar sustentada por boyas de poliuretano inyectado o boyas plásticas (60 cm de diámetro), cada 250-400 m, donde se disponen 5 reinales entre boya. Además algunos palangres usan boyas de mayor tamaño (80 cm de diámetro) cada 2.000-3.000 metros.

Dependiendo de las estrategias de calado del patrón, se define un "tramo" del palangre como el material incluido entre 20 boyas aproximadamente. Los diferentes tipos de boyas poseen un cabo cuyo largo puede ser modificado, dependiendo de las condiciones de luna y corrientes en la zona de pesca, dando de esta forma, la profundidad de trabajo adecuada. En los reinales se usa un destorcedor de plomo y en su parte final (30 cm) llevan alambre acerado (1,5 mm de diámetro) y el anzuelo, tipo Mustad tamaño 9 ó 10. Se utiliza además un sistema remoto de señalización, el que está constituido por una boya y una antena transmisora, ubicándose cada una entre cada tramo del aparejo.

l

La carnada utilizada generalmente es una mezcla entre calamar (80%) y caballa (20%). En el caso de los calamares, estos poseen un peso promedio aproximado de 300 gr y son embarcados en panes congelados de 14 kg.

b) **Caracterización del régimen operacional.** Las operaciones de pesca de las embarcaciones palangreras de altura, dedicadas a la captura del pez espada están básicamente centradas en las maniobras de calado y virado del aparejo de pesca.

En general antes de efectuar el calado del aparejo, existe un período de búsqueda de "cortes de agua" (altos diferenciales superficiales de temperatura) con ayuda del termómetro y el ecosonda. Una vez localizados, comienza la maniobra de calado que normalmente se extiende entre las 18:00 y las 24:00 horas.

Durante el calado, cuya duración depende principalmente del número de anzuelos a calar, se procura atravesar el corte de agua el mayor número veces posible. El palangre queda a la deriva en la columna de agua durante toda la noche y por la mañana siguiente, comienza la

maniobra de virado, que dura entre 10 y 12 hrs, en función de la cantidad de captura y las condiciones meteorológicas imperantes.

De acuerdo a los antecedentes recepcionados, las embarcaciones palangreras españolas con este sistema de pesca utilizan entre 1.000 y 1.500 anzuelos con una duración total por lance aproximada de 24 horas, comprendiendo alrededor de 6 horas de calado, 8 horas de reposo y 10 horas de virado, comenzando normalmente la faena a las 18 ó 19 horas.

En cuanto a las capturas aproximadas por lance que obtienen estas embarcaciones, se mencionaron rangos entre 0 y 60 ejemplares que equivalen a un peso total aproximado de 0 a 2.000 kg por lance, con un rendimiento de pesca de entre 700 y 1.000 gramos por anzuelo. El peso tronco promedio de los ejemplares capturados bordearía los 30 - 35 kg por ejemplar.

c) Catastro de embarcaciones. En la Tabla 30 se presenta el catastro de las embarcaciones cuyas características fueron extraídas del *Censo de la flota pesquera operativa* que mantiene el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.

Tabla 30. Catastro de embarcaciones de la flota española que operan en el Océano Pacífico Este.

Nº	Embarcación	Puerto base	Caladero	Aperejo pesca	Arqueo TRB (t)	Eslora total (m)	Código POP	Potencia (CV)	Entrada en servicio	Arqueo GT (t)	Eslora PP (m)	Situación GT	Material casco
1	Rosu Tercero	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	224.70	43.8	530	800	29-12-1988	554	38.3	Definitivo	Acero
2	Sideral	Sta. Eugenia Riveira	A. Internac.	Palangre Sup.	247.87	45.5	530	1000	02-09-1988	632	39.0	Definitivo	Acero
3	Tusapesca	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	224.42	33.9	530	864	29-05-1989	350	32.9	Definitivo	Acero
4	Freipesca uno	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	158.23	26.7	530	400	12-04-1969	241	24.0	Definitivo	Acero
5	Playa do Vilar	Sta. Eugenia Riveira	A. Internac.	Palangre Sup.	78.52	26.4	510	270	25-04-1998	178	21.0	Definitivo	Acero
6	Gonpaz	Sta. Eugenia Riveira	A. Internac.	Palangre Sup.	78.50	25.5	501	275	05-05-1993	129	21.0	Definitivo	Acero
7	Alcalde uno	Sta. Cruz Tenerife	A. Internac.	Palangre Sup.	98.81	28.0	510	357	16-06-1997	169	22.4	Definitivo	Acero
8	Arca uno	Burela	A. Internac.	Palangre Sup.	137.19	28.0	313	473	14-12-2001	236	22.6	Definitivo	Acero
9	Llave de Burela	Burela	A. Internac.	Palangre Sup.	365.00	43.0	530	815	26-12-2001	537	36.0	Definitivo	Acero
10	Oleaje	Burela	A. Internac.	Palangre Sup.	186.51	37.5	313	780	16-04-1999	403	31.3	Definitivo	Acero
11	Nuevo Josmaru	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	254.82	43.5	313	878	13-03-2000	606	36.5	Provisional	Acero
12	Maicoa	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	230.82	40.0	530	900	06-03-1989	502	32.9	Definitivo	Acero
13	Maicoa uno	Gijón	A. Internac.	Palangre Sup.	243.00	43.5	530	750	16-12-1994	474	36.5	Definitivo	Acero
14	Maicoa dos	Vigo	Indico y Pacífico	Palangre Sup.	311.29	43.5	533	675	22-09-2000	620	36.5	Definitivo	Acero
15	Maicoa tres	Ceuta	Indico y Pacífico	Palangre Sup.	383.35	43.5	533	900	20-02-2003	606	36.5	Definitivo	Acero
16	Makus	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	176.43	38.0	530	625	09-05-1989	306	33.5	Definitivo	Acero
17	Radoche primero	A Coruña	A. Internac.	Palangre Sup.	339.92	41.0	530	800	24-06-1989	646		Definitivo	Acero
18	Carvisa tres	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	249.33	34.3	530	750	04-03-1988	391	33.1	Definitivo	Acero
19	Escualo	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	160.08	35.0	530	500	05-12-1989	271	30.4	Definitivo	Acero
20	Marrajero	Cillero	A. Internac.	Palangre Sup.	138.00	27.3	530	425	14-10-1988	196	26.5	Definitivo	Acero
21	Acechador	Vigo	A. Internac.	Palangre Sup.	224.42	39.6	530	624	27-12-1989	350	33.9	Definitivo	Acero
22	Pescarosa primero	Sta. Eugenia Riveira	A. Internac.	Palangre Sup.	206.96	31.1	530	430	28-01-1953	288	27.1	Definitivo	Acero
23	Cosmos	Sta. Eugenia Riveira	A. Internac.	Palangre Sup.	137.94	25.8	530	600	30-05-1986	206	24.8	Definitivo	Acero

4.3.2. Bitácoras de pesca por tipo de nave

4.3.2.1. Pesquero hielero (ELENA-S)

La información recopilada del barco Elena-S corresponde a los años 1994-2002 y fue recolectada a bordo durante el Crucero ESP01-UCV.

a) Régimen operacional. Como se puede observar la cantidad de mareas varia de año a año, siendo 11 el máximo (año 2000) y 9 el mínimo (año 2001). Las mareas en el caso de este tipo de barco no duran mas allá de 21 días, pues es un barco hielero que destina su pesca al mercado fresco refrigerado americano. El número de lances depende del número de días que dura la marea y en un día se realiza máximo un lance. El número de anzuelos por marea va desde 6 mil hasta 24 mil dependiendo del número de días que dure la campaña y por lo tanto del número de lances, sin embargo el número de anzuelos promedio por lance es de 1320 unidades. La temperaturas promedio por marea varían durante el año manteniéndose entre los 16ºC y 18ºC con una máxima de 18.96°C (año 2000) y una mínima de 16.43°C (año 2002).

Año 2000

Mareas	Fecha inicio	Fecha Término	Total días	Lances	TSM Prom	Anzuelos total
1	19/2/00	28/2/00	9	6	16.66	6170
2	17/3/00	31/3/00	15	15	18.18	18900
3	17/4/00	29/4/00	16	15	17.17	19750
4	12/5/00	28/5/00	17	16	15.72	20130
5	9/6/00	26/6/00	18	15	16.44	17320
6	7/7/00	21/7/00	15	14	17.63	18220
7	8/8/00	25/8/00	18	17	16.93	22220
8	8/9/00	24/9/00	16	13	16.73	17400
9	8/10/00	23/10/00	16	13	16.81	17260
10	5/11/00	21/11/00	17	14	18.30	18260
11	1/12/00	17/12/00	17	15	18.96	19360
				153		194990
Promedios:			15,8	13,9		17726

Año 2001

Mareas	Fecha Inicio	Fecha Término	Total días	Lances	TSM Prom	Anzuelos total
1	31/3/01	15/4/01	16	15	17.64	19110
2	30/4/01	15/5/01	16	14	17.01	18040
3	28/5/01	11/6/01	15	14	16.19	17100
4	24/6/01	9/7/01	16	16	16.54	20020
5	22/7/01	7/8/01	17	16	16.5	19580
6	19/8/01	7/9/01	20	18	17.27	24760
7	20/9/01	7/10/01	18	18	17.52	23760
8	20/10/01	5/11/01	17	17	18.13	22440
9	18/11/01	3/12/01	16	16	18.22	21120
				144		185930
Promedios:			16,7	16,0		20659

Año 2002

Mareas	Fecha inicio	Fecha Término	Total días	Lances	TSM Prom	Anzuelos Total
1	8/3/02	23/3/02	16	13	16.43	22440
2	13/4/02	29/4/02	17	15	18.43	19780
3	13/5/02	2/6/02	21	15	17.69	19580
4	16/6/02	24/6/02	9	9	16.87	11880
5	8/7/02	22/7/02	15	15	16.79	19560
6	4/8/02	19/8/02	16	16	16.56	20950
7	8/9/02	22/9/02	15	13	17.47	17040
8	6/10/02	19/10/02	14	14	18.40	18520
9	1/11/02	16/11/02	16	12	18.24	15840
10	28/11/02	14/12/02	17	17	16.43	22440
				139		188030
Promedio:			15,6	13,9		18803

b) Uso de luces y carnada. El número de calamares varía por marea entre 200 a 300 calamares en los tres períodos; al igual que el numero de luces utilizada. Sin embargo la cantidad de luces fluctúa en rangos mayores, variando entre las 4 mil hasta 12 mil unidades. Por otro lado, el número de luces no se mantuvo en un rango constante en los tres períodos. En el año 2000 el promedio bordeó las 9300 luces, el 2001 fue de 10400 luces y el 2002 de 7000 unidades. Cabe señalar que la hora de calado promedio para los tres períodos fue a las 19:00 horas.

	2000		2001		2002	
Marea	Luces	Carnada	Luces	Carnada	Luces	Carnada
1	3400	53	7900	210	8500	292
2	9770	174	8775	195	5450	220
3	11230	190	8900	212	7700	218
4	10570	269	11000	244	4700	128
5	8100	285	9900	269	7500	217
6	9700	235	12200	339	8000	243
7	11900	308	11970	340	7100	258
8	9200	244	11900	323	7000	269
9	9100	250	11200	247	6000	197
10	9500	266	-	-	8500	292
11	10500	284	-	-	-	-

Carnada fue calamar siempre y se cuenta en panes de 20 kg

c) Desplazamiento latitudinal anual

En las tablas que se muestran a continuación se puede observar la fecha de inicio y término de la marea y los límites de la zona donde operó la embarcación (norte , sur, este y weste).

Año 2000

Mareas	Fecha Inicial	Fecha Término	Lat Inicial	Lati Final	Long inicial	Long Final
1	19/2/00	28/2/00	40.00	37.00	80.00	79.00
2	17/3/00	31/3/00	37.00	36.00	80.00	80.00
3	17/4/00	29/4/00	36.00	35.00	83.00	81.00
4	12/5/00	28/5/00	37.00	36.00	78.00	81.00
5	9/6/00	26/6/00	35.00	30.00	79.00	77.00
6	7/7/00	21/7/00	25.00	25.00	78.00	79.00
7	8/8/00	25/8/00	27.00	28.00	79.00	75.00
8	8/9/00	24/9/00	24.00	29.00	75.00	79.00
9	8/10/00	23/10/00	28.00	27.00	79.00	82.00
10	5/11/00	21/11/00	29.00	26.00	81.00	77.00
11	1/12/00	17/12/00	30.00	25.00	82.00	79.00

Año 2001

Mareas	Fecha Inicial	Fecha Término	Lat Inicial	Lat Final	Long Inicial	Long Final
1	31/3/01	15/4/01	37.00	37.00	78.00	82.00
2	30/4/01	15/5/01	37.00	32.00	82.00	77.00
3	28/5/01	11/6/01	34.00	32.00	81.00	81.00
4	24/6/01	9/7/01	32.00	31.00	81.00	81.00
5	22/7/01	7/8/01	31.00	29.00	80.00	79.00
6	19/8/01	7/9/01	29.00	28.00	79.00	78.00
7	20/9/01	7/10/01	25.00	25.00	79.00	80.00
8	20/10/01	5/11/01	26.00	25.00	79.00	79.00
9	18/11/01	3/12/01	27.00	26.00	79.00	79.00

Año 2002

Mareas	Fecha Inicial	Fecha Término	Lat Inicial	Lat Final	Long Inicial	Long Final
1	8/3/02	23/3/02	37.00	34.00	82.00	80.00
2	13/4/02	29/4/02	33.00	35.00	80.00	81.00
3	13/5/02	2/6/02	34.00	31.00	81.00	79.00
4	16/6/02	24/6/02	31.00	31.00	80.00	80.00
5	8/7/02	22/7/02	30.00	29.00	80.00	79.00
6	4/8/02	19/8/02	29.00	28.00	80.00	79.00
7	8/9/02	22/9/02	28.00	24.00	79.00	81.00
8	6/10/02	19/10/02	25.00	26.00	83.00	84.00
9	1/11/02	16/11/02	26.00	24.00	83.00	81.00
10	28/11/02	14/12/02	26.00	25.00	80.00	80.00

El límite norte y sur de operación en el año 2000 fueron los 25º S y 40ºS respectivamente , para el 2001 fue de 25ºS y 37ºS y para el 2002 fue de 24ºS y 37ºS.

Como se puede observar en los tres períodos los desplazamientos latitudinales son muy similares, comienzan a operar en marzo en el sur, aproximadamente en los 37 º Sur para luego, a medida que trascurre el año, desplazarse más al norte. Ya en agosto en los años 2001 y 2000 entra en la area sur asociada a la Cordillera de Nazca (30º S) y en el 2000 lo hizo en julio, continua operando de esta forma (rumbo norte) hasta diciembre. Esta ruta se asume, coincide con los movimientos migratorios del pez espada.

d) Capturas de especie objetivo, periodo 2000-2002

La captura en número de pez espada ha aumentado desde el año 2000 hasta el 2002, desde 1018 piezas el año 2000, 1256 el año 2001 y 4265 el año 2002, sin embargo la captura en kilos ha disminuido desde 97,280 kilos el año 2000, 91,735 kilos el año 2001, hasta 65,768 kilos el año 2002.

Capturas de Xiphias gladius Pesquero ELENA-S						
Mareas	**2000**		**2001**		**2002**	
	Piezas	**Kgs**	**Piezas**	**Kgs**	**Piezas**	**Kgs**
1	4	463	189	13464	1445	2955
2	104	7908	124	8942	265	12808
3	109	8254	139	10639	265	13314
4	166	12339	139	10729	121	2502
5	111	8303	110	8264	267	3900
6	100	7816	140	9114	132	7403
7	142	25006	196	17139	93	5695
8	85	6675	156	9628	142	8983
9	96	12934	65	3816	90	5253
10	56	4394			1445	2955
11	45	3188				
TOTAL Año	**1018**	**97280**	**1258**	**91735**	**4265**	**65768**

e) Capturas fauna acompañante, periodo 2000-2002

Como fauna acompañante se considera atún, marlin, azulejo y marrajo; Como se puede observar las capturas de atún han ido en aumento tanto en número como en kilogramos. Capturas de marlin solo se registraron en el 2001 con 1 solo individuo de 6 kilos, en tanto las capturas de azulejo en el primer período (año 2000) fueron las más significativas con un total de 118 especimenes y 1882 kilos, para en el 2001 capturar solo 7 y en el 2002 aumentar las captura en 14. En tanto las mayores capturas de marrajo fueron en el año 2001 con 16 individuos sumando un peso de 530 kilos, en los otros dos períodos fueron menores registrándose valores en el 2000 de 12 kilos para un solo marrajo y en el 2002, 5 individuos con un peso total de 70 kilos.

4.3.2.2. Barco fábrica supercongelador (TAMY-S)

La información del pesquero Tamy-S fue recopilada en visita a la empresa y a la nave durante la ejecución del proyecto y corresponde al periodo 2000-2002.

a) Régimen operacional. En el año 2000 no se tiene registros para el primer semestre, pues el barco estuvo operando a la altura de Ecuador.

Esta nave ha desarrollado mareas extensas; para los años 2000 y 2002 estas fueron similares de 63 y 61 días respectivamente, en cambio en el 2001 se registraron mares de 93 días como máximo y de 25 días como mínimo.

2000	Fecha	Fecha	Total	Total	TSM
Mareas	Inicio	Termino	Días	Lances	Promedio
1	19-06-00	20-08-00	63	53	17.07
2	08-10-00	09-12-00	63	49	17.67
			126	102	
2001	Fecha	Fecha	Total	Total	TSM
Mareas	Inicio	Termino	Días	Lances	Promedio
1	27-01-01	19-03-01	52	24	23.73
2	02-04-01	10-06-01	70	55	17.13
3	24-06-01	07-09-01	93	60	15.74
4	24-09-01	18-10-01	25	20	17.20
5	26-10-01	08-12-01	44	36	18.14
			284	195	
2002	Fecha	Fecha	Total	Total	TSM
Mareas	Inicio	Termino	Días	Lances	Promedio
1	10-03-02	09-05-02	61	54	17.94
2	21-05-02	20-07-02	61	49	16.62
			122	103	

b) Uso de luces y carnada. Esta información no estaba disponible para esta nave.

c) Desplazamiento latitudinal anual. En las tablas que se muestran a continuación se puede observar los desplazamientos latitudinales dentro de la marea distinguiéndose las zonas y los límites donde operó la embarcación (norte, sur, este y weste).

Año 2000

Zona por marea	lat max	lat min	long max	long min			
marea1	33.77	20.81	85.42	73.08			
marea2	34.98	25.88	88.66	77.71			
cambio de zona			Rango zona				
marea 1	fecha inicial	Termino	lat inicial	lat final	long ini	long fin	lances
	19/6/00	27/6/00	21.00	29.00	75.00	76.00	7
	29/6/00	8/7/00	25.00	26.00	74.00	80.00	9
	10/7/00	13/7/00	30.00	33.00	82.00	79.00	3
	15/7/00	22/7/00	29.00	27.00	77.00	79.00	7
	23/7/00	4/8/00	28.00	30.00	80.00	82.00	12
	6/8/00	20/8/00	26.00	27.00	80.00	79.00	15
cambio de zona			Rango zona				
marea 2	fecha inicial	Término	lat inicial	lat final	long ini	long fin	lances
	8/10/00	29/10/00	30.00	29.00	82.00	78.00	19
	31/10/00	7/11/00	30.00	28.00	82.00	82.00	7
	9/11/00	19/11/00	26.00	30.00	84.00	82.00	7
	22/11/00	24/11/00	32.00	31.00	87.00	88.00	3
	26/11/00	28/11/00	34.00	33.00	85.00	87.00	3
	30/11/00	9/12/00	30.00	30.00	82.00	82.00	13

En este año el barco tuvo como límite norte para la primera marea los 20.81 ª Sur y como límite sur 33.77ª sur, en tanto en la segunda marea fueron de 25.88º Sur y 34.98º Sur, en ambos períodos la zona recorrida fue muy similar; se desplazó horizontalmente entre los meridianos 88º Weste y 73ª weste.

Año 2001

Zona por marea	lat max	lat min	long max	long min			
1	26.90	16.75	116.94	78.03			
2	38.24	30.08	84.95	78.08			
3	36.93	25.74	83.81	78.08			
4	29.87	23.88	83.00	78.10			
5	32.22	23.69	83.33	76.00			
cambio de zona			rango zona				
marea 1	fecha ini	Termino	lat inicial	lat final	long ini	long fin	lances
	27/1/01	4/2/01	19.00	22.00	92.00	95.00	8
	13/2/01	5/3/01	17.00	19.00	104.00	102.00	8
	7/3/01	9/3/01	23.00	25.00	101.00	97.00	2
	14/3/01	19/3/01	26.00	26.00	80.00	78.00	6
cambio de zona			rango zona				
marea 2	fecha ini	Termino	lat inicial	lat final	Long ini	long fi	lances
	2/4/01	26/4/01	36.00	37.00	83.00	82.00	23
	28/4/01	11/5/01	36.00	35.00	82.00	79.00	13
	13/5/01	15/5/01	32.00	30.00	79.00	82.00	2
	17/5/02	21/5/01	33.00	31.00	80.00	78.00	4
	23/5/01	26/5/01	34.00	34.00	80.00	80.00	3
	29/5/01	5/6/01	37.00	36.00	83.00	83.00	6
	7/6/01	10/6/01	35.00	35.00	82.00	82.00	4

Continuación.....

cambio de zona			rango zona				
marea 3	fecha ini	Termino	lat inicial	lat final	Long ini	long fi	lances
	24/6/01	29/6/01	30.00	31.00	78.00	82.00	5
	1/7/01	5/7/01	29.00	31.00	82.00	81.00	5
	8/7/01	19/7/01	36.00	33.00	83.00	82.00	10
	23/7/01	2/8/01	37.00	35.00	83.00	83.00	11
	4/8/01	4/8/01	32.00	32.00	81.00	81.00	1
	7/8/01	08/0801	25.00	26.00	80.00	80.00	2
	10/8/01	12/8/01	30.00	29.00	79.00	79.00	3
	15/8/01	16/8/01	35.00	34.00	81.00	80.00	2
	18/8/01	7/9/01	30.00	28.00	79.00	78.00	21
cambio de	zona		rango zona				
marea 4	fecha ini	Termino	lat inicial	lat final	Long ini	long fi	lances
	24/9/01	24/9/01	28.00	28.00	78.00	78.00	1
	26/9/01	7/10/01	26.00	23.00	78.00	82.00	11
	9/10/01	18/10/01	25.00	28.00	80.00	78.00	8
cambio de	zona		rango zona				
marea 5	fecha ini	Termino	lat inicial	lat final	Long ini	long fi	lances
	26/10/01	17/11/01	26.00	24.00	83.00	79.00	19
	20/11/01	25/11/01	27.00	28.00	79.00	79.00	7
	27/11/01	6/12/01	24.00	28.00	79.00	82.00	9
	08/1201	08/1201	26.00	26.00	81.00	80.00	1

En este año el barco tuvo como límite norte para la primera marea los 16.75 ª Sur y como límite sur 26.90ª sur, en tanto en la segunda marea fueron de 30.08º Sur y 38.24º Sur, para la tercera 25.74º S y 36.93º S, para la cuarta 23.88º S y 29.87º S y finalmente para la quinta marea 23.69º S y 32.22ºS. En la primera marea la zona recorrida longitudinalmente fue alrededor de los 100º weste, con excepción de los últimos 6 lances donde operó en la zona longitudinal común que operó en el resto del año, entiéndase por esto el área comprendida entre los 84º w y 76º W.

Año 2002

Zona por marea	lat max	lat min	long max	long min			
1	40.92	33.74	85.93	80.04			
2	35.03	28.48	85.51	79.00			
cambio de	zona		rango zona				
marea 1	fecha ini	termino	lat inicial	lat final	Long ini	long fi	Lances
	10/3/02	12/3/02	40.00	38.00	83.00	85.00	3
	15/3/01	6/4/02	38.00	36.00	85.00	83.00	19
	8/4/02	27/4/02	38.00	35.00	84.00	83.00	19
	29/4/02	9/5/02	34.00	34.00	82.00	81.00	11
cambio de	zona		rango zona				
marea 2	fecha ini	Termino	lat inicial	lat final	Long ini	long fi	lances
	21/5/02	2/6/02	32.00	33.00	80.00	84.00	9
	4/6/02	4/6/02	31.00	31.00	84.00	84.00	1
	6/6/02	7/6/02	34.00	35.00	83.00	82.00	2
	9/6/02	18/6/02	32.00	30.00	81.00	81.00	10
	20/6/02	29/6/02	33.00	34.00	84.00	84.00	9
	1/7/02	20/7/02	31.00	28.00	85.00	79.00	18

En este año el barco tuvo como límite norte para la primera marea los 33,74ºS y como límite sur 40,92ºS, en tanto en la segunda marea fueron de 28,48ºS y 35,03ºS; en ambos períodos la zona recorrida horizontalmente fue muy similar; desplazándose entre los 79ºS y 85ºS.

Para el 2000 el barco comenzó operando, en la zona de Chile, en junio a la altura de los 21ºS, para luego ir desplazándose paulatinamente hacia el sur hasta los 30ºS en julio, y así volver al norte hasta los 26º S en agosto; luego de un período de descanso volvió al límite de la zona de nazca (30º S) para dirigirse al norte (26º S) , finalmente terminó operando a la altura de los 32º Sur – 34º sur en el mes de diciembre.

En el 2001 como se pudo observar se comenzó operando en una zona altamente oceánica en el mes de febrero, para en marzo comenzar en la zona longitudinal de operación normal definida anteriormente (85º weste – 761 Weste) y latitudinalmente a la altura de Talcahuano en

los 36º Sur manteniéndose en la zona con pequeños desplazamientos hacia el norte (33º S), sin embargo entre junio y julio se observa unos desplazamientos hacia el norte llegando a operar en los alrededores de los 29º S posteriormente se dirigió hacia el sur hasta los 37º S para terminar la marea a principios de septiembre en los 28º S. En las dos ultimas mareas del período (sep –dic) el barco operó en la zona de nazca con un límite norte máximo de 23º S y sur de 28ºs.

Para el período del año 2002 el barco comenzó operando a la altura de Corral en los 40ºS en el mes de marzo; se fue desplazando hacia el norte lentamente, para en el mes de abril estar en los 38º s, en mayo en los 32 º S, en junio en los 31º S y en julio en los 28º S.

d) Capturas de especie objetivo, periodo 2000-2002. En el caso de esta nave se cuenta con la información de capturas agrupadas por calibre y detalladas en numero de piezas y peso tronco en kilos.

2000

	00-30 cm		30-50 cm		50-70 cm		70-Up cm		***Totales***	
Mareas	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	**Peso**	**Nº**
1	1	22	124	5536	312	9150	240	23246	37954	677
2	0	0	38	1578	48	2809	96	11614	16001	182
Total	1	22	162	7114	360	11959	336	34860	53955	859

2001

	00-30 cm		30-50 cm		50-70 cm		70-Up cm		***Totales***	
Mareas	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	**Peso**	**Nº**
1	42	1036.6	88	3178.3	35	2064.9	68	8066.9	14346.7	233
2	23	570	400	15234	263	15155	359	36495	67454	1045
3	1	23	106	4251	131	7429	294	30543	42246	532
4	9	167	87	3407	53	2922	52	5421	11917	201
5	113	2612	173	6651	64	3567	85	9356	22117	435
Total	188	4408.6	854	32721.3	546	31137.9	858	89881.9	158081	2446

2002										
	00-30 cm		30-50 cm		50-70 cm		70-Up cm		***Totales***	
Mareas	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	Nº Ind.	Peso (kg)	**Peso**	**Nº**
1	471	9658	707	25718	232	12915	189	18850	67141	1599
2	222	4660	407	15160	219	12085	131	13655	45560	979
Total	693	14318	1114	40878	451	25000	320	32505	112701	2578

Se puede apreciar que la captura en número de individuos menores a 30 cm ha ido en aumento desde el 2000 , lo mismo ocurrió para peces de entre 30 y 50 cm.

La captura de individuos de tallas entre 50-70 cm y 70+ cm se mantuvo estable en el año 2000 y 2002, sin embargo debido a que en el año 2001 se tiene un mayor número de mareas registradas, la captura es mayor.

Al comparar el período 2000 con el 2002 donde en ambos años se registraron dos mareas, el aumento en peso y en número de las capturas es de aproximadamente un 107% y 200% respectivamente, lo cual refleja que se está pescando más individuos pequeños ya que el aumento en peso es mucho menor.

e) Capturas fauna acompañante periodo 2000-2002. No se cuenta con la información para esta nave**.**

4.3.3. Fauna acompañante de la zona de estudio

4.3.3.1. Crucero ESP01

La fauna asociada estuvo compuesta por 11 especies. Siendo las especies más frecuentes en los lances *Myliobatis chilensis* y *Prionace glauca* ambas pertenecientes al grupo de los elasmobranquios (Tabla 31).

En términos de frecuencia numérica (%N), la fauna asociada a la pesquería del pez espada estuvo integrada por un bajo porcentaje de atunes (<5%), mientras que los escualos presentaron una mayor incidencia en las capturas. *Myliobatis chilensis* aportó con un 44% del

total de la captura, seguida por la especie objetivo (*Xiphias gladius*) con un 41% y *Prionace glauca* con un 7% aproximadamente (Fig. 91). Las tres especies de mayor frecuencia numérica representan un 92% de la captura total. El resumen de la fauna asociada se muestra en imágenes en la figura 93.

Tabla 31. Presencia y ausencia de fauna asociada a *Xiphias gladius* en subzonas III y IV, durante el crucero de verano (L: Lance).

Especie	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**L5**	**L6**	**L7**	**L8**	**L9**	**L10**	**L11**	**L12**	**L13**
Prionace glauca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Myliobatis chilensis		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alopias supercillosus													X
Thunnus alalunga						X							
Thunnus obesus						X							
Coryphaena hippurus		X											
Alepisaurus ferox		X					X			X			X
Lepidocybium flavobruneum							X	X			X		X
Katsuwonus pelamis			X	X									
Tetrapturus audaz						X						X	
Taractes rubescens										X		X	X

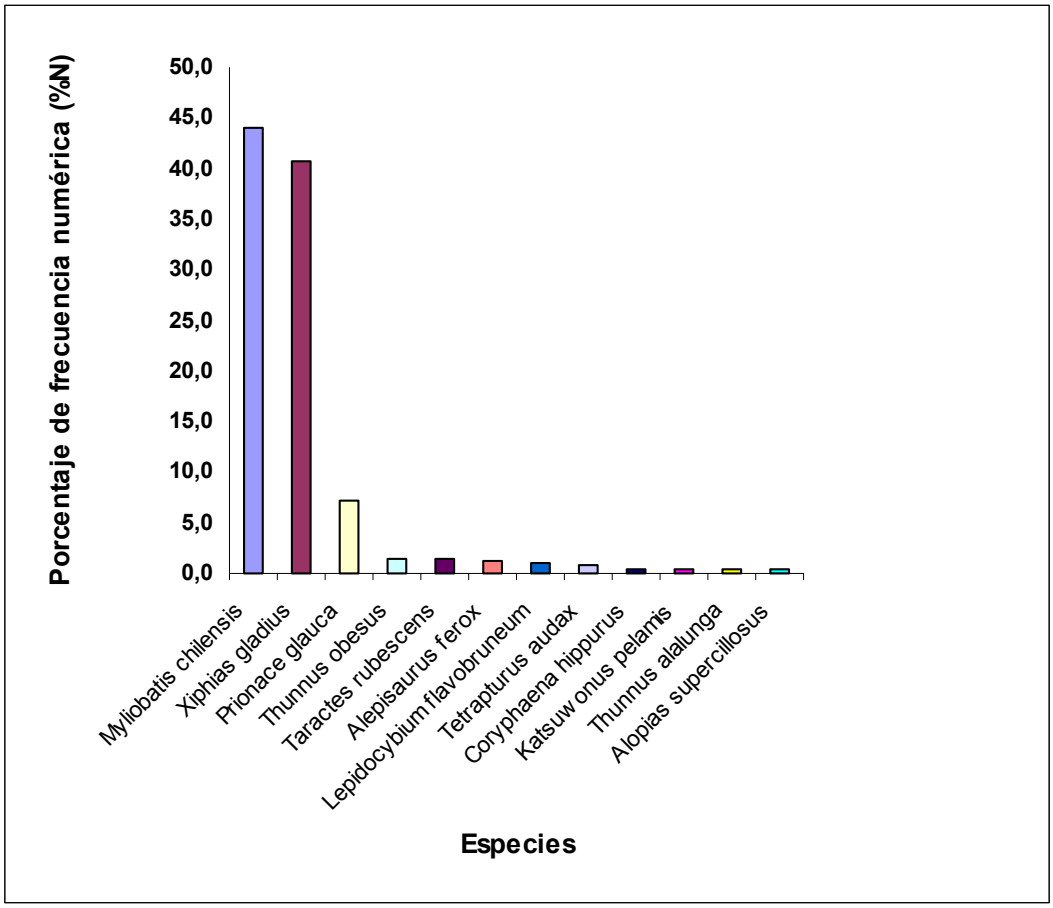


Figura 91. Porcentaje de importancia numérica (%N) de las especies encontradas en la fauna asociada a la pesquería del pez espada, capturadas en las Subzonas III y IV de la Cordillera de Nazca, crucero de verano 2003.

4.3.3.2. Crucero ESP02

La fauna asociada estuvo compuesta por 15 especies. Siendo las especies más frecuentes en los lances *Thunnus alalunga*, *Myliobatis chilensis*, *Prionace glauca*, *Thunnus albacares* y *Thunnus obesus* (Tabla 32).

Tabla 32. Presencia y ausencia de la fauna asociada a *Xiphias gladius* Subzona IV de la Cordillera de Nazca, crucero de invierno 2003.

L:Lance

Especie	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7	L 8	L 9	L1 0	L1 1	L1 2	L1 3	L1 4	L1 5	L1 6
Prionace glauca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Lamna nasus		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	
Isurus oxirynchus				X			X	X	X	X	X					
Myliobatis chilensis		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Thunnus alalunga		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Thunnus albacares			X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Thunnus obesus	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gempylidae	X		X	X			X					X	X	X	X	X
Corypahaena hippurus		X	X	X		X			X	X	X	X		X	X	
Alepisaurus ferox					X	X										X
Epigonus crassicaudus								X								
Gasterochisma melampus									X							
Lampridae						X		X			X	X		X	X	X
Mola ramsayi														X		
Dosidicus gigas		X		X		X				X						X

En términos de frecuencia numérica (%N), la especie objetivo (*Xiphias gladius*) aportó el 31,4% de la captura total, seguida por *Myliobatis chilensis* (13,8%) y *Thunnus alalunga* (12,5 %). Estas tres especies representan el 58% aproximadamente de la captura total (Fig. 92). El resto de las especies que integra la fauna asociada a la pesquería del pez espada en conjunto aportan menos del 42% de la captura total (Fig. 92). Fotografías de las especies del segundo crucero se muestra en las figura 94, 95 y 96.

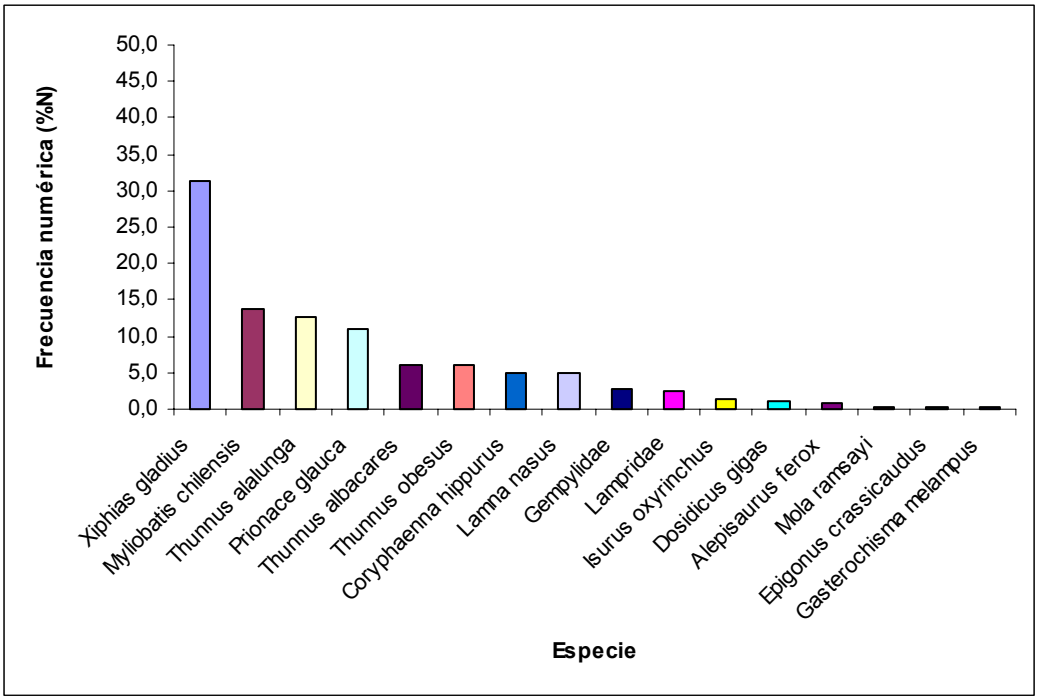
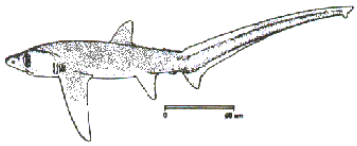


Figura 92. Porcentaje de importancia numérica (%N) de las especies encontradas en la fauna asociada a la pesquería del pez espada, capturadas en las Subzona IV de la Cordillera de Nazca, crucero de invierno 2003.

ELASMOBRANQUIOS



Azulejo (Prionace glauca)



Pejezorro ojudo (Alopias supercillosus)



Raya (Myliobatis chilensis)

TELEOSTEOS



Atún Aleta Larga
(Thunnus alalunga)



Cachurreta
(Katsuwonus pelamis)



Atún Aleta Amarilla
(Thunnus albacares)



Marlin rayado
(Tretapturus audax)



Palometa, Dorado, Mahi-Mahi
(Coryphaena hippurus)



Brama negra, Reinetón
(Taractes rubescens)



Escolar
(Lepidocybium flavobruneum)



Falsa Barracuda, Begonia
(Alepisaurus ferox)

Figura 93. Fauna acompañante Crucero ESP01-UCV

FAUNA ACOMPAÑANTE : ELASMOBRANQUIOS

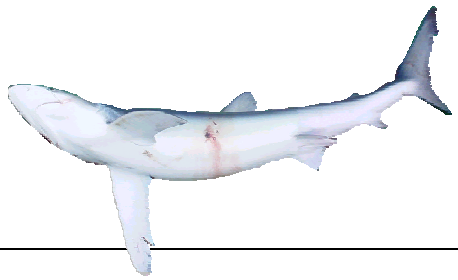
IMAGEN	NOMBRES
	AZULEJO ***Prionace glauca***
	MARRAJO SARDINERO ***Isurus oxirynchus***
	MARRAJO ***Lamna nasus***
	RAYA DE ESPOLON ***Myliobatis chilensis***

Figura 94. Elasmobranquios presentes en el crucero ESP02.

FAUNA ACOMPAÑANTE: TUNIDOS

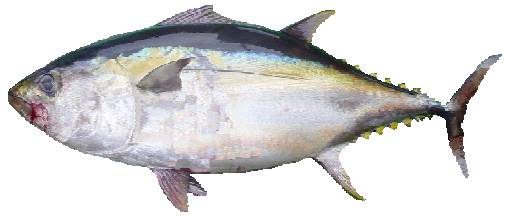
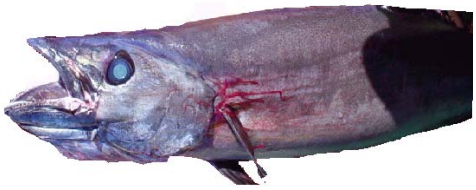
IMAGEN	NOMBRES
	ATUN OJO GRANDE ***Thunnus obesus***
	ATUN ALETA LARGA **Thunnus alalunga**
	ATUN ALETA AMARILLA ***Thunnus albacares***
	ATUN CHAUCHERA ***Gasterochisma melampus***

Figura 95. Túnidos y especie símil presentes en el Crucero ESP02.

FAUNA ACOMPANANTE: OTRAS ESPECIES

	BEGONIA O FALSA BARRACUDA ***Alepisaurus ferox***
	PALOMETA-DORADO-MAHI MAHI ***Coryphaena hippurus***
	PEZ LUNA ***Mola ramsayi***
	PEZ SOL ***Lamprida***e

Figura 96. Otras especies presentes en los lances de pez espada durante el Crucero ESP02.

IMAGEN	NOMBRES
	BESUGO ***Epigonus crassicaudus***
	OILFISH ***Gempylidae***
	JIBIA-CALAMAR GIGANTE ***Dosidicus gigas***

Continuación figura 96.

4.3.3.3. Composición de la dieta de la fauna acompañante de *Xiphias gladius*

a) *Thunnus alalunga*. El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus alalunga* señala que las presas más comunes son los cefalópodos (48,28%), seguida por los peces (44,95%) y con mínimo aporte de los crustáceos 6,77% (Tabla 33). En total se identificaron 6 ítems que forman parte de la dieta de *Thunnus alalunga*, de los cuales 2 correspondieron a cefalópodos, 3 a peces teleósteos y 1 a crustáceos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son peces teleósteos no identificados (43,94%) y *Dosidicus gigas* (41,73%), las que en conjunto explican el 85,67% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 33. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus alalunga* (n= 15), en subzona IV y crucero de invierno: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	16,13	49,01	33,33	41,73
Calamar (ni)	9,68	7,35	20,00	6,55
PISCES				
Myctophidae	3,22	0,19	6,67	0,44
Scomberesox saurus	3,22	1,20	6,67	0,57
Teleósteos (ni)	19,35	37,80	40,00	43,94
CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	48,39	4,45	6,67	6,77
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

b) Thunnus obesus. El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus obesus* señala que las presas más comunes son los peces (47,07%), seguida por los cefalópodos (37,96%) y con aporte del 14,96% por parte de los crustáceos (Tabla 34). En total se identificaron 6 ítems que forman parte de la dieta de *Thunnus obesus*, de los cuales 3 correspondieron a cefalópodos, 2 a peces teleósteos y 1 a crustáceos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son peces teleósteos no identificados (46,76%) y *Dosidicus gigas* (30,44%), las que en conjunto explican el 77% aproximadamente de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 34. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) de el contenido estomacal de *Thunnus obesus* (n= 10), en la subzona IV y crucero de invierno: global.

Item alimentario	%N	P%	%F	%IIR
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	7,25	37,74	40,00	30,44
Onychoteutis sp.	2,89	2,85	10,00	0,97
Calamar (ni)	4,35	8,56	30,00	6,55
PISCES				
Myctophidae	1,45	0,39	10,00	0,31
Teleósteos (ni)	10,14	35,93	60,00	46,76

CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	73,91	14,53	10,00	14,96
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

c) Thunnus albacares

El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Thunnus albacares* señala que las presas más comunes son los cefalópodos (82,28%) y los peces (17,72%) (Tabla 35). En total se identificaron 3 ítems que forman parte de la dieta de *Thunnus albacares*, de los cuales 2 correspondieron a cefalópodos y 1 a peces teleósteos. La especie de mayor importancia en la dieta de este recurso son los calamares no identificados (73,46%).

Tabla 35. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) de el contenido estomacal de *Thunnus albacares* (n= 2), en subzona IV y crucero de invierno: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	25,00	2,87	50,00	8,82
Calamar (ni)	25,00	91,10	100,00	73,46
PISCES				
Scomberesox saurus	50,00	6,02	50,00	17,72
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

d) *Prionace glauca.* El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Prionace glauca* señala que las presas más comunes son los cefalópodos (68,63%), seguida por los peces (18,83%) y con aporte del 14,54% por parte de los crustáceos (Tabla 36). En total se identificaron 4 ítems que forman parte de la dieta de *Prionace glauca*, de los cuales 2 correspondieron a cefalópodos, 1 a peces teleósteos y 1 a crustáceos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son calamares no identificados (51,18%) y peces teleósteos no identificados (18,83%), las que en conjunto explican el 70% aproximadamente de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

e) Lamna nasus. El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Lamna nasus* señala que las presas más comunes son los peces (59,54%) y cefalópodos (40,46%) (Tabla 37). En total se identificaron 2 ítems que forman parte de la dieta de *Lamna nasus*, de los

cuales 1 corresponde a cefalópodos y 1 a peces teleósteos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son calamares no identificados (40,46%) y peces teleósteos no identificados (59,54%), las que en conjunto explican el 100% de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 36. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Prionace glauca* (n= 2), en subzona IV y crucero de invierno: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	25,00	9,89	50,00	17,45
Calamar (ni)	25,00	77,36	50,00	51,18
PISCES				
Teleósteos (ni)	25,00	12,65	50,00	18,83
CRUSTACEA				
Heterocarpus sp.	25,00	0,09	50,00	12,54
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

Tabla 37. Valores del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Lamna nasus* (n= 3), en subzona IV y crucero de invierno: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Calamar (ni)	75,00	40,22	33,33	40,46
PISCES				
Teleósteos (ni)	25,00	59,78	66,67	59,54
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

f) Coryphaena hippurus. El análisis cuantitativo (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* señala que las presas más comunes son los cefalópodos (73,56%), seguida por los peces (21,75%) y con aporte del 4,69% por parte de los insectos (Tabla 38). En total se identificaron 4 ítems que forman parte de la dieta de *Coryphaena hippurus*, de los cuales 1 correspondió a cefalópodos, 2 a peces teleósteos y 1 a insectos. Las especies de mayor importancia en la dieta de este recurso son *Dosidicus gigas* (73,56%) y larvas de peces

teleósteos no identificados (20,70%), las que en conjunto explican el 94,26% aproximadamente de la dieta en términos de número de individuos, frecuencia de ocurrencia y peso.

Tabla 38. Valores método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de ocurrencia (%F) e índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Coryphaena hippurus* (n= 5), en subzona IV y crucero de invierno: global.

Item alimentario	**%N**	**P%**	**%F**	**%IIR**
MOLLUSCA				
Dosidicus gigas	12,76	94,81	40,00	73,56
PISCES				
Larvas de teleósteos	48,94	1,51	10,00	20,70
Teleósteos (ni)	4,25	3,44	60,00	1,05
INSECTA				
Gerridae	34,04	14,53	0,24	4,69
Total IIR(%)				100

ni: no identificado

Los especímenes correspondientes a *Gempylidae* y *Alepisaurus ferox* no presentaron contenido estomacal (estómagos vacíos).

La fauna asociada a *X. gladius* en la zona de estudio presenta una variación en el número de especies en las dos épocas de muestreo, siendo 11 las especies presentes en verano y 11 en invierno, de estas hay seis especies que se encuentran en ambos períodos (Tabla 39).

Tabla 39. Especies propias de verano, invierno y especies comunes de la fauna acompañante de *Xiphias gladius* a ambos períodos de muestreo en la zona de la Cordillera de Nazca, período 2003.

Especies crucero ESP01	**Especies crucero ESP02**	**Especies comunes a ambos cruceros**
Alopias supercillosus	*Lamna nasus*	*Myliobatis chilensis*
Katsuwonus pelamis	*Isurus oxyrinchus*	*Prionace glauca*
Tetrapturus audax	*Thunnus albacares*	*Thunnus alalunga*
Lepidocybium flavobruneum	*Gasterochisma melampus*	*Thunnus obesus*
Taractes rubescens	*Epigonus crassicaudus*	*Coryphaena hippurus*
	Gempylidae	*Alepisaurus ferox*
	Lampridae	
	Mola ramsayi	
	Dosidicus gigas	

El resumen de la presencia y ausencia de los diferentes ítems en los contenidos gástricos de *X. gladius* y su fauna asociada se presentan en la tabla 40 en la que se puede apreciar la preferencia de varias especies por las presas del grupo cefalópodos, las cuales están presente en seis de las 9 especies capturas durante este período de muestreo. Otro tipo de presa altamente consumida son los peces teleósteos. El caso de los crustáceos *(Heterocarpus sp.*), también es consumido por varias especies aunque presenta una ocurrencia menor. Por otro lado, los contenidos estomacales presentan algunas presas totalmente accidentales como lo son algunos crustáceos e inclusive un tipo de insecto (Gerridae).

Tabla 40. Presencia y ausencia de ítems alimentarios que constituyen parte de la dieta de Xiphias gladius y de algunas especies de su fauna asociada colectadas en la Subzonas III y IV de la Cordillera de Nazca, Cruceros ESP01 y ESP02, (febrero y agosto 2003).

Presencia= ■ Ausencia= □

	ITEM ALIMENTARIO															
ESPECIE	*Onychoteutis sp*	*Dosidicus gigas*	*Octopus sp.*	Calamar (n.i)	*Myctophidae*	Juvenil Teleósteos	*Squalidae*	*Scombaresox saurus*	*Epigonus crassicaudus*	Teleósteos (ni)	Larvas de Teleósteos	*Heterocarpus sp*	*Euphasia superba*	*Amphipoda*	*Sergestidae*	*Gerridae*
Xiphias gladius	■	■	■	■	■	■	■	□	■	■	□	■	■	■	■	□
Thunnus alalunga	□	■	□	■	■	□	□	■	□	■	□	■	□	□	□	□
Thunnus obesus	■	■	□	■	■	□	□	□	□	■	□	■	□	□	□	□
Thunnus albacares	□	■	□	■	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□
Prionace glauca	□	■	□	■	□	□	□	□	□	■	□	■	□	□	□	□
Lamna nasus	□	□	□	■	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□
Coryphaena hippurus	□	■	□	□	□	□	□	□	□	■	■	□	□	□	□	■
Alepisaurus ferox	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Gempylidae	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

4.3.4 Relaciones entre las tasas de captura y el ecosistema pelágico

4.3.4.1. Modelos aditivos generalizados (MAG)

Las variables empleadas en estos modelos fueron temperatura superficial del mar (TSM), clorofila (CLOA), gradiente clorofila (GCLOA), salinidad (SAL), índice lunar (LUNA, porcentaje del área iluminada de la luna), altura superficial del mar (SSH), longitud (LONG) y latitud (LAT).

Las variables explicativas con efectos no lineales estadísticamente significativos son la TSM, la salinidad y la longitud (Tabla 41). En el umbral de significancia (0,05) esta la variables clorofila con un p = 0,064. El grado de explicación de estas variables es bastante reducido (Tabla 42), registrando un máximo con la TSM (13%) y mínimo con salinidad (6%).

Tabla 41. Test de significancia de las variables clorofila (CLOA), TSM, gradiente de clorofila (GCLOA), salinidad (SAL), luna, altura superficial del mar (SSH), latitud (LAT) y longitud (LONG), como factores explicativos del logCPUE en modelos aditivos generalizados univariados.

	Grados de libertad no paramétrico	F no paramétrico	p
loess(CLOA)	2,6	2,6	0,064
loess(TSM)	3,5	4,1	0,005
loess(GCLOA)	2,8	1,0	0,409
loess(SAL)	3,6	4,4	0,003
loess(LUNA)	2,4	0,9	0,444
loess(SSH)	2,3	15,5	0,000
loess(LONG)	4,7	5,3	0,000
loess(LAT)	2,4	1,9	0,143

Tabla 42. Porcentaje de explicación y grados de libertad de variables TSM, altura superficial del mar (SSH), clorofila (CLOA), longitud (LONG) y salinidad (SAL), como factores explicativos del logCPUE en modelos aditivos generalizados.

	grados libertad	% explicación
loess(TSM)	3,6	13
loess(SSH)	4,5	10
loess(CLOA)	3,8	9
loess(LONG)	3,4	9
loess(SAL)	5,7	6

La relación no lineal logCPUE-TSM (Fig.97), presenta valores máximos de CPUE alrededor de los 16,5º y 17,5ºC. A valores superiores a los 17,5ºC la función exhibe una tendencia decreciente, estabilizándose luego de superar los 20ºC. Por otra parte el logCPUE presenta una tendencia al incremento hasta valores de clorofila del orden de los 0,20 mg/m^3, manteniéndose estable a valores superiores (Fig.98). La relación entre el logCPUE y la salinidad es el modelo que presente el menor grado de explicación, de sólo un 6% de la variabilidad total. El logCPUE muestra valores estables entre 34,1 y 34,4‰ y un leve descenso entre los 34,5‰ y 34,7‰ (Fig.99). Esta inflexión alrededor de los 34,5‰ puede asociarse al cambio de la masa de agua de Aguas Subantárticas (ASA) a Aguas de Mezcla (AM). Sobre los 34,7‰ se presenta un pequeño incremento en la función, que podría estar más relacionado al sesgo que se produce por el menor número de observaciones existentes para definir la función. La relación con la altura superficial del mar (SSH) exhibe una leve tendencia ascendente entre los –4 y 3 cm, y luego una tendencia descendente entre los 4 y 7 cm (Fig.100). Finalmente en la relación logCPUE-longitud (Fig.101) es posible observar una tendencia decreciente en los rendimiento entre los 79,5º y 81ºW. Al oeste de los 81ºW y al este de los 78ºW es difícil interpretar la relación debido al sesgo producto del reducido número de observaciones que definen la función no lineal.

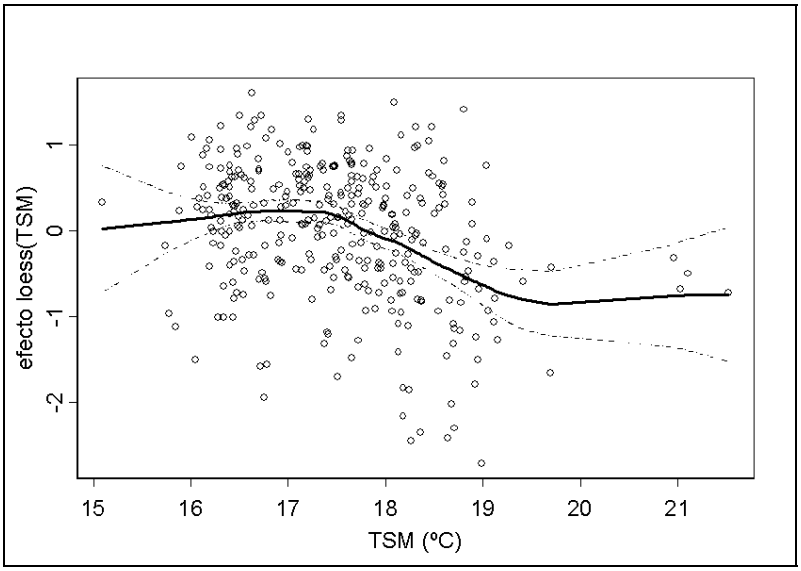


Figura 97. Relación no lineal entre el logCPUE y la TSM.

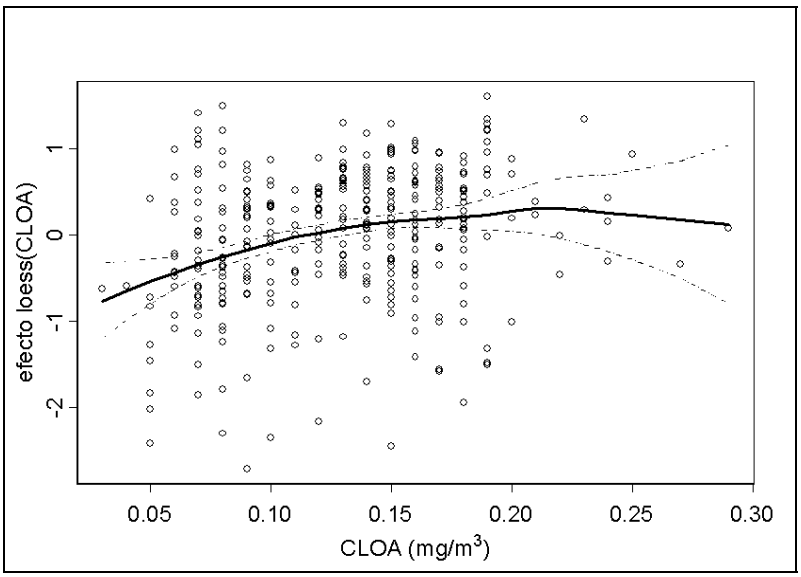


Figura 98. Relación no lineal entre el log CPUE y la concentración de clorofila (CLOA).

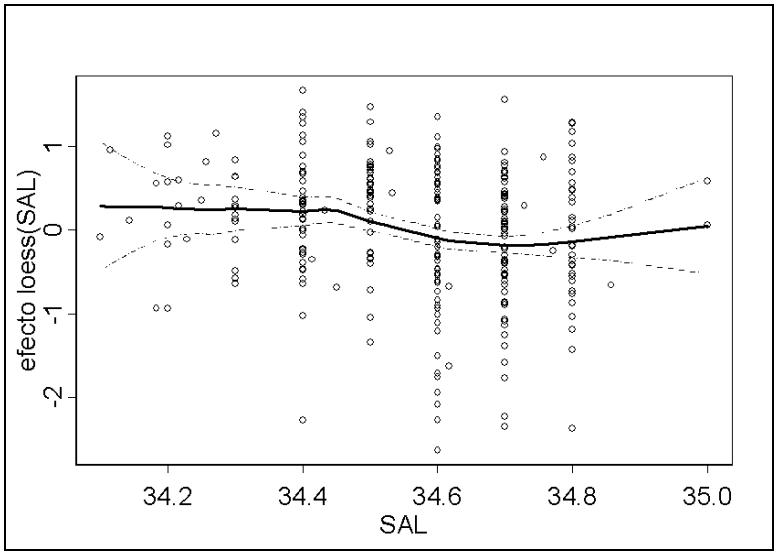


Figura 99. Relación no lineal entre el log CPUE y la salinidad (SAL).

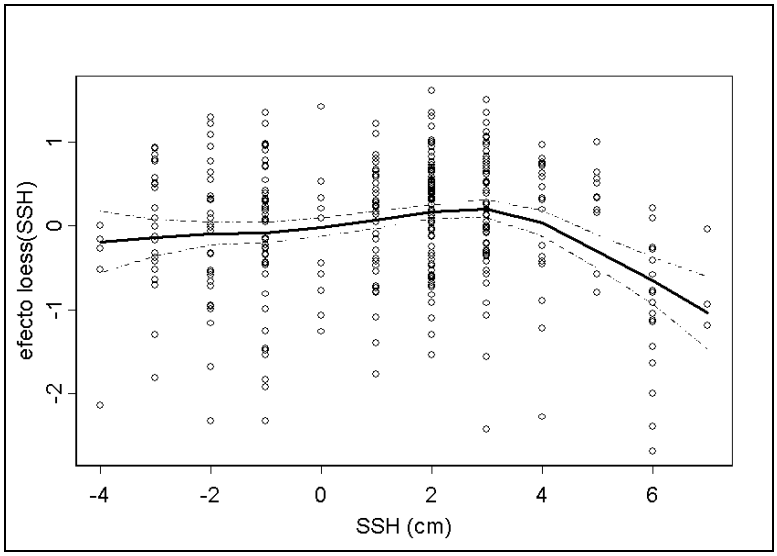


Figura 100. Relación no lineal entre el log CPUE y la altura superficial del mar (SSH).

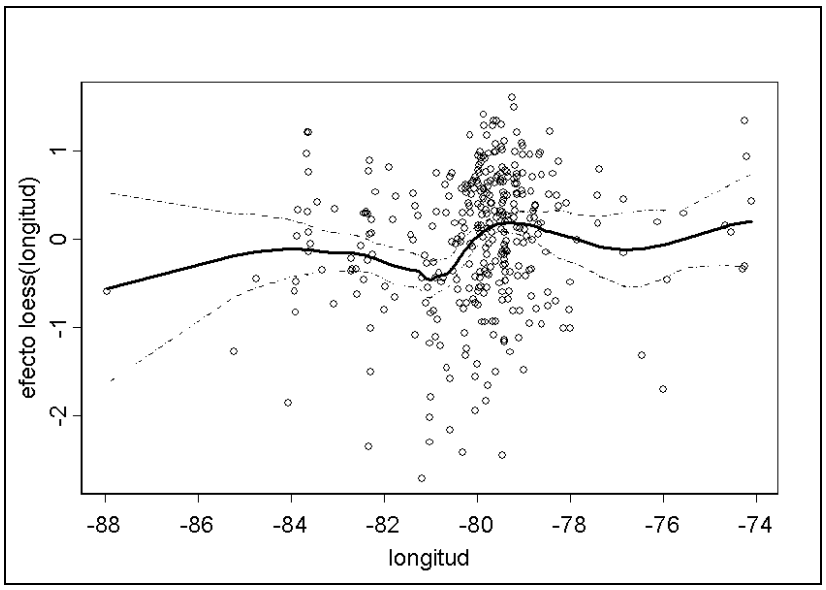


Figura 101. Relación no lineal entre el log CPUE y la longitud.

4.3.4.2. Modelos lineales generalizados MLG

En tabla 43 se presenta el análisis de devianza del modelo obtenido al considerar todas las variables explicativas añadidas al modelo en orden de su probabilidad nominal (asociada con el estadístico F de ingreso). Solo la TSM y el efecto embarcación son estadísticamente significativas ($p<0,05$), obteniendo en conjunto un R^2 = 0,19. La TSM esta inversamente relacionada al logCPUE (Fig.102) y explica un 12% de la varianza total. El efecto embarcación pone en evidencia el mayor poder de pesca de la embarcación congeladora respecto a la embarcación hielera (Fig.103).

Tabla 43. Análisis de devianza de modelo lineal general basado en data histórica. Solo las variables TSM y embarcación son altamente significativas. Sobre línea punteada se presenta el modelo retenido con las variables significativas TSM y Barco, que en conjunto explican un 19% de la variabilidad total.

	Grados de libertad	Devianza	Grados de libertad del error	Devianza residual	F	p
Nula			235	147		
TSM	1	18,1	234	129	35,72	0,000
Barco	1	10,4	233	118	20,53	0,000
Clorofila	1	1,5	232	117	2,88	0,091
Año	2	1,9	230	115	1,91	0,150
Salinidad	1	0,5	229	114	0,91	0,340
Batimetría	1	0,1	228	114	0,13	0,717
GCLOA	1	0,0	227	114	0,03	0,867
SSH	1	0,0	226	114	0,01	0,923

El hecho de que las variables salinidad y clorofila no resultaran significativas dentro del modelo se debe a la alta correlación existente entre estas y la TSM (Tabla 44). Para evaluar la influencia de estas variables sobre la CPUE, se realiza una selección forward sin incluir a la TSM como variable explicativa. El modelo retenido incluye las variables CLOA y embarcación, presentando un R^2 = 0,18 (Tabla 45). La relación entre el logCPUE y la clorofila se presenta en Fig. 104. Similarmente se repite la selección forward sin incluir ni a la TSM ni a la CLOA. El modelo retenido contiene los efectos embarcación, salinidad y año, y tiene un R^2 = 0,19 (Tabla

46). La relación entre el logCPUE y las variables salinidad y año se presentan en Fig. 105 y 106.

Considerando la existencia de relaciones no lineales entre el logCPUE y las variables ambientales (ajustadas previamente con los GAMs), se reemplazan en los MLGs analizados previamente, el efecto lineal simple de las covariables TSM, CLOA y salinidad, por funciones polinomiales de grado 2 y 3. En tabla 47 se presenta la variaciones en el grado de explicación al incluir las covariables como efecto lineal simple y polinomial de grado 2 y 3. El mayor incremento en el poder de explicación se produce con la relación polinomial de la TSM de tercer grado, con un aumento del 3% respecto a modelo lineal simple. Para la CLOA se produce un incremento de sólo un 1% al considerar un polinomio de tercer grado, en tanto la salinidad no presenta ningún aumento en el grado de explicación. En tabla 48 se presenta el modelo que incluye el efecto polinomial de la TSM (grado 3), el que presenta un R^2 = 21%. Este efecto alcanza valores máximos en torno a los 16,5ºC (Fig. 107).

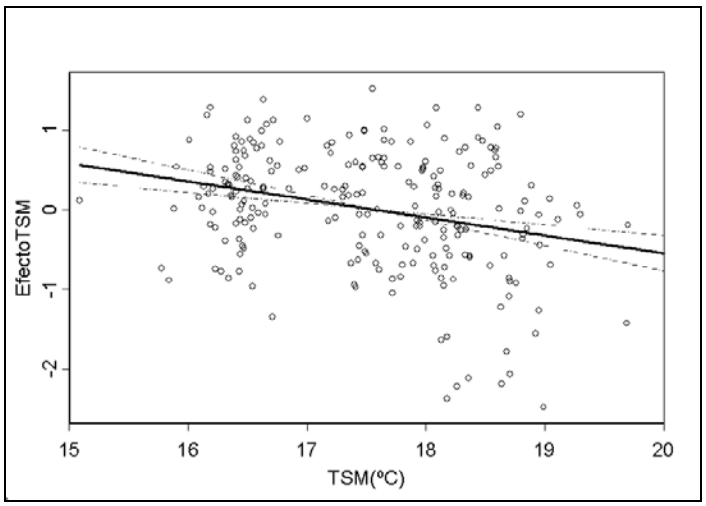


Figura 102. Relación entre el logCPUE y la TSM, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además el efecto embarcación como factor explicativo.

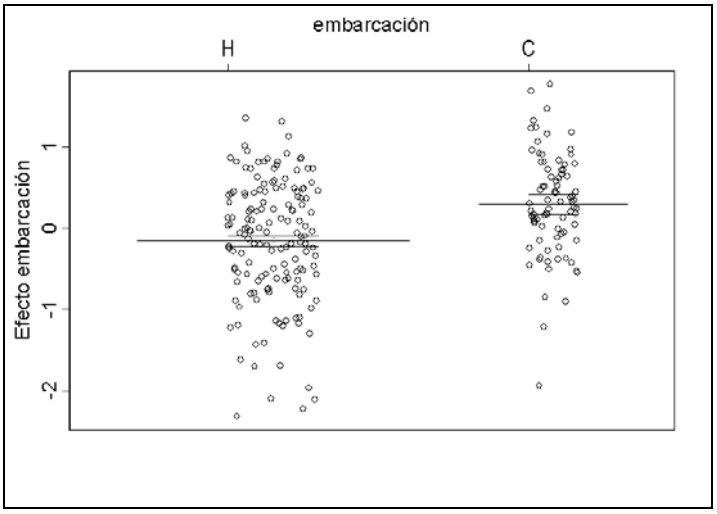


Figura 103. Relación entre el logCPUE y la embarcación, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además el efecto TSM como variable explicativa (H: palangrero hielero; C: palangrero congelador).

Tabla 44. Matriz de correlación data histórica ambiental y pesquera del periodo 2000-2002.

	TSM	SSH	SAL	BAT	CLOA	GCLOA	logCPUE
TSM	1						
SSH	0,19	1					
SAL	0,60	0,31	1				
BAT	-0,13	-0,20	-0,30	1			
CLOA	-0,64	-0,19	-0,54	0,22	1		
GCLOA	-0,21	-0,04	-0,10	0,11	0,46	1	
LogCPUE	-0,35	-0,11	-0,26	0,00	0,33	0,15	1

Tabla 45. Análisis de devianza del MLG con efecto concentración de la clorofila y barco (R^2 = 0,18).

	Grados de libertad	Devianza	Grados de libertad del error	Devianza residual	F	p
Nula			235	147		
Clorofila	1	16	234	130	31,7	0,000
Barco	1	9	233	121	18,2	0,000

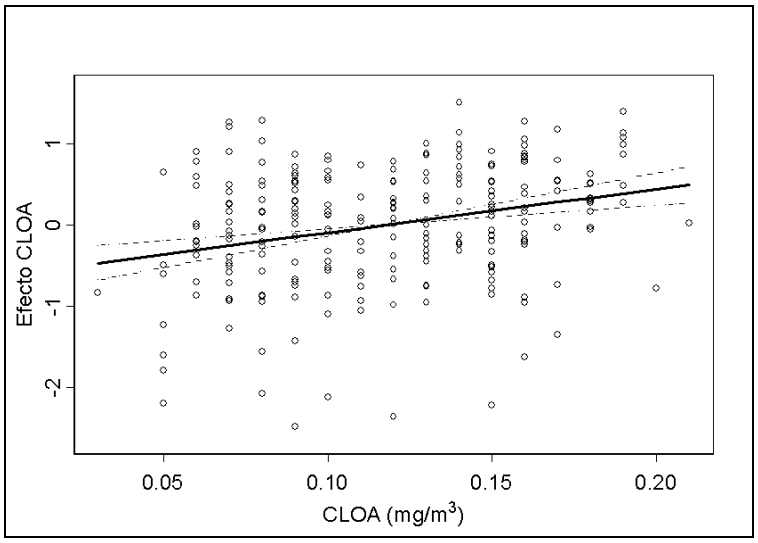


Figura 104. Relación entre el logCPUE y la concentración superficial de clorofila, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además el efecto embarcación como factor explicativo.

Tabla 46. Análisis de devianza del MLG con efecto barco, salinidad y año (R^2 = 0,19).

	Grados de libertad	Devianza	Grados de libertad del error	Devianza residual	F	p
Nula			235	147		
Barco	1	16	234	131	30,8	0,000
Salinidad	1	5	233	125	10,6	0,001
Año	2	6	231	120	5,6	0,004

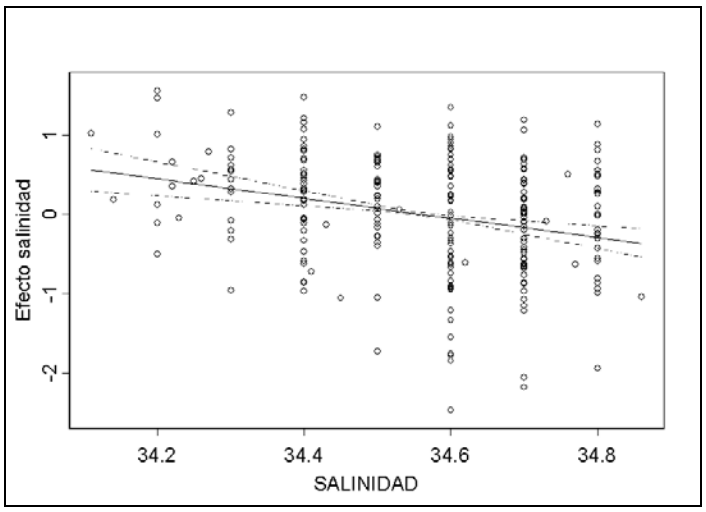


Figura 105. Relación entre el logCPUE y la salinidad superficial, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además los efectos embarcación y año.

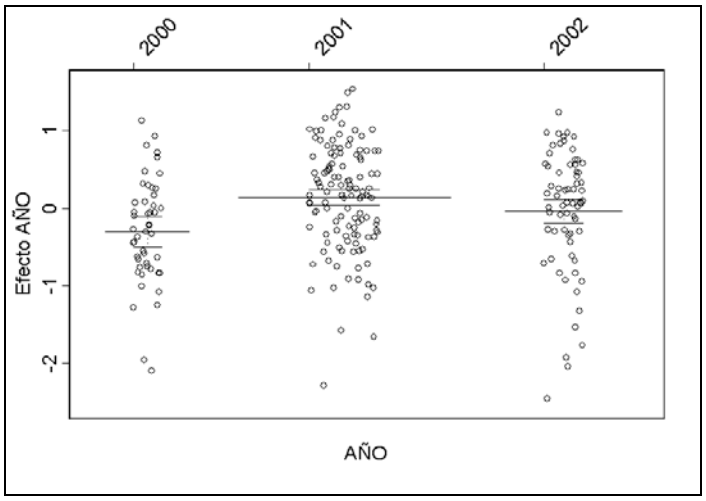


Figura 106. Relación entre el logCPUE y el factor año, obtenida en modelo lineal generalizado que incluye además los efectos embarcación y salinidad.

Tabla 47. Grado de explicación (%) de la variabilidad del logCPUE, obtenido con TSM, clorofila y salinidad, al ser incluidos como efecto lineal simple y polinomial de grado 2 y 3.

	lineal	polinomial (grado 2)	polinomial (grado 3)
TSM(1)	12	12	15
CLOA(1)	11	11	12
Salinidad(2)	4	4	4

(1) incluida en MLG junto con efecto barco

(2) incluida en MLG junto con efectos barco y año

Tabla 48 . Análisis de devianza con efecto polinomial de la TSM de tercer grado, y efecto embarcación (R^2 = 21%).

	Grados de libertad	Devianza	Grados de libertad del error	Devianza residual	F	p
Nula			235	147		
Poli(TSM,3)	3	22	232	125	15	0,000
Barco	1	9	231	115	19	0,000

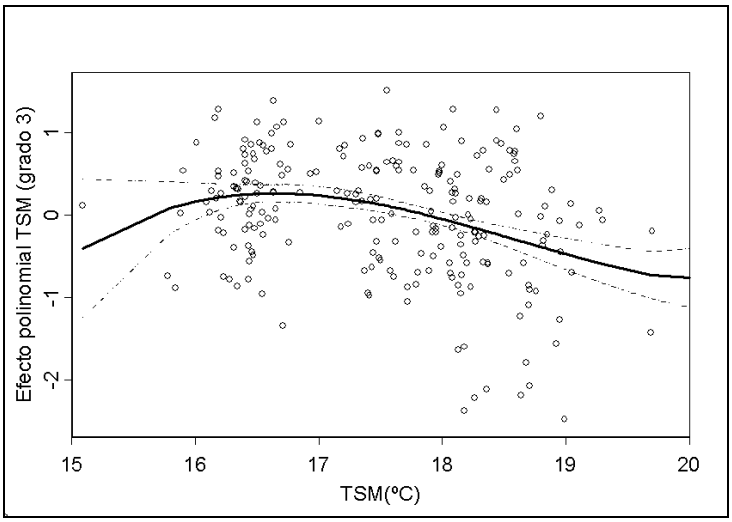


Figura 107. Relación polinomial de tercer grado entre el logCPUE y la TSM, obtenida de modelo lineal generalizado que incluye además el efecto embarcación como variable explicativa.

4.4. Caracterización de la fracción poblacional de pez espada en la Cordillera de Nazca

4.4.1. Estructura de longitudes y pesos

4.4.1.1. Crucero de verano (ESP01)

a) Distribución de frecuencias de longitudes y pesos: En Tablas 49, 50 y 51 se presentan algunas estadísticas descriptivas de la longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud primera-segunda dorsal (L12D), longitud ojo-horquilla (LOH), peso tronco (PTR) y peso total (PT) para cada sexo y sexos combinados de los ejemplares capturados en Nazca.

Las distribución de frecuencia para estas variables se presentan de la Figura 108 a 117. Todas las distribuciones presenta un sesgo hacia la derecha (coeficiente de simetría > 0). La LHMI presenta un intervalo modal de 130-140 cm, para machos, hembras y sexos combinados. La media es de 135 cm en machos y 149 cm en hembras. La L12D presenta un valor promedio de 77,7 cm en machos y 85,8 en hembras. El intervalo modal se localiza en 70-75 cm considerando sexos combinados y machos, y en 70-75 y 80-85 en hembras. La LOH presenta intervalo modales localizados en los 110-120 cm, para sexos combinados, machos y hembras, y valores promedios de 125, 119 y 132 cm respectivamente.

Por otra parte, el peso tronco presenta un valor medio de 27,7 kg considerando sexos combinados, 22,7 kg en machos y 33,5 en hembras. El intervalo modal se localiza en 15-20 kg para sexos combinados y machos, y en 15-20 y 25-30 kg en hembras. La distribución es sesgada hacia la derecha.

En Tablas 52, 53, 54, 55 y 56 se presentan la frecuencia porcentual por intervalo de LHMI, L12D, LOH, PTR y PT respectivamente, considerando sexos combinados, machos y hembras.

EL test de Kruskal-Wallis determina diferencias estadísticas significativas entre sexos para estas cinco variables (LHMI: x^2 = 14,2, p-valor = 0,0002; L12D: x^2 = 12,63, p-valor = 0,0004; LOH: x^2 = 12,0, p-valor = 0,0005; PTR: x^2 = 145, p-valor = 0, PT: x^2 = 7,6, p-valor=0,005).

Tabla 49. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso total (PT) de los ejemplares capturados en crucero ESP01, considerando sexos combinados.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	108	96	60	10,6	14,0
Media	141,6	125,1	81,5	27,7	34,9
Mediana	138	121	79	23,1	32,4
Máximo	247	226	146	147,1	87,5
Error estándar	21,2	19,8	13,2	16,9	14,3
Simetría	1,7	1,7	1,5	3,6	1,4
Curtosis	4,7	4,8	3,9	18,4	2,7
Número	162	162	162	162	157

Tabla 50. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso total (PT) de los ejemplares machos capturados en crucero ESP01.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	110	96	60	12,3	14,8
Media	135,0	119,1	77,7	22,7	31,6
Mediana	133	117	76	20,6	31,5
Máximo	192	170	112	66,7	87,5
Error estándar	13,4	12,8	9,7	7,8	10,7
Simetría	0,9	0,8	0,8	2,3	1,8
Curtosis	2,6	1,7	1,6	10,4	7,6
Número	87	87	87	87	87

Tabla 51. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso total (PT) de los ejemplares hembras capturados en crucero ESP01.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	108	97	60	10,6	14,0
Media	149,2	132,0	85,8	33,5	39,0
Mediana	145	127	83	28,8	37,9
Máximo	247	226	146	147,1	86,7
Error estándar	25,7	24,0	15,3	22,0	17,0
Simetría	1,3	1,3	1,3	2,7	0,9
Curtosis	2,4	2,6	2,7	10,0	0,6
Número	75	75	75	75	70

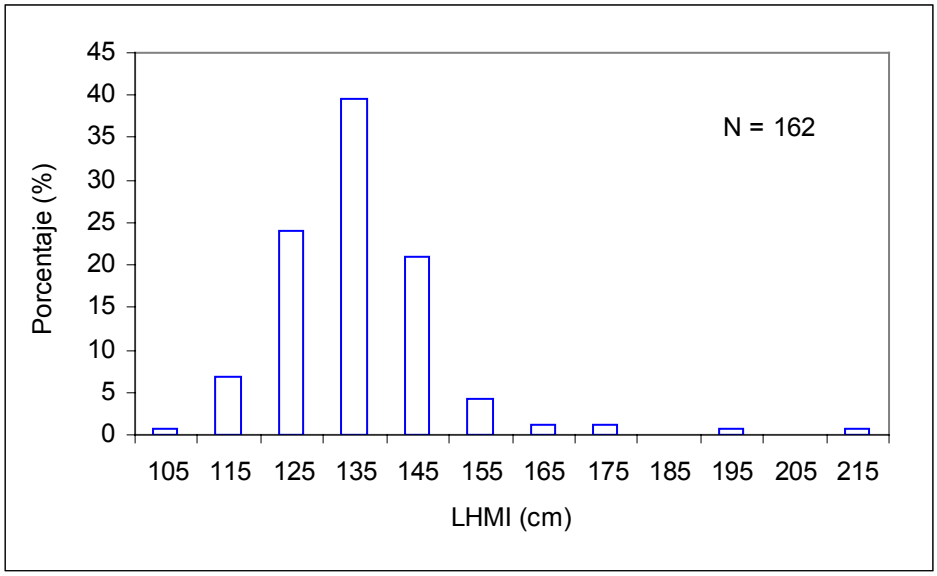


Figura 108. Distribución de frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) para sexos combinados, en crucero ESP01.

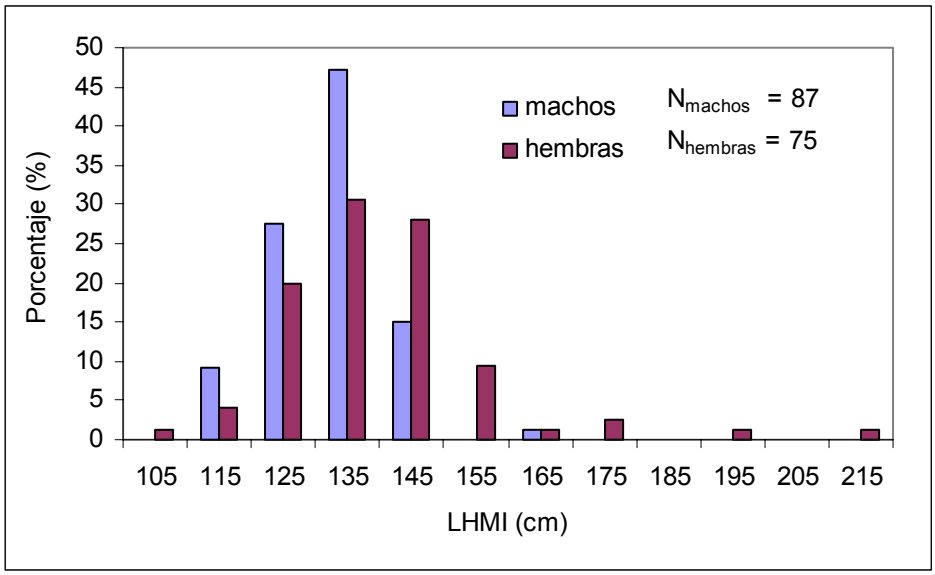


Figura 109. Distribución de frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) para machos y hembras, en crucero ESP01.

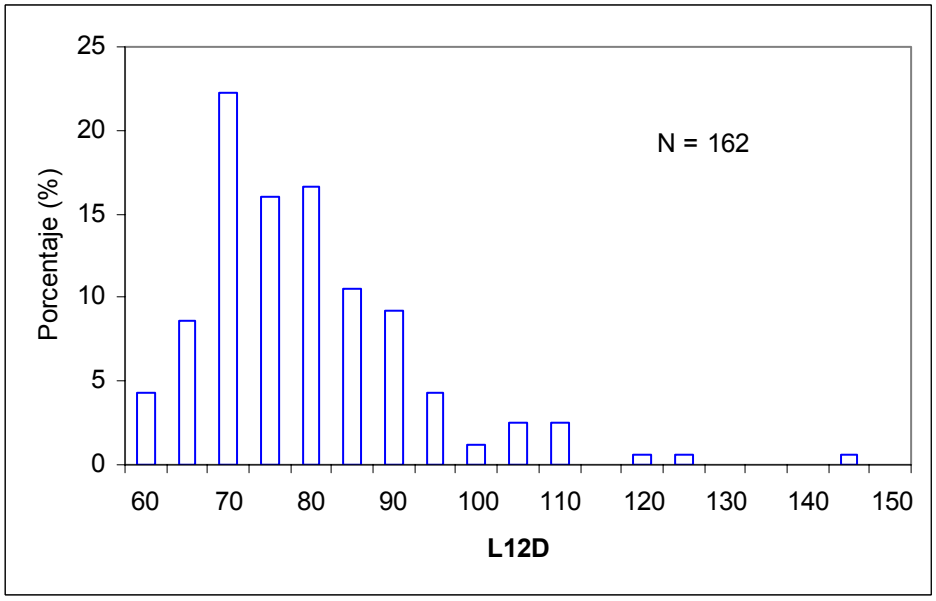


Figura 110. Distribución de frecuencia de longitud primera-segunda aleta dorsal (L12D) para sexos combinados, en crucero ESP01.

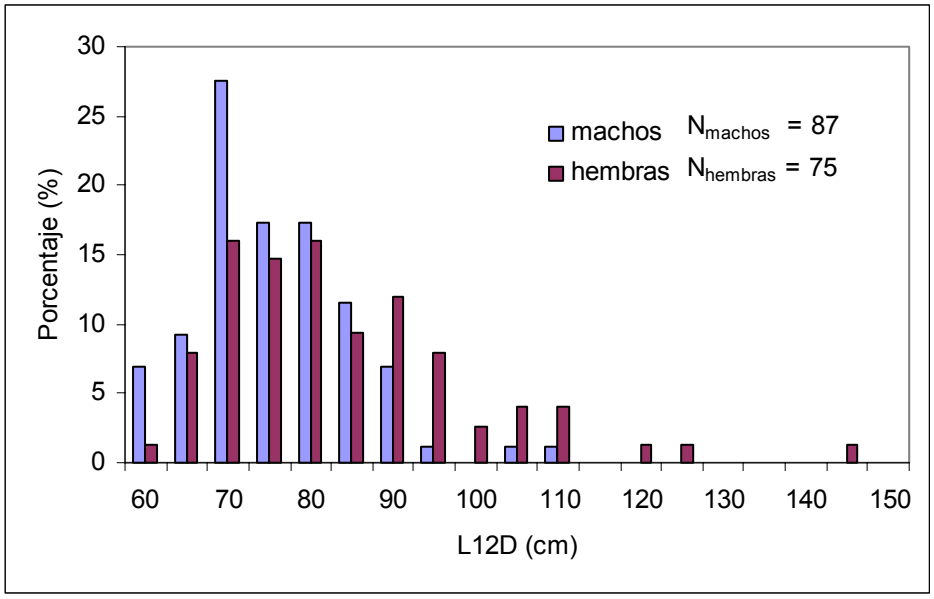


Figura 111. Distribución de frecuencia de longitud primera-segunda aleta dorsal (L12D) para machos y hembras, en crucero ESP01.

.

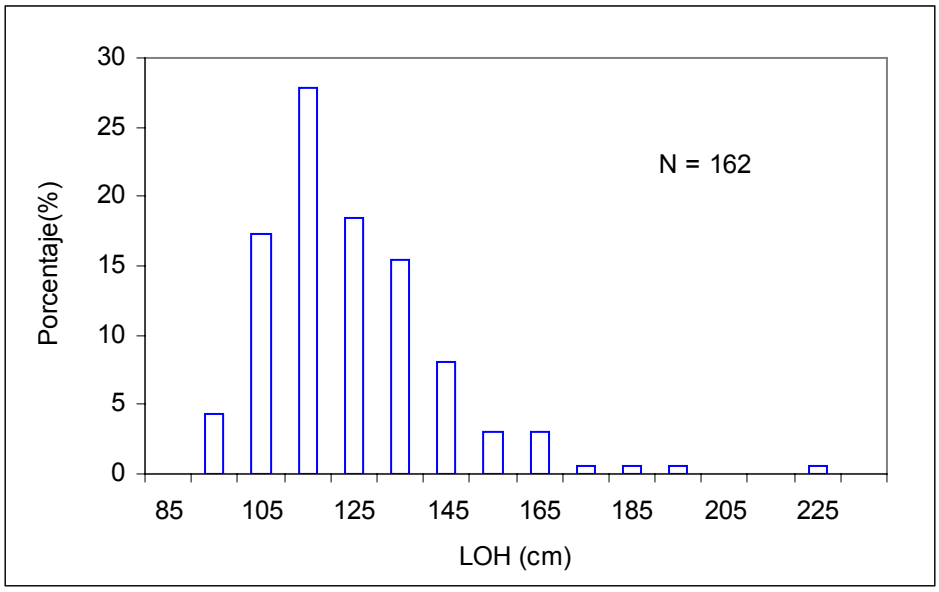


Figura 112. Distribución de frecuencia de longitud ojo-horquilla (LOH) para sexos combinados, en crucero ESP01.

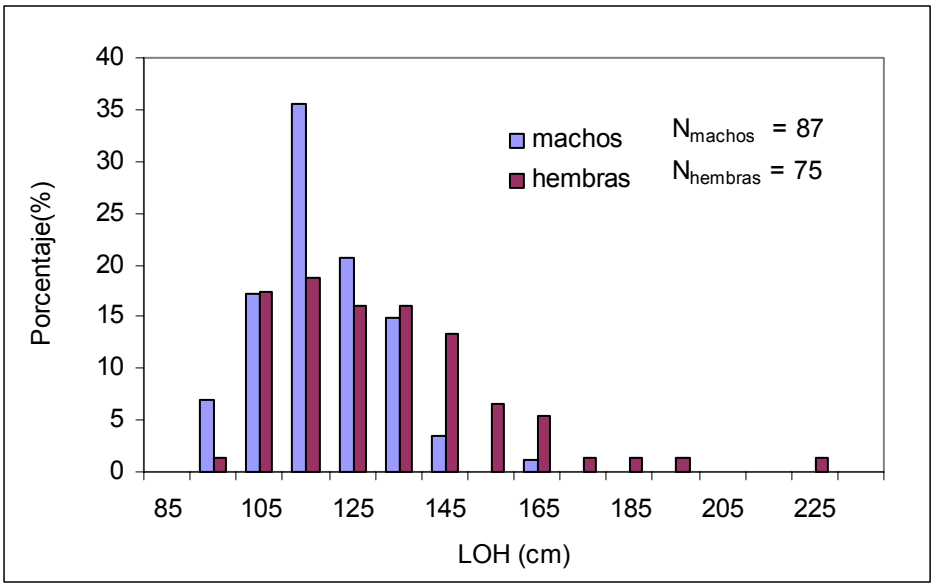


Figura 113. Distribución de frecuencia de longitud ojo-horquilla (LOH) para machos y hembras, en crucero ESP01.

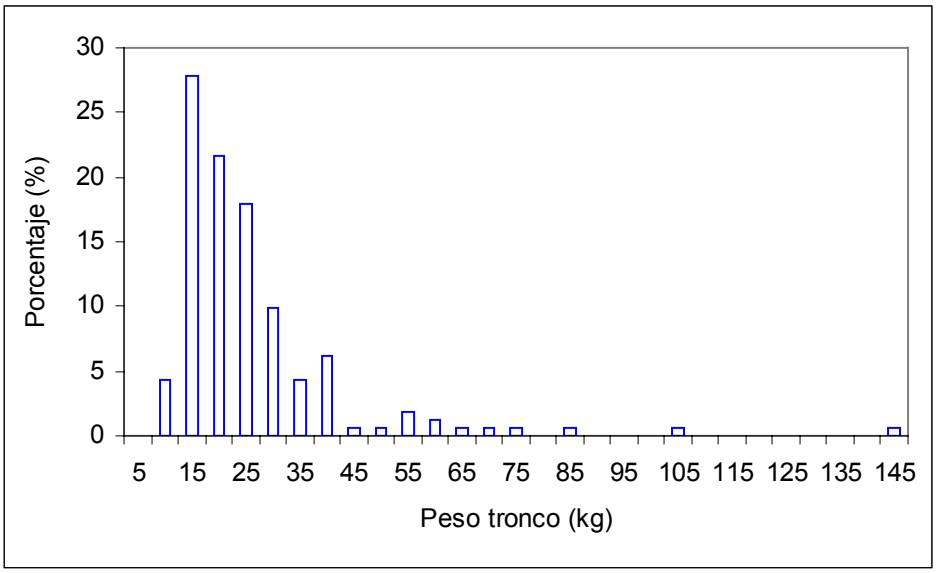


Figura 114. Distribución de frecuencia de peso tronco para sexos combinados, en crucero ESP01.

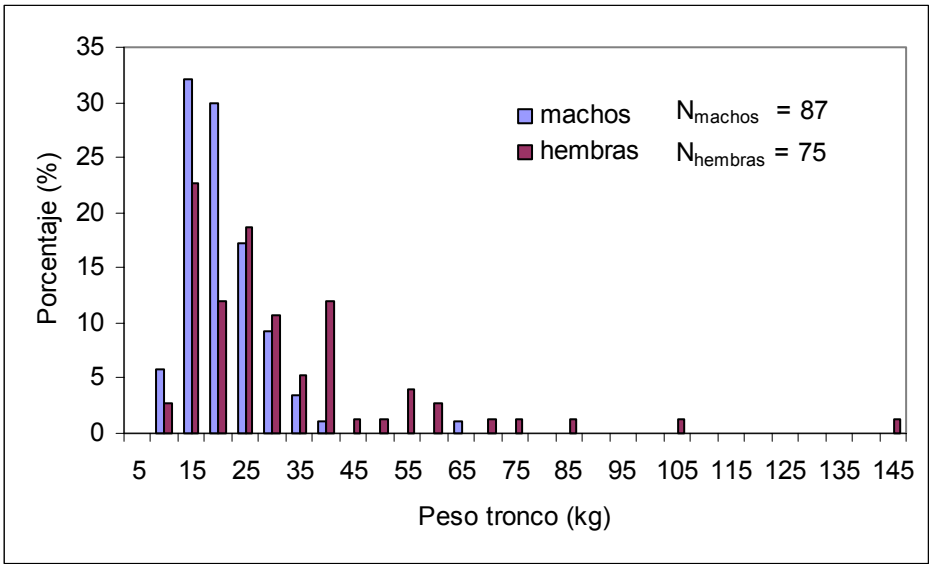


Figura 115. Distribución de frecuencia de peso tronco para machos y hembras, en crucero ESP01.

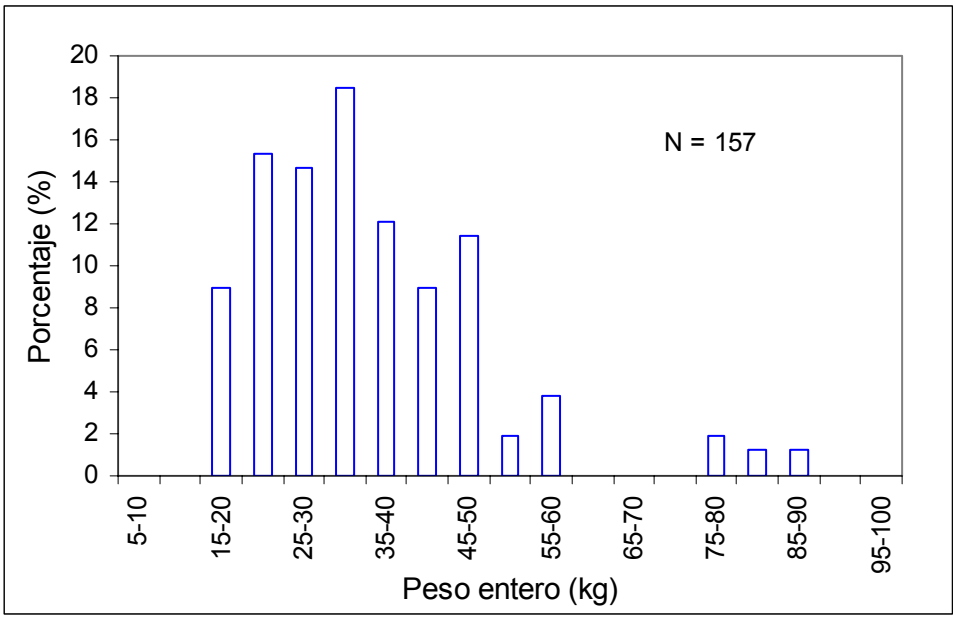


Figura 116. Distribución de frecuencia de peso total para sexos combinados en crucero ESP01.

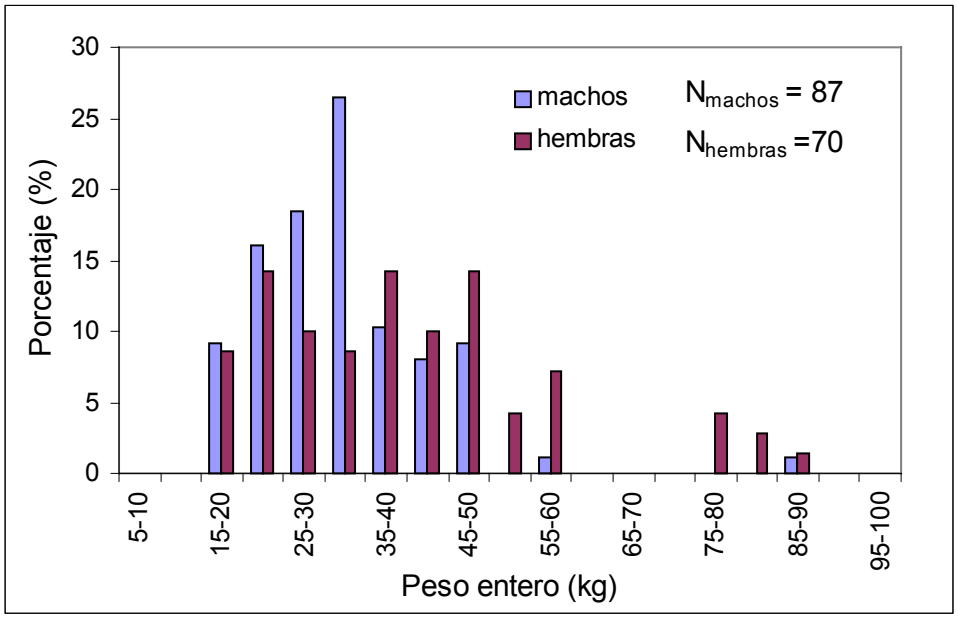


Figura 117. Distribución de frecuencia de peso total para machos y hembras, en crucero ESP01.

Tabla 52. Distribución de frecuencia (%) de longitud horquilla mandíbula inferior, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01.

LHMI (cm)	%machos	%hembras	%combinados
100-110	0,0	1,3	0,6
110-120	9,2	4,0	6,8
120-130	27,6	20,0	24,1
130-140	47,1	30,7	39,5
140-150	14,9	28,0	21,0
150-160	0,0	9,3	4,3
160-170	1,1	1,3	1,2
170-180	0,0	2,7	1,2
180-190	0,0	0,0	0,0
190-200	0,0	1,3	0,6
200-210	0,0	0,0	0,0
> 210	0,0	1,3	0,6
N	87	75	162

Tabla 53. Distribución de frecuencia (%) de longitud primera segunda dorsal, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01.

L12D (cm)	%machos	%hembras	%combinados
60-65	6,9	1,3	4,3
65-70	9,2	8,0	8,6
70-75	27,6	16,0	22,2
75-80	17,2	14,7	16,0
80-85	17,2	16,0	16,7
85-90	11,5	9,3	10,5
90-95	6,9	12,0	9,3
95-100	1,1	8,0	4,3
100-105	0,0	2,7	1,2
105-110	1,1	4,0	2,5
110-115	1,1	4,0	2,5
115-120	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	1,3	0,6
125-130	0,0	1,3	0,6
130-135	0,0	0,0	0,0
135-140	0,0	0,0	0,0
140-145	0,0	0,0	0,0
145-150	0,0	1,3	0,6
150-155	0,0	0,0	0,0
N	87	75	162

Tabla 54. Distribución de frecuencia (%) de longitud ojo horquilla, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01.

LOH (cm)	%machos	%hembras	%sexos combinados
80-90	0,0	0,0	0,0
90-100	6,9	1,3	4,3
100-110	17,2	17,3	17,3
110-120	35,6	18,7	27,8
120-130	20,7	16,0	18,5
130-140	14,9	16,0	15,4
140-150	3,4	13,3	8,0
150-160	0,0	6,7	3,1
160-170	1,1	5,3	3,1
170-180	0,0	1,3	0,6
180-190	0,0	1,3	0,6
190-200	0,0	1,3	0,6
200-210	0,0	0,0	0,0
210-220	0,0	0,0	0,0
220-230	0,0	1,3	0,6
240-250	0,0	0,0	0,0
N	87	75	162

Tabla 55. Distribución de frecuencia (%) de peso tronco para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01.

PTR (kg)	%machos	%hembras	%combinados
5-10	0,0	0,0	0,0
10-15	5,7	2,7	4,3
15-20	32,2	22,7	27,8
20-25	29,9	12,0	21,6
25-30	17,2	18,7	17,9
30-35	9,2	10,7	9,9
35-40	3,4	5,3	4,3
40-45	1,1	12,0	6,2
45-50	0,0	1,3	0,6
50-55	0,0	1,3	0,6
55-60	0,0	4,0	1,9
60-65	0,0	2,7	1,2
65-70	1,1	0,0	0,6
70-75	0,0	1,3	0,6
75-80	0,0	1,3	0,6
80-85	0,0	0,0	0,0
85-90	0,0	1,3	0,6
90-95	0,0	0,0	0,0
95-100	0,0	0,0	0,0
100-105	0,0	0,0	0,0
105-110	0,0	1,3	0,6
110-115	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0
125-130	0,0	0,0	0,0
130-135	0,0	0,0	0,0
135-140	0,0	0,0	0,0
140-150	0,0	1,3	0,6
N	87	75	162

Tabla 56. Distribución de frecuencia (%) de peso entero (PT), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP01.

PT (kg)	% machos	% hembras	% combinados
5-10	0,0	0,0	0,0
10-15	0,0	0,0	0,0
15-20	9,2	8,6	8,9
20-25	16,1	14,3	15,3
25-30	18,4	10,0	14,6
30-35	26,4	8,6	18,5
35-40	10,3	14,3	12,1
40-45	8,0	10,0	8,9
45-50	9,2	14,3	11,5
50-55	0,0	4,3	1,9
55-60	1,1	7,1	3,8
60-65	0,0	0,0	0,0
65-70	0,0	0,0	0,0
70-75	0,0	0,0	0,0
75-80	0,0	4,3	1,9
80-85	0,0	2,9	1,3
85-90	1,1	1,4	1,3
90-95	0,0	0,0	0,0
95-100	0,0	0,0	0,0
N	87	70	157

b) Proporción sexual: La proporción de ejemplares hembras recolectados durante el crucero a Nazca fue de 46%. En Tabla 57 se presenta la proporción de ejemplares hembras capturados en cada lance. Esta proporción fue bastante inferior de la observada en la pesquería de pez espada durante la temporada 2001, que alcanzó valores superiores al 64% en los meses de marzo, noviembre y diciembre (Donoso *et al.,* 2002). Cabe señalar que en los cruceros realizados en el verano de 2001 a la zona de isla de Pascua, la proporción de ejemplares hembras fue de tan solo 25%, destacando el predominio de ejemplares machos (Donoso *et al.,* 2002). En Figura 118 se presenta la relación entre la LHMI y la proporción sexual. Se observa la existencia de un mayor proporción de hembras a LHMI superior a los 140 cm. Un incremento en la proporción de hembras en función de la talla ha sido observado en los trabajos de DeMartini *et al.*(2000) en Hawaii, Sun *et al.*(2002) en Taiwán y Stone y Porter (1997) en Canadá.

Tabla 57. Número de ejemplares capturados, proporción de hembras y longitud-latitud media por lance, durante crucero ESP01.

Lance	Longitud media	Latitud media	Número ejemplares	Proporción hembras (%)
1	-81,2	-22,7	3	100
2	-82,3	-22,6	3	33
3	-82,2	-21,6	2	50
4	-80,9	-21,3	1	100
5	-79,8	-21,0	3	100
6	-84,0	-22,8	10	40
7	-84,6	-22,9	14	64
8	-84,7	-23,3	32	34
9	-84,7	-23,4	17	35
10	-84,7	-23,3	17	47
11	-84,2	-23,6	25	40
12	-83,3	-24,3	19	37
13	-82,9	-24,7	16	69

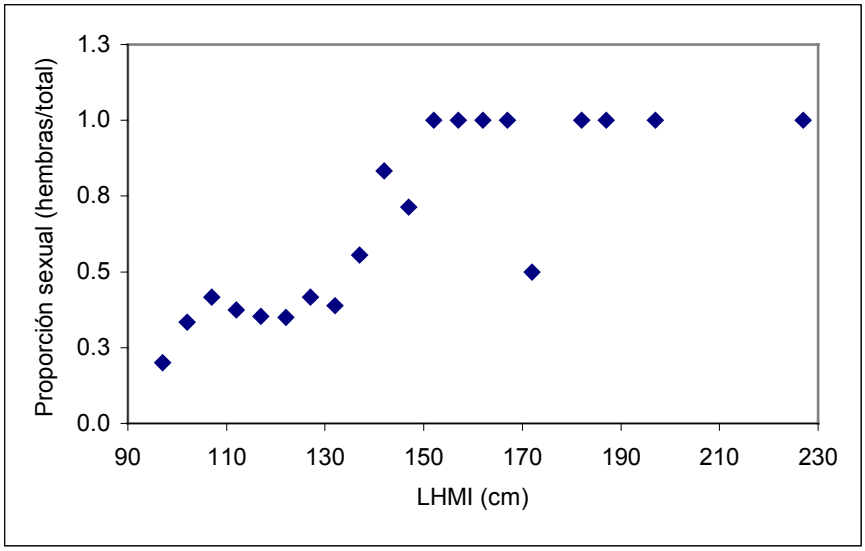


Figura 118. Proporción sexual en función de la longitud horquilla mandíbula inferior en crucero ESP01.

4.4.1.2. Crucero de invierno (ESP02)

a) Distribución de frecuencias de longitudes y pesos::

Durante este crucero se capturaron un total de 168 peces espada, **siendo posible identificar solamente el sexo de 146 ejemplares** (68 machos y 78 hembras). De los 22 restantes, 5 fueron capturados semidevorados sin gónadas y el resto fue procesado sin extraer muestras de gónadas, por razones operacionales y de mal tiempo.

Las Tablas 58, 59 y 60 presentan las estadísticas descriptivas de la longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud primera-segunda dorsal (L12D), longitud ojo-horquilla (LOH), peso tronco (PTR) y peso total (PT) para cada sexo y sexos combinados de los ejemplares capturados en Nazca en el crucero de invierno. En la categoría sexos combinados se incluyen también los ejemplares con sexo no identificado.

Las figuras 119 a 128 y las tablas 62 a 65, presentan las distribuciones de frecuencia de la longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud primera-segunda dorsal (L12D), longitud ojo-horquilla (LOH), peso tronco (PTR) y peso total (PT) para cada sexo y sexos combinados de los ejemplares capturados en Nazca en el crucero de invierno.

EL test de Kruskal-Wallis determina diferencias estadísticas significativas entre sexos para estas cinco variables (LHMI: x^2 = 19.7, p-valor = 0; L12D: x^2 = 22,1, p-valor = 0; LOH: x^2 = 19,6, p-valor = 0; PTR: x^2 = 19,2, p-valor = 0, PT: x^2 = 13,0, p-valor=0,0003).

Tabla 58. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de los machos capturados en crucero ESP02.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	120,0	103,0	66,0	16,1	20,4
Media	151,0	133,6	86,5	36,0	38,1
Mediana	142,0	126,0	82,0	25,9	35,5
Máximo	263,0	258,0	156,0	177,7	94,2
Error estándar	28,9	28,4	17,7	29,4	14,5
Simetría	2,07	2,27	2,07	3,13	1,69
Curtosis	4,61	6,20	4,84	10,51	3,96
Número	68	68	68	68	63

Tabla 59. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de las hembras capturados en crucero ESP02.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	124,0	108,0	66,0	16,1	19,4
Media	172,3	153,3	99,6	54,2	50,9
Mediana	164,5	146,0	94,0	43,1	47,2
Máximo	272,0	250,0	173,0	199,1	98,2
Error estándar	34,2	32,0	21,5	37,8	21,3
Simetría	0,90	0,92	1,19	1,95	0,71
Curtosis	0,44	0,56	1,69	4,44	-0,47
Número	78	78	78	78	61

Tabla 60. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT), de ejemplares machos, hembras y sin identificar, en crucero ESP02.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	80,0	66,0	43,0	16,1	19,4
Media	159,6	141,2	91,7	44,3	44,4
Mediana	149,5	132,5	87,0	32,0	38,3
Máximo	272,0	258,0	173,0	199,1	98,2
Error estándar	33,2	31,6	20,7	33,8	19,2
Simetría	1,15	1,23	1,32	2,41	1,16
Curtosis	1,54	1,99	2,48	6,57	0,73
Número	168	168	168	163	124

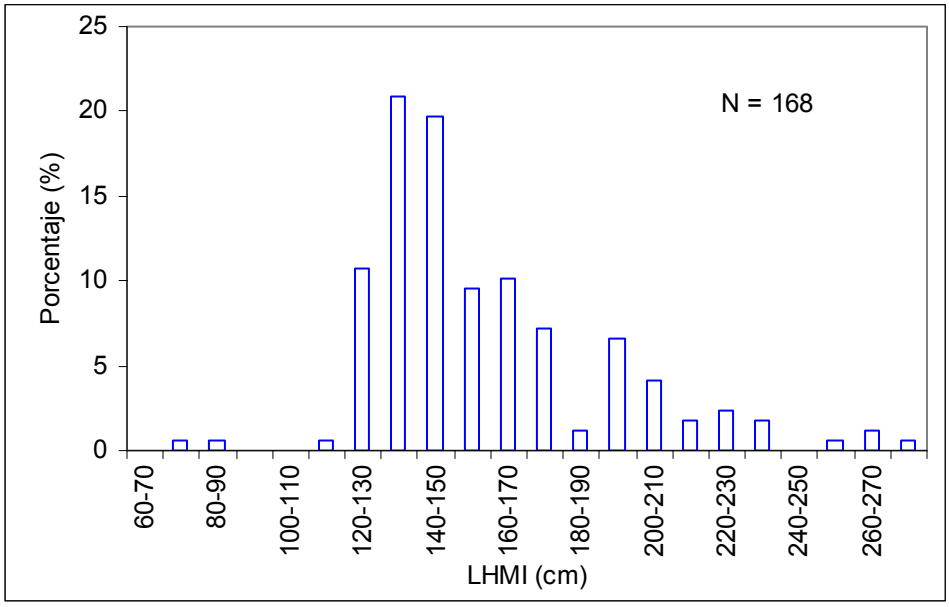


Figura 119. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), en crucero ESP02.

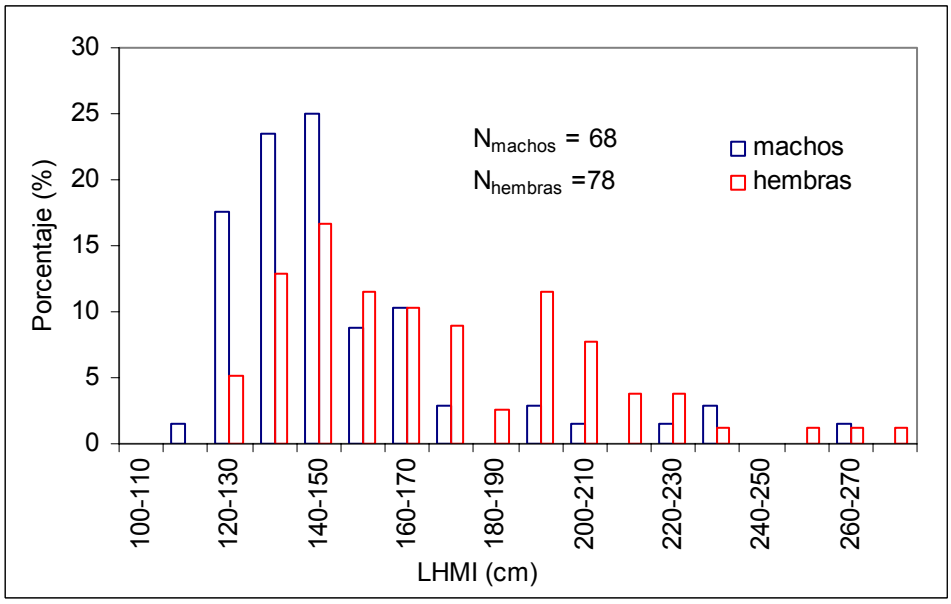


Figura 120. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), en crucero ESP02.

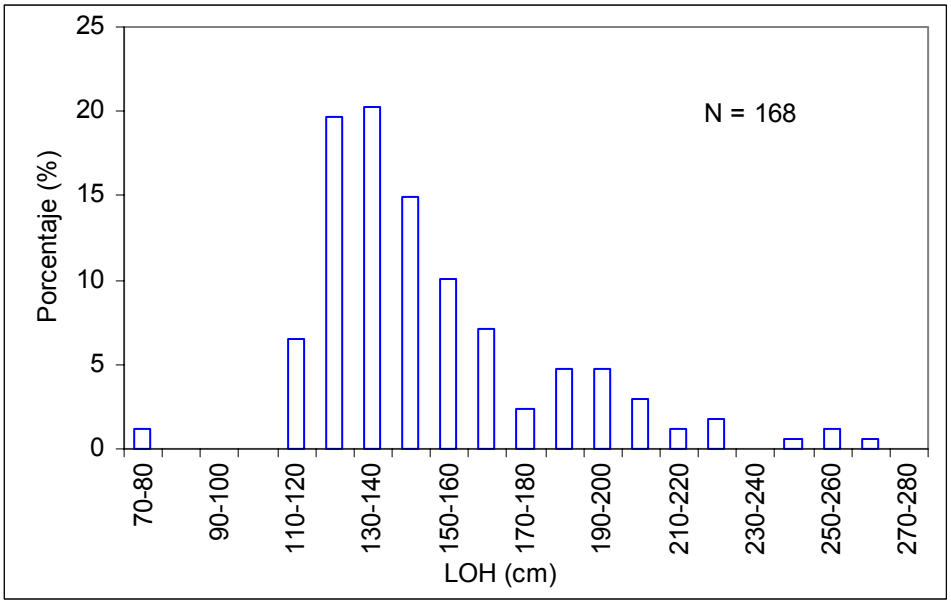


Figura 121. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud ojo horquilla (LOH), en crucero ESP02.

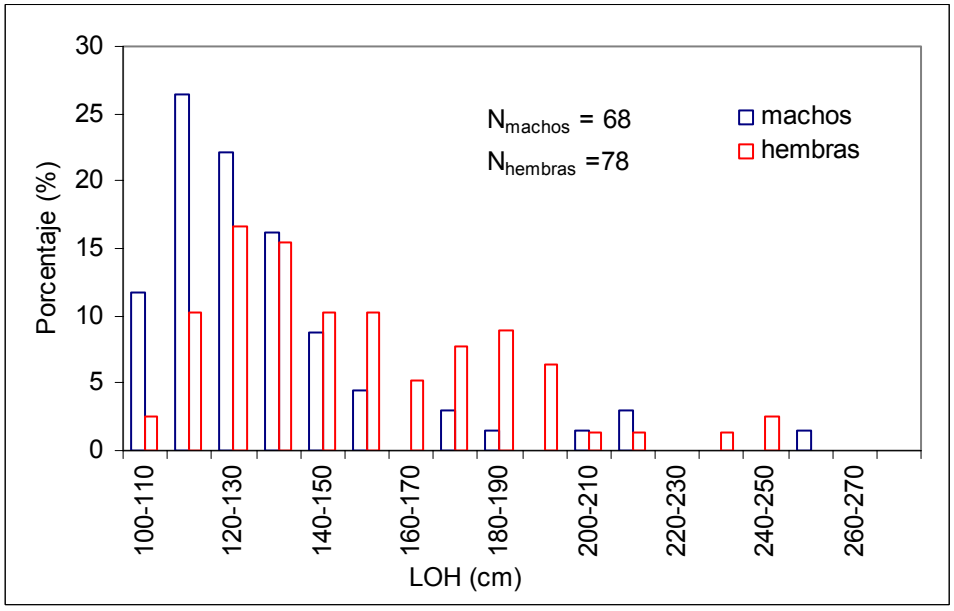


Figura 122. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud ojo horquilla (LOH), en crucero ESP02.

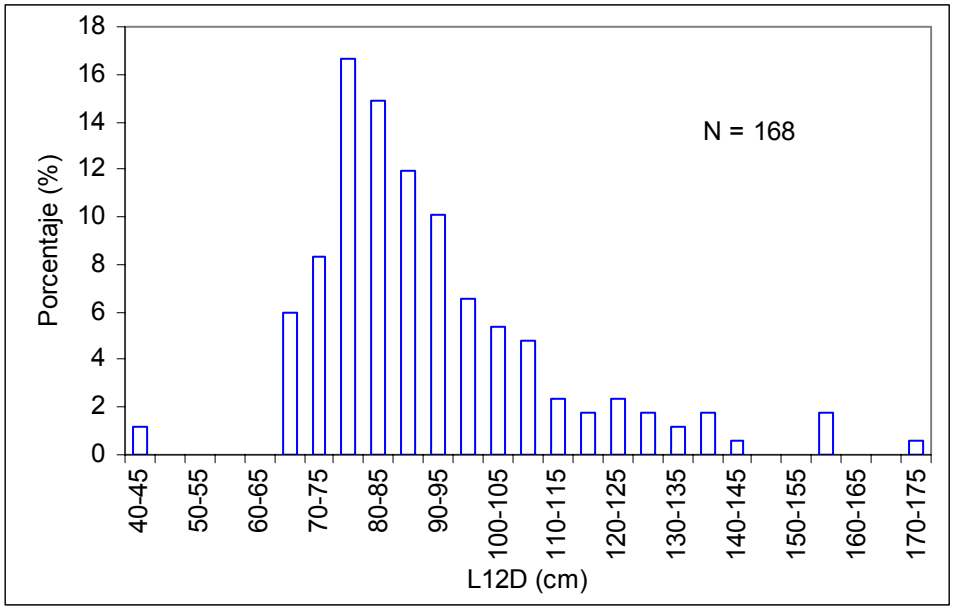


Figura 123. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud primera-segunda dorsal (L12D), en crucero ESP02.

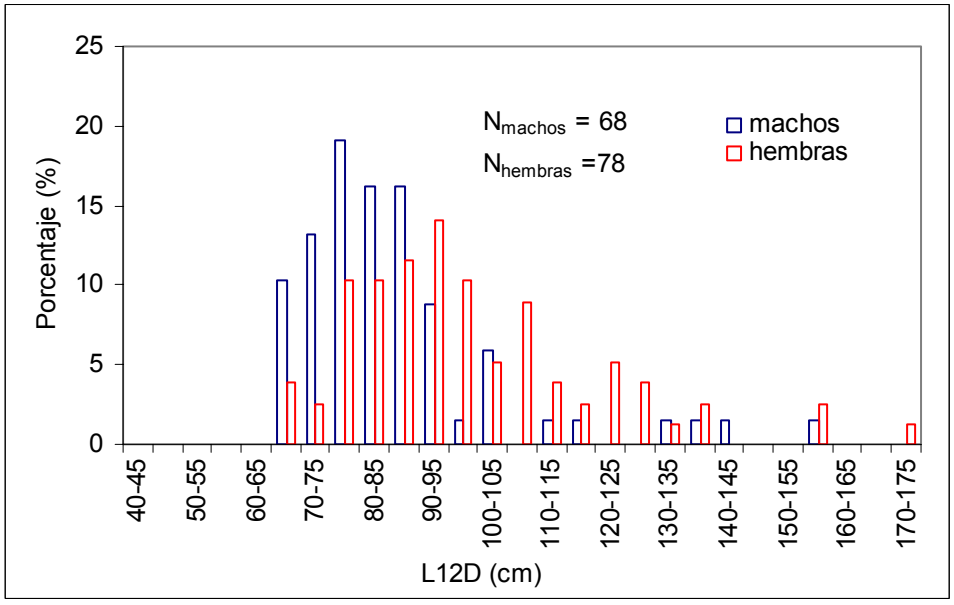


Figura 124. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud primera-segunda dorsal (L12D), en crucero ESP02.

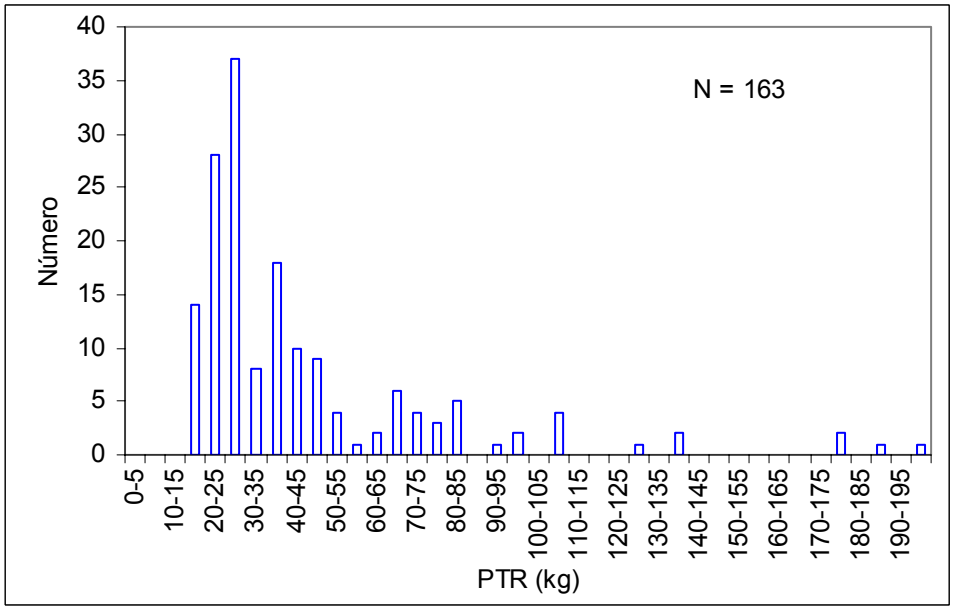


Figura 125. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso tronco (PTR), en crucero ESP02.

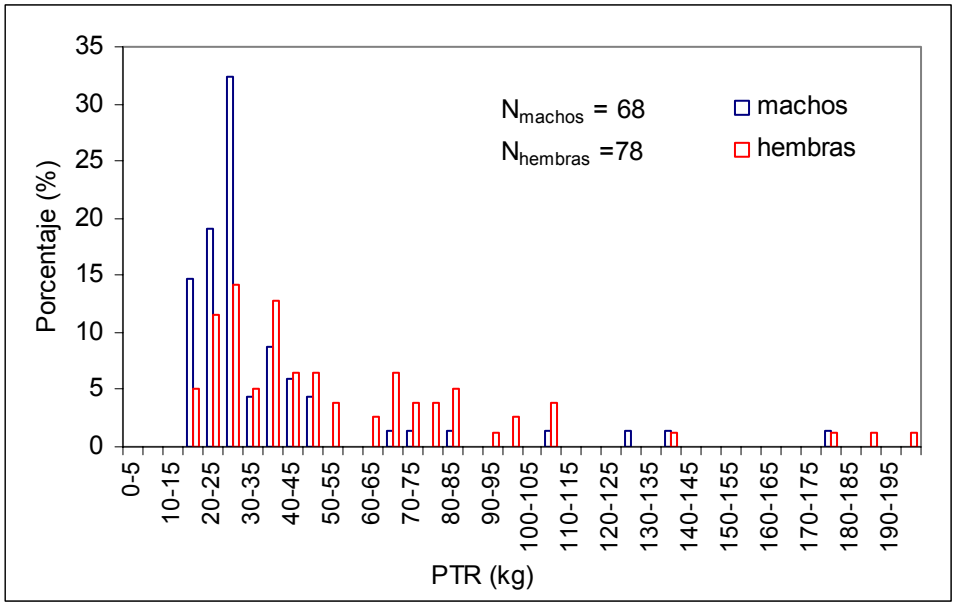


Figura 126. Distribución de frecuencia por sexo del peso tronco (PTR), en crucero ESP02.

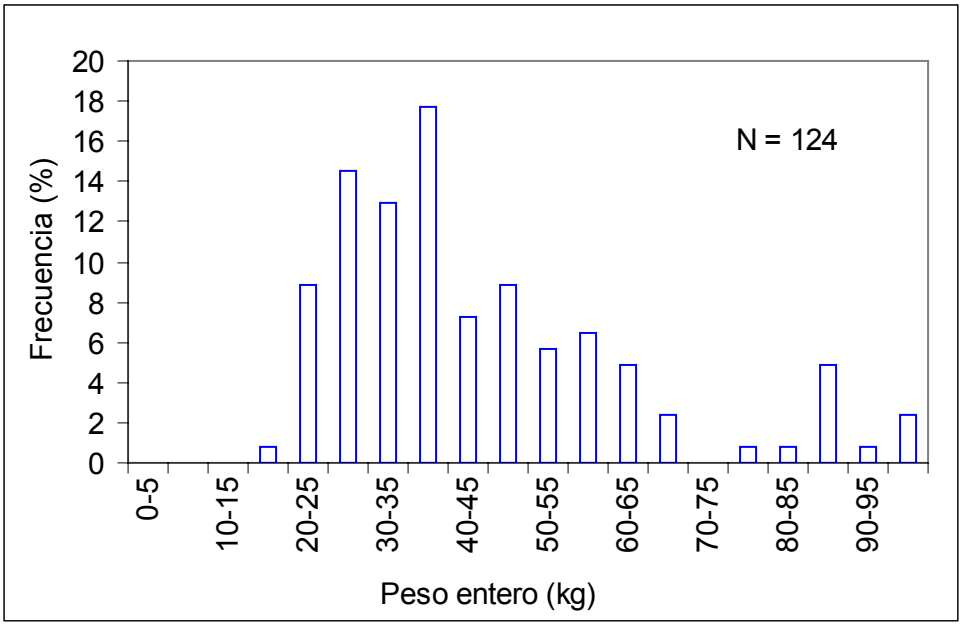


Figura 127. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso entero (kg)), en crucero ESP02.

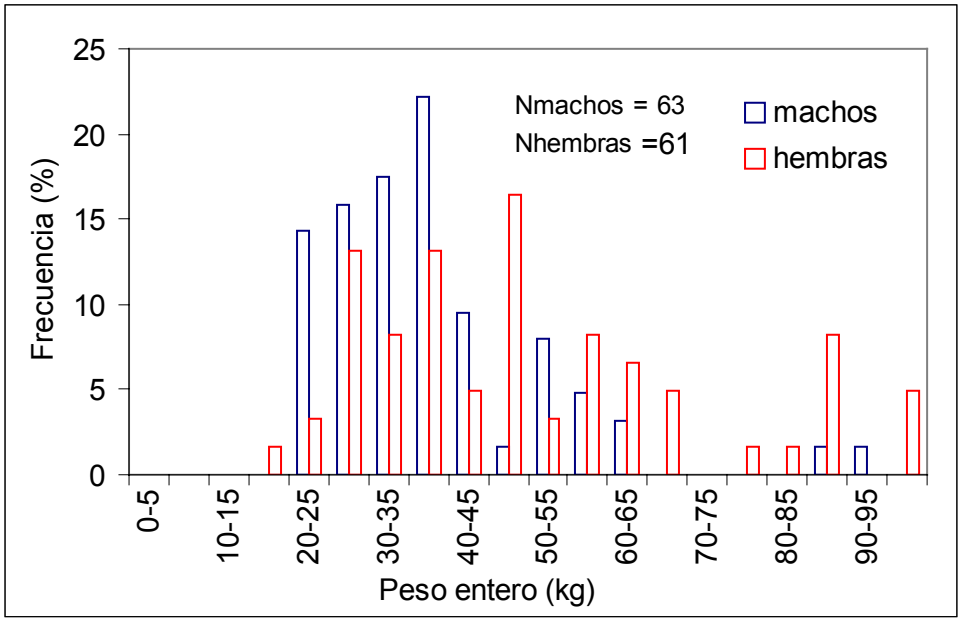


Figura 128. Distribución de frecuencia por sexo del peso entero (kg) en crucero ESP02.

Tabla 61. Distribución de frecuencia (%) de longitud horquilla mandíbula inferior, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02.

LHMI (cm)	% machos	% hembras	% combinados
60-70	0	0	0,0
70-80	0	0	0,6
80-90	0	0	0,6
90-100	0	0	0,0
100-110	0,0	0,0	0,0
110-120	1,5	0,0	0,6
120-130	17,6	5,1	10,7
130-140	23,5	12,8	20,8
140-150	25,0	16,7	19,6
150-160	8,8	11,5	9,5
160-170	10,3	10,3	10,1
170-180	2,9	9,0	7,1
180-190	0,0	2,6	1,2
190-200	2,9	11,5	6,5
200-210	1,5	7,7	4,2
210-220	0,0	3,8	1,8
220-230	1,5	3,8	2,4
230-240	2,9	1,3	1,8
240-250	0,0	0,0	0,0
250-260	0,0	1,3	0,6
260-270	1,5	1,3	1,2
270-280	0,0	1,3	0,6
N	68	78	168

Tabla 62. Distribución de frecuencia (%) de longitud ojo horquilla, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02.

LOH (cm)	% machos	% hembras	% combinados
60-70	0,0	0,0	0,0
70-80	0,0	0,0	1,2
80-90	0,0	0,0	0,0
90-100	0,0	0,0	0,0
100-110	11,8	2,6	0,0
110-120	26,5	10,3	6,5
120-130	22,1	16,7	19,6
130-140	16,2	15,4	20,2
140-150	8,8	10,3	14,9
150-160	4,4	10,3	10,1
160-170	0,0	5,1	7,1
170-180	2,9	7,7	2,4
180-190	1,5	9,0	4,8
190-200	0,0	6,4	4,8
200-210	1,5	1,3	3,0
210-220	2,9	1,3	1,2
220-230	0,0	0,0	1,8
230-240	0,0	1,3	0,0
240-250	0,0	2,6	0,6
250-260	1,5	0,0	1,2
260-270	0,0	0,0	0,6
270-280	0,0	0,0	0,0
N	68	78	168

Tabla 63. Distribución de frecuencia (%) de longitud primera segunda dorsal, para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02.

L12D (cm)	% machos	% hembras	% combinados
40-45	0,0	0,0	1,2
45-50	0,0	0,0	0,0
50-55	0,0	0,0	0,0
55-60	0,0	0,0	0,0
60-65	0,0	0,0	0,0
65-70	10,3	3,8	6,0
70-75	13,2	2,6	8,3
75-80	19,1	10,3	16,7
80-85	16,2	10,3	14,9
85-90	16,2	11,5	11,9
90-95	8,8	14,1	10,1
95-100	1,5	10,3	6,5
100-105	5,9	5,1	5,4
105-110	0,0	9,0	4,8
110-115	1,5	3,8	2,4
115-120	1,5	2,6	1,8
120-125	0,0	5,1	2,4
125-130	0,0	3,8	1,8
130-135	1,5	1,3	1,2
135-140	1,5	2,6	1,8
140-145	1,5	0,0	0,6
145-150	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,0	0,0
155-160	1,5	2,6	1,8
160-165	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	1,3	0,6
N	68	78	168

Tabla 64. Distribución de frecuencia (%) de peso tronco (PTR) para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02.

PTR (kg)	% machos	% hembras	% combinados
0-5	0,0	0,0	0,0
5-10	0,0	0,0	0,0
10-15	0,0	0,0	0,0
15-20	14,7	5,1	8,6
20-25	19,1	11,5	17,2
25-30	32,4	14,1	22,7
30-35	4,4	5,1	4,9
35-40	8,8	12,8	11,0
40-45	5,9	6,4	6,1
45-50	4,4	6,4	5,5
50-55	0,0	3,8	2,5
55-60	0,0	0,0	0,6
60-65	0,0	2,6	1,2
65-70	1,5	6,4	3,7
70-75	1,5	3,8	2,5
75-80	0,0	3,8	1,8
80-85	1,5	5,1	3,1
85-90	0,0	0,0	0,0
90-95	0,0	1,3	0,6
95-100	0,0	2,6	1,2
100-105	0,0	0,0	0,0
105-110	1,5	3,8	2,5
110-115	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0
125-130	1,5	0,0	0,6
130-135	0,0	0,0	0,0
135-140	1,5	1,3	1,2
140-145	0,0	0,0	0,0
145-150	0,0	0,0	0,0
150-155	0,0	0,0	0,0
155-160	0,0	0,0	0,0
160-165	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	0,0	0,0
175-180	1,5	1,3	1,2
180-185	0,0	0,0	0,0
185-190	0,0	1,3	0,6
190-195	0,0	0,0	0,0
195-200	0,0	1,3	0,6
N	68	78	163

Tabla 65. Distribución de frecuencia (%) de peso entero (PT), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida en crucero ESP02.

PT (kg)	% machos	% hembras	% combinados
0-5	0,0	0,0	0,0
5-10	0,0	0,0	0,0
10-15	0,0	0,0	0,0
15-20	0,0	1,6	0,8
20-25	14,3	3,3	8,9
25-30	15,9	13,1	14,5
30-35	17,5	8,2	12,9
35-40	22,2	13,1	17,7
40-45	9,5	4,9	7,3
45-50	1,6	16,4	8,9
50-55	7,9	3,3	5,6
55-60	4,8	8,2	6,5
60-65	3,2	6,6	4,8
65-70	0,0	4,9	2,4
70-75	0,0	0,0	0,0
75-80	0,0	1,6	0,8
80-85	0,0	1,6	0,8
85-90	1,6	8,2	4,8
90-95	1,6	0,0	0,8
95-100	0,0	4,9	2,4
N	63	61	124

b) Proporción sexual: La tabla 66 se presenta la proporción de hembras en cada lance en el segundo crucero (ESP02), donde se aprecia una leve preponderancia de ejemplares hembras, principalmente al sur de los 25°S. En figura 129 se presenta la relación entre la proporción de hembras y la LMIH.

Tabla 66. Frecuencia de ejemplares machos, hembras y sin identificar por lance, en crucero ESP02. Se indican la latitud y longitud media del lance, número de ejemplares capturados por lance, número de ejemplares machos, hembras y sin identificar (sin muestra de gónadas), y proporción de hembras respecto al número total de ejemplares con sexo identificado.

Lance	longitud	latitud	machos	hembras	sin identificar	total capturados	total identificados	% hembras respecto a total identificados
1	-82.9	-23.0	2	0	0	2	2	0
2	-83.0	-23.0	9	3	2	14	12	25
3	-83.1	-23.0	1	2	1	4	3	67
4	-83.1	-23.1	3	3	0	6	6	50
5	-82.0	-25.5	7	5	5	17	12	42
6	-82.0	-25.2	6	8	0	14	14	57
7	-82.1	-25.1	5	5	1	11	10	50
8	-82.1	-25.1	5	8	3	16	13	62
9	-82.0	-25.2	3	6	0	9	9	67
10	-81.1	-25.2	5	6	2	13	11	55
11	-81.2	-25.5	1	5	5	11	6	83
12	-82.0	-25.5	4	3	3	10	7	43
13	-81.7	-25.5	3	7	0	10	10	70
14	-82.1	-25.5	4	9	0	13	13	69
15	-81.7	-25.5	6	4	0	10	10	40
16	-81.1	-25.5	4	4	0	8	8	50

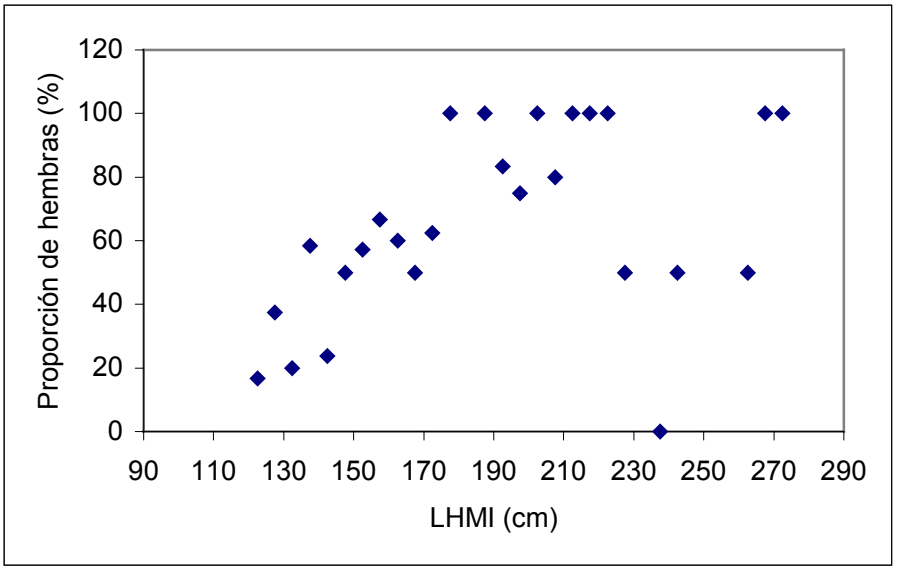


Figura 129. Proporción sexual en función de la longitud horquilla mandíbula inferior, en crucero ESP02.

4.4.1.3. Cruceros combinados

a) Distribución de frecuencias de longitudes y pesos: Los resultados de los cruceros combinados en estadística descriptiva se ilustran en las tablas 67, 68 y 69.

Tabla 67. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de los machos capturados en los cruceros de verano e invierno.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	110,0	96,0	60,0	12,3	14,8
Media	142,0	125,5	81,6	28,5	34,3
Mediana	139,0	120,0	79,0	23,1	32,6
Máximo	263,0	258,0	156,0	177,7	94,2
Error estándar	23,0	22,3	14,4	21,3	12,8
Simetría	2,5	2,7	2,3	4,4	1,8
Curtosis	8,8	11,1	7,7	23,2	5,5
Número	155	155	155	155	150

Tabla 68. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de las hembras capturadas en los cruceros de verano e invierno.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	108,0	97,0	60,0	10,6	14,1
Media	161,0	142,9	92,9	44,1	44,5
Mediana	153,0	137,0	90,0	32,0	40,6
Máximo	272,0	250,0	173,0	199,1	98,2
Error estándar	32,4	30,2	19,9	32,7	19,9
Simetría	1,1	1,1	1,3	2,3	0,9
Curtosis	1,1	1,2	2,4	6,8	0,2
Número	153	153	153	153	131

Tabla 69. Estadísticas descriptivas de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI), longitud ojo-horquilla (LOH), longitud primera-segunda dorsal (L12D), peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de los ejemplares capturados en los cruceros de verano e invierno, de ejemplares machos, hembras y sin identificar, en crucero ESP02.

	LMIH	LOH	L12D	PTR	PT
Mínimo	80,0	66,0	43,0	10,6	14,1
Media	150,7	133,3	86,7	36,0	39,1
Mediana	143,0	126,0	82,5	25,9	35,5
Máximo	272,0	258,0	173,0	199,1	98,2
Error estándar	29,3	27,7	18,1	28,0	17,2
Simetría	1,5	1,6	1,6	3,0	1,4
Curtosis	2,9	3,4	3,8	11,0	1,8
Número	330	330	330	325	281

Para 330 ejemplares capturados y medidos en la zona de Nazca en ambos cruceros, se presentan las distribuciones de frecuencias de longitudes LMIH, LOH y L12D por sexo combinado y sexo separado respectivamente. Figuras 130, 131, 132, 133, 134, y 135.
Al respecto cabe destacar que los rangos promedio de mayores frecuencias fueron el de 130-140 cm en la longitud mandíbula inferior-horquilla (LMIH) con 24 individuos y la región entre los 120 y 150 cm comprende alrededor del 20% del total.

Al comparar ambos sexos se aprecia una predominancia de las hembras sobre los machos a partir de los 150 cm LMIH. Las mismas tendencias se aprecian en las distribuciones de frecuencia de longitudes LOH y L12D.

Las figuras 136 y 137, presentan las estructuras de frecuencias de peso tronco para sexo combinado y para sexo separado, en ambos cruceros en la zona de Nazca. Respecto de los pesos tronco obtenidos, el 46 % de la distribución de frecuencia de peso tronco por rangos se observa entre los rangos 15-20, 20-25, y 25-30 kg. Al separar los pesos por sexo nuevamente se aprecia una predominancia de las hembras sobre los machos a partir del rango de los 35-40 kg. En la Tabla 70 se presenta la distribución de longitud horquilla (LMIH) para sexos separados y sexos combinados. Aquí, los machos tienen la mayor frecuencia en el rango de 130-140 cm con 26 ejemplares y a su vez las hembras, tienen la mayor frecuencia en el rango

inmediatamente superior de 140-150 cm, con 16 ejemplares. Las Tablas 71 y 72 y presentan las mismas estructuras pero la longitud horquilla-ojo (LOH) y longitud primeras aletas dorsales (L12D).

A su vez, la Tabla 73 presenta la distribución de frecuencias de pesos tronco por sexo separado y combinado para ambos cruceros.

Las figuras 138 y 139, y en la tabla 74 presentan las estructuras de frecuencias de peso entero (PT) para sexo combinado y para sexo separado, en ambos cruceros en la zona de Nazca

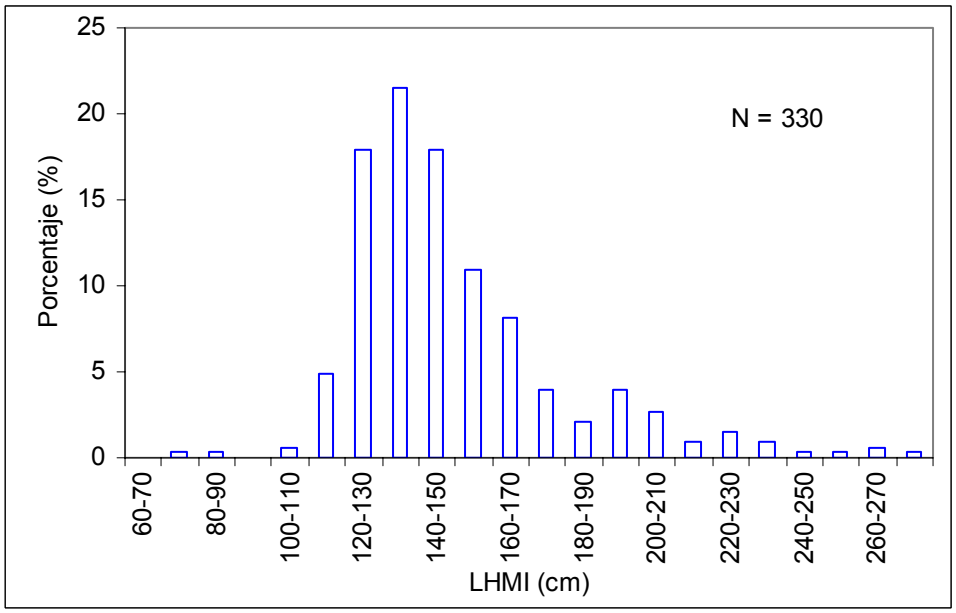


Figura 130. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), obtenidas en zona de Nazca durante los cruceros ESP01 y ESP02.

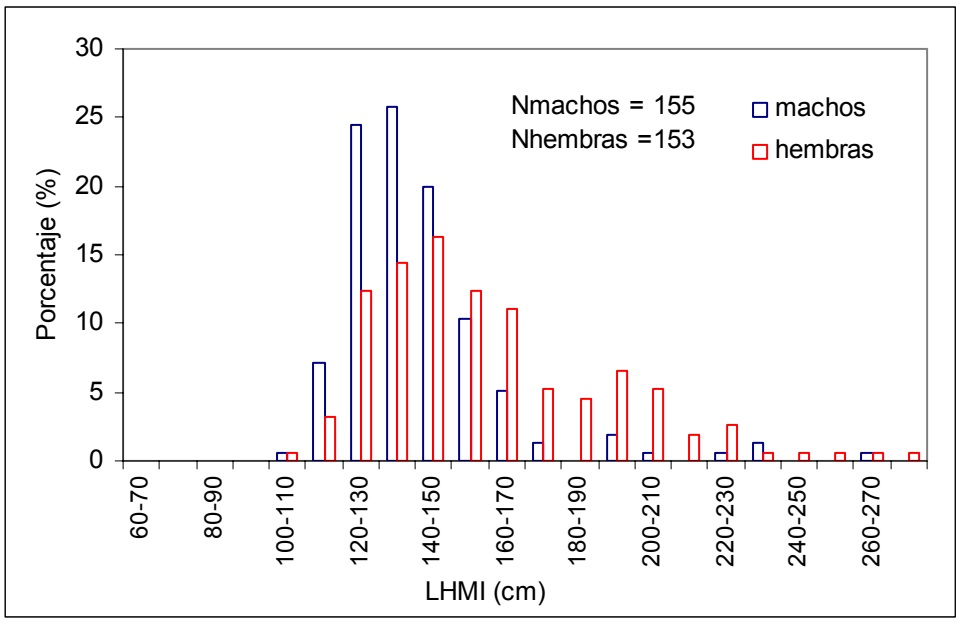


Figura 131. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02.

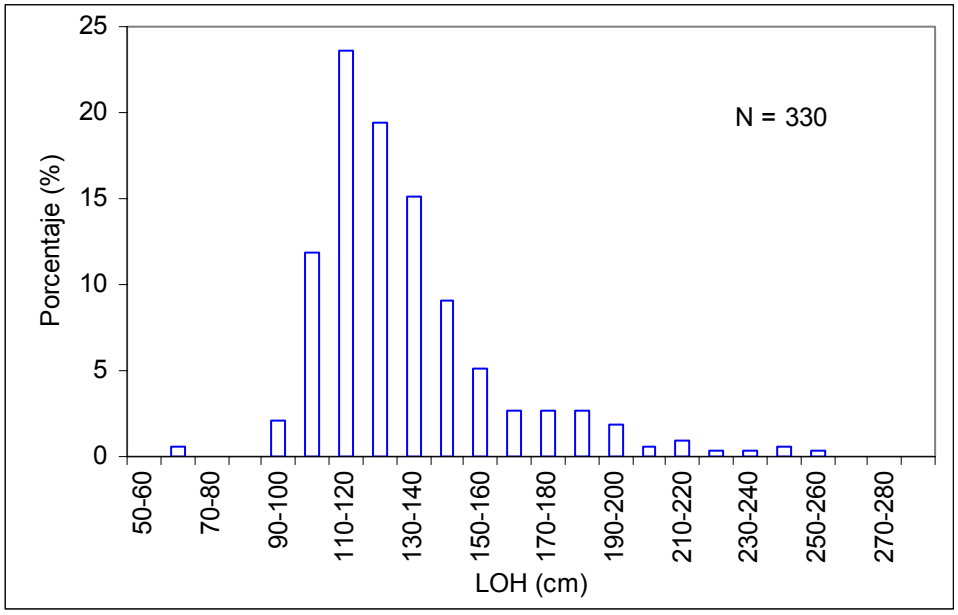


Figura 132. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud ojo horquilla (LOH), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02.

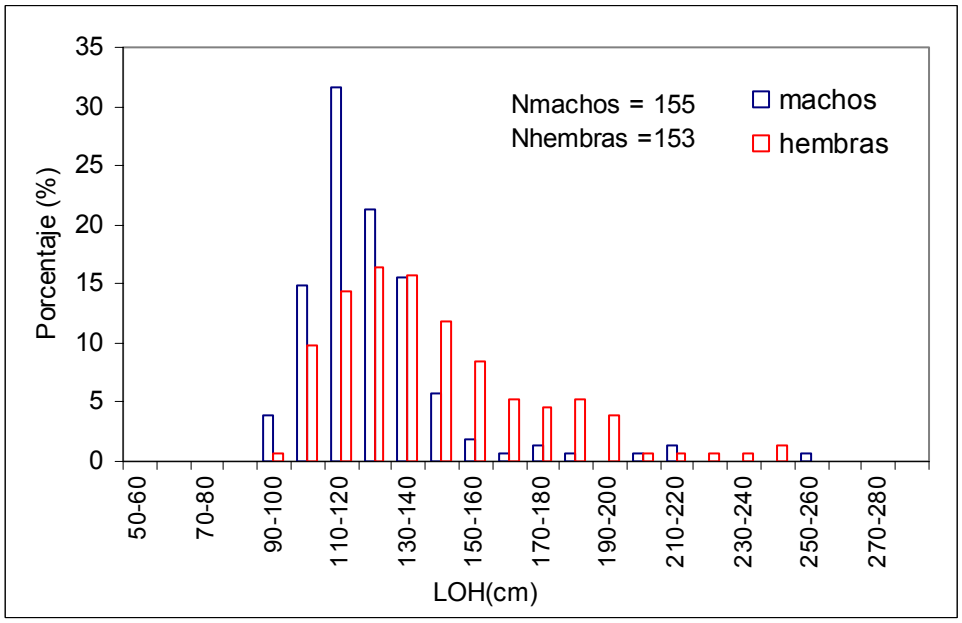


Figura 133. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud ojo horquilla (LOH), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02.

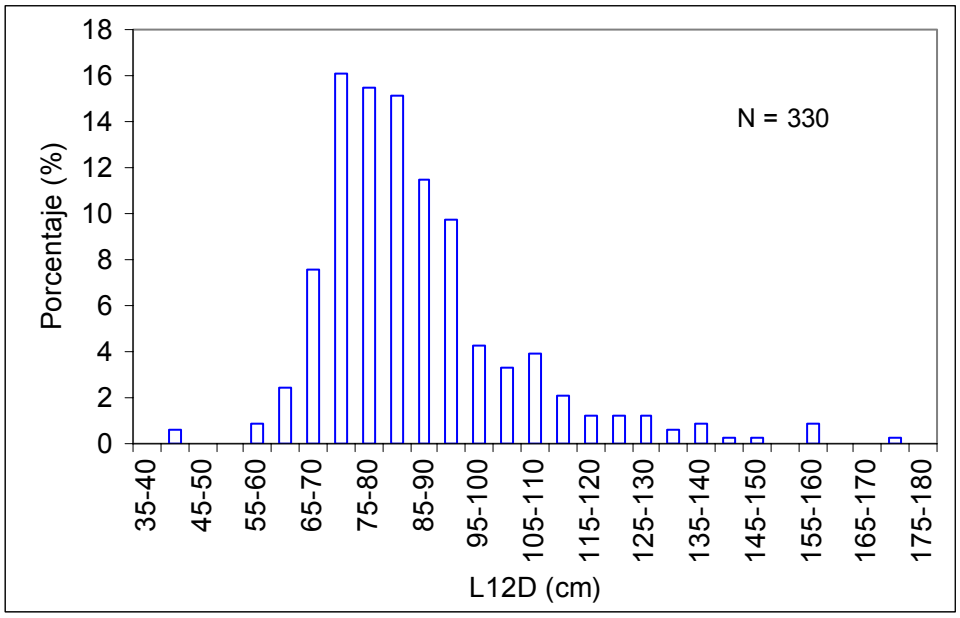


Figura 134. Distribución de frecuencia para sexos combinados de la longitud primera-segunda dorsal (L12D), obtenidas en zona de Nazca en los cruceros ESP01 y ESP02

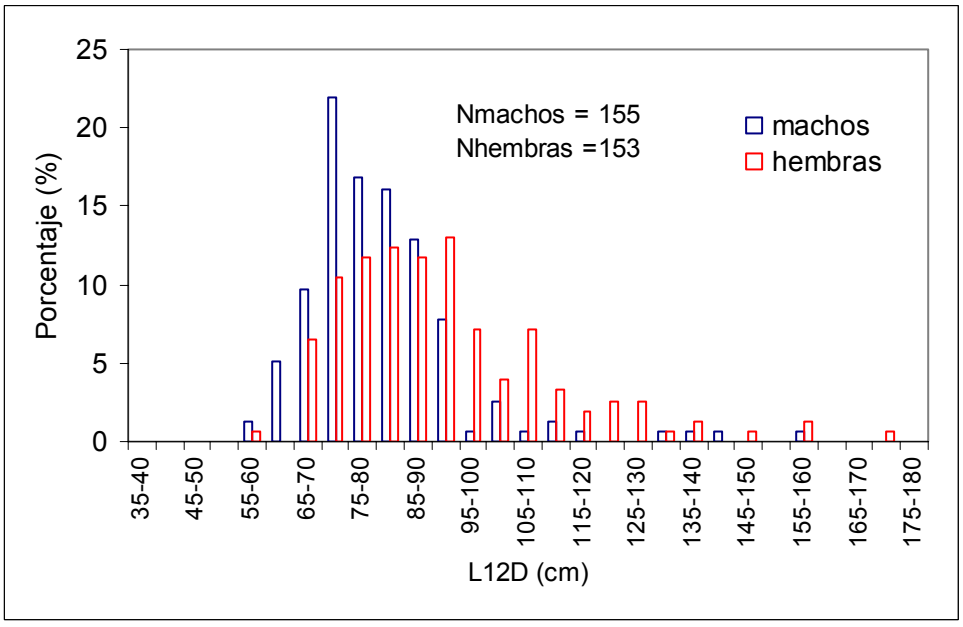


Figura 135. Distribución de frecuencia por sexo de la longitud primera-segunda dorsal (L12D),), obtenidas en zona de Nazca, en los cruceros ESP01 y ESP02.

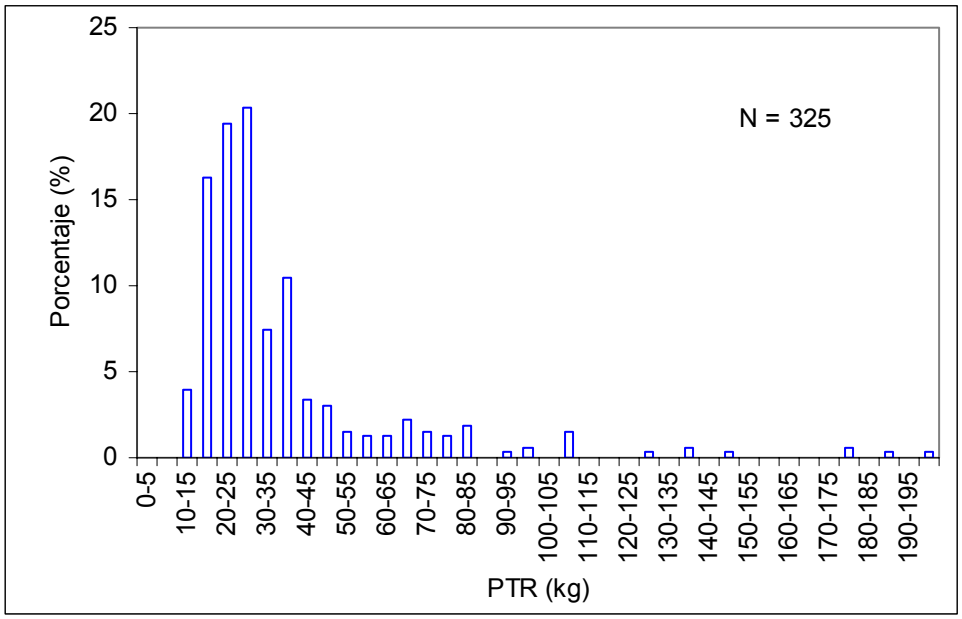


Figura 136. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso tronco (PTR), obtenidas en zona de Nazca, en los cruceros ESP01 y ESP02.

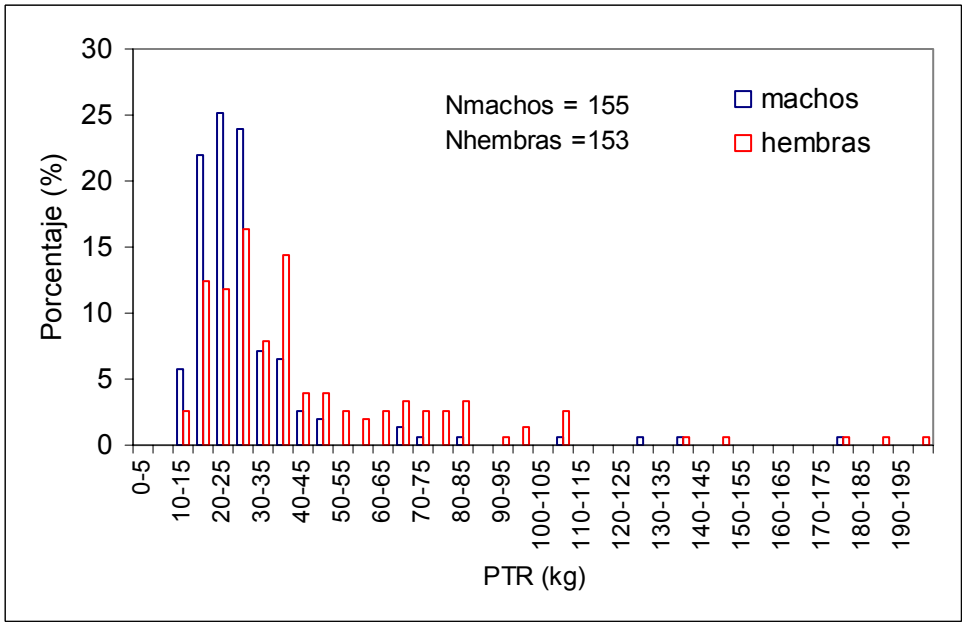


Figura 137. Distribución de frecuencia por sexo del peso tronco (PTR), obtenidas en zona de Nazca, en los cruceros ESP01 y ESP02.

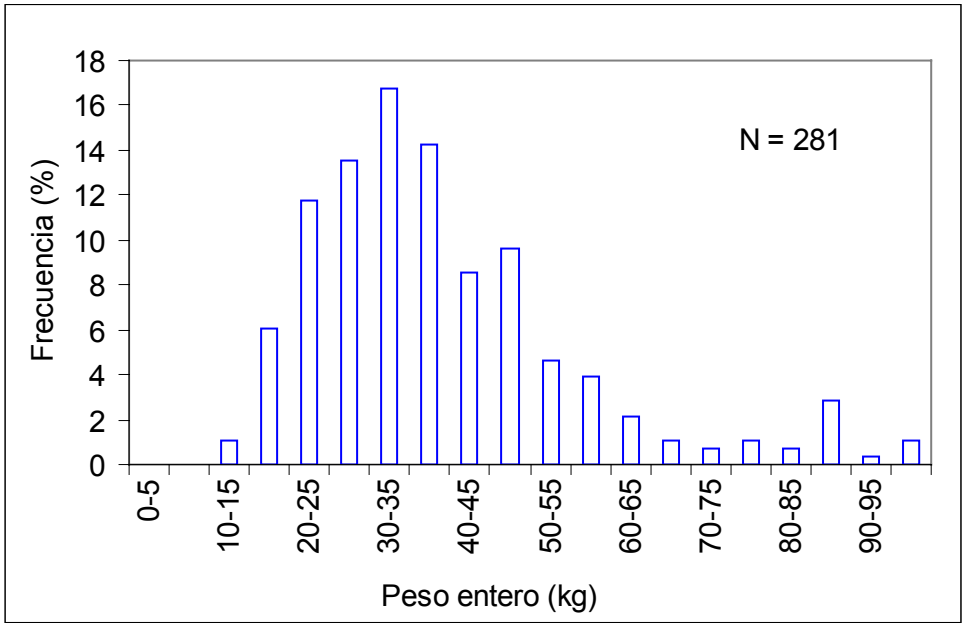


Figura 138. Distribución de frecuencia para sexos combinados del peso entero (kg) obtenidas en zona de Nazca durante los cruceros ESP01 y ESP02.

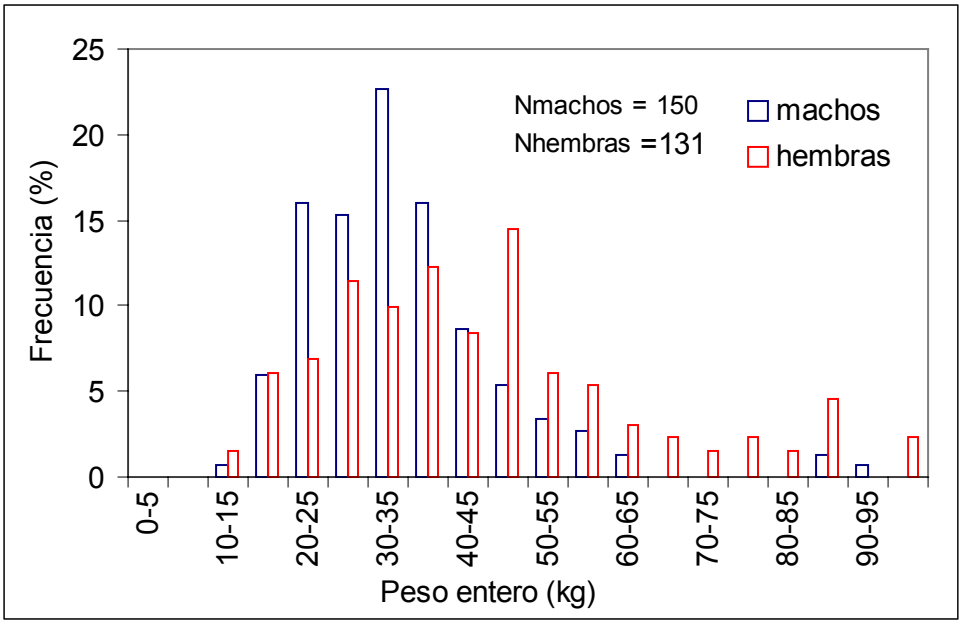


Figura 139. Distribución de frecuencia por sexo del peso entero (kg) obtenidas en zona de Nazca durante los cruceros ESP01 y ESP02.

Tabla 70. Distribución de frecuencia (%) de longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02.

LHMI (cm)	% machos	% hembras	% combinados
60-70	0,0	0,0	0,0
70-80	0,0	0,0	0,3
80-90	0,0	0,0	0,3
90-100	0,0	0,0	0,0
100-110	0,6	0,7	0,6
110-120	7,1	3,3	4,8
120-130	24,5	12,4	17,9
130-140	25,8	14,4	21,5
140-150	20,0	16,3	17,9
150-160	10,3	12,4	10,9
160-170	5,2	11,1	8,2
170-180	1,3	5,2	3,9
180-190	0,0	4,6	2,1
190-200	1,9	6,5	3,9
200-210	0,6	5,2	2,7
210-220	0,0	2,0	0,9
220-230	0,6	2,6	1,5
230-240	1,3	0,7	0,9
240-250	0,0	0,7	0,3
250-260	0,0	0,7	0,3
260-270	0,6	0,7	0,6
270-280	0,0	0,7	0,3
N	155	153	330

Tabla 71. Distribución de frecuencia (%) de longitud ojo horquilla (LOH), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02.

LOH (cm)	% machos	% hembras	% combinados
50-60	0,0	0,0	0,0
60-70	0,0	0,0	0,6
70-80	0,0	0,0	0,0
80-90	0,0	0,0	0,0
90-100	3,9	0,7	2,1
100-110	14,8	9,8	11,8
110-120	31,6	14,4	23,6
120-130	21,3	16,3	19,4
130-140	15,5	15,7	15,2
140-150	5,8	11,8	9,1
150-160	1,9	8,5	5,2
160-170	0,6	5,2	2,7
170-180	1,3	4,6	2,7
180-190	0,6	5,2	2,7
190-200	0,0	3,9	1,8
200-210	0,6	0,7	0,6
210-220	1,3	0,7	0,9
220-230	0,0	0,7	0,3
230-240	0,0	0,7	0,3
240-250	0,0	1,3	0,6
250-260	0,6	0,0	0,3
260-270	0,0	0,0	0,0
270-280	0,0	0,0	0,0
280-290	0,0	0,0	0,0
N	155	153	330

Tabla 72. Distribución de frecuencia (%) de longitud primera segunda dorsal (L12D), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02.

L12D (cm)	% machos	% hembras	% combinados
35-40	0,0	0,0	0,0
40-45	0,0	0,0	0,6
45-50	0,0	0,0	0,0
50-55	0,0	0,0	0,0
55-60	1,3	0,7	0,9
60-65	5,2	0,0	2,4
65-70	9,7	6,5	7,6
70-75	21,9	10,5	16,1
75-80	16,8	11,8	15,5
80-85	16,1	12,4	15,2
85-90	12,9	11,8	11,5
90-95	7,7	13,1	9,7
95-100	0,6	7,2	4,2
100-105	2,6	3,9	3,3
105-110	0,6	7,2	3,9
110-115	1,3	3,3	2,1
115-120	0,6	2,0	1,2
120-125	0,0	2,6	1,2
125-130	0,0	2,6	1,2
130-135	0,6	0,7	0,6
135-140	0,6	1,3	0,9
140-145	0,6	0,0	0,3
145-150	0,0	0,7	0,3
150-155	0,0	0,0	0,0
155-160	0,6	1,3	0,9
160-165	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	0,7	0,3
175-180	0,0	0,0	0,0
N	155	153	330

Tabla 73. Distribución de frecuencia de peso tronco (PTR) para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02.

PTR (kg)	% machos	% hembras	% combinados
0-5	0,0	0,0	0,0
5-10	0,0	0,0	0,0
10-15	5,8	2,6	4,0
15-20	21,9	12,4	16,3
20-25	25,2	11,8	19,4
25-30	23,9	16,3	20,3
30-35	7,1	7,8	7,4
35-40	6,5	14,4	10,5
40-45	2,6	3,9	3,4
45-50	1,9	3,9	3,1
50-55	0,0	2,6	1,5
55-60	0,0	2,0	1,2
60-65	0,0	2,6	1,2
65-70	1,3	3,3	2,2
70-75	0,6	2,6	1,5
75-80	0,0	2,6	1,2
80-85	0,6	3,3	1,8
85-90	0,0	0,0	0,0
90-95	0,0	0,7	0,3
95-100	0,0	1,3	0,6
100-105	0,0	0,0	0,0
105-110	0,6	2,6	1,5
110-115	0,0	0,0	0,0
115-120	0,0	0,0	0,0
120-125	0,0	0,0	0,0
125-130	0,6	0,0	0,3
130-135	0,0	0,0	0,0
135-140	0,6	0,7	0,6
140-145	0,0	0,0	0,0
145-150	0,0	0,7	0,3
150-155	0,0	0,0	0,0
155-160	0,0	0,0	0,0
160-165	0,0	0,0	0,0
165-170	0,0	0,0	0,0
170-175	0,0	0,0	0,0
175-180	0,6	0,7	0,6
180-185	0,0	0,0	0,0
185-190	0,0	0,7	0,3
190-195	0,0	0,0	0,0
195-200	0,0	0,7	0,3
N	155	153	325

Tabla 74. Distribución de frecuencia de peso entero (PT), para machos, hembras y sexos combinados, obtenida de cruceros ESP01 y ESP02.

PT	% machos	% hembras	% combinados
0-5	0,0	0,0	0,0
5-10	0,0	0,0	0,0
10-15	0,7	1,5	1,1
15-20	6,0	6,1	6,0
20-25	16,0	6,9	11,7
25-30	15,3	11,5	13,5
30-35	22,7	9,9	16,7
35-40	16,0	12,2	14,2
40-45	8,7	8,4	8,5
45-50	5,3	14,5	9,6
50-55	3,3	6,1	4,6
55-60	2,7	5,3	3,9
60-65	1,3	3,1	2,1
65-70	0,0	2,3	1,1
70-75	0,0	1,5	0,7
75-80	0,0	2,3	1,1
80-85	0,0	1,5	0,7
85-90	1,3	4,6	2,8
90-95	0,7	0,0	0,4
95-100	0,0	2,3	1,1
N	281	150	131

c) Proporción sexual: La proporción de hembras con respecto al total obtenida con datos de ambos cruceros se presenta en la figura 140. Como resultante general para los ejemplares capturados en la zona de estudio de Nazca, se aprecia que las hembras predominan a partir de los 140 cm de LHMI.

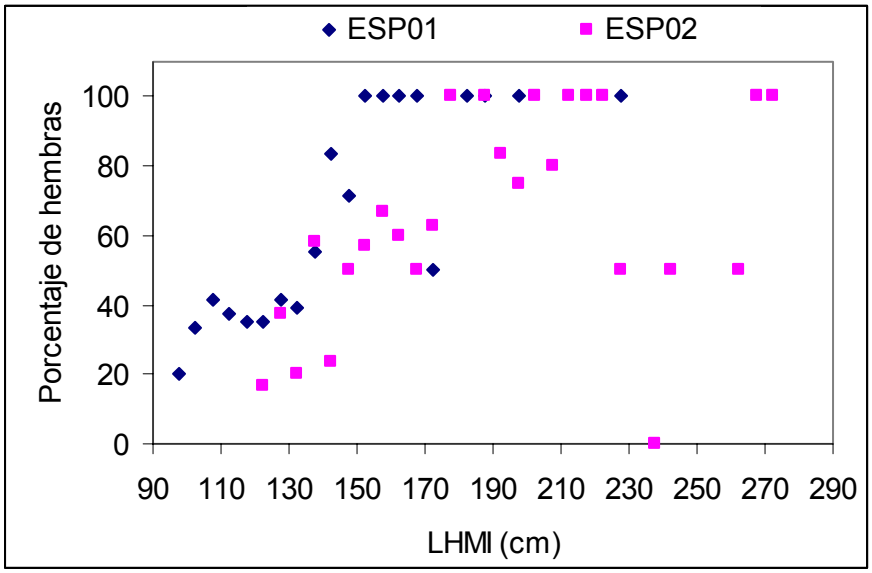


Figura 140. Proporción de hembras en función de la LHMI en cruceros ESP01 y ESP02.

d) Relaciones morfométricas y longitud peso: Se calculan las relaciones morfométricas LHMI-LOH, LOH-L12D y LHMI-L12D. Estas se presentan en las tablas 75, 76 y 77 y en las figuras 141, 142, y 143. En la Tabla 78 y figura 144 se presentan los parámetros de la relación ajustada entre la LMIH y el peso tronco obtenido para ambos cruceros. El valor del exponente b se mantuvo en 3,1 tanto para los sexos separados como combinados. A su vez, en la tabla 79 y figura 145, se presentan la relación entre el peso tronco (PTR) y el peso entero (PT).

Tabla 75. Parámetros de la relación longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) y longitud ojo horquilla (LOH), de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02.

LOH = a + b*LHMI		coeficiente	error estándar	R^2	N
Sexos combinados	a	-6,9	1,31	0,97	330
	b	0,93	0,01		
Machos	a	-10,0	1,94	0,97	155
	b	0,95	0,01		
Hembras	a	-6,3	1,54	0,98	153
	b	0,93	0,01		

Tabla 76. Parámetros de la relación longitud primera segunda dorsal (L12D) y longitud ojo horquilla (LOH), de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02.

LOH = a + b*L12D		coeficiente	Error estándar	R^2	N
sexos combinados	a	5,34	1,92	0,93	330
	b	1,48	0,02		
Machos	a	6,16	3,25	0,90	155
	b	1,46	0,04		
Hembras	a	6,10	2,92	0,93	153
	b	1,47	0,03		

Tabla 77. Parámetros de la relación longitud primera segunda dorsal (L12D) y longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI), de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02**.**

LHMI = a + b*L12D		coeficiente	error estándar	R^2	N
Sexos combinados	a	15,8	2,20	0,92	330
	b	1,56	0,02		
machos	a	19,2	3,46	0,89	155
	b	1,51	0,04		
Hembras	a	14,8	3,22	0,93	153
	b	1,57	0,03		

Tabla 78. Parámetros de la relación log_e(LHMI) y log_e(PTR), estimados de observaciones en los cruceros ESP01 y ESP02.

LogPTR = loga + b*log LMIH		coeficiente	error estándar	R^2	N
Sexos combinados	log(a)	-12,28	0,085	0,99	325
	b	3,135	0,017		
Machos	log(a)	-12,17	0,194	0,97	155
	b	3,112	0,039		
Hembras	log(a)	-12,33	0,070	0,99	153
	b	3,144	0,014		

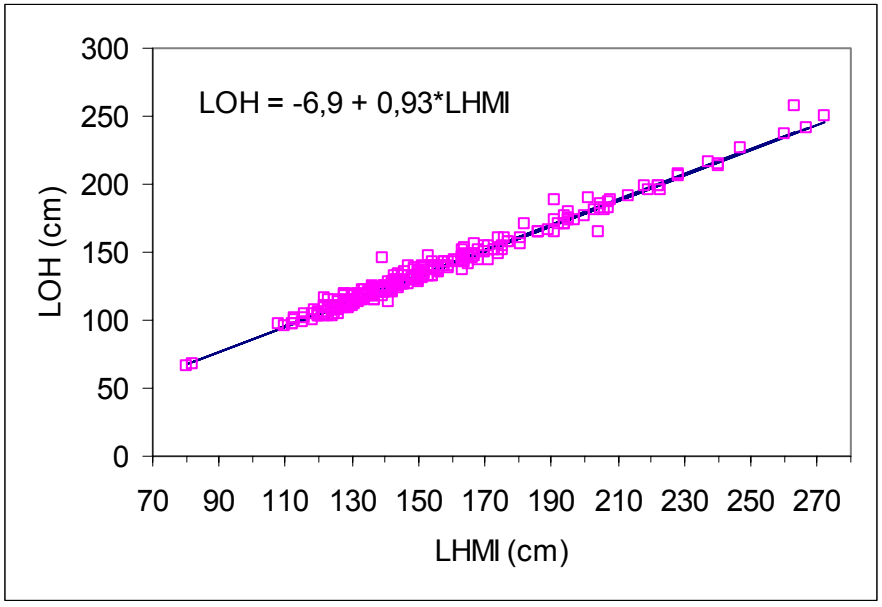


Figura 141. Relación entre longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) y longitud ojo horquilla (LOH) de sexos combinados (R^2 = 0,97).

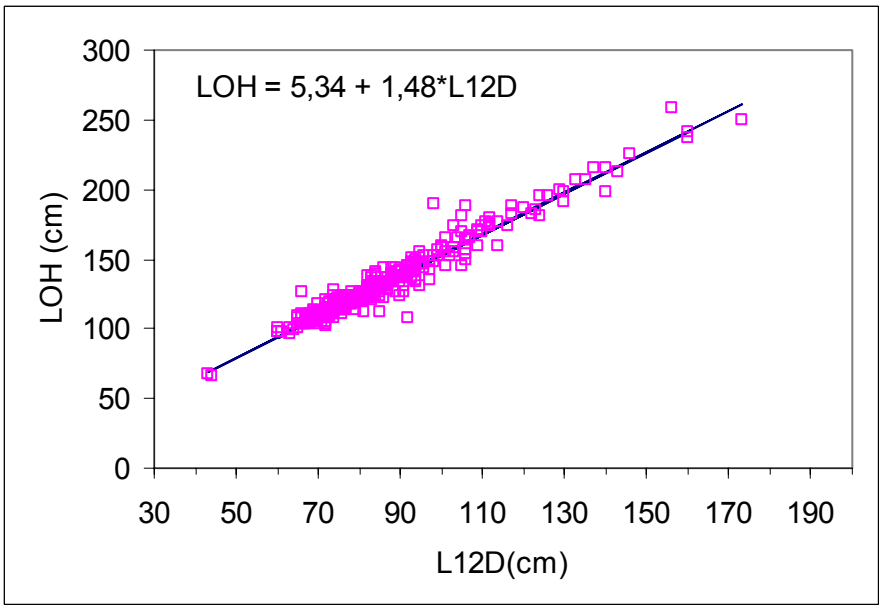


Figura 142. Relación entre longitud de la primera segunda dorsal (L12D) y longitud ojo horquilla (LOH) de sexos combinados (R^2 = 0,93).

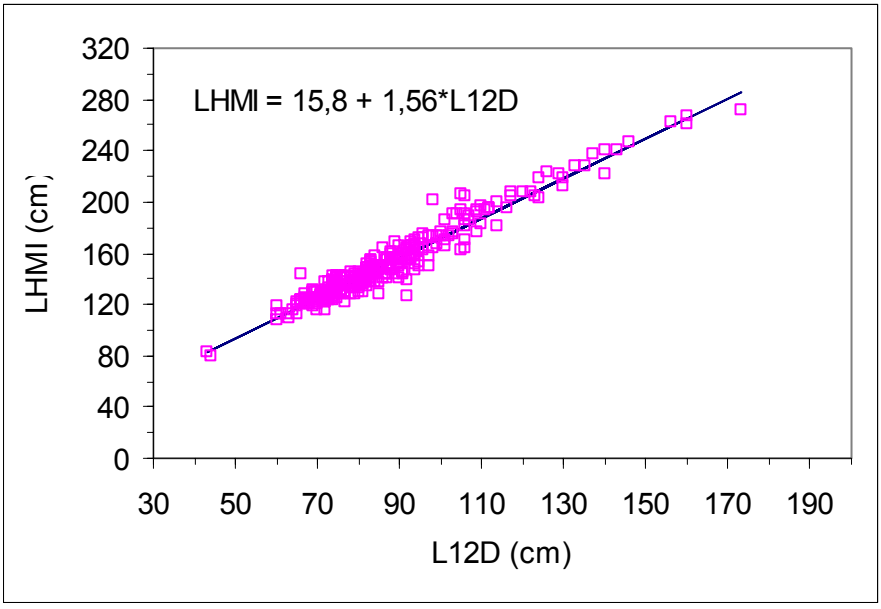


Figura 143. Relación entre longitud primera-segunda dorsal (L12D) y longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de sexos combinados (R^2 = 0,92).

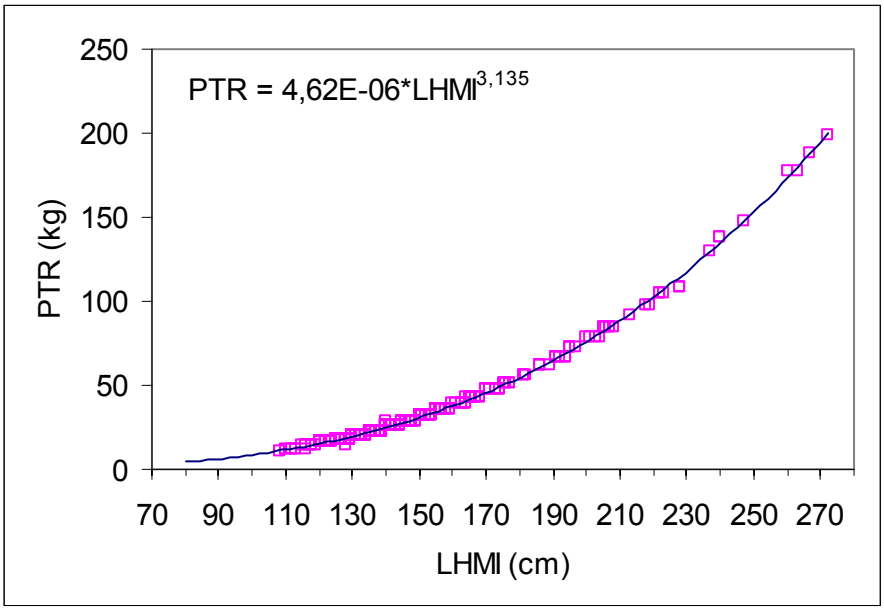


Figura 144. Relación entre longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) y peso tronco (PTR) de sexos combinados (R^2 = 0,99).

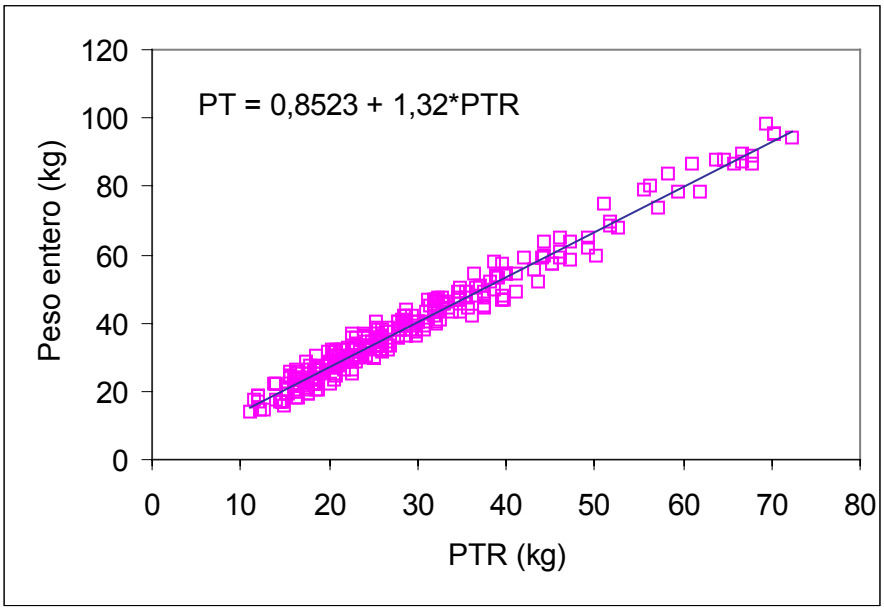


Figura 145. Relación entre peso tronco (PTR) y peso entero de sexos combinados (R^2 = 0,97).

Tabla 79. Parámetros de la relación peso tronco (PTR) y peso entero (PT) de observaciones en los cruceros de febrero y agosto.

PT = a + b*PTR		coeficiente	error estándar	R^2	N
sexos combinados	a	0,85	0,43	0,97	281
	b	1,32	0,01		
machos	a	2,60	0,59	0,96	150
	b	1,26	0,02		
hembras	a	-0,86	0,68	0,98	131
	b	1,36	0,02		

4.4.2. Estados de madurez

Del total de muestras obtenidas en ambos embarques (215) se han obtenido 107 Hembras y 108 machos. En el primer crucero se muestrearon 71 hembras y 91 machos (162 muestras). En el segundo crucero se muestrean 36 hembras y 17 machos (53 muestras).

En los ovarios analizados histológicamente se ha podido detectar que en la ovogénesis no se presenta gran diversidad celular. Del total de muestras analizadas, se detectaron entre tres a cuatro estados de maduración ovocíticas, sin considerar las ovogonias. Estas células se encuentran presentes formando pequeños grupos entre ovocitos más maduros Se distinguen dos tipos de ovogonias A y B. Las primeras son de mayor tamaño, aproximadamente entre 8 y 10 μm. Núcleo voluminoso y citoplasma poco abundante. Las ovogonias B son de menor tamaño, con núcleo menos manifiesto. Cada célula está rodeada por células foliculares

Se observaron cuatro tipos de ovocitos.

a) **Ovocitos I**

Son células esféricas, pequeñas, de 25-35μm, con núcleo con cromatina aparentemente en estado de paquiteno, central, esférico que contiene entre 4-7 nucléolos adosados a la envoltura nuclear. El citoplasma aparece homogéneo de carácter fuertemente basófilo. Las células foliculares no son distinguibles en este estado generalmente se ubican vecinas a los grupos de ovogonias.(Fig 146).

b) **Ovocitos II (No vitelados)**

Son células de mayor tamaño, esféricas de citoplasma fuertemente basófilo, núcleo mas bien excéntrico con muchos nucléolos (hasta 23). En esta etapa hace su aparación una capa de células aplanadas correspondientes a las células foliculares.

Existe un estado ligeramente mas avanzado (Zárate, 1997) conocido como estado II de transición que se caracteriza por presentar un mayor tamaño y las primeras vesículas vitelinas en el citoplasma, los nucléolos siguen siendo abundantes y adosados a la envoltura nuclear. Las células foliculares se observan en mayor cantidad y definidas. (Fig 147).

Este estado fue de escasa representatividad en el muestreo del crucero de verano.

c) **Ovocito III (En vitelogénesis temprana)**

Son células esféricas de gran tamaño, cercano a los 400μm, núcleo central voluminoso, manteniéndose los nucléolos en condiciones similares al estado anterior. El citoplasma de menor basofilia con acumulación de vesículas de vitelo dispuestas alrededor del núcleo. En la periferia aparece la zona pelúcida fina de aspecto estriado de carácter acidófilo intenso. Mas externamente se observa las células foliculares correspondientes a un epitelio monoestratificado plano. (Fig 148).

d) **Ovocito IV (Vitelogénico tardío)**

Células de mayor tamaño, el citoplasma se aprecia con grandes vesículas vitelínicas alrededor del núcleo, disminución de nucléolos, y aparecen hacia la periferia gránulos de vitelo. La zona pelúcida aumenta de espesor manteniéndose externamente la capa simple de células foliculares.(Fig 149).

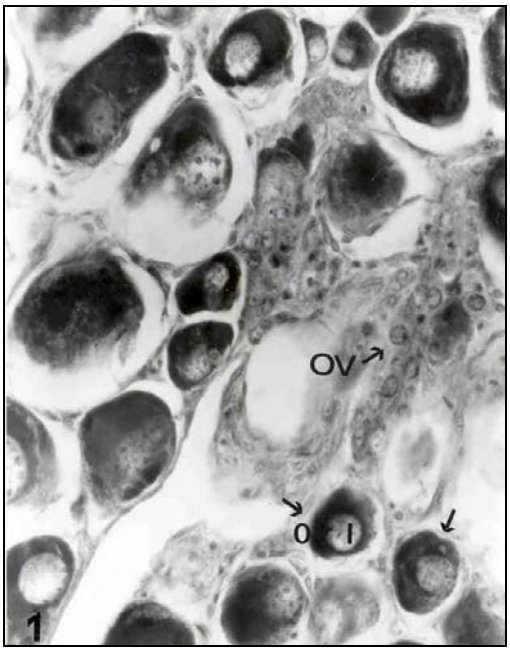


Fig. 146. Corte histológico de un ovario de *Xiphias gladius*: ovogogias tipo A (ov), ovocito tipo 1 (ov 1 y flecha) y ovocito tipo II (ov II).

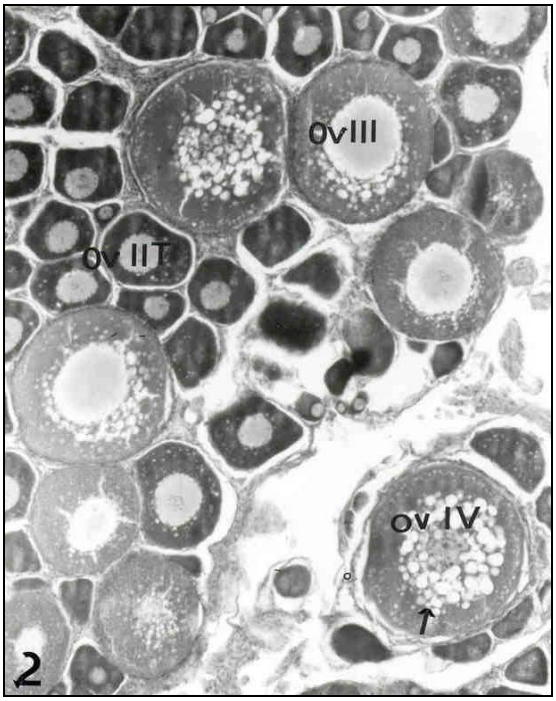


Fig. 147.- Ovocito II de transición (ov II T), ovocito tipo III (ov III), ovocito tipo IV (ov IV) y vesículas vitelínicas (flechas).

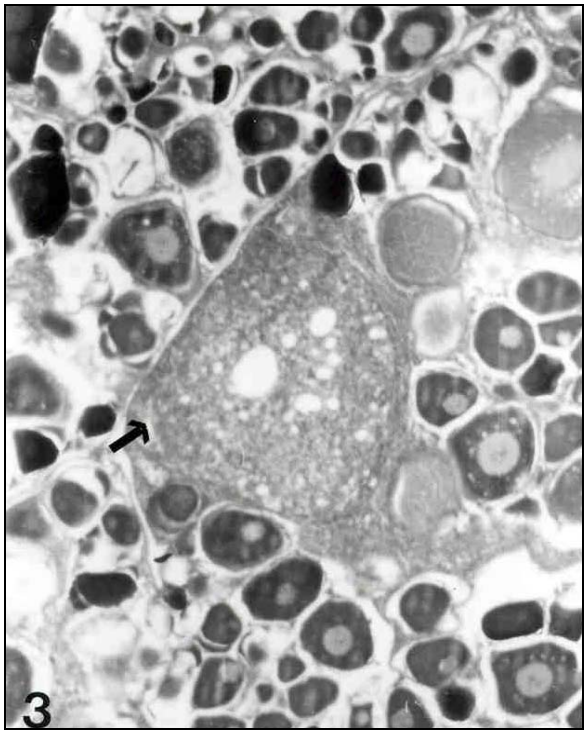


Fig. 148.- Atresia folicular epiteliode en ovario inmaduro (flecha).

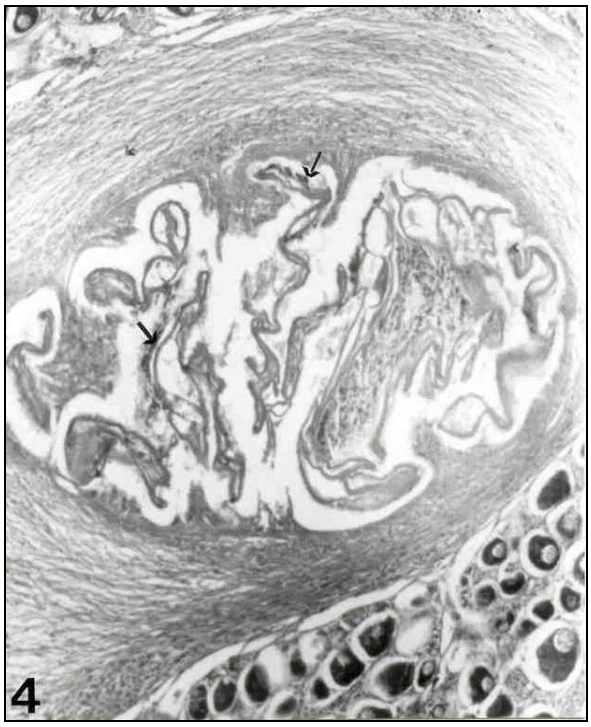


Fig. 149. Zona central de la gónada con estructura post- desove en reabsorción (flechas).

Para el cálculo del índice gonadal (IG) (Tabla 80 y 81) del crucero de verano ESP01 se aplica la fórmula (Kume&Joseph,1969):

$$IG = \left(P / L^3\right) * 10^4$$

donde:

IG: Indice gonádico.

P: Peso fresco de ovarios en grs.

L: Longitud horquilla-mandíbula inferior (cm).

Tabla 80. Índice gonadal en el crucero de verano.

Pieza N	LMIH	Gónada	IG	Pieza N	LMIH	Gónada	IG
1	150	140	0,82963	91	128	14	0,13351
2	181	25	0,08432	92	108	20	0,31753
3	151	100	0,5809	94	129	16	0,14907
4	123	31	0,33318	96	144	120	0,80376
5	140	75	0,54665	97	120	40	0,46296
9	128	71	0,67711	98	129	40	0,37267
10	163	200	0,92363	99	134	95	0,78966
12	167	130	0,55824	101	126	45	0,44992
13	131	54	0,48041	105	137	75	0,58335
14	164	135	0,61211	109	120	33	0,38194
19	153	110	0,61425	110	145	60	0,39362
24	118	90	1,09554	111	130	100	0,91033
25	128	75	0,71526	114	116	42	0,53815
27	155	290	1,55752	115	126	32	0,31994
28	112	27	0,38436	117	129	36	0,3354
29	128	75	0,71526	121	140	35	0,2551
30	158	130	0,65918	124	151	32	0,18589
32	132	65	0,56523	125	122	7	0,0771
34	182	290	0,96209	132	147	110	0,69258
36	150	120	0,71111	134	154	110	0,60237
40	150	12	0,07111	135	177	230	0,82954
42	204	450	1,06011	137	131	8	0,0712
45	133	70	0,59508	139	145	70	0,4592
46	153	200	1,1168	140	155	170	0,913
47	122	47	0,5177	142	207	325	0,7328
48	126	9	0,09	145	155	155	0,8325
52	130	44	0,4005	146	149	140	0,8464
55	160	150	0,7324	147	128	82	0,782
58	195	580	1,5644	148	116	45	0,5766
60	186	180	0,5595	149	154	13	0,0712
62	129	8	0,0745	150	143	135	0,9233
65	123	36	0,3869	151	170	200	0,8142
74	164	150	0,6801	152	128	52	0,4959
78	142	80	0,5588	153	161	145	0,6949
79	144	85	0,5693	156	140	81	0,5904
80	247	1150	1,5263	158	154	20	0,1095
82	137	65	0,5056	160	134	110	0,9143
89	140	90	0,656				

Tabla 81: Índice Gonadal (Kume&Joseph,1969), obtenido en crucero de invierno.

Pieza N	LMIH	Gónada	IG	Pieza N	LMIH	Gónada	IG
3	228	85	0.143	51	136	25	0.199
5	131	5	0.044	52	260	1000	1.138
6	165	150	0.668	53	186	230	0.715
9	203	450	1.076	54	140	50	0.364
10	150	150	0.889	55	137	85	0.661
16	144	50	0.335	57	272	1800	1.789
17	189	250	0.741	58	122	90	0.991
19	170	260	1.058	59	140	27	0.197
22	163	160	0.739	61	130	5	0.046
25	131	55	0.489	62	197	460	1.203
29	137	55	0.428	64	155	145	0.779
30	191	10	0.029	65	140	29	0.211
35	148	85	0.524	68	135	5	0.041
36	206	50	0.114	69	175	240	0.896
37	144	100	0.670	70	148	35	0.216
43	170	10	0.041	72	131	200	1.779
44	129	55	0.512	73	150	55	0.326
45	213	500	1.035	74	174	75	0.285
47	223	550	0.992	75	141	114	0.813
48	173	20	0.077	76	125	5	0.051
49	174	65	0.247	78	155	40	0.215
50	175	170	0.634	80	191	100	0.287

4.4.3. Caracterización genética

El empleo de la técnica de microsatélites (Simple Sequence Repeat-SSR) ha permitido estudiar la estructura genética de ejemplares de *X. gladius* capturados en la región de la cordillera de Nazca, en el Océano Pacífico. El estudio se basó en la información generada por nueve loci de microsatélites desarrollados para esta especie, seleccionados de la literatura (Reeb et al., 2003). Los peces considerados en este estudio genético han amplificado todos los loci de microsatélites escogidos. De estos loci, dos todavía no han producido buenos productos, todos los restantes fueron polimórficos, presentando entre 4 y 19 alelos (Figura 147, marcador 144 y 59 respectivamente).

Se han analizado 48 muestras de tejido de ejemplares de *X.gladius* con 7 marcadores, los que dieron lugar a 74 alelos (Figura 150). Estos marcadores han permitido establecer las frecuencias alélicas y de haplotipos de estos loci en las muestras de X. gladius de esta región oceánica.

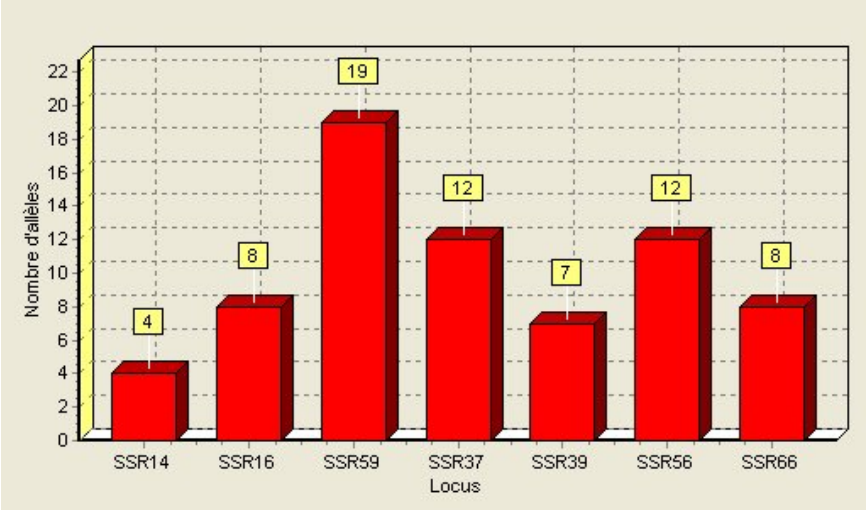


Figura 150. Histograma de la frecuencia de alelos por tipo de marcador.

En la Figura 151 se observa la fotografía de tres de los geles de poliacrilamida, los que exhiben la amplificación del ADN de las muestras exploradas en este estudio. Se puede apreciar en ellos el marcador de microsatélite con la menor cantidad de alelos (Figura 151a), el marcador de microsatélite con la mayor cantidad de alelos y haplotipos (Fig 151b) y el marcador de microsatélite que revela la mayor cantidad de especimenes homocigotos (Fig 151c).

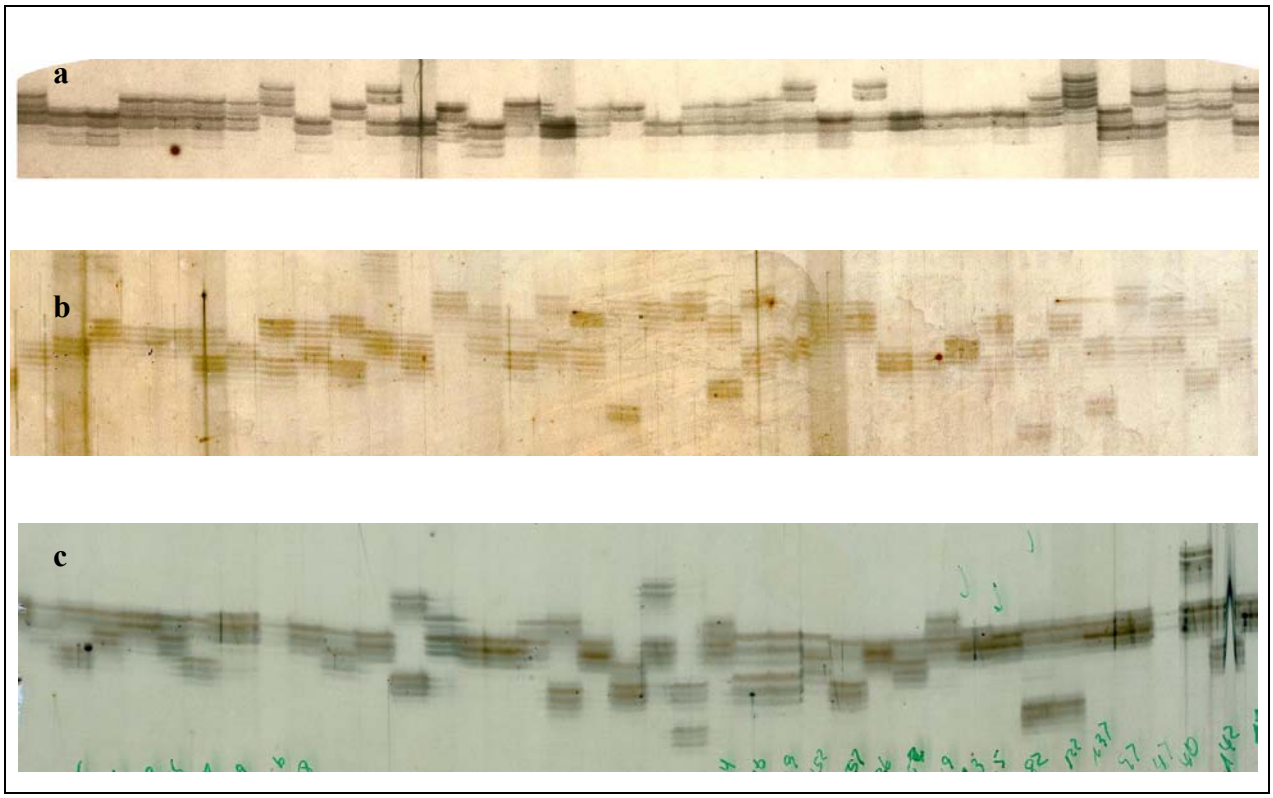


Figura 151. Patrón de amplificación de las muestras de ADN de pez espada usando los marcadores: a) microsatélite Xg 144, b) microsatélite Xg 59, y c) microsatélite Xg 166

El número promedio de alelos por locus fue de 10,6. De la misma manera, el número de haplotipos totales fue de 137 con promedio de haplotipos por locus de 19,6 (Tabla 82), o sea, en promedio el 40,8% de la muestra analizada está constituida por individuos con haplotipos propios. Se puede indicar también, que de los loci examinados, el Xg-166 y Xg-396 son los que presentan proporcionalmente menor cantidad de haplotipos, lo que se puede notar por el índice alelos/haplotipos, 0,73 y 0,70 respectivamente (Tabla 82). Esto se ve también ratificado por el índice de diversidad genética, el cual también en esos loci es menor en comparación con los otros loci, en ambos casos (Tabla 85), debido a la existencia de uno o más haplotipos predominantes, que reducen la diversidad genética.

Tabla 82. Individuos analizados (n), número de alelos y de haplotipos para cada locus.

Locus	n	Nº alelos	Nº haplotipos	Razón alelos/haplotipos
Xg-56	47	12	28	0,46
Xg-59	45	19	37	0,51
Xg-66	48	8	21	0,42
Xg-144	47	4	7	0,57
Xg-166	47	8	11	0,73
Xg-379	47	12	23	0,60
Xg-396	30	7	10	0,70

Asimismo, la frecuencia alélica se encuentra distribuida de manera variable en los distintos locus, encontrándose la mayor redundancia en el locus Xg 166, en el cual un único alelo presenta una frecuencia de 63,8 %, en cambio el marcador que presenta la menor redundancia entre sus alelos corresponde a Xg-59, en el cual el alelo más común sólo tiene una frecuencia de 19,3 % (Tabla 83). El marcador Xg 144, a pesar de tener bajo polimorfismo, sus alelos se encuentran distribuidos más homogéneamente en la muestra, lo que es confirmado con el índice de diversidad alélica (Tabla 85).

Tabla 83. Número de alelos y frecuencia alélica para cada locus.

Locus	Nº alelos	Frecuencia alélica menor y mayor (%)
Xg-56	12	1,1 – 23,4
Xg-59	19	1,1 – 19,3
Xg-66	8	3,1 – 19,8
Xg-144	4	8,5 – 47,9
Xg-166	8	1,1 – 63,8
Xg-379	12	1,1 – 26,9
Xg-396	7	1,7 – 45,0

El porcentaje de heterocigotos observados en la muestra varía de un 63,8 % empleando el marcador Xg-166 a un 97,9 % con el Xg-66 (Tabla 83), con media de heterocigocidad de la muestra de 78,3 %.

Tabla 84. Número de alelos (a), heterocigotos (Hets) y homocigotos (homs), heterocigocidad observada (H(O)) y esperada (H(E)), índice de contenido polimórfico (PIC) y probabilidad de Hardy-Weinberg (HW) para cada locus.

Locus	a	N	Hets	Homs	H(O)	H(E)	PIC	HW	Alelos Nulos
Xg144	4	47	45	2	0,957	0,.711	0,649	**	-0,1589
Xg166	8	47	30	17	0,638	0,571	0,543	NS	-0,0742
Xg59	19	44	39	5	0,886	0,913	0,894	NA	+0,0074
Xg379	12	47	36	11	0,766	0,850	0,823	NA	+0,0515
Xg396	7	30	21	9	0,700	0,715	0,660	NS	-0,0134
Xg56	12	47	34	13	0,723	0,865	0,841	NA	+0,0876
Xg66	8	48	47	1	0,979	0,855	0,827	NA	-0,0746

NA= No hay suficientes alelos para realizar el test HW, **= Diferencia significativa, NS= No significativa.

En tres de los loci la heterocigocidad observada es mayor que la heterocigocidad esperada (Xg144, Xg166, Xg 66), pero la deficiencia de homocigotos sólo es significativa en el caso del locus Xg144 (valor de chi cuadrado $X^2 = 7,37$).

La diversidad genética se determinó utilizando la siguiente ecuación: $h = n \Sigma(1-p_i^2)/(n-1)$, 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 82).

El menor índice de diversidad genética está representado por el locus Xg-144 el cual presenta la menor cantidad de alelos y un índice de polimorfismo menor que el resto de los marcadores a excepción de Xg-166 (PIC=0,649 y 0,543 respectivamente, Tabla 83). El locus Xg-166 presenta una baja diversidad genética en relación a los otros marcadores por la predominancia evidente de dos haplotipos, los que en conjunto representan el 55,3% de la población estudiada

(frecuencia = 0,362 y 0,191). Esto se hace más evidente al considerar la diversidad alélica del locus (0,576), debido fundamentalmente a la predominancia de un alelo por sobre el resto, el que alcanza una frecuencia de 63,8%.

Tabla 85. Diversidad alélica y genética en los locus analizados.

	Diversidad alélica	Diversidad genética
Xg-56	0,865	0,970
Xg-59	0,913	0,992
Xg-66	0,855	0,957
Xg-144	0,646	0,809
Xg-166	0,576	0,815
Xg-379	0,858	0,955
Xg-396	0,715	0,851

El dendrograma calculado con las distancias de Nei (Nei, M. 1978), presenta a los individuos agrupados en dos núcleos principales y uno de menor importancia (Figura 152), estos núcleos podrían representar unidades de crianza. Esta composición no se ve confirmada con el Análisis de Componentes Principales, en el cual todas las muestras resultan en un solo grupo, no diferenciado (Figura 153).

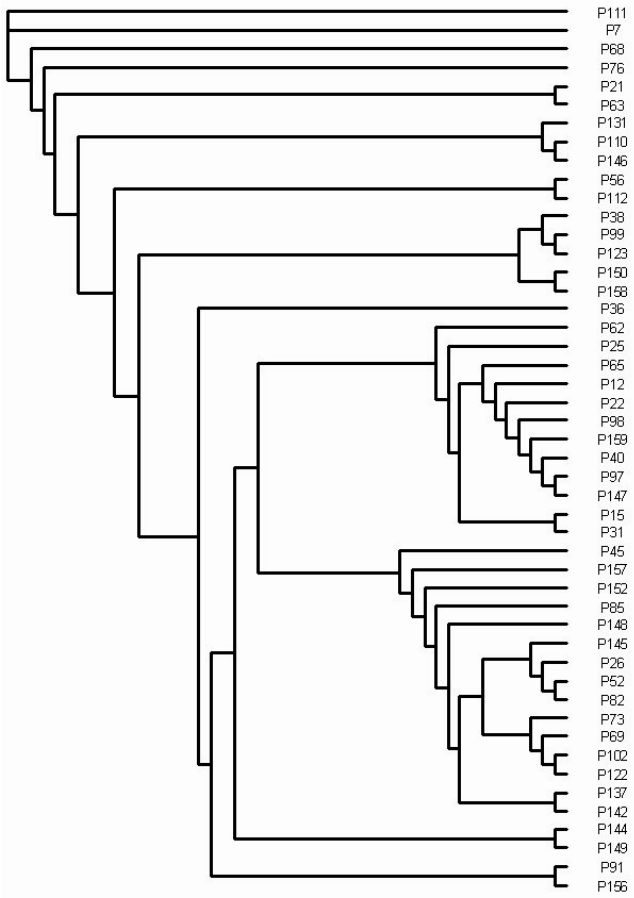


Figura 152. Dendrograma de las distancias de Nei (Nei, M**.** 1978); los números en el extremo de las ramas representan el individuo muestreado.

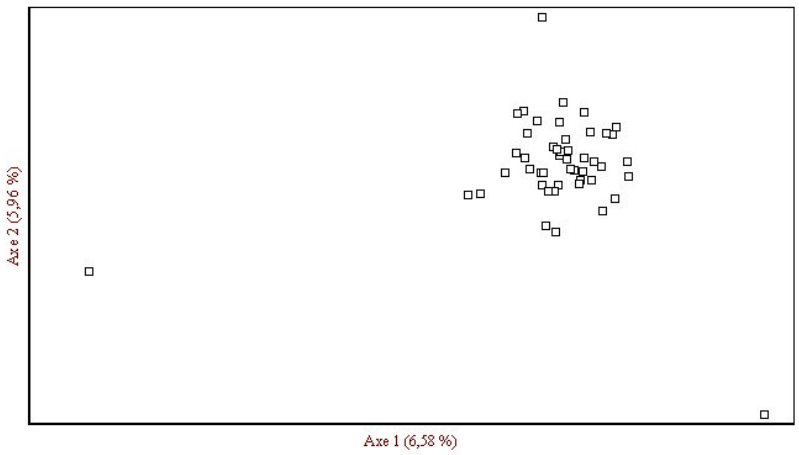


Figura 153. Análisis de componentes principales.

Se puede decir que aún cuando existe una cierta semejanza genética que agrupa a los individuos en tres grupos, esta diferenciación no es lo suficientemente profunda para argumentar la presencia de tres unidades genéticamente diferenciadas dentro de los individuos muestreados.

4.4.4. Estructuras de tallas-edades para *Xiphias gladius* de Nazca

Se examinaron 120 ejemplares de los cuales 51 correspondieron a hembras, 56 a machos y los 13 restantes no fueron incluidos en el análisis por mala legibilidad de los cortes de las espinas y/o sin determinación de sexo. Los machos presentaron longitud mandíbula inferior-horquilla entre 118 y 174 cm; longitudes ojo-horquilla entre 100 y 152 cm y longitudes entre aletas dorsales de 60 a 102 cm. Por su parte, las hembras presentaron longitud mandíbula inferior-horquilla entre 116 y 267 cm; longitudes ojo-horquilla entre 104 y 241 cm y longitudes entre aletas dorsales de 68 a 160 cm.

4.4.4.1. Estructura de edad y tallas

La distribución de edades de los especimenes analizados se muestra en la Fig. 154, donde se puede observar una mayor frecuencia de ejemplares de dos años seguido por los de un año, que en conjunto constituyen el 64,5%. Sin embargo, llama la atención el considerable porcentaje de ejemplares de 3 y 4 años que representan el 28%. Además, hay que observar la ausencia de ejemplares machos sobre 4 años y la presencia de ejemplares hembras hasta de 9 años de edad.

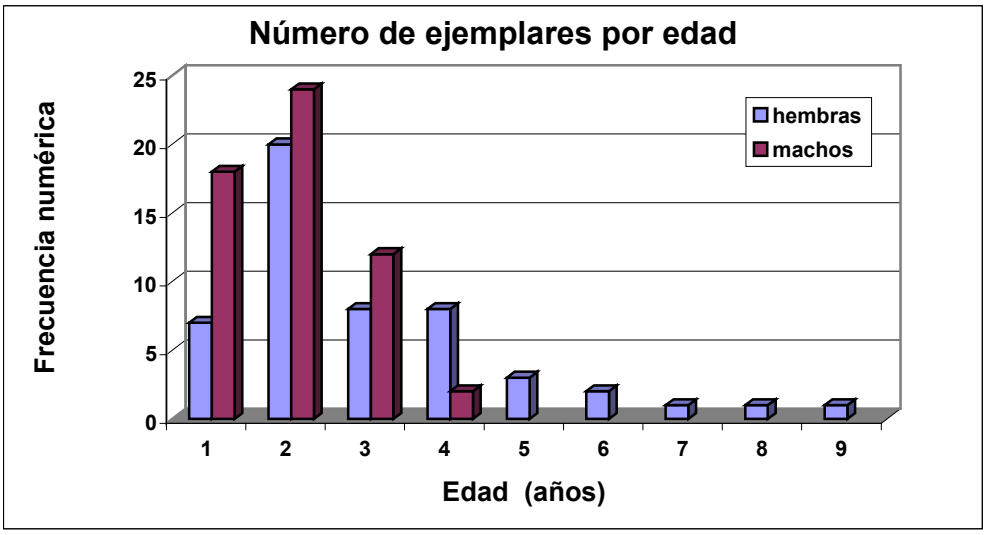


Figura 154.-Distribución de frecuencia numérica según edad de ejemplares hembras y machos de Pez espada.

Por otra parte, los promedios de talla determinados para machos y hembras de pez espada, para cada edad muestran valores muy semejantes para los primeros cuatro años donde hay presencia de ambos sexos (Fig. 155, Tabla 85).

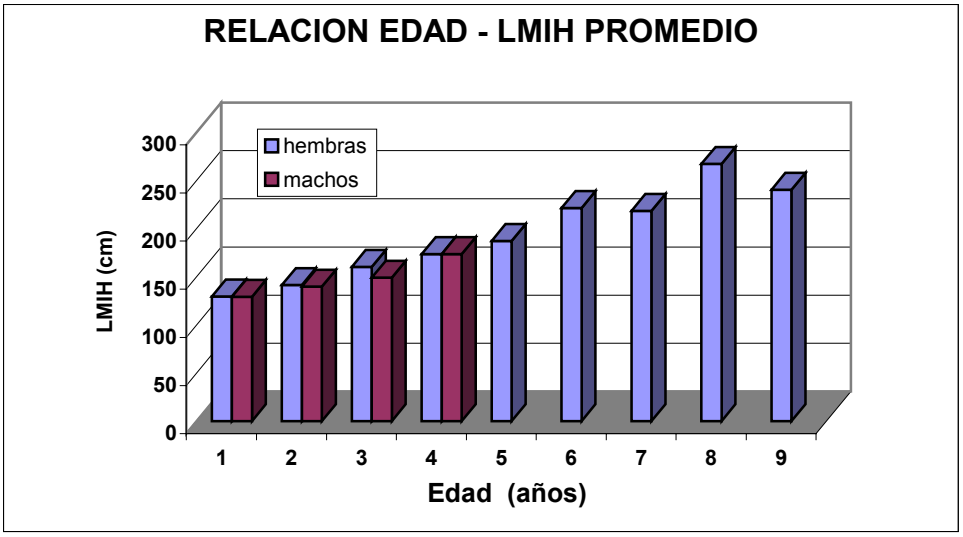


Figura 155.- Talla promedio según edad determinada para hembras y machos de pez espada

Tabla 86.-Talla promedio, desviación estándar y número de ejemplares machos y hembras por edad de pez espada examinados.

		Hembras			**Machos**	
Edad	LMIH	D. estand	N	LMIH	D. estand	N
1	129,43	9,74	7	128,78	7,94	18
2	141,10	9,10	20	139,48	10,14	24
3	160,13	11,78	8	148,83	10,08	12
4	173,50	16,15	8	173,50	0,71	2
5	187,00	18,33	3			
6	221,00	7,55	2			
7	218,00		1			
8	267,00		1			
9	240,00		1			

4.4.4.2. Relaciones morfométricas

a) Relación entre Longitud mandíbula inferior-horquilla y Radio espina

La relación entre la longitud mandíbula inferior-horquilla y el radio de la espina anal de los ejemplares de pez espada, hembras y machos muestra un comportamiento similar, donde el mejor ajuste lo entrega una función lineal predictiva, y tanto los interceptos como las pendientes presentan valores muy semejantes (Fig. 156). Sin embargo, hay que considerar que los machos sólo alcanzaron LMIH máximas de 174 cm.

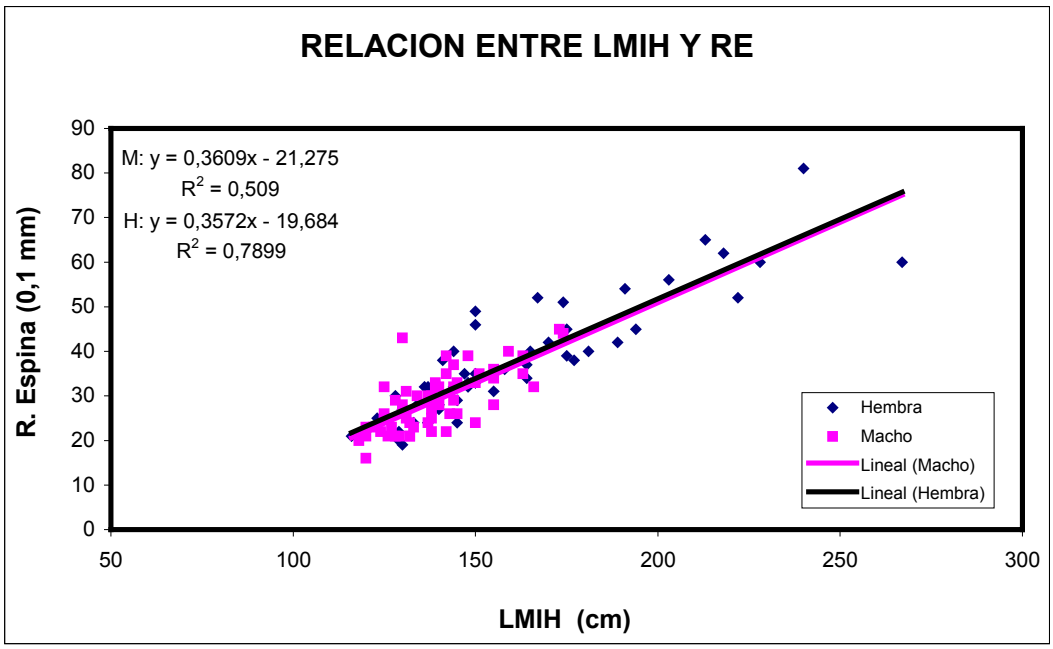


Figura 156.-Funciones lineales predictivas que entregaron el mejor ajuste, para la relación entre la Longitud mandíbula inferior horquilla y el Radio de la espina anal.

Relación entre Longitud dorsales 1-2 y el Radio de la espina

Se examinó esta relación por cuanto en las capturas de pez espada se desembarcan los troncos, lo que permite la obtención de la L1-2D para conocer la talla del pez (LMIH) a través de la correspondiente relación entre ambas medidas. La relación entre la Longitud entre aletas dorsales 1-2 y el Radio de la espina anal de los ejemplares de pez espada, muestra un comportamiento diferente entre los sexos, donde el mejor ajuste para las hembras lo entrega una función lineal predictiva, mientras que para los machos corresponde a una función potencial con un menor valor del coeficiente de determinación (Fig. 157).

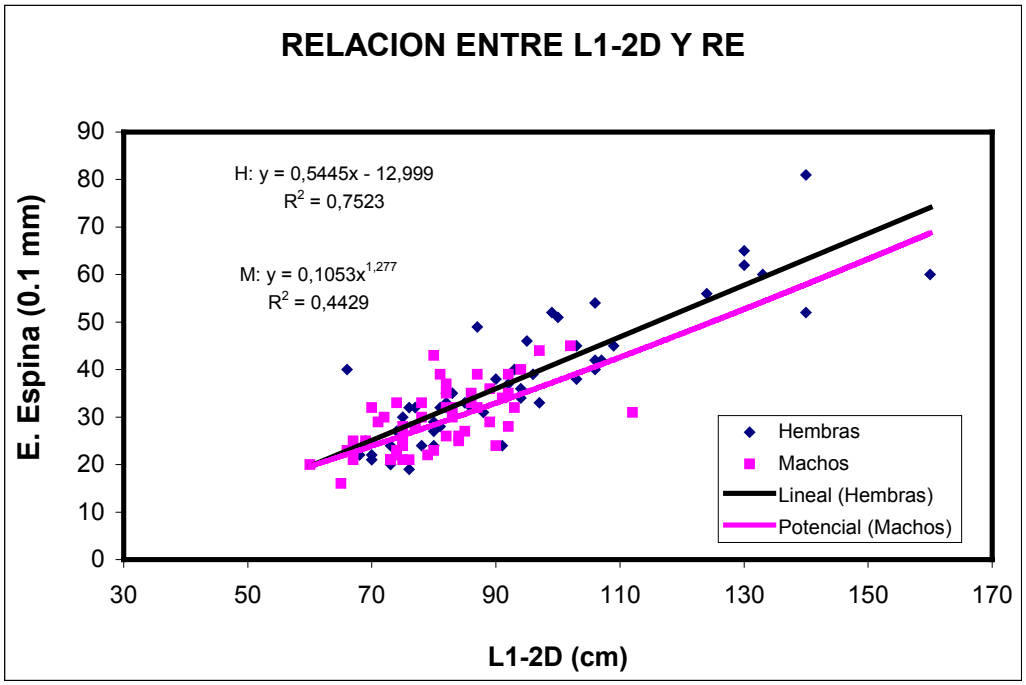


Figura 157.- Funciones lineales predictiva y potencial que entregaron el mejor ajuste, para la relación entre la Longitud 1-2 dorsal y el radio de la espina anal.

b) Relación entre Edad y Longitud mandíbula inferior horquilla el Radio

En forma similar a la situación anterior, esta relación presenta una clara diferencia entre los sexos, con un ajuste lineal en las hembras con alto valor del coeficiente de determinación y un ajuste de tipo potencial en los machos con un menor valor de R^2 (Fig. 158).

c) Relación entre Edad y Longitud entre dorsales 1-2

La relación entre Edad y Distancia entre aletas dorsales, en forma semejante a la relación anterior, muestra que para las hembras el mejor ajuste lo representa una función lineal predictiva con un alto valor de R^2, mientras que para los machos dicha relación esta representada por una función potencial con un menor valor de R^2 (Fig. 159).

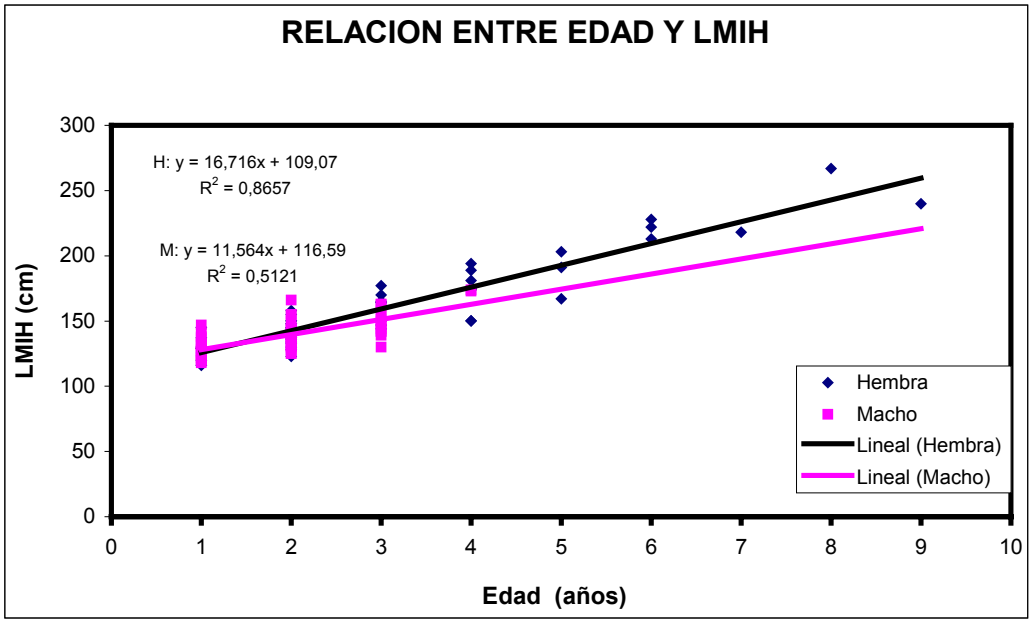


Figura 158.- Relación entre Edad y la Longitud mandíbula inferior horquilla para ambos sexos de pez espada.

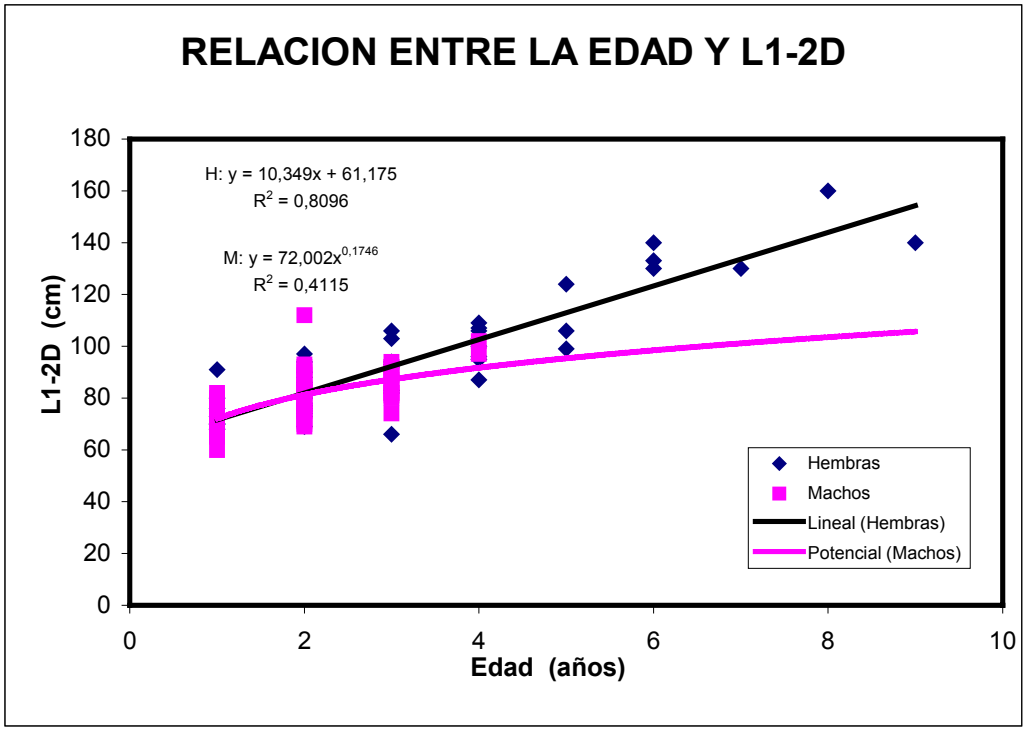


Figura 159.- Relación entre la Edad y Longitud entre aletas 1-2 dorsales, para hembras y machos de pez espada.

d) Relación entre Edad y Radio de la espina anal

La relación entre la edad y el radio de la espina anal, tanto para machos como para las hembras, muestra un alto grado de correlación, donde el mejor ajuste lo entrega una función lineal predictiva con un alto valor del coeficiente de determinación (R^2) (Fig. 160).

El comportamiento de esta relación presenta una alta concordancia con la relación entre la LMIH y el RE, representada también por un ajuste lineal con una alta correlación, así ambas relaciones respaldarían una buena estimación de edades retrocalculadas.

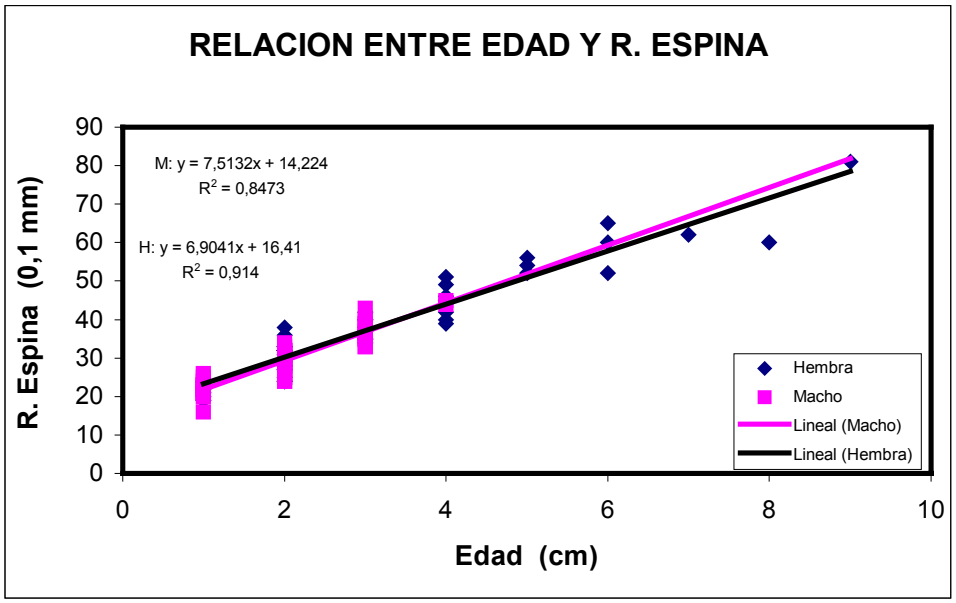


Figura 160.- Relación entre la Edad y el Radio de la Espina anal para ambos sexos de pez espada.

4.4.5. Distribución espacio-temporal de las estructura de tallas-edades y de las variables ambientales

4.4.5.1. Análisis información histórica (2001-2002)

4.4.5.1.1. Análisis de la variación espacial de la estructura de tallas entre Nazca y otras zonas de distribución del recurso.

Gracias al convenio de trabajo conjunto entre la PUCV y la Empresa Pesquera Omega, se logró disponer para las temporadas de pesca 2001 y 2002, de cuadernos de pesca y bitácoras de dos buques de su flota, el buque congelador TAMI-S y el buque hielero ELENA-S. Luego de ordenar la información, recuperando y completando los registros de las bitácoras con los cuadernos y apuntes personales de cada capitán, se consiguió disponer de los datos de la mayoría de los lances de aproximadamente 25 viajes de pesca totales.

Principalmente se contó con registros de talla (LHMI) y peso tronco, el cual era estimado a partir de la talla por tablas de conversión que mantiene la empresa en cada buque. Además, se dispuso en un número representativo de casos, de la posición del lance de pesca y el número de anzuelos calados.

Se obtuvieron para análisis histórico un total de 8.103 registros de LHMI, de los cuales, considerando como límite latitudinal sur de la zona de Nazca el paralelo 26º Sur, 1.369 datos (17%) provenían de lances al norte y 6.734 (83%) al sur del mencionado límite. Fue necesario realizar una cartografía de los lances de pesca para cada barco y año (Figura 161). En la Tabla 87 se resumen las principales estadísticas descriptivas de la información estratificada por zona (Nazca y sur), por mes del lance y por año. En general se destaca para cada año en particular, promedios de talla LHMI mayores para la zona sur, aunque esta diferencia no es significativa el año 2002, probablemente por el reducido número de datos de la zona de Nazca. En forma global, la talla promedio para la zona de Nazca fue de 175,8 cm, en un rango de 80 a 303 cm, para la zona sur el promedio de LHMI alcanzó 177,6 cm, con un mínimo de 75 y un máximo de 316 cm.

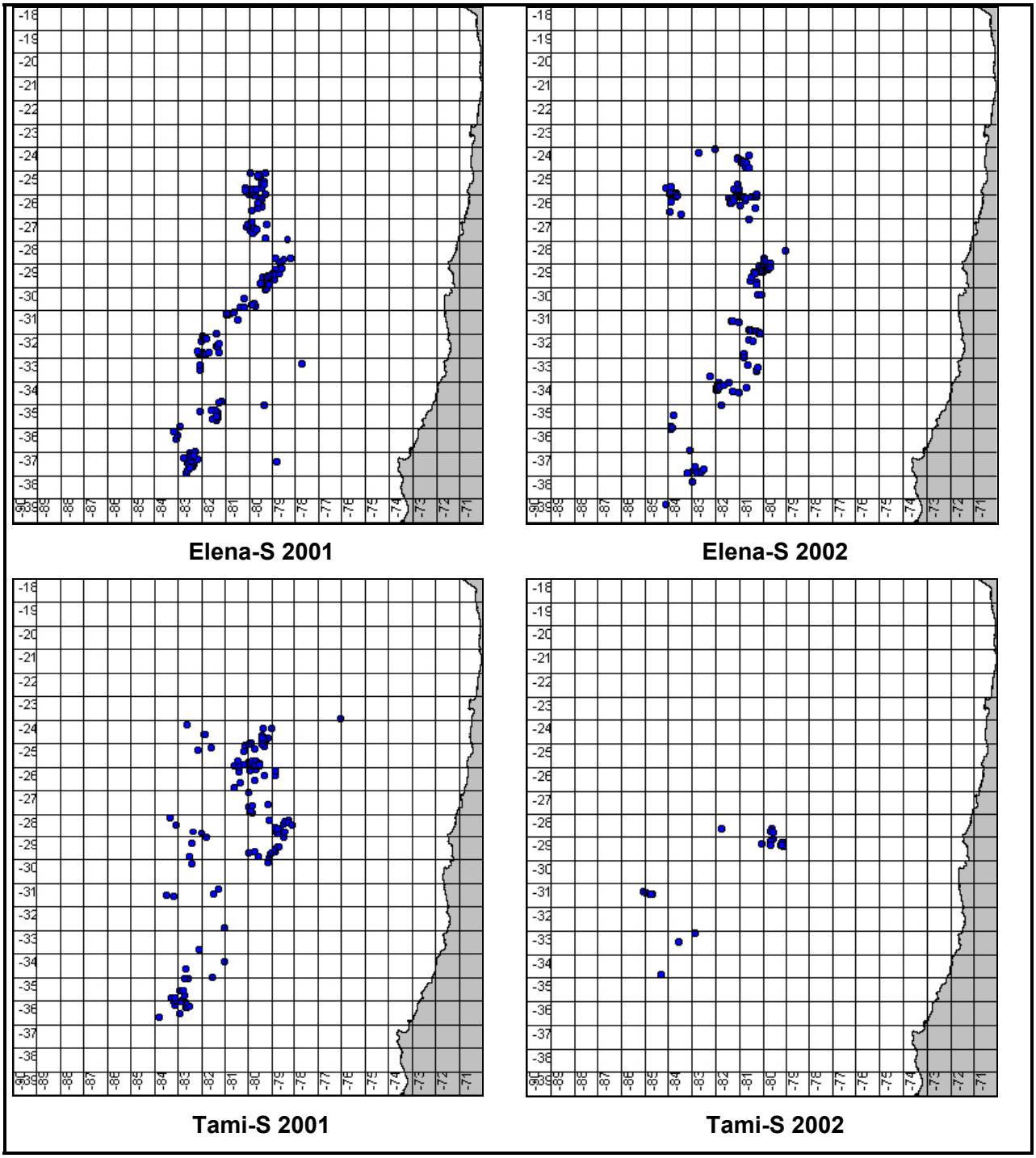


Figura 161. Localización de lances de pesca de los PAM ELENA-S y TAMI-S en el 2001 y 2002.

Al graficar la talla media mensual por zona (Figura 162), se observan comportamientos erráticos, relacionados con lo aleatorio de la operación de pesca de ambas naves, sin embargo,

para la zona sur se destaca un incremento en la talla media durante la temporada de pesca hasta los meses de julio – septiembre, para luego decrecer hacia finales de temporada. La zona de Nazca en cambio, para los meses con datos en los dos años, muestra una disminución en la LHMI media entre agosto – septiembre y diciembre.

Tabla 87. Longitud horquilla-mandíbula inferior por zona del pez espada capturado por los PAM Tami S y Elena S entre enero de 2001 y diciembre de 2002

	ZONA NAZCA (Norte 26º LS)						**ZONA SUR** (Sur 26º LS)					
Mes	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación estándar	n	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación estándar	n
2001												
Enero	113	173.38	160	303	43.59	60	-	-	-	-	-	-
Febrero	102	175.99	166	278	41.91	116	-	-	-	-	-	-
Marzo	80	165.86	156	260	38.83	76	75	149.10	151	229	27.09	30
Abril	-	-	-	-	-	-	118	189.66	188	316	28.97	613
Mayo	-	-	-	-	-	-	107	191.14	190	315	28.48	514
Junio	-	-	-	-	-	-	135	194.13	190	312	31.60	295
Julio	-	-	-	-	-	-	144	202.53	200	310	29.69	369
Agosto	122	191.13	197.5	280	39.97	30	142	193.66	188	277	28.45	325
Septiembre	103	185.48	179	257	27.60	135	140	201.41	198	275	30.97	108
Octubre	141	185.69	178	278	28.13	131	129	172.62	168	252	27.60	53
Noviembre	141	181.48	176.5	259	28.09	52	126	166.61	160	260	27.96	89
Diciembre	-	-		-	-	-	140	170.18	170	215	24.35	11
Total	**80**	**179.76**	**175**	**303**	**35.43**	**600**	**75**	**191.74**	**189**	**316**	**30.53**	**2,407**
2002												
Enero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	110	164.57	159	301	29.41	664
Abril	-	-	-	-	-	-	110	165.55	162	282	27.57	1,147
Mayo	-	-	-	-	-	-	110	166.68	165	265	24.64	740
Junio	-	-	-	-	-	-	94	169.35	166.5	263	25.90	598
Julio	-	-	-	-	-	-	117	171.00	168	297	27.37	384
Agosto	-	-	-	-	-	-	132	180.74	177	278	23.58	432
Septiembre	99	180.14	177	288	33.41	132	137	195.08	192	279	30.54	83
Octubre	127	184.14	181	265	28.87	227	124	182.88	180	276	27.17	163
Noviembre	103	163.36	159	281	26.07	353	132	183.35	176	275	30.69	95
Diciembre	123	167.02	165	224	22.57	57	139	175.48	172	247	31.90	21
Total	**99**	**169.69**	**170**	**288**	**28.70**	**769**	**94**	**169.78**	**167**	**301**	**27.72**	**4,327**

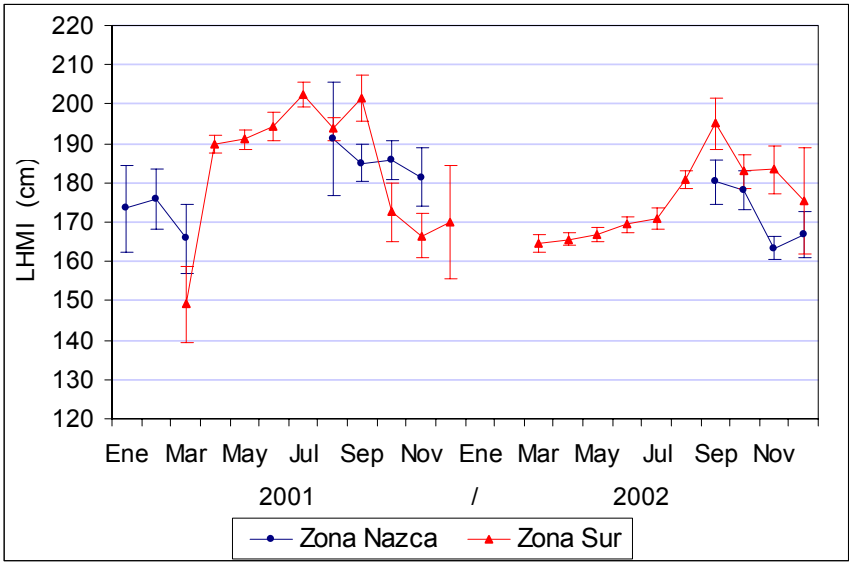


Figura 162. Longitud horquilla- mandíbula inferior promedio mensual e intervalo de confianza (95%) de las capturas de pez espada de los PAM Tami S y Elena S por zona entre enero de 2001 y diciembre de 2002.

Las distribuciones de frecuencia de tallas para la zona de Nazca y Sur, global y por año se presenta en la figura 163, aunque todas las distribuciones presentan un sesgo hacia la derecha, siempre las distribuciones de los peces capturados en Nazca están más desplazadas a la izquierda. Las distribuciones de frecuencia de LHMI mensual por zona se presentan en las figuras 164 a 167, donde se pueden observar distribuciones en general más simétricas en la zona sur debido al aumento en el tamaño muestral respecto a la zona de Nazca.

Se compararon las tallas de la zona de Nazca y Sur a través de un análisis estadístico no paramétrico (*Test de Wilcoxon*, implementado en el software *S-PLUS*), alternativo a la comparación de medias (*Test t*), pero que no requiere supuestos de normalidad por parte de la variable. Los resultados mostraron diferencias significativas entre zonas (Z = -2,3641, p–value = 0,0181).

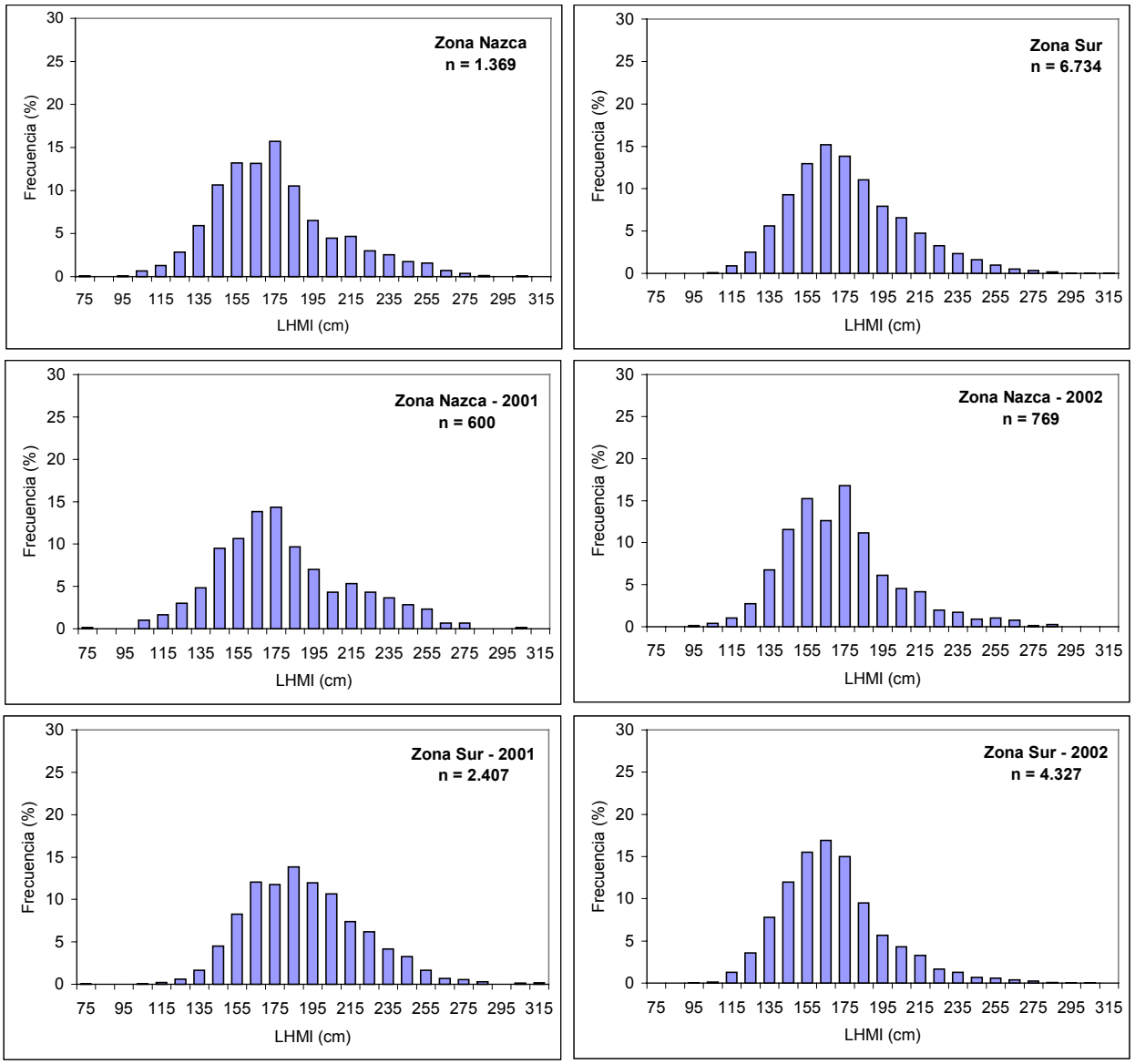


Figura 163. Distribución global y anual por zona de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada.

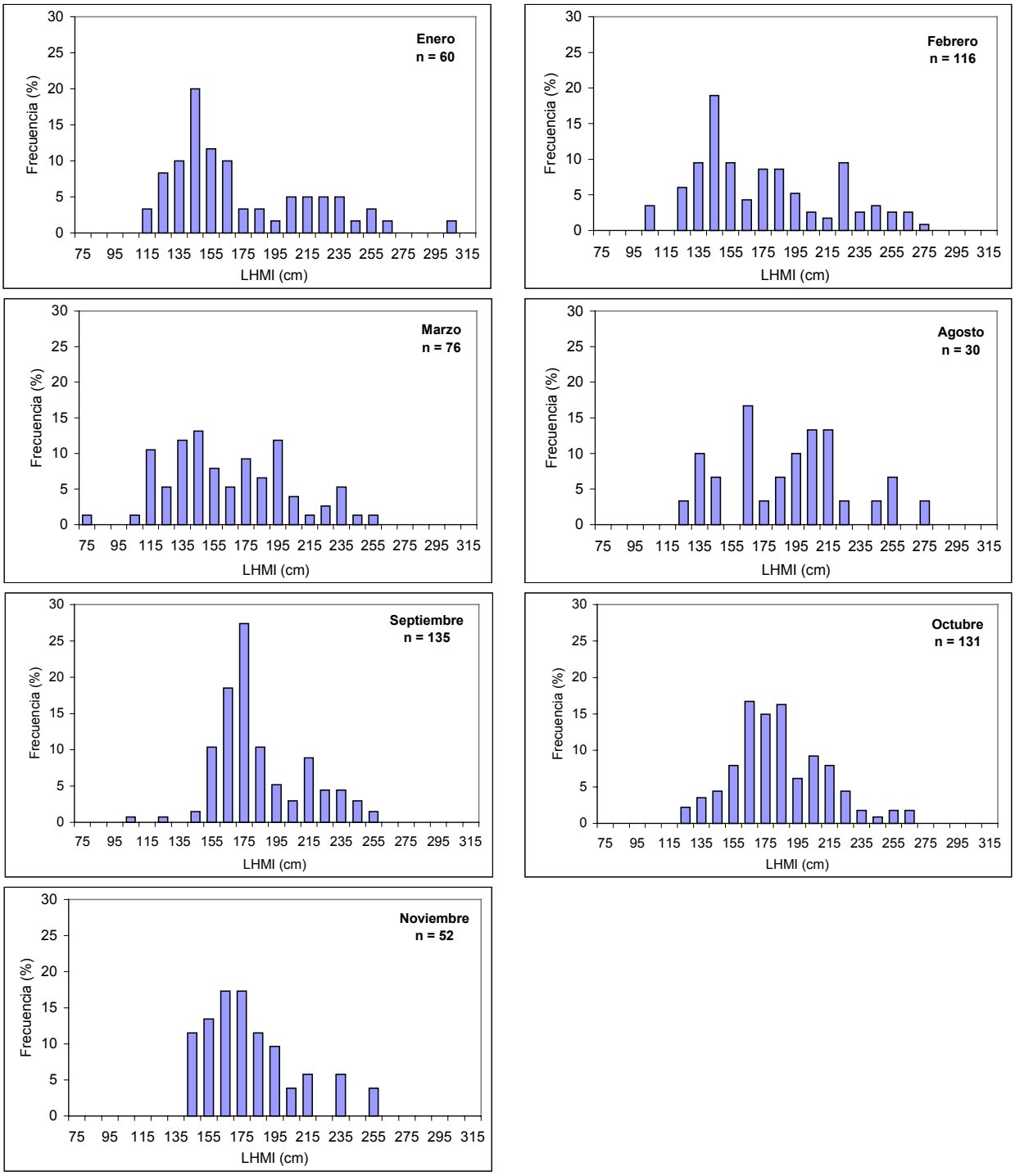


Figura 164. Distribución mensual de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona de Nazca en el 2001.

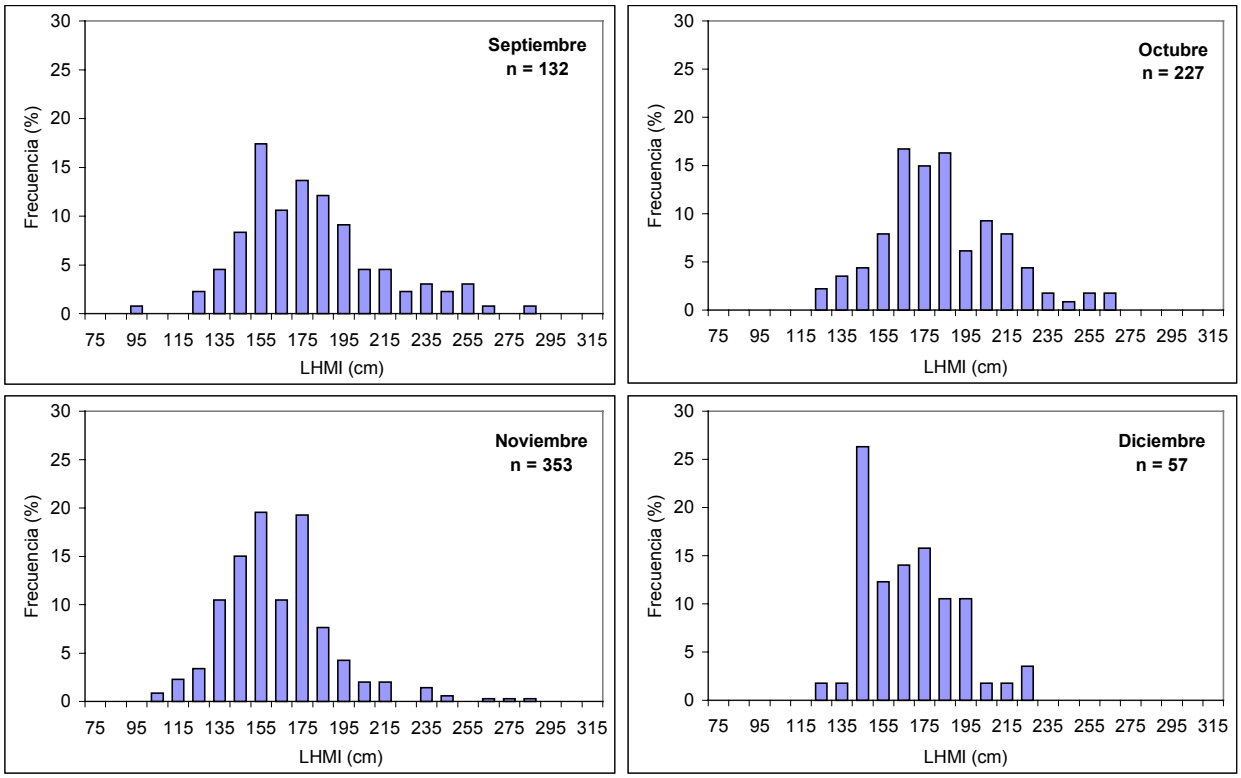


Figura 165. Distribución mensual de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona de Nazca en el 2002.

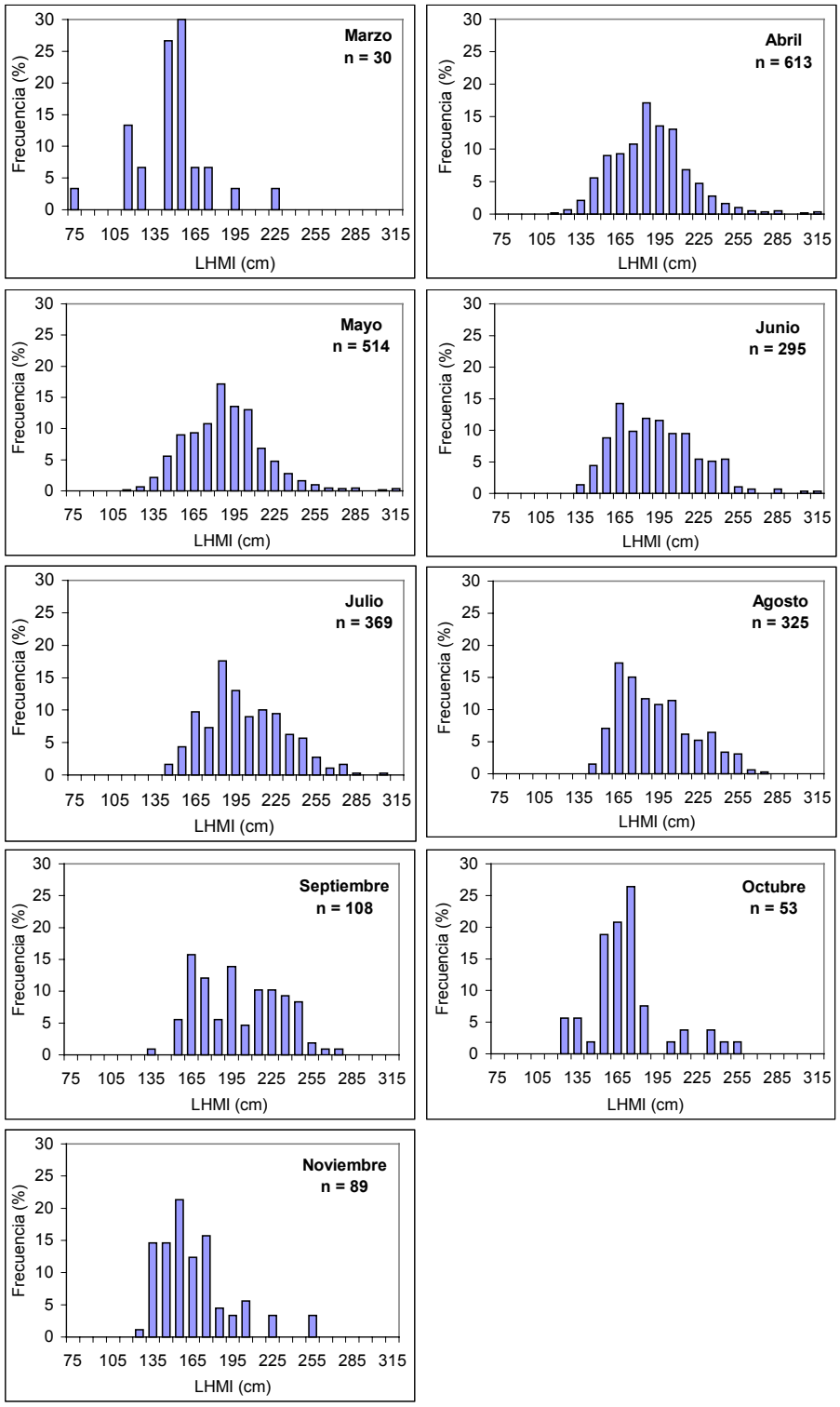


Figura 166. Distribución mensual de la frecuencia de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona sur en el 2001.

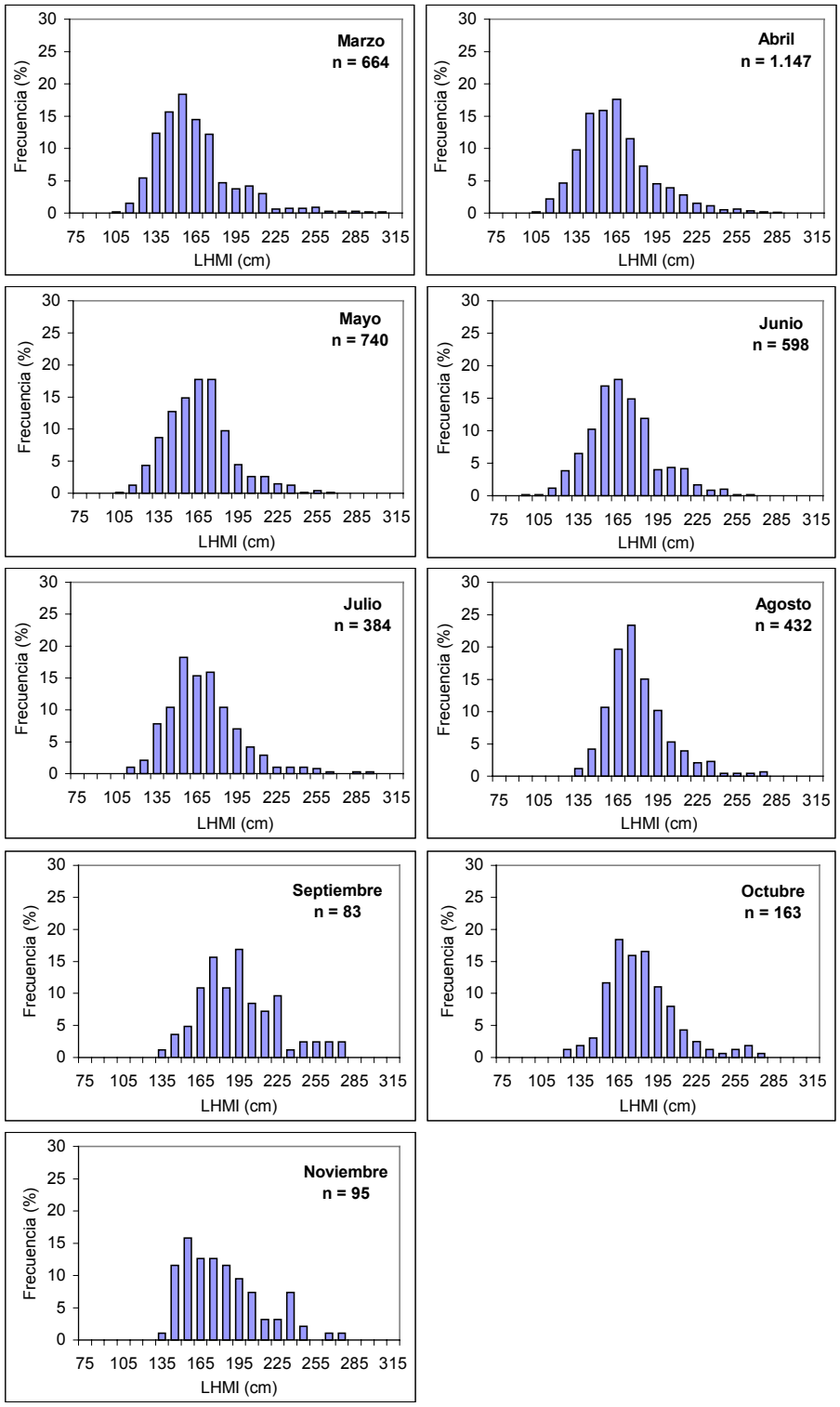


Figura 167. Distribución mensual de frecuencias de longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada en la zona sur en el 2002.

4.4.5.1.2. Análisis de la variación espacial de la estructura de tallas dentro de la zona de Nazca.

Luego de la exploración visual de los lances de pesca realizados por las embarcaciones en el área de pesca de Nazca, se determinaron 4 subzonas de estudio (Figura 168).

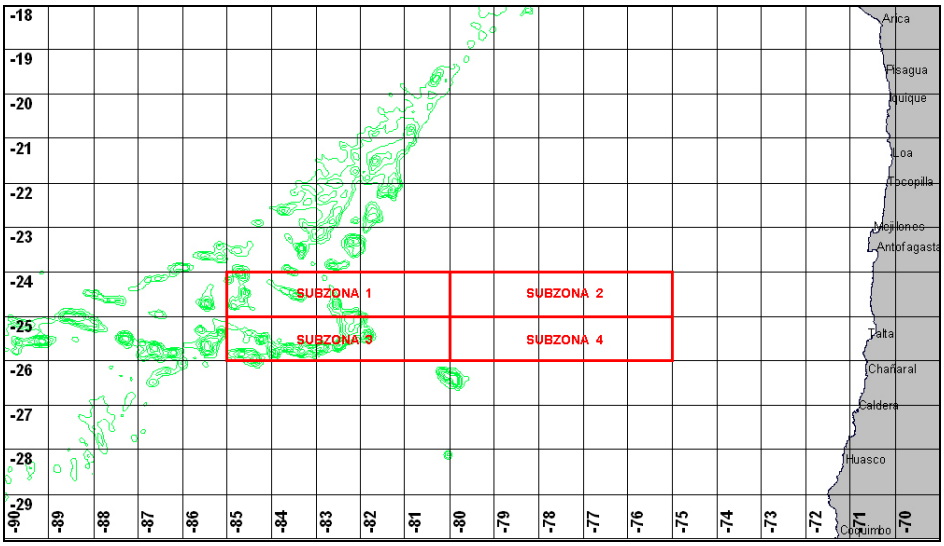


Figura 168. Subzonas para los análisis de la variación espacial de las tallas.

El resumen de las estadísticas descriptivas de la talla LHMI por subzona, agrupando los datos de los años 2001 y 2002 en trimestres (debido al reducida cantidad de información) se presenta en la Tabla 88, donde se puede apreciar, que existen tallas promedio mayores en las subzonas sur (subzona 3 y 4), respecto a las subzonas norte (subzona 1 y 2). El promedio de talla mayor se presentó en la subzona 4 (sur costera) con 184,0 cm (n = 306) y el promedio menor en la subzona 2 (norte costera) con 158,3 cm (n = 125).

Las distribuciones de frecuencia de tallas para cada subzona se muestra en la figura 169, donde quedan de manifiesto modas y estructuras levemente desplazadas hacia la derecha en las subzonas sur.

Al igual que en el análisis del punto anterior, se graficaron las tallas promedio trimestrales para cada subzona. Al no haber operado las naves en el segundo trimestre en ninguno de los años, quedan incompletas las series, impidiendo poder extraer alguna conclusión acerca de las

tendencias del promedio de la variable por subzona. Sólo se puede señalar que existió una caída en la talla media en las zonas norte (subzonas 1 y 2) entre el tercer y cuarto trimestre, mientras que en la subzona 3 (sur oceánica) aumento la talla promedio y en la subzona 4 (sur costera se mantuvo estable (Fig. 170).

Tabla 88. Longitud horquilla-mandíbula inferior del pez espada por subzona en el área de estudio. Capturas de los PAM Tami S y Elena S entre enero de 2001 y diciembre de 2002.

		Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación estándar	n
Subzona 1	1er trimestre	80	173.43	161	303	41.95	237
(Norte oceánica)	2do trimestre	-	-	-	-	-	-
	3er trimestre	99	180.14	177	288	33.41	132
	4to trimestre	109	168.36	169	281	24.78	287
	Total	**80**	**172.56**	**169**	**303**	**33.83**	**656**
Subzona 2	1er trimestre	-	-	-	-	-	-
(Norte costera)	2do trimestre	-	-	-	-	-	-
	3er trimestre	166	216.08	216	258	25.63	13
	4to trimestre	103	151.63	145	247	25.20	112
	Total	**103**	**158.34**	**149**	**258**	**31.97**	**125**
Subzona 3	1er trimestre	115	152.14	154	194	28.40	7
(Sur oceánica)	2do trimestre	-	-	-	-	-	-
	3er trimestre	122	172.06	166	280	38.87	17
	4to trimestre	127	183.84	179	265	28.28	258
	Total	**115**	**182.34**	**177**	**280**	**29.43**	**282**
Subzona 4	1er trimestre	125	156.75	177	210	31.33	8
(Sur costera)	2do trimestre	-	-	-	-	-	-
	3er trimestre	103	185.48	179	257	27.60	135
	4to trimestre	141	184.14	177	278	28.09	163
	Total	**103**	**184.02**	**177**	**278**	**28.23**	**306**

A través del *Test de Kruskal-Wallis* se compararon las tallas de las cuatro subzonas, encontrándose diferencias significativas entre éstas (χ^2 = 104,26, p–value = 0). La comparación entre subzonas norte presentó diferencias significativas entre la subzona oceánica y la costera (*Test de Wilcoxon*; *Z* = 5,2314, p-value = 0), mientras que a un nivel de significancia del 10% las zonas sur no presentan diferencias significativas.

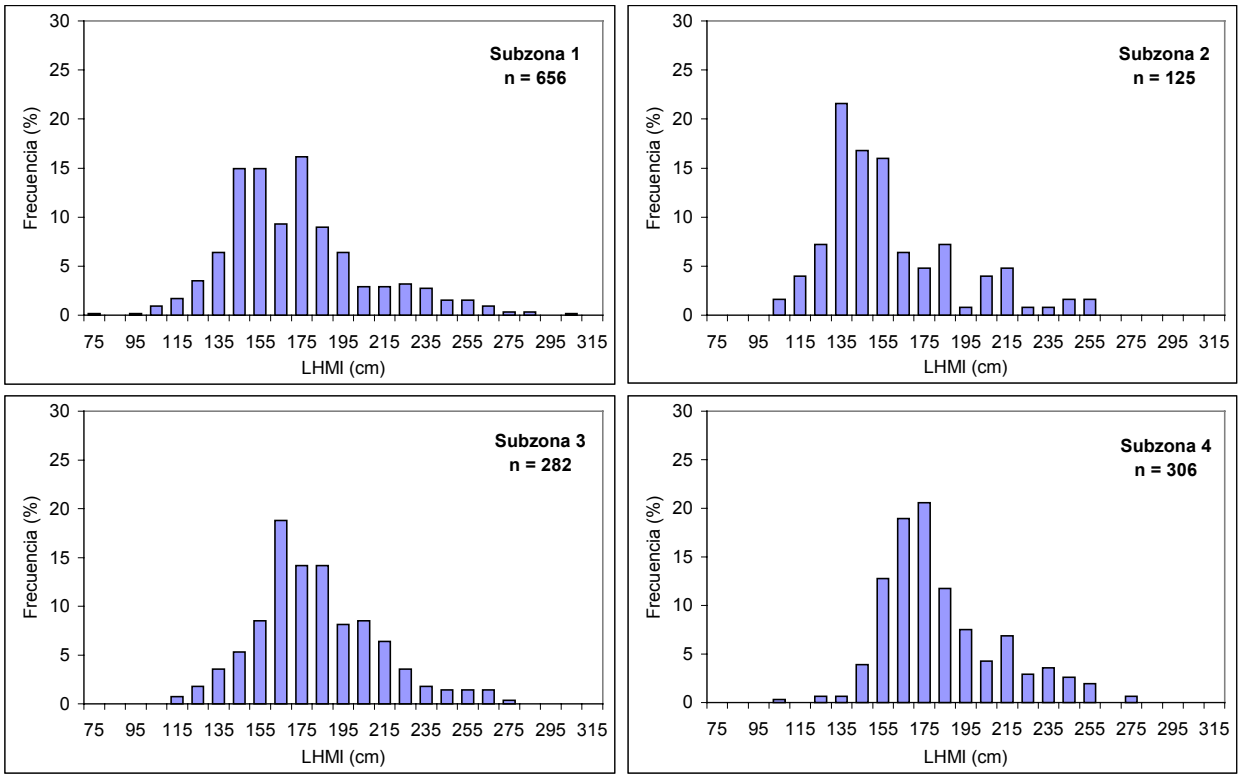


Figura 169. Distribuciones de frecuencia de la longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) de pez espada por subzona en el 2001 y 2002.

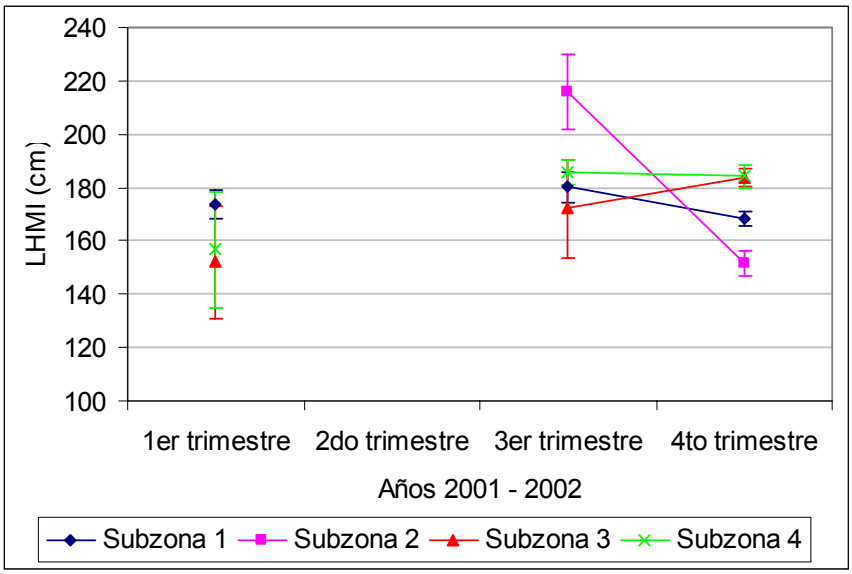


Figura 170. Longitud horquilla-mandíbula inferior (LHMI) promedio trimestral e intervalo de confianza (95%) de las capturas de pez espada de los PAM Tami S y Elena S por subzona entre enero de 2001 y diciembre de 2002.

4.4.5.2. Caracterización ambiental y su relación con el peso tronco y las tasas de captura

La información analizada corresponde a los registros operacionales de 2 embarcaciones palangreras que operaron durante el 2000-2002, en el área de pesca comprendida entre los 22º y 30ºS. Se emplea la siguiente información por lance: fecha y hora de calado y virado del palangre, captura en peso (CAP), captura en número (N), peso tronco medio (PTR), latitud y longitud media. La data ambiental satelital corresponde a: temperatura superficial del mar (TSM), concentración de clorofila (CLOA), gradiente de clorofila (GCLOA), altura superficial del mar (SSH), batimetría (BAT) y salinidad (SAL). Con la data de salinidad se definen la masas de agua: Agua Subantártica (ASA) entre 32,0 y 34,5‰ y Agua de Mezcla (AM) entre 34,5 y 35,1‰.

Como la información de clorofila y salinidad superficial no se encontró disponible para todos los lances, se trabaja con los siguientesdos subconjuntos de datos: i) observaciones que contienen data de CLOA (n = 343) y ii) observaciones que contienen CLOA y SAL (n = 262), los cuales para distinción se denominarán “datos sin salinidad” y “datos con salinidad”.

Se realiza una caracterización de los lances de pesca, en función de las variables ambientales, mediante el análisis de componentes principales (ACP) y al análisis de clasificación jerárquica (ACJ), empleando el software estadístico SPAD Versión 4.5.

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 denominarán variables activas a las variables continuas que participan activamente en la creación de los ejes del ACP. Las variables ilustrativas serán 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).

En los análisis se emplean como variables activas la TSM, CLOA, SSH y BAT. Como variables ilustrativas la latitud, longitud, captura en peso por lance (CAP), captura por lance en número (N), PTR promedio y GCLOA. Adicionalmente, en los datos "con salinidad" se incluye como variable activa la salinidad superficial y como variables nominales ilustrativas las masa de agua (ASA y AM).

a) Caracterización ambiental sin incluir salinidad. El análisis de la matriz de correlación de las variables activas (Tabla 89), muestra una alta relación lineal inversa (-0,57) entre la TSM y CLOA (Tabla 89).

El primero y segundo eje del ACP explican respectivamente el 46% y el 22% de la inercia (Tabla 90). El primer eje se asocia a la temperatura y a la clorofila, con una correlación de -0,81 y 0,82 respectivamente (Tabla 91 y Fig.171). Las variaciones de la TSM y la CLOA estarían altamente asociada a la latitud, variable que presenta una correlación con el primer eje de 0,56. Por otra parte, también se distingue una relación entre el PTR y CAP con el primer eje (correlación de 0,34 y 0,23 respectivamente), que indicaría la obtención de mayores rendimientos y ejemplares de mayor tamaño hacia el sur del área de estudio.

El segundo componente se asocia a la altura superficial del mar (-0,72) y en un menor grado a la longitud (0,46), a la batimetría (-0,39) y a la TSM (0,35).

Tabla 89. Matriz de correlación lineal entre variables activas*.

	TSM	SSH	BAT	CLOA
TSM	1,00			
SSH	0,20	1,00		
BAT	0,21	0,15	1,00	
CLOA	-0,57	-0,19	-0,23	1,00

*datos sin salinidad.

Tabla 90. Valores propios y grado de explicación
de los ejes principales (datos históricos sin salinidad).

eje	Valor propio	Porcentaje explicación	Porcentaje acumulado
1	1,82	46	46
2	0,90	22	68
3	0,85	21	89
4	0,43	11	100

Tabla 91. Correlación de las variables activas e ilustrativas con 4 primeros ejes principales.

	1	2	3	4
TSM	-0,81	0,35	0,11	-0,46
SSH	-0,48	-0,72	0,5	0
BAT	-0,52	-0,39	-0,76	-0,02
CLOA	0,82	-0,33	-0,07	-0,47
Latitud	0,56	-0,05	0	0,33
Longitud	-0,27	0,46	0,09	0,37
CAP	0,23	-0,16	0,04	-0,07
N	0,13	-0,12	0,02	-0,05
PTR	0,34	-0,13	-0,08	-0,01
GCLOA	0,33	-0,17	0	-0,22

(Bajo la línea punteada aparecen las variables ilustrativas continuas).

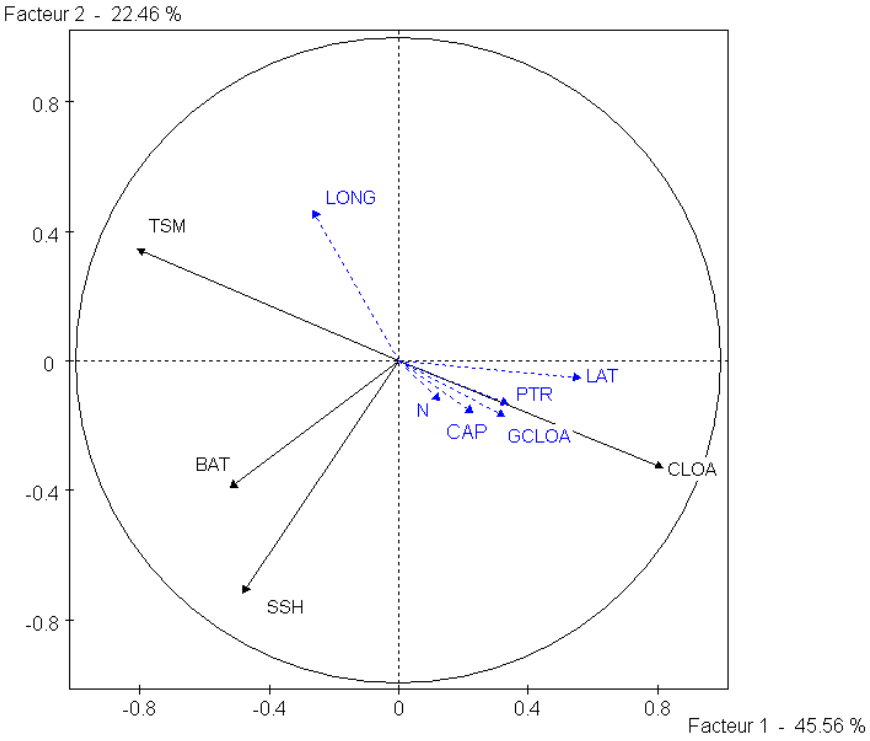


Figura 171. Primeros dos ejes del ACP, basado en los datos históricos (sin incluir salinidad). Las variables continuas activas en negro, y las continuas ilustrativas en azul. Los dos ejes explican el 68% de la variabilidad.

Al realizar un ACJ es posible distinguir 2 grandes grupos, que contienen cada uno el 60 y 40% de los datos (clases 1 y 2 respectivamente) (Fig. 172). La caracterización de los grupos (o clases) por las variables continuas activas e ilustrativas se presenta en tabla 92.

En este corte se destacan diferencias asociadas al primer componente; es decir, a diferencias en los valores de concentración de clorofila y TSM, junto con diferencias en el rendimiento y el peso tronco medio.

Los lances pertenecientes a la clase 1 se localizan hacia el sur de la zona de estudio (latitud media = 27,9ºS). Estos presentan valores promedio de clorofila y TSM de 0,16 mg/m^3 y 16,9ºC respectivamente. El PTR promedio de los individuos esta alrededor de los 71 kg y la CAP promedio es de 583 kg/lance.

La clase 2 presenta valores promedio de clorofila y TSM de 18,1ºC y 0,09 mg/m^3. Los lances se localizan en torno a los 26,2ºS. Los rendimientos y el PTR promedio registran valores menores que en la clase 1 (431 kg/lance y 56 kg respectivamente).

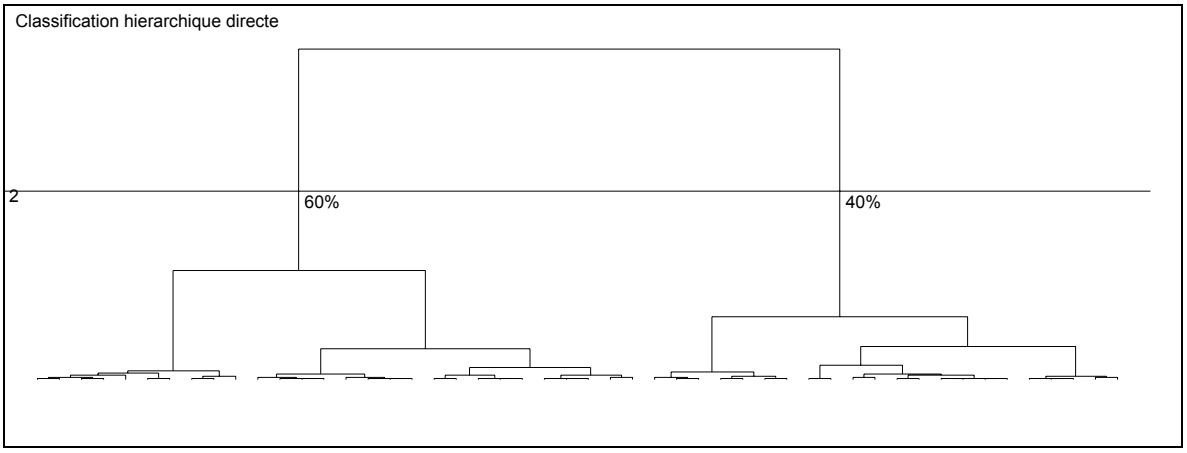


Figura 172. Clasificación jerárquica de los datos históricos sin salinidad.

Tabla 92. Variables continuas que definen significativamente las clases obtenidas del ACJ, considerando un corte del árbol en dos 2 clases y basado en los datos históricos sin incluir salinidad.

				MEDIAS		DESVIACIÓN	
	VARIABLES	v test	pbb	CLASE	GENERAL	CLASE	GENERAL
clase1	CLOA	13,32	0	0,16	0,13	0,03	0,04
	Latitud	9,09	0	27,97	27,22	1,55	1,68
	PTR	6,5	0	71	65	17	19
	CAP	4,17	0	583	519	324	319
	GCLOA	3,69	0	0,04	0,04	0,03	0,03
	Longitud	-4,6	0	79,57	79,91	1,56	1,55
	SSH	-5,12	0	0,4	1,06	2,5	2,66
	BAT	-7,39	0	3926	3998	183	200
	TSM	-12,9	0	16,89	17,42	0,62	0,84
clase 2	TSM	12,9	0	18,13	17,42	0,5	0,84
	BAT	7,39	0	4096	3998	180	200
	SSH	5,12	0	1,96	1,06	2,62	2,66
	Longitud	4,6	0	80,38	79,91	1,4	1,55
	GCLOA	-3,69	0	0,03	0,04	0,02	0,03
	CAP	-4,17	0	431	519	291	319
	PTR	-6,5	0	56	65	19	19
	Latitud	-9,09	0	26,21	27,22	1,29	1,68
	CLOA	-13,32	0	0,09	0,13	0,03	0,04

En figura 173 se presenta los primeros dos ejes del ACP con los 2 grupos. La clase 2 estaría asociadas lances en aguas con alta TSM y baja concentración de clorofila, como también a zonas con presencia de ejemplares de menor tamaño (bajo PTR medio). Inversamente las clase 1 estaría asociada a aguas con menor TSM, mayor concentración de clorofila, mayores rendimientos y a la presencia de ejemplares de mayor tamaño. La cartografía de los lances del periodo 2000-2002 (Fig.174), revela que al sur de los 28ºS prácticamente todos los lances pertenecen a clase 1. Similar situación sucede con los lances al este de los 79ºW. Entre los 24º-28ºS y los 79º - 81ºW, se presenta una superposición de ambas clases, sin embargo es posible distinguir una mayor presencia de lances pertenecientes a la clase 2 (60%). En la zona localizada al norte de los 28ºS y al oeste de los 81ºW, predominan los lances de la clase 2.

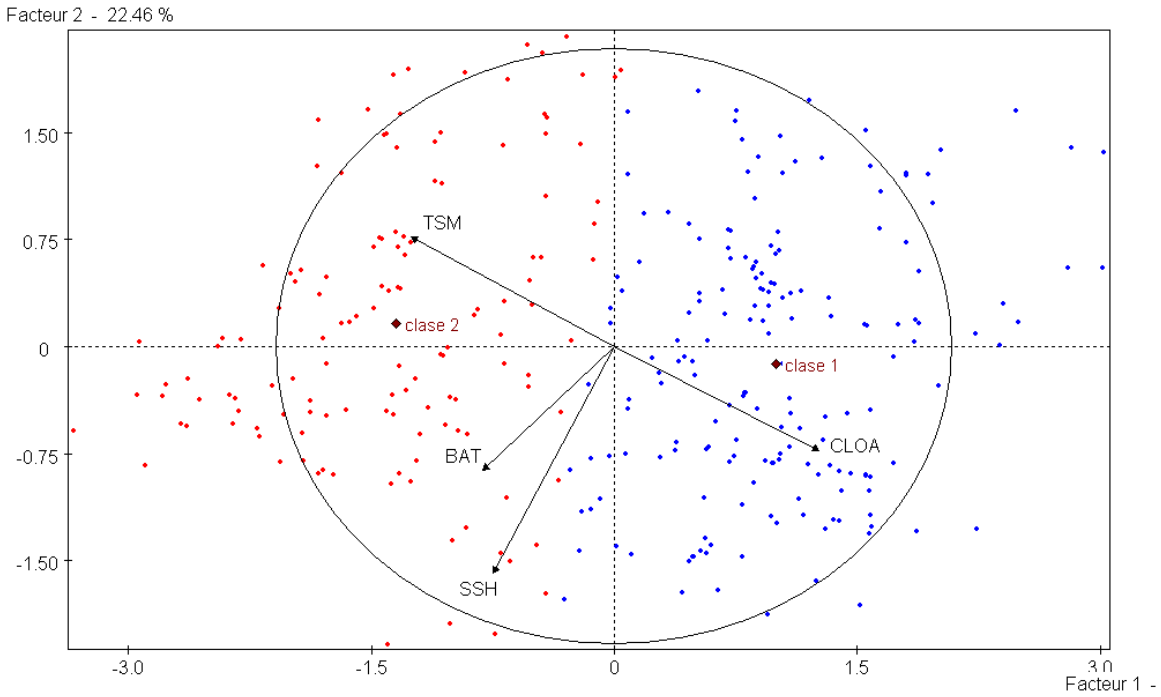


Figura 173. Primeros dos ejes del ACP basado en los datos históricos (sin incluir salinidad), con los lances clasificados en 2 clases (clase1 en azul y clase 2 en rojo). Se indica en color púrpura la posición del centro de gravedad de cada clase.

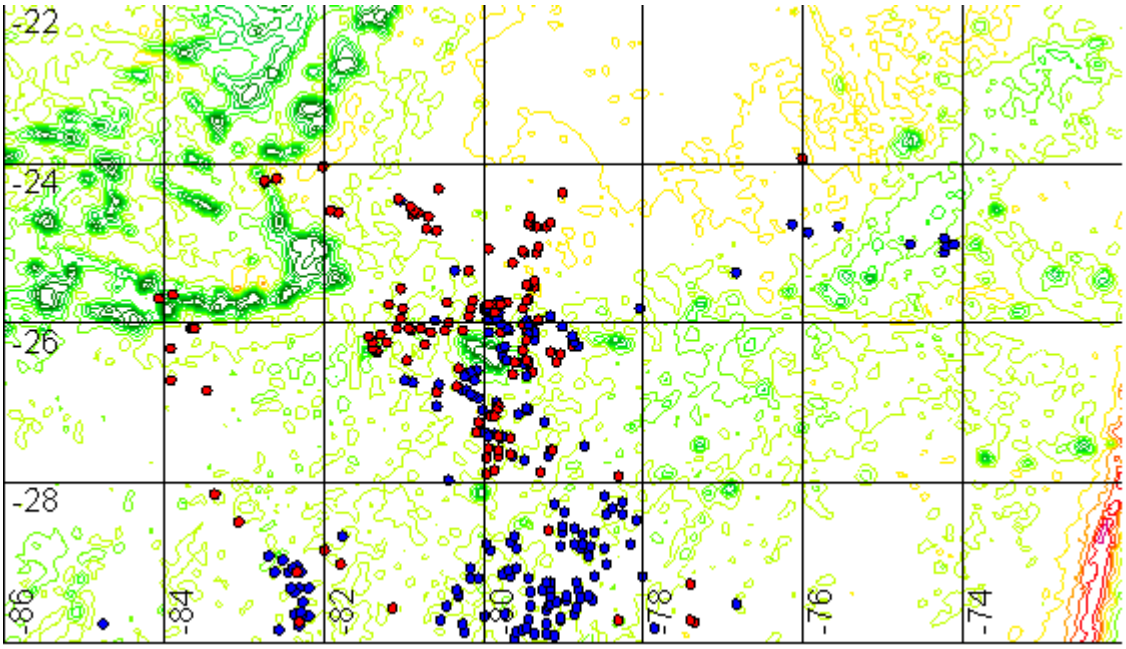


Figura 174. Lances de pesca por clases obtenidas del ACJ considerando la TSM, clorofila, SSH y batimetría como variables activas, y basado en los datos del 2000-2002.

b) Análisis de datos con salinidad

La matriz de correlación (Tabla 93) muestra una alta asociación linea entre TSM y CLOA (-0,68), TSM y SAL (0,57), SAL y CLOA (-0,53). Los 2 primeros ejes explican el 69% de los datos, aportando el primer componente con un 49% (Tabla 94). Este eje se encuentra altamente correlacionado con la TSM (0,83), la salinidad (0,81) y la clorofila (-0,82). El segundo eje se encuentra altamente correlacionado con la SSH (0,71) y a la batimetría (0,53), como también a la variable ilustrativa longitud (-0,59). (Tabla 95 y Fig. 175).

Los resultados del ACJ (Tabla 96) son similares a los obtenidos al no incluir la salinidad, debido a la alta correlación existente entre esta última, la TSM y la CLOA. En la Fig. 176. se evidencia la asociación que existe entre la clase 1 y la presencia de aguas subantárticas (ASA), y entre la clase 2 y el agua de mezcla (AM). Al examinar la cartografía de los lances, se observa la presencia de la clase 1 principalmente al sur de los 28ºS, en tanto que más la norte predomina la clase 2 (Fig. 177).

Tabla 93. Matriz de correlación lineal entre variables activas*.

	TSM	SSH	BAT	CLOA	SAL
TSM	1				
SSH	0,18	1			
BAT	0,2	0,21	1		
CLOA	-0,68	-0,17	-0,25	1	
SAL	0,57	0,28	0,28	-0,53	1

(* datos con salinidad)

Tabla 94. Valores propios y grado de explicación de los ejes principales (datos históricos con salinidad).

eje	valor propio	porcentaje explicación	Porcentaje acumulado
1	2,44	49	49
2	0,99	20	69
3	0,79	16	84
4	0,47	9	94
5	0,31	6	100

Tabla 95. Correlación de las variables activas e ilustrativas con 5 primeros ejes principales.

	1	2	3	4	5
TSM	0,83	-0,33	-0,07	0,15	0,42
SSH	0,43	0,71	-0,55	0,14	0
BAT	0,48	0,53	0,69	0,04	0,05
CLOA	-0,82	0,30	-0,03	-0,32	0,36
SAL	0,81	-0,04	-0,08	-0,57	-0,09
Latitud	-0,77	-0,03	-0,11	0,17	-0,11
Longitud	0,18	-0,59	-0,09	0,2	-0,16
CAP	-0,28	0,16	0	-0,07	0,1
N	-0,21	0,13	0,05	-0,09	0,14
PTR	-0,27	0,1	0,02	0,03	-0,04
GCLOA	-0,33	0,16	-0,06	-0,32	0,24

(Bajo la línea punteada aparecen las variables ilustrativas continuas).

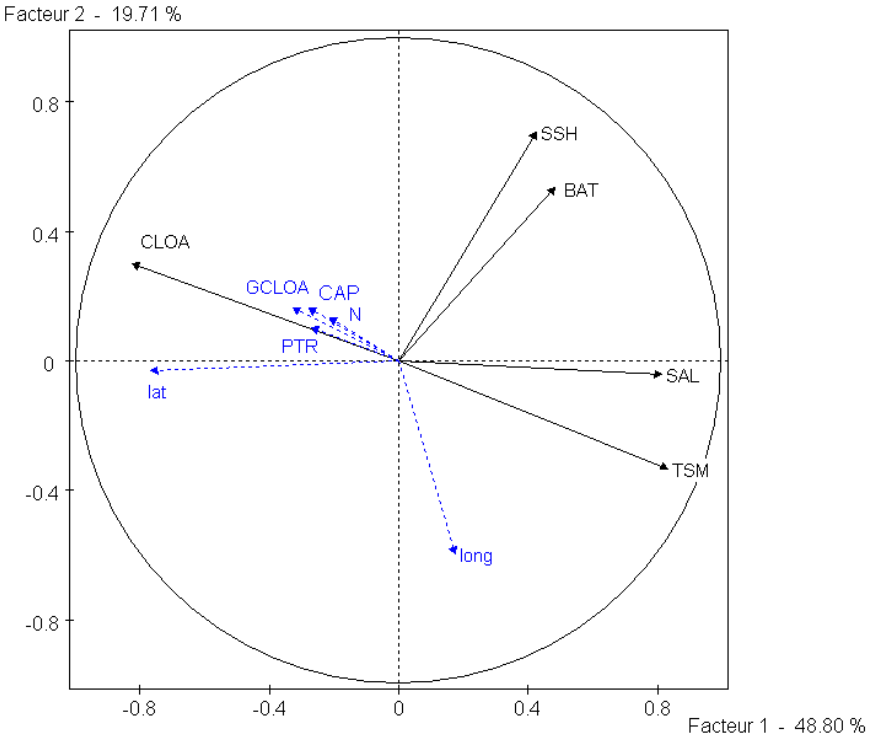


Figura 175. Primeros dos ejes del ACP, basado en los datos históricos (incluyendo salinidad). Las variables continuas activas en negro, y las continuas ilustrativas en azul. Los ejes explican el 69% de la variabilidad.

Tabla 96. Variables continuas que definen significativamente las clases obtenidas del ACJ, considerando un corte del árbol en dos 2 basado en los datos con registros de salinidad.

				MEDIAS		DESVIACIÓN	
	VARIABLES	v test	pbb	CLASE	GENERAL	CLASE	GENERAL
CLASE 1	LAT	11,34	0	28,6	27,3	1,3	1,8
	CLOA	11,22	0	0,15	0,12	0,03	0,04
	PTR	4,27	0	67	62	18	20
	GCLOA	4,06	0	0,04	0,04	0,03	0,02
	CAP	3,22	0,001	574	506	339	325
	LONG	-2,56	0,005	80,0	80,2	1,3	1,3
	SSH	-5,7	0	0,2	1,2	2,3	2,5
	BAT	-6,64	0	3943	4018	115	174
	SAL	-10,93	0	34,44	34,56	0,12	0,17
	TSM	-11,71	0	16,8	17,5	0,7	0,9
CLASE 2	TSM	11,71	0	18,2	17,5	0,5	0,9
	SAL	10,93	0	34,68	34,56	0,11	0,17
	BAT	6,64	0	4094	4018	189	174
	SSH	5,7	0	2,1	1,2	2,3	2,5
	LONG	2,57	0,005	80,42	80,19	1,33	1,34
	CAP	-3,22	0,001	437	506	295	325
	GCLOA	-4,06	0	0,03	0,04	0,02	0,02
	PTR	-4,27	0	56	62	20	20
	CLOA	-11,22	0	0,09	0,12	0,03	0,04
	LAT	-11,34	0	26,0	27,3	1,1	1,8

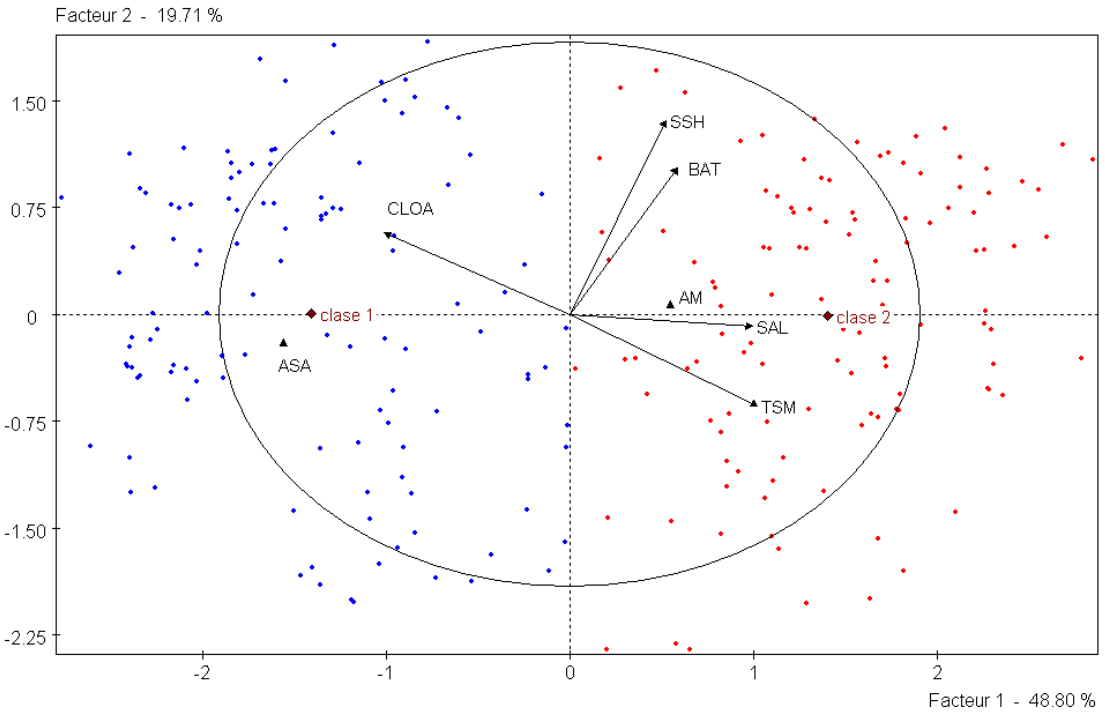


Figura 176. Primeros dos ejes del ACP basado en los datos históricos (incluyendo salinidad), con los lances clasificados en 2 clases (clase1 en azul y clase 2 en rojo). Se indica la posición del centro de gravedad de cada clase y de la variable ilustrativa masas de agua (ASA y AM).

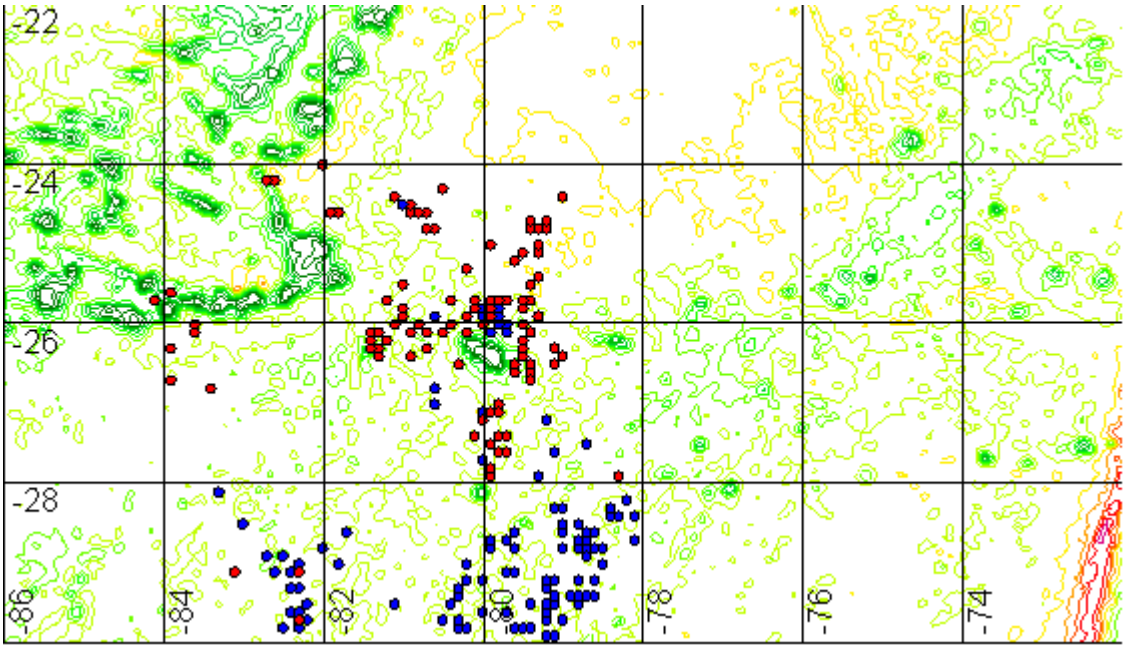


Figura 177. Lances de pesca por clases (1 en azul y 2 en rojo) obtenidas del ACJ, considerando la TSM, salinidad, clorofila, SSH y batimetría como variables activas, y basado en los datos del 2000-2002.

Los resultados obtenidos en la caracterización del ambiente pelágico distinguen la existencia de un gradiente latitudinal en la TSM, clorofila y salinidad. La salinidad permite identificar la presencia de aguas subantártica en los sectores sur y occidental, y la presencia de aguas de mezcla en el sector nororiental de la zona de estudio. La clasificación de los lances de pesca en dos grupos podrían asociarse a estas dos masas de aguas.

La caracterización de los grupos obtenidos del ACJ, indicaría la presencia de una zona con mayores niveles de clorofila (0,12-0,2 mg/m^3), menor TSM (16-17,8ºC) y menor salinidad (34,2-34,6 ‰) (clase 1), y otra zona con bajos niveles de clorofila (0,04-1,4 mg/m^3), TSM entre 17-20ºC y salinidad sobre los 34,5‰ (clase 2) (Fig.173). El límite de estas dos zonas se presentaría alrededor de los 26ºS.

Los ejemplares capturados en la clase 1 presentan menor tamaño (<PTR medio), lo que coincide con otros estudios sobre pez espada que asocian la presencia de ejemplares de menor tamaño en latitudes menores y aguas más cálidas (DeMartini *et al*., 2000). Cabe señalar que se presentan diferencias en los rendimientos promedios, registrándose los mayores valores de CAP en la clase 1 (Fig.178).

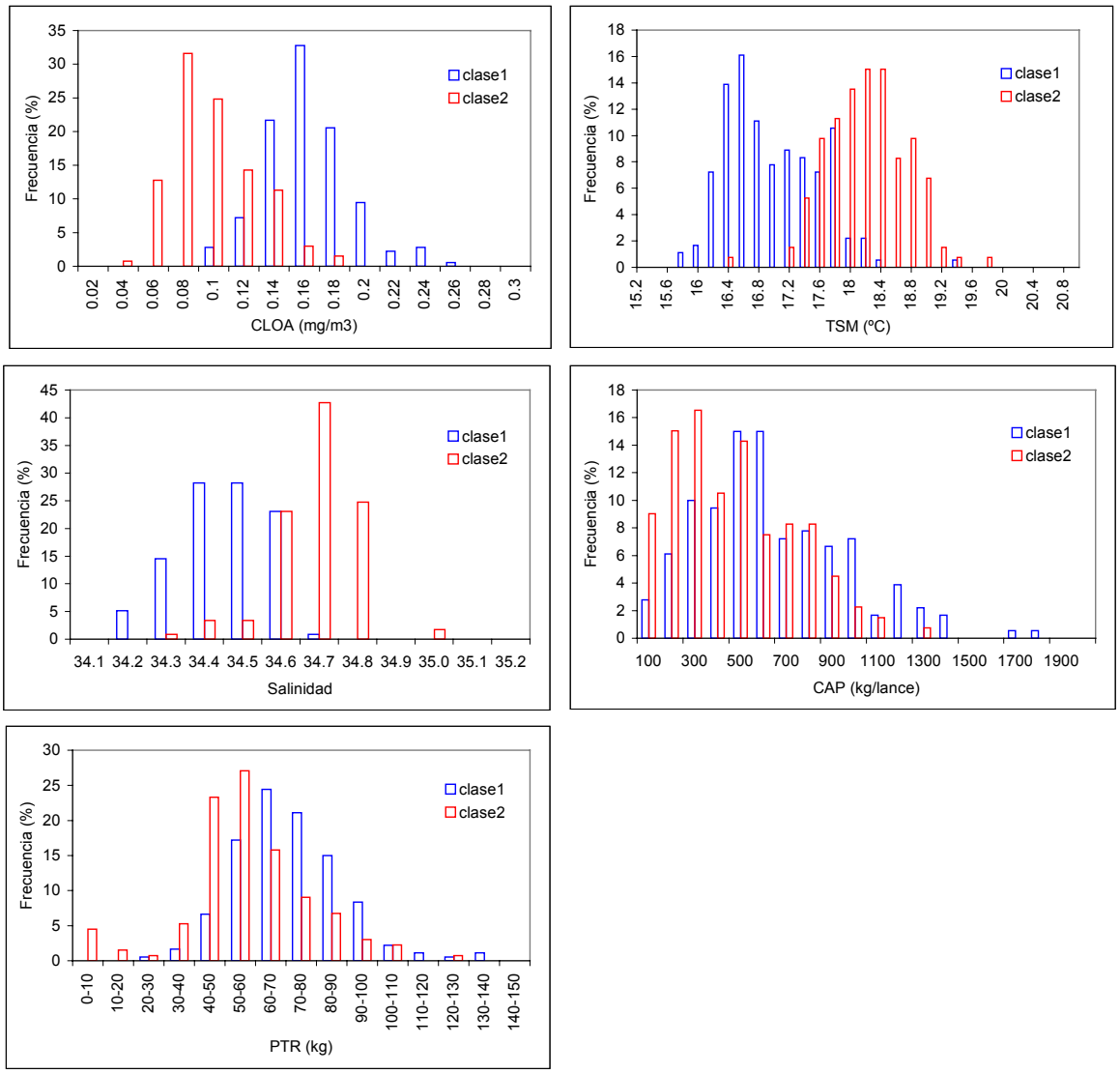


Figura 178. Comparación de distribuciones de frecuencia de CLOA, TSM, SAL CAP y PTR.

4.4.5.3. Análisis información recolectada durante cruceros (2003)

Relaciones entre la estructura poblacional y el ecosistema pelágico:

Se utilizó una base de datos de 29 observaciones correspondiente a 29 lances efectuado en el primer y segundo crucero exploratorio. Se consideran las siguientes variables: captura en peso por lance (CAP), captura en número (N), peso tronco medio por lance (PTR), latitud y longitud del lance (lat-long), temperatura superficial del mar (TSM), gradiente de temperatura (GRT), concentración de clorofila (CLOA), gradiente de clorofila (GCLOA), salinidad (SAL), altura superficial del mar (SSH), batimetría (BAT), temperatura promedio de la termoclina (TTER), profundidad promedio de la termoclina (ZTER), peso promedio de gónada (Pgon), porcentaje composición porcentual de la dieta en peso por ítem alimentario (% cefalópodos: Pcef; % peces: Ppez; % crustáceos: Pcru). En Tabla 97 se presentan las estadísticas descriptivas de las variables señaladas.

En el análisis multivariado se seleccionan las variables ambientales TSM, GRT, SAL, CLOA, GCLOA, SSH y BAT como activas. Como variables ilustrativas continuas se emplean latitud, longitud, ZTER, TTER, PTR, CAP, Pcef, Ppez y Pcru, y como ilustrativa nominal el periodo del crucero (verano, invierno).

El primer eje factorial explica un 32,6% de la varianza, en tanto el segundo eje explica un 24,04%, explicando en forma conjunta el 56,6% de la variabilidad total (Tabla 98).

El primer eje está altamente correlacionado con las variables activas TSM (0,98), SAL (0,69) y SSH (-0,61), y con las variables ilustrativas TTER (0,93), ZTER (-0,82), PTR (-0,80) y latitud (-0,64). El segundo eje está correlacionado principalmente con las variables activas CLOA (-0,62) y GRT (-0,74), y el tercer eje por el GCLOA (0,78) y la BAT (0,62) (Tabla 99). La figura 179, muestra la representación de las variables en el plano formado por el primer y segundo eje factorial.

Tabla 97. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en análisis multivariado, basado en datos de los cruceros exploratorios de verano e invierno.

	Promedio	Rango	Error estándar
TSM	19,7	3,8	1,65
GRT	0,17	0,36	0,09
SAL	34,97	0,30	0,12
CLOA	0,091	0,110	0,026
GCLOA	0,028	0,089	0,019
SSH	4,2	18,8	4,7
BAT	3170	3087	823
long	82,4	4,6	1,16
lat	24,1	4,4	1,43
ZTER	143	90	24
TTER	15,07	3,38	1,20
CAP	404	911	234
PTR	37	39	11
Pgon	145	568	150
Pest	788	1904	454
Pcef	0,82	0,92	0,25
Ppez	0,17	0,92	0,25

Tabla 98. Valores propios y grado de explicación de ejes principales.

Eje	Valor propio	Porcentaje explicación	Porcentaje acumulado
1	2,282	32,6	32,6
2	1,6825	24,04	56,64
3	1,4298	20,43	77,06
4	0,7887	11,27	88,33
5	0,4457	6,37	94,7
6	0,3113	4,45	99,14
5	0,06	0,86	100

Tabla 99. Correlación con los ejes factoriales de las variables activas e ilustrativas.

Variables	Ejes factoriales				
Activas	1	2	3	4	5
TSM	0,98	-0,06	0,04	0,03	0,03
GRT	-0,02	0,74	-0,48	0,01	0,46
SAL	0,69	0,36	0,43	-0,3	0,1
CLOA	-0,63	0,62	0,17	0,31	-0,12
GCLOA	-0,05	-0,26	0,78	0,47	0,32
SSH	-0,61	-0,55	0,03	-0,45	0,3
BAT	0,28	-0,51	-0,62	0,43	0,1
Ilustrativas	1	2	3	4	5
long	0,44	-0,4	0,32	-0,46	0,32
lat	-0,64	-0,49	-0,29	0,19	0,02
ZTER	-0,82	-0,29	-0,1	0,1	0,05
TTER	0,93	-0,08	0,09	-0,06	0,09
CPUE	-0,14	-0,47	0,02	0,1	0,05
PTR	-0,8	-0,06	-0,02	0,21	0,05
Pgon	-0,51	0,11	0,09	0,12	0,16
Pcef	0,11	-0,04	0,34	0,09	-0,09
Ppez	-0,11	0,04	-0,36	-0,1	0,07
Pcru	0,2	-0,1	0,22	0,18	0,11

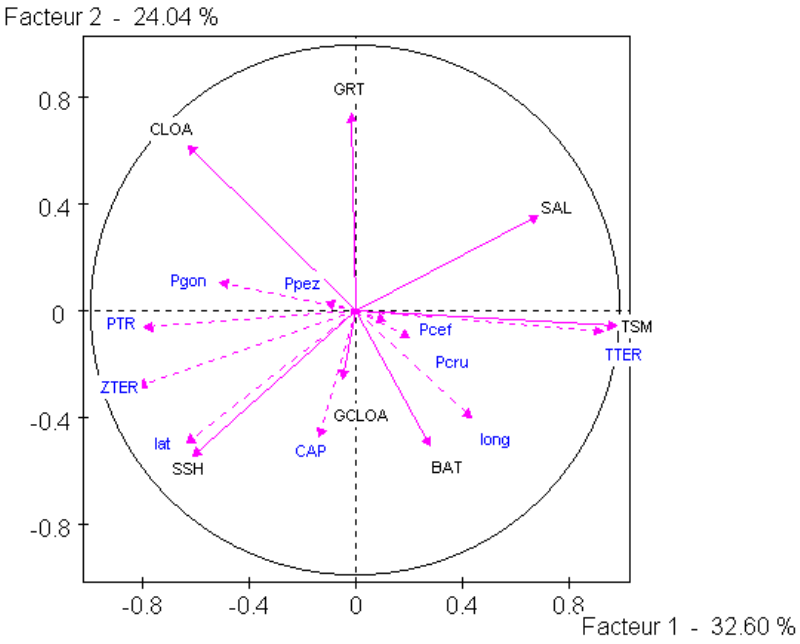


Figura 179. Primeros dos ejes factoriales del ACP, Las variables continuas activas aparecen en negro y las continuas ilustrativas en azul.

En el análisis de clasificación jerárquica es posible distinguir 3 clases o grupos de observaciones (Fig, 180), La caracterización de estas clases se presenta en tabla 100. La clase 1 esta conformada por observaciones registradas en el crucero de verano (ESP01), donde se presentan mayores valores de temperatura y salinidad superficial, y bajos niveles de clorofila superficial. Los lances pertenecientes a este crucero se localizaron al norte de los 24,5ºS (Fig, 181) y en el se capturaron ejemplares de menor tamaño (<PTR) que en crucero de invierno. Las clases 2 y 3 están representadas por observaciones pertenecientes al crucero de invierno (ESP02), y se caracterizan por presentar menores valores de TSM y SAL, y por registrar ejemplares de mayor PTR, Las observaciones pertenecientes a la clase 2 se distribuyen al norte de los 23,5ºS, en tanto que en la clase 3 las observaciones se localizan al sur de los 25,0ºS (Fig, 181).

Con respecto a la composición de la dieta de los ejemplares muestreados, el consumo de cefalópodos predominó en todas las clases, siendo el Pcef mayor en clases 1 (86%) y 2 (87%) que en clase 3 (60%). En figura 182 se presenta las distribuciones de frecuencia por clase del Pcef, Ppez y Pcru (considerando intervalos de 10%), de los ejemplares muestreados que presentaron contenido estomacal. Se destaca un aumento en la presencia de peces en clase 3 respecto a clases 1 y 2. No obstante estas variables indicadoras de la composición de la dieta, no caracterizan en forma significativa las clases definidas en la clasificación jerárquica (p >0,05) (Tabla 101).

La estructura de tallas (LHMI) presenta desde la clase 1 a la 3 (Fig.179), un desplazamiento del intervalo modal hacia la derecha: 120-130 cm en clase 1; 130-140 cm en clase 2; 140-150 cm en clase 3. En las distribuciones de LHMI se destaca un segundo intervalo modal en clases 2 y 3, correspondiendo a 190-200 en la clase 2 y a 200-210 en la clase 3. Al comparar las distribuciones de frecuencia de LHMI, el test de Kolmogorov-Smirnov determina diferencias significativas entre clases 1 y 2 (ks = 0,2796, p-valor = 0,0001), y entre clases 1 y 3 (ks = 0,3018, p-valor = 0). Entre clases 2 y 3 no se presentan diferencias significativas (ks = 0,0907, p-valor = 0,699).

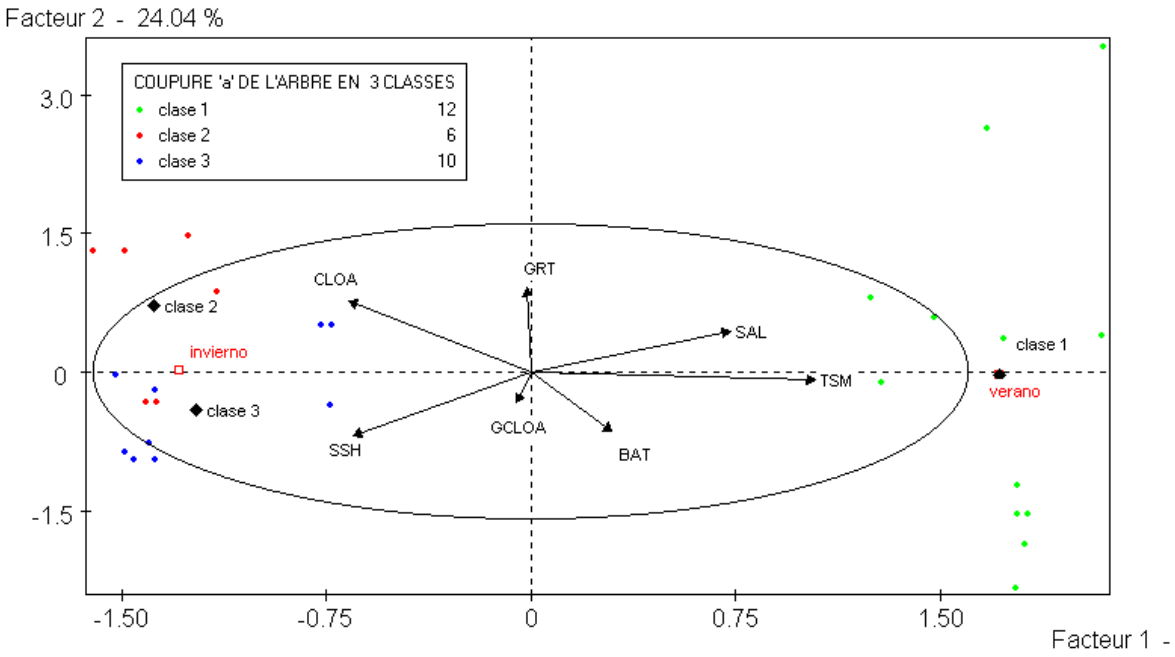


Figura 180. Distribución de los lances en el plano factorial formado por ejes 1 y 2.

Tabla 100. Valor medio de las variables activas e ilustrativas por clase obtenida del análisis de clasificación jerárquica, basado en los datos de los cruceros de verano e invierno.

variables	clase 1	Clase 2	clase 3
long	83,0	82,5	81,7(*)
lat	23,1(*)	23,8	25,6(*)
TSM	21,5(*)	18,4	18,3(*)
GRT	0,16	0,15	0,17
SAL	35,05 (*)	35,08	34,83(*)
CLOA	0,07 (*)	0,11(*)	0,09
GCLOA	0,02	0,04	0,02
SSH	0,9 (*)	7,0	6,1
BAT	3440	1967(*)	3600
ZTER	121 (*)	155	165(*)
TTER	16,3 (*)	14,14	14,0(*)
CAP	371	362	505
PTR	27,8 (*)	44,12	44,3(*)
LMIH	141,6	158,4	161,1
Pgon	77(*)	246	211
Ncef	0,64	0,52	0,21
Npez	0,25	0,39	0,78
Ncru	0,11	0,07	0,01
Pcef	0,86	0,87	0,60
Ppez	0,13	0,10	0,41

(*) Variables altamente significativas en la caracterización.

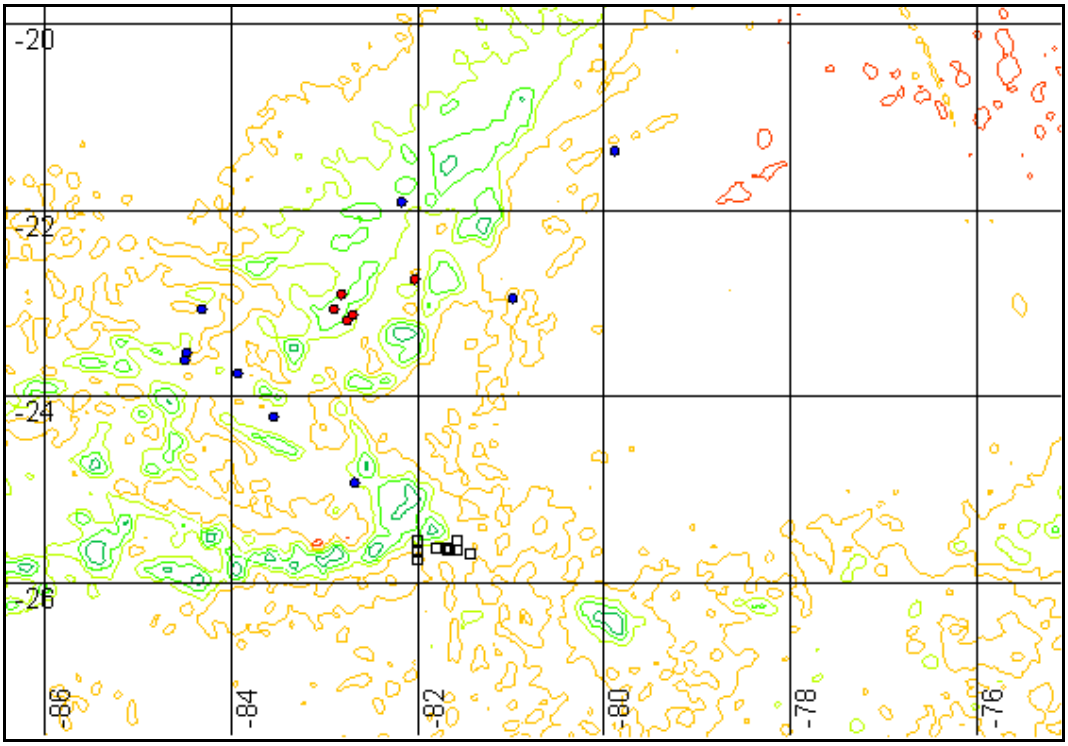


Figura 181. Distribución de los lances de los cruceros exploratorios de verano e invierno por clase obtenida en la clasificación jerárquica (clase 1: círculos azules; clase 2: círculos rojos; clase 3: cuadros negros).

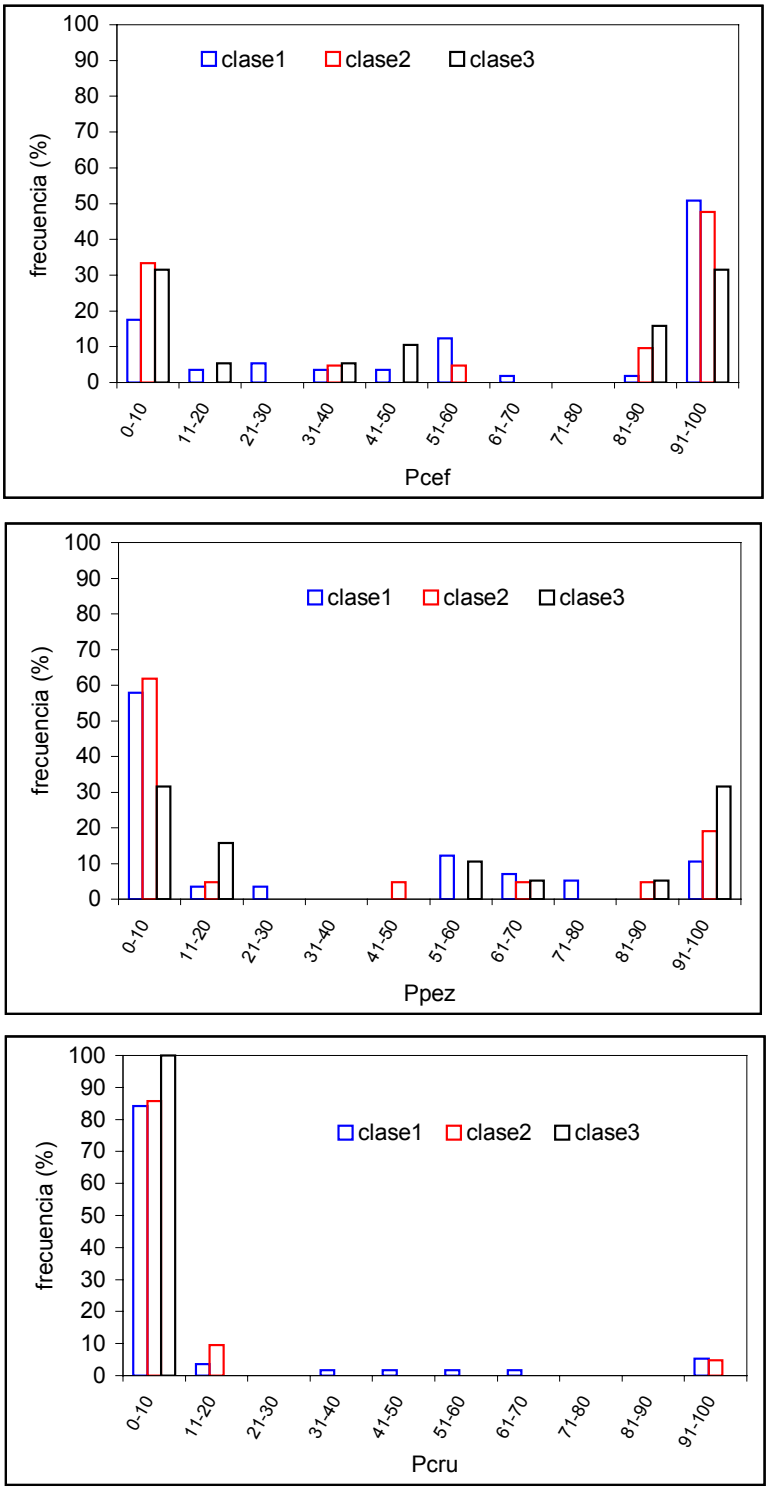


Figura 182. Distribución de frecuencia del Pcef, Ppez y Pcru de los ejemplares muestreados en cruceros exploratorios de invierno y verano, por clases definidas en el análisis de clasificación jerárquico, Solo se consideran muestras con contenido estomacal (N_{clase1}=57; N_{clase2}=19; N_{clase3}=21).

Tabla 101. Test de significancia de las variables activas e ilustrativas en análisis de clasificación jerárquico, basado en datos de cruceros de verano e invierno, Bajo la línea punteada se presentan las variables no significativas en la caracterización de las clases.

variables	v test	probabilidad
TSM	9,88	0,000
TTER	7,12	0,000
ZTER	5,21	0,000
SAL	5,12	0,000
lat	4,5	0,000
PTR	4,31	0,000
BAT	4,29	0,000
CLOA	3,36	0,000
SSH	2,64	0,004
Pgon	1,77	0,039
long	1,76	0,039
GCLOA	1,32	0,093
Ppez	1,19	0,117
Pcef	1,07	0,142
CPUE	0,46	0,324
Pcru	-0,23	0,589
GRT	-1,22	0,889
TSM	9,88	0,000

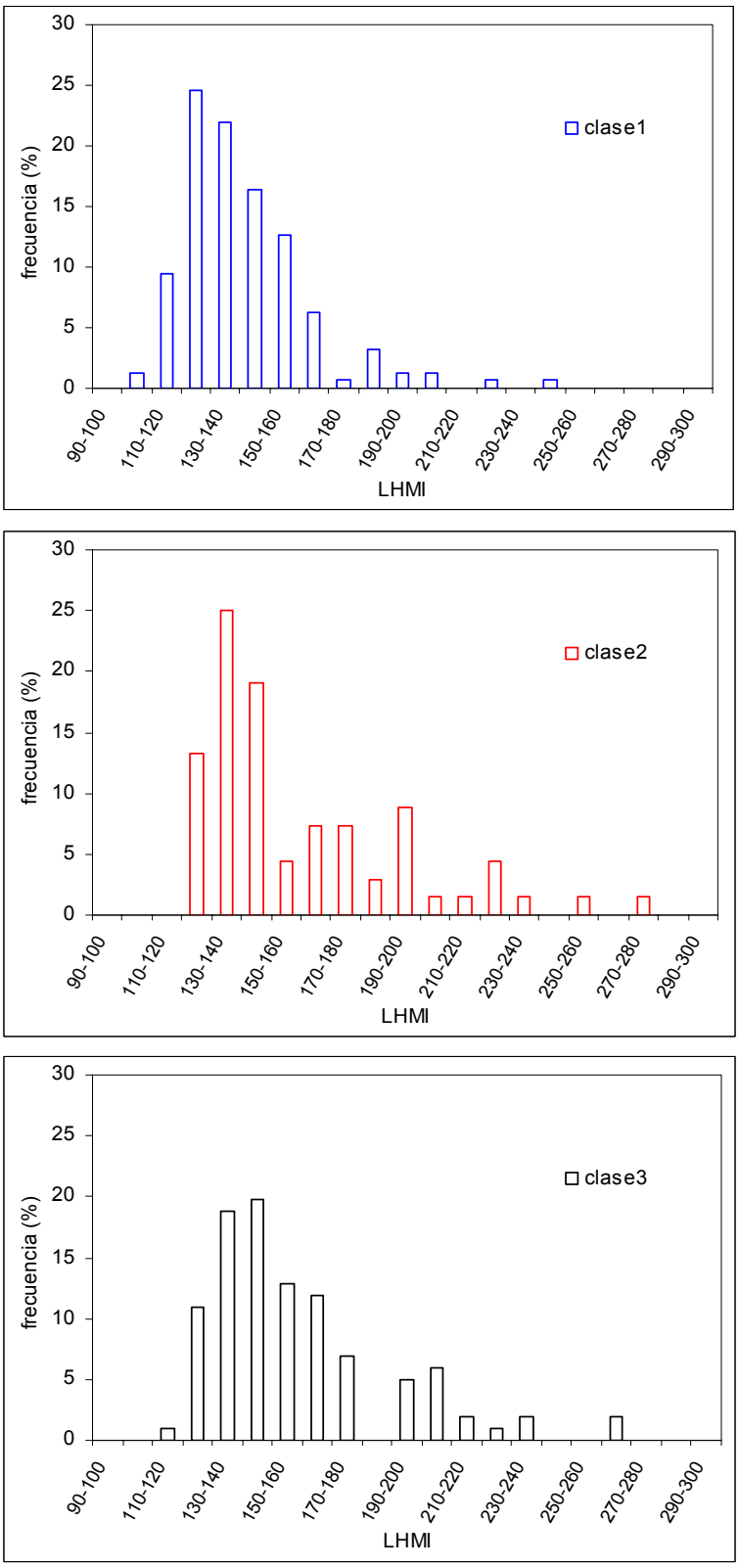


Figura 183. Distribución de frecuencia de LHMI (cm) de los ejemplares muestreados en cruceros exploratorios de invierno y verano, por clases definidas en el análisis de clasificación jerárquico, (N_{clase1}=159; N_{clase2}=68; N_{clase3}=101).

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

5.1. Cruceros de pesca exploratoria

En el presente estudio se realizaron dos cruceros de pesca exploratoria en la zona de la Cordillera de Nazca. Dado que uno de los aspectos de interés eran los ejemplares juveniles de pez espada, el primer crucero se orientó a la pesca de este recurso buscando estos ejemplares de poca edad. En cambio, el segundo crucero se orientó a la captura de pez espada independientemente de la talla de captura que se diera.

Ambos cruceros se desarrollaron entre las subzonas III y IV y, en el caso del crucero de invierno, gran parte de las capturas se hicieron en el borde sur mismo del área de Nazca. También, en ambos cruceros se reforzó la búsqueda y detección de zonas probables de pesca con información satelital de TSM, ASM, y Cloa, lo cual fue de gran valor para la operación en términos de las capturas obtenidas y de que se pudo corroborar aspectos biológicos-pesqueros que manejaban los capitanes producto de su experiencia.

Las condiciones de operación en ambos fueron similares tanto en el tipo de nave como en el arte de pesca utilizado. Sin embargo, las condiciones ambientales si fueron bastante diferentes, con un crucero de verano con vientos moderados 10-15 nudos, mar rizada a marejadilla, alternados equitativamente con días de calma y altas temperaturas y un crucero de invierno con un 60 % de días con mucho viento SE , 25 a 35 nudos, marejada y solamente una semana con días de calma.

Por otro lado, en el segundo crucero se orientó e instó al capitán a calar el aparejo a mayor profundidad dadas las lecturas diarias de temperatura y salinidad que se obtenían del CTD que permitían detectar la profundidad de la termoclina, que es considerado una referencia importante para las capturas de grandes pelágicos como el pez espada y atunes. Así lo confirmó la captura obtenida de túnidos (sobre 2 toneladas) en este crucero.

5.2. Características físico-químicas del ecosistema pelágico asociado a Nazca

5.2.1. Parámetros abióticos en la columna de agua

5.2.1.1. Temperatura

La temperatura superficial durante el crucero de verano presentó condiciones típicas estivales, con valores entre 20 y 22ºC y una capa cuasi homotermal de unos 20 a 30 m de espesor (Figs.

24 a 29). En el caso del crucero de invierno se presentó una capa de mezcla homotermal de unos 100-130 m de profundidad con temperaturas del orden de 18 a 19 ºC (Figs. 34 a 41). 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.

Las temperaturas y profundidades de la capa de mezcla observadas en ambos cruceros están de acuerdo con los valores medios de Wyrtki (1964), para el mes de febrero (temperaturas entre 21 - 22ºC y profundidad de la capa de mezcla de 30 a 40 m) y para el mes de agosto (temperaturas entre 18 - 19ºC y profundidad de la capa de mezcla de 100 a 120 m).

En el crucero de verano, la termoclina estacional, propia de la zona y época, no se presentó bien definida y diferenciada de la termoclina permanente, presentándose como una sola termoclina bajo la capa de mezcla y hasta los 170 – 200 m (Figs. 24 a 29).

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 del orden de 1,2ºC/10m (termoclina estacional) a valores del orden de 0,5ºC/10m (termoclina permanente). En el crucero de invierno la situación fue diferente ya que bajo la capa homotermal, en un tramo de unos 5-10 m, se presentó un remanente de la termoclina estacional con un gradiente muy fuerte y bien definido (4ºC/10m), para luego continuar con la termoclina permanente más suave (0,4ºC/10m) hasta los 200 m, lo que es característico de la zona (Wyrtki, 1964)

5.2.1.2. Salinidad

Durante el crucero de verano, la salinidad superficial, presentó valores típicos de condiciones de verano en la mayoría de las estaciones con valores entre 35,0 y 35,6 psu (Figs. 24 a 28 y 30). Sin embargo, las estaciones 6 y 8 presentaron una distribución vertical de salinidad un tanto anómala para la región, ya en la capa superficial (< 50 m), registraron valores muy bajos, los que llegaron casi a 34,1 psu (Figs. 25, 26 y 30). Esta situación no es sustentable basándose en la estabilidad, ya que la temperatura de esta capa fue cuasi homotermal. Por otra parte, la estación 4 presentó una aumento fuerte de salinidad en los primeros 50 m llegando a valores de 35,6 psu, lo cual es alto para la zona. Es posible que ello sea el resultado de un problema instrumental en el sensor de salinidad, ya que por una parte, estas estaciones difieren

notoriamente de las distribuciones de las estaciones aledañas y por otra, debido a la distribución cuasi homogénea que presentó la temperatura era de esperar una situación similar en la salinidad. De aquí que estas estaciones no se consideraran en el análisis de la distribución horizontal ni de las masas de agua.

La salinidad en el crucero de verano presentó una capa de cuasi homohalina en los primeros 30 m sólo en algunas estaciones (Figs. 24 a 28 y 30), no presentando una situación uniforme para todas las estaciones como ocurrió con la temperatura. Sin embargo, durante el crucero de invierno, la salinidad presentó, al igual que la temperatura, una capa de homohalina de unos 120 – 130 m de profundidad (Figs. 34 a 40 y 42).

La salinidad superficial entre ambos cruceros, sin considerar las estaciones anómalas del primero, fueron levemente más altas en el de verano (35,0 a 35,4 psu) que en el de invierno (34,8 a 35,1 psu), lo cual está de acuerdo a lo conocido para la zona norte de Chile (Reid, 1973a; Rojas y Silva, 1996). Bajo la capa de mezcla, la salinidad disminuyó a valores entre 34,1 a 34,6 psu a profundidades entre 150 a 200 m en ambos cruceros para luego aumentar levemente hasta la máxima profundidad de muestreo (235 m). Este mínimo de salinidad corresponde al mínimo superior de salinidad, característico de la zona (Reid, 1973b)

5.2.1.3. Distribución de oxígeno disuelto en la zona

Como no fue posible medir el oxígeno disuelto durante el crucero de verano, se hizo una revisión de su distribución de acuerdo a la literatura disponible. Reid (1973a), presentó una sección Trans Pacífica frente a 28 ºS (Junio 1967), donde se muestra, entre otras, la distribución de oxígeno disuelto. En ella se puede apreciar que entre los 80 a 85 ºW el oxígeno disuelto tiene valores sobre 5 $ml \cdot L^{-1}$ en la capa sobre los 200 m, para luego disminuir rápidamente a valores a 4 $ml \cdot L^{-1}$ a 250 m para llegar a un mínimo de 1,75 $ml \cdot L^{-1}$ a 350 m. Estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto se hacen más someras hacia la costa, donde concentraciones sobre 5 $ml \cdot L^{-1}$ llegan hasta unos 100 m de profundidad.

Durante el crucero de invierno se efectuaron algunas mediciones de oxígeno disuelto, las que mostraron una capa superficial homogénea bien oxigenada con valores sobre 5 $ml \cdot L^{-1}$ (Fig. 48a) lo que implicó saturaciones entre 90 y 110% (Fig 48b). Estos valores están de acuerdo a lo

esperado de acuerdo a lo presentado por Reid (1973a) y a lo esperado basado en la presencia de una importante capa de mezcla. Bajo, la capa bien mezclada y asociada a la termoclina, el oxígeno disuelto disminuyó rápidamente a concentraciones entre 2 y 4,5 $ml \cdot L^{-1}$ (38 a 70 % de saturación), lo cual implica la cercanía de la capa de mínimo de oxígeno, la que se ubica centrada a unos 350 m, la cual característica de las aguas ecuatoriales subsuperficiales de la zona frente a la costa del Perú y norte de Chile (Zuta y Guillen, 1970; Reid, 1973a; Rojas y Silva, 1976)

La estación 6, que se ubicó más al oriente de la zona de muestreo, presentó los valores más bajos tanto en la capa superficial ($\approx$ 4 $ml \cdot L^{-1}$; $\approx$ 80 % saturación) como en profundidad (2 $ml \cdot L^{-1}$; $\approx$ 38 % saturación). Los bajos valores superficiales son difíciles de explicar basado en la información disponible para el crucero, pudiendo ser el resultado de procesos respiratorios en la columna de agua. Sin embargo, no es posible ser taxativo a este respecto.

5.2.1.4. Masas de agua

Para ambos cruceros, los diagramas T-S de las estaciones (Figs. 46 y 47), muestran que las aguas superficiales (< 100 m) fueron típicamente Subtropicales, con alta salinidad (34,7 a 35,4 psu), mientras las aguas subsuperficiales (150 – 250 m), las aguas presentaron características subantárticas asociadas al mínimo superior de salinidad (34,1 a 34,6 psu). Debido a la baja profundidad muestreada (0-230 m), no se observó el agua Ecuatorial Subsuperficial, sin embargo el leve aumento de salinidad que muestran algunas estaciones bajo el mínimo superior de salinidad y las bajas concentraciones de oxígeno a 230 m, insinúan el inicio de su presencia, la cual debe centrarse a unos 350 m de acuerdo a las cartas de distribución de salinidad de Reid (1973a).

La estación 15 del crucero de verano escapó al patrón que presentó el resto de las estaciones de ambos cruceros, mostrando características más de tipo subantártico que el resto. Ello se debe a las menores salinidades que presentó en toda la columna (< 34,7 psu) (Figs. 40 y 46). Esta distribución fue considerada como una situación real y no desechada como un problema instrumental como en el caso de las estaciones 4,6 y 8, ya que una muestra de salinidad tomada en esta estación para la calibración del sensor de salinidad, concuerda con el dato del CTD a igual profundidad, lo que valida la estación.

En términos generales, durante el crucero de verano, las aguas subtropicales superficiales presentaron salinidades más altas que en invierno (≈ 3ºC y 0,3 psu), lo cual está de acuerdo con el patrón estacional, característico de la zona norte de Chile (Rojas y Silva, 1996). En el caso del agua subantártica subsuperficial en verano también presentó, una salinidad más alta que en invierno (≈ 0,4 psu). Sin embargo la temperatura en el mínimo de salinidad fue similar y del orden de 12 a 13ºC (Figs. 46 y 47). En este último caso no se dispone de información sobre la existencia de un patrón estacional.

5.3. Batimetría y relieve submarino de Nazca

La formación submarina correspondiente a la Cordillera de Nazca tendría su origen en las afloraciones de material del manto con lo cual se conforma la corteza oceánica generando un monte o isla, las que debido al movimiento de placas son continuamente desplazados. La Cordillera de Nazca forma una muralla de gran envergadura con dirección NE-SW , compuesta por muchos montes de gran altura, que influyen sobre las corrientes que la chocan y también, sobre las comunidades de organismos que habitan su entorno. En los cruceros un 70% de las capturas se obtuvieron sobre montes submarinos de diferente altura de la Cordillera de Nazca, aumentando los rendimientos hacia el extremo sur.

5.4. Variables ambientales

Se revisaron distintas variables ambientales que la investigación científica ha encontrado relevantes para el comportamiento de las comunidades biológicas marinas. El análisis de la circulación oceánica (data histórica y de los cruceros ESP01 y ESP02) a través de imágenes satelitales de corrientes geostróficas, permitieron detectar que las zonas de anomalías positivas de la altura superficial del mar asociados con frentes de corrientes anticiclónicas, estaban relacionadas con la formación de zonas con alta probabilidad de presencia de pez espada. Por otro lado, el viento reinante en la zona de estudio durante los cruceros de pesca exploratoria fue de dirección SE el 90% del tiempo. Sin embargo, todos los resultados de estas variables ambientales se incorporaron en modelos de análisis multivariado para buscar relaciones y aproximar una caracterización ecológica pesquera.

5.5. Caracterización y distribución del micronecton

5.5.1. Observación hidroacústica

La observación hidroacústica es considerada una herramienta útil para recolección de data cuantitativa y cualitativa de las comunidades de un ecosistema determinado (Bertrand et al, 2003). En el estudio esta observación se realizó con los ecosondas de cada nave (Fururno y JRC) en una sola frecuencia, 38 Khz, con lo que se obtuvo un nivel discreto de resolución. No se contó con un sistema de transferencia de los registros hidroacústicos para obtener impresos para análisis posterior. La información de las pantallas se registró en fotografías en el estrato de los 0 – 100 m. Esta información sirvió principalmente para determinar el grado de productividad de la capa observada y posteriormente comparar con las capturas del lance del día.

5.5.2. Identificación de micronecton con muestreo con red IKMT

Se realizaron 12 y 3 lances respectivamente en los cruceros de verano e invierno. Las capturas obtenidas mostraron una alta presencia de zooplancton y unas pocas especies de peces asociadas al micronecton. Esto pudiera explicarse por la baja velocidad de rastreo utilizada en el crucero y/o el rango de profundidad en el cual se rastreo (20-70 m). En Bertrand (2002) se indica que el micronecton se distribuye en profundidades mayores a los 100 m y muy asociada a las termoclinas.
Por otro lado, en el segundo crucero las condiciones ambientales provocaron la pérdida del túnel de la red IKMT con lo cual solamente se pudo completar dos lances.

5.6. Trofodinámica de *Xiphias gladius*

Los resultados indican el carácter oportunista del pez espada, señalado por varios autores (Nakamura, 1985; Velasco y Quintans, 1999; Ward y Elscot, 2000; Oyarzún, 2001). Este carácter oportunista esta marcado por las diferencias de sexo, talla y estacionalidad en la composición de la dieta de Xiphias gladius.
En el análisis global el espectro trófico del pez espada esta 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 varío desde 31,95% en verano a 86,82 en invierno y su porcentaje en peso aumentó de 9,48% a 27,91%.

Los resultados de esta investigación en ambos períodos de muestreo, verano e invierno, concuerdan con un estudio efectuado por Stillwell y Kohler (1985), ya que el orden de importancia de los grupos de ítems en la dieta se mantiene a pesar de que experimenta algunas variaciones entre uno y otro período. Estos autores señalan que los cefalópodos son el alimento predominante seguido de los peces, tanto por el método de frecuencia de ocurrencia como el de ocurrencia numérica. Debe destacarse la similitud de las dietas de esta especie reflejada por estudios hechos en diferentes océanos (Atlántico y Pacífico), como se evidencia en los casos reportados.

Los resultados de ambos muestreos de este trabajo también coinciden con el estudio de alimentación de Xiphias gladius realizado en el Nor-este del océano Atlántico por Velasco y Quintans (1999), quienes determinaron que la dieta del pez espada estaba constituida en primer lugar por cefalópodos, en segundo lugar por peces y en tercer lugar por crustáceos. Estos autores encontraron diferencias en la alimentación con respecto a la talla, los individuos mayores de 150 cm predaban sobre presas significativamente mayores (calamares y peces) que los rangos 100-150 cm (calamares, peces y crustáceos) y 58-100 cm. Los crustáceos decrecen su importancia en la dieta con el aumento de la talla del pez espada, según los resultados de este estudio existiría una leve diferencia en la composición de la dieta por rango de talla. A medida que incrementa la longitud del pez espada su dieta se va concentrando en cefalópodos y peces, mientras que el ítem de los crustáceos comienza a reducirse (menor número de especies), hasta desaparecer en los rangos de talla mayores a 200 cm. Esto se observa con mayor claridad en el muestreo de invierno en que los cuatro rangos de talla presentan contenido estomacal y la reducción del ítem crustáceos es notoria entre ellos, estando ausente del contenido de los rangos 3 y 4.

De acuerdo al análisis por tallas usando el coeficiente de Concordancia de Kendall, en ambos períodos 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.
Los resultados de este estudio son similares con información de reportes históricos, corrientes y pesca deportiva en las costas de Chile, los que indican a los cefalópodos como el ítem presa importante (Weidner y Serrano, 1997). En otros reportes observados por estos autores señalan que existe información muy limitada de los ítems presa del pez espada. En el presente estudio la gama de 12 ítems presentes en verano se redujo a 6 ítems en la época de invierno.

El presente trabajo además concuerda con una de los primeros trabajos en alimentación de pez espada realizado por Yabe *et al*. (1959), en el que se determino que la dieta de juveniles estaba compuesta por cefalópodos, peces y crustáceos pelágicos, en cambio la dieta en adultos si bien estaba constituida por los mismos grupos, los cefalópodos resulto ser el ítem más relevante en la dieta del pez espada.

Los resultados del estudio de la composición de la dieta del pez espada en las costas portuguesas, efectuado por Moreira (1990), indica que la alimentación de esta especie esta fundamentalmente compuesta por peces (%W= 62.8; %N= 53.6), cefalópodos (%W = 22.3; %N = 43.7) y crustáceos (%W = 15.0; %N = 2.8). La diferencia con los resultados del presente estudio está en que el grupo de los cefalópodos es el ítem presa más importante a pesar que su importancia muestra una disminución en época de invierno. El grupo de peces sigue ocupando el segundo lugar en importancia, ya que durante el invierno aumento su importancia en tanto que el grupo cefalópodos disminuyó, acortándose así la diferencia entre ambos grupos.

En un estudio realizado en la costa de Cuba en los meses de febrero y marzo, Manday (1964), determino que el principal grupo dietario en el pez espada eran los peces (53%), luego los cefalópodos (30%) y los crustáceos con un pequeño porcentaje.
Barreto et al. (1995), en su estudio de alimentación del pez espada, X. gladius en el área del caribe venezolano, señalan que no existen diferencias en la alimentación entre machos y hembras y que de acuerdo a los métodos de frecuencia numérica y de ocurrencia, los peces constituyen el grupo más numeroso seguido por los cefalópodos y en menor proporción por los crustáceos. En esta investigación en ambos períodos de muestreo sí bien están presentes los mismos grupos, el orden de importancia es diferente, ya que el ítem más importante tanto en la

dieta de machos como de hembras es el de los cefalópodos. En el caso de las hembras, si bien el ítem más importante sigue siendo los cefalópodos, en verano la especie más recurrente fue Onychoteutis sp. (IIR = 76, 15%), la cual no está presente en los contenidos estomacales de las hembras de invierno, adquiriendo mayor importancia Dosidicus gigas. En el caso de los machos a pesar que se mantienen los tres grupos de organismos, hay una diferencia notoria en la composición de las especies al interior de cada grupo en lo que D. gigas pasa a ser la presa más importante en el grupo de los moluscos, desapareciendo el ítem Onychoteutis sp. En lo referente al grupo de peces este aumenta su importancia relativa (IIR) en invierno superando la de los moluscos, se mantienen los mictófidos y teleósteos no identificados, pasando a ser el ítem más importante que aparece como el de menor importancia en esta época. Del grupo de los crustáceos sólo Heterocarpus sp. sigue estando presente durante el invierno.

Los resultados de la presente investigación tampoco concuerdan con los resultados de Clarke et al. (1995), en un estudio de alimentación del pez espada en las aguas Azoreanas (costa de Portugal), ya que al igual que Barreto et al. (1995), tampoco encontró diferencias significativas en la composición de la dieta entre machos y hembras. En ambos casos (machos y hembras), la dieta estuvo integrada por peces (93,4%); cefalópodos (5,8%) y una menor fracción de crustáceos (0,8%). En la presente investigación, entre las diferencias más notorias encontradas en el contenido estomacal de machos y hembras en las épocas estudiadas, cabe mencionar que en el caso de las hembras a pesar de la variación de importancia de las especies al interior de los grupos de dieta, la proporción por grupo se mantiene en invierno, no sucede lo mismo con los machos que experimentan una clara diferencia en la importancia de los grupos de organismos alimenticios pasando a ser los peces el ítem más importante durante la época de invierno.

5.7. Caracterización de la fracción poblacional de pez espada presente en la Cordillera de Nazca

5.7.1. Análisis comparativo estructura de tallas

En Figura 184 y 185 se comparan respectivamente las distribuciones de frecuencias de LHMI y PTR, de los ejemplares capturados durante los cruceros a Nazca y durante la temporada palangrera del 2001. En el 2001 la flota palangrera, que estaba constituida por 15 embarcaciones, operó latitudinalmente desde los 24ºS hasta los 38ºS y longitudinalmente hasta los 85ºW (Donoso et al., 2002). El test de comparación de Kolmogorov-Smirnov estima diferencias significativas entre ambas distribuciones (LHMI: ks = 0,4803, p-valor = 0; PTR: ks = 0,5770, p-valor = 0). La distribución de LHMI de la zona de Nazca presenta una marcada presencia de ejemplares bajo los 163 cm (75%), en tanto que la flota palangrera principalmente captura ejemplares comprendidos entre 157 y 196 cm (50%). De forma similar los pesos troncos de los ejemplares capturados en Nazca (Fig. 185) presentan valores inferiores a los de los obtenidos en la temporada 2001. El intervalo entre el primer y tercer cuartil fue de 20-39 kg en Nazca, y de 39–68 kg en la temporada palangrera 2001. Adicionalmente se presenta en Figuras 186 y 187 la distribución de pesos troncos para machos y hembras de los cruceros a Nazca y de la temporada palangrera 2001. En cruceros de Nazca la moda para machos y hembras se localiza en 20-25 kg, en tanto que los registros palangreros presentan una moda de 40-45 kg. Dichas diferencia estarían indicando la existencia de una fracción poblacional más juvenil en la zona de Nazca respecto a la zona habitual de operación de la flota palangrera con base en Chile.

Por otra parte en las mediciones efectuadas a los ejemplares capturados durante el verano de 2001 en la zona de isla de Pascua, se obtuvo una mayor proporción bajo los 150 cm de LHMI (Fig. 188). EL test de Kolmogorov-Smirnov determina diferencia estadísticas significativas entre las distribuciones de LHMI de Nazca e isla de Pascua (ks = 0,9567, p-valor = 0), relacionada a la mayor proporción de ejemplares entre 120 y 150 cm en la zona de Nazca.

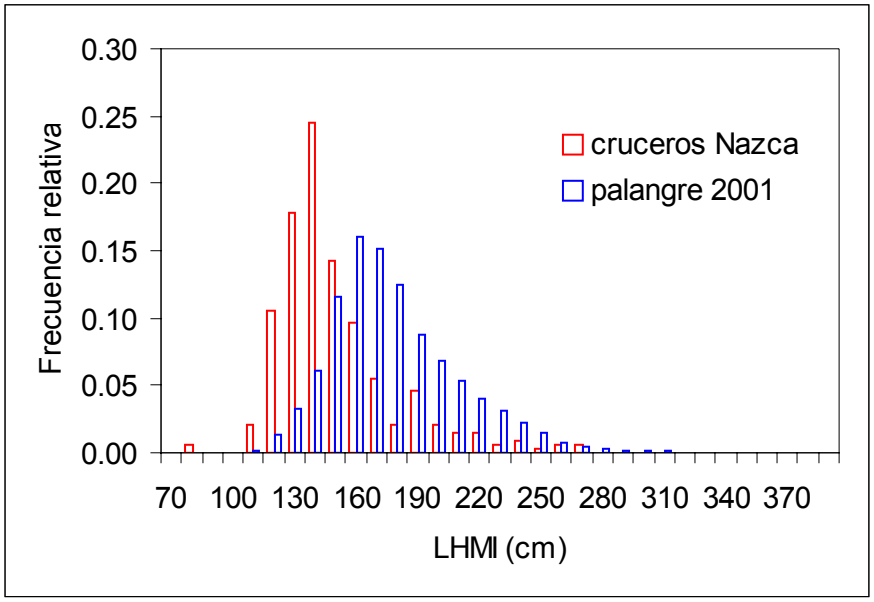


Figura 184. Distribución de frecuencia de LHMI de los ejemplares capturados en cruceros a Nazca y en la temporada palangrera marzo-diciembre del 2001*.

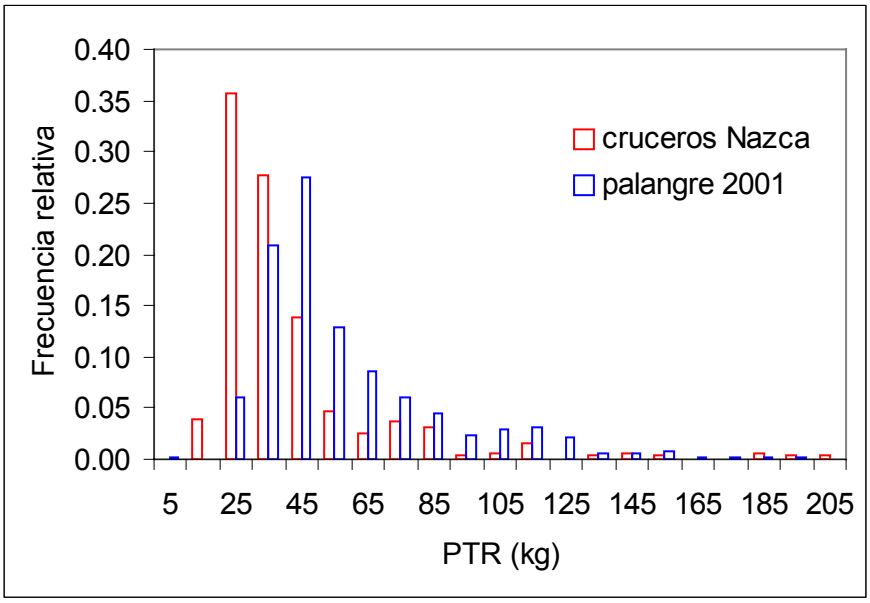


Figura 185. Distribución de frecuencia de pesos troncos de los ejemplares capturados en cruceros a Nazca y en la temporada palangrera marzo-diciembre del 2001*.

* Los datos de estructuras de tallas y pesos de la flota palangrera 2001 fueron suministrados por la Subsecretaría de Pesca.

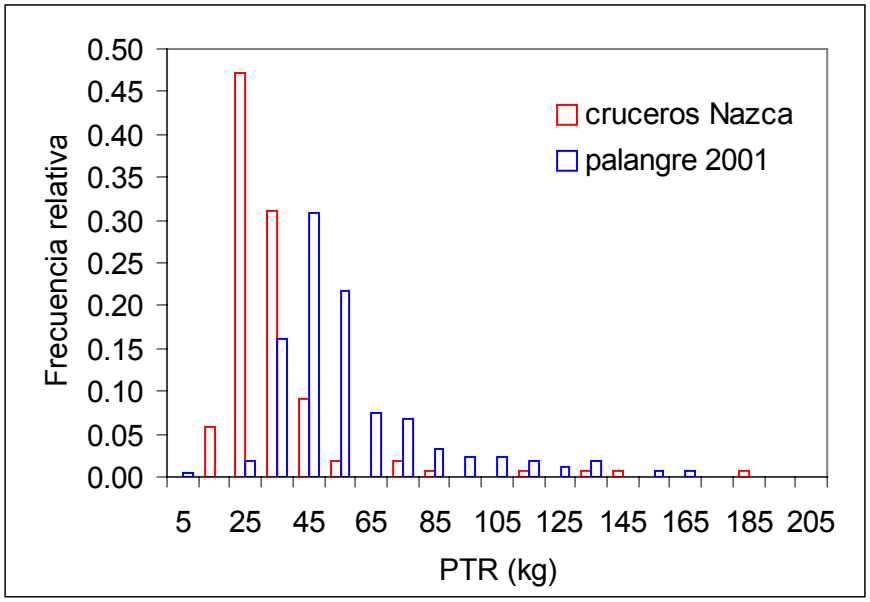


Figura 186. Distribución de pesos troncos para machos en la temporada palangrera 2001 y durante el crucero a Nazca ESP01*.

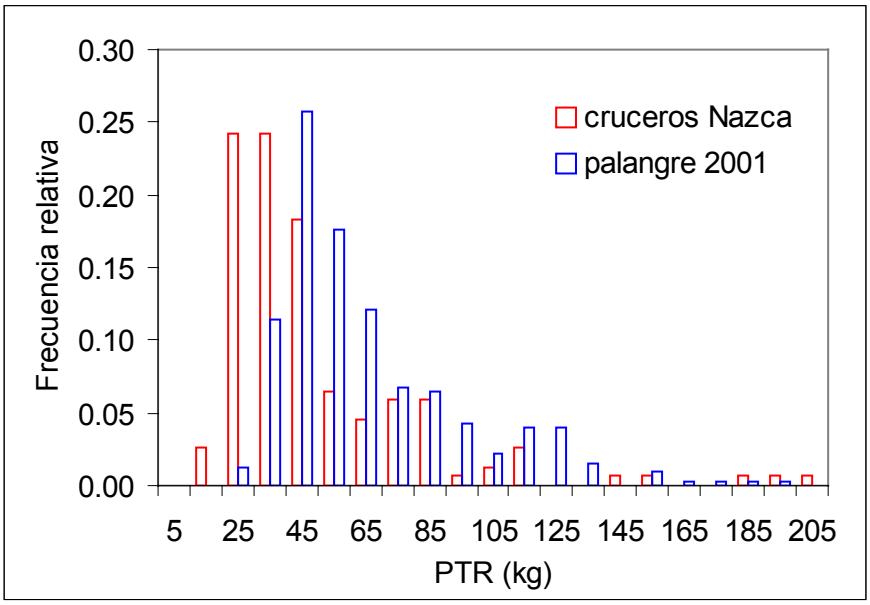


Figura 187. Distribución de pesos troncos para hembras en la temporada palangrera 2001 y durante el crucero a Nazca ESP01*.

* Los datos de estructuras de tallas y pesos de la flota palangrera 2001 fueron suministrados por la Subsecretaría de Pesca.

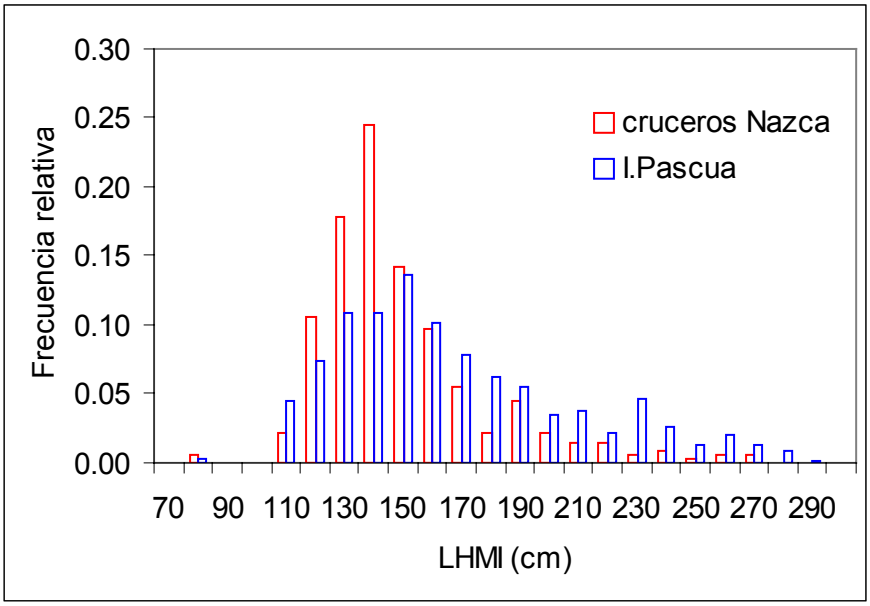


Figura 188. Distribución de frecuencia de LHMl en la zona de isla de Pascua (verano del 2001) y crucero ESP01•.

• Datos de crucero de Isla de Pascua fueron suministrados por la Subsecretaría de Pesca

Con respecto a la variación de la estructura de tallas y otros atributos poblacionales dentro de la zona de Nazca se puede indicar lo siguiente: En Tabla 102 se presenta un resumen de los valores promedio de la LHMI, PTR y proporción sexual para las Subzonas III y IV. El número de ejemplares capturados en la subzona III fue bastante reducido en comparación a subzona IV, que presentó las mayores tasas de captura, especialmente entre los 23-24º S donde se capturó el 56% de los ejemplares.

Tabla 102. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, proporción sexual (nº hembras/total), ejemplares capturados y número de lances, en las subzonas definidas a priori.

Subzona	III	IV
LHMI (cm)	140	142
Peso Tronco (kg)	26,4	27,7
Proporción Hembras	0,83	0,45
Nº ejemplares	6	156
Nº lances	3	10

Para evaluar diferencia en las estructuras de tallas dentro de la subzona IV se divide latitudinalmente en 3 zonas: subzona IV-1 entre los 22-23º S; subzona IV-2 entre los 23-24º S y subzona IV-3 entre los 24-25º S. En Tabla 103 se presentan los valores medios de LHMI, PTR y la proporción de hembras para estas subzonas. En Tablas 104 y 105 se presentan los promedios de LHMI y PTR por sexo. La distribución de frecuencia para sexos combinados, machos y hembras, se presentan en Figuras 189, 190 y 191 respectivamente. El test de Kruskal-Wallis indica que no existen diferencias significativas en la LHMI dentro de las subzonas , tanto para sexos combinados (x^2= 4,5282, p-valor = 0,1039), machos (x^2= 3,6392 p-valor = 0,1621) y hembras (x^2= 2,5304 p-valor = 0,2822). Tampoco existen diferencias al comparar las distribuciones mediante el test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 106). Sin embargo la subzona IV-3, presenta un promedio superior de LHMI respecto a los otras sectores. Cabe señalar que los resultados obtenidos con los tests de Kruskal-Wallis y Kolmogorov-Smirnov son preliminares, dado el limitado tamaño de muestra para cada subzona.

Tabla 103. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, proporción sexual (nº hembras/total), ejemplares capturados y número de lances, en la subzona IV, considerando sexos combinados.

Subzona	IV-1	IV-2	IV-3
LHMI (cm)	140,1	139,9	147,4
Peso Tronco (kg)	26,3	26,7	31,6
Proporción Hembras	0,57	0,39	0,51
Nº ejemplares	30	91	35
Nº lances	4	4	2

Tabla 104. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, ejemplares en la subzona IV, para ejemplares machos.

Subzona	IV-1	IV-2	IV-3
LHMI (cm)	129,8	135,6	138,1
Peso Tronco (kg)	20,3	22,9	24,1
Nº ejemplares	13	56	17

Tabla 105. Longitud horquilla-mandíbula inferior promedio (LHMI), peso tronco promedio, ejemplares en la subzona IV, para ejemplares hembras.

Subzona	IV-1	IV-2	IV-3
LHMI (cm)	148,1	146,8	156,2
Peso Tronco (kg)	31,0	32,7	38,7
Nº ejemplares	17	35	18

Tabla 106. Test de Kolmogorov-Smirnov entre subzonas, considerando sexos combinados, machos y hembras (Ho: los conjuntos de observaciones provienen de una misma distribución).

Subzonas		Ks	p-valor	
IV-1	IV-2	0,1692	0,4559	sexos combinados
IV-1	IV-3	0,2238	0,3369	sexos combinados
IV-2	IV-3	0,2110	0,1676	sexos combinados
IV-1	IV-2	0,2747	0,3164	machos
IV-1	IV-3	0,3801	0,1798	machos
IV-2	IV-3	0,1933	0,6023	machos
IV-1	IV-2	0,3042	0,1932	hembras
IV-1	IV-3	0,1863	0,8586	hembras
IV-2	IV-3	0,2952	0,2007	hembras

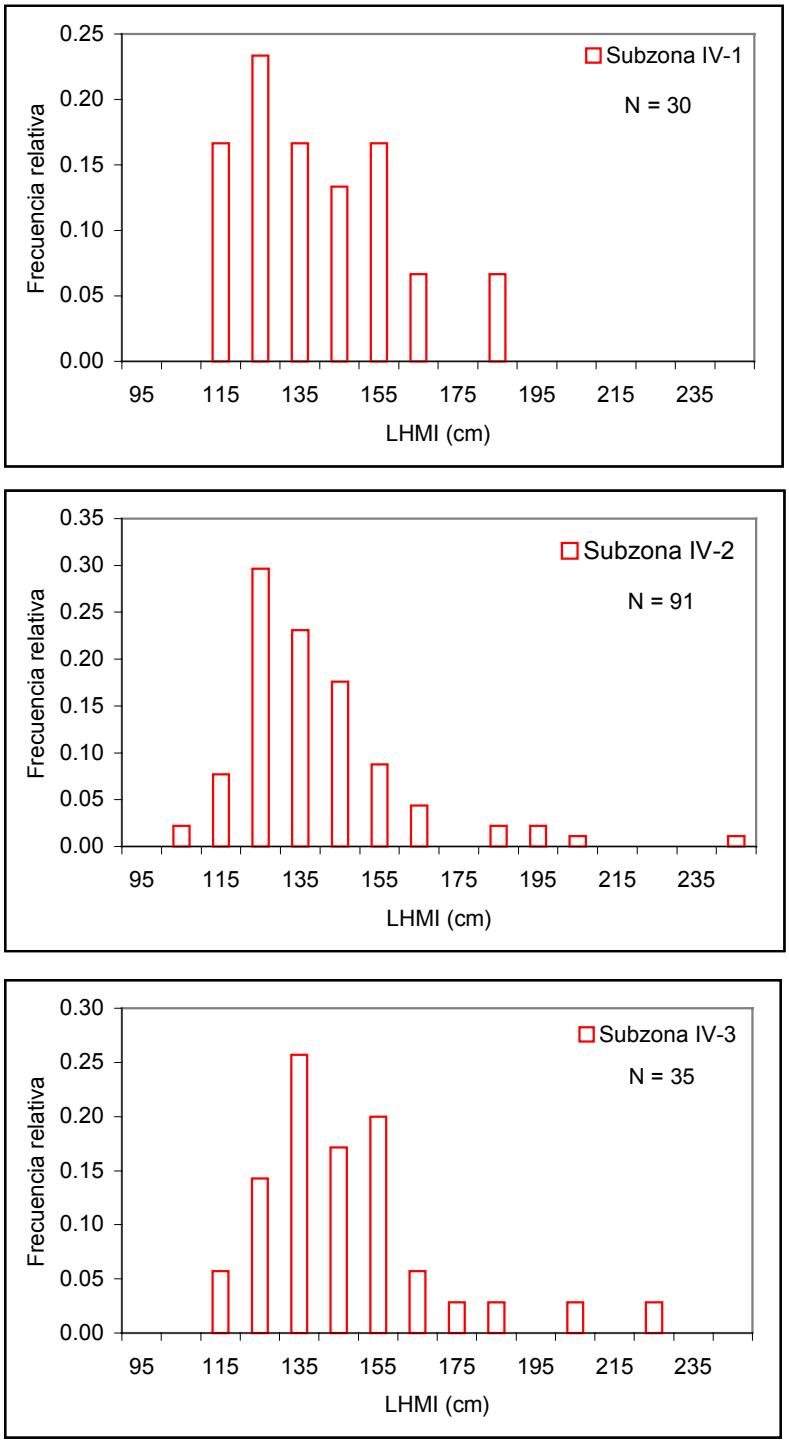


Figura 189. Estructura de LHMI para sexos combinados de los ejemplares capturados en la subzona IV.

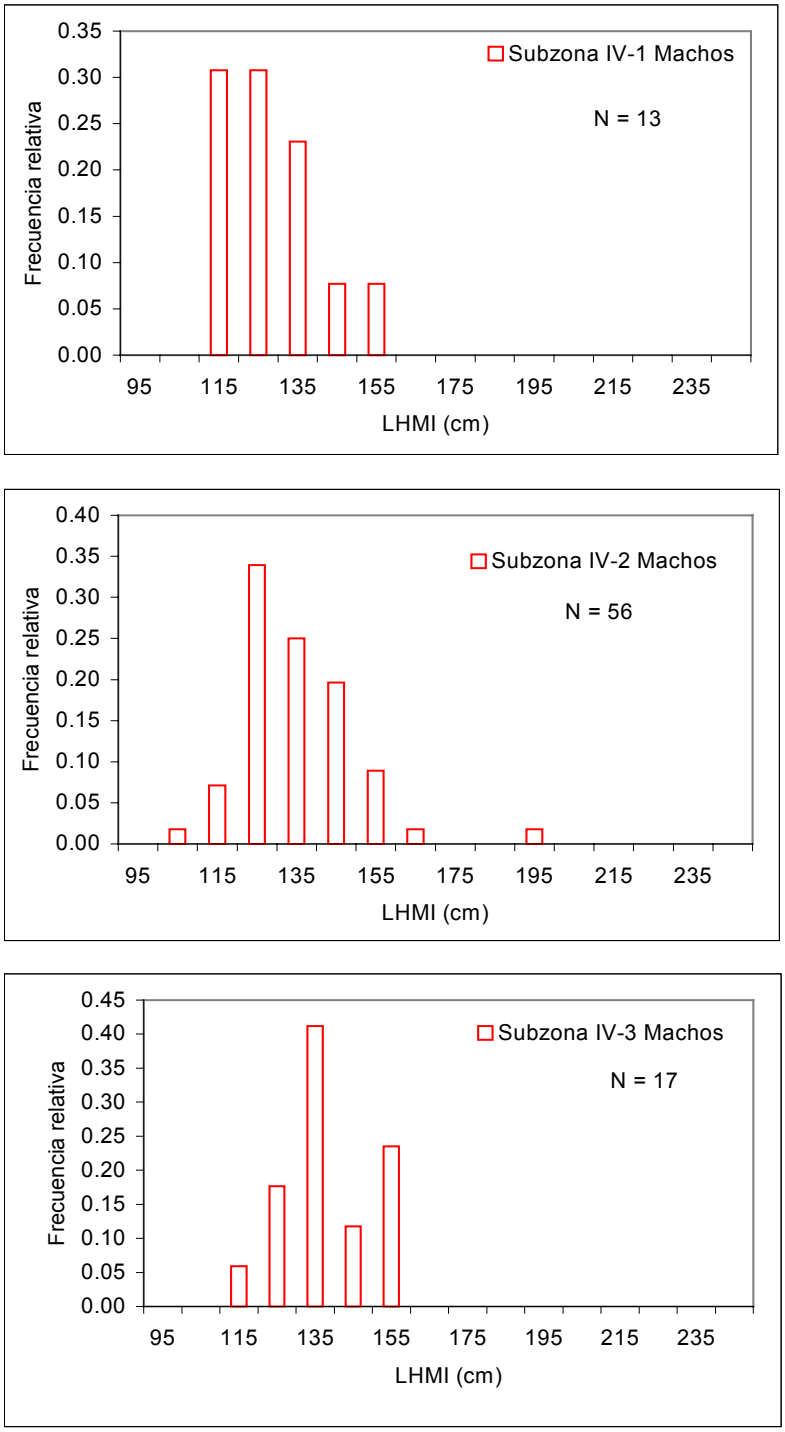


Figura 190. Estructura de LHMI para machos de los ejemplares capturados en la subzona IV.

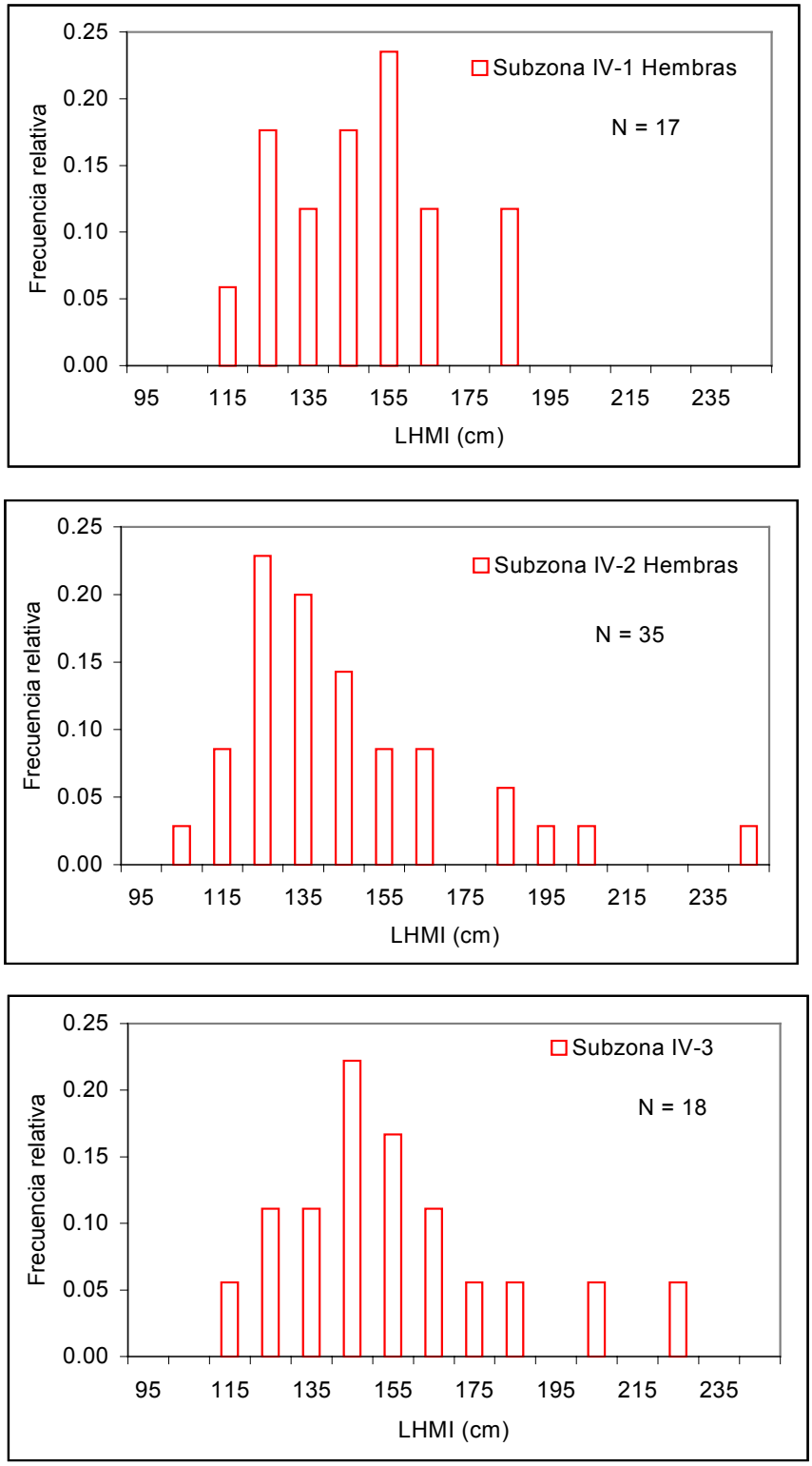


Figura 191. Estructura de LHMI para hembras de los ejemplares capturados en la subzona IV.

5.7.2. Comparación de estructuras de tallas (LHMI) y proporción sexual de los cruceros de febrero y agosto

La distribución de frecuencias de la LHMI de los cruceros de verano e invierno, se presentan en figuras 192, 193 y 194, para sexos combinados, machos y hembras. Se observa la presencia de ejemplares de menor tamaño durante el crucero de febrero, en que el intervalo modal se localizó entre 120-130 cm, mientras que en crucero de agosto la moda se presento entre los 140-145 cm. El test de Kolmogorov Smirnov indica diferencias significativas entre cruceros en los tres casos (sexos combinados: ks = 0,275, p = 0; machos: ks = 0,335, p = 0,0002; hembras: ks = 0,339, p = 0,0002). Por otra parte la proporción de hembras capturadas respecto al total fue mayor (54%) que en verano (46%). Numerosos autores señalan la existencia de una variación espacial en la composición de tallas y en la proporción de sexual, indicando la mayor predominancia de ejemplares machos (de menor talla) en latitudes tropicales (Beckett, 1974; Mejuto *et al.*, 1991; DeMartini *et al.*, 2000). Al comparar las estructuras de tallas y proporción sexual de ambos cruceros, se debe considerar que en verano la pesca se extendió entre los 21,3º y 24,5º de latitud sur, en tanto que en invierno la pesca se localizó más al sur, entre los 22,8º y 25,7ºS, concentrada principalmente al sur de los 25ºS. Por tanto las diferencia señaladas podrían estar asociadas a una variación espacial en la estructura de talla y sexos.

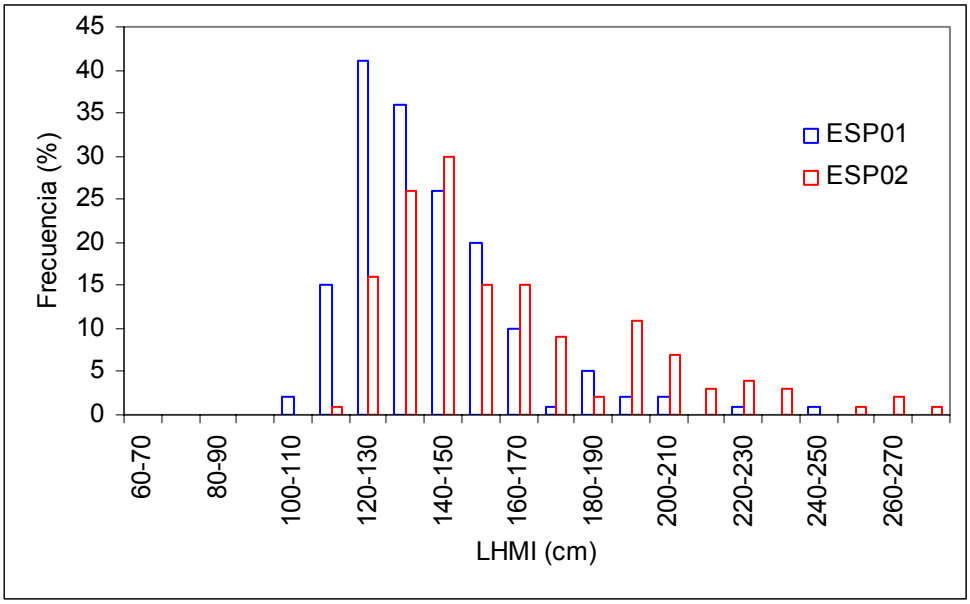


Figura 192. Estructura de LHMI de los cruceros de febrero (ESP01) y agosto (ESP02) considerando sexos combinados.

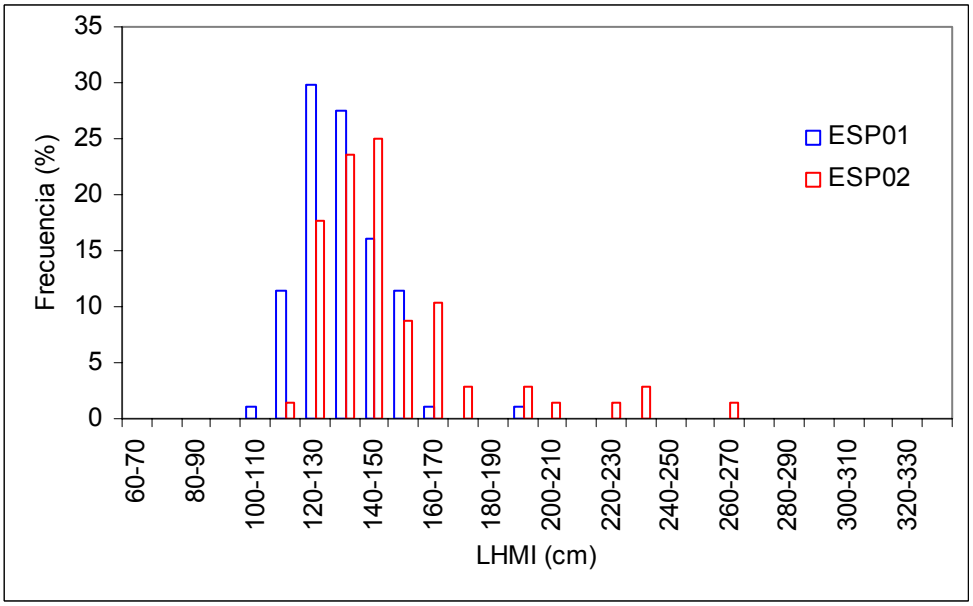


Figura 193. Estructura de LHMI de los cruceros de febrero (ESP01) y agosto (ESP02) considerando ejemplares machos.

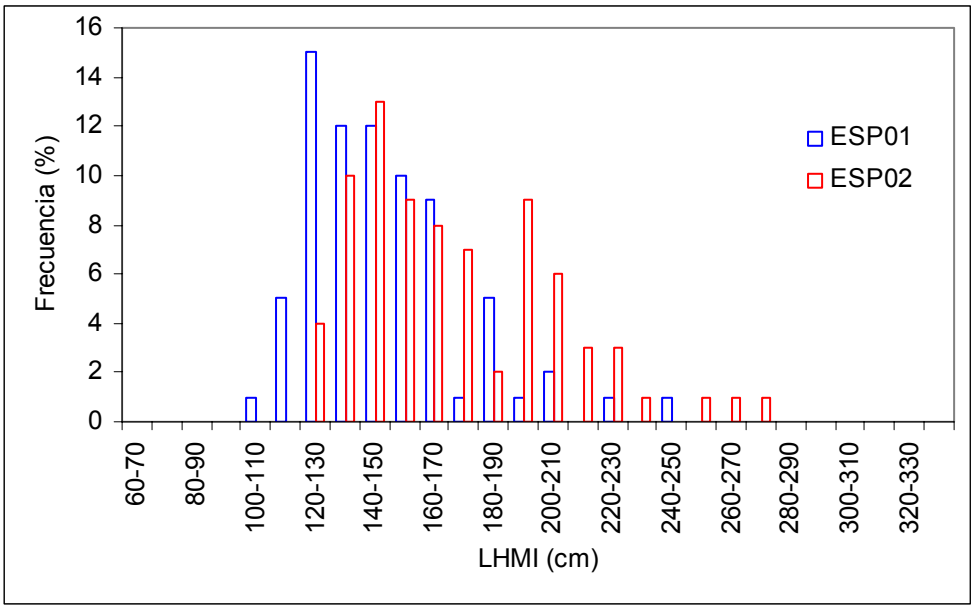


Figura 194. Estructura de LHMI de los cruceros de febrero (ESP01) y agosto (ESP02) considerando ejemplares hembras.

5.7.3. Estructura de edades

La metodología aplicada para la observación de anillos de crecimiento anuales en las secciones transversales de la espina anal fue desarrollada por Leiva (1993). Esta permite observar con claridad la formación de anillos hialinos y opacos en el pez espada, como ha sido señalado por varios autores (Berkeley & Houde, 1983; Chong, 1992; Ehrhardt, 1992; Leiva, 1993 y Montiel, 1996).

Radtke & Hurley (1983) entre otros autores han señalado un crecimiento diferencial entre los sexos de X. gladius, presentando las hembras una mayor tasa de crecimiento a partir de los 3-4 años de edad, por lo cual hay que tener presente este hecho al usar longitudes medias sin considerar sexo.

Tsimenides & Tserpes (1989) en un estudio de edad y crecimiento de pez espada determina valores de 103 cm de LMIH para la edad 1 para machos y hembras, respectivamente; para la edad 2 estima valores de 130 y 129 cm y para la edad 3 valores de 148 y 149 cm, respectivamente. Al respecto los valores promedios obtenidos para las tres primeras edades en el presente trabajo son cercanos a éstos, considerando que nuestros valores podrían lograr mayores semejanzas al aumentar el número de muestras. En el presente estudio no se encontró diferencias en estructura de edades entre las muestras de verano e invierno.

5.7.4. Estado de madurez

Los resultados obtenidos de este trabajo histológico, si bien es cierto aún faltan datos importantes, han permitido verificar y confirmar observaciones que ya habían realizado Zárate. P., (1997) y Cerisola,H.,(1984).

En los ovarios de Xiphias gladius se han identificado cuatro tipos de ovocitos que resultan coincidentes con los descritos para otros peces teleósteos basados en la categoría de previtelogénicos y vitelogénicos (Wallace y Selman (1981), West G.(1990), Donald, P de Sylva and P.R,(1997)), sin incluir las ovogonias.

En relación a éstas es necesario saber cuando hacen su aparición en el ovario por cuanto su presencia indica el indicio de la ovogénesis (Zárate P.,1997).

Aunque escapa de los objetivos conocer su origen o presencia en el ovario, se ha podido constatar que cuando los ovocitos muestran un mayor desarrollo, tales como estados III y IV, el número de ovogonias disminuye, lo que indicaría que los ovarios están en proceso de maduración, mientras que en estados de menor maduración la cantidad de ovogonias es mucho mayor, lo que resulta concordante con situaciones observadas en peces vela (billfishes), (Istiophoridae). Donald P de Sylva and Priscilla R.B (1997).

Se estima que las gónadas femeninas en este trabajo muestran sólo dos estados de madurez, I y II, inmaduro o virgen y, en reposo o inactivo, respectivamente, basándonos en las variedades de ovocitos presentes. Esta apreciación también puede estar respaldada por la tabla de tamaños (LHIM) ya que de acuerdo a Yabe et al., (1959) las hembras comienzan a madurar al alcanzar los 170 - 192 cm. LHIM, y esto es aproximadamente a los 5 ó 6 años.

Por otro lado el Índice Gonádico (IG) por cada gónada de los peces capturados durante el mes de Febrero es bajo lo que indicaría o reafirmaría las aseveraciones antes expuestas basándonos en datos bibliográficos que señalan que hembras con índice gonádico superiores o iguales a 3 pueden considerarse maduras Kume and Joseph (1969) , Shingu et al.(1974).

Sin embargo otros autores como Mijabe and Bayliff (1987), y Nakano and Bayliff (1992) aceptan como maduras a hembras cuyos índices gónádico sean iguales o superiores a siete.

La literatura , Marta Amin,RolandoRoman U., Oscar Marin S.,Maya Delpin A (1989) describe para peces teleósteos otros estados ovocíticos mas avanzados y más desarrollados que no han sido posible detectar en las gónadas estudiadas. Sin embargo en varios ejemplares se han encontrado estructuras ováricas y nos atrevemos a diagnosticar como folículos atrésicos en “proceso de desintegración”, folículos atrésicos en “estado de cuerpo epitelioide” y grandes estructuras situadas en la zona central de la gónada, media y anterior de apariencia muy compleja con restos de tejido en estado degenerativo.

En el proceso atrésico ocurren cambios involutivos tanto del ovocito como también una proliferación y diferenciación celular de la capa folicular. Hemos observados algunos folículos en los cuales se aprecia el ovocito en degeneración con vesículas vitelínicas, zona pelúcida muy retraída con ondulaciones y una gruesa capa folicular de dos estratos de células cúbicas, voluminosas.

Los folículos atrésico de tendencia epiteliode es una estructura voluminosa que aún puede conservar algunas vesículas vitelinicas, pero lo más llamativo es que lo que fue ovocito en este nuevo cuerpo está ocupado por una gran cantidad de células que en este momento no es posible diagnosticar.Podría decirse que es un acúmulo o macizo celular. En el presente estudio no se encontró diferencias en los estados de madurez sexual las muestras de verano e invierno

5.7.5. Caracterización genética

La comprensión de la estructura del stock de esta especie es de gran importancia para la toma de decisiones en miras a la conservación del recurso. Los marcadores de microsatélites contribuyen a este objetivo en la medida que incrementan el refinamiento del análisis y presentan una muy buena caracterización de la población. La alta sensibilidad de la técnica permite que las comparaciones entre poblaciones puedan alcanzar un mayor ajuste a la realidad al complementar y mejorar las conclusiones generadas con los estudios del genoma mitocondrial y de alozimas.

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 cada 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. Con estos índices podemos estimar el estado de una población en cuanto a su complejidad y por lo tanto a su capacidad de respuesta frente a los estímulos externos tales como la pesca o la pérdida de habitat adecuados. Considerando que en poblaciones pequeñas se producirá de manera natural una pérdida de diversidad genética causada por la deriva genética, es importante mantener un tamaño mínimo poblacional para evitar que una pérdida de este tipo se produzca. De manera inversa, si se detecta la pérdida de

diversidad genética en una población, esto puede ser indicio de una excesiva presión encima de la población, tal como una sobreexplotación, en el caso de especies económicamente valoradas, como es el caso del Pez Espada, o bien por algún efecto del medio ambiente. Esta situación ocurre en poblaciones que pasaron por un evento catastrófico en algún momento de su existencia y están en recuperación, es lo que se denomina un cuello de botella. Por otro lado, poblaciones que mantienen altos índices de diversidad disminuyen la probabilidad de cruzamiento consanguíneo y por lo tanto se reduce la probabilidad de disminución en la productividad (número de crías) y talla de los peces, factores que son claramente afectados cuando la consanguinidad es alta.

Con respecto a los marcadores escogidos, podemos apreciar que presentan un Índice de contenido polimórfico (PIC) alto, superiores al 0,50, lo cual, junto con la baja probabilidad de alelos nulos , los hace adecuados para la caracterización genética de esta especie.
El número total de alelos por locus es muy variable, lo mismo ocurre con el número de haplotipos por locus, considerando que el tamaño de la muestra es relativamente pequeño, esto nos indica que los animales estudiados comparten una alta variabilidad genética expresada por el nivel de polimorfismo de los loci estudiados, que alcanzan un promedio de 10,6 alelos y 19,6 haplotipos por microsatélite.

Los resultados indican valores de heterocigocidad superiores al 60% para los loci estudiados, con una heterocigocidad media de 78,3 %. Estos índices de heterocigocidad están de acuerdo con HW en dos de tres marcadores . Por otro lado, existe una alta heterogeneidad en las frecuencias alélicas de los distintos loci. Es importante señalar que en poblaciones amenazadas, la pérdida de diversidad alélica se producirá antes de que se advierta una disminución en la heterocigocidad (Waples R.S. 1989). De esta manera, no podemos ignorar el exceso de un alelo en particular, que concentra una frecuencia de 63,8% en el locus Xg166, lo que podría estar reflejando un inicio de agotamiento a nivel de esta población. Considerando el conjunto de loci, vemos que hasta ahora se trata de un caso aislado.

Por otra parte, los altos niveles de Heterogeneidad observada, cercanos a la heterogeneidad esperada nos indican que la población se encuentra en equilibrio con la única excepción del locus Xg144, el cual se alejaría de equilibrio HW. En este locus en especial encontramos una escasez de homocigotos significativa, lo cual podría tener varias explicaciones, la primera por

haber caído en la zona de error del muestreo (error tipo I). La segunda hipótesis se refiere a que efectivamente hay una carencia de homocigotos en la población debido a que el marcador se encuentra cercano a algún gen que determina una condición genética que en homocigosis represente una característica negativa para el individuo, ya sea porque presente una cierta desventaja o letalidad que signifique una menor adaptación al medio, o por el contrario, que signifique una condición física o de comportamiento tal que el individuo homocigoto tenga una mayor probabilidad de ser capturado por los métodos actualmente en uso para la pesca de esta especie y eso redunde en una falta de homocigotos en la población.

A pesar de la importancia de la especie en la dinámica del ecosistema, por su carácter de predador y por la importancia económica que representa este recurso, falta información a su respecto, esto se debe principalmente a la dificultad en obtener esta información. Técnicas como los microsatélites contribuyen a una mejor comprensión de la estructura poblacional y mejor comparación de los resultados debido a la gran cantidad de información proporcionada por ellos. Esta técnica permite resultados más objetivos al evitar la excesiva interpretación por parte del analista, como ocurre con otras técnicas menos reproducibles y por lo tanto menos exactas. La excepción está constituida por la secuenciación genética, técnica con frecuencia irrealizable por su alto costo y tiempo empleado en su ejecución, lo que en la mayoría de los casos la convierte en poco práctica considerando el costo-beneficio.

A diferencia de otras técnicas empleadas hasta ahora para la caracterización de esta especie en el país, tales como las alozimas y el gen nuclear Calmodulina A (Galleguillos et al, 2001), los patrones electroforéticos obtenidos empleando microsatélites 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, podemos afirmar que se trata de una especie consolidada y presente durante largo tiempo en los océanos.

De acuerdo a estos resultados podemos afirmar que la población de pez espada de la región de la Cordillera de Nazca mantiene una alta diversidad genética, altos índices de heterocigocidad, lo que nos permite considerar que en esta población, a pesar del esfuerzo de pesca sobre esta

especie, aún no se ha reflejado en la 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 en este estudio.

5.8. Relaciones entre la CPUE y el ambiente

Los modelos lineales generalizados (MLGs) y modelos aditivitos generalizados (MAGs) han sido extensamente empleados para analizar la variabilidad de la CPUE. El empleo de MAGs amplia las posibilidades de describir relaciones cuando estas son de tipo no lineal (Bigelow *et al*, 1999; Walsh y Kleiber, 2001). De esta forma fue posible evidenciar con los MAGs rangos óptimos de TSM, CLOA, SAL, SSH y LONG, donde se alcanzaron las mayores tasas de captura.

Los resultados obtenidos en los MAGs señalan la presencia de una condición óptima de captura con TSM entre los 16,5-17,5 ºC, CLOA entre los 0,05-0,20 mg/m^3, y valores de SAL inferiores a los 34,4‰, asociado a la presencia de aguas subantárticas. Cabe señalar que los datos analizados corresponden a una fracción de flota palangrera operando al norte de los 30ºS, por tanto el intervalo óptimo estimado para las variables ambientales puede presentar variaciones respecto de otras zonas de pesca. Por ejemplo el rango óptimo de TSM obtenido en la zona de estudio tiene una menor amplitud al obtenido por Yánez *et al.* (1996) para la flota redera, quienes señalan la existencia de un rango óptimo de TSM entre los 14º y 18º C, variable a lo largo de la temporada de pesca, (16-18ºC en mayo, 14-17ºC en junio y 14-16ºC en julio). Es importante señalar además que el periodo de donde proviene cerca del 60% de la información analizada en MAGs y MLGs corresponde al periodo septiembre-diciembre.

No fue posible obtener una relación significativa entre la CPUE y GCLOA, pese a los antecedentes de altas tasas de captura que caracterizan a las zonas frontales en la pesca del pez espada (Podesta *et al.*, 1993; Seki *et al.*, 2002). El resultado obtenido en esta relación, pudo haber estado influenciado por la incertidumbre en la posición exacta del palangre debido a su longitud, y a la no independencia entre la distribución de los lances y las zonas con gradiente.

La relación no lineal entre la CPUE y la anomalía superficial del mar, presenta un incremento moderado entre los –4 y 3 cm. Dicho comportamiento podría estar asociado con la existencia de frentes anticiclónicos de corrientes geostróficas, que favorecerían la acumulación de presas (Seki *et al.*, 2002). Sin embargo al presentarse valores superiores a los 4 cm, los rendimientos

de CPUE decaen, indicando con esto la existencia de un rango óptimo en la anomalía superficial del mar entre los 2 y 3 cm.

No se evidencia ninguna relación entre la CPUE y la luminosidad de la luna en el MAG. Sin embargo en periodo 2000-2001, más del 57% de los lances se efectuaron con valores del índice lunar (LUNA) superior a 70%.

En los MLGs se evalúan modelos con las variables TSM, CLOA y SAL, introducidas como simples covariables y como polinomios de segundo y tercer grado. En el primer caso se puede obtener una tasa de incremento o disminución de la variable respuesta (pendiente o coeficiente multiplicativo sobre la covariable), en tanto que en modelos polinomiales es posible además precisar un intervalo óptimo. Cuando el incremento en el poder de explicación al incorporar el efecto polinomial es reducido, como en el caso de CLOA y SAL (Tabla 47), se puede optar por descartar su uso para así reducir el número de grados de libertad del modelo.

En los MLGs se introdujo el factor *embarcación*, que permite separar la variabilidad resultado de diferencias asociadas al poder de pesca de las embarcaciones analizadas. Por otra parte el efecto *año*, retenido en modelo con SAL y BAR, permite distinguir que los mayores rendimientos se presentaron durante el 2001.

El grado de ajuste obtenido para los modelos deja una importante proporción de varianza no explicada. Sin embargo en el análisis de tasas de captura, donde los datos de pesca comerciales son totalmente diferentes a los recolectados en un experimento diseñado (Allen y Punsly, 1984), en que la CPUE es influenciada por numerosos factores no totalmente conocidos, y tiene un importante componente aleatorio, no es extraño encontrar estos niveles de explicación (Punt *et al.*, 2000).

5.9. Análisis de componentes principales y clasificación jerárquica

El análisis de componentes principales basado en data histórica ambiental del periodo 2000-2002, indica la existencia de un importante gradiente latitudinal en la salinidad, TSM y CLOA en la zona de estudio, que influiría en la distribución del pez espada, afectando a la CPUE y la composición de tallas. Los individuos de menor tamaño y las menores CPUE se presentarían en el sector norte. Esto también es distinguido en los análisis de la CPUE con GAM y GLM. Numerosos autores han citado la relación entre latitud y tamaño en el pez espada, así como

también asociado a esto último, la predominancia de individuos machos de menor tamaño en latitudes tropicales (Mejuto *et al.*, 1991; DeMartini *et al.*, 2000). Según DeMartini *et al.* (2000), los patrones de variación en la composición por sexos pueden reflejar diferencias naturales en la distribución, o diferencias en la capturabilidad por sexo, o una interacción entre estos dos elementos.

Los resultados obtenidos en ACP y clasificación jerárquica basado en los datos de cruceros de verano e invierno, destaca la importancia de la TSM y GRT (eje 1 y 2) en la distribución del pez espada, influyendo en las tasa de captura y talla del recurso. Las diferencias en la estructura poblacional entre los individuos capturados podría responder a variaciones estacionales (individuos más pequeños en verano, pertenecientes a clase 1). Sin embargo también los resultados sugieren la existencia de diferencias espaciales (dentro del crucero de invierno, entre individuos pertenecientes a clases 2 y 3).

La composición de la dieta se compone en más de un 60% de cefalópodos, lo que concuerda con Palko (1981). Sin embargo se observa un aumento en el porcentaje de peces consumidos en la clase 3, que corresponde a ejemplares capturados al sur del área muestreada.

5.10. Análisis ecosistémico integrado de la cordillera de Nazca

La caracterización de la zona de estudio comprende la porción delimitada por los 22° – 25°S y 79° - 85°W de la Cordillera de Nazca. Esta región del Pacífico Este dominada por el régimen Anticiclónico, está sujeta a permanentes vientos del SE (Vega *et al.,* 2003) (Fig. 56), que propician los eventos de surgencia. La surgencia ecuatorial y la surgencia costera están concentradas en regiones estrechas menores a 130 km de ancho.

Uno de los parámetros abióticos empleados para analizar la distribución del pez espada es la temperatura, siendo el referente más utilizado la temperatura superficial del mar, TSM (González, 1993; Yáñez *et al.*, 1996; Nieto, 1999, Donoso *et al.*, 2002). En la zona de estudio las TSM varió entre 16° y 22°C.

Por otro lado, un elemento importante en la pesca de grandes pelágicos en el océano abierto es la ubicación de la termoclina (Lindgren-Pitman, 1998). En la zona de estudio, durante el verano se presenta una termoclina estacional poco definida y no diferenciada de la termoclina

permanente, presentándose como una sola termoclina hasta los 170-200 m, con un gradiente vertical promedio del orden de 1,2ºC/10m. En invierno, se presenta una termoclina estacional alrededor de los 100-140 m de profundidad, con un gradiente de 4ºC/10m. Más allá de esta profundidad se presenta una termoclina permanente, con un gradiente de 0,4°C/10m.

La estructura poblacional de pez espada, tanto en la Cordillera de Nazca como en la zona localizada al sur de ésta, varía según las isotermas de TSM que representan masas de aguas superficiales (subtropical y de mezcla entre subtropical y subantártica) presentes en la zona, lo que se pudo comprobar con los resultados de los análisis multivariado con datos históricos (2000-2002) y de cruceros (verano-invierno 2003). Es así como los individuos más pequeños, correspondientes a juveniles que están entre los 120 – 130 cm de LMHI promedio y pesos enteros promedio de 30 a 40 kilos, se capturaron en la zona centrada en los 23ºS y 83ºW de la Cordillera de Nazca, caracterizada por la presencia de masas de agua superficial subtropical, con TSM promedio de 21,5ºC, y aguas claras de baja productividad. La edad de estos peces es de 1 a 2 años y con una mayor ocurrencia de machos sobre hembras.

La incorporación de la salinidad superficial satelital en el análisis de relaciones multivariadas permitió mejorar la capacidad explicativa del modelo, ya que como plantea Bigelow *et al.* (1999) la inclusión de esta variable permite mejorar las estimaciones de la zona frontal, especialmente como una estructura termohalina que permite diferenciar las masas de aguas.

Desde los 22°S hacia el NE la disponibilidad de peces espada es baja por lo que los rendimientos no son atractivos (<5 piezas/1000 anzuelos) y esta área no es de interés para la flota palangrera chilena. Sin embargo, las naves extranjeras que operan desde puertos peruanos, eventualmente realizan lances de pesca en la zona de Nazca cuando se dirigen a zona de pesca más al sur y al oeste, con un nivel de esfuerzo mayor que el de la flota nacional.

Con respecto a la trofodinámica del pez espada, los ejemplares capturados en la zona de Nazca mostraron el mismo espectro mencionado por otros autores (Palko *et al*. 1981; Oyarzún, 2001; Bertrand *et al*., 2002), y cuya dieta alimenticia se caracteriza por una mayor frecuencia en peso de cefalópodos (86%), que de peces (13%) y crustáceos (1%). La mayor proporción de cefalópodos indica la existencia de una oferta amplia y sostenida de estos moluscos, sobre

otros ítemes alimenticios como los peces (lo cual estaría en concordancia con lo planteado por Aguiar y Hamovici, 2002).

El pez espada a través de una trama compleja, comparte nicho como súper depredador con varias especies de tiburones, atunes y otros peces, lo que coincide en términos generales por lo descrito en Oyarzún (2001) y Acuña *et al.* (2001). Las presas observadas en estómagos de peces espadas, fue similar a la observada en tiburones marrajo y tintorera. Sin embargo el tamaño de las presas del pez espada fue menor, dada la mayor proporción de juveniles presentes en zona de Nazca.

La información recolectada sobre micronecton fue insuficiente para completar la matriz trófica primaria de la zona de estudio, debido a las dificultades físicas de acceso a las profundidades donde se congregan las presas y a la movilidad de éstas (Bard *et al*., 1998).

Al suroeste de los 22°-23°S se reconoce una zona con TSM promedio más bajas (16-17°C), más productivas, con presencia de aguas subtropicales y subantárticas. Esta zona presenta una mayor frecuencia de afloramientos que son los indicadores de zonas probables de pesca. En este sentido, hoy en día la localización de la zona de pesca se realiza con información reciente de TSM, Clorofila y Altura Superficial del Mar. Esta última es una guía confiable para determinar y precisar los “cortes de agua” en el rango de 5 a 10 millas.

Al suroeste de los 23°S, las tallas de LMHI promedio fluctúan entre 150 – 160 cm y pesos enteros promedios de 40 a 60 kilos. La mayoría de los individuos corresponde a ejemplares de 1 a 4 años. Se dedujo que la presencia de individuos de mayor tamaño estaría relacionado a zona de frentes térmicos, generados en masas de agua superficiales de mezcla entre subantártica y subtropical. Cambios en la claridad (productividad) del agua frecuentemente se acompañan de cambios de temperatura en el frente térmico y pueden proporcionar señales adicionales para localizar zonas frontales (Olson y Podesta, 1987). La biomasa de los organismos de los que se alimenta el pez espada, puede ser más alta en las zonas de frentes térmicos debido al aumento de mezclas laterales y verticales de masas de agua, las cuales estimulan a menudo la producción primaria y secundaria (Olson y Backus, 1985). Resultados similares en cuanto a preferencias alimenticias del pez espada en la pesquería de Japón, indican que es un predador oportunista el cual consume normalmente calamares y peces

nectónicos, presas cuya abundancia es mayor en las zonas frontales (Sakagawa, 1989; Sosa-Nishizaki y Shimizu, 1991). También se aprecia que las mejores condiciones de pesca se presentan en estratos que están estrechamente asociados a los montes y montañas submarinas de la Cordillera de Nazca (también lo correspondiente a las Islas Desventuradas más al SE), especialmente en la franja sur correspondiente a la cara sur de la Cordillera, lo cual se explica porque estas elevaciones actúan de desvíos de los flujos de nutrientes desde el fondo hacia la superficie ayudado por los permanentes vientos del SE.

A medida que se acerca hacia la Isla San Félix, las tallas sobre 170 cm de LMHI son más frecuentes, encontrándose piezas por sobre los 200 kilos. Las tallas mayores a 180 cm correspondan en mayor proporción a hembras. El régimen alimentario sigue siendo sostenido por los cefalópodos pero se aprecia un aumento en el consumo de peces, especialmente en las tallas sobre los 160 cm de LMHI.

De acuerdo a lo obtenido en cruceros exploratorios, en términos de talla y madurez sexual, la mayor proporción de individuos presentes en la zona de estudio, no habrían alcanzado la talla de primera madurez sexual, localizada según Zárate (1997) en 165 cm de LHMI en hembras y 152 cm LHMI en machos.

Respecto de la caracterización genética, dentro de los individuos muestreados se encontró tres grupos endogámicos diferentes (Figura 152). Sin embargo, estas diferencias no dan pie para sostener la existencia de una o más unidades de stock de pez espada en la Cordillera de Nazca, lo cual indica que existiría un intercambio de material genético amplio lo cual debiera ser materia de estudios a futuro.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se presentan a continuación las siguientes conclusiones obtenidas en el presente estudio de acuerdo a la temática pertinente de cada objetivo específico.

- La zona de estudio se caracteriza por presentar una capa de mezcla homotermal de espesor variable que aumenta en invierno.

- Las temperaturas en la zona y períodos de estudio varían entre los 18 y 22º C.

- La termoclina se presenta bajo la capa de mezcla y hasta los 170-200 m.

- Asociado a la termoclina, el oxígeno disuelto disminuyó rápidamente desde los 5 $ml \cdot L^{-1}$ a concentraciones entre 2 y 4,5 $ml \cdot L^{-1}$ (38 a 70% de saturación).

- Las masas de agua en la zona de estudio corresponden al tipo ASS, aguas superficiales (<100 m) subtropicales con alta salinidad (34,7 a 35,4 psu), y bajo los 150–250 m del tipo AS, aguas subsuperficiales con características subantárticas asociadas al mínimo superior de salinidad (34,1 a 34,6 psu).

- El uso de tecnología satelital es una herramienta valiosa para precisar zonas probables de pesca de grandes pelágicos.

- Las capturas sobre montes submarinos presentan mejores expectativas en rendimiento que en el océano abierto.

- Las anomalías positivas de la altura superficial del mar, asociadas con frentes de corrientes anticiclónicas, están relacionadas con la formación de zonas de alta probabilidad de presencia de pez espada.

- La observación hidroacústica es una herramienta útil para la recolección de data cuantitativa y cualitativa de las comunidades de un ecosistema determinado.

- La alimentación del pez espada en época de verano presenta un mayor número de ítems que en invierno.

- Algunas presas como *Dosidicus gigas*, Myctophidae y *Heterocarpus sp*. están presentes en ambas épocas, en tanto que otros están presentes sólo en verano donde la variedad de especies en la dieta es mayor.

- La flota palangrera nacional de altura es predominantemente de baja autonomía de operación y compuesta por un 80% de naves hieleras en el rango de los 50 a 100 TRG.

- La flota extranjera que opera en el Pacífico Este está compuesta en un 100% por naves españolas gallegas de 150 a 600 TRG, con sistema de congelación que operan todo el año con mareas de 3 a 4 meses desde puerto peruanos.

- El régimen operacional de las naves palangreras hieleras nacionales comprende un promedio de 11 mareas anuales de 20 a 25 días y un promedio de 1.320 anzuelos calados por marea.

- La flota nacional hielera inicia la pesquería en los 35ºS, desplazándose a lo largo del año hacia el norte hasta los 25ºS y entre los 79º y 85º W. Por su parte, los buques congeladores se desplazan más al oeste alcanzando los 100º W.

- En el periodo 2000-02, las naves palangreras nacionales aumentaron la captura de individuos de menor talla, producto de un descenso en el peso de las capturas de pez espada contra un aumento en número de piezas capturadas.

- Las capturas de fauna acompañante de túnidos de las naves hieleras nacionales han aumentado en número de ejemplares y pesos individuales en el período 2000-2002.

- La fauna asociada a Xiphias gladius estuvo integrada por 20 especies en total, observándose 6 especies en común en ambos períodos de muestreo (*Myliobatis chilensis, Prionace glauca, Coryphaena hippurus, Thunnus alalunga, Thunnus obesus* y *Alepisaurus ferox*).

- Los cefalópodos cumplen un rol importante en las relaciones tróficas de Xiphias gladius y su fauna asociada en la zona oceánica, dada la alta frecuencia de aparición en los contenidos gástricos de estas especies.

- La distribución de LHMI de la zona de Nazca presenta una marcada presencia de ejemplares bajo los 151 cm (75%), en tanto que la flota palangrera captura en una zona más amplia principalmente ejemplares entre 157 y 195 cm (50%).

- Los pesos tronco del intervalo modal de 40-45 kg, para ambos sexos, estarían indicando la existencia de una fracción poblacional más juvenil en la zona de Nazca respecto a la zona habitual de operación de la flota palangrera chilena.

- Los ejemplares hembras tienen un mayor peso que los machos a partir de los 140 cm LMIH.

- No hay variación de las estructuras de tallas de pez espada entre las subzonas exploradas.

- El intervalo modal del pez espada encontrado en Nazca varía entre 120-130 cm (verano) y 140-145 cm (invierno).

- La estructura de edades del pez espada encontrado en Nazca corresponde a 5 edades (de 1 a 5 años), con un 23 % en la edad 2 y un 15% en la edad 1.

- Los dos estados predominantes de madurez sexual encontrados para los ejemplares hembras bajo los 160 cm de LMIH son virgen y/o inmaduras.

- La población de pez espada de la región de la Cordillera de Nazca mantiene una alta diversidad genética y altos índices de heterocigocidad, a pesar del esfuerzo de pesca sobre esta especie.

- Los resultados de la caracterización del ambiente pelágico, con análisis de componentes principales basados en data histórica del periodo 2000-2002, distinguen la existencia de un gradiente latitudinal en la TSM, clorofila y salinidad.

- La clasificación jerárquica indica la presencia de dos zonas con características ambientales diferentes: la zona sur con mayores niveles de clorofila (0,12-0,2 mg/m^3), menor TSM (16-17,8ºC) y menor salinidad (34,2-34,6 ‰); y la zona norte con bajos niveles de clorofila (0,04-0,14 mg/m^3), TSM entre 17-20ºC y salinidad sobre los 34,5‰. El límite de estas dos zonas se presentaría alrededor de los 26ºS.

- Los ejemplares capturados en la zona norte presentan menor tamaño (< PTR medio) y menor CPUE media por lance.

- La modelización de las tasas de captura con GAMs establecen efectos no lineales significativos con la TSM, CLOA, SAL, SSH y longitud. La proporción explicada por estos modelos es menor al 13% de la variabilidad total

- Los modelos analizados confirman los resultados obtenidos en la caracterización ambiental el ACP y ACJ, en cuanto a que los mayores rendimientos se asociarían a zonas con temperaturas más templadas (16-17,5ºC), mayores concentraciones de clorofila (>0,1 mg/m^3) y a aguas subantárticas (salinidad < 34,5‰).

- Con los MLG se obtienen como efectos ambientales estadísticamente significativos sobre la CPUE: la TSM, la clorofila y la salinidad. Dada la alta correlación entre estas variables, el método de selección forward sólo retiene estas variables en modelos independientes.

- Al incluir el efecto TSM como función polinomial de tercer grado, se distingue que las mayores tasas de captura se obtienen en los 16-17ºC.

7. REFERENCIAS RELEVANTES

Acevedo, J. 2001. Análisis de Captura a la edad aplicado al pez espada (Xiphias gladius) explotado frente a Chile entre 1987-1999. Tesis Escuela de Ciencias del Mar UCV, Valparaíso, 54 pp.

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.

Aksnes D.L. & Giske J. 1990. Habitat profitability in pelagic environments. Mar. Ecol. Prog. Ser., 64: 209-215.

Alvarado Bremer, J. R., Baker, A. J. & J. Mejuto. 1995. Mitochondrial DNA control region sequences indicate extensive mixing of swordfish (Xiphias gladius) in the Atlantic Ocean. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1720-1732.

Alvarado Bremer, J. R., J. Mejuto, & B. Ely. 1996. Global population structure of the swordfish (Xiphias gladius L.) as revealed by the analysis of the mitochondrial control region. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 197:295-310.

Amin V . Marta.,Rolando Roman U.,Oscar Marin S.,Maya Delpin A. 1989. Histología de los ovarios de Merluccius Gayi Gayi (Guichenot, 1848) Respecto al desove. Bol.Soc.Biol.Concepción Tomo 60 25-34.

Andersen V., J. Sardou & 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

Asahida T., Kobayashi T., Saitah K., Nakayama J. 1996. Tissue preservation and total DNA extraction from fish stored at ambient temperature using buffers containing high concentration of urea. Fish Sci. 62: 727-730.

Backung, M. 1968. Micronekton of the eastern tropical Pacific Ocean: family composition, distribution, abundance and relations to tuna. Fish Bull US: 67: 71-115.

Barbieri, M. A., E. Yañez, M. Donoso, A. González y V. Catasti. 1995. Monitoreo de la pesquería del recurso pez espada (I-X Regiones, 1994). Informe final proyecto FIP Nº16/93, 50 pp + Anexos.

Barbieri, M.A., C. Canales, V. Correa, M. Donoso, A. González, B. Leiva, A. Montiel y E. Yañez. 1998. Development and present state of the swordfish, Xiphias gladius, fishery in Chile. En: Biology and fisheries of Sworfish, Xiphias gladius. I. Barret, O. Sosa-Nishizaki y N. Bartoo (eds.). NOAAA Technical Report, NMFS 142: 1-10.

Barbieri, M.A., E. Yáñez y 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, L. Ortiz y A. González, 1990. La pesquería del pez espada: tendencias y perspectivas. In: Perspectiva de la Actividad Pesquera en Chile. M. A. Barbieri (ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 195-214 pp.

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.

Barbieri, M.A., M. Donoso y S. Avilés. 2001. Investigación CTP pez espada año 2001: Revisión Metodológica. Informe final, IFOP, 82 pp. y Anexos.

Barbieri, M.A., M. Donoso, E. Yáñez, V. Correra y A. González. 1996. Evaluación indirecta del stock de pez espada en las regiones I a X. Informe final FIP 94-29, 73 pp.

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 peˆche a` la palangre en Polyne´sie Franc¸aise505–523. Ed. by R. Abbes, and F.-X. Bard. Rapp. Final Convention Territoire/EVAAM. IFREMER/ORSTOM no. 950170, Chap. 11.

Bard, F. X. 1999. Le Programme ECOTAP introduction & synthèse. Programme ECOTAP SMRD, IRD, IFREMER. Rapport final. 523 pp.

Barreto, C., L. Marcano, J. Alió, X. Gutierrez y A. Zerpa. 1996. Alimentación del pez espada, Xiphias gladius, en el área del caribe venezolano. Cient.-CIAA., 45(2): 337-342.

Batizarand Vanko, D. 1982. Volcanic development of small oceanic central volcanoes on the flanks of the east Pacific rise. Mar. Geology 54:53-90.

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. *In* Proc. Int. Billfish. Symp., Part 2, Review and contributed papers (R.S. Shomura, and F. Williams, eds), pp: 105-106.

Bécue, M. y J. Valls. 2002. Manual de introducción a los métodos factoriales y clasificación con SPAD. Servei d'Estadística Universitat de Autonoma de Barcelona, 68 pp.

Berkeley, S. A. & 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. NMSF 8: 137-143.

Bertrand, A. 1999. Le système thon-environnement en Polynésie Française: caractérisation de la habitat pélagique, étude de la distribution et de la capturabilité des thons par méthodes acoustiques et halieutiques. Thèse de Doctorat de le ENSAR, 315 pp.

Bertrand, A., F. Bard y E. Josse. 2002. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. Mar. Biol., 140: 1023-1037.

Bertrand, A., E. Josse, P. Bach y L. Dagorn. 2003. Aocustics for ecosystem research:lessons and perspectives from a scientific programme focusing on tuna-environment relationships. Aquatic Living Resources., v16: 197-203.

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. Bogss y XI HE. 1999. Enviromental effects on swordfish and blue shark cath 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,

Boltovskoy, D. South Atlantic Zooplankton. 1999. Backhuys Publishers, Leiden, Vol. (1-2), 1706 pp.

Bonatti et al. 1977. Eastern volcanic Chain. A mantle hot-line. J. Geophys. Res. 82:2457-2478.

Buonaccorsi, V. P. & Graves, J. E. 2000. Isolation and characterization of novel polymorphic tetra-nucleotide microsatellite markers from the blue marlin, Makaira nigricans. Molecular Ecology, Vol 9, p.820.

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. 1990. Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond. Further Acoustic Telemetry Observations of swordfish. Proceedings of the Second International Billfish Symposium. Kailua-Kona. Hawaii. August 1-5. 1988. Part II: Contributed papers. Marine Recreational Fisheries 13: 103-122.

Carey, F. y B. Robinson. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, Xiphias gladius, observed by acoustic telemetry. Fish. Bulletin, 79(2): 277-292.

Carpenter, J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute technique for the winkler dissolved oxygen method. Limnol.Oceanogr. 10:141-143,

Castilla, J. y C. Moreno. 1977. Guía para el reconocimiento y observación de peces de Chile. 120 pp.

Cerisola Humberto 1984. Cambios Estructurales del Folículo Ovárico durante su maduración en el pejesapo Sicyases Sanguineus,Muller y Troschel 1843 (Gobiesocidae:Teleostei). Rev. Biol. Mar. Valparaíso, 20 (1) 1-21.

Chambers, J. M., W.S. Cleveland, B. Kleiner y P.A. Tukey. 1983. Graphical methods for data analysis. Wdsworth, Belmont, CA.

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.

Chow, S. & Takeyama, H. 2000. Nuclear and mitochondrial DNA analyses reveal four genetically separated breeding units of the swordfish. J. Fish. Biol. 56: 1087-1098.

Chow, S., Okamoto, H., Uozumi, Y., Takeuchi, Y. & Takeyama, H. 1997. Genetic stock structure of the swordfish (Xiphias gladius) inferred by PCR-RFLP analysis of the mitochondrial DNA control region. Mar. Biol. 127:359-367.

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 cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop., N° 125, Vol. 10, Rome, 442 pp.

Cohen, J. E. 1994. Marine and continental food webs: three paradoxes? Phil.trans.Roy.Soc.London Series B 343: 57-69.

CPPS. 1969. Lista sistemática de los peces marinos comunes para Ecuador, Perú y Chile.

Cubillos, L. A. y 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.

Dagorn L., P. Bach & E. Josse. 2000. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean determined using ultrasonic telemetry. Mar. Biol.

De Martín, E., J. Uchiyama y H. WIliams. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, Xiphias gladius, caught by the Hawai-based pelagic longline fishery. Fish. Bull. 98: 489-506.

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.

distribution, abundance, and relations to tuna. Fish. Bull. U.S., 67: 71-115.

Dobson, B. 1990. An Introduction to generalized models. Chapman and Hall, London.

Donald P. de Sylva and Priscilla Rasquin Breeer 1997. Reproduction,Gonad and spawnig cycles of North Atlantic Billfishes (Istiophoridae).Bulletin of Marine Science,60 (3) 668-6697.

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).

Donoso M. y M. Recabal. 2000. Catalogo de peces pelágicos mayores. Proyecto Seguimiento pesquerías pelágicas mayores. IFOP, 12 pp.

Donoso, M. y F. Cerna. 1999. Monitoreo pesquería de albacora temporada 1998. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Subsecretaria de Pesca, Chile, 32 pp.

Edward E. DeMartini., James H. Uchiyama., Happy A.Williams. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swodfish, Xiphias gladius Caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. Fish. Bulll.98: 489-506.

Ehrhardt, N., 1992. Age and growth of swordfish, Xiphias gladius, in the Northewestern Atlantic. Bulletin of Marine Science, 50(2): 292-301.

Escofier B. & Pages J.P. 1990. Analyses factorielles simples et multiples. Dunod Eds., Paris, 267p.

FAO. 1995. Pacífico Centro-oriental. Plantas e invertebrados marinos. Vol 1, 646 pp.

Fernández, M., D. Hernández y A. Roux. 2001. Análisis granulométrico de los sedimentos superficiales del golfo San Jorge, Argentina, en relación a la distribución del recurso langostino (*Pleoticus muelleri*). Informe técnico INIDEP, 20 pp.

fishes. Bull. Jap. Doc. Fish. Oceanogr, 53 (1): 70-77.

Freón, P. and O.A. Misund. 1999. Dynamics of Pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment. Blackwell Science, London.

Galleguillos, R., Troncoso, L. & Montoya, R. 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.

Gary T. Mitchum. 2002. An oceanographic characterization of swordfish longline fishing grounds in the Subtropical North Pacific. Fish. Oceanogr. 11(5):251-266.

Gibbons, J. 1976. Nonparametric methods for cuantitative analysis. Holt, Renehart y Winston, New York, 462 pp.

Gomez, F. 2002. Análisis de las Tasas de Captura de la Pesqueria Chilena del Pez Espada (Xiphias gladius) Durante el Periodo 1987-2000. Tesis Escuela de Ciencias del Mar PUCV, Valparaíso, 91 pp.

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 Escuela de Ciencias del Mar UCV, Valparaíso, 94 pp.

González, 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.

Grijalva-Chon, J.M., De La Rosa Velez, J. & Soza-Nishizaki, O. 1996. Allozime variability in two samples of swordfish Xiphias gladius L., in the north Pacific Ocean. Fish. Bull. 94:589-594.

Grijalva-Chon, J.M., Numachi, K., Soza-Nishizaki, O & De La Rosa Velez, J. 1994. MitochondrialDNA análisis of North Pacific swordfish Xiphias gladius population structure. Mar. Ecol. Prog. Ser. 115: 15-19.

Hastie, T y R. Tibshirani. 1996. Generalized additive models. Chapman and Hall, London.

Hastie, T. y R. Tibshirani. 1990. Generalized additive models. Chapman and Hall, London, 335 pp.

Hatanaka, H., T. Inada, I. Nakamura y M. Takeda. 1986. Important fishes trawled off patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo, 369 pp.

Hernández-García, V. 1995. The diet of the swordfish, Xiphias gladius Linnaeus, 1758, in the Central Cost Atlantic, With emphasis on the role of Cephalopods. Fish. Bull., 93: 403-411.

Holland K.N., R.W. Brill & R.K.C. Chang. 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with Fish Aggregating Devices. Fish. Bull., 88: 493-507.

Joseph, J. y 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 & 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.

Kenneth, J. 1982. Marine Geology. Prentice-Hall Inc. Englewood. Cliffs.

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.

Koslow, J., G. Boehlert, J. Gordon, R. Haedrich, P. Lorance y N. Parin. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. ICES Journal of Marine Science 57: 548-557.

Kotoulas, G., Magoulas, A., Tsimenides, N.& Zouros, E. 1995. Marked mitochondrial DNA differences between Mediterranean and Atlantic populations of the swordfish Xiphias gladius. Mol. Ecol. 4: 361-372.

Kume, S. y J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 130ºW. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. 2: 115-162.

Larry, P. 1986. New Zealand Fishes. An Identification guide. Reed Methuen, 184 pp.

Le Borgne R. & 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.

Legendre, P., and L. Legendre. 1998. Numerical ecology. Second English edition. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Lehodey P., J.M. Andre, M. Bertignac, J. Hampton, A. Stoens, C. Menkes, L. Memery & N. Grima. 1998. Perdicting skipjack tuna forage distributions in the equatorial Pacific using a coupled dynamical bio-geochemical model. Fish. Oceanogr., 7: 317-325.

Leiva, B. 1993. Análisis de Estructuras para el cálculo de la edad y del crecimiento del Pez Espada (Xiphias gladius) y evaluación preliminar de los parámetros de crecimiento. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar. UCV. Valparaíso, 83 pp.

Lindgren-Pitman. 1998. Longline system equipment catalog. 88 pp.

Longhurst A.R. 1976. Vertical migration. *In* The ecology of the seas, Cushing D.H & Walsh J.J. (ed.), Blackwell, London, pp 117-137.

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.

Lugo, A. 1986. Las estructuras mayores del relieve terrestre. Universidad de México.

Mann, F. 1954. Vida 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. Ocurrence 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.

McCullag, P. y J. A. Nelder. 1989. Generalized linear models. Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman and Hall. London, 511 pp.

Mejuto, J. 1999. An update relationship between the NAO index and the swordfish (Xiphias gladius) recruitment index in the North Atlantic stock. ICCAT.Col.Vol.Sci.Pap. SCR/99/57.

Mejuto, J. y B. García. 1998. Sumario sobre la información científico-técnica disponible sobre la flota comunitaria de palangre de superficie dirigida al pez espada (Xiphias gladius).

Mejuto, J., B. García, y M. Quintans. 1991. A preliminary analysis of the sex-ratio of the swordfish (Xiphias gladius) in the North Atlantic by size class using space-time strata. ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap. 32(2): 473-481.

Meléndez, R. y D. Meneses. 1991. Tiburones del talud continental recolectados entre Arica (18°19'S) e Isla Mocha (38|30'S), Chile. Inv. Mar. Vol (17-18-19): 3-73.

Menard, H. 1959. Geology of the Pacific Sea-Floor. McGraw Hill. New York.

Michel D .Murphy., Ronald G Taylor 1990. Reproduction, Crowth, and Mortality of Red Drum Sciarnops ocellatus in Florida Waters.Fishery Bulletin, U.s. 88:531-542.

Michel G. Hinton.,Ronald G Taylor., Michael D Murphy 1997. Use of gonad indices to estimate the status of reproductive activity of female Sworfish, Xiphias gladius : a validated classification method. Fishery Bulletin 95:80-84.

Miyabe, N. And W.H.Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery For tunas and billfiches in the eastern Pacific Ocean,1971-1980. Inter-Amer. Trop.Tuna Comm., Bull., 19: 1-163.

Miyabe, N., T. Koi y J. Susuki. 1989. El Niño and tuna fisheries: the fisheries of long lived

Montiel, A. 1996. Determinación de la edad y del crecimiento del pez espada (Xiphias gladius) explotado en la zona Central de Chile. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 79 pp.

Moreira, F. 1990. Food of the swordfish, Xiphias gladius Linnaeus, 1758, off the Portuguese coast. J. Fish. Biol., 36: 623-624.

Morgan, W. 1972. Plate motions and deep-mantle convection. Geol. Soc. America. 132:7-22.

Nagahama Yoshitaka. 1983. The functional morphology of teleost gonads. Fish Phisiology. Vol IXA 224 –275.

Nakamura, I. 1985. FAO species catalogue. Vol. 5. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., Vol. 5, Rome, 65 pp.

Nakano, H. And. W.H. Bayliff. 1992. A review of the Japanese longline Fischery for tunas and billfisches in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter . Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 20 (5) : 183-355.

Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics 89, 583-590.

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.

NOAA MAGAZINE. 2003. NOAA News Mayo 2003: "ADIOS A EL NIÑO, HOLA A LA NIÑA" (documento WWW) http://www.noaanews.noaa.gov/stories/s1147.htm.

Olson, D.B. y Backus, R.H. 1985. The concentrating of organisms at fronts: a cold-water fish and a warm-core Gulf stream ring. J. Mar. Res. 43:113-137.

Olson, D.B. y Podesta G.P. 1987. Oceanic fronts as pathways in the sea. In: Signposts in the Sea (Proceeding of a multidisciplinary workshop on marine animal orientation). W.F. Hermkind and A.B. Thistle (eds). Tallahassee: Florida State University, pp. 1-14.

Oyarzún, C. 2001. Trofodinámica del pez espada; alcances metodológicos. Taller: El recurso pez espada y su pesquería en Chile.

Palko, B. G. Beardsley y W. Richards. 1981. Synopsisi of the biology of the swordfish (Xiphias gladius). NOAA Tech. Rep. NMES. Circular 441: 21 pp.

Parsons,T.R. 1992. The removal of marine predators by fisheries and the impact of trophic structure. Mar. Pollution Bull., 25: 51-53.

Paul, L. 1986. New Zealand Fishes. An identification guide. 184 pp.

Pequeño, G. 1971. Macrouriformes de Chile. Bol. Mus. Nac. Chile, 32: 269-368.

Pequeño, G. y J. Lamilla. 1985. Estudio sobre una colección sobre rayas al sur de Chile (Chondrichthyes, Rajidae). Rev. Biol. Mar., 21(2): 225-271.

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.

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. & G.T. Mitchum. 1999. Evaluation of remote sensing technologies for the identification of oceanographic features critical to pelagic fish distributions around the Hawaiian Archipelago. NOAA PFPR Project.

Polovina, J. J., D. R. Kobayashi, D. M. Ellis, M. P. Seki, and G. H. Balazs. 2000. Turtles on the edge: movement of loggerhead turtles (Caretta caretta) along oceanic fronts in the central North Pacific, 1997-1998. Fish. Oceanogr (9):71-82

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. & 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. & P. Hurley. 1983. Age estimation and growth of broadbill swordfish, Xiphias gladius, from the NW Atlantic based on external features of otoliths. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech Rep. NMFS 8: 145-150.

Reeb, C. A.; Arcangeli L. & Block, B. A. 2003. Development of 11 microsatellite loci for population studies in the swordfish, Xiphias gladius (Teleostei: Scombridae). Molecular Ecology Notes, Vol 3, p.147.

Reeb, C.A., Arcangeli, L. &Block, B.A. 2000. Structure and migration corridors in Pacific populations of the swordfish Xiphias gladius, as inferred through analyses of mitochondrial DNA. Mar. Biol. 136: 1123-1131.

Reid, J.L. 1973b. The shallow salinity minima of the Pacific Ocean. Deep Sea Res. 20:51-68,

Reid. J.L. 1973a. Transpacific hydrographic sections at lats 43ºS and 28ºS: The SCORPIO Expedition III. Upper water and a note on southward flow at mid-depth. Deep Sea Research, 20: 39-49.

Retamal, M. 1993. Crustáceos decápodos abismales de la zona de Iquique-Arica. Estudios Oceanológicos. 12: 1-8.

Retamal, M. 1994. Los Decápodos de Chile. Facultad de Ciencias Biológicas, Univ. Concepción, 256 pp.

Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang. 2002. An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate, J. Climate, Vol 15.

Richters – Parson, L. 1975. On the interaction of two scales of convection in the mantle. J. Geophys. Res. 80:2529-2541.

Riley, J.P. & Chester, R. 1971. Introduction to marine chemistry. New York, USA: Academic Press, Inc.: 465 pp.

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.

Rojas R. y N. Silva 1996. Atlas Oceanográfico de Chile (18º 21' S a 50º 00' S). Volumen 1. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 224 pp.

Roper, C., M. Sweeney y C. Nahuen. 1984. FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., 125(3): 4-226.

Rosel, P.E. & Block, B.A. 1996. Mitochondrial control region variability and global population structure in the swordfish, Xiphias gladius. Mar. Biol. 125: 11-22.

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.

Sakagawa, G.T. 1989. Trends in fisheries for swordfish in the Pacific Ocean. In: Second International Billfish Symposium Proc., Part I: Fishery and Stock Synopses, Data Needs and Management. R.H. Stroud (ed). Savannah, Georgia: National Coalition for Marine Conservation, Inc. pp. 61-79.

Sambrook, J.; Fritsch, E.F. & Maniatis, T. 1989. Molecular cloning: A laboratory Manual, 2nd edn (Cold Soring Harbor, NY, Cold Harbor Laboratory Press).

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 western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. J. Fish. Res. Bd. Can., 903-919.

Searle, R. 1983. Submarine central volcanoes on the Nazca Plate – High Resolution sonar observation. Marine Geology 53:72-102.

Sedberry, G. y J. Loefer. 2001. Satellite telemetry tracking of swordfish, Xiphias gladius, off the eastern United States. Mar. Biol., 139: 355-360.

Seki, M.P., J.J. Polovina, D.R. Kobayashi and G.T. Mitchum, 2000. An oceanographic characterization of swordfish longline fishing grounds in the Subtropical Central North Pacific, in review.

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.

Sepúlveda, J. 1987. Peces de las Islas Oceánicas Chilenas. p.225-245. En: Islas Oceánicas Chilenas: conocimiento científico y necesidades de investigaciones. J.C.Castilla (Ed). Pontificia Universidad Católica de Chile.

SERNAPESCA. 1985-2000. Anuarios estadísticos de Pesca. Ministerio de Economía, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile.

Sharp, D.G., 1994. Fishery catch records, El Niño/Sothern 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.

Shepard, F. 1973. Submarine Geology. Harper Row. New York.

Shingu, C., P. Tomlison and C. Peterson. 1974. A review of the japanese longline fischery for tunas and billfisches in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970.Inter.Amer.Trop.Tuna Comm.,Bull., 16(2): 65-230.

Sielfeld, W. y M. Vargas. 1992. Tiburones y Rayas del Pacífico Sur Oriental. Universidad Arturo Prat, Iquique, 135 pp.

Smetacek, V. & Pollehne, V. 1986. Nutrient cycling between water column and sediment: a reappraisal of the conceptual framework. Ophelia 26: 401-152.

Smith, W. H. F., and 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 Shimizu, M. 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.

Soun, PN., M. Backburn, F. Williams, 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: a review . Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev 19: 443-512.

Stevens, J. Y T. Pyrzakowski. 1992. Tiburones. Weldon Owen Pty Ltd, Sidney, 240 pp.

Stevens, J., R. Bonfil, K. Dulvy y A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. ICES journal of marine Science 57: 476-494.

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 pet-elle aider à la prévision des zones de pêche? La réponse praxéologique. Halieutique, océanographie et télédétection. Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco, 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. & 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, E. Logerwell. 1999a. 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.

Taylor, R. G., and M.D. Murphy. 1992. Reproductive Biology of the swordfish Xiphias gladius in the Straits of Florida. And adjacent waters.Fish.Bull., U.S.90:809-816

Tibbo, S., L. Day y W. Doucet. 1961. The swordfish (Xiphias gladius L.) its life history and economic in postance in the Northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 130, 47 pp.

Toro, R. 2001. Evaluación indirecta del stock de pez espada (Xiphias gladius Linnaeus, 1758) en Chile entre 1987 y 1996. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 65 pp.

Tsimenides, N. & G. Tserpe. 1989. Age determination and growth of swordfish Xiphias gladius L., 1758 in the Aegean sea. Fisheries Research, 8: 159-168.

Udintsen, G. 1976. Sediments of the Pacific Ocean. Tectonosphere. Auki and Kizura. Ed. Tokai Universuty Press. Tokio.

Vega, M., S. Letelier y E. Carreño. 2001. Colección de cefalópodos del Museo Nacional de Historia Natural: Catálogo de especies de aguas chilenas. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural Chile, 57: 5-86.

Vega A., Y. Du Penhoat, B. Dewitte, O. Pizarro and R. Abarca. 2003. Low-frequency variability in the southeastern Pacific. SCIENCE - Scientific Investigations (documento WWW) http://topex-www.jpl.nasa.gov/science/invest-vega.html

Velasco, F. y M. Quintans. 1999. Feeding habits in pelagic longline fisheries: A new methodological approach applied to swordfish (Xiphias gladius) in Central Eastern Atlantic. Cient.-CIAA., 51(1): 1705-1717.

Verity, P.G. V. Smetacek & T.J. Smayda. 2002. Status, trends and the future of the marine pelagic ecosystem. Environm.Cons. 29 (9): 207-237.

Wallace, R. A., and K. Selman 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am Zool. 21:325-343.

Walsh, W. y P. Kleiber. 2001. Generalized additive model and regressions trees analyses of blue shark (*Prionace glauca*) catch rates by the Hawaii-based commercial longline fishery. ICCAT, 52: 1481-1489.

WAPLES RS. A generalized approach for estimating effective population size from

Ward, P. y S. Elscot. 2000. Broadbill swordfish. Status of world fisheries. Bureau of Rural. Sciences, Camberra, 208 pp.

Ward, R.D., Reeb, C.A. & Block, B. 2001. population Structure of Australian Swordfish Xiphias gladius. Final Peport to the Australian Fisheries Management Authority. Camberra. Australia.

Weber, E.C., & S.R.Golberg.1986. The sex ratio and gonad indices of swordfish, Xiphias gladius, caught of the coast of southern California in 1978. Fish. Bull., U.S.84:185-186.

Weidner, D. y A. Serrano. 1997. An analysis of swordfish fisheries, market trends, and trade patterns Past-Present-Future. En: World Swordfish Fisheries. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-27 Volumen IV: 431-843.

West, G. 1990. Methods of assesing ovarian development in fishes: a review Austr. J. Mar. Freshwater Res. 41: 199-222.

Williams, A., Koslow J.A. 1997. Species composition, biomass and vertical distribution of micronecktон over the mid-slope region off southern Tasmania, Australia. Mar. Biol 130.

Wilson, T. 1965. Submarine fracture zones asismic ridges. Nature 207:907-911.

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.

Wyrtki, K. 1964. The thermal structure of the Eastern Pacific Ocean. Ergänzungsheft Reihe A (8º) 6:1-84.

Yabe, H., S Ueyanagi,S Kikawa and H. Watanabe.1959. Study on the life History of the swordfish, Xiphias gladius Linnaeus. In Jap., Engl.summ. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Fish.Res.Lab. 10: 107-150.

Yáñez E., M.A. Barbieri, C. Silva, J. Castillo, K. Nieto, G. Böhm, F. Gómez & J. Cordova. 2002. Climate variability and pelagic fisheries in the South-Eastern Pacific. Globec International Newsletter, Vol.8(2): 18-19.

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 Nº 986/98, Estudios y Documentos Nº 5/99, ECM, UCV, 40 pp.

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., M.A. Barbieri B., F. Ponce M., M. Donoso P., C. Canales R., R. Toro N. & 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.

Yáñez, E., M.A. Barbieri, 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, C. Silva, J. Castillo, K. Nieto, G. Böhm, F.Gómez, y J. Córdova, 2002. Climate Variability and Pelagic Fisheries in the South-Eastern Pacific. Invest. Mar., 30 (1): 175-177.

Yáñez, E., M.A. Barbieri, 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.

Young, JW., RW. Bradford, TD. Lamb, VD. 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 1958) en aguas chilenas. Tesis, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 111 pp.

Zuta, S. y Guillén G. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol.Inst.Mar Perú-Callao 2(5):157-324.

ANEXOS

ANEXO I . EQUIPO PROFESIONAL Y TÉCNICO QUE HA PARTICIPADO EN LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO

YÁÑEZ Rodríguez, Eleuterio

Título : Ingeniero Pesquero, 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

* Administración y dirección general del proyecto

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

SILVA Gallinato, Claudio

Título : Ingeniero Pesquero, Universidad Católica de Valparaíso

Campo de trabajo : Teledetección Satelital y SIG en Oceanografía Pesquera

Cargo : Investigador

* Caracterización ambiental-satelital

* Análisis de relaciones pesca-ambiente

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

MARABOLI Alvarado, José

Título : Ingeniero Pesquero, Universidad Católica de Valparaíso

Campo de Trabajo : Tecnología Pesquera.

Cargo : Investigador

* Jefe de Crucero

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

BERTRAND, Arnaud

Título : Biólogo Marino, Aix Marselle II

Postgrados : Dr. Ecole Nationale Superieure Agronomique de Rennes

: Mr. Ecole Nationale Superieure Agronomique de Rennes

Campo de Trabajo : Biología Marina

Cargo : Consultor Internacional

* Asistencia técnica para la recolección de información pesca exploratoria

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

ROJAS Zúñiga, Patricia

Título : Licenciada en Biología, Universidad Católica de Valparaíso

Campo de Trabajo : Análisis contenido estomacal, fauna acompañante

Cargo : Investigador

* Trofodinámica, Identificación taxonómica

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

SILVA Sandoval**,** Nelson

Título : Profesor de Química, Universidad Católica de Valparaíso
Postgrados : Master of Science (Oceanography). Oregon State University, USA.

Campo de trabajo : Oceanografía físico-Química

Cargo : Co-investigador

* Asistencia técnica con instrumento CTD

* Caracterización físico-química del ecosistema

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

CAMPALANS Barnier, Jacqueline

Título : Licenciada en Ciencias de la Ecología, UCV

Postgrados : Graduada en Biología, Facultad Ciencias Básicas, UCV
Magíster Área Microbiología en el Instituto de Biología, UCV
Doctorado en Área de Ciencias Básicas, Facultad Clínica Médica en Universidad Estado de Campinas, Brasil (UNICAMP)

Campo de Trabajo : Microbiología, Patología y Genética

Cargo :Co-investigador

* Entrenamiento y Preparación análisis de muestras tejido de primer crucero. Caracterización genética.

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

GÓMEZ Romero, Fabián

Título : Ingeniero Pesquero, Universidad Católica de Valparaíso ©

Campo de trabajo : Biología pesquera

Cargo : Investigador

* Búsqueda y análisis de información biológica pesquera. Estimadores estadísticos

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

MENARES Parra, Brunilda

Título : Oceanógrafo, Universidad Católica de Valparaíso

Campo de trabajo : Análisis contenido estomacal, fauna acompañante

Cargo : Co-investigador

* Trofodinámica, Identificación taxonómica

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

GAMONAL Villa, Adriana

Título :Lic. Cs Biológicas UCV

Postgrados : Lic. Cs. Biológicas, U.Complutense, Madrid, España

Campo de trabajo : Madurez sexual en peces

Cargo : Co-investigador

* Análisis estado de madurez datos pesca exploratoria

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

SEPULVEDA Vidal, José

Título : Licenciado en Biología, Universidad Católica de Valparaíso

Postgrados :Biological Oceanography M.Sc, Oren State University, EE.UU

Campo de trabajo : Ecología marina

Cargo : Co-investigador

* Análisis muestras red IKMT, Caracterización Micronecton y plancton

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

CHONG Lay-Son, Javier

Título :Lic. Cs Biológicas

Postgrados : Magister en Ciencias, Mención en Zoología, U. de Concepción

Campo de trabajo : Estudios de edad en peces

Cargo : Colaborador

* Estimación de la estructura de edad

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

MORALES Gamboa, Esteban

Título : Licenciado en Geogragía, Universidad Católica de Valparaíso

Postgrados :Dr. en Geografía, Universidad de la Sorbona, Francia

Campo de trabajo : Geología y relieve submarino

Cargo : Co-investigador

* Caracterización batimetría y relieve submarino

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

VALDENEGRO Mancilla, Alexander

Título : Oceanógrafo

Campo de trabajo : Muestreos y análisis oceanográfico

Cargo : Muestreador y colabrador en análisis oceanográfico

* Asistente muestreo oceanográfico en primer crucero

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

ORDENES Justiniano, Alejandra

Título :Ingeniero Pesquero, UCV

Campo de trabajo : Oceanografía Pesquera

Cargo : Colaboradora

* Manejo base datos pesquera-ambiental

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 90%

GRIZZETTI , Daniela

Título :Ingeniero Pesquero, UCV

Campo de trabajo : Oceanografía Pesquera

Cargo : Alumna en Practica y Tesista

* Caracterización ecológica pesquera

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

MÉNDEZ W., Edith

Título :Técnico Laborante, U. de Chile

Campo de trabajo : Madurez sexual en peces

Cargo : Personal Técnico

* Preparación para análisis laboratorio de las muestras primer crucero

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%