

N° 13 / 2007

INFORME FINAL CORREGIDO

**INTEGRACIÓN DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL RECURSO PEZ ESPADA EN EL
OCÉANO PACÍFICO SUDESTE EN UNA PERSPECTIVA ECOSISTÉMICA:
FASE I**

PROYECTO FIP N°2005-28

N° 13 / 2007

INFORME FINAL CORREGIDO

**INTEGRACIÓN DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL RECURSO PEZ ESPADA EN
EL OCÉANO PACÍFICO SUDESTE EN UNA PERSPECTIVA ECOSISTÉMICA:
FASE I**

PROYECTO FIP N° 2005 –28

Valparaíso, Abril de 2007



Título:	“Integración del conocimiento sobre el recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste en una perspectiva ecosistémica: Fase I”
Requirente:	Fondo de Investigación Pesquera
Contraparte:	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Subcontrato:	Instituto de Fomento Pesquero
Unidad Ejecutora:	Escuela de Ciencias del Mar Av. Altamirano 1480 Casilla 1020 Valparaíso
Investigador Responsable:	Dr. Eleuterio Yáñez Rodríguez Escuela de Ciencias del Mar Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Fono : 56 – 32 – 2274250 Fax : 56 – 32 – 2274208 E-mail: eyanez@ucv.cl

EQUIPO DE TRABAJO

JEFE DE PROYECTO

Eleuterio Yáñez Rodríguez

AUTORES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Eleuterio Yáñez Rodríguez – Biología y Oceanografía Pesquera

Claudio Silva Gallinato – Oceanografía Satelital y Pesquerías

Jaime Letelier Pino – Oceanografía

Rodrigo Vega Muñoz – Biología y Ecología Pesquera

INSITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Patricio Barría – Biología Pesquera

Miguel Donoso – Biología Pesquera

Fernando Espíndola - Oceanografía Pesquera

Claudio Bernal – Biología Pesquera

Distribución de ejemplares:

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

CRONOLOGÍA DEL PROYECTO

2006

- 23 DE FEBRERO** Decreto de aprobación de contrato de investigación celebrado entre el Consejo de Investigación Pesquera y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso de proyecto FIP 2005-28: “Integración del conocimiento sobre el recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste en una perspectiva ecosistémica: Fase I”. **Decreto Exento N° 311.**
- 16 MARZO** Reunión de Trabajo N°1. Planificación y coordinación de actividades del proyecto. Lugar: IFOP.
- 11 ABRIL** Reunión inicial de coordinación con Subpesca y FIP. Lugar: SubPesca.
- 15 MAYO** Reunión de Trabajo N°2. Estado de avance de actividades del proyecto, compartir bibliografía recolectada. Lugar: IFOP.
- 21 JUNIO** Reunión de Trabajo N°3. Presentaciones de lo avanzado en el proyecto por IFOP (Objetivo 1) PUCV (Objetivo 2), Coordinación de Taller con Comunidad Científica (ha realizar 13-14 Julio 2006). Lugar: IFOP.
- 22 JUNIO** Reunión de Trabajo N°4. Discusión de las hipótesis y modelo propuesto. Lugar: ECM-PUCV.
- 4 AGOSTO** Taller de Trabajo para la discusión del modelo e hipótesis propuestos

17 OCTUBRE Entrega de Informe de Avance Corregido.

19 DICIEMBRE Entrega de Pre-Informe Final.

2007

25 ENERO Taller de difusión de resultados

16 FEBRERO Entrega Informe Final

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Informe Final del Proyecto FIP N°2005-28, “Integración del conocimiento sobre el recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste (OPS) en una perspectiva ecosistémica: Fase I”, contiene los resultados y actividades que dan cuenta de los objetivos específicos estipulados en los Términos Básicos de Referencia y a la planificación incluida en la Oferta Técnica del proyecto.

El diagnóstico de la calidad y suficiencia de la información disponible sobre el recurso pez espada y su ecosistema en el OPS, requirió de una exhaustiva recolección y revisión de diversas fuentes de información. Dichas fuentes corresponden principalmente a: publicaciones (revistas, libros, boletines) científicas nacionales e internacionales, proyectos de investigación, tesis de pregrado y postgrado, bases de datos, entre otros.

Basándose en el análisis de la información recolectada y conocimientos disponibles sobre el pez espada y el ecosistema en el OPS, se definió el sistema de estudio, cuya unidad de stock se distribuiría entre los 5°N y 50°S y desde la costa de América del Sur hasta los 150°W. Posteriormente, se entrega un análisis de la información disponible sobre las pesquerías de pez espada en el OPS desarrolladas por flotas de países como Chile, Colombia, Perú, Ecuador, España y Japón. Se analiza la información sobre capturas y distribución espacial de las principales flotas pesqueras.

Sobre la información biológica y demográfica, primero se analizan los estudios con técnicas de ADN realizados para definir las unidades poblacionales. Al respecto, se postula la existencia de una sola unidad de stock de pez espada en el OPS. Se describe la información existente sobre la estructura del stock de pez espada en el OPS, al respecto, se analizan los trabajos relativos a las áreas de desove, reclutamiento y alimentación.

Se analizan los trabajos sobre reproducción de pez espada. La mayor incidencia de hembras sexualmente activas ocurre durante los meses de noviembre a enero, lo que implica que *Xiphias gladius* tiene una época reproductiva corta y además encontrar hembras en estado

de desove inminente es una característica que define a esta unidad poblacional. Los antecedentes indican que existiría sincronía funcional entre los sexos. Se describen los estudios realizados por el IFOP relativos a estimaciones de la fecundidad de esta especie y se discuten los resultados de los trabajos realizados en Chile y Hawaii respecto a las ojivas de madurez.

Se entrega una revisión de los estudios realizados sobre el crecimiento de pez espada tanto en Chile como en otras latitudes, y se comparan las curvas de crecimiento estimadas por diversos autores para diversos ecosistemas. Además, se analiza la información existente sobre la composición por edades en la captura de la flotas palangrera y redera en Chile que han sido recolectados por el IFOP.

Sobre la información de mortalidad de pez espada, se discuten las estimaciones de la mortalidad natural para el OPS y la mortalidad por pesca obtenida en las evaluaciones realizadas por el IFOP.

También en este estudio, se revisan los estudios disponibles sobre trofodinámica de pez espada en el OPS. En Chile, la información del contenido estomacal de pez espada ha sido generada a partir del 2001, en diversos proyectos de investigación ejecutados por el IFOP y la PUCV. Otro aspecto estudiado en estos proyectos es la composición específica de la captura incidental asociada a la pesquería de pez espada de la flota palangrera, donde se han identificado un total de 35 especies.

En Chile no existen estudios dirigidos a conocer el circuito migratorio del stock de pez espada en el OPS, sin embargo, de acuerdo al “*know how*” del equipo de trabajo y comunidad científica y pesquera, se reconoce cierta información pesquera que permite caracterizar el desplazamiento estacional de esta especie en períodos de alimentación y reproducción.

Posteriormente, se presenta un capítulo que muestra una revisión bibliográfica sobre los procesos ambientales (oceanográficos y atmosféricos) más relevantes en el OPS que pueden afectar los diferentes estadios de la historia de vida del pez espada. Un primer aspecto revisado es la caracterización de la topografía submarina del OPS, destacándose la

presencia de la Cordillera de Nazca, montes submarinos e Islas Oceánicas. A continuación se revisan los diversos procesos oceanográficos que ocurren a las distintas escalas espacio-temporales. En la escala anual y estacional se describen: la radiación solar y temperatura superficial del mar; el Anticiclón del Pacífico Sur (APS), giro Subtropical, circulación oceánica promedio y frente Subtropical; y la estación de surgencia. En la escala intra-estacional se describen los procesos de surgencia, frentes de surgencia, filamentos y vórtices. Finalmente, en la escala interanual y decadal se describe el fenómeno de El Niño y la Oscilación Decadal del Pacífico.

El modelo e hipótesis entregados en el Informe de Avance del proyecto fueron llevados a discusión en el Taller de Trabajo desarrollado en la ECM-PUCV el 4 de agosto. Para ello, los 33 especialistas (sector académico y centros de investigación, así como de la Subsecretaría de Pesca, Sernapesca y de la industria pesquera) del Taller se dividieron en tres grupos de trabajo, cada uno de los cuales mediante la metodología grupal (NGT) pudieron especificar una serie de observaciones que sirvieron para mejorar tanto las hipótesis como el modelo. Posterior al Taller, se procedió a listar la totalidad de las observaciones y analizar su contenido y definir las recomendaciones emanadas.

Con las recomendaciones emanadas del Taller de Trabajo se procedió a mejorar las hipótesis de trabajo y el modelo conceptual integrador propuesto. Entonces, se describen los supuestos generales y marco conceptual de las hipótesis y se presentan éstas para las diversas escalas espacio-temporales. En los resultados del modelo conceptual, primero se entregan consideraciones generales que sirven de base para la formulación del modelo. El modelo propuesto se sustenta en que la variabilidad en la vulnerabilidad y capturabilidad (q), demostrada en diversos estudios, estaría asociada con las fluctuaciones de las condiciones ambientales. Se presenta un esquema conceptual el cual muestra que las variaciones en las tasas de captura por lance de pesca, están influenciadas por la variabilidad física y biológica a similares escalas espacio – temporales.

Finalmente, se entregan los resultados sobre la edición de un Libro sobre la pesquería del pez espada en el OPS. Se envió una carta de solicitud al Editor de la Revista, el cual con fecha 12 de Diciembre contesta que el Comité Editor de la Revista ha decidido aceptar la

solicitud de publicación. A la fecha de entrega del presente Informe Final, se han recibido un total de 11 trabajos para revisión.

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Antecedentes generales	4
2.2. Antecedentes específicos	7
3. METODOLOGIA	12
3.1. Objetivo específico 1.	12
3.2. Objetivo Especifico 2.	13
3.2.1. Antecedentes metodológicos	13
3.2.2. Hipótesis de trabajo sobre el recurso pez espada y su pesquería	16
3.2.3. Definición de escalas espacial y temporal	17
3.2.4. Modelo Conceptual	17
3.2.5. Taller de Trabajo para la discusión del modelo e hipótesis propuestos	18
4. RESULTADOS Y DISCUSION	22
4.1. Objetivo específico 1.	22
4.1.1. Definición del sistema	22
4.1.2. Pesquería del pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental	23
4.1.2.1. Captura	26
4.1.2.2. Distribución espacial de las flotas que capturan pez espada en el OPSO	27
4.1.3. Información biológica y demográfica	34
4.1.3.1. Unidades poblacionales	34
4.1.3.2. Estructura del stock	37
4.1.3.2.1. Áreas de desove	37
4.1.3.2.2. Áreas de reclutamiento	40
4.1.3.2.3. Áreas de alimentación	43
4.1.3.3. Reproducción	45
4.1.3.4. Ojivas de madurez	45
4.1.3.5. Crecimiento	46
4.1.3.6. Mortalidad natural	49
4.1.3.7. Mortalidad por pesca	49
4.1.3.8. Relaciones tróficas	49
4.1.3.9. Circuito migratorio	50
4.1.3.9.1. Distribución ecológica y energética de la migración.	51
4.1.3.10. Base de datos	52
4.1.4. Oceanografía del Pacífico Sur Oriental	53
4.1.4.1. Topografía Submarina	53
4.1.4.2. Procesos de escala Anual y Estacional	54
4.1.4.2.1. Radiación Solar y Temperatura Superficial del Mar (TSM)	54
4.1.4.2.2. Anticiclón del Pacífico Sur, Giro Subtropical y Circulación Oceánica media	55
4.1.4.2.3. Giro subtropical y Frente Subtropical	58
4.1.4.2.4. Estación de Surgencia	59

4.1.4.3. Escala intra-estacional	61
4.1.4.3.1. Surgencia	61
4.1.4.3.2. Frentes de Surgencia, filamentos y Vórtices	62
4.1.4.4. Escala interanual y decadal	65
4.1.4.5. Resumen de Procesos Oceanográficos y escalas espacio-temporales	67
4.2 Objetivo 2.	69
4.2.1. Hipótesis	69
4.2.2. Modelo conceptual	73
4.2.2.1. Consideraciones generales	73
4.2.2.2. Modelo conceptual	74
4.2.3. Taller de Trabajo para la discusión del modelo e hipótesis propuestos	83
4.3. Edición de un Libro sobre la pesquería del pez espada en el OPS	89
5. CONCLUSIONES	106
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108
ANEXO 1 . Personal participante por actividad	126
ANEXO 2. Nombre, institución, e-mail, especialidad y grupo de trabajo asignado de los participantes del Taller de Trabajo donde se sometió a discusión el modelo y las hipótesis propuestas	128
ANEXO 3. Programa del Taller de Trabajo del proyecto FIP N°2005-28	129

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual sobre cambios en el ecosistema de California asociados a eventos El Niño y en condiciones normales (Chávez <i>et al.</i> , 2002).	14
Figura 2. Modelo conceptual sobre la variabilidad de indicadores ecosistémicos y cambios de régimen en una escala de largo plazo o multidecadal (Chavez et al., 2003).	15
Figura 3. Modelo conceptual integrador de los fenómenos locales y de gran escala que afectan la zona norte de Chile y sus principales recursos pesqueros (Yáñez <i>et al.</i> , 2005).	16
Figura 4. Área de estudio del pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental.	22
Figura 5. Captura de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental. Período 1945-2004.	26
Figura 6. Distribución espacial de la CPUE de la flota japonesa en el Pacífico Sur Oriental. Primer y segundo trimestre.	29
Figura 7. Distribución espacial de la CPUE de la flota japonesa en el Pacífico Sur Oriental. Tercer y cuarto trimestre.	30
Figura 8. Distribución espacial de la CPUE de la flota española en los océanos, Pacífico, Atlántico e Indico, temporada 2003.	31
Figura 9. Distribución espacial de la CPUE de la flota española en los océanos, Pacífico, Atlántico e Indico, temporada 2002.	31
Figura 10. Distribución espacial de las capturas del pez espada de la flota palangrera industrial, años 2002 a 2005; 2002(superior derecha), 2003 (superior izquierdo), 2004 (inferior izquierdo) y 2005(inferior derecho).	33
Figura 11. Distribución mensual longitudinal y latitudinal de las capturas de pez espada de la flota palangrera; a) y b) patrones históricos flota palangrera industrial periodo 2001-2004.	34
Figura 12. Batimetría del Pacífico Sur Oriental, incluyendo las Islas Oceánicas de Chile. Los contornos señalan desde afuera hacia dentro las profundidades entre 3500 a 1000 m de profundidad con un intervalo de 200 m, estos contornos incluyen la fosa a lo largo de la costa de Chile (Smith & Sandwell, 1997).	54
Figura 13.- Distribución de presión atmosférica que muestra la posición promedio del anticiclón del Pacífico durante el mes de enero(A) y mes de julio(B) (SHOA, 1996).	55
Figura 14. Principales rasgos de la circulación media del Pacífico Sur Oriental (SHOA, 1996).	56
Figura 15. Comportamiento estacional de las principales corrientes medias presentes entre los 10° N y 55° S. Corriente Costera de Perú (PCC), Corriente Sur Ecuatorial (SEC), Contracorriente Perú-Chile (PCCC), Corriente Ecuatorial Subsuperficial (EUC), Corriente Subsuperficial hacia el polo (PUC), Corriente Costera de Chile (CCC), Corriente de Deriva del Oeste (WWD) y Corriente del Cabo de Hornos (CHC).	57
Figura 16. Posición promedio de la corriente de deriva del oeste (Gatica, 1997).	59

Figura 17. Estrés del viento ($\text{dyn} * \text{cm}^{-2}$) entre los meses de octubre y marzo, primavera y verano(Bakun & Nelson, 1991).	60
Figura 18. Estrés del viento ($\text{dyn} * \text{cm}^{-2}$) entre los meses de abril y septiembre, otoño e invierno (Bakun & Nelson, 1991).	60
Figura 19. Temperatura superficial del mar del mes de febrero correspondiente a la climatología mensual promedio de la versión 5.0 del programa Pathfinder.	61
Figura 20. Esquema simplificado de un proceso de surgencia inducido por el viento que genera un transporte fuera de la costa en superficie y forma un frente de surgencia, manifestado en este caso en forma de un frente térmico (modificado de Pinet, 2000).	62
Figura 21. Esquema que muestra el desarrollo de meandros y vórtices ciclónicos y anticiclónicos a partir del flujo inestable a lo largo de un frente (Fedorov, 1985).	63
Figura 22. Figura que muestra la TSM (colores), batimetría del talud (línea segmentada) y velocidades geostróficas (flechas) frente a la plataforma de la VIII región de Chile (Letelier, datos no publicados).	63
Figura 23. Promedio temporal de la energía turbulenta, calculada a partir de 7.5 años de velocidades geostróficas de satélites TOPEX/Poseidón y ERS 1 y 2 (Hormazabal <i>et al.</i> , 2004).	64
Figura 24. Esquema de las condiciones meteorológicas y oceanográficas durante una condición normal(A) y condición El Niño(B) en el sector Ecuatorial.	65
Figura 25. Anomalías de TSM($^{\circ}\text{C}$) durante El Niño 97/98.	66
Figura 26. Índice multivariado de El Niño-Oscilación del Sur desde 1950 a 2006, CDC, Universidad de Colorado(NOAA/CIRES, 1998).	67
Figura 27. Modelo conceptual escala espacio-temporal (3x3), con planos en el ambiente marino físico, biológico y humano (pesquero), junto a los procesos y forzantes del ecosistema habitado por el pez espada.	79
Figura 28. Modelo teórico-conceptual del ecosistema habitado por el pez espada que considera en un contexto espacial las distintas fases de su ciclo vital.	81
Figura 29. Carta de aceptación de publicación enviada por el Editor de la Revista.	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pesquerías de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y referencias de otras latitudes.	25
Tabla 2. Unidades poblacionales de pez espada a nivel mundial y en el Océano Pacífico	36
Tabla 3. Áreas de desove de pez espada en el Océano Pacífico Sur oriental y referencias de otras latitudes.	39
Tabla 4. Áreas de reclutamiento de pez espada en el Océano Pacífico Sur oriental y referencias de otras latitudes.	42
Tabla 5. Áreas de alimentación de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y referencias de otras latitudes.	44
Tabla 6. Edad y crecimiento del pez espada en el Océano Pacífico Sur y referencias de otras latitudes.	48
Tabla 7. Resumen de escalas y procesos presentes en el Pacífico Sur Oriental.	67
Tabla 8. Observaciones por grupo emanadas del Taller de Trabajo.	84
Tabla 9. Observaciones y recomendaciones (en color rojo) para mejorar las hipótesis planteadas en el proyecto, emanadas del Taller de Trabajo.	85
Tabla 10. Observaciones y recomendaciones (en color rojo) para mejorar el modelo planteado en el proyecto, emanadas del Taller de Trabajo.	86
Tabla 11. Observaciones y recomendaciones (en color rojo) para incorporar en la Fase 2 del proyecto, emanadas del Taller de Trabajo.	87
Tabla 12. Observaciones para mejorar conocimiento del pez espada, emanadas del Taller de Trabajo.	88

1. INTRODUCCIÓN

La administración de la actividad pesquera en el mundo ha pasado en los últimos 20 a 30 años desde una visión parcial y netamente desarrollista a una visión integral que considera como objetivo central de la administración pesquera el desarrollo sustentable de la actividad. Hoy en día el desarrollo sustentable es considerado como una meta presente y no de largo plazo (CDS-NU, FAO, el WorldFish Center, WRI y PNUD, entre otros).

De acuerdo a la CDS-NU (1992), el logro del desarrollo sustentable no sólo depende de la sostenibilidad del ambiente y sus recursos naturales, sino que también del nivel de las condiciones económicas y sociales alcanzadas por las personas que usan el ambiente y sus recursos. En este contexto, los recursos pesqueros y por tanto, la administración pesquera, no sólo deben estar relacionados con la necesidad de mantener el ambiente y la base de recursos naturales en el tiempo, sino que también con la necesidad de satisfacer las necesidades y bienestar humano.

La CEPAL-NU (1993), sostiene que la obtención del Desarrollo Sustentable significa el logro simultáneo de objetivos de crecimiento económico, sustentabilidad ambiental y equidad social. En este contexto, por tanto, dada la naturaleza compleja, frágil y dinámica de los ecosistemas y las especies que conforman la base de recursos naturales, así como la multiplicidad de factores que determinan su condición en el tiempo, junto a la multiplicidad de factores que intervienen en los distintos procesos productivos y actividades humanas, en la administración pesquera es necesario adoptar un enfoque integrado, dinámico, sistémico y cuantitativo que permita integrar adecuadamente los distintos componentes para el desarrollo sustentable de la actividad.

Reconociendo lo anterior, al interior del componente biológico-ecológico y en su interacción con el esfuerzo pesquero, existe una multiplicidad de componentes e interacciones que es necesario conocer y entender adecuadamente. En este contexto, la experiencia mundial en investigación pesquera indica que es necesario avanzar desde los enfoques mono-específicos y centrados sólo en la interacción con el esfuerzo pesquero, a enfoques multi-específicos, sistémicos y ecosistémicos que permitan incorporar y generar conocimiento sobre las relaciones intra e inter especies y de los impactos ambientales y

humanos sobre los primeros (Christensen 1996 y Botsford et al. 1997, entre otros). Lo anterior, ya que tanto la dinámica como la productividad de las poblaciones marinas parecen estar influidas por procesos biológicos, las interacciones inter-específicas, las variaciones o fluctuaciones ambientales y la acción del hombre. Desde un punto de vista meramente biológico-ecosistémico-ambiental se puede decir que las poblaciones explotadas o stocks no son unidades discretas e independientes en un ecosistema (Christensen y Pauly 1992).

Adicionalmente, Olson y Watter (2003) indican que si bien los objetivos del manejo ecosistémico son difíciles de definir, existe conciencia general que la modelación es una herramienta importante para explorar las consecuencias ecológicas de la pesca y para la mejora del conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas. A pesar que los modelos ecosistémicos no son aún herramientas para manejo pesquero, son complementarios a los modelos pesqueros mono-específicos en el sentido de su potencial para predecir efectos no previstos de las interacciones tróficas. Lo anterior, ha llevado al desarrollo de modelos tróficos multi-específicos que incorporan explícitamente los efectos de la explotación pesquera en el sistema.

A partir del año 1987 en Chile se ha estado generando información biológica, ecológica y pesquera sobre el pez espada mediante diversas iniciativas de investigación, por otra parte, existe un cúmulo de información ambiental del Océano Pacífico Sudeste en el cual habita esta especie. Sin embargo, hasta la fecha no se dispone de un análisis que integre las diferentes piezas de información en un contexto ecosistémico generando una síntesis del estado actual de este recurso.

Es por ello importante realizar esfuerzos para integrar la información disponible sobre el recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste, desde una perspectiva ecosistémica, con el propósito de poder elaborar y probar hipótesis de trabajo respecto de su dinámica poblacional y los efectos de la pesquería.

OBJETIVO GENERAL

Integrar la información disponible para el Océano Pacífico Sudeste del recurso pez espada y su biocenosis con la información oceanográfica, geomorfológica, meteorológica y climática.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1 Realizar un diagnóstico de la calidad y suficiencia de la información disponible sobre el recurso pez espada, su biocenosis, oceanografía, relieve submarino y meteorológica en el Océano Pacífico Sudeste..

2 Elaborar un modelo teórico del ecosistema habitado por el pez espada, que permita mejorar la comprensión de su dinámica poblacional y los efectos de la pesquería.

2. ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes generales

El clima no es un rasgo estático del medio ambiente terrestre (atmósfera, océanos, criósfera, continentes y biosfera), sino que constituye un régimen dinámico sujeto a variaciones naturales en todas las escalas temporales, así como también alteraciones provocadas por la actividad humana (Ginsberg y Angelo, 1989). Cada componente del sistema climático terrestre se halla en permanente interacción con los restantes, pero cada uno presenta diferentes tiempos de respuesta. Luego, dada una perturbación introducida en el sistema, es lógico esperar que éste no logre alcanzar un equilibrio estático. Se deduce entonces que es difícil determinar las causas y los efectos, así como el cuadro de la variabilidad natural del clima.

La temperatura es una variable importante al momento de analizar las fluctuaciones del clima. Se estima que en el periodo 1880-1940 la temperatura media global del planeta se habría elevado en 0,4°C; entre 1940 y 1970 ésta se habría mantenido relativamente estable; en tanto que en el período 1980-2000 muestra una clara tendencia al aumento. Para estimar futuras condiciones climáticas universales y regionales se utilizan diversos modelos, los cuales todavía no son lo suficientemente avanzados para pronosticar los cambios de la temperatura. Los mecanismos de interacción más importantes, como los de las relaciones entre los océanos y la atmósfera, y el efecto amortiguador de las nubes, apenas se entienden y representan por lo tanto un papel limitado en los modelos.

En general, la disponibilidad de peces a corto plazo depende a menudo de condiciones ambientales como la temperatura (Cañón, 1978); a largo plazo existen relaciones igualmente importantes con los cambios del medio ambiente, pero los vínculos tienden a ser menos claros (Bakun, 1984). Es fundamental distinguir entre cambios en la disponibilidad y cambios en la abundancia de los peces, y de entender los procesos por los cuales los parámetros relacionados con el ambiente, tales como la fecundidad, el reclutamiento, el crecimiento y la mortalidad natural, interaccionan con la explotación causando

consecuencias negativas ya sea en la forma de trastornos de corto plazo o bien colapsos poblacionales (Myers *et al.*, 1995; Hutching, 2000).

Es lamentable que no exista aún una base aceptada para predecir los efectos de fenómenos como El Niño en el reclutamiento y en la viabilidad de uno de los mayores complejos poblacionales: el de Chile-Perú. La experiencia acumulada y los conocimientos científicos indican una mayor probabilidad de graves anomalías, en la reproducción y disponibilidad para la explotación por ejemplo, durante períodos de intensas anomalías ambientales en la región. A menudo se considera que la fase larval constituye el segmento del ciclo vital en el que es más probable que los efectos ambientales hagan sentir su impacto en el eventual reclutamiento y por ende en la abundancia de los recursos (Sharp, 1981).

Es evidente que los ecosistemas marinos de Chile y Perú son impactados por la variabilidad climática, particularmente por los eventos El Niño. Durante estos eventos se produce una migración horizontal y vertical de los pequeños pelágicos; en tanto que los eventos de mayor intensidad afectan incluso la reproducción y la supervivencia de estas especies (Sharp & McLain, 1993; Tarazona & Castillo, 1999).

Dada la incertidumbre científica en la predicción del clima y de los impactos sobre las especies (por ejemplo de las diferentes formas de los El Niño), las regulaciones pesqueras se ven enfrentadas a serias dificultades (Glantz, 1986).

No obstante, los cambios océano-climáticos detectados han sido claramente relacionados con alteraciones en los ecosistemas marinos en varias escalas temporales y espaciales. Este forzamiento físico es especialmente obvio en la escala estacional (o más corta), donde las variaciones de la temperatura superficial del mar (TSM) y la surgencia, por ejemplo, controlan fuertemente la productividad, el crecimiento y la migración. Este forzamiento es también evidente en la escala interanual asociada a los eventos El Niño y La Niña, cuando los ecosistemas tropicales son directamente afectados por las condiciones oceánicas severamente alteradas, o cuando los ecosistemas de borde oriental del Pacífico son forzados remotamente por la concomitancia de las teleconexiones oceánicas y atmosféricas. En

aquellos asociados a cambios de régimen decadales, hay un alto grado de incertidumbre sobre los mecanismos involucrados cuando los cambios en las condiciones oceanográficas físicas influyen en los aspectos biológicos (Alheit & Bernal, 1993; Hare & Mantua, 2000).

Los mecanismos por los cuales los forzamientos físicos afectan los ecosistemas marinos incluyen los asociados con las pequeñas escalas de disipación, mezclas turbulentas y difusión; los de mesoescalas asociados con frentes, remolinos y surgencias; y los que operan en la macro escala asociadas con los giros, El Niño y la circulación convectiva termohalina. Las manifestaciones regionales y locales de este forzamiento físico sobre la biología pueden ocurrir instantáneamente o después de un lapso de tiempo. El forzante climático al parecer actúa para modular las complicadas relaciones lineales y no lineales de los ecosistemas.

Las variables oceanográficas más importante que influirían en las comunidades pesqueras parecen ser la TSM, la profundidad de la capa de mezcla (PCM), la profundidad de la termoclina, la intensidad de la surgencia y los campos de corriente de la superficie del océano. La TSM, fuertemente correlacionada a la presión atmosférica a nivel del mar, es la mejor variable física del océano sobre las escalas de tiempo climáticas. Por esta razón los estudios tratan de acoplar los cambios de la TSM a los cambios del ecosistema, aunque la influencia directa de la TSM sobre los ecosistemas es aún poco clara por el hecho que muchos procesos físicos causan también cambios en la TSM (ej. calentamientos superficiales directos; advección horizontal de corrientes; surgencias; cambios de mezclas); por lo tanto, las anomalías de TSM pueden ser sintomáticas más bien que causales.

La PCM, la nutriclina y la profundidad de la zona fótica pueden influir en la producción primaria afectando la disponibilidad de los nuevos nutrientes y la intensidad de luz a la cual son expuestas las especies autotróficas. La producción primaria en el subtrópico tiende a ser limitada por los nutrientes, en contraste con las regiones subpolares donde la luz tiende a ser el factor limitante. Cambios de largo plazo en los límites de profundidad de la termoclina pueden influir directamente en el hábitat de la fauna béntica o cambiar las características de los remolinos de mesoescala y formación de filamentos, y afectar fundamentalmente los procesos de surgencia y el enriquecimiento superficial de nutrientes.

Es importante señalar que normalmente se encuentran correlaciones entre variables físicas y cambios de largo plazo de los ecosistemas, pero los mecanismos específicos involucrados son usualmente desconocidos. Habrían numerosas razones para explicar esto: el ecosistema puede estar influenciado por varias variables físicas; el ecosistema puede ser muy sensible a la sincronización estacional del forzante físico anómalo o el ecosistema puede generar variabilidad intrínseca sobre las escalas de tiempo climáticas.

La determinación de las condiciones del ambiente sin perturbaciones climáticas sería importante. Pero las pocas observaciones de condiciones físicas y biológicas confunden estas interpretaciones, y sólo las influencias generales del forzamiento físico a gran escala, son considerados al explicar variaciones decadales del ecosistema. La serie de observaciones en la Corriente de California efectuadas por el Programa CalCOFI es la única que permite visualizar el efecto del forzamiento físico en el sistema biológico en la escala decadal.

El gran desafío es entonces entender los mecanismos de respuesta a estos cambios ambientales físicos instantáneos y retrasados, y las formas de recomposición del ecosistema a través de la cadena trófica en nuestra región. La naturaleza de gran escala del cambio climático parece organizar patrones de respuesta en los recursos pesqueros. No obstante, los problemas inherentes a los datos de captura son bien conocidos. Así, la capturabilidad, la migración y el reclutamiento pueden ser malinterpretadas al confundirse unos con otros. Luego, un diagnóstico apropiado es generalmente más importante que un pronóstico; aunque en casos muy puntuales se pueden identificar algunos componentes predecibles del sistema oceánico físico (Schneider y Miller, 2001).

2.2. Antecedentes específicos

El Sistema de Corrientes de Chile-Perú sustenta en el Océano Pacífico Sudeste a uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo. En 1996 cerca de un 20% de las capturas de especies pelágicas mundiales se realizaron en esta región, la cual tan solo representa un

0,09% de la superficie del océano mundial. Varios importantes factores sustentan la alta productividad biológica observada en este sistema de borde oriental. Estos incluyen la corriente subsuperficial de Perú-Chile, la cual transporta aguas ricas en nutrientes y pobres en oxígeno en dirección sur y la persistente surgencia costera generada por la acción de los vientos predominantes, cuyo principal efecto consiste en el afloramiento de aguas ricas en nutrientes hacia la superficie, favoreciendo la alta producción de fitoplancton disponible para el zooplancton y los peces. Observaciones directas de corrientes medidas sobre el talud continental frente a Chile, han revelado una compleja estructura de variabilidad en la banda intraestacional, estacional e interanual (Shaffer *et al.*, 1999). Mucha de esta variabilidad aparece forzada remotamente desde el Pacífico ecuatorial, por las oscilaciones de Madden-Julian en la banda intraestacional (Shaffer *et al.*, 1997; Hormazabal *et al.*, 2002), por los vientos equatoriales en la banda estacional (Pizarro *et al.*, 2002), y por El Niño y la oscilación del sur en la banda interanual (Shaffer *et al.*, 1999; Pizarro *et al.*, 2002). Esta variabilidad vinculada a la dinámica ecuatorial abre ahora un potencial de predictabilidad de las condiciones oceanográficas frente a Chile con varios meses de anticipación.

Chile es uno de los principales países pesqueros a nivel mundial, con aproximadamente 5 millones de toneladas de capturas anuales. Las especies pelágicas constituyen cerca de un 90% de las capturas anuales, donde la pesquería pelágica de la zona norte de Chile (18°21'S-24°00'S) contribuye con un 48% (valor promedio entre 1951-1998; SAG, 1957-77, SERNAP, 1978-1994 y SERNAPESCA, 1995-97), lo cual la posiciona como la segunda área más importante del país. Uno de los recursos pelágicos más importantes es el pez espada, especie que ha sido capturada en forma artesanal desde tiempos ancestrales. La presencia del pez espada a través del mundo ha sido registrada por diferentes autores (Palko *et al.*, 1981; Susuki y Miyabe, 1990, Barbieri *et al.*, 1990), encontrándose en el océano Atlántico, Índico y Pacífico. No existe un conocimiento adecuado sobre la distribución del pez espada en el Pacífico Sur Oriental.

Frente a Chile, se encuentra desde el norte de la República hasta cerca de los 40° latitud Sur, asociada a aguas entre 13°C y 24°C (Ponce y Bustos, 1991). La flota palangrera nacional opera principalmente entre los 21,5°-39° latitud Sur y 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. Los juveniles de pez espada 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 24° C siendo su distribución continua en aguas tropicales y subtropicales (Matsumoto y Kazama, 1974). El pez espada se concentra en áreas donde sus presas son abundantes, 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).

Considerando el conjunto de estudios realizados para definir la unidad de stock (Sakagawa y Bell (1980), Sosa y Shimizu (1991), Reeb *et al.* (2000), Galleguillos *et al.* (2001)), 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 Hawaii y Australia.

En cuanto a la reproducción, Kume y Joseph (1969) fijan la temperatura de 24° C como límite inferior para el desove del pez espada debiendo ser altamente estacional y limitado a periodos del año en latitudes mayores, cuando las temperaturas superen este límite. En la parte central del océano Pacífico Este ocurre en primavera y verano, en el Pacífico Sur Occidental en verano y todo el año en aguas ecuatoriales. Zarate (1997), estudió el ciclo reproductivo del pez espada en el Pacífico Sur Oriental, determinando los estados de madurez sexual a través del estudio histológico de las gónadas. La talla de madurez estimada por este autor es 152 cm de longitud horquilla mandíbula inferior (LHMI) para los machos y 165 cm LHMI para las hembras. La fertilización es externa, y probablemente involucre el apareo solitario de macho y hembra (Palko *et al.*, 1981). Por otra parte, Mejuto y García (1998), reportan que analizando los índices gonadales no encontraron ejemplares de pez espada en actividad reproductiva en las capturas realizadas por la flota española en el Pacífico Sur Oriental, señalando que esta especie precisa temperaturas de 25° C o superiores para iniciar los procesos reproductivos.

Los ítems alimentarios de *Xiphias gladius* han sido estudiados por Bigelow y Schroedel

(1953); Beckett y Tibbo (1968); Scott y Tibbo (1968); Palko *et al.* (1981); Tibbo *et al.* (1961), los cuales realizaron estudios cuantitativos (Moreira, 1990). Las investigaciones realizadas en Chile en lo que se refiere a trofodinámica del pez espada y los resultados sobre contenidos estomacales son más bien de tipo cualitativo (Barbieri *et al.*; 1998; Oyarzún, 2001). Los resultados obtenidos durante el proyecto FIP2002-04 (Yáñez *et al.*, 2004) en la zona de Nazca, indican que el análisis global del espectro trófico del pez espada está constituido por tres grandes grupos: moluscos, peces y crustáceos. Si bien los cefalópodos son el ítem más relevante en términos de porcentaje numérico y peso se aprecia una reducción de este ítem en términos del porcentaje numérico (%N= 46,75) en verano a %N= 10,93 en invierno, en tanto que el porcentaje en peso se redujo de 91,34 en verano a 71,95 en invierno. En cambio el ítem peces aumenta su importancia en la época invernal. Es así como la importancia numérica de este ítem varió desde 31,95% en verano a 86,82% en invierno y su porcentaje en peso aumentó de 9,48% a 27,91%.

Los estudios de fauna acompañante del pez espada son escasos en Chile, existiendo al respecto información aislada (Acuña *et al.*, 2002). 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.*, 2002a). Resultados del proyecto FIP 2002-04 para las estaciones de verano e invierno en la zona de la Cordillera de Nazca, señalan a los vertebrados como la raya (*Myliobatis chilensis*); el “azulejo” (*Prionace glauca*); el “atún de aleta larga” (*Thunnus alalunga*); el “atún de aleta amarilla” (*Thunnus albacares*); al invertebrado “jibia o calamar gigante” (*Dosidicus gigas*), entre otros. Las especies ya mencionadas son ampliamente reconocidas ya sea de manera empírica o a través de claves taxonómicas especializadas. Existen otras especies, menos conocidas y/o de menor importancia económica, pero que cumplen un rol en el hábitat de las crías del pez espada que es necesario reconocer con una identificación adecuada. Y recientemente Vega y Cortés (2005) dan una visión global de la fauna acompañante de la pesquería del pez espada.

Sobre los efectos climáticos en los predadores tope oceánicos, como el pez espada, existe

una creciente preocupación por los potenciales efectos “top-down” en cascada que la pesca puede tener en todo el ecosistema (Maury and Lehodey, 2005). Por otro lado, la variabilidad ambiental determina la abundancia y distribución de fitoplancton a varias escalas y conduce a importantes efectos “bottom-up” en especies de forraje (anchoveta, sardina, caballa) y luego en la abundancia y distribución de los predadores tope. El estudio simultáneo de los efectos “bottom-up” y “top-down” en ecosistemas pelágicos de mar abierto requiere el desarrollo de nuevos enfoques metodológicos y modelos apropiados. La variabilidad ambiental puede influenciar en escalas de tiempo intraestacional, estacional, interanual o decadal, y puede afectar varios procesos biológicos y ecológicos.

En cuanto a la información disponible para el Océano Pacífico Sudeste del recurso pez espada, a partir del año 1987 en Chile se ha estado generando información biológica, ecológica y pesquera sobre el pez espada mediante diversas iniciativas de investigación, por otra parte, existe un cúmulo de información ambiental del Océano Pacífico Sudeste en el cual habita esta especie. Sin embargo, hasta la fecha no se dispone de un análisis que integre las diferentes piezas de información generando una síntesis del estado actual de este recurso. Es por ello importante realizar esfuerzos para integrar la información disponible sobre el recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste, con el propósito de poder elaborar y probar hipótesis de trabajo respecto de su dinámica poblacional y los efectos de la pesquería.

3. METODOLOGIA

3.1. Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico de la calidad y suficiencia de la información disponible sobre el recurso pez espada, su biocenosis, oceanografía, relieve submarino y meteorología en el océano Pacífico Sudeste.

Antes de realizar un diagnóstico para conocer la suficiencia o insuficiencia de la información sobre el recurso pez espada, la metodología aplicada toma como base el método científico para elaborar un modelo del ciclo vital del pez espada en un enfoque ecosistémico. Al respecto, una de las finalidades del trabajo científico es obtener resultados válidos que merezcan la confianza de la comunidad de especialistas, por eso siempre debe darse el proceso de investigación con el mayor rigor, y en base a reglas, como las que propone Bunge (1960). Estas reglas son los pasos del método científico, las cuales dado su generalidad en las ciencias, se han adaptado para este trabajo, y son las siguientes:

- 1.- Analizar el problema para determinar lo que se quiere.
- 2.- Formular la hipótesis de trabajo (respuesta al fenómeno observado)
- 3.- Recolectar los hechos pertinentes que permitan arbitrar las hipótesis, fundadas y contrastables con la experiencia.
- 4.- Arbitrar técnicas para someter las hipótesis a contrastación.
- 5.- Clasificar y tabular datos para encontrar similitudes, secuencias y correlaciones.
Formular conclusiones por medio de procesos lógicos de inferencia y razonamientos.
- 6.- Someter a su vez a contrastación esas técnicas para comprobar su relevancia.
- 7.- Llevar a cabo la contrastación de la hipótesis e interpretar sus resultados.
- 8.- Verificación de las hipótesis y la fidelidad de las técnicas.
- 9.- Determinar los dominios en los cuales valen las hipótesis y las técnicas
- 10.- Formular los nuevos problemas originados por la investigación.

El problema consiste en elaborar un modelo teórico del ecosistema habitado por el pez espada, que permita mejorar la comprensión de su dinámica poblacional y su pesquería.

En este sentido, el problema debe ser acotado en forma espacial y temporal y determinar que se conoce sobre la dinámica espacial y su pesquería.

Considerando los pasos del método científico, la información que se debe recolectar dice relación con la distribución espacial de los peces espada en el Océano Pacífico Sur Oriental (OPSO), información biooceanográfica y las comunidades que habitan en el ecosistema de Humboldt y ecosistema del Océano Pacífico Central. Sin embargo, este universo se ve restringido a la información geo-referenciada disponible proveniente fundamentalmente de las capturas de la flota chilena para el período 2001-2005. De esta forma la suficiencia o insuficiencia de la información está en relación directa con la hipótesis que se desea contrastar y no con la elaboración de registros y bases de datos que pueden o no tener pertinencia.

3.2. Objetivo Especifico 2. Elaborar un modelo teórico del ecosistema habitado por el pez espada, que permita mejorar la comprensión de su dinámica poblacional y los efectos de la pesquería.

3.2.1. Antecedentes metodológicos

Los procesos oceanográficos que afectan el modo de vida de las especies ejercen su acción a diferentes escalas espaciales y temporales; estas escalas forman un continuo desde pocas horas a siglos y desde centímetros a miles de kilómetros (Haury et al., 1978; IOC, 1985; Bernal, 1990).

En relación con otros modelos conceptuales, Perry et al. (2000) postulan que la capturabilidad de los peces en pesca comercial y de investigación puede fluctuar en diversas escalas espaciales y temporales. Estas variaciones pueden reflejar cambios que ocurren en escalas espaciales y temporales similares, tanto en el ambiente físico como biológico. De esta forma estos autores postula un diagrama conceptual de escalas de tiempo (de 1 a 10.000 km) y espacio (desde el día a la centuria), características de procesos y actividades en el ambiente marino físico y biológico, y en las actividades pesqueras.

Chávez et al. (2002) estudian los impactos del El Niño 1997-98 en las aguas de California central y definen un modelo conceptual de los cambios ecosistémicos asociados (Fig. 1). El modelo describe en la escala interanual las relaciones establecidas entre la abundancia y la distribución de los recursos en sus diferentes estados de desarrollo, y los niveles de temperatura, salinidad, clorofila, altura del mar y zooplancton, entre otros.

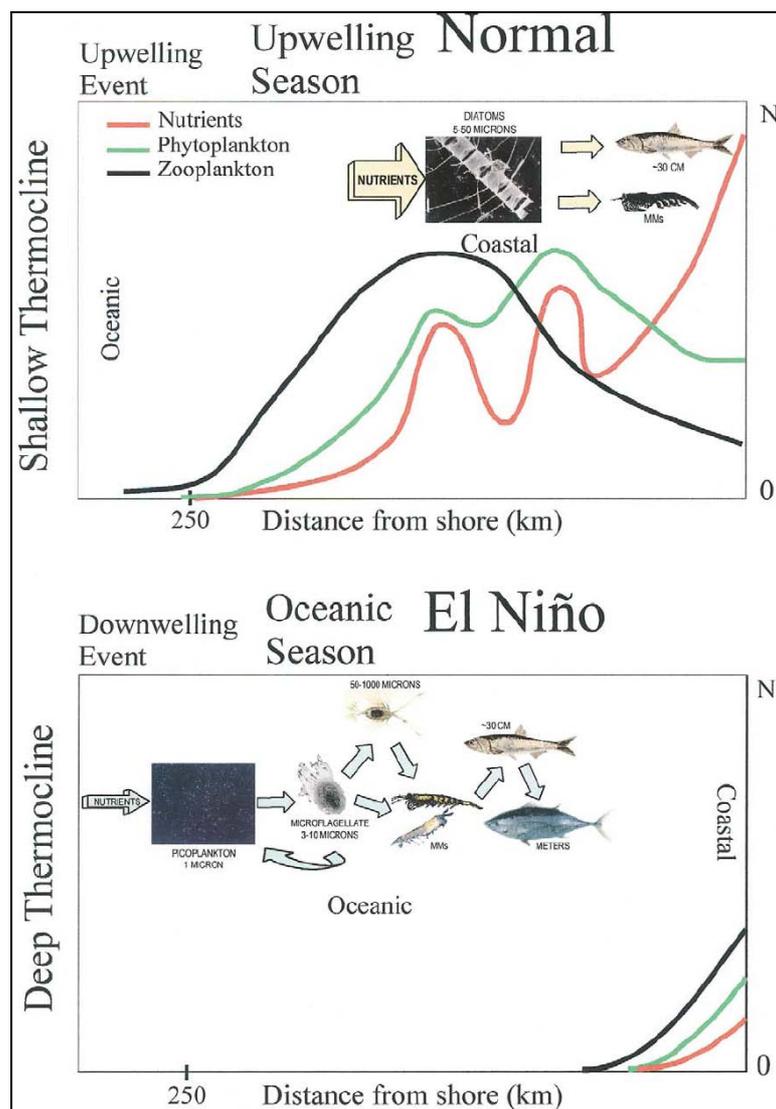


Figura 1. Modelo conceptual sobre cambios en el ecosistema de California asociados a eventos El Niño y en condiciones normales (Chávez *et al.*, 2002).

Por otra parte, Chávez et al. (2003) estudian los cambios de largo plazo (50 años) de la anchoveta y sardina, asociados a grandes cambios de la condición ambiental del Océano Pacífico (Fig. 2). El modelo conceptual se refiere a la variabilidad de indicadores ecosistémicos y a cambios de régimen en una escala multidecadal similar a la que se abordará en el presente trabajo.

Bertrand *et al.* (2004) proponen un contexto integrador de factores que, ocurriendo a diferentes escalas espacio-temporales, puede ser considerado para interpretar el efecto de un evento El Niño en poblaciones de peces pelágicos. Las escalas temporales van desde el día a la década y las espaciales desde lo local al océano.

En Chile, en el marco del proyecto FIP 2003-33 (Yáñez *et al.*, 2005) se adaptó un modelo conceptual integrador de los diferentes fenómenos locales y de gran escala que afectan el ambiente marino del norte de Chile, y la distribución y abundancia de los principales recursos pelágicos (Fig. 3). Cabe señalar, que para las distintas escalas espacio-temporales de este modelo, se describen las direcciones que toman las diferentes variables en relación con los eventos que modulan la variabilidad.

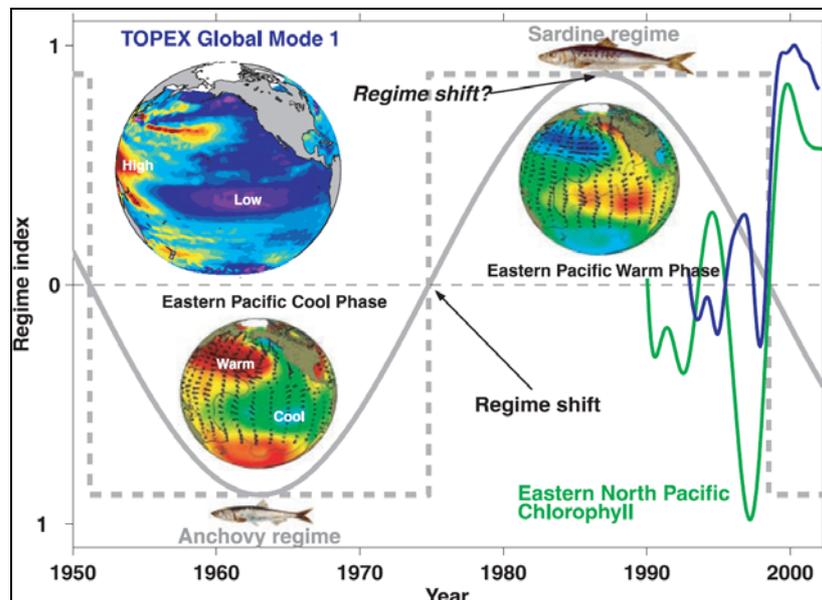


Figura 2. Modelo conceptual sobre la variabilidad de indicadores ecosistémicos y cambios de régimen en una escala de largo plazo o multidecadal (Chavez et al., 2003).

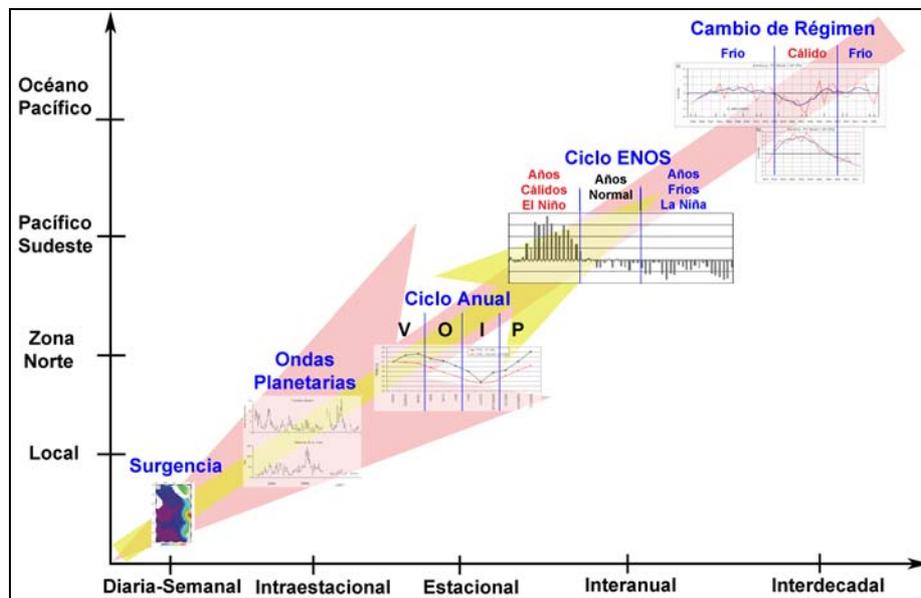


Figura 3. Modelo conceptual integrador de los fenómenos locales y de gran escala que afectan la zona norte de Chile y sus principales recursos pesqueros (Yáñez *et al.*, 2005).

3.2.2. Hipótesis de trabajo sobre el recurso pez espada y su pesquería

Considerando que el modelo conceptual del sistema habitado por el pez espada en las diferentes fases de su ciclo vital, es caracterizado por componentes abióticos y bióticos, se estudiarán los antecedentes disponibles para establecer las hipótesis de trabajo respecto al recurso y su pesquería. El análisis de los antecedentes permitirán la estructuración del modelo conceptual, definición de escalas temporales y espaciales e incorporación de variabilidad ambiental, los que permitirán comprender la dinámica comunitaria y los efectos de la pesquería en este ecosistema pelágico. En especial, se considera los antecedentes generales y resultados obtenidos en el proyecto de monitoreo conjunto de las flotas españolas y chilena (Vega *et al.* 2005), el proyecto FIP 2000-11 (Donoso *et al.* 2003a), proyecto FIP 2002-04 (Yáñez *et al.* 2004) y el proyecto FIP 2004-34 (Yáñez *et al.* 2005).

3.2.3. Definición de escalas espacial y temporal

El área de estudio se ubica desde los 18°S hasta los 40°S, entre las 60 y 800 millas hacia el oeste de las costas de Chile. Esta área ha sido delimitada considerando los patrones de distribución de la flota palangrera industrial (Donoso *et al.*, 2002a; Vega *et al.*, 2005). En esta área de distribución, el pez espada es susceptible de ser capturado por una flota industrial y otra artesanal, donde su presencia y disponibilidad depende de las condiciones ambientales, como la temperatura superficial del mar entre otras (Barbieri *et al.*, 1998).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diagnóstico de calidad (tipo, origen, periodicidad) de la información, se definen las escalas temporales a considerar. *A priori* se consideran las escalas interdecadal, interanual, estacional e intraestacional.

3.2.4. Modelo Conceptual

Basados en los resultados del proyecto y en los antecedentes bibliográficos y metodológicos recopilados, se desarrolla un modelo conceptual que sustente las hipótesis de trabajo como por ejemplo que diferentes fenómenos locales y de gran escala afectarían el ambiente oceánico del Pacífico Sudeste, y por lo tanto la distribución y abundancia de los principales recursos pelágicos como el pez espada. Se sigue un enfoque similar al desarrollado en el Proyecto FIP N°2003-33 (Fig. 3).

En la escala interdecadal se establecerá un modelo conceptual sobre las fluctuaciones del recurso pez espada, utilizando para esto las fluctuaciones de las capturas, esfuerzo de pesca, temperatura superficial del mar, IOS, entre otros. El modelo se sustenta en las relaciones de largo plazo entre series de tiempo de variables ambientales y biológico-pesqueras. Se establecerán los cambios de régimen (regímenes cálidos y fríos) y se sintetizarán las condiciones ambientales asociadas a cada régimen. Se seguirá un enfoque metodológico similar al desarrollado por Chavez *et al.* (2003), que estudian la variabilidad de largo plazo de recursos pelágicos, asociados a grandes cambios de la condición ambiental del Océano Pacífico (Fig. 2).

En la escala interanual se considera un modelo conceptual que describa las asociaciones entre los cambios bio-pesqueros con los eventos El Niño y La Niña. Para tal efecto se esquematizarán los cambios detectados en los indicadores ecosistémicos a nivel de la estructura térmica del mar, biomasa de recursos y productividad. Para el desarrollo del modelo conceptual en cuestión se seguirá un enfoque metodológico similar al de Chávez et al. (2002), quienes estudian los impactos del El Niño 1997-1998 en las aguas de California central y definen un modelo conceptual de los cambios ecosistémicos asociados (Fig. 1). El modelo describe en la escala interanual las relaciones establecidas entre la abundancia y distribución de los recursos en sus diferentes estados de desarrollo y los niveles de temperatura, salinidad, clorofila, altura del mar y zooplancton, entre otros.

De acuerdo con Bernal et al. (1983), en los sistemas de borde oriental aparte de las fluctuaciones de baja frecuencia existe una clara y estadísticamente definible estacionalidad. En la escala de tiempo estacional se establecerá un modelo que explique la variabilidad del ambiente y de la abundancia y distribución de pez espada y sus distintas fases de su ciclo de vida.

3.2.5. Taller de Trabajo para la discusión del modelo e hipótesis propuestos

El día 4 de agosto se desarrolló en la Escuela de Ciencias del Mar el Taller de Trabajo para someter a discusión el modelo y las hipótesis propuestas. En el Taller de Trabajo participaron 33 especialistas reconocidos en los temas atinentes al estudio, tanto del sector académico y centros de investigación, así como de la Subsecretaría de Pesca, Sernapesca y de la industria pesquera (ANEXO 2).

Previo al Taller se les envió a los participantes la siguiente información del proyecto: título, objetivo general y específicos, equipo de trabajo, descripción de modelo conceptual propuesto así como también de las hipótesis formuladas. Además, se les envió la información sobre los objetivos y programa del Taller de Trabajo (ANEXO 3).

En el Taller de Trabajo se utilizó la metodología propuesta por Godet (2001) simplificada de tal manera, que se pudiese realizar el evento en un solo día. Para tales fines, los participantes se dividieron en tres grupos (ANEXO 2). Cada uno abordó, de acuerdo a un procedimiento preestablecido, la discusión de dos preguntas trabajadas en bloque secuencial y basado en la metodología NGT (Gill y Delbecq, 1982). Las preguntas que se abordaron en los trabajos grupales fueron las siguientes:

- 1. DE ACUERDO A SU EXPERIENCIA PERSONAL, DESCRIBA BREVEMENTE CADA UNO DE LOS ASPECTOS QUE PUEDEN MEJORAR EL MODELO CONCEPTUAL PLANTEADO**

- 2. EN SU OPINIÓN DESCRIBA LOS ASPECTOS QUE PUEDEN MEJORAR CADA UNA DE LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS.**

Para abordar estas preguntas y poder mejorar tanto el modelo como las hipótesis propuestas, se efectuó el siguiente procedimiento de acuerdo a la metodología NGT:

PASO 1: GENERACIÓN SILENCIOSA DE RESPUESTAS EXPRESADAS POR ESCRITO (5-7 minutos).

Contestar individual y silenciosamente por escrito, con frases cortas y precisas a la pregunta formulada.

PASO 2: RONDA DE RESPUESTAS DE CADA MIEMBRO DEL GRUPO, REGISTRADAS EN PAPELOGRAFO/PIZARRA O A TRAVÉS DE OTRO MEDIO (30- 45 minutos).

Listar, secuencialmente, verbatim una-a-una, las respuestas individuales. Escribirlas en la pizarra. Si surgen nuevas respuesta se registran también. El proceso termina cuando no hay más nada que agregar.

PASO 3: ACLARACIÓN SECUENCIAL DE LAS RESPUESTAS SÓLO SI FUESE NECESARIO (45-60 min)

Esta es la primera oportunidad que tienen los integrantes del grupo de trabajo para conversar en forma “secuencial para **clarificar**” mas que **debatir**”, acerca de todas las respuestas generadas. Las diferencias ciertamente pueden discutirse. No obstante el Armonizador debe monitorear la discusión de tal suerte que **ella se focalice en agregar información**. Todas las preguntas y comentarios que ayuden a clarificar las respuestas, se alientan y apoyan. La norma es que se pasa a la siguiente respuesta cuando la precedente ha sido satisfactoriamente aclarada. En este proceso nada es eliminado, estemos o no de acuerdo con la respuesta.

PASO 4: VOTACIÓN PRELIMINAR INDIVIDUAL PARA LAS RESPUESTAS PRIORITARIAS.

Cada participante escoge del total de respuestas las que él considera son las 7 mejores que contribuyen a la pregunta formulada y se les asigna un puntaje en una escala de 1 a 7, siendo 1 el mínimo y 7 el máximo.

- a). Se asigna un puntaje de 7 a la más importante vs un puntaje de 1 a la menos importante
- b). A las cinco restantes: Se le asigna un puntaje de 6 a la más importante vs un puntaje de 2 a la menos importante
- c). A las tres restantes. Se le asigna un puntaje de 5 a la más importante vs un puntaje de 3 a la menos importante
- d). A la respuesta que queda se le asigna un puntaje de 4.

PASO 5: VOTACIÓN FINAL

Sólo si hay dudas se realiza una nueva votación estableciendo el ranking final. Si hay controversias respecto a la votación asignada se vuelven a repetir los pasos anteriores y se establece el ranking final.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico de la calidad y suficiencia de la información disponible sobre el recurso pez espada, su biocenosis, oceanografía, relieve submarino y meteorología en el océano Pacífico Sudeste.

4.1.1. Definición del sistema

El pez espada, *Xiphias gladius* se encuentra distribuido en el Océano Pacífico Oriental (OPO) desde los 50 Lat. Norte a los 40° Lat. Sur, encontrándose en el hemisferio sur con mayor densidad al oeste de las costas de Perú y Chile (Fig. 4, Area 1). En base a variados antecedentes previos Barría y Canales (2003) postularon como hipótesis, la existencia de una unidad de stock de pez espada en el Pacífico Sur Oriental cuyos límites geográficos estarían contenidos en la macrozona 5° N. - 50° S y desde la costa de América del Sur hasta los 150° L. W (Fig. 4).



Figura 4. Área de estudio del pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental.

4.1.2. Pesquería del pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental

Esta especie altamente migratoria es capturada por las siguientes flotas de países distantes, a saber: flota japonesa, coreana, taiwanesa, Comunidad Económica Europea (CEE) (principalmente española), y las flotas de los países ribereños de Colombia, Perú, Chile y Ecuador (Tabla 1).

La flota japonesa, coreana y taiwanesa tiene como especie objetivo a los atunes y el pez espada forma parte de la fauna acompañante, opera principalmente en el Área 2, (Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003) (Fig. 5).

Desde 1990 opera en el Océano Pacífico (OP) una flota palangrera española orientada a la captura de pez espada (Mejuto *et al.*, 2000, 2001, 2003; Mejuto y García-Cortés 2002, 2003, 2005).

En el caso de los países ribereños Colombia tiene una flota semi-industrial que captura pez espada utilizando red de enmalle y palangre. Ecuador posee una flota que está formada por barcos industriales y artesanales que usan palangre como arte de pesca, pero también está compuesta por barcos atuneros de cerco que capturan pez espada de manera incidental. Perú posee una flota artesanal que captura pez espada en pequeña proporción, el arte de pesca usado es el palangre y redes de enmalle. También operan barcos palangreros ocasionales, con licencia de pesca, que captura pez espada como fauna acompañante (CPPS, 2005)

Chile posee una flota palangrera industrial, una flota palangrera artesanal y otra redera artesanal cuya evolución se ha documentado en diversas publicaciones e informes técnicos (Barbieri *et al.*, 1989; 1990; 1996, 1998; Barbieri, 2001; Barría *et al.*, 2004 a y b, 2005, 2006; Donoso *et al.* 2000, 2001, 2002, 2003; Donoso y Cerna 2002; Donoso y Chong, 1995; Ponce y Bustos 1991; Yáñez *et al.* 1994, 1996, 2001; Yáñez y García, 1996, Yáñez y Toro, 1999; Yáñez, 1997). También se han realizado una serie de tesis estimación de parámetros vitales y evaluación de stock (Acevedo, 2001; Toro, 2001), análisis de la pesquería artesanal (Correa, 1993), distribución espacio-temporal (González, 1993),

determinación de edad y crecimiento (Montiel, 1996) y zonas probables de pesca determinadas a través de imágenes satelitales (Nieto, 1999).

Existen revisiones mundiales de la pesquería de pez espada que son interesantes de analizar respecto a la información sobre biología y pesquería (Artuz, 1963; Beckett, 1974; Boggs, 1989; Ovchinnikov, 1970; Palko *et al.*, 1981; Ward y Elscot, 2000; Weidner y Serrano, 1997). Análisis del estado del recurso en el OPO han sido desarrollado por varios autores (Hinton y Bayliff, 2002; Hinton *et al.*, 1997,2005; Joseph *et al.*, 1994; Kleiber, 1999; Sosa y Shimizu, 1991). También se ha recopilado información sobre pesquerías que presentan un mayor desarrollo tecnológico, como las pesquerías de Estados Unidos (Arocha y Lee, 1992; Bedford y Hagermar, 1983; Coan *et al.*, 1998; Ward *et al.*, 2004) y una pesquería que posee siglos de explotación en el Mar Mediterráneo (De Metrio *et al.*, 1989).

Tabla 1. Pesquerías de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y referencias de otras latitudes.

Pesquería	Referencia bibliográficas	Océano	Características
Chile	Donoso et al 1998, 2000, 2001, 2002, 2003 Barría et al, 2004b; 2005, 2006 Ponce y Bustos 1991, Yañez 1997, Barbieri et al, 1990; 1996, 1998 Yañez, 1997, Yañez y García 1996; Yañez et al 1994, 1996, 2001 Acevedo, 2001; Correa, 1993, Gonzalez, 1993, Montiel, 1996, Nieto, 1999 Toro, 2001	OPSO OPSO	Seguimiento de pesquerías palangrera industrial y redera artesanal. Período (1997-2005) Desarrollo de la pesquería de X.gladus en Chile Estimación de parametros vitales y Evaluación del recurso y relaciones con condiciones ambientales
Colombia	CPPS, 2005	OPO	Pesquería semindustrial utiliza redes de enmalle y palangre
Perú	CPPS, 2005	OPSO	Pesquerías redera artesanal y barcos industriales con licencia de pesca operan con palangre.
Ecuador	CPPS, 2005	OPO	Pesquería palangrera industrial industrial y artesanal que utilizan red de enmalle.
España	Mejuto et al, 2000, 2003; Mejuto y García 2002, 2003, 2005	OPSO	Seguimiento de la pesquería palangrera industrial Período (1990-2003)
Japón	Shingu et al 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992 Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003	OPO	Pesquería palangrera japonesa Período (1967-1997)
Mundial	Artuz, 1963; Boggs, 1989; Ovchinnikov, 1970, Palko, 1981; Weidner y Serrano, 1997; Ward y Elscot 2000; Beckett, 1975 Hinton y Bayliff, 2002; Hinton et al 1997 y 2005, Joseph et al 1994 Kleiber 1999 y Nishikawa y Shimizu, 1991	Mundial OPO	Revisiones de pesquerías de X. gladius a nivel mundial Evaluación de Stock de X. gladius en el OPSO
Estados Unidos	Bedford y Hagermar, 1983; Coan et al, 1998; Ward et al, 2004 Arocha y Lee 1992	OPO	Pesquería de pez espada en la Corriente de California Pesquería de pez espada en el Atlántico Norte
Grecia	De Metrio, et al, 1989.	Mar Mediterráneo	Pesquería del pez espada en Grecia.

4.1.2.1. Captura

Los desembarques de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental (OPSO), muestran una tendencia general creciente. En el periodo 1945-1996 hubo un bajo nivel de explotación donde la mayor captura fue realizada por Perú, destacándose el año 1950 con 6.000 toneladas. La flota japonesa fue importante en el OPSO a partir de 1974 pero su nivel de captura no ha sobrepasado las 3000 t. anuales (Fig. 5). Respecto a la flota japonesa, ésta captura pez espada de manera incidental, por ese motivo los desembarques no han aumentado y se han mantenido en un nivel inferior a las 3000 toneladas, lo cual puede interpretarse como que el nivel de explotación fue sustentable en el período 1955-1985.

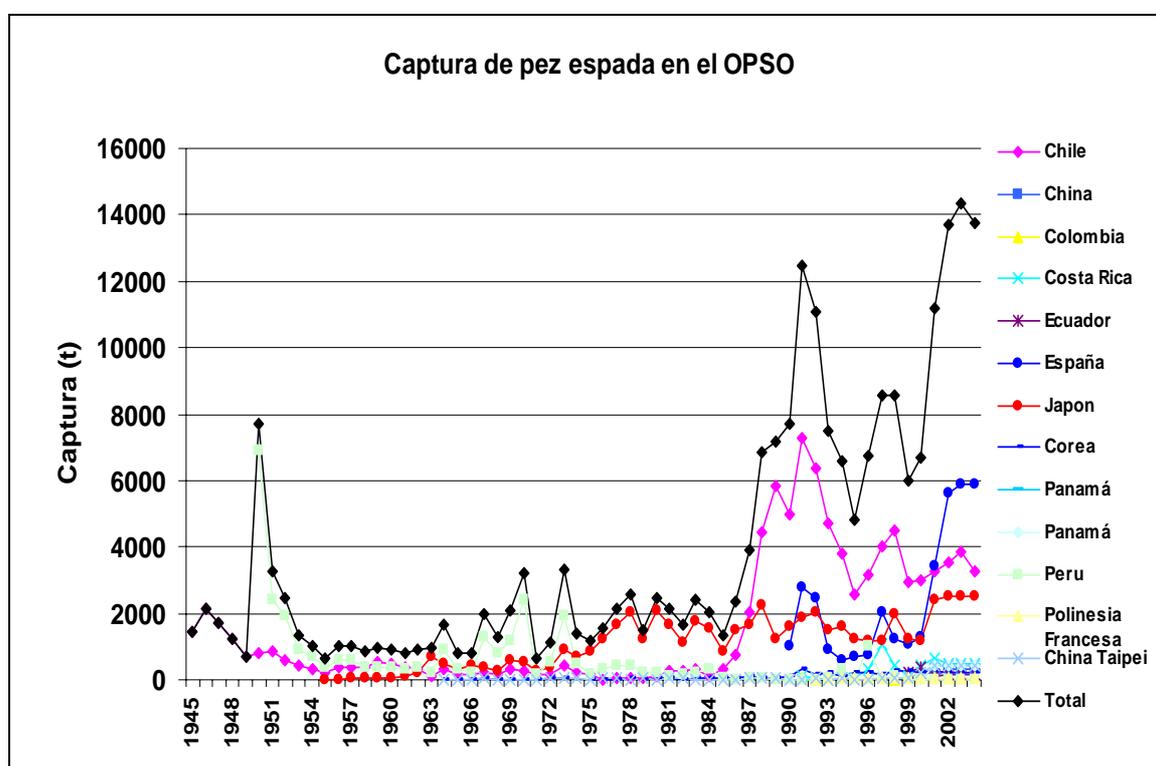


Figura 5. Captura de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental. Período 1945-2004.

A partir de 1986, los desembarques del pez espada en el OPSO experimentaron un aumento desde 2.330 t en 1986 a 13.737 t, en el año 2004. Es decir, ha existido un aumento de los desembarques en el período de un 489,6 %, lo que representa un cambio de un 27,2 % anual. Las flotas responsables de este aumento fueron la chilena y la de la CEE (España).

En el período 1986-1994, predominaron los desembarques de la flota chilena y en ese lapso de tiempo se desarrolló la pesquería industrial. Sin embargo, en los 10 últimos años, sus desembarques se encuentran estabilizados en el orden de las 3.400 t anuales.

Los desembarques de la flota española han aumentado de manera impresionante desde 1.000 toneladas en 1990 a 5.900 toneladas el 2003 (Mejuto y García, 2005), es decir, ha existido un incremento de un 487 % que representa un cambio de un 34,8 % anual. La flota española ha aumentado su porcentaje de participación desde un 13,1 % en 1990 hasta un 41,3 % el 2003.

4.1.2.2. Distribución espacial de las flotas que capturan pez espada en el OPSO

En este estudio se describe la distribución espacial de las tres flotas principales que capturan pez espada en el OPSO, siendo las flotas principales las de Japón, España (CEE) y Chile.

Japón

La distribución espacial de las áreas de pesca del pez espada en el OPSO, está bien representada con la información de la flota japonesa, la que tiene la mayor cobertura espacial. En general, se puede apreciar que la flota japonesa tiene actividad extractiva durante todo el año en el OPSO (Uosaki y Bayliff, 1999). Durante el primer trimestre la actividad se concentra en la zona tropical desde los 0° - 15°S y desde los 90° - 150°W, con una proyección de la flota hacia la costa del Ecuador, también existen capturas frente a Perú y Chile entre los 15°- 20°S entre los 75° - 83°W. Durante el segundo semestre la flota japonesa mantiene su distribución espacial en la zona tropical pero se observa una intrusión hacia latitudes mayores con mejores rendimientos de pesca fuera de la ZEE de la costa sudamericana entre 15° - 32° S y desde 70° - 90°W (Fig. 6).

Durante el tercer trimestre la flota japonesa permanece en la zona tropical desde los 0° - 20°S, desde el límite de la ZEE de los países ribereños sudamericanos hasta los 150° W. Además, se aprecia que los mejores rendimientos se obtienen en las latitudes desde los 15° - 35°S y una distribución desde los 70°- 97° W, siguiendo los frentes que forman la

convergencia subtropical. Finalmente, durante el cuarto trimestre, la flota japonesa se mantiene en la zona tropical de los 0° - 20° S y desde los 150° W hasta el límite de ZEE de los países ribereños de la costa sudamericana. Al sur de esta latitud se aprecia que la distribución espacial de la flota es dispersa, con una gran variabilidad en los rendimientos de pesca, desde los 20° - 35° S y desde los 150° W hasta la ZEE de los países ribereños, lo cual coincide con la migración reproductiva del recurso (Fig. 7).

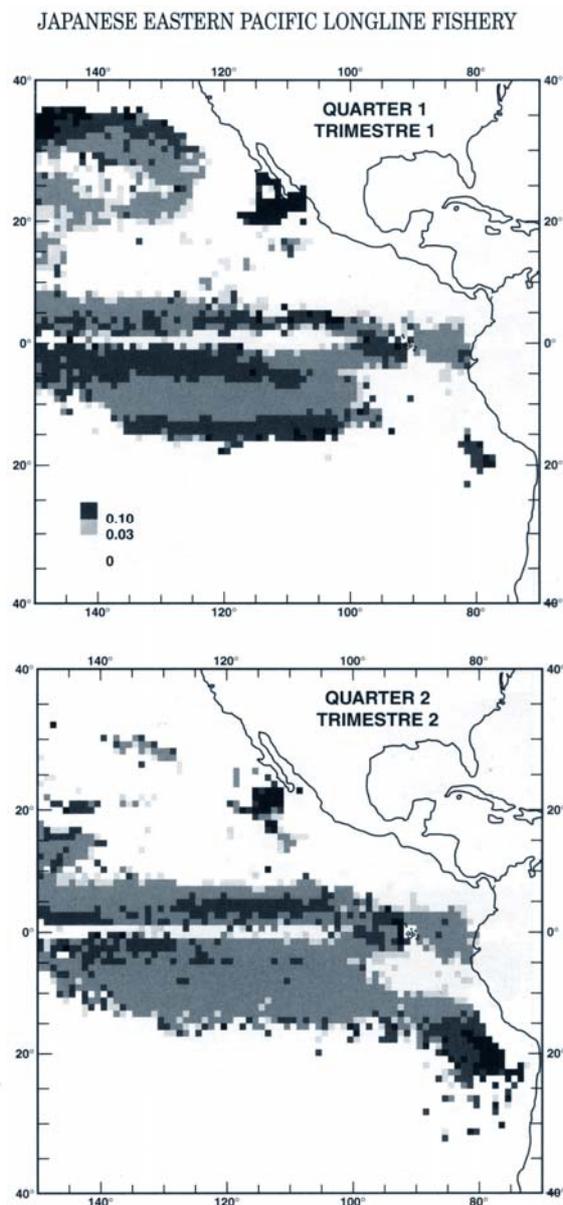


Figura 6. Distribución espacial de la CPUE de la flota japonesa en el Pacífico Sur Oriental. Primer y segundo trimestre.

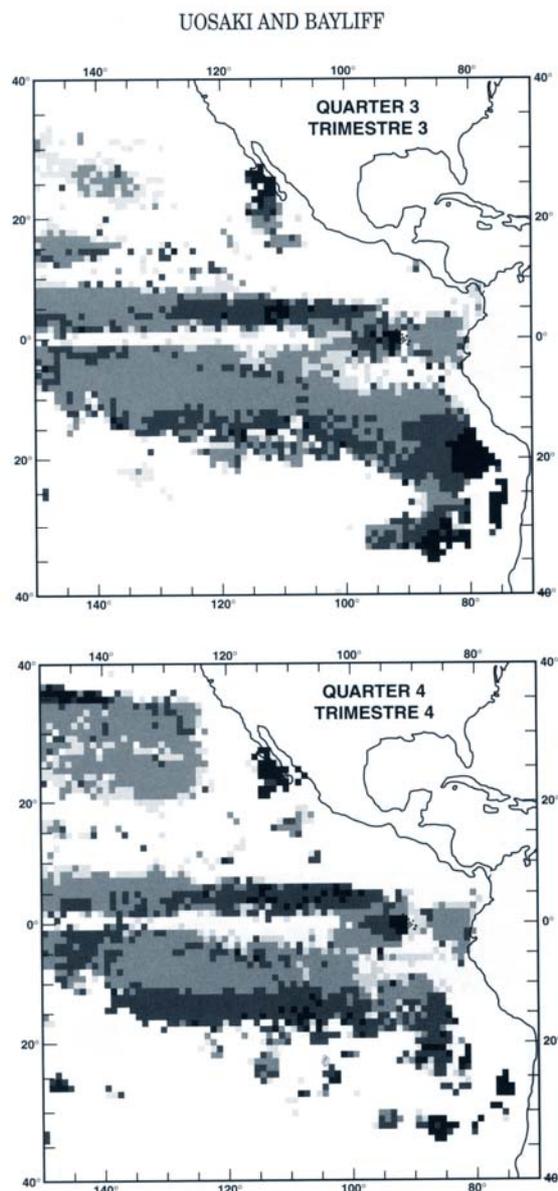


Figura 7. Distribución espacial de la CPUE de la flota japonesa en el Pacífico Sur Oriental. Tercer y cuarto trimestre.

CEE (España)

La distribución espacial de la flota española en el OPSO, está bien representada en los años 2002 y 2003. La flota española se distribuyó en el OPSO desde los 10° – 40°S y 75° -

120°W (Fig. 8). En general se aprecia que la flota española realizó mayores incursiones hacia el oeste y tuvo una distribución más dispersa (Mejuto y García-Cortés, 2005).

En el año 2002, la flota española se distribuyó desde los 15° – 45°S y 70° - 90°W (Mejuto *et al*, 2003). Las zonas de pesca de la flota española son similares a la que tiene la flota chilena (Fig. 9).

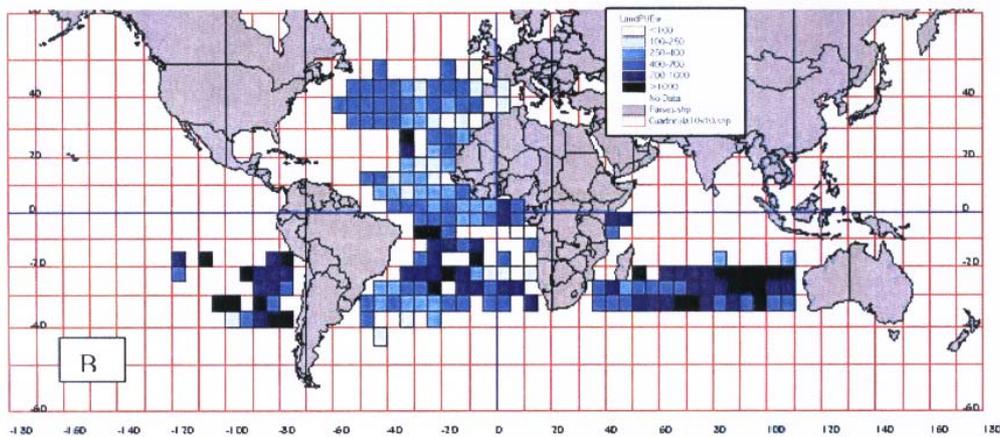


Figura 8. Distribución espacial de la CPUE de la flota española en los océanos, Pacífico, Atlántico e Indico, temporada 2003.

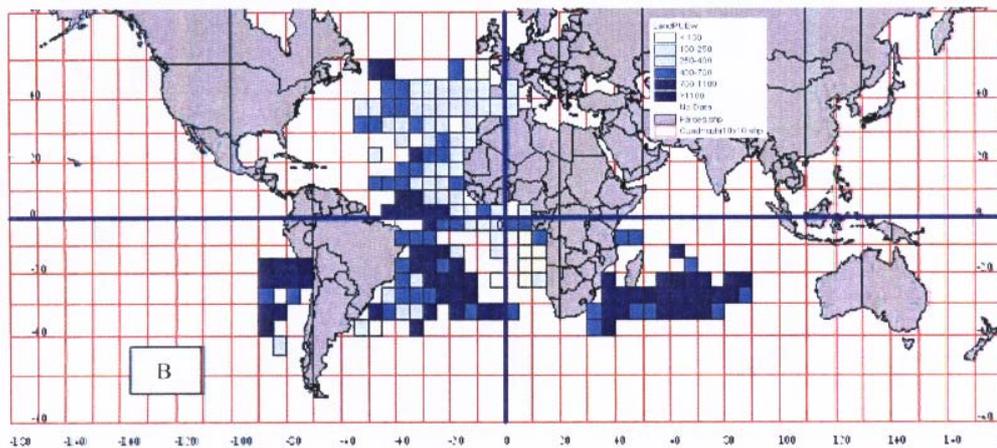


Figura 9. Distribución espacial de la CPUE de la flota española en los océanos, Pacífico, Atlántico e Indico, temporada 2002.

Chile

La distribución espacial de las capturas de la flota palangrera chilena en el período 2002 - 2005 han sido descritas por Barría *et al.* (2005) y se muestran en la Figura 10. Particularmente, la distribución espacial de la flota abarca desde los 16° - 42°S y entre los 74° - 110°W. Respecto a los patrones históricos de la captura muestran un marcado comportamiento estacional que está asociado a las migraciones que presenta el pez espada en las zonas de alimentación del ecosistema de Humboldt (Fig. 11).

El patrón espacio-temporal es el siguiente: la actividad extractiva en el mes de enero y febrero se realiza en las zonas oceánicas (26°S, 105°W) debido a que el pez espada se encuentra en proceso de desove y post-desove, en los meses siguientes de marzo a septiembre la actividad se concentra en las zonas de alimentación del pez espada en la corriente de Humboldt (35 - 26°S, 80° - 82°W), es decir, existe un movimiento de la flota de sur a norte y se mantiene alrededor de los 82°W. Durante el último trimestre de cada año, la actividad extractiva se desplaza en forma más oceánica hacia el oeste y hacia latitudes menores (26°S, 85°W), debido al inicio de la migración reproductiva del pez espada.

Es decir, las flotas palangreras chilena y española operan en el área de alimentación, la que no se superpone con el área de desove de esta especie. Las áreas de pesca de la flota japonesa se superponen con el área de desove, pero su nivel de esfuerzo es menor a las flotas antes mencionadas y no está orientada a la captura del pez espada. En general se aprecia que la distribución más probable del área de desove del pez espada en el OPSO, es una franja de los 10° - 25°S, y desde los 95° - 150°W.

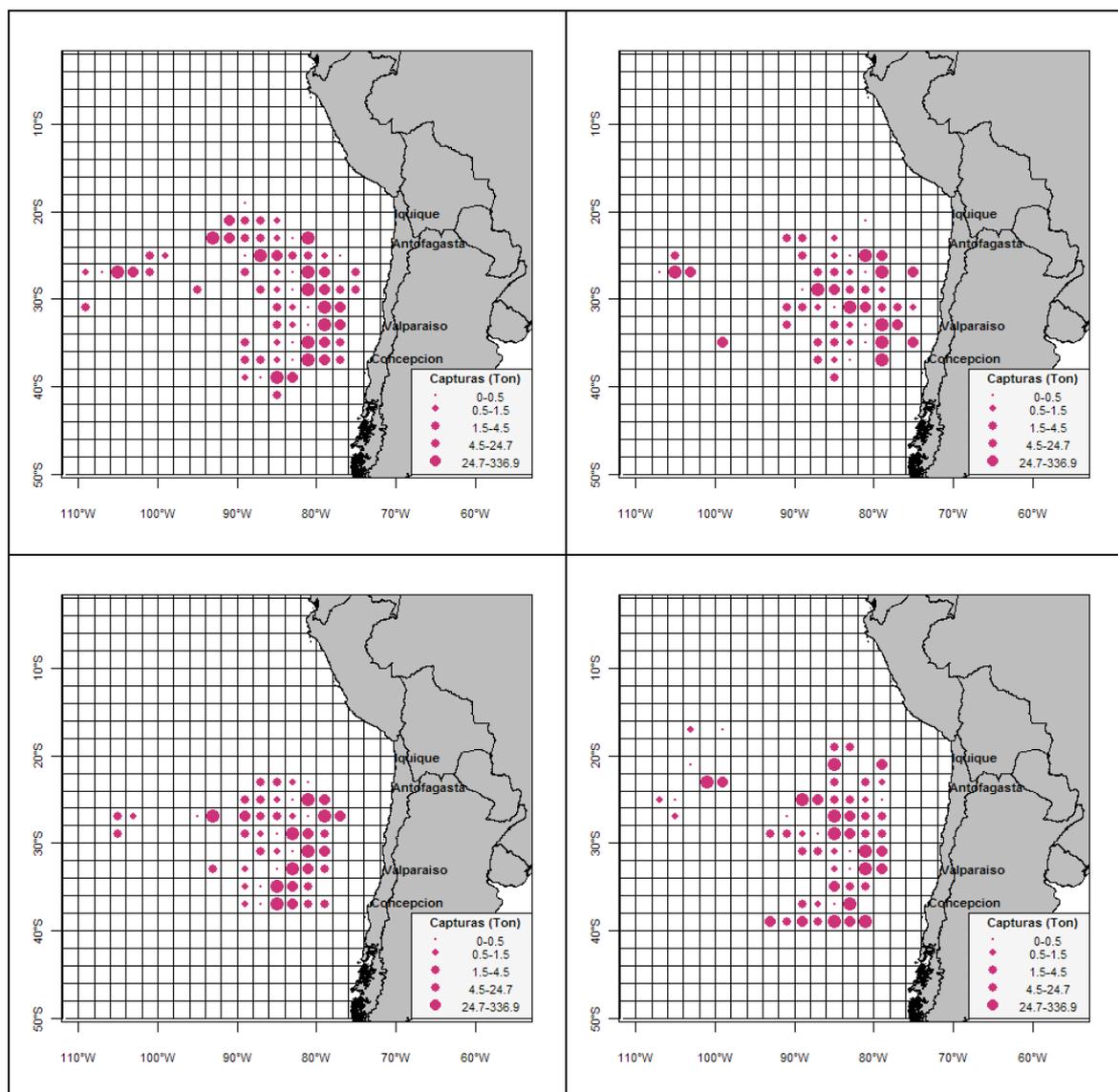


Figura 10. Distribución espacial de las capturas del pez espada de la flota palangrera industrial, años 2002 a 2005; 2002(superior derecha), 2003 (superior izquierdo), 2004 (inferior izquierdo) y 2005(inferior derecha).

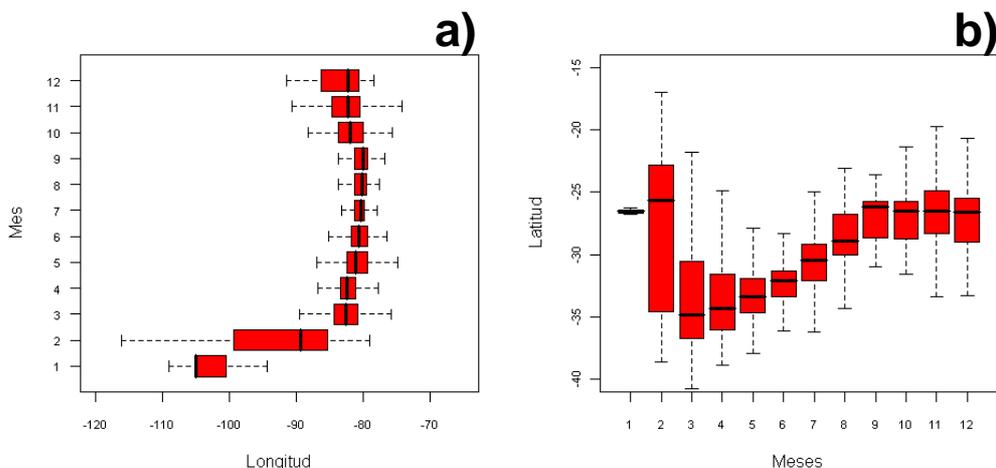


Figura 11. Distribución mensual longitudinal y latitudinal de las capturas de pez espada de la flota palangrera; a) y b) patrones históricos flota palangrera industrial periodo 2001-2004.

4.1.3. Información biológica y demográfica

4.1.3.1. Unidades poblacionales

Chow *et al.* (1997), con la técnica de ADN mitocondrial, establecieron diferencias entre las poblaciones de *Xiphias gladius* del Mar Mediterráneo, Océano Atlántico y Océano Pacífico. Estas poblaciones de pez espada se estructuran a una escala global ya que el intercambio genético entre poblaciones de una misma cuenca presenta alto grado de panmixia. En la Tabla 2 se entrega un resumen de los trabajos relativos a las unidades poblacionales de pez espada a nivel mundial y en el Océano Pacífico.

Reeb *et al.* (2000), secuenciaron las bases de la región control d-loop del ADN mitocondrial de ejemplares de *X. gladius* del Océano Pacífico Norte y Sur. Estos autores rechazaron la hipótesis que las poblaciones de *X. gladius* sean homogéneas en el Océano Pacífico. En su estudio demostraron que las poblaciones divergen de manera significativa en el Océano Pacífico Occidental (OPO), particularmente las muestras de Australia y Japón. Además, señalaron que las poblaciones en el OPO parecen ser continuas, es decir,

no existe un grado de diferenciación entre las muestras de Estados Unidos, México, Perú y Chile.

Galleguillos *et al.* (2001) desarrollaron exitosamente en Chile, las tres técnicas moleculares para la determinación de unidades poblacionales en esta especie: variabilidad aloenzimática, ADN mitocondrial y de genes nucleares. En el estudio aloenzimático, estos autores analizaron muestras de las costas chilenas y de la zona de la Alta Mar, no encontrando diferencias entre éstas, por lo tanto concluyeron que provienen de la misma unidad de stock. La técnica de análisis de ADN mitocondrial permitió concluir que las muestras analizadas provenientes de las costas de Chile corresponderían a una población panmíctica, reafirmando la alta homogeneidad encontrada a través del análisis de aloenzimas.

En el análisis de la especie para en el Océano Pacífico, se estudiaron mediante la técnica del ADN mitocodrial muestras de pez espada provenientes de la costa continental y de las islas oceánicas de Chile, Ecuador y Australia en el Océano Pacífico Sur y de Hawaii y México en el Océano Pacífico Norte. La técnica empleada fue el ADN mitocondrial. El análisis comparativo general señaló una tendencia a agrupar las muestras de Chile-Costa; Chile-Juan Fernández; Ecuador; y, México. Las muestras de Hawaii y Australia son las que se diferencian significativamente tanto del resto como entre sí.

Sobre la base de estos antecedentes y de la información biológico-pesquera, Barría y Canales (2003) postularon como hipótesis para la evaluación de stock, la existencia de una sola unidad de stock de pez espada en el Pacífico Sur Oriental cuyos límites geográficos estarían contenidos en la macrozona 5° N - 50° S y desde la costa de América del Sur hasta los 150°W (Fig. 5).

Tabla 2. Unidades poblacionales de pez espada a nivel mundial y en el Océano Pacífico

Referencia bibliográficas	Océano	Características
Chow <i>et al.</i> , 1997	OP, O.Atl., y Mar Mediterráneo	Establecen con ADN mitocondrial, diferencias entre X.gladus del Mar Mediterraneo, Oceano Atlantico y Oceano Pacífico Las poblaciones se estructuran a una escala global ya que el intercambio genético entre poblaciones de una misma cuenca presenta alto grado de panmixia
Reeb <i>et al.</i> , 2000	OP	Secuenciaron bases de la region control d-loop del ADN mt de ejemplares de X. gladius del Oceano Pacífico norte y sur Rechazan la hipótesis que las poblaciones de X.gladus sean homogéneas en el Oceano Pacífico. Las poblaciones divergen de manera significativa en el Pacífico Occidental,(Australia y Japón) mientras que en el Pacífico Este parecen ser continuas (Estados Unidos, Mexico, Perú y Chile)
Galleguillos <i>et al.</i> , 2001	OPSO	Compararon con marcadores proteinicos ejemplares de X. gladius provenientes de la costa de Chile e Isla Juan Fernández y no se encontraron diferencias significativas y concluyen que pertenecen a la misma unidad poblacional. Se analizaron cuatro enzimas de restricción de d-loop del ADN mt de ejemplares de X. gladius del Océano Pacífico. Encontraron afinidad genetica en muestras de Chile, Ecuador y Mexico. Estas difieren de las muestras de Hawaii y Australia

4.1.3.2. Estructura del stock

4.1.3.2.1. Áreas de desove

El área de desove del pez espada se proyecta en forma oceánica hasta un límite aún no definido. En el Océano Pacífico Sur Oriental se han encontrado larvas de pez espada a los 22° 38' S y 105° 24' W (Nishikawa y Ueyanagi, 1974).

Antecedentes del monitoreo de la pesquería en la flota espinelera industrial de Chile señalan que se han detectado índices gonadosomáticos altos de pez espada $IGS > 5$, previos al desove, en zonas próximas a la Isla de Pascua (Donoso *et al.*, 2002b; Barría *et al.*, 2004b; 2005, 2006). En la Tabla 3 se entrega un resumen de los trabajos relativos a las áreas de desove de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y otras latitudes.

El desove del pez espada ocurre en los meses de noviembre y diciembre (Zárate, 1997; Donoso *et al.*, 2002b; Barría *et al.*, 2004a; 2005, 2006) y coincide con la presencia de larvas encontradas por Nishikawa y Ueyanagi (1974). La temperatura superficial del mar en el área de desove donde se han encontrado larvas fluctúa desde los 24,1°C a los 30,7 °C.

Antecedentes de la flota japonesa que opera en el Océano Pacífico Oriental indican la presencia de *X. gladius* maduros en áreas de alta mar al oeste de los 95°W y 0° - 30°S.

También se indica que *X. gladius* presenta diferencia en la época de desove entre el hemisferio norte y el hemisferio sur (Shingu *et al.* 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff 1992, Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003). Estos autores señalan que las hembras maduras son más abundantes en el hemisferio norte de marzo a junio y en el hemisferio sur en enero.

Otros antecedentes indican que las hembras en desove inminente con $IGS > 7$, se encontraron al oeste 110° W entre los 10° N y 30° S (Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003).

Referente al ictioplancton Matsumoto y Kazama, (1974); Nishikawa *et al.* (1978; 1985 fide Miyabe y Bayliff, 1987), registraron 4 larvas, al oeste de los 130°W entre los 5° N y los 20°

S. Las larvas se encontraron en aguas ecuatoriales al oeste de los 120°W con temperatura superficial que excedían los 24° C.

Nakano y Bayliff, (1992) reportaron hembras maduras de pez espada, IGS>7 en áreas al oeste de 95° O entre 25° N y 15° S. Al norte de la línea del Ecuador predominan las hembras maduras durante el segundo trimestre y al sur de la misma durante el cuarto trimestre.

Otros antecedentes de Uosaki y Bayliff (1999) coinciden con el área geográfica e indican altas concentraciones de peces maduros (IGS>1,37), según el criterio de Hinton *et al.* (1997), al oeste de los 125°W entre los 10°N y 15°S, durante el cuarto trimestre.

Los antecedentes permiten postular que el área de desove del pez espada en el Océano Pacífico Oriental se encuentra entre los 10°N -25°S y desde la latitud 95°-150°W. Además existe un desfase temporal en la época de desove de ejemplares del hemisferio norte y sur.

De Martini *et al.* (2000) señalan áreas de desove de pez espada en Hawaii, analizando la presencia de hembras en desove inminente durante la primavera, encontraron un alto porcentaje (98%) de marzo a junio y un 78% de mayo a junio. Taylor y Murphy (1992) reportan cambios en la proporción sexual durante el período de desove en el estrecho de Florida y cambios similares han sido publicados en el OPSO por García-Cortés y Mejuto (1988, 2001). Además, se han documentado la presencia de larvas de *X. gladius* en el Golfo de México (Arata, 1954) y Arocha, (1998, 2002) señala la importancia de las áreas de desove para la ordenación de la pesquería de pez espada en el Océano Atlántico Norte. De la Serna y Alot (1990) encontraron una hembra madura de *X. gladius* de 142 cm de LMHIH en el Mar Mediterráneo.

Young y Drake (2002), señalan las áreas de desove del pez espada en el Océano Pacífico Sur Occidental entre las latitudes 0°-35°S y desde la costa de Australia hasta los 160° E, lo cual indica que la unidad poblacional de pez espada de Australia tiene áreas de desove diferentes al pez espada del Océano Pacífico Sur Oriental.

Tabla 3. Áreas de desove de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y referencias de otras latitudes.

Pesquería	Referencia bibliográficas	Océano	Características
Chile Palangrera industrial	Barría et al, 2004; 2005, 2006 Donoso et al 2002b	OPSO	Indices gonadosomáticos (IGS>5) señalan hembras desove inminente se han detectado en la zona de los 90° - 120° O. en los alrededores de Isla de Pascua, Chile. Las zonas de desove no son las zonas habituales de pesca de países ribereños. La época de desove de X. gladius es noviembre a enero
Japón Palangrera industrial	Zárate, 1997; Chong,1998 Shingu et al 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff 1992 Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003	OPO	Encontraron X.gladius maduros en areas de alta mar al oeste de los 95° O. y 0° - 30° S. Encuentran diferencia en la época de desove entre el hemisferio norte y sur. Los peces maduros son mas abundantes en el hemisferio norte de marzo a junio y en el hemisferio sur en enero. Encuentran hembras en desove inminente IGS>7 al oeste 110° O entre los 10° N y 30° S.
	Matsumoto y Kazama, (1974) Nishikawa y Ueyanagi (1974) Nishikawa et al (1978 y 1985) fide Miyabe y Bayliff ,1987	OPO	Registraron 4 larvas al oeste de los 130° Oentre los 5° LN y los 20° LS.
	Nakano y Bayliff, 1992	OPO	Larvas en aguas ecuatoriales aoeste de los 120°W con temperatura superficial que excedian los 24° C. Peces maduros, IGS>7se encontraron en areas al oeste de 95°O entre 25°N y 15°S. Al norte de la línea del Ecuador predominan durante el segundo trimestre y al sur de la misma durante el cuarto trimestre
	Uosaki y Bayliff,1999	OPO	Encuentran altas concentraciones de peces maduros (IGS>1,37, Hinton et al 1997), al oeste de los 125°W entre los 10°N y 15°S, durante el cuarto trimestre
Estados Unidos Palangrera industrial	De Martini, E.E., J. Uchiyama and H. Williams. 2000. Taylor, R.G. y M. D. Murphy. 1992; Garcia y Mejuto, 1998, 2002	OP O Atl N	Señalan la presencia de hembras de X. gladius con desove inminente durante la primavera un 98% de marzo a Julio y un 78% de mayo a junio en los alrededores de Hawaii Observaron cambios en la proporción sexual durante el periodo de desove en el X gladius del estrecho de Florida y el OPSO
España palangrera industrial	Arata, 1954; Arocha,1 998; 2000 De La Serna, J. M. y E. Alot. 1990.	Mar mediterráneo	Describen las áreas de desove de X.gladius en el O.Atl N y la importanci para la administración pesquera Observaron hembras maduras de X. gladius de 142 cm LMIH, se consideran las hembras más pequeñas que se han documentado. Este estudio estuvo basado en indices gonasomáticos que fueron validados histológicamente.

4.1.3.2.2. Áreas de reclutamiento

La definición operacional de reclutas de *X. gladius* que se utiliza en este estudio son ejemplares pertenecientes al grupo de edad 0 y I. La longitud media del grupo de edad I, es de 140 cm LMIH. Estos ejemplares se encuentran en baja proporción en las pesquerías chilenas que operan en el Área 1, principalmente en la flota redera artesanal (<1%). En la flota palangrera industrial representan valores <5 % (Donoso *et al.* 1998, 2000, 2001, 2002, 2003; Barría *et al.*, 2004, 2005, 2006). Sin embargo, los ejemplares reclutas se encuentran presentes en todas las distribuciones de tamaño de las capturas a lo largo de la costa de Chile. En la Tabla 4 se entrega un resumen de los trabajos relativos a las áreas de reclutamiento de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y otras latitudes.

La distribución geográfica de la zona de reclutamiento del pez espada se ha asociado a la cordillera de Nazca y se ha descrito al norte de los 24°S (Yáñez *et al.*, 2004). En las distribuciones de tamaño en la captura de la flota palangrera española que opera en latitudes menores, la proporción de reclutas es <10% (Mejuto *et al.*, 2000, 2003; Mejuto y García-Cortés 2002, 2003, 2005) y corresponden al grupo de edad 0 y 1 (Barría y Canales, 2003).

Un análisis detallado de la estructura de tamaño de pez espada capturado por la flota japonesa, permite determinar que los principales focos de agregación de los ejemplares reclutas se encuentran en el Área 2. Según los reportes de la flota japonesa que opera en el Océano Pacífico Sur Oriental, ésta captura reclutas de *X. gladius* de 50 -122 cm LOH, longitud equivalente a 64 -140 cm LMIH; la proporción de reclutas en la captura fue más del 40%.(Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff, 1992; Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003). La zona de reclutamiento se encuentra en la alta mar al oeste de los 100°W entre los 0 y 20°S en el hemisferio sur.

Los antecedentes permiten postular que el área de reclutamiento del pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental es extensa y se encuentra principalmente entre los 10°N - 35°S y principalmente desde la latitud 100 - 150°W. Además el área de reclutamiento presenta una mayor dispersión que el área de desove antes descrita.

Existen antecedentes de otras latitudes sobre áreas de reclutamiento de *X. gladius* que señalan un porcentaje de un 40% de reclutas en las capturas de la flota palangrera en Hawaii (De Martini *et al.*, 2000).

Tabla 4. Áreas de reclutamiento de pez espada en el Océano Pacífico Sur oriental y referencias de otras latitudes.

Pesquería	Referencia bibliográficas	Océano	Características
Chile Palangrera industrial Palangrera artesanal	Donoso et al 1998, 2000,2001, 2002 a y b ,2003 Barría et al, 2004; 2005, 2006 Yáñez et al., 2004.	OPSO OPSO	La definición operacional de reclutas son ejemplares pertenecientes al grupo de edad 0 y I. La longitud media es de 140 cm LMIH. Estos ejemplares se encuentran en las pesquerías chilenas, en baja proporción en la flota redera artesanal (<1%). En la flota palangrera industrial es de 5 %. Áreas de reclutamiento en la Cordillera de Nazca, costa sudamericana hasta los 90°W desde los 15° - 20°S
Japón Palangrera industrial	Shingu et al 1974; Miyabe y Bayliff, 1987; Nakano y Bayliff 1992 Uosaki y Bayliff, 1999; Okamoto y Bayliff, 2003 Matsumoto y Kazama, 1974 Nishikawa y Ueyanagi, 1974 Nishikawa et al (1978 y 1985) fide Miyabe y Bayliff ,1997	OPO OPO	Encontraron <i>X. gladius</i> reclutas 50 -122 cm.LOH , equivalente a 64 -140 cm LMIH, en la alta mar al oeste de los 100° O entre los 0 y 20° O en el hemisferio sur. La proporción en la captura fue más del 40%. con al registro de larvas al oeste de los 130° O entre los 5° N y los 20° S. Larvas en aguas ecuatoriales aoeste de los 120° O con temperatura superficial que excedían los 24° C.
España Palangrera industrial	Mejuto et al, 2000; Mejuto y Gracia Cortés 2002, 2003, 2005 Mejuto et al, 2003	OPSO	Ejemplares reclutas de <i>X. gladius</i> en las capturas representa el 10 %. (grupo de edad 0 y 1)
Estados Unidos Palangrera industrial	De Martini et al., 2000. Taylor y Murphy, 1992.	OP O Atl N	Señalan presencia de 40% de reclutas en las capturas en Hawaii Observaron cambios en la proporción sexual durante el periodo de desove en el <i>X. gladius</i> del estrecho de Florida

4.1.3.2.3. Áreas de alimentación

Las áreas de alimentación del pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental no están descritas, sin embargo, la presencia de ejemplares en los meses de febrero a octubre indica que las áreas de pesca se encuentran en las áreas de alimentación. En la corriente de Humboldt existe una alta producción primaria y secundaria y es un área de generación de energía que produce transporte y formación de remolinos (“eddies”). Existe evidencia que el pez espada está asociado a los frentes oceánicos y diversas estructuras dinámicas que generan gradientes termo-halinos, zonas en que se concentra la producción primaria y secundaria, se estructura una comunidad pelágica donde están disponibles las presas del pez espada. Esta especie es oportunista y de amplio espectro trófico, se alimenta de cefalópodos y peces (Castillo *et al.*, 2006; Clarke *et al.*, 1995; Daza *et al.*, 2002; Hernández - García, 1995; Ibáñez *et al.*, 2004; Markaida & Sosa-Nishizaki, 1998; Meléndez, 2005; Velasco y Quintans, 1999). En la Tabla 5 se entrega un resumen de los trabajos relativos a las áreas de alimentación de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y otras latitudes.

La dieta del *X. gladius* cambia con respecto a la distancia de la costa (Velasco y Quintans, 1999) y también en las zonas oceánicas de acuerdo a la latitud. Kubodera, (2004), analizó especímenes de pez espada recolectados en agua subtropicales y aguas transicionales del Océano Pacífico Noroccidental 30°- 45°S y los 140° - 170°E. La dieta cambió de componentes subtropicales en marzo y abril a componentes transicionales en mayo septiembre (Tabla 5).

Tabla 5. Áreas de alimentación de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y referencias de otras latitudes.

Pesquería	Referencia bibliográficas	Océano	Características
Chile Palangrera industrial Palangrera artesanal	Letelier y Meléndez, 2005 en Barria et al 2006	OPSO	Analizaron la alimentación del pez espada capturado por la palangrera artesanal, indican que es un depredador oportunista depreda sobre peces y cefalópodos, siendo los primeros el principal ítem de la dieta. Los cefalópodos omastrefidos fueron los más importantes de la dieta teutológica. Siendo <i>Disosticus gigas</i> la especie con mayor IIR = 10,4%. Los peces más importantes de la dieta ictica fue <i>Cubiceps</i> IIR=55%, <i>Brama</i> (IIR 9,2%)
	Meléndez, 2005	OPSO	Indica que peces espadas capturados entre los 19°-31° S en la primavera de 2004, tenían como alimento de peces a: mictófidios trachipteridos, <i>Beryx splendens</i> , <i>Trachurus murphy</i> , <i>Brama australis</i> , <i>Nesiarchus nasutus</i> , <i>Allothunnus fallai</i> , <i>Scomber japonicus</i> , <i>Cubiceps capensis</i> , siendo <i>B. australis</i> y <i>N. nasutus</i> los más importantes en cuanto a frecuencia de ocurrencia.
	Ibañez et al 2004	OPSO	Encontraron en <i>X. gladius</i> capturado en aguas de Chile central es un depredador teutofago y secundariamente piscívoro, siendo <i>Dosidicus gigas</i> la presa principal. La dieta varía respecto a la zona de captura.
	Yáñez et al, 2004	OPSO	Señalan que en <i>X. gladius</i> el ítem más importante son los teleosteos en su alimentación de verano e invierno, respectivamente
	Daza et al 2002	OPSO	Señalan que el OPSO no existen diferencias significativas en el consumo de cefalópodos por sexo. La presencia de cefalópodos en la dieta es mayor en los meses de invierno a diferencia de los peces
	Castillo et al., 2006	OPSO	Los estudios de alimentación de <i>X. gladius</i> dependen de la zona de muestreo, existe información de la flota redera artesanal e industrial que opera en diferentes zonas geográficas.
Estados Unidos Palangrera industrial	Markaida y Sosa-Nishizaki, 1998.	OPO	Analizaron especímenes de <i>X. gladius</i> y encontraron que se alimentaba principalmente de calamares, géneros <i>Sthenoteuthis</i> y <i>Dosidicus</i> ; así como veinte especies de peces, siendo la merluza la más frecuente.
	Clarke et al., 1995.	O Atl N	Encontraron que la dieta del <i>X. gladius</i> que los ítems, peces y cefalópodos contribuyen de igual forma. Los cefalópodos oceánicos omastrefidos contribuyeron con el 46% en peso y encontraron individuos pertenecientes a 10 familias
	Hernández - García, V. 1995.	O Atl N	Encontraron en <i>X. gladius</i> la presencia de 17 spp de cefalópodos además de diferentes patrones de depredación entre aguas oceánicas y costeras.
	Velasco, F y M. Quintans. 1999.	O Atl N	En 142 especímenes de <i>X. gladius</i> se encontró cambios en la dieta predominio de peces y cefalopodos, y también crustáceos decápodos Este ítem es importante para peces de 58-100 cm longitud. Encuentran diferencias significativas por área geográfica respecto a la costa.
Japón Palangrera industrial	Kubodera, T, 2004	OP	Analizaron especímenes de <i>X. gladius</i> colectados en agua subtropicales y aguas transicionales del Océano Pacífico Noroccidental 30°-45°S y los 140°-170E. La dieta cambió de componentes subtropicales en marzo y abril a componentes transicionales mayo-septiembre. El componente subtropical que predominó fue el cefalópodo omastrefido de gran tamaño <i>O. bartramii</i> (30-50 cm longitud dorsal manto) En el componente transicional predominó <i>Gonatopsis borealis</i> y otros cefalópodos. Entre los peces <i>Brama japonica</i> fue el más dominante 54% en marzo-abril y en aguas transicionales el mictófido <i>Diaphus gigas</i> sobre el 50% en mayo-septiembre.

4.1.3.3. Reproducción

La mayor incidencia de hembras sexualmente activas ocurre durante los meses de noviembre a enero, lo que implica que *Xiphius gladius* tiene una época reproductiva corta. Esta funcionalidad ovárica está representada principalmente por hembras con ovocitos hidratados y en actividad de desove en ese período. Para el caso de los machos, existe un desarrollo espermatogénico de diferente magnitud durante el período anual, sin embargo, la máxima funcionalidad testicular y emisión de espermatozoides se circunscribe a los meses de enero a marzo, situación representada por la gran incidencia temporal de individuos en espermatogénesis, tanto en progresión, como avanzada y emisión. El análisis anterior confirma la existencia de sincronía funcional entre los sexos.

Se analizaron 26 hembras en un estado de madurez avanzada, con gónadas aptas para la separación por tamaños de los ovocitos. Aplicando el criterio dado por Taylor y Murphy (1992) de estimar la fecundidad en base a los ovocitos $>750 \mu\text{m}$ en ejemplares en estadios V y VI ($n = 21$), las estimaciones de fecundidad parcial van de 197.692 a 16 millones de huevos para longitudes de 217 a 303 cm LMIH. En el análisis de las distribuciones de frecuencia se observa una separación de la moda más avanzada alrededor de los 600 micrones, por lo que si se considera como fecundidad parcial a los ovocitos mayores a este diámetro la relación mejora notablemente, fluctuando la fecundidad entre 0,5 y 31 millones de ovocitos para ejemplares de 217 y 303 cm de LMIH, respectivamente. Dado que *Xiphius gladius* sería un pez desovante sincrónico por grupo, es posible estimar su fecundidad total, en este caso, como el total de ovocitos mayores a 250 micrones. El pez espada presenta una fecundidad que fluctúa entre 1 y 52 millones de ovocitos para LMIH de 217 y 303 cm, respectivamente (Donoso *et al.*, 2002b)

4.1.3.4. Ojivas de madurez

Según De Martini *et al.* (2000) en ejemplares provenientes de la pesquería de Hawaii, la talla de primera madurez sexual del pez espada es de 145 cm LOH longitud ojo-horquilla, lo cual equivale a 162 cm de LMIH y de acuerdo a los datos de crecimiento corresponde a una edad de 4 años.

Cabe mencionar que la talla mínima legal de captura en Chile es de 106 cm L12D lo que equivale a una longitud de 178 cm LMIH, que corresponde a la talla óptima donde se maximiza el crecimiento de una cohorte. Estudios anteriores en Chile habían determinado la talla de hembras maduras (L50%) entre 151 y 161 cm LMIH (Zárate, 1997).

4.1.3.5. Crecimiento

El crecimiento del pez espada se ha estudiado a través de muestreos de ejemplares capturados por la flota palangrera industrial chilena. En la Tabla 6 se entrega un resumen de los trabajos relativos a la edad y crecimiento de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental y otras latitudes. El crecimiento se ha estudiado mediante el análisis de la segunda espina de la aleta anal del pez espada. Los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para el pez espada se estimaron en forma no-lineal a través del modelo de Von Bertalanffy estándar y el generalizado. El modelo estándar expresa de forma más correcta el crecimiento del pez espada de las costas chilenas presentando los siguientes parámetros para:

a) machos: $L_{\infty}=279$ cm; $K=0,158$, $t_0 = -2,65$;

b) hembras: $L_{\infty}= 321$ cm; $K = 0,133$; $t_0=-2,46$.

El test multivariado, Hotelling (T2), demostró diferencias significativas en el crecimiento entre sexos, alcanzando las hembras tamaños mayores que los machos. En una comparación entre curvas de crecimiento estimadas por distintos autores (Berkeley y Houde, 1983; Wilson y Dean, 1983; Radtke y Hurley, 1983; Tsimenides y Tserpes, 1989; Megalofonou *et al.*, 1990; Restrepo, 1990; Ehrhardt, 1992; Ehrhardt *et al.*, 1996; Tserpes y Tsimenides, 1995; Uchiyama *et al.*, 1995; Sun *et al.*, 1999), se observa que los peces de áreas del Pacífico (excepto Taiwán), para iguales longitudes, presentan en general edades menores que las consignadas en estimaciones provenientes de otras regiones (Atlántico y Mar Egeo).

Al analizar la composición por edades en la captura de las flotas palangrera y redera en Chile que han sido recolectados por el IFOP. Se tiene que en la estructura de la captura para los años 1999 y 2000 existe una predominancia de los grupos de edad V, manteniendo la

estructura de las clases anuales en ambos años. Desde el año 2001 al 2004 se observa un cambio en la composición en número de la captura, con el predominio del grupo III. Durante el año 2005, al igual que el año anterior, la captura de la flota palangrera se centró en el grupo III y la redera en el grupo VI, pero dado que las capturas artesanales aumentaron en más de un 100% respecto del 2004, es el factor que determinó que las capturas en número tuvieran este año una distribución bimodal, centrada en los grupos de edad III y VI, a diferencia de años anteriores en que la distribución de edades de la captura total estuvo influenciada por la pesquería palangrera y centrada en el grupo de edad III.

Tabla 6. Edad y crecimiento del pez espada en el Océano Pacífico Sur y referencias de otras latitudes.

Pesquería	Referencias bibliográficas	Océano	Características
Industrial	Berkeley y Houde, 1983	Atlántico	Determinan en un análisis comparativo preliminar entre distintas estructuras duras que incluyen las espinas de las aletas dorsal, anal y pectoral, vértebra caudal, y otolitos concluyendo que la espina anal es la estructura más recomendable debido a que presenta marcas mucho más claras. Determinan los parámetros de crecimiento a través de la ecuación de Von Bertalanffy y concluyen que existe una marcada diferencia en las tasas de crecimiento de machos y hembras, siendo mayor en estas últimas.
	Radtke y Hurley, 1983	Atlántico N-W	A través de la lectura de otolitos sugieren una edad máxima de 14 años para los machos y 32 años para las hembras, estimando una tasa de crecimiento más alta en las hembras que en los machos.
	Wilson y Dean, 1983	Atlántico	Concluyen que estimaciones de edad usando espinas y otolitos tienen resultados similares, también determinan un rango de estimaciones de edad que van desde 50 días a 15 años, con un máximo de 9 años para machos y 15 para hembras.
	Tsimenides y Tserpes, 1989	Mar Egeo	Determinan edad y crecimiento usando la segunda espina de la aleta anal y ajustan el crecimiento utilizando la ecuación de Von Bertalanffy. Al igual que los autores anteriores encuentran que las hembras crecen más que los machos para edades hasta 3 años.
	Ehrhardt, 1992	Atlántico	Considera que las longitudes retrocalculadas para el pez espada muestran que crece muy rápidamente los primeros años de vida para luego disminuir considerablemente, las hembras presentan una tasa de crecimiento mayor que los machos, pero esta es más sutil que la registrada por Berkeley.
	Ehrhardt et al., 1996	Atlántico	Considera usar la función potencial para describir la relación longitud mandíbula inferior horquilla - radio de la espina como biológicamente más realista y sugiere usarla.
	Sun et al., 1999	Pacífico	Los métodos utilizados son coincidentes con los utilizados por Ehrhardt (1992, 1996), pero los resultados no coinciden. Sugiere que podría ser debido a diferencia en stock y factores ambientales.
Chile Industrial y artesanal	Chong, 1992	OPSO	Hace un análisis del método del tipo de estructura dura a utilizar para determinar edad, verificando que la segunda espina de la aleta anal es la más recomendable para determinación de edad en el pez espada de estas costas.
	Donoso y Chong, 1995, 1997	OPSO	Elaboran claves edad-talla para la zona OPO a través de lecturas en secciones de la segunda espina de la aleta anal, encontrando ejemplares con un máximo de 11 años para machos y 15 años para hembras.
	Donoso et al., 2000, 2001, 2002, 2003 Barría et al., 2004, 2005, 2006	OPSO OPSO	En los años 1999 y 2000 predominan en la captura los grupos de edad V, las clases anuales ingresadas el año 1999 se mantuvieron al año siguiente en idéntica proporción. Desde el año 2001 al 2004 se observa un cambio en la composición en número de la captura, con el predominio del grupo III. Durante el 2005, al igual que el año anterior, la captura de la flota palangrera se centró en el grupo III y la redera en el grupo VI.

4.1.3.6. Mortalidad natural

Para estimar la mortalidad natural se utiliza el método de Pauly (1980) y los parámetros de la curva de crecimiento de Von Bertalanffy y una temperatura media de 20°C. Hinton y Deriso (1998) usaron este método y estimaron tasas de mortalidad natural de $M = 0.48$ y 0.21.

4.1.3.7. Mortalidad por pesca

El modelo de evaluación de stock del pez espada se encuentra en su fase de ajuste y no se han reportado magnitudes de mortalidad por pesca y es el único que presenta la escala espacial del Océano Pacífico Sur Oriental (Barría y Canales, 2003)

4.1.3.8. Relaciones tróficas

El pez espada, es una especie epipelágica y mesopelágica oceánica presente en casi todos los mares. Se le reconoce una conducta migratoria y por ser termoregulador se la asocia a aguas de temperaturas superiores a los 15° C. Su dieta comprende especies pelágicas en su mayoría. Scott y Tibbo (1968), han señalado que los principales componentes en la dieta del pez espada en aguas del Atlántico Norweste son los peces *Scomber scombrus*, las barracudas de la familia Paralepididae, *Merluccius bilinearis* y cefalópodos de la especie *Illex illecebrosus*. Señalan además que frecuentemente usa su espada para atacar y reducir a su presa antes de ingerirla. También en un trabajo posterior, estos mismos autores indican una relación 3:1 entre peces y cefalópodos en términos del volumen ocupado en el contenido estomacal.

En el año 2001 y verano de 2002, en el marco de una pesca de investigación de pez espada, se realizó un análisis del contenido estomacal a 256 ejemplares capturados por la flota palangrera industrial de Chile, en las áreas de pesca localizadas entre los 20° y 38° de latitud sur, y entre los 76° y 110° de longitud oeste, frente a las costas de Chile (Donoso *et al*, 2002). En este proyecto se identificaron 34 ítemes alimentarios en la dieta del pez espada, de los cuales 16 correspondieron a cefalópodos, 15 a peces teleosteos, 1 pez cartilagenoso tipo raya, y 2 especies de crustáceos.

La flota pesquera realiza una captura incidental de especies que no son objetivo de la pesquería pero tiene efectos en la estructura de comunidad del ecosistema pelágico, es decir la actividad pesquera esta incidiendo en la mortalidad de otras especies y puede tener implicancias sobre otras especies que son depredadores tope.

La captura incidental de especies asociadas a la pesquería de pez espada de la flota palangrera chilena indica la presencia de 35 especies identificadas y dos sin identificar. Las especies no identificadas se refieren a atunes y tiburones, y de las restantes especies identificadas se agrupan en 22 especies de peces teleósteos, 9 especies de peces cartilagosos, y 6 especies de otros grupos como cefalópodos, mamíferos, aves y tortugas. De las especies identificadas el tiburón azulejo representa el 57,5%, y el tiburón marrajo el 18,1%, siendo los ejemplares más numerosos, lo que es concordante con lo publicado por Acuña et al (2002), para una embarcación de la flota palangrera industrial y una de la flota palangrera artesanal de pez espada en 2000 y 2001. Las otras especies que siguen en importancia son la raya violeta (4,0%), atún aleta larga (3,4%), dorado de altura (3,0%), atún chauchera (2,3%), atún aleta amarilla (2,2%), atún ojo grande (2,2%), pez sol (2,1%), marrajo sardinero (1,3%) y atún negro (1,0%), las restantes especies tienen una representatividad inferior al 0.8% (Barría *et al*, 2005).

En Chile no existen estudios de tramas tróficas de comunidades de peces pelágicos en la cual se desarrolla el *X. gladius*, sin embargo como es un pez altamente migratorio en el OPSO habita al menos en tres ecosistemas, estos serían el ecosistema de la corriente de Humbolt, Océano Pacífico Sur Oriental y Océano Pacífico Tropical; estas están definidas como provincias biogeoquímicas (Pauly *et al*; 2000) cada uno de ellos presenta tramas tróficas diferentes y estadios de desarrollo distintos.

4.1.3.9. Circuito migratorio

El stock de pez espada en el Pacífico sur oriental tiene un circuito migratorio característico frente a las costas de Chile, que se caracteriza por una migración trófica a lo largo de la costa desde los 40° a los 24° S, entre los meses de marzo a septiembre lo cual caracteriza el área de alimentación de la especie. Después de esto el pez espada, comienza su migración

reproductiva hacia latitudes menores y al oeste hacia la Isla de Pascua, en los meses de septiembre y octubre.

4.1.3.9.1. Distribución ecológica y energética de la migración.

Los datos de marcaje – recaptura obtenidos a la fecha (De Martini *et al*, 2000) sugieren que algunos peces espada se mueven a grandes distancias dentro del Pacífico Norte. Los peces espada presentan migraciones verticales diarias que difieren entre peces de diferentes tallas (Carey y Robinson, 1981; Carey, 1990). Como ellos migran entre estratos de aguas calientes y aguas frías, se pueden encontrar cambios tan grandes en las temperaturas que alcanzan hasta los 19° en 2,5 horas; en este caso Carey y Robinson (1981) reportaron a un ejemplar entre 8° - 27 °C. El pez espada posee un sistema vascular que le permite enfriar la temperatura de sus músculos en los procesos de inmersión y probablemente la masa corporal influencia su capacidad, lo cual implica aumentar los costos metabólicos de habitar masas de agua frías (Carey, 1990).

El tamaño corporal de los peces genera diferentes costos metabólicos que se producen en los movimientos horizontales (Roff, 1988). Por lo tanto, las migraciones por alimentación y reproducción del pez espada, poseen diferentes costos para los individuos de diferente tamaño. Por ejemplo, la flota hawaiana captura un amplio espectro de tamaños corporales, desde 90-210 cm longitud ojo – horquilla, lo cual representa un rango de peso desde los 13–180 kg.

En esta pesquería, la mayoría de los peces pequeños son machos y la mayoría de los grandes son hembras, lo más probable es que los costos de migración difieran entre sexos y entre peces de tamaño corporal variable que migran a diferentes distancias. Se han encontrado relaciones funcionales significativas entre latitud y proporción sexual, y entre latitud y tamaño corporal para los peces espada de ambos sexos en el Océano Pacífico Norte Central, lo cual es consistente con estas últimas hipótesis.

Las variaciones de los patrones de la composición sexual de las capturas de pez espada en todas las pesquerías palangreras mundiales permanecen aún sin entenderse. Los patrones observados pueden reflejar diferencias naturales en las distribuciones espaciales por sexos, las cuales también pueden representar diferencias en la capturabilidad de los ejemplares por sexos durante el período de desove.

4.1.3.10. Base de datos

La información que se dispone para el proyecto en base de datos sobre el pez espada en el OPSO, corresponde a información biológica-pesquera recolectada en Chile de las pesquerías palangrera industrial, pesquería palangrera artesanal y pesquería redera artesanal. Estas bases de datos son del período 2001-2005. De esta forma no existe información sobre las flotas japonesa y española.

4.1.4. Oceanografía del Pacífico Sur Oriental

El presente capítulo tiene por objetivo resumir los procesos oceanográficos más relevantes en el Pacífico Sur Oriental (PSO) que pueden afectar los diferentes estadios de la historia de vida del pez espada. Este capítulo tiene la siguiente estructura organizada por las escalas temporales que se presentan y la topografía submarina de la zona.

4.1.4.1. Topografía Submarina

El Océano Pacífico cubre un área de $178 * 10^6 \text{ km}^2$ y representa el 40% de la superficie del área total del océano. Una gran parte la constituye el Pacífico Sur Oriental (PSO) (Fig. 12), que a nivel de batimetría parece limitado al oeste y norte por la Cordillera Oceánica del Pacífico Este (CPE), al este por el continente Americano y la fosa de Perú-Chile, mientras que al sur por la presencia de planicies abisales (Morrington y Bellinghausen) y el continente Antártico (Tomczak & Godfrey, 1994).

Desde la CPE ($\sim 113^\circ \text{ W}$) se proyectan hacia el este dos sistemas de cordilleras transversales, la cordillera de Nazca y Cordillera de Chile, las que se prolongan hasta hundirse bajo el continente americano. El eje de la cordillera de Nazca sigue la latitud de 26° S y el eje de la cordillera de Chile sigue en dirección diagonal desde los 30° S a los 43° S en el continente. Estas cordilleras con elevaciones por sobre los 3500 de profundidad en conjunto con la CPE encierran las cuencas del Perú y de Chile ($> 4000 \text{ m}$ de profundidad). A lo largo de los ejes de estas cordilleras se presentan montes submarinos ($\sim 100\text{-}300 \text{ m}$ de profundidad) e Islas oceánicas que forman parte de Chile Insular (SHOA, 1996).

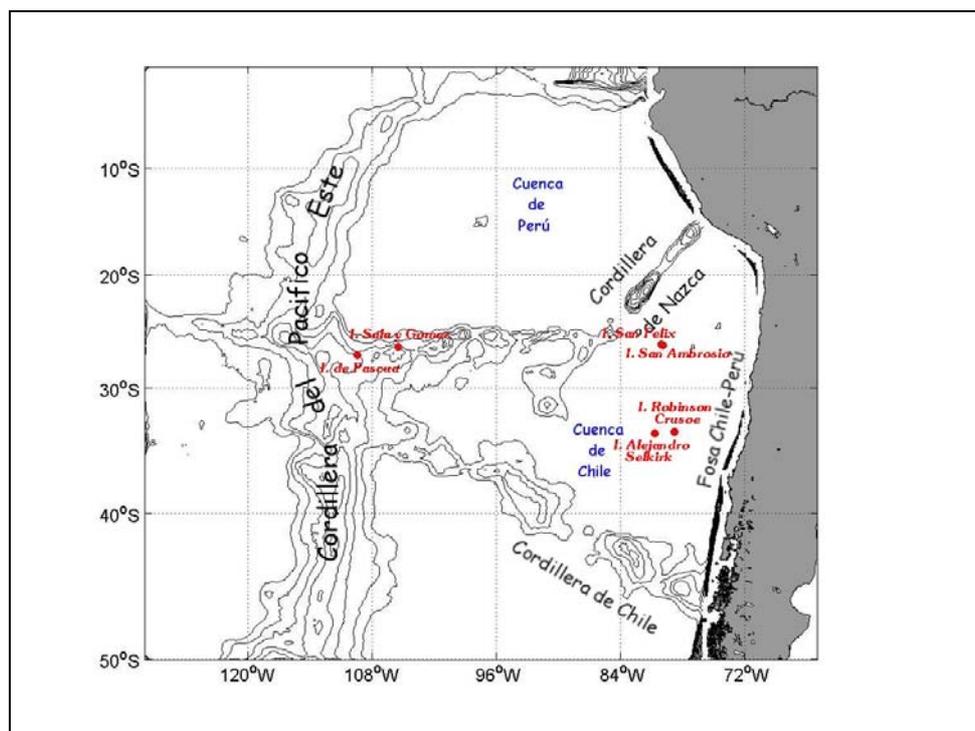


Figura 12. Batimetría del Pacífico Sur Oriental, incluyendo las Islas Oceánicas de Chile. Los contornos señalan desde afuera hacia dentro las profundidades entre 3500 a 1000 m de profundidad con un intervalo de 200 m, estos contornos incluyen la fosa a lo largo de la costa de Chile (Smith & Sandwell, 1997).

La Figura 12 muestra que la combinación de los ejes de las cordilleras junto con la presencia de islas y el continente cierran un polígono que dejan la cuenca de Chile prácticamente separada del resto del PSO.

4.1.4.2. Procesos de escala Anual y Estacional

4.1.4.2.1. Radiación Solar y Temperatura Superficial del Mar (TSM)

El ciclo anual de radiación solar sobre PSO, determina el desarrollo de las estaciones con una señal de mayor amplitud a medida que se avanza en las latitudes. Durante el verano austral, finales de diciembre a finales de marzo, el máximo de radiación solar sobre PSO determina las mayores TSM hacia el sur del Ecuador con un descenso gradual hacia el polo,

lo que produce un marcado gradiente meridional en el océano. La fase opuesta, el invierno austral, finales de junio a finales de septiembre, produce un enfriamiento generalizado del PSO, aun así, aunque con menos intensidad y desplazado hacia el norte el gradiente meridional de TSM permanece presente. Las estaciones de primavera y otoño aparecen como de transición entre las dos fases extremas (Fuenzalida, 1971; Clarke *et al.*, 2001).

4.1.4.2.2. Anticiclón del Pacífico Sur (APS), Giro Subtropical y Circulación Oceánica promedio

Asociado al ciclo anual de la radiación solar y la TSM se encuentra la circulación regional del viento en el PSO, el cual está controlado y modulado estacionalmente por la posición del Anticiclón del Pacífico Sur (APS). Durante el verano austral, el APS aumenta en intensidad, se desplaza hacia el sureste acercándose hacia la costa de Sudamérica. Por otro lado, durante el invierno austral, el APS se desplaza hacia el noroeste (Fig. 13). La estacionalidad del viento asociada a escala regional queda en evidencia en observaciones satelitales y series de tiempo a lo largo de la costa de Chile (Clarke *et al.*, 2001).

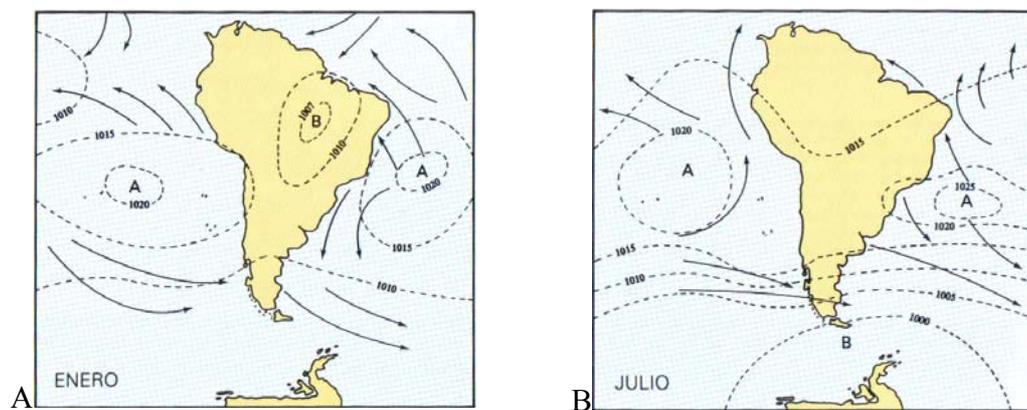


Figura 13.- Distribución de presión atmosférica que muestra la posición promedio del anticiclón del Pacífico durante el mes de enero(A) y mes de julio(B) (SHOA, 1996).

La variabilidad espacial de la distribución de los vientos en el PSO se ve reflejada en la circulación superficial promedio (Fig. 14). Esta parte del océano Pacífico se caracteriza por una circulación promedio débil, que ocurre en una región ancha que forma parte del giro

subtropical del Pacífico sur. Esta circulación no aparece en intervalos cortos de tiempo o cerca de la costa. La circulación media muestra características de macroescala como una amplia corriente de deriva del oeste (CDO) que cuando se aproxima hacia el este al continente sudamericano, se divide en la corriente hacia el Ecuador del Perú y en la corriente del Cabo de Hornos en dirección hacia el polo (Silva & Neshyba, 1979; Figueroa & Davila, 2001; Dávila *et al.*, 2002). La posición latitudinal de la CDO varía estacionalmente recorriendo una banda entre los 35 y 45° S asociada al movimiento meridional del APS (Gatica, 1997). La CDO se aleja de Sudamérica cerca del Ecuador fluyendo en la Corriente Sur Ecuatorial. La corriente costera y oceánica de Humboldt que fluyen hacia el Ecuador desde la CDO y la circulación a lo largo de la costa, están separadas por la contracorriente del Perú que se mueve hacia el polo.

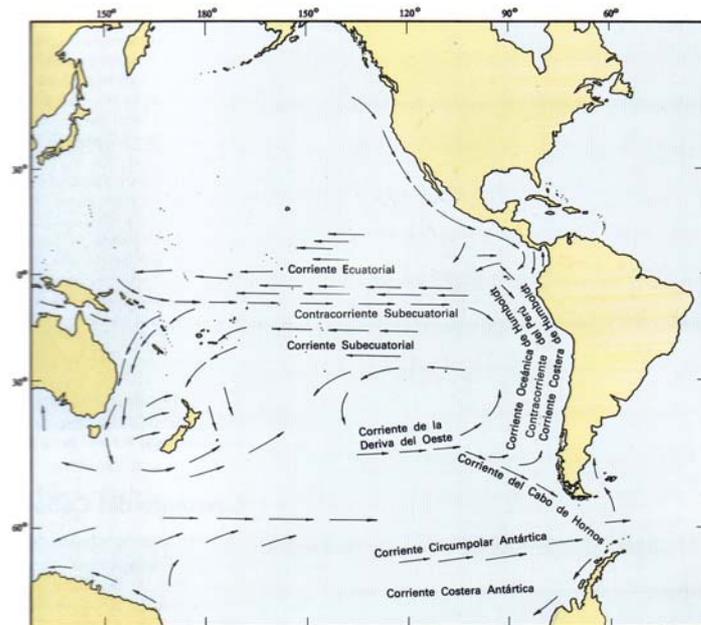


Figura 14. Principales rasgos de la circulación media del Pacífico Sur Oriental (SHOA, 1996).

Estos grandes patrones promedios de circulación agrupan una serie de corrientes que debido a su variabilidad espacial y temporal son difíciles de describir (Fig. 15), por eje., la Corriente Costera de Perú presenta un flujo superficial hacia el Ecuador más intenso en invierno transportando aguas frías y salinas que caracterizan a la Corriente Sur Ecuatorial.

La Contracorriente Perú-Chile se encuentra entre los 100-300 km de la costa (Strub *et al.*, 1995). En la misma dirección pero sentido inverso se encuentran las corrientes hacia el Polo, por ej., la Corriente Ecuatorial Subsuperficial que se divide en dos ramas en las Islas Galápagos, una de ellas continúa como subsuperficial y alcanza Sudamérica cerca del Ecuador para posteriormente dirigirse hacia el sur y convertirse en la corriente subsuperficial hacia el polo. La otra rama se acerca al continente entre los 6°-7°S formando la Contracorriente Perú-Chile. Asociado al sistema de surgencias se encuentran la Corriente Costera del Perú y la Corriente Costera de Chile.

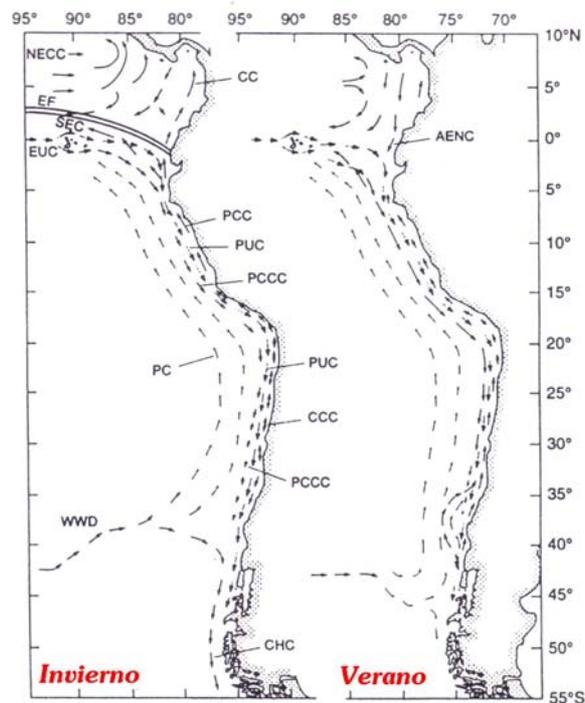


Figura 15. Comportamiento estacional de las principales corrientes medias presentes entre los 10° N y 55° S. Corriente Costera de Perú (PCC), Corriente Sur Ecuatorial (SEC), Contracorriente Perú-Chile (PCCC), Corriente Ecuatorial Subsuperficial (EUC), Corriente Subsuperficial hacia el polo (PUC), Corriente Costera de Chile (CCC), Corriente de Deriva del Oeste (WWD) y Corriente del Cabo de Hornos (CHC) (Strub *et al.*, 1998).

Mediciones realizadas frente a Chile y Perú muestran que los patrones de corrientes no son tan claros como descritos esquemáticamente (Bernal *et al.*, 1982, 1983), sino que presentan una alta variabilidad espacial y temporal donde sólo los patrones de corrientes promedios y

la distribución de parámetros como temperatura superficial del mar (TSM), salinidad y oxígeno representan mejor la circulación en el Pacífico Sur Este.

Así por ejemplo, una visión de la zona centro-sur de Chile muestra agua salina proveniente del norte en una estrecha lengua que se extiende hasta los 35° S, la contracorriente Perú-Chile (30°-42° S), mientras que agua de baja salinidad proveniente de la región de los fiordos se mueve hacia el Ecuador entre los 150-200 km de la costa. A nivel subsuperficial la corriente subsuperficial hacia el polo, salina y de baja concentración de oxígeno, surge por medio de la surgencia costera desde los 33° hasta los 38° S (Brandhorst, 1971).

4.1.4.2.3. Giro subtropical y Frente Subtropical

El giro del Pacífico sur es uno de los más distintivos, por que la corriente del borde, la zona de recirculación y la región son claramente distinguibles debido a la gran extensión del océano Pacífico (Morris *et al.*, 1996). Este giro ocupa la mayor parte del Pacífico Sur, limitado por la corriente oceánica de Humboldt al este, la corriente subecuatorial al norte y la corriente de deriva del oeste al sur (Fig. 14). El giro es caracterizado por una pinoquina profunda en su centro mientras que asciende en los bordes generando fuertes gradientes de temperatura y salinidad. La dinámica en el centro del giro puede ser identificada por un máximo en la altura del nivel del mar, mientras que el ascenso de la pinoquina hacia latitudes medias forma el frente subtropical (FST). La coherencia espacial del giro subtropical con el APS permite establecer que la variabilidad espacial y temporal del giro subtropical están moduladas por los cambios estacionales del campo de viento (McClain *et al.*, 2004).

Al igual que el centro del giro subtropical, el frente subtropical y la corriente de deriva del oeste que dependen de la presencia de éste, varían estacionalmente (Fig. 16), desplazándose al norte durante el invierno (~38°S) y hacia el sur durante el verano (~43°S) (Gatica, 1997). El frente subtropical se presenta continuo a través de la cuenca del Pacífico, pero con una intensidad débil y poco definido en relación a otros océanos. La variabilidad temporal y

espacial de esta estructura y de la corriente de deriva del oeste es aun insuficiente ya que la información directa disponible es escasa (Stramma *et al.*, 1995).

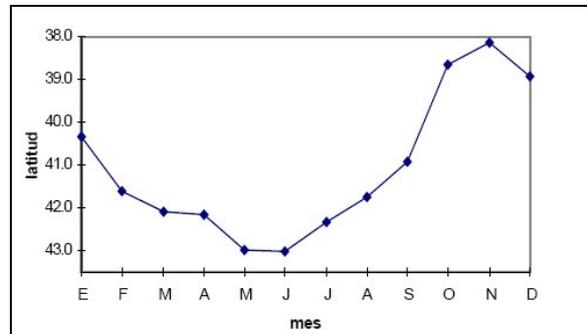


Figura 16. Posición promedio de la corriente de deriva del oeste (Gatica, 1997).

4.1.4.2.4. Estación de Surgencia

Además de la circulación promedio superficial de las corrientes la variabilidad del APS modula los cambios estacionales de la estación de surgencia a lo largo de la costa de Sudamérica, ya que la intensidad y la dirección de los vientos favorables a ésta son controlados por cambios meridionales de los centros de alta presión sobre el Pacífico. Así, la estación de surgencia, controlada por la componente del viento hacia el Ecuador tiene una marcada estacionalidad. En la región de norte y central de Chile la componente del viento hacia el Ecuador predomina durante todo el año, alcanzando los valores máximos durante primavera y verano y el mínimo entre otoño e invierno con algunos eventos de viento norte (Fig. 17).

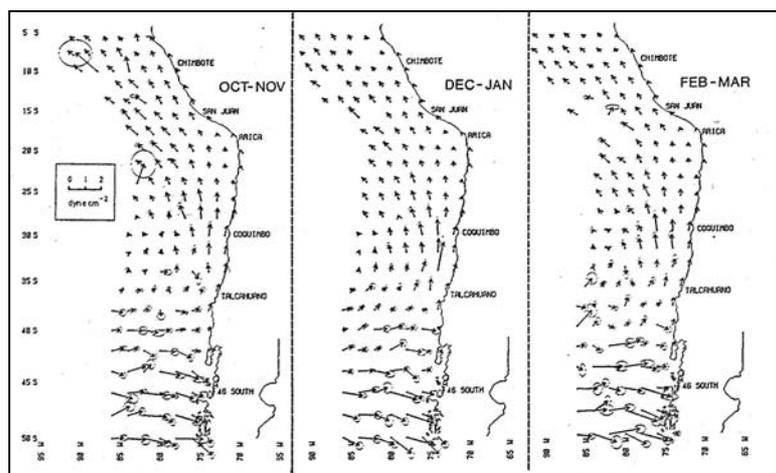


Figura 17. Estrés del viento ($\text{dyn} * \text{cm}^{-2}$) entre los meses de octubre y marzo, primavera y verano (Bakun & Nelson, 1991).

En la región centro sur de Chile el viento favorable a la surgencia permanece durante primavera y verano (Fig. 18), mientras que entre otoño e invierno en promedio la dirección del viento se invierte predominando la componente favorable al hundimiento, aunque con algunos eventos de viento sur. La zona de transición, donde el viento cambia de dirección promedio entre otoño e invierno no es clara, ya que puede variar de año a año dependiendo de la posición del APS (Bakun & Nelson, 1991).

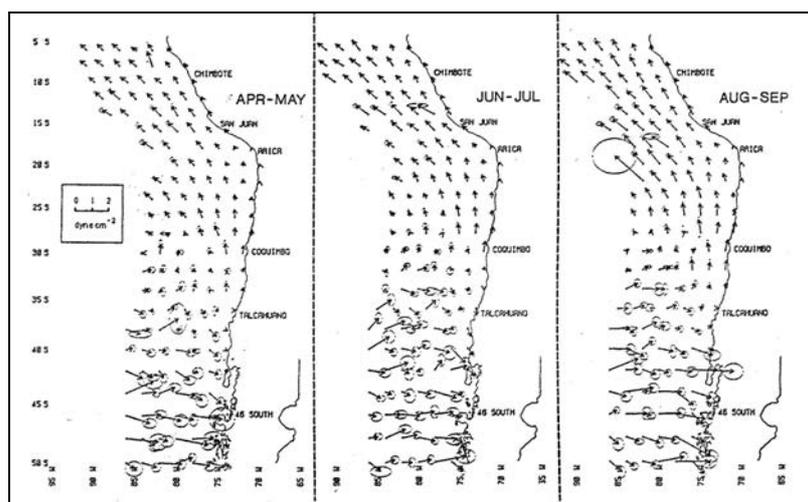


Figura 18. Estrés del viento ($\text{dyn} * \text{cm}^{-2}$) entre los meses de abril y septiembre, otoño e invierno (Bakun & Nelson, 1991).

El transporte de Ekman generado por la componente hacia el ecuador del viento produce un descenso del nivel del mar en la costa. El gradiente zonal de presión el cual se desarrolla en una banda promedio de 100 km de ancho soporta un flujo geostrofico hacia el Ecuador a lo largo de la costa y en la dirección del viento. Este tipo de circulación asociada al giro subtropical del Pacifico sur oriental se combinan para advectar agua fría hacia los trópicos bajando la temperatura a lo largo de borde este del Pacifico, como resultado las isotermas toman una orientación meridional a lo largo de la costa (Fig. 19) (Hill *et al.*, 1998).

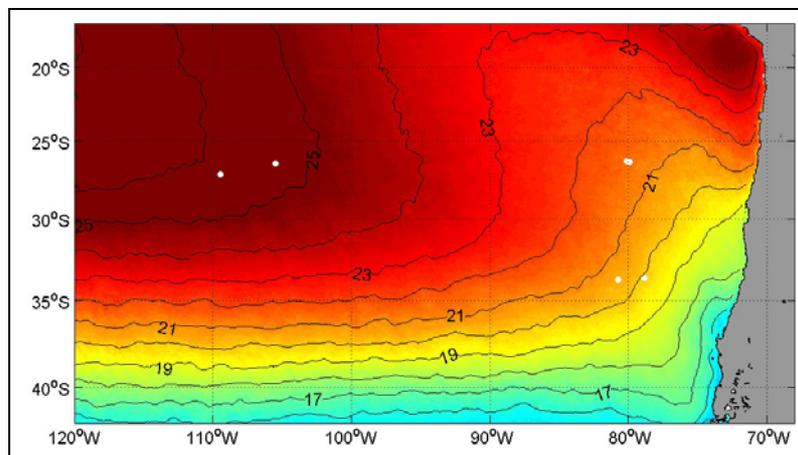


Figura 19. Temperatura superficial del mar del mes de febrero correspondiente a la climatología mensual promedio de la versión 5.0 del programa Pathfinder.

4.1.4.3. Escala intra-estacional

4.1.4.3.1. Surgencia

En términos generales, el viento hacia el Ecuador genera un transporte perpendicular a la costa en la capa superficial del océano, transporte de Ekman, que saca agua desde la costa y produce una caída del nivel del mar (Fig. 20). El agua desplazada hacia el océano es reemplazada desde abajo con un movimiento ascendente de agua ($O \sim m/semana$) que proviene desde el océano a nivel subsuperficial. Esta agua de origen Ecuatorial es más fría ($2^{\circ}-4^{\circ}$ en 100 km) y rica en nutrientes generando una banda de aguas frías y de alta

concentración de clorofila a lo largo de la costa de Chile (Smith, 1968; Chavez & Toggweiler, 1995; Thomas, 1999).

A lo largo de la costa de Chile, la surgencia es inducida por el viento regional que tiene una escala temporal estacional y el viento local de escala sinóptica producido típicamente por la brisa marina, frentes meteorológicos que provienen del oeste y la propagación de bajas costeras (Gill, 1992). Durante la estación de surgencia, los eventos de ésta tienen periodos de duración entre 3 y 15 días (Arcos & Navarro, 1986; Fuenzalida, 1990; Cáceres & Arcos, 1991; Montecinos & Balbontin, 1993; Arcos *et al.*, 1996). Estos eventos tienen una extensión espacial de 20 a 40 km en la zona norte de Chile, mientras que en la zona centro-sur, y especialmente frente a la VIII región de Chile alcanzan la máxima extensión (>100 km).

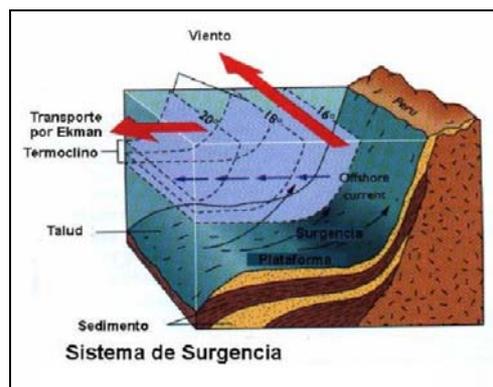


Figura 20. Esquema simplificado de un proceso de surgencia inducido por el viento que genera un transporte fuera de la costa en superficie y forma un frente de surgencia, manifestado en este caso en forma de un frente térmico (modificado de Pinet, 2000).

4.1.4.3.2. Frentes de Surgencia, filamentos y Vórtices

La diferencia de las características de las aguas que surgen con las aguas oceánicas adyacentes producen un frente de surgencia y un gradiente de presión perpendicular a la costa. Este gradiente promueve una corriente que se ajusta a un balance geostrofico y se desarrolla a lo largo del frente de surgencia (coastal jet) (Hill *et al.*, 1998). El gradiente vertical y horizontal de velocidades (cizalle) asociadas al frente y las corrientes a lo largo de

la costa causan que el frente sea una estructura oceánica inestable a partir de la cual se pueden desarrollar meandros, filamentos y vórtices (Cushman-Roison, 1994; Batteen *et al.*, 1995; Leth & Shaffer, 2001).

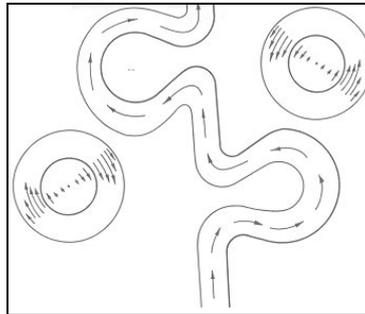


Figura 21. Esquema que muestra el desarrollo de meandros y vórtices ciclónicos y anticiclónicos a partir del flujo inestable a lo largo de un frente (Fedorov, 1985).

Estas estructuras pueden representar los principales mecanismos de transporte de materia y energía entre la costa y el océano (Fig. 22) (Leth & Middleton, 2004). En el sistema de surgencia de Chile este tipo de estructuras de mesoescala han sido observados mediante datos hidrográficos, información satelital y modelos (Cáceres, 1992; Barbieri *et al.*, 1995; Thomas, 1999; Sobarzo & Figueroa, 2001).

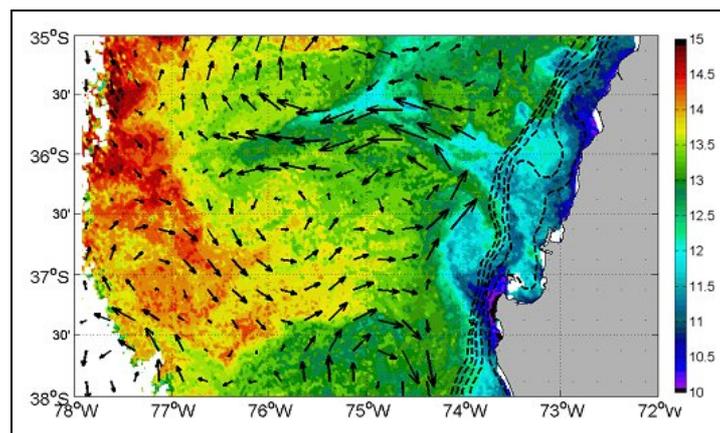


Figura 22. Figura que muestra la TSM (colores), batimetría del talud (línea segmentada) y velocidades geostroficadas (flechas) frente a la plataforma de la VIII región de Chile (Letelier, datos no publicados).

La zona donde se encuentran típicamente los filamentos de surgencia es conocida como zona de transición costera (ZTC) y representa un área energética entre el área de surgencia y la zona oceánica (Brink & Cowles, 1991). A lo largo de la costa de Chile la zona más energética que representa la ZTC se desarrolla frente a Chile central (30°-38°S) y alcanza una distancia del orden de 700 km desde la costa (Fig. 23).

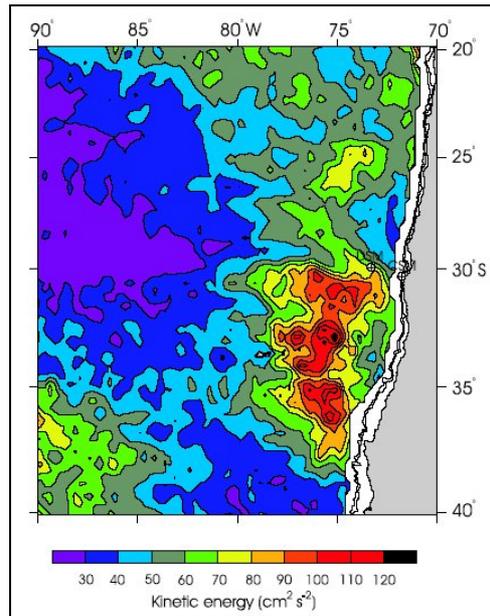


Figura 23. Promedio temporal de la energía turbulenta, calculada a partir de 7.5 años de velocidades geostróficas de satélites TOPEX/Poseidón y ERS 1 y 2 (Hormazabal *et al.*, 2004).

Los vórtices de mesoescala que se generan en la zona de surgencia y la ZTC son mecanismos de transporte de aguas costeras ricas en nutrientes y ricas en biomasa planctónica de origen costero. Además, el mecanismo interno de los vórtices de mesoescala produce un ascenso de agua en el centro en el caso de los vórtices ciclónicos y en el perímetro de los vórtices anticiclónicos. Esta surgencia local de aguas ricas en nutrientes aumentan la producción biológica por lo que estos vórtices pasan a ser sistemas de mesoescala (40-200 km) de transporte, acumulación y producción de biomasa generan zonas comparativamente más productivas capaces de sostener una significativa trama

trófica relativamente lejos de la costa (Falkowski *et al.*, 1991; McGillicuddy *et al.*, 1991; Mizobata *et al.*, 2002).

4.1.4.4. Escala interanual y decadal

Periódicamente, el PSO y todos los procesos anteriormente descritos se ven afectados por la presencia del fenómeno de El Niño (Fig. 24). Un debilitamiento de los vientos o inversión de la celda de circulación de los vientos alisios en la zona Ecuatorial produce un desplazamiento hacia el continente americano de la zona de alta TSM del Pacífico ecuatorial occidental. El Niño genera la propagación hacia el este de Ondas atrapadas al Ecuador, ondas Kelvin, las que chocan y se propagan a lo largo de la costa sudamericana. El paso de estas ondas produce que el nivel del mar en la costa se eleve en promedio 0,5 m, la termoclina (y nutriclina) descienda entre 50 a 100 m y se presenten anomalías de temperatura del orden de 5°C (Hill *et al.*, 1998).

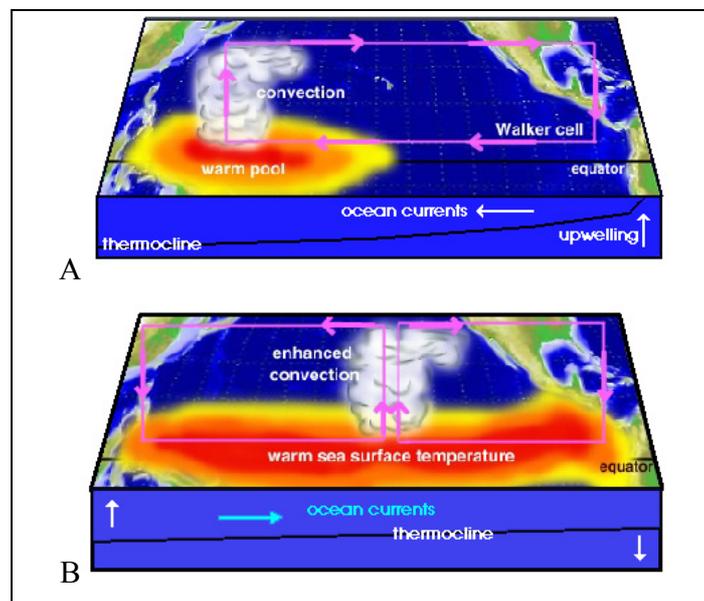


Figura 24. Esquema de las condiciones meteorológicas y oceanográficas durante una condición normal(A) y condición El Niño(B) en el sector Ecuatorial.

La advección de aguas de mayor temperatura incrementa las anomalías de temperatura en el Pacífico Oriental (Fig. 25) las que se proyectan hacia el PSO, desplazando el giro subtropical, la corriente de deriva del oeste y el FST hacia el sur y más cerca de la costa.

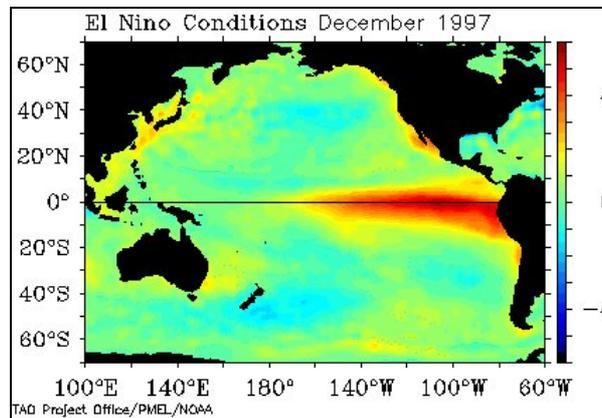


Figura 25. Anomalías de TSM(°C) durante El Niño 97/98.

La profundización de la termoclina genera la depresión de la nutriclina implicando que en las zonas afectadas por El Niño la surgencia sólo produce el ascenso de aguas pobres en nutrientes haciendo que la producción primaria y secundaria descienda con el consecuente impacto sobre el resto de la cadena alimenticia. Además, las ondas atrapadas a la costa que se propagan hacia el polo, de periodos de entre 50 a 60 días, producen el ascenso y descenso de la termoclina decenas de metros dependiendo de la fase de la onda, cresta o valle, incrementando paralelamente las corrientes a lo largo de la costa. La propagación de las ondas atrapadas van acompañadas de anomalías en el nivel del mar que podrían modificar las características de los vórtices de mesoescala que se generan a lo largo de la costa de Chile. Los eventos El Niño han aumentado en intensidad y frecuencia a partir de 1976, mientras que antes predominaban más bien eventos La Niña describiendo una oscilación decadal con una fase fría entre 1950 y 1976 y un fase cálida entre 1976 y 2005 (Fig. 26)(NOAA/CIRES, 1998).

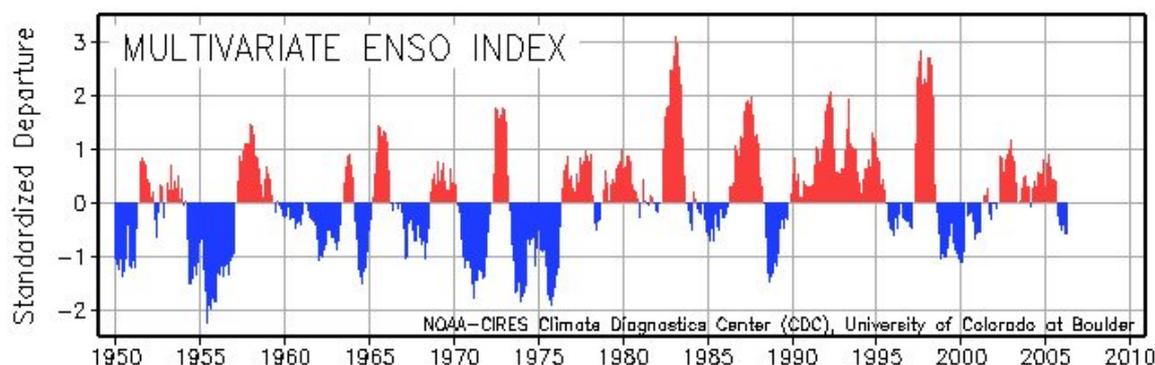


Figura 26. Índice multivariado de El Niño-Oscilación del Sur desde 1950 a 2006, CDC, Universidad de Colorado (NOAA/CIRES, 1998).

4.1.4.5. Resumen de Procesos Oceanográficos y escalas espacio-temporales

El PSO es influido por una serie de procesos físicos que lo afectan en diferentes escalas temporales y espaciales (Tabla 7). El ciclo anual de la radiación solar modula la posición del anticiclón del Pacífico sur el cual afecta la posición e intensidad del giro subtropical y la estación de surgencia, también afecta la posición de la corriente de deriva del oeste, como también la intensidad y posición del frente subtropical. La intensidad de la surgencia está relacionada con la formación de frentes y filamentos, y podría estar relacionada con la mayor o menor presencia de vórtices de mesoescala.

Tabla 7. Resumen de escalas y procesos presentes en el Pacífico Sur Oriental.

Escalas	Mesoescala (40-200 km)	Regional (40-200 km)	Oceánica (40-200 km)
Intraestacional (días-semanas)	Surgencia – Frentes <u>Vórtices</u> -Corrientes Viento Local		
Estacional (días-semanas)		Radiación solar <u>Frente Subtropical</u> Giro Subtropical Anticiclón del Pacífico Corriente de deriva del oeste	
Interanual (días-semanas)			<u>El Niño/la Niña</u> (ENSO)
Décadal (días-semanas)			Oscilación Decadal

El Niño afecta periódicamente el PSO, generando anomalías de TSM que pueden afectar la posición e intensidad del APS, el giro subtropical, el frente subtropical y la corriente de deriva del oeste, afectando la intensidad y duración de la estación de surgencia y en la formación de frentes, filamentos y vórtices.

La surgencia costera por la escala espacial que tiene sólo afecta los primeros 100 km desde la costa, pero su relación con la formación y el transporte costa afuera de materia mediante los filamentos de surgencia amplia su influencia a la ZTC, si además se suma su probable influencia en la formación de parte de los vórtices ciclónicos y anticiclónicos presentes en el PSO y la trama trófica que sostiene desde la costa hasta la advección de los vórtices no se puede excluir de los análisis de distribución de cualquier especie del PSO.

4.2 Objetivo 2. Elaborar un modelo teórico del ecosistema habitado por el pez espada, que permita mejorar la comprensión de su dinámica poblacional y los efectos de la pesquería.

4.2.1. Hipótesis

Supuestos generales

El modelo conceptual del sistema habitado por el pez espada, considera las diferentes fases de su ciclo de vida:

- Etapa de larva
- Etapa juvenil
- Etapa adulta

Cada una de las cuales se realizan en distintas zonas, las que se encuentran geográficamente separadas:

- Zona de reproducción (Zona oceánica circundante a Isla de Pascua)
- Zona de crianza (Parte de la zona de Cordillera de Nazca)
- Zona de alimentación (Pacífico Sur Oriental frente a Chile (24°-40°S))

Hipótesis General

“Fenómenos ambientales de diversas escalas (interanual, estacional e intraestacional) que se desarrollan en el Océano Pacífico, afectan procesos biológicos básicos del pez espada en sus distintas fases de desarrollo y zonas asociadas”.

Escala interanual

- “Los eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que se manifiestan como anomalías positivas o negativas de la TSM en el Océano Pacífico, afectan la

duración y distribución espacial del proceso de desove del pez espada en el área oceánica circundante a Isla de Pascua”.

- “Los eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que se manifiestan como anomalías positivas o negativas de la TSM en el Océano Pacífico, afectan la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada en etapa juvenil en la zona de la Cordillera de Nazca”.
- “Los eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que se manifiestan como anomalías positivas (El Niño) o negativas (La Niña) de la TSM en el Océano Pacífico, afectan la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada en etapa adulta en la zona de alimentación (área donde se distribuye la pesquería)”.
- “Los eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que se manifiestan como anomalías positivas (El Niño) o negativas (La Niña) de la TSM en el Océano Pacífico, afectan la composición y distribución cualitativa y cuantitativa de la comunidad biótica de la cual forma parte el pez espada”.
- “Los eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) que se manifiestan como anomalías positivas (El Niño) o negativas (La Niña) de la TSM en el Océano Pacífico, afectan la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada, lo que redundaría a nivel regional y local, en aspectos económico-sociales de la pesquería tales como el empleo, precio, inversión y esfuerzo acumulado”.

Escala estacional

- “El ciclo anual de radiación solar que se manifiesta como cambios en la distribución de las isotermas de TSM, el desplazamiento del anticiclón del Pacífico, la circulación oceánica, la ubicación del frente subtropical y la intensidad de la estación de surgencia en el Océano Pacífico Sudeste, afecta la duración y distribución espacial del proceso de desove del pez espada en el área oceánica circundante a Isla de Pascua”.

- “El ciclo anual de radiación solar que se manifiesta como cambios en la distribución de las isothermas de TSM, el desplazamiento del anticiclón del Pacífico, la circulación oceánica, la ubicación del frente subtropical y la intensidad de la estación de surgencia en el Océano Pacífico Sudeste, afecta la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada en etapa juvenil en la zona de la Cordillera de Nazca”.
- “El ciclo anual de radiación solar que se manifiesta como cambios en la distribución de las isothermas de TSM, el desplazamiento del anticiclón del Pacífico, la circulación oceánica, la ubicación del frente subtropical y la intensidad de la estación de surgencia en el Océano Pacífico Sudeste, afecta la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada en etapa adulta en la zona de alimentación (área donde se distribuye la pesquería)”.
- “El ciclo anual de radiación solar que se manifiesta como cambios en la distribución de las isothermas de TSM, el desplazamiento del anticiclón del Pacífico, la circulación oceánica, la ubicación del frente subtropical y la intensidad de la estación de surgencia en el Océano Pacífico Sudeste, afecta la composición y distribución cualitativa y cuantitativa de la comunidad biótica de la cual forma parte el pez espada”.
- “El ciclo anual de radiación solar que se manifiesta como cambios en la distribución de las isothermas de TSM, el desplazamiento del anticiclón del Pacífico, la circulación oceánica, la ubicación del frente subtropical y la intensidad de la estación de surgencia en el Océano Pacífico Sudeste, afecta la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada y por tanto sus rendimientos de pesca, lo que a su vez afectaría aspectos económico-sociales de la pesquería, tales como el empleo, precio, inversión y esfuerzo acumulado”.
- “El esfuerzo pesquero ejercido por la flota extranjera afecta la abundancia relativa local del pez espada en etapa juvenil en la zona de la Cordillera de Nazca”.
- “El esfuerzo pesquero ejercido por la flota chilena afecta la abundancia relativa local del pez espada en etapa adulta en la zona de alimentación (área donde se distribuye la pesquería)”.

- “La geomorfología de la cuenca del Pacífico frente a Chile, influye en el circuito migratorio del pez espada y por tanto en la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad del recurso.”

Escala intra-estacional

- “Los frentes de surgencia y las estructuras de mesoescala como vórtices y filamentos, afectan la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad de ejemplares juveniles de pez espada en la zona de la Cordillera de Nazca”.
- “Los frentes de surgencia y las estructuras de mesoescala como vórtices y filamentos, afectan la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad de ejemplares adultos de pez espada en la zona de alimentación (área donde se distribuye la pesquería)”.
- “Los frentes de surgencia y las estructuras de mesoescala como vórtices y filamentos, afectan la composición y distribución cualitativa y cuantitativa de la comunidad biótica de la cual forma parte el pez espada”.
- “Los frentes de surgencia y las estructuras de mesoescala como vórtices y filamentos, afectan la distribución de la operación de la flota de pez espada, lo que redundaría a nivel local en costos y precio del recurso”.

4.2.2. Modelo conceptual

4.2.2.1. Consideraciones generales

Reconociendo que el entendimiento de los efectos del ambiente físico en el comportamiento de peces altamente migratorios como atunes (Scombridae) y peces picudos (Istiophoridae y Xiphiidae) es crítico para realizar evaluaciones poblacionales robustas (Brill & Lutcavage, 2001), las influencias del ambiente en la distribución de recursos pesqueros constituyen factores importantes que debieran ser incluidos en los modelos de manejo (Sharp et al., 1983). Las condiciones ambientales como la temperatura, salinidad y turbidez entre otras, pueden afectar el éxito de captura de especies pelágicas como el pez espada (Draganik & Cholyst, 1988; Podesta et al., 1993; Bigelow et al., 1999; Sedberry & Loefer, 2001; Seki et al., 2002). Según Bigelow et al. (1999), los factores ambientales pueden influenciar tanto la disponibilidad de peces, como la vulnerabilidad de éstos, dentro de una variada gama de escalas espacio-temporales.

Para graficar estos conceptos, generalmente se utiliza la captura por unidad de esfuerzo nominal o CPUE, la que puede interpretarse como el éxito de la pesca (Ricker, 1975) y, como índice de desempeño, es a menudo usado para estudiar la tendencia en la abundancia de los recursos. Este indicador es afectado por muchos factores además de la abundancia, como por ejemplo la dispersión y distribución de los recursos (Hilborn & Walters, 1992) y la estrategia de pesca (He et al., 1997). Por lo tanto, el desempeño pesquero podría ser equivalente a la abundancia relativa aparente, donde una medida relativa del número de peces en una población N , que es afectada por su disponibilidad r sería según Bigelow et al. (1999):

$$CPUE = qrN$$

donde q es la fracción realmente capturada por unidad del aparejo de pesca y sería la vulnerabilidad cuando $r < 1$, o la capturabilidad cuando $r = 1$ (Ricker, 1975). La disponibilidad es la fracción de la población expuesta a la pesca, cuyos individuos presentan respuestas específicas al medio ambiente, como agrupamientos estacionales, o respuestas extrínsecas a la actividad pesquera como cierta distribución espacial dentro de la zona de

pesca (Bigelow et al., 1999). En forma complementaria, Arreguin-Sanchez (1996), menciona que el coeficiente de capturabilidad q , reflejaría la disponibilidad de los peces al aparejo de pesca, la que incluiría respuestas al aparejo o arte de pesca, a las condiciones ambientales y su interacción.

Según Perry et al. (2000), entender las características de la variación en la CPUE a diferentes escalas temporales, y principalmente a escalas menores al tiempo generacional de la población en estudio, podría revelar como responden los peces a procesos que ocurren a escalas temporales mayores, y de esta forma mejorar las estimaciones de abundancia, tanto de corto, como de largo plazo. De acuerdo a lo anterior, en el modelo a plantear se asumirá que los factores ambientales y operacionales, principalmente afectarán qr y no N . Por ejemplo, agregaciones de peces en respuesta a frentes térmicos, podrían incrementar la disponibilidad de estos a escala local sin afectar la abundancia regional, y cambios en la profundidad de desplazamiento vertical, en respuesta a la fase lunar, podría cambiar la vulnerabilidad de los peces en relación a la profundidad del calado del palangre.

4.2.2.2. Modelo conceptual

Según Perry & Ommer (2003), los cambios en el ecosistema marino pueden ser impulsados por tres clases de procesos generales: (1) forzamientos ambientales naturales como el clima, (2) forzamientos humanos inducidos como la pesca, degradación de hábitat y contaminación y (3) procesos internos como mecanismos denso-dependientes o relaciones depredador-presa. Considerando la pobreza en el entendimiento de las escalas de impactos en los ecosistemas, dada la capacidad humana de interferir los sistemas naturales a través de medios tecnológicos y económicos, entender las interacciones recíprocas entre el ser humano y el ecosistema marino involucra muchas dificultades fundamentales, como encontrar metodologías adecuadas y diferentes escalas analíticas. El tema de las escalas es central y la tarea esencial es determinar como combinar escalas de análisis de ciencias naturales y sociales, para entender el impacto de los sistemas naturales sobre el hombre y el impacto de éste sobre los sistemas naturales. De ahí que se hace necesario reconocer que procesos pueden propagarse o cruzar escalas y producir efectos en los cuales eventos a una

escala tienen consecuencias en procesos en menores o mayores escalas (Perry & Ommer, 2003).

Escalas de estudio

Ya que medir y escalar es esencial en ciencias biofísicas, las mediciones de cantidades físicas son hechas en unidades de masa, longitud y tiempo. En oceanografía física, los rangos de longitud van desde escalas a las cuales ocurren procesos viscosos, hasta el tamaño mismo de los océanos, los cuales tienen escalas características de 10.000 km y profundidades promedio de 3.800 m. Por otra parte, los organismos marinos van desde virus y bacterias, con longitudes de micras o menos, hasta grandes ballenas con tamaños de decenas de metros. Las escalas temporales están generalmente asociadas a las escalas espaciales: por ejemplo, la circulación oceánica ocurre a escalas temporales mayores, mientras que las fluctuaciones turbulentas lo hacen a escalas mucho menores, lo mismo que la vida de una ballena, respecto a la de una bacteria. Generalmente mientras menor la escala espacial, la escala temporal es más corta y está asociada al proceso o fenómeno en operación (Perry & Ommer, 2003). Adicionalmente a la escala de longitud característica, determinada por las dimensiones de los organismos, las entidades biológicas tienen escalas de tiempo y longitud asociadas con sus movimientos diarios y migraciones estacionales o de su ciclo de vida.

Mientras el espacio y tiempo son los dominios usuales de escalas en ciencia marina, se hace necesario agregar los conceptos asociados a escalas organizacionales o sociales, cuando se piensa en la interacción humana con el ecosistema marino. Este concepto considera la idea de “escala institucional” propuesta originalmente por Lovell et al. (2002), pero incluyendo todos los niveles de la interacción humana con los recursos marinos, no necesariamente aquellos asociados a las jurisdicciones formales y conceptos de manejo (Perry & Ommer, 2003).

Según Perry & Ommer (2003), ajustar las metodologías de estudio biológicas y sociales en una escala común de análisis al nivel de la comunidad o el ecosistema, incluyendo los

componentes socio-económicos de las comunidades pesqueras en la misma escala espacio-temporal de los procesos biofísicos, nos permitiría comenzar a identificar las superposiciones entre estos procesos y determinar el impacto que los procesos biofísicos y socioeconómicos tienen el uno en el otro. Por ejemplo, un cambio en los patrones de migración de un pez en la escala de meses a estaciones y 100 – 1.000 km, puede tener un impacto en el éxito de pesca, políticas de manejo y decisiones de inversión.

Modelo de estudio

Para la presentación del modelo teórico del ecosistema habitado por el pez espada, se hará uso de un diagrama de escalas espacio-temporales (Perry et al., 2000; Perry & Ommer, 2003), el cual es una herramienta útil para conceptualizar, integrar y explorar las relaciones de los elementos mencionados en la sección anterior. Este tipo de diagramas fue inicialmente desarrollado por Stommel (1963) para describir procesos de oceanografía física, y posteriormente extendido por Steele (1978) y otros para incluir escalas de tiempo y espacio, características de una variedad de procesos oceanográficos físicos y biológicos. Han sido usados por ejemplo, para identificar los procesos físicos (como turbulencia, marea y frentes) que podrían influenciar varios procesos biológicos de recursos pesqueros (como alimentación y migraciones verticales entre otros) (Perry et al., 2000). Esta clase de comparaciones interescalas e interdisciplinas, presentan desafíos analíticos productivos, ya que intentan a la vez, entender comportamientos específicos e identificar los procesos que subyacen a ellos. Relaciones escala-dependiente son también centrales en procesos fisiológicos (Peters, 1983), en conceptos asociados a la biogeografía de islas (MacArthur & Wilson, 1967) y dinámica de metapoblaciones (Smedbol et al., 2002). De hecho, el tema de escala ha llegado a ser un concepto central para la ecología marina (Schneider, 2001).

Considerando antecedentes climatológico-oceanográficos de la cuenca del Océano Pacífico, biológicos y ecológicos del pez espada, reportados y disponibles en la literatura internacional, además de la información ambiental y bio-pesquera de la pesquería chilena de pez espada (Barría *et al.*, 2004a; Barría *et al.*, 2004b; Barría *et al.*, 2005; Barría *et al.*, 2006; Donoso *et al.*, 2002; Vega *et al.*, 2005; Yáñez *et al.*, 2004; Yáñez *et al.*, 2006;), se adaptó

un modelo conceptual integrador de los diferentes fenómenos espacio-temporales que afectan el ambiente marino en el Océano Pacífico y Océano Pacífico Sudeste (OPS) y la distribución y abundancia de pez espada en las diferentes etapas de su ciclo de vida (Fig. 27). El modelo considera que la variabilidad en la vulnerabilidad y capturabilidad (q) del pez espada, demostrada en diversos estudios (Podesta et al., 1993; Bigelow et al., 1999; Sedberry & Loefer, 2001; Seki et al., 2002), estaría asociada a fluctuaciones de las condiciones ambientales (forzamiento ambiental). El esquema conceptual integrado implica por ejemplo, que variaciones en las tasas de captura (plano de la pesquería) estarían influenciadas por la variabilidad física (plano del ambiente físico), a través de una respuesta biológica en la especie y la comunidad pelágica, a similares escalas espacio-temporales. De la misma forma si estas dinámicas cambian de escala, el impacto del forzamiento podría verse reflejado en elementos humanos como la economía, administración de la pesquería y el empleo.

Conceptualmente, la capturabilidad (q) del pez espada puede variar en diferentes escalas espacio - temporales. Estas variaciones pueden reflejar cambios ocurriendo a similares escalas temporales y espaciales, tanto en el ambiente físico y biológico. Entender las variaciones en las tasas de capturas en respuesta a variaciones en la condición ambiental, es un componente importante que, como ha sido mencionado permitiría mejorar los modelos de evaluación de stock y la administración de pesquerías. El modelo conceptual propuesto muestra por ejemplo, como fluctuaciones interanuales (asociadas a eventos El Niño) que se desarrollan en el Océano Pacífico, se manifiestan también en escalas menores, en el Pacífico Sudeste y por ende en la zona de la pesquería de pez espada frente a Chile (24°-40° L. S. y 70° a 120° L. W.), afectando el ciclo anual estacional y la dinámica intraestacional de fenómenos de mesoescala. En el plano biológico, los efectos del ambiente físico a escala interanual en el Océano Pacífico, afectarían el stock de pez espada en la región, a la vez que la estacionalidad del circuito migratorio del pez espada en el Pacífico Sudeste y los procesos locales de alimentación de juveniles y adultos en la zona de la pesquería. Estas fluctuaciones del ambiente físico y biológico, a su vez tendrían un efecto en el plano de la pesquería (humano), generando variaciones en las tasas de captura del recurso y a mayor escala, incidiendo en los precios y ciclos económicos.

Procesos y forzamientos

En cuanto a los procesos biológicos de la población de pez espada en la región, es relevante mencionar el proceso reproductivo, dentro del cual existen una serie de elementos, variables o indicadores que pueden dar cuenta de su dinámica. Otro proceso es la mortalidad en todo su contexto, tanto natural como por pesca. Existen además otros elementos asociados, como los procesos de alimentación, desplazamientos locales y desplazamientos de mayor escala como migraciones anuales. Respecto a los procesos ecológicos, éstos se refieren principalmente a competencia en la comunidad pelágica con otras especies de peces con nichos tróficos similares, y predación del pez espada, principalmente de huevos, larvas y juveniles, ya que los adultos son considerados predadores tope y sólo el hombre a través de la pesquería depredaría sobre ellos.

El efecto de las fluctuaciones del ambiente físico sobre el individuo, las poblaciones locales y el stock de pez espada en la región, a distintas escalas espacio-temporales, es denominado forzamiento ambiental. En el modelo propuesto, se considera que éste, actuando en el plano del ambiente físico, ejercería efectos primero sobre la biología y ecología del recurso, los que a su vez redundarían en efectos sobre el hombre, en el plano de la pesquería, a través de cambios en las tasas de captura. En forma inversa, variaciones en el plano de la pesquería, como cambios en la intensidad de pesca, administración del recurso nacional e internacional, ciclos económicos y otros, afectarían o se propagarían al plano de la biología del pez espada, provocando respuestas a nivel del stock en la región.

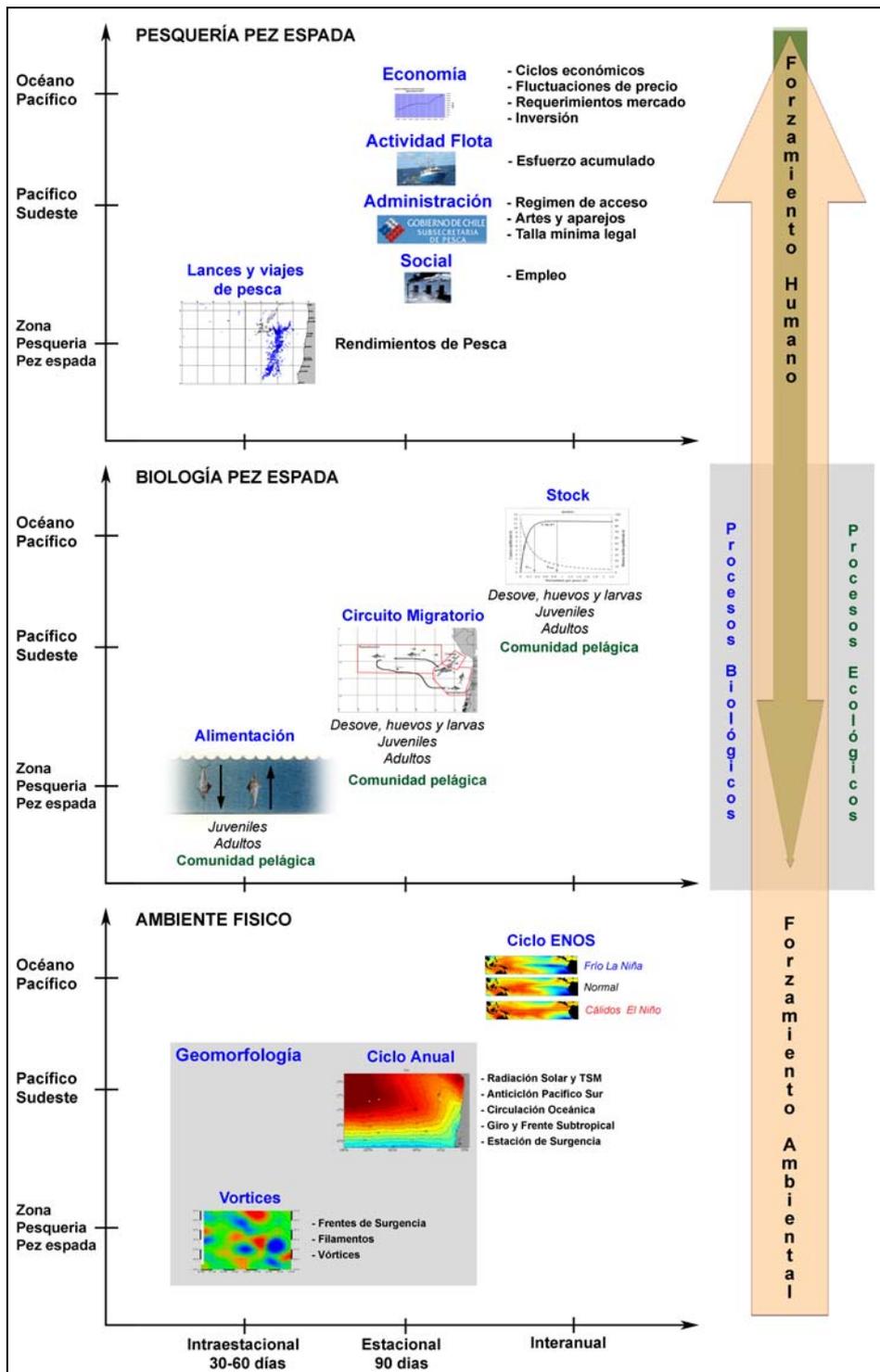


Figura 27. Modelo conceptual escala espacio-temporal (3x3), con planos en el ambiente marino físico, biológico y humano (pesquero), junto a los procesos y forzantes del ecosistema habitado por el pez espada.

Escala interanual

En la escala interanual se reconocen los cambios generados por los Ciclos ENOS en el OPS, que hacen que en forma aperiódica se produzcan anomalías de TSM que pueden afectar la posición e intensidad del Anticiclón del Pacífico, el giro subtropical, el frente subtropical (FST) y la corriente de deriva del oeste, afectando la intensidad y duración de la estación de surgencia y la formación de frentes, filamentos y vórtices.

Durante los eventos El Niño, la advección de aguas de mayor temperatura incrementa las anomalías de temperatura en el Pacífico Oriental, las que se proyectan hacia el OPS, desplazando el giro subtropical, la corriente de deriva del oeste y el FST hacia el sur y más cerca de la costa. En estas condiciones, y considerando que los desoves de pez espada se asocian a temperaturas mayores de 24°C, se esperaría un efecto positivo directo sobre el desarrollo larval del pez espada en el área oceánica circundante a Isla de Pascua. Por otro lado, durante un evento El Niño, y tomando en cuenta que el pez espada se asocia al FST, se esperaría que la disponibilidad y vulnerabilidad del pez espada en etapa adulta se vean incrementadas en la zona de alimentación debido al acercamiento a la costa, lo que favorecería a la industria pesquera mejorando las tasas de captura. El aumento de las capturas podría incidir en el mercado regional, generando una disminución de los precios debido al aumento en la oferta del recurso.

Durante los años fríos las condiciones se invierten, disminuyendo la temperatura, desplazando el giro subtropical y FST hacia el norte y más alejado de la costa. En estas condiciones, se esperaría un efecto inverso sobre el desove y desarrollo larval del pez espada, disminuyendo además la disponibilidad y vulnerabilidad del recurso en la zona de alimentación, debido al alejamiento de la costa, lo que afectaría negativamente a la pesquería, principalmente a la artesanal cuya autonomía y eficiencia es menor. Se esperaría que la disminución de las capturas y por lo tanto de la oferta de producto en el mercado local, genere un aumento en el precio de venta.

Escala estacional

El modelo considera el ciclo anual o variabilidad estacional asociada a tres áreas (reproducción, crianza y alimentación) que presentan distintas condiciones abióticas y bióticas y que a su vez están asociadas al circuito migratorio y distintos estadios de desarrollo del pez espada (Fig. 28). El ciclo anual de circulación y radiación solar en el Océano Pacífico Sudeste, afectaría al pez espada en la duración y distribución espacial del proceso de desove, además de la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad de la especie en su etapa juvenil y adulta en las distintas zonas geográficas de distribución.

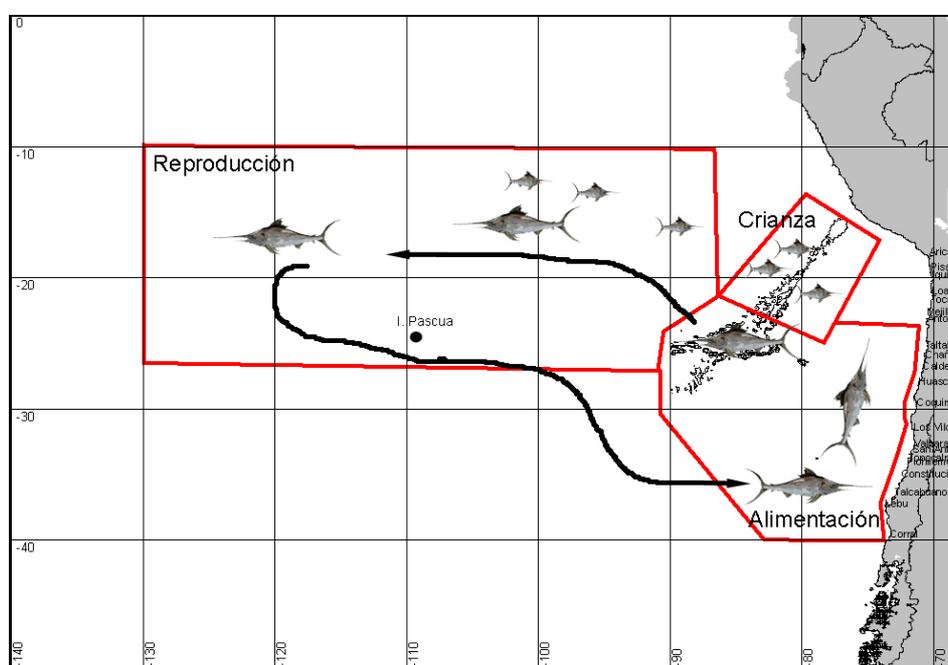


Figura 28. Modelo teórico-conceptual del ecosistema habitado por el pez espada que considera en un contexto espacial las distintas fases de su ciclo vital.

La primera área es la de alimentación asociada en parte a la zona y estación de surgencia costera, de aguas frías que aumentan la productividad en los niveles tróficos altos, los cuales proporcionan presas para los predadores tope como el pez espada. En el contexto del ciclo migratorio, a esta área de alimentación los adultos de pez espada ingresan asociados a la presencia del FST a comienzos de temporada (marzo), por el límite sur del área (38°-42° L. S.). En esta zona se mantienen los adultos hasta noviembre, desplazándose hacia el norte y

noroeste a medida que transcurre la temporada anual. Las condiciones abióticas de esta zona, relacionadas a la presencia de pez espada, se caracterizan por una temperatura superficial del mar entre 16-18°C y una menor salinidad (34,2-34,6‰), asociadas al giro y FST. Por otro lado, en esta área de alimentación la distribución del pez espada se asocia a una mayor productividad reflejada por mayores valores de concentración de clorofila (0,12-0,2 mg/m³), respecto a las áreas de reproducción (zona oceánica) y crianza (zona de Cordillera de Nazca).

A fines de octubre comienza la migración en dirección oeste y hacia el área de reproducción, donde el pez espada busca aguas cálidas (TSM mayor a 24°C) subtropicales que estimulan el proceso reproductivo de la especie. Esta migración se realiza entre los meses de noviembre y marzo.

Una tercera área corresponde a la llamada zona de crianza donde se encontrarían mayoritariamente ejemplares juveniles de pez espada. Después del desove, los alevines viajarían a esta zona, teóricamente más apropiada para su alimentación y sobrevivencia. Se ha estudiado que el área de crianza de los juveniles está ubicada en parte en la zona de Cordillera de Nazca. La presencia de pez espada en esta área, estaría asociada a condiciones ambientales distintas a las de las otras áreas.

Escala intraestacional

El modelo relaciona los efectos de las estructuras de mesoescala como vórtices y frentes de surgencia, con la distribución espacial, disponibilidad y vulnerabilidad de ejemplares juveniles y adultos de pez espada en las zonas de crianza y alimentación.

Los vórtices que se generan en estas zonas son mecanismos de transporte de aguas produciendo ascenso de agua en el centro como una surgencia local. Esta surgencia local oceánica es rica en nutrientes, incrementando la producción biológica y desarrollando transporte, acumulación y producción de biomasa, pudiendo sostener tramas tróficas locales en zonas oceánicas alejadas de la costa.

El aumento en la generación y frecuencia de vórtices y frentes de surgencia en la zona de alimentación incrementa la producción biológica, favoreciendo la disponibilidad de ítems alimentarios para el pez espada. Estas condiciones, producirían un aumento en la disponibilidad y vulnerabilidad de ejemplares adultos de pez espada en la zona de alimentación. El aumento de vórtices tendría un efecto positivo sobre los lances y viajes de pesca, generando un aumento en los rendimientos de pesca de ejemplares adultos.

4.2.3. Taller de Trabajo para la discusión del modelo e hipótesis propuestos

El modelo e hipótesis entregados en el Informe de Avance del proyecto fueron llevados a discusión en el Taller de Trabajo desarrollado en la ECM-PUCV el 4 de agosto. Para ello, los participantes del Taller se dividieron en tres grupos de trabajo (ANEXO 2), cada uno de los cuales mediante la metodología grupal (NGT) pudieron especificar una serie de observaciones que sirvieron para mejorar tanto las hipótesis como el modelo. La totalidad de las observaciones emanadas por grupo se detallan en la Tabla 8.

Una vez listadas la totalidad de las observaciones se procedió a analizar su contenido y definir las recomendaciones emanadas. Para tal efecto, se agruparon las observaciones de acuerdo a su objetivo en las siguientes categorías:

- i) recomendaciones para mejorar las hipótesis (Tabla 9),
- ii) recomendaciones para mejorar el modelo planteado (Tabla 10),
- iii) recomendaciones generales para mejorar el conocimiento del pez espada (Tabla 11) y,
- iv) recomendaciones para la Fase 2 del proyecto (Tabla 12).

Una vez separadas las observaciones por objetivo, se procedió a definir las recomendaciones. Cabe señalar que para cada una o más observaciones se definió una recomendación. En las Tablas 9 a 12 se muestran las observaciones y las recomendaciones definidas (en cursiva). De estas recomendaciones, sólo se consideran i) y ii) para mejorar la hipótesis y modelo, respectivamente.

Tabla 8. Observaciones por grupo emanadas del Taller de Trabajo.

Grupo	Observaciones
1	Hacer un análisis integrado: edad, crecimiento y madurez sexual
1	Estudiar más detalladamente el circuito migratorio
1	Rediseño del muestreo de ictioplancton para capturar larvas de pez espada
1	Falta mayor estudio de circulación oceánica asociado al relieve submarino
1	Tratar de analizar la fauna concurrente que no es capturada por los artes de pesca
1	Hacer un análisis detallado de contenido estomacal de juveniles de pez espada
1	Incorporar los efectos oceanográficos a diferentes escalas con los efectos inmediatos y mediatos del recurso
1	Realizar estudios parasitológicos
1	Mayor conectividad (vinculación) de la unidad poblacional de pez espada con otras especies
1	Ahondar el estudio de pez espada en la flota redera
1	Implicancia económica de la fauna acompañante relacionada con "q"
1	Contribuir con información de fauna acompañante
1	Ver la superposición trófica de los predadores tope
1	Faltan estudios de "q" en relación a la disponibilidad de presas (palangre)
1	Como eliminar el <i>by catch</i>
1	La oferta de pez espada del Pacífico no es gravitante en el precio global
2	Incorporar interacciones (entre especies y variables)
2	Incorporar efecto flota extranjera en Nazca (juveniles)
2	Incorporar otros factores biológicos que afectan la abundancia de larvas (predación, canibalismo)
2	Incorporar información operativa (patrones, tripulantes)
2	Incorporar efecto pesquería (mortalidad por pesca) en la dinámica del recurso
2	Incorporar otras especies de la comunidad (enfoque comunitario)
2	Influencia de los cambios tecnológicos y aprovechamiento del recurso
2	Efecto regulación (talla mínima) en la población
2	Incorporar la influencia de otro stock
2	Incorporar fenómenos oceanográficos y climáticos de corto plazo (semana)
2	Incorporar información independiente de la pesquería (migraciones, presas)
2	Incorporar la geomorfología
2	Programarse (socialización) de la información del taller
2	Incorporar la pesca incidental
2	Variabilidad de la intensidad de la circulación, área dependiente (incorporar), oriente-occidente
3	Definir límites distribucionales asociados a barreras oceanográficas y otros.
3	Incorporar aspectos de manejo administrativo (nacional e internacional).
3	Incorporar hipótesis: Los eventos ENOS que se manifiestan en el Océano Pacífico afectan la composición y distribución cuali y cuantitativa de la comunidad biótica de la cual forma parte el pez espada.
3	Incorporar hipótesis: Eventos ENOS extremos producen intercambios entre distintas poblaciones de pez espada.
3	Incorporar tema de accesibilidad a las hipótesis.
3	Definir y aclarar términos de escalas temporales y justificar su elección.
3	Incorporar hipótesis de escala intraestacional en el desove y estados larvales
3	Incorporar una hipótesis que de cuenta del efecto de factores económicos sobre la pesquería.
3	Eventos biológicos intensos afectan la población de pez espada y su fauna asociada.
3	La presión pesquera por extracción afectaría la dinámica de la población del pez espada.
3	En escala interanual, agregar aspectos trofodinámicos.
3	Incorporar término "pesquería" a hipótesis de zona de crianza (Cordillera de Nazca).
3	Incorporar al grupo de hipótesis, la interacción de variables biológicas físicas, etc. en cuanto al efecto sinérgico en el comportamiento de la pesquería.
3	Incorporar estados larvales dentro de hipótesis o agregar nueva hipótesis a escala interanual.

Tabla 9. Observaciones y recomendaciones (en color rojo) para mejorar las hipótesis planteadas en el proyecto, emanadas del Taller de Trabajo.

Observaciones y recomendaciones (en color rojo)
Definir y aclarar términos de escalas temporales y justificar su elección.
1. Definir escalas espaciales y temporales del modelo
Definir límites distribucionales asociados a barreras oceanográficas.
2. Mejorar supuestos del modelo e hipótesis
Incorporar los efectos oceanográficos a diferentes escalas con los efectos inmediatos del recurso.
3. Incorporar o especificar en las hipótesis los efectos oceanográficos sobre biología pez espada
Incorporar hipótesis: Los eventos ENOS que se manifiestan en el Océano Pacífico afectan la composición y distribución cualitativa y cuantitativa de la comunidad biótica de la cual forma parte el pez espada.
Incorporar interacciones (entre especies y variables).
4. Incorporar o especificar en las hipótesis los efectos oceanográficos sobre procesos ecológicos de la comunidad que forma parte el pez espada
Incorporar efecto flota extranjera en Nazca (juveniles).
Incorporar efecto pesquería (mortalidad por pesca) en la dinámica del recurso.
La presión pesquera por extracción afectaría la dinámica de la población del pez espada.
5. Incorporar efectos de las pesquería en la dinámica poblacional del pez espada a diferentes escalas espacio-temporales
Incorporar otras especies de la comunidad (enfoque comunitario).
6. Incorporar otras especies de los componentes de la comunidad y procesos ecológicos sobre diferentes estadios del pez espada
Influencia de los cambios tecnológicos y aprovechamiento del recurso.
7. Incorporar efectos de cambios tecnológico y de mercado de la pesquería sobre la dinámica poblacional
Incorporar aspectos de manejo administrativo (nacional e internacional).
8. Incorporar posible efecto de las medidas de administración pesquera sobre la biología y pesquería del pez espada
Incorporar hipótesis de escala intraestacional en el desove y estados larvales
9. Incorporar nueva hipótesis
Incorporar una hipótesis que de cuenta del efecto de factores económicos sobre la pesquería.
10. Incorporar nueva hipótesis

Tabla 10. Observaciones y recomendaciones (en color rojo) para mejorar el modelo planteado en el proyecto, emanadas del Taller de Trabajo.

Observaciones y recomendaciones (en color rojo)	Plano
Aclarar el significado de la palabra modelo.	4
1. Definir el término y los alcances del modelo planteado.	4
Precisar los conceptos: zonas de crianza y alimentación. (observación: Cordillera de nazca es una fracción de la zona de juveniles).	4
2. Definir y describir las diferentes áreas donde habitaría el pez espada en el Pacífico Sudeste frente a Chile.	
El modelo debería representarse con diagramas (figuras y flechas), existe demasiada descripción.	4
3. Mejorar la descripción gráfica de las variables en las diferentes escalas espacio-temporales e incorporar gráficamente relaciones de causalidad.	4
Incorporar hipótesis en relación a efecto de las pesquerías.	1
Incorporar variables de evolución tecnológica en las unidades extractivas.	1
4. En la dimensión de la pesquería incorporar efecto de la pesquería y su evolución sobre la dimensión biológica y viceversa.	1
En el ítem de pesquerías, incorporar la variable administrativa - normativa.	1
5. Incorporar un elemento en la dimensión pesquera, que represente la variable asociada a la administración del recurso.	1
Incorporar al modelo la componente social.	1
6. Incorporar un elemento en la dimensión pesquera, que represente la variable asociada a la componente social (industria pesquera).	1
Establecer la componente externa de la unidad de pesquería, esto es, el requerimiento internacional para su captura, así como también la competencia para permanecer en el mercado.	1
7. Incorporar un elemento en la dimensión pesquera, que represente la variable asociada al mercado y sus requerimientos.	1
Incorporar procesos biológicos en las hipótesis. Ej: depredación, sobrevivencia de estados tempranos de desarrollo.	2
Incorporar variables biológicas de interacción (predación, competencia y atributos de la población).	2
Incorporar al modelo la relación trófica predador - presa a mesoescala y relaciones de competencia.	2
8. En la dimensión biológica incorporar el resto de los componentes de la comunidad y los procesos ecológicos que estarían presentes, para cada uno de los estados de desarrollo del pez espada y para las diferentes escalas de estudio.	2
Como influyen variables ambientales en el desove.	2
Incorporar hipótesis en relación a huevos y larvas.	2
Incorporar cuali y cuantitativamente información sobre áreas de puesta y tasa de sobrevivencia de la fase larvaria.	2
9. Incorporar etapa de desove y estadios de huevo y desarrollo larvario en dimensión biológica a escala estacional en el Pacífico Sudeste.	2

Continuación Tabla 10.

Observaciones	Plano
Precisar las etapas del ciclo de vida.	2
Establecer las fases del ciclo de vida como: reclutas, juveniles y adultos (desove).	2
10. Definir y describir las diferentes etapas del ciclo de vida del pez espada a considerar en el modelo.	2
Incorporar hipótesis de la distribución de acuerdo a la geomorfología.	3
11. Incorporar la geomorfología como variable en la dimensión del ambiente, a escalas estacional e intraestacional, en el Pacífico Sudeste y zona de la pesquería.	3
Precisar los conceptos: zonas de crianza y alimentación. (observación: Cordillera de nazca es una fracción de la zona de juveniles).	3
12. En los supuestos del modelo y las hipótesis, precisar y justificar la estratificación espacial usada para integrar las fases del ciclo vital de la especie.	3

1. Pesquería
2. Biología-ecología
3. Ambiente
4. Todo el sistema

Tabla 11. Observaciones y recomendaciones (en color rojo) para incorporar en la Fase 2 del proyecto, emanadas del Taller de Trabajo.

Observaciones y recomendaciones (en color rojo)
Especificar en las hipótesis la relación causa-efecto para poder contrastarlas.
Establecer algún tipo de cuantificación del modelo para facilitar su aplicabilidad al manejo.
Acoplar explícitamente los fenómenos oceanográficos con su efecto en la componente biológico - pesquera.
Establecer metodologías de validación del modelo.
Establecer con mayor claridad, las interacciones espacio - temporales de las diferentes etapas del ciclo de vida, en relación con el medio ambiente.
1. Especificación de relaciones causa-efecto, incorporación de variables y relaciones funcionales y planteamiento de metodologías de validación del modelo.
Determinar como se reintegra el modelo pensando en la gestión.
2. Luego de determinar relaciones funcionales, orientar estos resultados hacia el manejo en la unidad de pesquería y en la región.

Tabla 12. Observaciones para mejorar conocimiento del pez espada, emanadas del Taller de Trabajo.

Observaciones
Hacer un análisis integrado: edad, crecimiento y madurez sexual
Estudiar más detalladamente el circuito migratorio
Rediseño del muestreo de ictioplancton para capturar larvas de pez espada
Falta mayor estudio de circulación oceánica asociado al relieve submarino
Hacer un análisis detallado de contenido estomacal de juveniles de pez espada
Realizar estudios parasitológicos
Incorporar información operativa (patrones, tripulantes)
Incorporar hipótesis de escala intraestacional en el desove y estados larvales
En el precio de mercado influyen más variables como la fase lunar y el arte que el ENOS
Incorporar potencial reproductivo por edad
Incorporar hipótesis de la unicidad del stock

4.3. Edición de un Libro sobre la pesquería del pez espada en el OPS

Primero se definieron tópicos y títulos tentativos de trabajos para los distintos grupos de investigación. Estos títulos fueron acordados en forma previa y durante el Taller de Trabajo realizado en la ECM-PUCV el 4 de agosto de 2006.

A continuación se detallan los tópicos y títulos tentativos definidos durante el Taller de Trabajo.

Tópicos y títulos tentativos

I. BIOLOGIA PESQUERA

- 1.- La pesquería chilena del pez espada (*Xiphias gladius*), en el Océano Pacífico Suroriental.
Patricio Barría M.
- 2.- Análisis de los contenidos estomacal del pez espada capturado por la flota palangrera en el Océano pacífico sur oriental.
Sergio Letelier y Roberto Meléndez.
- 3.- Alimentación del pez espada en las costas de Chile y Océano Pacífico sur oriental..
Ciro Oyarzún
- 4.- Distribución espacial y temporal de la flota palangrera chilena en el Océano Pacífico sur oriental.
Fernando Espíndola
- 5.- Análisis de la Fauna acompañante del pez espada en la pesquería palangrera industrial y artesanal en el Océano Pacífico Sur Oriental
Patricio Barría y Miguel Donoso
- 6.- Análisis de la fauna acompañante del pez espada en la pesquería artesanal de Coquimbo.
Enzo Acuña
- 7.- Crecimiento del pez espada en las costas de Chile.
Javier Chong
- 8.- Reproducción del pez espada en el Pacífico Sur Oriental.
Gabriel Claramunt.

9.- Selectividad en la pesquería de pez espada.

Rodrigo Vega

10. Genética poblacional de pez espada en el Pacífico Suroriental: adultos.

R. Galleguillos.

11. Genética poblacional de pez espada en el Pacífico Suroriental: juveniles.

J. Campalans.

II. OCEANOGRAFÍA PESQUERA

12.- Influencia de la deriva del oeste en la distribución espacial del pez espada.

Claudio Gatica

13.- Distribución espacial y descripción del hábitat de los reclutas y adultos de pez espada.

Eleuterio Yáñez *et al.*

14. Indicadores y modelo conceptual del ecosistema que habita el pez espada en el Pacífico Suroriental.

Yáñez *et al.*

III. TECNOLOGIA PESQUERA

15.- Perspectivas de la pesquería artesanal de pez espada en Chile.

16.- Perspectivas de la pesquería palangrera industrial de pez espada en Chile.

Sebastián Vera, Asociación de Armadores Palangreros de la IV región

IV. EVALUACION DEL RECURSO

17. Investigación Captura Total Permissible pez espada.

P. Barría, C. Canales, R. Serra.

V. COMERCIALIZACIÓN

18. Informe sectorial de la pesquería de pez espada en Chile

Alejandro Gertosio, SUBPESCA.

VI. ADMINISTRACIÓN PESQUERA

19.- Legislación y manejo del pez espada en Chile.

Francisco Ponce, SUBPESCA

VII. FISCALIZACIÓN PESQUERA

20. Fiscalización pesquera en Chile.

Alejandro Covarrubias, SERNAPESCA

Se consultó a los autores sobre las alternativas de publicación, decidiéndose que se preguntaría a la Revistas Investigaciones Marinas para la posibilidad de publicar un número especial sobre pez espada que contenga los diversos trabajos. Al respecto, se envió una carta de solicitud al Dr. Sergio Palma, Editor de la Revista, él cual con fecha 12 de Diciembre contesta que el Comité Editor de la Revista ha decidido aceptar la solicitud de publicación. En la Fig. 29 se adjunta la carta de aceptación de publicación enviada por el Editor de la Revista.



Figura 29. Carta de aceptación de publicación enviada por el Editor de la Revista.

A la fecha de entrega del presente Informe Final, se han recibido un total de 11 trabajos para revisión. Esperamos que en los próximos meses se hayan recibido la totalidad de los trabajos comprometidos por los diversos equipos de investigación y administración de la pesquería. A continuación se presentan los resúmenes de los siguientes trabajos enviados a la fecha:

I. BIOLOGÍA PESQUERA

1. Diagnóstico de la pesquería chilena de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental.

Patricio Barría, Miguel Donoso y Claudio Bernal

2. Composición de especies, estructura de tallas e índices reproductivos de pez espada (*Xiphias gladius*) en la zona de Isla de Pascua

Rodrigo Vega, Roberto Licandeo y Gastón Rosson

3. Identificación del patrón en la distribución espacio temporal del pez espada (*Xiphias gladius*) en el Océano Pacífico Suroriental

Fernando Espíndola y Jorge Azocar

4. Reproducción del pez espada en el Pacífico Sur Oriental

Gabriel Claramunt; Gustavo Herrera, Miguel Donoso y Enzo Acuña

5. Análisis Histológico de las Gónadas del Pez Espada *Xiphias gladius*

Patricia Zárate, Enzo Acuña y Adriana Gamonal

6. Caracterización genética del pez espada (*Xiphias gladius*) en la Cordillera de Nazca, Pacífico Suroriental, Chile, utilizando microsatélites

Jacqueline Campalans, Víctor Obreque y Patricio Hinrichsen

7. Edad y Crecimiento del Pez Espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico Suroriental

Javier Chong y Mario Aguayo

8. Age and growth of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Southeast Pacific off Chile.

José Francisco Cerna

9. Fauna acompañante en la pesquería palangrera industrial de pez espada en Chile. Implicancias y desafíos desde la perspectiva de la conservación

Miguel Donoso y Patricio Barría

II. OCEANOGRAFÍA PESQUERA

10. Condiciones ambientales asociadas a la estructura de tallas y capturas de pez espada frente a Chile

Eleuterio Yáñez, Claudio Silva y Alejandra Órdenes

11. Asociación entre la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste y la abundancia relativa del pez espada (*Xiphias gladius*) frente a la costa de Chile

Claudio Gatica, Renato Quiñones, Dante Figueroa, R. Wiff, E. Navarro y M. Donoso

Diagnóstico de la pesquería chilena de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental.

**Patricio Barría, Miguel Donoso y Claudio Bernal.
Instituto de Fomento Pesquero, División de Investigación Pesquera,
Blanco 839, Casilla 8V, Valparaíso, Chile, pbarria@ifop.cl**

RESUMEN. Las pesquerías transzonales y altamente migratorias basan su explotación en recursos de libre acceso, sin embargo, en las últimas dos décadas la tendencia ha cambiado y están siendo administradas por organizaciones regionales de pesca, las cuales requieren para su administración contar con información de las distintas flotas, tanto de países con flotas distantes como países ribereños. Esta información posibilita conocer el estado de los recursos y en una fase más avanzada generar modelos de evaluación de stock que permiten realizar estimaciones de capturas globales y definir las cuotas por los países que explotan un recurso en común. Las limitaciones que presenta es la información fragmentaria y el no poder disponer de la totalidad de la información para un diagnóstico global, pudiéndose abordar con las limitaciones de un diagnóstico local. En particular, el pez espada presenta una amplia distribución geográfica donde las zonas de pesca presentan una heterogeneidad espacial, además que en el Océano Pacífico se está avanzando en la identificación de unidades poblacionales. Por otra parte, las unidades poblacionales presentan una adecuación al hábitat lo cual determina su estructura poblacional. En el Océano Pacífico Sur Oriental se ha definido la existencia de una unidad poblacional como una unidad biológica auto-sustentada que posee un circuito migratorio definido, con áreas de desove, de crianza y de alimentación, en que los ejemplares poseen parámetros característicos de su ciclo vital como tasa de mortalidad, crecimiento, reclutamiento y fecundidad, edad de primer desove, etc. Debido a que disponemos de mayor información de las flotas chilenas, las cuales presentan registros de captura en todo el año, podemos definir apropiadamente un diagnóstico local para el pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental, que se complementa con información de las flotas de altura de otros países.

Composición de especies, estructura de tallas e índices reproductivos de pez espada (*Xiphias gladius*) en la zona de Isla de Pascua

Título resumido: Capturas de pez espada en la zona de Isla de Pascua

Rodrigo Vega¹, Roberto Licandeo² y Gastón Rosson³

¹Universidad Austral de Chile, Instituto de Ecología y Evolución,
Casilla 567, Valdivia, rodrigovega@uach.cl

²Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía

³Instituto de Fomento Pesquero, Departamento de Evaluación de Pesquerías

RESUMEN. Se reportan la composición de especies, estructura de talla, y el índice gonádico (IG) de pez espada (*Xiphias gladius*), desde capturas obtenidas por embarcaciones palangreras en la zona de Isla de Pascua en el Pacífico Sur Oriental. En el período estival entre 2001 y 2006, se realizaron 5 cruceros completando un total de 150 lances de pesca. Se registraron un total de 3.781 peces pertenecientes a 24 especies, de las cuales 17 fueron comerciales, y 6 incidentales. Del total, el 44,1% fue pez espada, 28,3% tiburones, 12,1% marlines, 8,4% atunes y 7,1% otros teleósteos. Dentro de los tiburones, la especie más relevante fue el tiburón azulejo (*Prionace glauca*, 16,5%), seguido por el tiburón jaquetón (*Carcharhinus* spp., 6,9%). Entre los atunes e istiophoridos, el marlin rayado (*Tetrapturus audax*, 8,0%) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, 4,9%) fueron también importantes ($\geq 4\%$ en número). Se reporta el número de ejemplares por especie, su rendimiento nominal en número y peso, y el peso promedio eviscerado, además de los estadísticos descriptivos de talla. La estructura poblacional de pez espada estuvo dominada por machos, y no se registraron diferencias en las tallas medias entre sexos. Se observaron altos valores de IG (≥ 7) durante todos los años, principalmente durante diciembre-febrero, lo que sugiere un área reproductiva para esta especie. El tiburón azulejo mostró una predominancia de machos, y se observaron diferencias en las tallas medias entre sexos, posiblemente debido a una segregación espacial y temporal.

Palabras clave: *Xiphias gladius*, captura, índice gonádico, composición de especies, Pacífico Sur Oriental, Isla de Pascua.

Identificación del patrón en la distribución espacio temporal del pez espada (*Xiphias gladius*) en el Océano Pacífico Suroriental

Fernando Espíndola¹ y Jorge Azocar¹

¹ Instituto de Fomento Pesquero, División de Investigación Pesquera, Blanco 839, Casilla 8V, Valparaíso, Chile, fernando.espindola@ifop.cl

RESUMEN. Se evalúa la presencia de un patrón en la distribución espacio temporal de los rendimientos de pesca nominales de pez espada (*Xiphias gladius*) de la flota palangrera industrial que opera en el Pacífico Sur Oriental frente a las costas de Chile mediante el uso de los Modelos Aditivos Generalizados (MAG) y Análisis Espectral de Fourier (AEF). Los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) analizados consistieron en 5 años (2001-2005) de una serie de tiempo de 8075 lances de pesca. Las relaciones mediante los MAG fueron analizadas para cuatro variables físicas (latitud, longitud, fecha y TSM), todas ellas afectan la disponibilidad del pez espada a la pesquería y tres variables operacionales (eslora, fase lunar y tipo de palangre) que se relacionan a la efectividad del palangre. El análisis del MAG toma en cuenta el 17% de la varianza en la CPUE nominal de pez espada. Los efectos no lineales en las variables seleccionadas fueron aceptados significativamente con un valor F de 37.44 ($P < 0.01$). El procedimiento paso a paso reveló la importancia relativa de las variables en explicar la varianza de la CPUE, las variables de mayor a menor importancia son: (1) latitud, (2) fecha, (3) eslora, (4) TSM, (5) longitud, (6) fase lunar, (7) tipo de palangre. La CPUE de pez espada incrementa con la latitud hasta alcanzar un máximo entre los 38°-32°S, incrementa con la eslora del barco e incrementa con la TSM y los rendimientos en el tipo de palangre español son menores que el americano. En cambio, disminuye con la longitud en dirección al oeste, con un máximo entre los 85°-78°W. La CPUE se incrementa en los periodos previos a luna llena, y dos periodos de máximos rendimientos durante otoño/inverno del 2003 y el otro durante el 2005 en la variable fecha. La CPUE presenta un ciclo anual característico, con valores altos de marzo a julio/agosto y desde los 38° a 32°S, con un rango de TSM de los 16°-20°C. En cambio, disminuye en dirección al norte de los 32°S durante el resto del año con TSM mayores a los 20°C. Este patrón espacio temporal fue determinado con una alta coherencia (79%) entre las series

analizadas en AEF. Fluctuaciones de baja frecuencia fueron observadas en la CPUE nominal de pez espada con periodos de 28, 38 y 59 días. Esta variabilidad intraestacional en la CPUE del pez espada en el Océano Pacífico Oriental puede ser producto de las variaciones en las condiciones ambientales a lo largo de las costas de Chile.

Palabras claves: palangre, patrón espacio temporal, CPUE, variabilidad intraestacional.

Reproducción del pez espada en el Pacífico Sur Oriental.

Claramunt, G¹; G. Herrera¹, M. Donoso² y E. Acuña³

¹Universidad Arturo Prat, Depto. Ciencias del Mar,
Casilla 121, Iquique, Chile, gclaramu@unap.cl

²Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso

³Universidad Católica del Norte, Coquimbo

Resumen. Respecto de la estrategia reproductiva del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) en la literatura existen contradicciones, ya que algunos autores lo definen como un pez sincrónico por grupo y otros como asincrónico. En el presente trabajo se entregan los resultados de un estudio de la biología reproductiva del pez espada capturado en aguas frente a costas chilenas. Se realizaron muestreos biológicos en la zona económica exclusiva (ZEE) y alta mar adyacente a Isla de Pascua, Isla Salas y Gómez e Islas San Félix y San Ambrosio, entre febrero del 2001 y de enero del 2002.

De acuerdo a nuestros resultados, el pez espada sería un pez sincrónico por grupo, ya que entre otras características, existe una discontinuidad entre los ovocitos maduros e inmaduros. Esta modalidad reproductiva de *Xiphias gladius* (sincrónico por grupo), es consistente con un período reproductivo corto. Es así que los registros mensuales de hembras sexualmente activas, la frecuencia de estadios ováricos y el índice gonádico, muestran la mayor actividad reproductiva circunscrita a la época estival, durante los meses de enero y febrero. A través del análisis de las distribuciones de frecuencia de ovocitos, se observa una separación de la moda más avanzada alrededor de los 600 micrones, por lo que si se considera como fecundidad parcial a los ovocitos mayores a este diámetro, la fecundidad varía entre 0,5 y 31 millones de ovocitos para ejemplares de 217 y 303 cm de LMIH respectivamente.

Palabras clave: Reproducción, Pez espada, desove, fecundidad, período reproductivo, Pacíficosuroriental.

Análisis Histológico de las Gonadas del Pez Espada *Xiphias gladius*

Patricia Zárate¹, Enzo Acuña² y Adriana Gamonal³

1 Área de Investigación y Conservación Marina, Fundación Charles Darwin, Isla Santa Cruz, Islas Galápagos, Ecuador. pzarate@fcdarwin.org.ec

2 Universidad Católica del Norte, Casilla 117, Coquimbo, Chile

3 Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

RESUMEN. Se describe el ciclo reproductivo del pez espada *Xiphias gladius* en el área comprendida entre Isla de Pascua y el continente chileno, basándose en el análisis histológico del ovario y del testículo. Un total de 266 gónadas fueron analizadas para determinar la madurez y otras características reproductivas (diámetro ovocitario, fecundidad, etc.) de la especie. La apariencia microscópica de los ovocitos, su frecuencia de distribución y diámetro han sido utilizados para definir el patrón de desove de esta especie. Se discuten estos y otros aspectos reproductivos (área y época de desove, etc.) de la especie capturada por las flotas industrial y artesanal en aguas chilenas o de Alta Mar.

Palabras claves: Pez espada, *Xiphias gladius*, desove, madurez sexual

Caracterización genética del pez espada (*Xiphias gladius*) en la Cordillera de Nazca, Pacífico Suroriental, Chile, utilizando microsátélites.

Título resumido: Caracterización genética del pez espada, Chile.

Jacqueline Campalans¹, Víctor Obreque², Patricio Hinrichsen²
¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,
Casilla 1020, Valparaíso, Chile; jacqueline.campalans@ucv.cl
²Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, La Platina),
Av. Santa Rosa 11610, La Pintana, Santiago

RESUMEN. Se analiza el stock del pez espada en la zona de la Cordillera de Nazca, Chile, desde el punto de vista de la constitución genética. El estudio se realizó en una muestra de 48 peces *Xiphias gladius* capturados durante el verano de 2003. Como marcador genético fueron utilizados microsátélites. El análisis se basó en la variabilidad de los organismos estudiados utilizando como criterios de variabilidad polimorfismos, la heterocigosis y el número de alelos encontrados, estableciendo frecuencias alélicas, de haplotipos y diversidad genética. En este estudio se encontró que los animales analizados 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 microsátélite, con valores de heterocigocidad superiores al 60% para los loci estudiados y una heterocigocidad media de 78,3 %. El locus Xg166 tiene una homocigocidad de 63,8%, 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. 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. Los patrones electroforéticos obtenidos empleando microsátélites han puesto de manifiesto una elevada diversidad genética dentro de los individuos capturados en una limitada región geográfica. 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.

Palabras clave: *Xiphias gladius*, caracterización genética, microsatélites, Pacífico suroriental, Chile.

Edad y Crecimiento del Pez Espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico Suroriental.

Javier Chong¹ y Mario Aguayo²

¹Universidad Católica de la Santísima Concepción,
Caupolicán 491 Concepción, Chile, jvchong@ucsc.cl

²Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano

RESUMEN. Se realiza un estudio de la edad y crecimiento del pez espada en el área de pesca del Océano Pacífico sur oriental frente a la costa de Chile, mediante el conteo y medidas de anillos en secciones transversales de la segunda espina de la aleta anal. El examen del borde de las secciones y el análisis del incremento marginal permitió establecer la formación de un anillo de crecimiento anual. Los parámetros de crecimiento del pez espada fueron estimados utilizando medidas de longitud retrocalculada proporcional a la edad, obtenidos mediante regresiones no lineales para medidas de longitud mandíbula inferior horquilla y radio de la espina a la edad actual y a edad pretérita. En estas relaciones se emplearon dos modelos: el modelo I correspondiente a una relación lineal y el modelo II a una relación potencial. Este último fue seleccionado ya que presentó una correlación mayor y también con él, en el ajuste de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, el valor de t_0 es más cercano al origen. El test multivariado (T^2) de Hotelling señala diferencias significativas en el crecimiento entre sexos, lo que es corroborado por la prueba de Chen *et al.* (1992). Los parámetros de crecimiento en longitud para machos fueron: longitud asintótica (L_∞) = 275,1 cm, coeficiente de crecimiento (K) = 0,1774 año⁻¹ y edad longitud cero (t_0) = -2,1076. En hembras la L_∞ = 304,7 cm, K = 0,1533 año⁻¹ y t_0 = -2,0571. En el crecimiento en peso sólo se estimó el peso asintótico (W_∞) mediante la relación longitud mandíbula inferior horquilla-peso total, siendo 278,7 kg para machos y 406,7 kg para hembras.

Palabras clave: pez espada, crecimiento, longitud, peso, Pacífico suroriental

Age and growth of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Southeast Pacific off Chile.

JOSÉ FRANCISCO CERNA

Sección Edad y Crecimiento, División de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Blanco 839 Valparaíso, Chile, fcerna@ifop.cl

ABSTRACT. Age and growth of the swordfish (*Xiphias gladius*) in the southeast Pacific off Chile were estimated for 511 males and 632 females obtained from longline fisheries in 2001. The lower jaw fork length (LJFL) of specimens ranged from 100 to 265 cm for males and 116 to 289 cm for females. Age estimate of swordfish were made by cross sections of the second anal fin ray. Both marginal increment and edge type indicated an annual periodicity on growth bands, where deposition seems occurs during summer months (December-March). The relationship between total ray radius and LJFL was nonlinear. Growth was modeled using the standard and generalized von Bertalanffy equations. The swordfish growth was best described by the standard equation with the following parameter estimates: $L_{\infty} = 279$ cm, $K = 0.158$, $t_0 = -2.65$ for males and $L_{\infty} = 321$ cm, $K = 0.133$, $t_0 = -2.46$ for females. Analysis of growth curves revealed that females were significantly larger than males. A comparison of growth rate from different studies indicates that swordfish from Southeast Pacific off Chile grows faster than those from western Pacific (Taiwan) and other regions (Atlantic and Mediterranean).

Keywords: age, growth, swordfish, southeast Pacific, Chile.

Fauna acompañante en la pesquería palangrera industrial de pez espada en Chile. Implicancias y desafíos desde la perspectiva de la conservación

Miguel Donoso y Patricio Barría
Instituto de Fomento Pesquero, División de Investigación Pesquera,
Blanco 839, Casilla 8V, Valparaíso, Chile, mdonoso@ifop.cl

RESUMEN. Los peces pelágicos altamente migratorios como el pez espada (*Xiphias gladius*), tiburón marrajo (*Isurus oxyrinchus*) y tiburón azulejo (*Prionace glauca*), constituyen una parte importante de recursos pesqueros pelágicos capturados actualmente por la flota palangrera industrial que opera con puerto base Coquimbo en la IV región de Chile. Considerando la importancia económica y geopolítica de la actividad de esta pesquería que opera fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), este estudio se ha dirigido para realizar una caracterización de su fauna acompañante., con el propósito de establecer las agrupaciones o composiciones faunísticas cuyo análisis puede ser importante para optimizar la explotación de estos recursos. Los estudios realizados por IFOP en esta pesquería han permitido tener un monitoreo sistemático desde el año 2001, en la cual se ha contabilizado las capturas tanto en número de la totalidad de las especies capturadas con palangre de superficie, también ha permitido efectuar un recuento de la captura de estas tres especies y el muestreo biológico de éstas (Donoso *et al* 2001, 2002, 2003; Barría *et al* 2004, 2005 y 2006). En la pesquería palangrera el arte de pesca utilizado presenta una selectividad aleatoria por tamaños, lo cual hace muy difícil establecer un patrón de selectividad específico para una especie, además de la especie objetivo se capturan otras especies, las que en conjunto determina la fauna acompañante o “by-catch”. El problema de la fauna acompañante en las pesquerías palangreras, es que por su escaso valor económico es descartada en un alto porcentaje, lo cual implica niveles importantes de mortalidad por pesca de estas especies, situación de la cual no existen prácticamente registros. Esta situación se observa en las pesquerías palangreras a nivel mundial. El conocimiento actual del impacto de la pesquería palangrera sobre la composición por tamaño del conjunto de especies se desconoce, así como también los daños que ha genera en la biodiversidad marina. Sin embargo, ha existido a nivel mundial una mayor preocupación en las pesquerías arrastreras donde se han constatado alteraciones a nivel de la comunidades

(Bianchi *et al.* 2000; Koslow, 2000). Estudios preliminares de la fauna acompañante en la pesquería palangrera comprenden descripciones cualitativas de diferencias que se encuentran tanto en forma espacial y temporal, se logro establecer que existen patrones espaciales y temporales de la asociación de especies en el ecosistema pelágico siendo característico el predominio alternado de tiburones en la zonas más septentrionales y el predominio de pez espada hacia la zona austral. Respecto al patrón temporal se caracteriza el desplazamiento de la fauna de túnidos respecto a los tiburones particularmente en las zonas superiores al 35 ° 30' Lat. Sur. (Barría *et al.*, 2004). De acuerdo a los antecedentes en la pesquería palangrera de pez espada en Chile, no se ha realizado una caracterización de la fauna acompañante y el análisis de una serie 2001-2005, constituye la primera contribución de esta naturaleza. Esta investigación tiene como propósito la exploración de la fauna acompañante de la captura de la flota palangrera industrial, analizar sus patrones espacio-temporales y conocer los cambios que experimentan los índices de diversidad.

Condiciones ambientales asociadas a la estructura de tallas y capturas de pez espada frente a Chile

Eleuterio Yáñez^{1,2}, Claudio Silva¹ y Alejandra Órdenes^{1,2}

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,
Casilla 1020, Valparaíso, Chile; eyanez@ucv.cl

² Subsecretaría de Pesca, Bellavista 168, piso 16, Valparaíso, Chile

RESUMEN. Análisis multivariados fueron aplicados para explorar la influencia relativa de factores ambientales sobre la estructura de tallas y capturas de pez espada (*Xiphias gladius*) en una zona (21° y 36°S y desde los 78° a 85°W) frente a Chile. Un primer análisis se aplica a una base de datos de pesca comercial correspondiente a registros biológico-pesqueros y ambientales de 343 lances de pesca, efectuados por 2 embarcaciones palangreras que operaron entre el 2000 y 2002. Posteriormente, se analiza una base de datos de cruceros de pesca efectuados en la Cordillera de Nazca y que corresponde a la información biológico-pesquera y ambiental satelital registrada durante 43 lances de pesca, efectuados en los cruceros de pesca de verano e invierno de 2003 y otoño y primavera de 2005. Análisis de componentes principales y análisis de clasificación jerárquica fueron aplicados a siete variables ambientales (latitud, longitud, temperatura superficial del mar, concentración de clorofila *a*, altura superficial del mar, salinidad superficial del mar y batimetría), todas las cuales pueden afectar la distribución de la estructura de tallas y capturas de pez espada.

Los resultados obtenidos de los análisis multivariados indican la presencia de 4 grupos espaciales que representan una localización latitudinal específica y una tipología de las condiciones ambientales asociadas a la estructura de tallas y capturas de pez espada en la zona de estudio. Al respecto, los ejemplares de pez espada fueron capturados en un rango de TSM que varió entre 16° y 22°C, encontrándose que las mayores capturas se obtuvieron a menores TSM, a mayores concentraciones de clorofila y a mayores latitudes. Por otro lado, se afirma la existencia de un gradiente latitudinal en la estructura de tallas, en donde la presencia de ejemplares juveniles de menor tamaño se asociaría a condiciones más cálidas del ambiente, mayor salinidad, menor clorofila menores latitudes. Afirmando, que la distribución geográfica de la zona de reclutamiento estaría asociada a la Cordillera de Nazca.

Palabras clave: ambiente, pez espada, análisis multivariado, Chile.

Asociación entre la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste y la abundancia relativa del pez espada (*Xiphias gladius*) frente a la costa de Chile

C. Gatica¹, R.A. Quiñones², D. Figueroa³, R. Wiff^{4,5}, E. Navarro¹ y M. Donoso⁵

¹ Instituto de Investigación Pesquera,

Colón 2780, Talcahuano, Chile, cgatica@inpesca.cl

² Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía, Concepción

³ Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, Concepción

⁴ University of St. Andrews Scotland, Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, United Kingdom.

⁵ Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso

RESUMEN. Se analiza la relación entre los niveles de abundancia relativa de pez espada (*Xiphias gladius*) frente a la costa de Chile, y la posición latitudinal de la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste (CDO) desde una perspectiva de macroescala espacial en el período 1989 a 1996. La posición del eje del borde oriental de la CDO, fue estimada mediante la determinación visual de la latitud a la cual bifurcan isotermas obtenidas desde promedios mensuales de temperatura superficial del mar (TSM). Se utiliza la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota artesanal redera, como índice de abundancia relativa del recurso. El análisis entre de las series de tiempo de la CDO y CPUE fue realizado a escala mensual con diferentes retardos entre las series. Se aplicaron dos enfoques metodológicos para determinar la existencia de relación entre estas dos series de tiempo. Primero, se utilizó la metodología propuesta por Pyper & Peterman (1998) para corrección de los grados de libertad efectivos en la prueba de hipótesis de correlación cruzada. Segundo se analiza la correlación a diferentes retardos de dos series estacionarias. Los dos enfoques metodológicos señalan una relación significativa ($\alpha = 0.05$) entre la posición latitudinal de la CDO y la CPUE en una escala mensual. La relación encontrada entre la CDO y la abundancia relativa de pez espada sugiere que la CDO constituye un posible indicador de macro-escala de la variabilidad oceanográfica meteorológica, frente a la cual el pez espada presenta patrones de distribución y cambios en su disponibilidad

Palabras claves: Pez espada, *Xiphias gladius*, distribución, Pacífico Suroriental; Corriente de Deriva del Oeste, Chile.

5. CONCLUSIONES

- Sobre el diagnóstico de la información disponible del recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste podemos concluir que:
 - Los desembarques de pez espada en el Océano Pacífico Sur Oriental (OPSO) muestran una tendencia general creciente, especialmente en la última década, ascendiendo de 2.330 t en 1986 a 13.737 t, en el año 2004. Es decir, ha existido un incremento de los desembarques en este período de un 489,6%, lo que representa un aumento de un 27,2% anual, siendo los principales responsable la flota chilena y la flota española.
 - Todos los antecedentes recopilados indican que en el Océano Pacífico Sur Oriental (OPSO) existe una unidad poblacional de pez espada, en las cuales están las áreas de desove, de crecimiento, de reclutamiento y alimentación.
 - El stock de pez espada en el OPSO tiene un circuito migratorio característico frente a las costas de Chile, en el cual los peces cambian de hábitat de acuerdo a su estado de desarrollo, siendo más característico para los ejemplares que están sexualmente maduros.
- Sobre el modelo teórico del ecosistema habitado por el pez espada podemos concluir que:
 - La amplia distribución geográfica y sus características de historia de vida y migratorias, obligó a considerar por separado los estados larvario, juvenil y adulto, los que a su vez se distribuyen geográficamente en tres zonas distintas (zona de reproducción, de crianza y alimentación).
 - De la misma forma, el modelo incorporó los procesos ambientales, las influencias de la pesquería y los procesos biológicos y ecológicos, cada uno

definido en un plano independiente con tres escalas espaciales (Océano Pacífico, Pacífico Sudeste y área de la pesquería) y tres escalas temporales (interanual, estacional e intraestacional).

- Las observaciones emanadas en el Taller de trabajo, validaron tanto el modelo presentado, como las distintas hipótesis que dan cuenta de las relaciones de causalidad entre las variables físicas, biológicas y humanas, sugiriéndose algunas recomendaciones que ayudaron a entender y mejorar los resultados presentados.

- Tanto la información científica y pesquera recopilada durante el proyecto, más el modelo e hipótesis propuestas para entender su dinámica poblacional y los efectos de la pesquería, permitirían continuar con el siguiente paso en la investigación del pez espada, el que correspondería al establecimiento y definición de metodologías de validación de las relaciones de causa-efecto presentadas en las hipótesis, además de pruebas del modelo, mediante ejercicios de simulación de las variables de entrada.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo, J. 2001. Evaluación del stock de pez espada (*Xiphias gladius*, Linnaeus 1758) explotado frente a Chile. Tesis, Escuela Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, en revisión.
- Acuña, E., J.C. Villaroel Y R. Grau. 2002. Fauna íctica asociada a la pesquería de pez espada (*Xiphias gladius*). *Gayana* 66(2): 263-267.
- Alheit, J. y P. Bernal. 1993. Effects of Physical and Biological Changes on the Biomass Yield of the Humboldt Current Ecosystem. in Kenneth Sherman, Lewis M. Alexander, and Barry D. Gold (eds.) 1993. Large Marine Ecosystems, Stress, Mitigation, and Sustainability. American Association for the Advancement of Science. Washington, D.C.
- Arata, G. F. Jr. 1954. A contribution to the life history of the swordfish, *Xiphias gladius* L., from the South Atlantic coast of the United States and the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci. Gulf Carib.*, 4(3): 183-243.
- Arcos, D. & N. Navarro. 1986. Análisis de un índice de surgencia para la zona de Talcahuano, Chile (Lat. 37°S). *Investigaciones Pesqueras*. 33: 91-98.
- Arcos, D., S. Nuñez & A. Acuña. 1996. Variabilidad de pequeña escala en la zona nerítica del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile central): Identificación y dinámica de áreas de retención larval. *Gayana Ocenologia*. 4 (1): 21-58.
- Arocha, F. 1998. Implicaciones de ordenación pesquera del pez espada *Xiphias gladius*, del Atlántico Noroccidental. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela, Univ. Oriente* 37(1&2): 81-89.
- Arocha, F. y D.W. Lee. 1992. Preliminary observations on the sex ratio of the swordfish, *Xiphias gladius* in the northwest Atlantic. *Col. Doc. Cienc.* XI(1): 425-437.
- Arocha, F. 2002. Ovocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. *J. Fish Biol.* 60:13-27.
- Arreguin-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 6: 221-242.
- Artuz, M. I. 1963. Contribution to the knowledge of the biology of the swordfish in the sea of Mármara. *Proc. Gen. Fish. Count. Medit. Tech. Pap.* 47(7): 459 - 471.
- Bakun, A. 1984. Report of the Working Group on Environmental Studies and Monitoring. pp. 41-54. *In: G.D. Sharp and J. Csirke (eds.) Reports of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources. FAO Fisheries Report #291(1)*. 102pp.

- Bakun, A. & C. S. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography*. 21: 1815 - 1834.
- Barbieri, M.A. 2001. Invest. CTP pez espada año 2001. Revisión metodológica. Informe Final Subsecretaría de Pesca-IFOP. 70 pp.+Anexos.
- Barbieri, M.A., E. Yáñez, M. Farías y R. Aguilera. 1989. Determination of probable fishing areas for the albacore (*Thunnus alalunga*) in Chile's central zone. In: Quantitative remote sensing: an economic tool for the nineties. IGARSS '89, Vancouver, Vol. 4: 2447-2450.
- Barbieri, M.A., E. Yáñez, L. Aríz y A. González, 1990. La pesquería del pez espada: tendencias y perspectivas. *In: Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile*. M.A. Barbieri (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, Chile: 195-214.
- Barbieri, M. A., M. Bravo, M. Farías, A. González, O. Pizarro & E. Yáñez. 1995. Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. *Investigaciones Marinas*. 23: 99-122.
- Barbieri M.A., M. Donoso, E. Yáñez, V. Correa y A. González. 1996. Evaluación indirecta del stock de pez espada en las regiones I a X. Informe final FIP 94 - 29.73 p.
- Barbieri, María Angela, Cristian Canales, Víctor Correa, Miguel Donoso, Antonio González Casanga, Bernardo Leiva, Alejandra Montiel, & Eleuterio Yáñez. 1998. Development and present state of the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in Chile. U.S: Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep..NMFS 142:77-88.
- Barría, P. y C. Canales. 2003. Investigación captura total permisible pez espada, 2003. Informe de avance corregido. Subsecretaría de Pesca – Instituto de Fomento Pesquero. 26 pp. + Anexos.
- Barría P., C. Canales y R. Serra 2004 a. Investigación Captura total permisible pez espada, 2004. Informe Final. Convenio Subsecretaría de Pesca –Instituto de Fomento Pesquero. 50 pp.+ Anexos.
- Barría P., M. Donoso, F. Cerna, J. Azocar, M. Nilo y E. Palta. 2004 b. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación Situación Recursos Altamente Migratorios, 2003. Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 156 p. (más anexos).
- Barría P., M. Donoso, J. Azocar, F. Cerna, M. Nilo, E. Palta, H. miranda y V. Catasti. 2005. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación recursos altamente migratorios, 2004. Informe final fase II. IFOP-SUBPESCA: 185 p. (más anexos).

- Barría P., M. Donoso, J. Azócar, F. Cerna, H. Miranda y V. Catasti. 2006. Programa Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación Situación Pesquerías de Recursos Altamente Migratorios, 2005. Informe final. IFOP-SUBPESCA: 140 pp. + Tablas y Anexos.
- Bartsch, J. and S.H. Coombs. 2004. An individual based model of the life history of mackerel (*Scombrus scombrus*) in the eastern North Atlantic, simulating transport, growth and mortality. *Fisheries Oceanography* 13: 6, 365-379.
- Batteen, M., P. Hu, J. Bacon & C. Nelson. 1995. A numerical study of effects of wind forcing on the Chile counter current system. *Journal Oceanography Society of Japan*. 51: 585-614.
- Beckett, J. 1974. Biology of swordfish, *Xiphias gladius* L., in the northwest Atlantic Ocean. In Shomura, R.S. and F. Williams (eds), Proc., Int. Billfish Symp.; Part 2, Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFE SSRF 675: 103 - 106.
- 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.
- Bedford y Hagermar, 1983. The billfish fishery resource of the California Current. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Inves., Rep.*, 24:70 – 78
- 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. NMFS 8: 137-147.
- Bernal, P. 1990. La oceanografía del sistema de corrientes de Chile-Perú en relación a las pesquerías pelágicas. In: *Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile*. M.A. Barbieri (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, 35-48.
- Bernal, P., F. Robles & O. Rojas. 1982. Variabilidad física y biológica en la región meridional del sistema de corrientes Chile-Perú. *Monogr. Biol.* 2: 75-103.
- Bernal, P., F. Robles & O. Rojas. 1983. Variabilidad física y biológica en la región meridional del sistema de corrientes Perú-Chile. *Fisheries Report*. 291: 683-711.
- Bertrand, A, M., Segura, M., Gutiérrez & L., Vásquez. 2004. From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: a habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru. *Fish and Fisheries* 5, 296–316.
- Bigelow, H. y W. Schroeder. 1953. Fishes of the Gulf of Maine U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull., 63: 351-357.

- Bigelow, K.A., C.H. Boggs y X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fish. Oceanogr.* 8: 178-198.
- Boggs C. H. 1989. Vital rate statistical for billfish stock assessment. In Stroud, Richard H (editor). *Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988, part 1: Fishery and stock Synopses, data Needs and management, National Coalition for Marine Conservation, Inc Savannah, Georgia:225-233.*
- Botsford L. W., J. C. Castilla, and C. H. Peterson. 1997. The Management of Fisheries and Marine Ecosystems. *Science* 277: 509-515.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Revista Biología Marina.* 14 (3): 45-84.
- Brill, R. and M. Lutcavage. 2001. Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. *Am. Fisheries Society Symposium* 25:179-198.
- Brink, K. & T. Cowles. 1991. The coastal transition zone program. *Journal of Geophysical Research.* 96 (C8): 14637-14647.
- Bunge, M., 1960. *La ciencia, su método y su filosofía*, Eudeba, Buenos Aires.
- Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes de satélite frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. *Investigaciones Pesqueras.* 37: 55 - 66.
- Cáceres, M. & D. Arcos. 1991. Variabilidad en la estructura espacio - temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones Pesqueras.* 36: 27 - 38.
- Cañón, J.R. 1978. Distribución de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el norte de Chile en relación a determinadas condiciones oceanográficas. *Invest. Pesq. (Chile)* 30: 1-122.
- Carey, F.G. 1990. Further acoustic telemetry observations of swordfish. In *Planning the future of billfishes: research management in the 90s and beyond*, Proc. 2nd Int. Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988; Part 2: Contributed papers (R.H. Stroud, ed.), p. 103-122.
- Carey, F.G. and B.H. Robison. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fish. Bull.* 79: 277-292.
- Castillo, K., C. M. Ibáñez, C. González y J. Chong. 2006. Comparación de la dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile Central. En: *Resúmenes VIII Simposio-Taller de Ictiología*, Coquimbo, Chile.

- CCPS, 2005. Regional report on the swordfish fishery in the South East Pacific. Comisión Permanente del Pacífico Sur Chile – Colombia-Ecuador –Perú. 17 pp.
- CDS-UN, 1992. United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, 3-14 June 1992.
- CEPAL-UN, 1993. Population, social equity and changing production patterns. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). ECLAC books, No. 35, 162 pp.
- Chavez, F. & J. R. Toggweiler. 1995. Physical estimates of global new production: The upwelling contribution. En. *Upwelling in the Ocean: Modern Processes and Ancient Records* C. P. Summerhayes, K.-C. Emeis, M. V. Angel, R. L. Smith, & B. Zeitschel (Eds.). ES 18, Chichester: Wiley pp.
- Chavez, F.P., Pennington, J.T., Castro, C.G., J.P. Ryan, R.P. Michiaski, B. Schlining, P. Walz, K.R. Buck, A. McFadyen & C.A. Collins 2002. Biological and chemical consequences of the 1997– 1998 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography* 54, 205–232.
- Chavez, F., Ryan, J., Lluch-Cota, S., Ñiquen, M. 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217-221.
- Chow, S., H. Okamoto, Y. Uozumi, Y. Takeuchi and H. Takeyama. 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.
- Christensen, V. 1996. Managing fisheries involving top predator and prey species components. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 6:417-442.
- Christensen, V. and D. Pauly. 1992. ECOPATH II - A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Modelling* 61:169-185.
- Clarke, M.R., D.C. Clarke, H.R. Martins & H.M. Silva. 1995. The diet of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azorean waters. *Arquipélago. Life and Marine Sciences* 13A:53–69.
- Clarke, A., J. Church & J. Gould. 2001. Ocean processes and climate phenomena. En. *Ocean Circulation & Climate: Observing and Modelling the Global Ocean*. 77 G. Siedler, J. Church, & J. Gould (Eds.). Academic Press, New York. 3-30 pp.
- Coan Jr., A.L., M. Vojkovich & D. Perescott. 1998. The California harpoon fishery for swordfish, *Xiphias gladius*. In: Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). *Biology and Fisheries of Swordfish Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:37-49.

- Correa, V. 1993. Análisis de la pesquería artesanal de pez espada (*Xiphias gladius*) desarrollada en Chile entre 1987 y 1991. Tesis, Escuela Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 83 pp.
- Cushman-Roison, B. 1994. Introduction to geophysical fluid dynamics. Prentice-Hall, Inc., 320 pp.
- Dávila, P. M., D. Figueroa & E. Muller. 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distribution off austral Chile (35–55°S). *Continental Shelf Research*. 22: 521-534.
- Daza, E., C. Oyarzún, G. Aedo y M. Donoso. 2002. Dinámica trófica del pez espada *Xiphias gladius* en el Pacífico Suroriental. Resúmenes XXII Congreso de Ciencias del Mar, Valdivia, Chile.
- De La Serna, J. M. y E. Alot. 1990. Consideraciones relativas a los desplazamientos efectuados por el pez espada (*Xiphias gladius*) en el área del Estrecho de Gibraltar y otras observaciones relacionadas con la biología de la reproducción. ICCAT. Col. Doc. Cient. Vol. Sc. Pap., XXXII (2): 353 - 362.
- De Martini, E., J. Uchiyama and H. Williams. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii-based pelagic longline fishery. *Fish. Bull.* 98: 489-506.
- De Metrio, G., P. Megalofonou, S. Tselas y N. Tsimenides. 1989. Fishery and biology of the swordfish *Xiphias gladius* in the Greek waters. *FAO Fish Rep.* 412: 135-140.
- Donoso M. y J. Chong. 1995. Elaboración de clave edad-talla de albacora (*Xiphias gladius* L.) durante la temporada de pesca 1994-1995. IFOP.
- Donoso, M. y F. Cerna. 1999. Investigación Situación Pesquerías Pelágicas Mayores 1998. Programa de Seguimiento del estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. IFOP –Subpesca.
- Donoso, M. y F. Cerna. 2002. Investigación Situación Pesquerías Pelágicas Mayores 2001. Programa de Seguimiento del estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. IFOP –Subpesca.
- Donoso, M.; Barría, P.; Braun, M.; y V. Valenzuela. 2000. Determinación de la distribución geográfica y abundancias relativas de huevos y larvas de túnidos y peces espada en las Islas Oceánicas. Resúmenes ampliados. Resultados Crucero CIMAR 5 Islas Oceánicas (13 de octubre al 12 de noviembre de 1999). Septiembre, 2000. Págs.95-99.
- Donoso M., F. Cerna, J. Campos y R. Vega. 2001. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación pesquerías pelágicas mayores, 2000. Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 32 p. (más tablas y figuras).

- Donoso J.M., F. Cerna, J. Campos y R. Vega. 2002a. 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., R. Vega, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrera, C. Oyarzún, M. Braun, H. Reyes y S. Letelier. 2002b. Biología reproductiva y área de desove del pez espada en el Pacífico Sur Oriental. Informe final FIP N° 2000-11. Instituto de Fomento Pesquero. 101 p + figs y anexos.
- Donoso, M., R. Vega, V. Catasti, G. Claramunt, G. Herrera, C. Oyarzún, M. Braun, H. Reyes & S. Letelier. 2003a. Biología reproductiva y área de desove del pez espada en el Pacífico Sur Oriental. Informe Final Corregido FIP N° 2000-11. Instituto de Fomento Pesquero. 105 p + figs. y anexos.
- Donoso M., P. Barría, F. Cerna, J. Azócar y J. Campos. 2003b. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación de recursos altamente migratorios, 2002, Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 71 p. (más tablas, figuras y anexos).
- Draganik, B. y Cholyst, J. 1988. Temperature and moonlight as stimulantors for feeding activity by swordfish. ICCAT SCRS/87/80: 305-314.
- Ehrhardt N. 1992. Age and growth of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Northwestern Atlantic. Bulletin of Marine Science, 50 (2): 292-301.
- Ehrhardt, N., M., R. J. Robbins and F. Arocha. 1996. Age validation and grow of swordfish, *Xiphias gladius*, in the northwest Atlantic. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. 45(2):358-367.
- Falkowski, P. G., D. Ziemann, Z. Kolber & P. K. Bienfang. 1991. Role of eddy pumping in enhancing primary production in the ocean. Nature. 352: 55-58.
- Fedorov, K. N. 1985. The physical nature and structure of oceanic fronts. Springer-Verlag, Berlin, New York, London, Paris, Tokyo.333 pp.
- Figueroa, D. & P. Davila. 2001. On the seasonal and interannual variability of the bifurcation of the west wind drift current off southern Chile. Journal of Physical Oceanography.
- Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. in Publicacion interna, Departamento de Geofísica y Geodesia, Universidad de Chile, Santiago, pp. 73.
- Fuenzalida, R. 1990. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Serie: Ciencias del Mar. 1: 37-47.

- García-Cortés, B. y J. Mejuto. 1988. Primeros datos sobre la biología reproductiva del pez espada (*Xiphias gladius*) de las áreas 35° - 45° N , 10° - 40° W (BIL - 91). Int.Comm. Conserv. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid, 35(2): 405 - 414.
- García-Cortés, B. y J. Mejuto. 2001. Preliminary scientific estimations of by-catches landed by the spanish surface longline fleet targeting swordfish (*Xiphias gladius*) in the Indian Ocean: years 1993-2000. IOTC Proceedings no.4 (2001):19-23, WPDCS01-02.
- Gatica, C. 1997. Efecto de la corriente de deriva oeste sobre la abundancia y distribución de *Xiphias gladius* (pez espada) en Chile". Tesis para optar al grado de Biólogo Marino. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 50 pp.
- Galleguillos, R., L. Troncoso y R. Montoya. 2001. Estado actual del conocimiento de genética de poblaciones aplicada al pez espada en el Pacífico Oriental. Taller "El recurso pez espada y su pesquería en Chile: una revisión metodológica" Viña del Mar , 29-30 marzo. Instituto de Fomento Pesquero.
- Gill, A. E. 1992. Atmosphere-Ocean dynamics. Academic Press, San Diego, California. 662 pp.
- Gill, S. L. y A. L. Delbecq .1982. Nominal group technique. Group planning and problem solving methods in engineering management. S. A. Olsen. New York, NY, Wiley & Sons Inc.: 271-287.
- Ginsberg, I. and J. Angelo. 1989. Earth Observations and Global Change Decision Making, 1990: a National Partnership (Volume II), Krieger Publishing, Malabar, Florida, ISBN 0-89464-557-9.
- Glantz, M.H. 1986. Man, state, and fisheries: An inquiry into some societal constraints that affect fisheries management. Ocean Development and International Law 17, 191-270.
- 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 Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 94 pp.
- Godet, Michel. 1987. *Scenarios and Strategic Management*. Butterworths.
- Grall, C. and D. P. de Silva. 1983. Distribution, relative abundance and seasonality of swordfish larvae. Transactions of the American Fisheries Society 112: 235-246.
- Hare, S. R. and N. Mantua. 2000. Empirical evidence for North Pacific [climatic] regime shifts in 1977 and 1989. Prog. Oceanogr. 47:103-145.
- Haury, L., J. McGowan & P. Wiebe. 1978. Patterns and processes in the time-space scales of plankton distributions. En: J.H. Steele (ed.). Spatial pattern in plankton communities. Ser. IV. Plenum Press, New York, 3: 277-327.

- Hernández-García, V. 1995. The diet of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, in the central east Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. Fish. Bull. 93:403-411.
- Hill, A., B. Hickey, F. Shillington, T. Strub, K. Brink, E. Barton & A. Thomas. 1998. Eastern ocean boundaries coastal segment. Chapter 2. En. The sea: The global coastal ocean, regional studies and synthesis. 11 A. Robinson, & K. H. Brink (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 29-67 pp.
- Hilborn, R. y C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall. New York, 570 pp.
- Hinton M. and R. Deriso. 1998. Distribution and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the eastern Pacific Ocean from catch and effort data standardized on biological and environmental parameters. NOAA Technical Report NMFS 142: 161-179.
- Hinton, M. y W. Bayliff 2002. Evaluación del pez espada en el Océano Pacífico Oriental. CIAT 12 pp Anexos.
- Hinton, M.G; R. G. Taylor and M. D. Murphy. 1997. Use of gonad indices to estimate the status of reproductive activity of female swordfish, *Xiphias gladius*: a validated classification method. Fish. Bull. 95:80-84.
- Hinton, M., Bayliff W. and J.M.Suter. 2005. Assessment of swordfish in the eastern Pacific ocean. Inter. Amer. Trop.Tuna Comm. Stock Assessment Report 5: 291-313.
- Hormazábal, S., G. Shaffer & O. Pizarro. 2002. Tropical Pacific control of intraseasonal oscillations off Chile by way of oceanic and atmospheric pathways. Geophys. Res. Lett. 29(6), 10.1029/2001GL013481.
- Hormazábal, S., G. Shaffer & O. Leth. 2004. The coastal transition zone off Chile. Journal of Geophysical Research. 109 (C01021): doi:10.1029/2003JC001956.
- Hutching, J.A. 2000. Collapse and recovery of marine fishes. Nature 406:882-885.
- Ibañez, C.M., C. González & L. Cubillos. 2004. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, en aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 32(2):113-120.
- IOC. 1985. IOC-FAO Guiding Group of Experts on the Programme of Ocean Science in Relation to Living Resources. First Session, Paris, 16-20 July 1984, IOCFAO/GGE-OSLR-I/3.
- Joseph, J., W. H. Bayliff and M. G. Hinton. 1994. A review of information on the biology, fisheries, marketing and utilization, fishing regulations, and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius* in the Pacific Ocean. Inter - American Tropical Commission. Internal - Report N° 24:81.

- Kleiber, 1999. Very preliminary North Pacific swordfish assessment. Report of the swordfish Working Group Meeting. In: A document submitted at the second Meeting of Interim Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific (ISC), January 15-23,1999, Honolulu, Hawaii,U.S.A.
- Kubodera T., 2004. Preliminary results of seasonal change in diets of the swordfish, *Xiphias gladius*, in the subtropical and the transitional waters of the western North Pacific. Working document submitted to the Swordfish Working Group for the Fourth Meeting of the Interim Scientific Committee for Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean (ISC), 26 January - 4 February 2004. Honolulu, Hawaii, USA.
- Kume, S. & J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean East of 130°; W. Bull. Far. Seas. Fish Res. Lab. (Shimizu) 2: 115-162.
- Leth, O. & G. Shaffer. 2001. A numerical study of seasonal variability in the circulation off central Chile. Journal of Geophysical Research. 106 (C10): 22229-22248.
- Leth, O. & J. F. Middleton. 2004. A mechanism for enhanced upwelling off central Chile: Eddy advection. Journal of Geophysical Research. 109 (C12020): doi:10.1029/2003JC002129.
- Markaida, U. and O. Sosa-Nishizaki. 1998. Food and feeding habits of Swordfish, *Xiphias gladius* L., off Western Baja California. In: Biology and fisheries of swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Technical Report NMFS 142, 276 pp.
- Matsumoto, W. M y T. K. Kazama. 1974. Occurrence of young billfishes in the central and Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. , NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF -675 (2): 238 - 251.
- Maury, O. and P. Lehodey (Eds.). 2005. Climate Impacts on Oceanic Top Predators (CLIOTOP). Science Plan and Implementation Strategy. GLOBEC Report No. 18, ii, 42 pp.
- McClain, C. R., S. R. Signorini & J. R. Christian. 2004. Subtropical gyre variability observed by ocean-color satellites. Deep Sea Research II. 51: 281-301.
- McGillicuddy, D. J., A. R. Robinson, D. A. Siegel, H. W. Jannasch, R. Johnson, T. D. Dickey, J. McNeil, A. F. Michaels & A. H. Knap. 1991. Influence of mesoscale eddies on new production in the Sargasso Sea. Nature. 392: 263-266.
- Megalofonou, P., G. De Metrio and M. Lenti. 1990. Catch, size distribution, age and some population of swordfish, *Xiphias gladius* L., in the Greek seas. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 45(2): 358-367.
- 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*) en el Pacífico SE y posibles acciones para la mejora en el seguimiento de dicha pesquería. Actas de la Primera reunión de la Comisión Técnica de Pez espada entre la Comunidad Europea y Chile, Santiago de Chile, 5 y 6 de mayo de 1998.
- Mejuto J. y B. García-Cortés 2002. Revisión actualizada de la información científico-técnica sobre la actividad de la flota comunitaria (española) de palangre de superficie de pez espada (*Xiphias gladius*) en el pacífico S.E., con especial referencia al período 1998-2001. Doc. BST/02/. Santiago, Chile, Mayo 2002. 18 pp.
- Mejuto, J. y B. García-Cortés .2003. Actualización de la información científico-técnica sobre la actividad de la flota comunitaria (española) de palangre de superficie de pez espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico SE, con especial referencia al año 2001.
- Mejuto, J., García-Cortés B. y J.M: de la Serna. 2000. Brief note on the activity of the spanish surface longline fleet catching swordfish (*Xiphias gladius*) in the Atlantic and Mediterranean during the year 1999. SCRS/00/154. 3pp + Figuras.
- Mejuto, J., García-Cortés B. y F. Gonzalez 2001. Datos preliminares a partir de observadores científicos a bordo de palangreros de superficie (U.E –España) durante 1998, 1999 y 2000, en el océano pacífico este. Documento para el grupo de trabajo SWO de la IATTC y para el grupo BSTC entre la U.E: - Chile , mayo 2001.12 pp.
- Mejuto J., García–Cortés B. y R. Lorca. 2003. Observaciones científicas realizadas a bordo de un planagrero de superficie comercial de la U.E. (España) en el Océano pacífico Sur durante el año 2002. Doc. BSTC/2003, New York, 22-23 julio 2003. 13 pp.
- Mejuto, J. y Blanca García-Cortés. 2005. Update of scientific and technical information on the activity of the EU – Spanish surface longline fleet targeting the swordfish (*Xiphias gladius*) in the Pacific, with special reference to recent years: 2002 and 2003. 4th. International Consultation on the Conservation of the South-East Pacific swordfish, Lanzarote(Spain), jun 27-28, 2005.
- Meléndez, R. 2005. Taller pez espada. Julio 2005. Alimentación de peces espadas capturados entre los 19° y 31° Lat. S, en la primavera de 2004. IFOP.
- Mills, L. S., M. E. Soulé, and D. F. Doak. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. Bioscience 43:219-224.
- Miyabe, N. y W. H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971- 1980. Inter- Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 19(1): 1- 163.
- Mizobata, K., S. I. Sayito, A. Shiomoto, T. Miyamura, N. Shiga, K. Imai, M. Toratani, Y. Kajiwara & K. Sasaoka. 2002. Bering Sea cyclonic and anticyclonic eddies observed during summer 2000 and 2001. Progress in Oceanography. 55: 65-75.

- Montecinos, A. & F. Balbontin. 1993. Indices de surgencia y circulación superficial del mar: implicancias biológicas en un área de desove de peces entre Los Vilos y Valparaíso, Chile. *Revista de Biología Marina*. 28 ((1)): 133-150.
- 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.
- Morris, M., D. Roemmich & B. Cornuelle. 1996. Observations of variability in the South Pacific subtropical gyre. *Journal of Physical Oceanography*. 26: 2359-2380.
- Myers, R.A., N.J. Barrowman, J.A. Hutchings and A.A. Rosenberg. 1995. Population dynamics of exploited fish stocks at low populations levels. *Science* 269: 1106-1108.
- Nakano, H. y W. H. Bayliff. 1992. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981- 1987. *Inter- Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 20(5): 183- 355.
- 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.
- Nishikawa, Y., & S. Ueyanagi, 1974. The distribution of the larvae of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Indian and Pacific oceans. NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) Technical report, NMFS (National Marine Fisheries Service) SSRF (Special Scientific Report Fisheries) 675:261-264.
- NOAA/CIRES. 1998. Summary report. En: Review of the causes and conditions of cold events: A La Niña summit. A United Nations University/NCAR/UNEP Activity. Boulder, Colorado
- Okamoto H. y W. Bayliff. 2003. Análisis de la pesquería palangrera japonesa de atunes y peces picudos en el Océano Pacífico Oriental, 1993-1997. Comisión Interamericana del atún tropical. *Boletín Vol. 22, N° 4*: 389-431. La Jolla, California, 2003.
- Olson, R.J. and G.M. Watters. 2003. A Model of the Pelagic Ecosystem in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bulletin*. 22 (3): 133-217.
- Ovchinnikov, V. V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean. Ecology and morphology. Kaliningrad Atlantic Scientific Research Institute for Fisheries Oceanography. 77 pp.

- Oyarzún, C. 2001. Trofodinámica del pez espada; alcances metodológicos. Taller: El recurso pez espada y su pesquería en Chile.
- Palko, R.J., G.L. Beardsley, and W.J. Richards. 1981. Sinopsis of the biology of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus. U.S. Dep. Comer., NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 441.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM, 39(2):175-92.
- Pauly, D.; V.Cristensen, R. Froese, A. Longhurst, T. Platt, S. Sathyendranath, K. Sherman and R. Watson. 2000. Mapping Fisheries onto Marine Ecosystems: Proposal for a Consensus Approach for Regional, Oceanic and Global integrations. In D. Pauly and T.Pitcher. Methods for Evaluating the Impacts of Fisheries on North Atlantic Ecosystems. Fisheries Centre Research Reports Vol 8, Number 2:13-22 pp.
- Perry, R.I., J.A. Boutillier & M.G.G. Foreman. 2000. Environmental influences on the availability of smooth pink shrimp, *Pandalus jordani*, to commercial fishing gear off Vancouver Island, Canada. Fish. Oceanogr. 9, 50-61.
- Pizarro, O., G. Shaffer, B. Dewitte & M. Ramos. 2002. Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile Undercurrent. Geophys. Res. Lett. 29(12), 10.1029/2002GL 014790.
- Podestá, G. P., J. A. Browder, and J. 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 Res. 13:253– 277.
- 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.
- Radtke R. and P. Hurley. 1983. Age estimation and growth of broadbill swordfish, *Xiphias gladius*, from the northwest Atlantic based on external features of otoliths. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS, 8: 145 – 150.
- Reeb, C.A., L. Arcangeli y B.A. Block. 2000. Structure and migration corridors in Pacific populations of the swordfish *Xiphias gladius*, as inferred through analyses of mitochondrial DNA. Marine Biology, 136: 1123-1131.
- Restrepo, V. 1990. An update of swordfish tagging data for use in growth analyses. Col. Vol. Sci. Pap. Vol. XXXII (2): 360-370.
- Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can., 191, 382 pp.

- Roff, D.A. 1988. The evolution of migration and some life history parameters in marine fishes. *Environ. Biol. Fish.* 22: 133-146.
- SAG, 1957-1977. Anuarios estadísticos de pesca. Ministerio de Economía, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile.
- 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.
- Schneider, N. y A. J. Miller, 2001. Predicting western North Pacific ocean climate. *J. Climate*, 14, 3997-4002.
- Scott, W.B., and S.N. Tibbo. 1972. Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius*, in the western North Atlantic. Proceeding of the International Billfish Symposium, Hawaii. Part 2, 138-141
- Sedberry, G.R. and J.K. Loefer. 2001. Satellite telemetry tracking of swordfish, *Xiphias gladius*, off the eastern United States. *Marine Biology* 139(2): 355-360
- Seki, M. P., R. Lumpkin, and P. Flament. 2002. Hawaii cyclonic eddies and blue Marlin catches: The case study of the 1995 Hawaiian International Billfish Tournament. *J. Oceanogr.* 58: 739-745.
- SERNAP, 1978-1994. Anuarios estadísticos de pesca. Ministerio de Economía, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile.
- SERNAPESCA, 1995-1999. Anuarios estadísticos de pesca. Ministerio de Economía, Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile.
- Shaffer, G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas & J. Rutllant. 1997. Circulation and low-frequency variability near the Chilean coast: Remotely forced fluctuations during the 1991-92 El Niño. *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 217-235.
- Shaffer, G., S. Hormazabal, O. Pizarro & S. Salinas. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature over the slope of central Chile. *Journal Geophysical Research*, 104, C12, 29,951-29,961.
- Sharp, G. 1981. Workshop on the effects of environmental variation on survival of larval pelagic fish. Programme Ocean Sciences and Living Resources. IOC Workshop Rep., (28), 323 pp.

- Sharp, G.D. and D. Mclain. 1993. Fisheries, El Nino-Southern Oscillation and upper Ocean temperature records: an eastern pacific example. *Ocean*. 6:13-22.
- Shingu, C., P. Tomlison y C. Peterson. 1974. A review of the japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967 - 1970. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 16(2): 65 - 230.
- SHOA. 1996. Atlas oceanográfico de Chile. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico, Armada de Chile, Valparaíso, Chile. 234 pp.
- Silva, N. & S. Neshyba. 1979. Masas de agua y circulación geostrofica frente a la costa de Chile austral. *Serie científica, Instituto Antártico Chileno*. 25: 5-32.
- Smith, R. 1968. Upwelling. En. *Oceanography, Marine Biology, Annual Review* H. Barnes (Eds.). George Allen and Unwin Ltd., London. 11-46 pp.
- Smith, W. & D. Sandwell. 1997. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*. 277: 1956-1962.
- Sobarzo, M. & D. Figueroa. 2001. The physical structure of a cold filament in a Chilean upwelling zone (Península de Mejillones, Chile, 23°S). *Deep Sea Research I*. 48 (2001): 2699-2726. doi:10.1016/S0967-0637(01)00031-0.
- Sosa, O., and M. Shimizu. 1991. Stock unit of the Pacific swordfish inferred from spatial and temporal CPUE trends in the Japanese tuna longline fishery. *Bul. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish. (Japan.)*, 28:75-90.
- Stramma, L., R. Peterson & M. Tomczak. 1995. The south Pacific current. *Journal Physical Oceanography*. 25: 77-91.
- Strub, P., J. Mesias & C. James. 1995. Altimeter observations of the Peru-Chile countercurrent. *Geophysical Research Letters*. 22 (3): 211-214, doi: 10.1029/94GL02807.
- Strub, P., J. Mesías, V. Montecino, J. Rutlland & S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western south America. Chapter 10. En. *The sea: The global coastal ocean, regional studies and syntesis*. 11 A. R. B. K. H. Robinson (Eds.). John Wiley and Sons, Inc., New York. 273-313 pp.
- Sun Chi-Lu, S-P Wang y S-Z Yeh. 1999. Determination of age and growth of the swordfish *Xiphias gladius* L. In the waters of Taiwan using anal fin spines. A working document submitted at the Second Meeting of the Interim Scientific Committe for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean (ISC), January 15-23, 1999, Honolulu, Hawaii, U.S.A. 16 pp.
- 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.

- Tarazona, J. & E. Castillo (eds.). 1999. El Niño 1997-98 y su impacto sobre los ecosistemas marino y terrestre. Revista Peruana de Biología, Volumen Extraordinario, 186 pp.
- Taylor, R.G. y 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.
- Thomas, A. 1999. Seasonal distribution of satellite-measured phytoplankton pigment concentration along the Chilean coast. Journal of Geophysical Research. 104 (C11): 25877-25890.
- 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.
- Tomczak, M. & J. S. Godfrey. 1994. Regional Oceanography: An introduction. Pergamon Press., London.422 pp.
- Toro, R. 2001. Evaluación del stock de pez espada (*Xiphias gladius*, Linnaeus 1758) explotado frente a Chile. Tesis, Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, 75 pp.
- Tserpes G. and N. Tsimenides. 1995. Determination of age and growth of swordfish, *Xiphias gladius* L., 1758, in the eastern Mediterranean using anal-fin spines. Fish. Bull. 93: 594-602.
- Tsimenides, N. & G. Tserpes. 1989. Age determination and growth of swordfish *Xiphias gladius* L., 1758 in the Aegean Sea. Fisheries Research, 8: 159-168.
- Uchiyama, J., R. Skillman, J. Sampagna and E. De Martini. 1998. A preliminary assessment of the use of hard parts to age central Pacific swordfish, *Xiphias gladius*. U.S. Nat.Mar.Fish. Serv., NOAA Tech. Rep.NMFS 142: 261-273.
- Uosaki, K. y W. Bayliff, 1999. A review of the Japanese longline fishery for tunas and bill fishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. Interamerican Tropical Tuna Commission.Bull., 21(6): 275-440.
- Vega, R. M., F. Espíndola, C. Oyarzún, G. Claramunt, G. Aedo, G. Herrera, S. Gacitúa, J. Sánchez, R. Chong & J. Azócar. 2005. Monitoreo y Análisis de las Operaciones de Pesca Conjunta del Pez Espada CE/Chile. Informe Final. *En preparación*.
- Vega, R. & M. Cortés. 2005. Informe de Crucero. Pesca de Investigación del pez espada en la zona de Isla de Pascua. Proyecto Monitoreo y análisis de las operaciones de pesca conjunta de pez espada CE/Chile. IFOP -SUBPESCA. 32 p.
- Velasco, F y M. Quintans. 1999. Feeding habitats in pelagic longline fisheries: a new methodological approach applied to swordfish (*Xiphias gladius*) in central eastern atlantic.SCRS/99/128. 8 pp. y Anexos.

- Ward, P. y S. Elscot. 2000. Broadbill swordfish: status of world fisheries. Bureau of rural Sciences, Canberra. Australia. 208 pp.
- Ward P., R. Myers and W. Blanchard. 2004. Fish lost at sea: the effect of soak time on pelagic longline catches. Fish. Bull. 102: 179-195.
- Weidner, D. y J. Serrano. 1997. World Swordfish Fisheries. An Analysis of Swordfish Fisheries, Market Trends, and Trade Patterns Past-Present-Future. Volumen IV. NOAA Tech. Memo, 843 pp.
- Wilson, C. and J. Dean. 1983. The potencial use of sagittae for estimating age of Atlantic swordfish, *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. NMFS 8: 151-156.
- Yáñez, E. 1997. Estado de situación de la pesquería del pez espada en Chile. Boletín APROPECH N° 16: 6-7.
- Yáñez, E. y M. Garcia. 1996. La pesquería del pez espada en Chile. Revista Chile Pesquero N° 91: 37-39.
- Yáñez, E. y R. Toro. 1999. Evaluación del stock e influencias del ambiente en la pesquería del pez espada (*Xiphias gladius*, Linnaeus 1758) en Chile. Informe Final Proyecto DI-UCV N° 986/98, Estudios y Documentos N° 5/99, Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, 40 pp.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, A. González, O. Pizarro, M. Bravo, C. Canales y S. Salinas. 1994. Sea surface thermal structure associated to the pelagic fish resources distribution in northern Chile. In: Remote sensing for marine and coastal environments. Environmental Research Institute of Michigan, USA, Vol. 2: 149-162.
- 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, C. Silva, K. Nieto y F. Espíndola. 2001. Climate variability and pelagic fisheries in northern Chile. Progress in Oceanography 49, 581-596.
- Yáñez, E., C. Silva, J. Marabolí, F. Gómez, N. Silva, E. Morales, A. Bertrand, J. Campalans, A. Gamonal, J. Chong, P. Rojas, B. Menares y J.I. Sepúlveda. 2004. Caracterización ecológica y pesquera de la Cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada”. Informe Final Proyecto FIP N° 2002-04, Fondo de investigación Pesquera, Chile, 388 pp.
- Yáñez, E., C. Silva, A. Ordenes, F. Gómez, A. Valdenegro, N. Silva, S. Hormazabal, A. Montecinos, L. Cubillos, F. Espíndola, O. Pizarro y J.R. Cañón. 2005. “Análisis integrado histórico ambiente-recursos, I-II Regiones”. Informe Final Proyecto FIP N° 2003-33, 478 pp.

- Yáñez, E., C. Silva, N. Silva, A. Ordenes, F. Leiva, P. Rojas, J. Chong, J. Campalans, S. Palma, G. Claramunt, C. Oyarzún, R. Meléndez y R. Vega. 2006. “Caracterización ecológica y pesquera de Cordillera de Nazca como área de crianza del pez espada. Fase II.” Informe Final Proyecto FIP 2004-34, 236 pp.
- Young J. and A. Drake 2002. Reproductive dynamics of broadbill swordfish (*Xiphias gladius*) in the domestic longline fishery off eastern Australia. CSIRO Marine Research. Project FRDC 1999/108. Hobart, Tasmania Australia. 40 pp.
- Zárate, P. 1997. Biología reproductiva del pez espada (*Xiphias gladius*, Linnaeus 1958) en aguas chilenas. Tesis, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 111 pp.

ANEXO 1. Personal participante por actividad**OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVO 1 – IFOP****Barría, Patricio**

Campo de Trabajo : Biología Pesquera

Categoría : Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Donoso, Miguel

Campo de Trabajo : Biología Pesquera

Categoría : Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Espíndola, Fernando

Campo de Trabajo : Oceanografía Pesquera

Categoría : Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Bernal, Claudio

Campo de Trabajo : Biología Pesquera

Categoría : Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

OBJETIVO 2 - PUCV**Yáñez, Eleuterio**

Campo de Trabajo : Biología y Oceanografía Pesquera

Categoría : Jefe de Proyecto e Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Silva, Claudio

Campo de Trabajo : Oceanografía Satelital y Pesquerías

Cargo :Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Letelier, Jaime

Campo de Trabajo : Oceanografía

Cargo :Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

Vega, Rodrigo

Campo de Trabajo : Biología y Ecología Pesquera

Cargo :Investigador

Tiempo aproximado ocupado del total comprometido: 100%

ANEXO 2. Nombre, institución, e-mail, especialidad y grupo de trabajo asignado de los participantes del Taller de Trabajo en donde se sometió a discusión el modelo y las hipótesis propuestas.

	Nombre	Institución	E-mail	Especialidad	Grupo
1	Hector Trujillo	PUCV	hector.trujillo@ucv.cl	Facilitador	
2	Sebastian Vera	Asociación Palangreros IV región	svera@pesqueraomega.cl	3	3
3	Patricio Barria	IFOP	pbarria@ifop.cl	2	1
4	Fernando Espíndola	IFOP	fernando.espindola@ifop.cl	1	3
5	Francisco Cerna	IFOP	fcerna@ifop.cl	2	3
6	Claudio Bernal	IFOP	cbernal@ifop.cl	3	3
7	Miguel Donoso	IFOP	mdonoso@ifop.cl	2	1
8	Hernán Miranda	IFOP	hmiranda@ifop.cl	2	2
9	Claudio Gatica	INPESCA	cgatica@inpesca.cl	1	2
10	Roberto Meléndez	Museo Nacional Historia Natural	rmelendez@mnhn.cl	2	1
11	Sergio Letelier	Museo Nacional Historia Natural	sletelier@mnhn.cl	2	2
12	Claudio Silva	PUCV	carsat@ucv.cl	1	2
13	Lorena Alvarez	PUCV	lorenaalvarezastorga@gmail.com	1	3
14	Juan Carlos Correa	PUCV		2	3
15	Sergio Salinas	PUCV	ssalinas@ucv.cl	1	3
16	Patricia Rojas	PUCV	projas@ucv.cl	2	3
17	Nelson Silva	PUCV	nsilva@ucv.cl	1	1
18	Jacqueline Campalans	PUCV	jacqueline.campalans@ucv.cl	2	1
19	Eleuterio Yañez	PUCV	eyanez@ucv.cl	1	1
20	Jaime Letelier	PUCV	jaime.letelier@gmail.com	1	2
21	Carlos Kirkwood	SERNAPESCA	ckirkwood@sernapesca.cl	3	2
22	Francisco Ponce	SUBPESCA	franciscoponce@subpesca.cl	3	1
23	Maria Angela Barbieri	SUBPESCA	mabarbieri@subpesca.cl	3	
24	Ciro Oyarzún	SUBPESCA	ciro.oyarzun@subpesca.cl	3	1
25	Eduardo Alzamora	SUBPESCA - FIP	ealzamora@subpesca.cl	3	
26	Ruben Pinochet	SUBPESCA - FIP	rpinochet@subpesca.cl	3	2
27	Javier Chong	Univ. Católica Santis. Concepcion	jvchong@ucsc.cl	2	2
28	Ismael Cáceres	Universidad Andres Bello	ismaelcaceres@gmail.com	2	1
29	Rodrigo Vega	Universidad Austral de Chile	rodrigovega@uach.cl	1	2
30	Enzo Acuña	Universidad Católica del Norte	eacuna@ucn.cl	2	2
31	Juan Carlos Gutiérrez	Universidad de Huelva	juanc@uhu.es	2	2
32	Inmaculada Pulido	Universidad de Huelva	ipulido@uhu.es	2	2
33	Eduardo Reyes	Universidad de Viña del Mar	ereyes@uvm.cl	3	3

- 1) Oceanografía y Ecología Pesquera
- 2) Biología, Evaluación y Tecnología Pesquera
- 3) Administración, Fiscalización y Comercialización

ANEXO 3. Programa del Taller de Trabajo del proyecto FIP N°2005-28.

	PROGRAMA TALLER DE TRABAJO PROYECTO FIP 2005-28	
<i>Integración del conocimiento sobre el recurso pez espada en el Océano Pacífico Sudeste en una perspectiva ecosistémica: Fase I</i>		
Lugar: Sala Ximena Reyes - Escuela de Ciencias del Mar		
<u>Viernes 4 Agosto</u>		
9:00 - 9:10	Bienvenida, Objetivos del Proyecto y del Taller (Eleuterio Yáñez)	
9:10 - 9:30	Objetivo 1. Información Biológica y Pesquera (Patricio Barría)	
9:30 - 9:50	Objetivo 1. Información Biológica y Pesquera (Miguel Donoso)	
9:50 - 10:10	Objetivo 1. Información Oceanográfica PSO (Jaime Letelier)	
10:10 - 10:30	Objetivo 2. Hipótesis y Modelo Conceptual (Claudio Silva)	
10:30 - 10:50	Dinámica del Taller (Hector Trujillo)	
10:30 - 10:50	<i>Café</i>	
10:50 - 12:00	Trabajo Grupal 1: Analisis del modelo conceptual propuesto	
12:00 - 13:00	Presentacion de resultados Trabajo Grupal 1	
13:00 - 14:30	<i>Almuerzo</i>	
14:30 - 15:40	Trabajo Grupal 2: Validación de las hipótesis del modelo	
15:40 - 16:00	<i>Café</i>	
16:00 - 18:00	Presentacion de resultados Trabajo Grupal 2	
19:00	<i>Cena</i>	